COMMUNE D'AIX-EN-PROVENCE

Zone d'Aménagement Concertée de la Constance

Dossier de création - ANNEXES



SOMMAIRE

ANNEXE DU RAPPORT DE PRÉSENTATION : insertion paysagère

ANNEXES DE L'ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

ANNEXE N°1 : ÉTUDE DE FAISABILITÉ SUR LE POTENTIEL DE DÉVELOPPEMENT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES
ANNEXE N°2 : RÈGLEMENTATION PARASISMIQUE APPLICABLE AUX BÂTIMENTS
ANNEXE N°3 : ÉTUDE HYDRAULIQUE
ANNEXE N°4 : ÉTUDE DE CIRCULATION
ANNEXE N°5 : ÉTUDE DE LA QUALITÉ DE L'AIR
ANNEXE N°6 : ÉTUDE ACOUSTIQUE
ANNEXE N°7 : ÉTUDE DE LA FLORE ET DES HABITATS
ANNEXE N°8 : ÉTUDE DE LA FAUNE
ANNEXE N°9 : PRÉSENTATION DU PATRIMOINE AUTOUR DE LA CONSTANCE
ANNEXE N°10 : COURRIER DU SERVICE ARCHEOLOGIQUE DE LA COMMUNE D'AIX-EN-PROVENCE

COMMUNE D'AIX-EN-PROVENCE

Zone d'Aménagement Concerté de la Constance

ANNEXE - Rapport de présentation
Insertion paysagère



AIX EN PROVENCE LA VILLE

PAYS d'AIX Territoires
Société Publique Locale d'Aménagement

Toute réflexion pour un aménagement en douceur, s'appuie sur les données du PAYSAGE :
- le GRAND PAYSAGE du plateau dans son site,
- le PAYSAGE INTERNE au site.

Les planches ci-après explicitent la prise en compte de ces deux composantes de l'approche paysagère.
Puis les profils en coupe (transversale et longitudinale sur le plateau) illustrent le calcul des hauteurs préconisées pour le bâti afin que la cohérence avec le paysage soit la meilleure possible.

Ensuite, quelques planches, par zones d'esprit homogène montrent l'attitude proposée pour que les concepts soient en harmonie avec le terrain.
Tout cela pour montrer que le projet ne sortira pas d'un chapeau magique, mais d'une approche sensible du territoire.

LE GRAND PAYSAGE

le relief du plateau de la Constance offre des sites de perspective majeure qui seront la sève du futur projet.

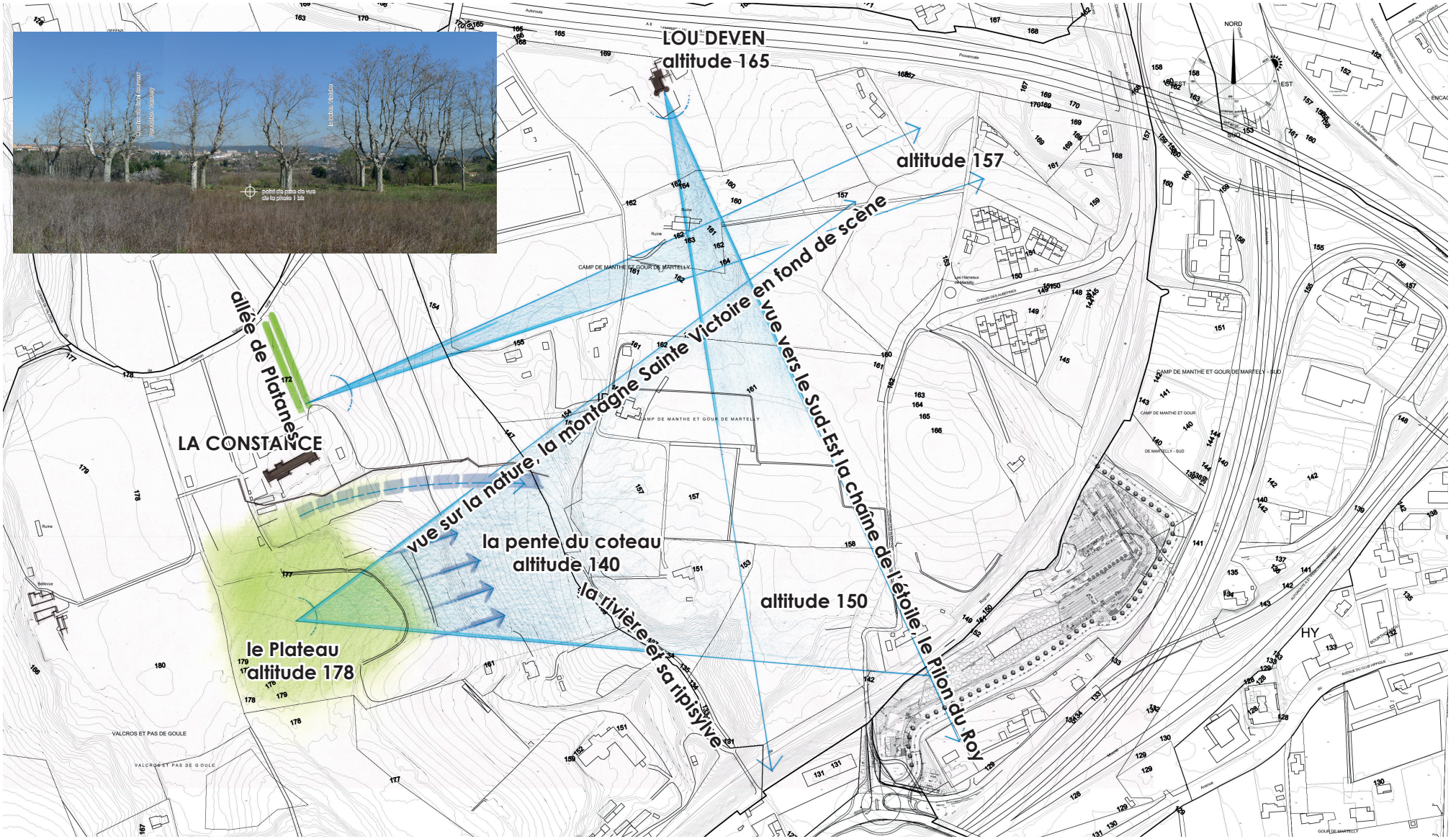


PHOTO 1
l'ancienne allée de Platanes
entrée de la Bastide de la Constance
Vue vers l'Est.
Altitude 172.



PHOTO 1 bis Axe de l'espace vert, central, de la future ZAC, d'Ouest en Est. Altitude 172.



PHOTO 2 :
Vue panoramique, au milieu du site, à la croisée des axes de la Sainte Victoire (Est)et du Pilon du Roy (Sud).
Altitude 161.

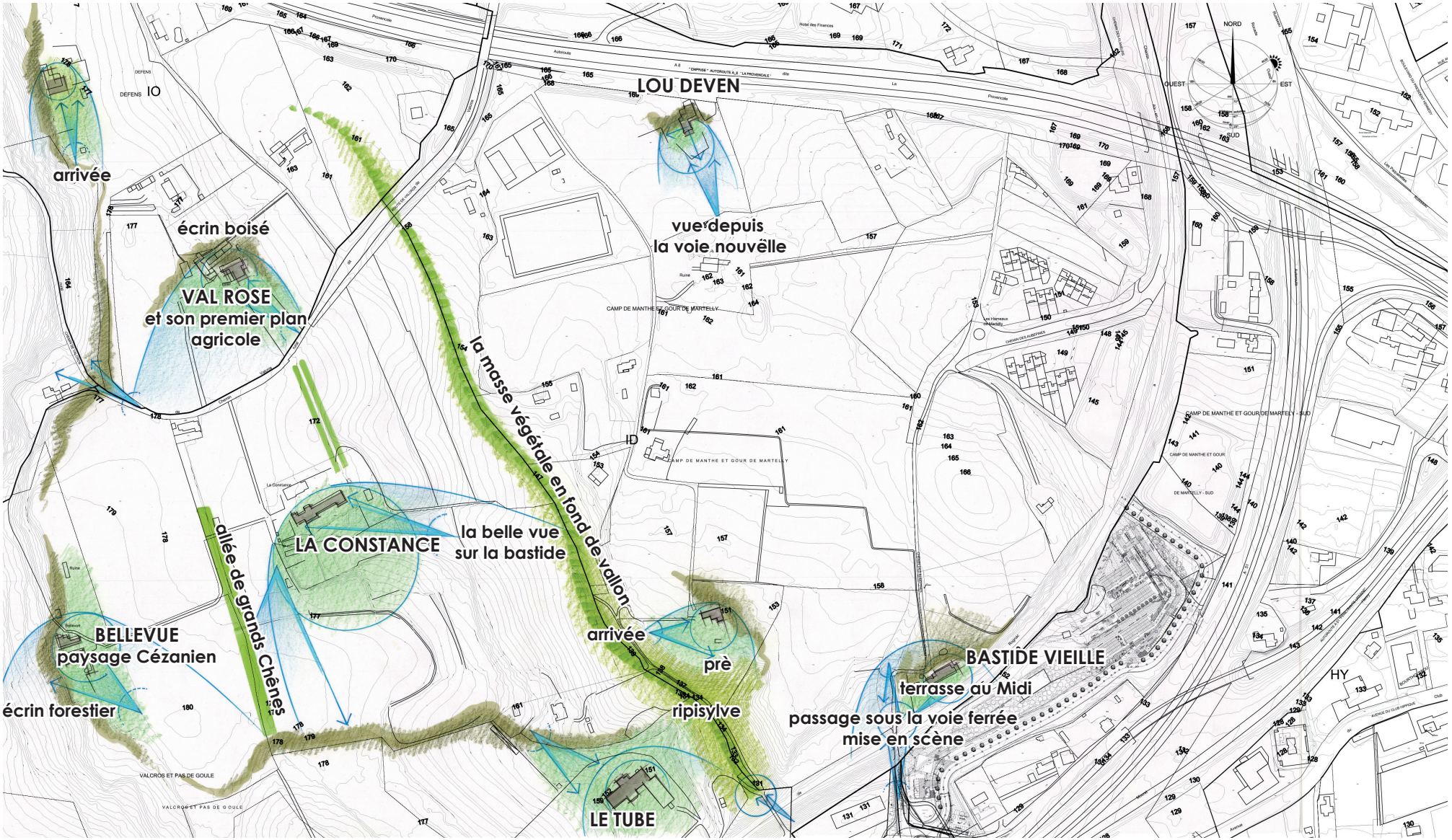




PHOTO 3
Sur l'ancienne terrasse de Lou Deven,
la vue vers le Levant (Sainte Victoire) est barrée par
la butte «des chiens d'aveugles» et les masses arborées proches.
Altitude 165.

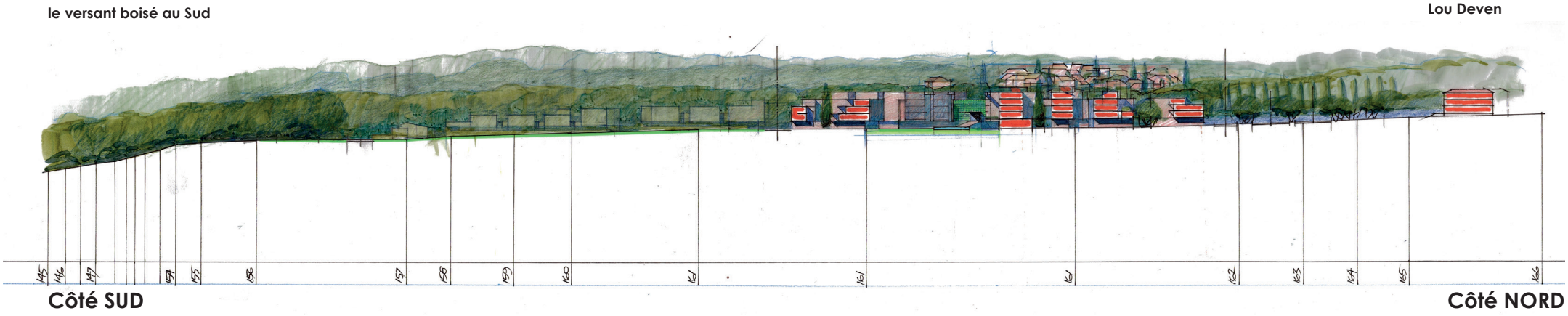
LE PAYSAGE INTERNE

Les lieux patrimoniaux (bâtis ou naturels) sont mis en valeur par l'identification des points de vue et leur valorisation dans les futurs concepts.

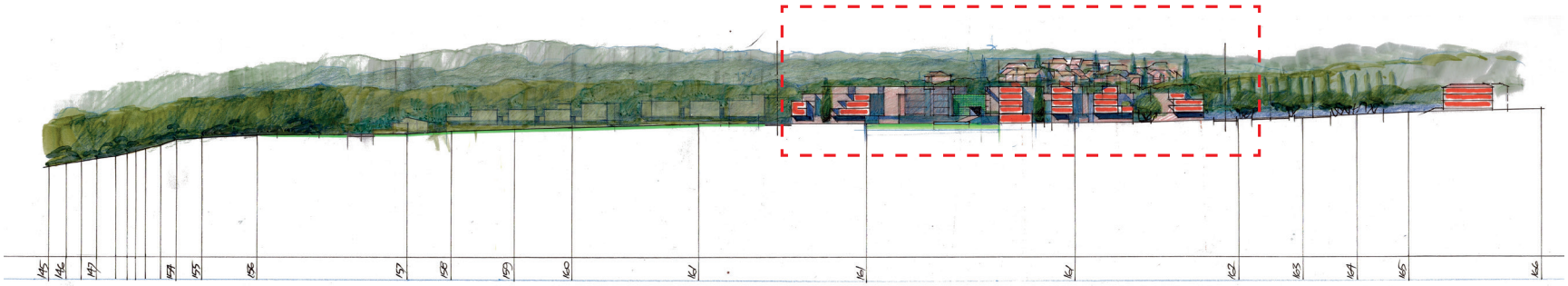


La quantité de mètres carrés dépend de la HAUTEUR DU BÂTI.
Sur des profils on a testé le nombre de niveaux « raisonnable » avec une gradation suivant les lieux.

COUPE SUD/NORD



ZOOM sur le COEUR de QUARTIER

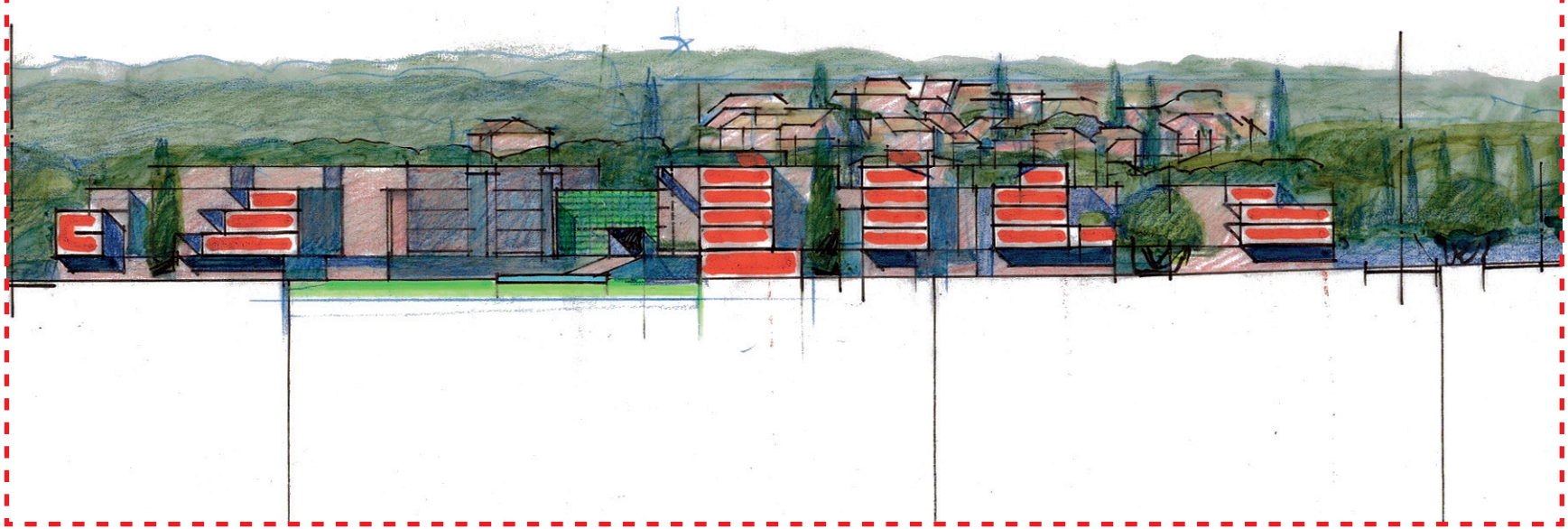


le bâti face au golf

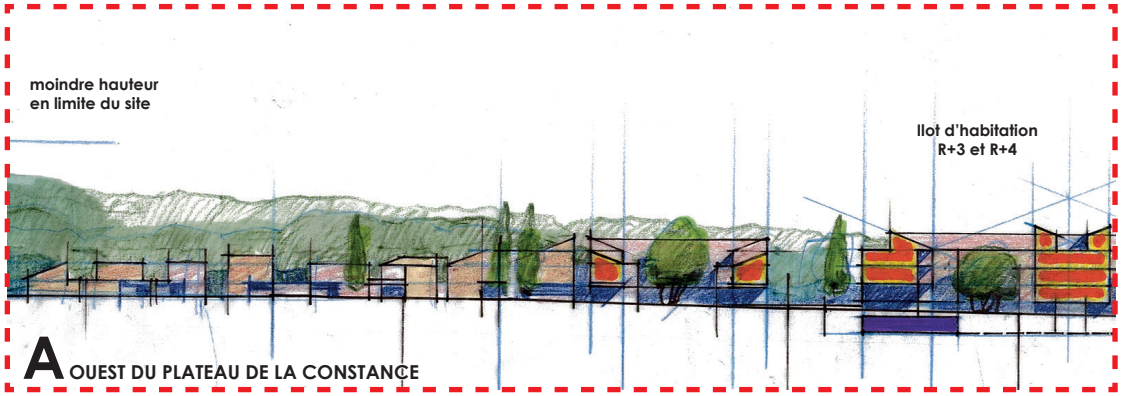
la prairie urbaine

îlots denses
au Nord de la prairie urbaine
et en arrière plan
le noyau villageois dans la pente

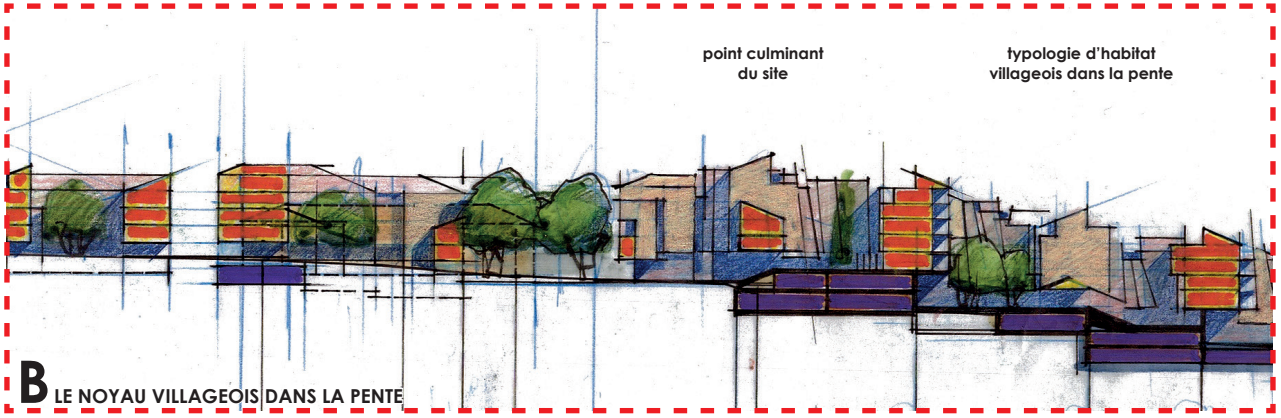
parking paysager
du pôle numérique



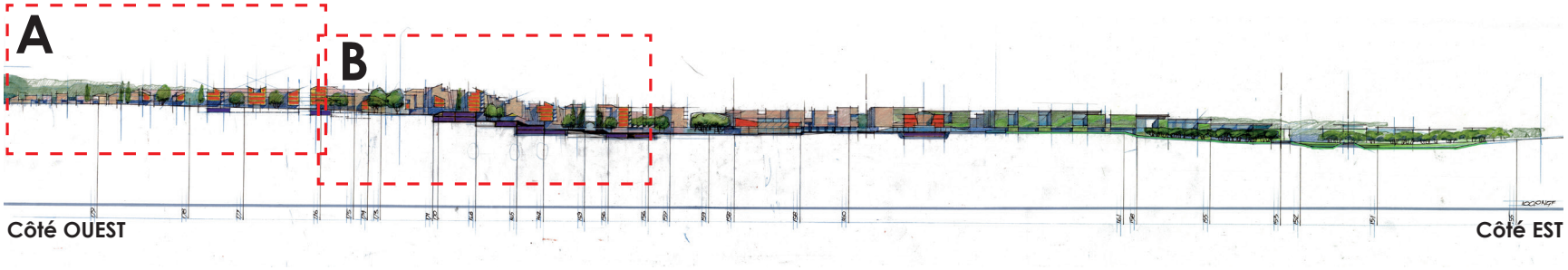
COUPE OUEST/EST de la Bastide Bellevue aux Hameaux Martely.



A OUEST DU PLATEAU DE LA CONSTANCE



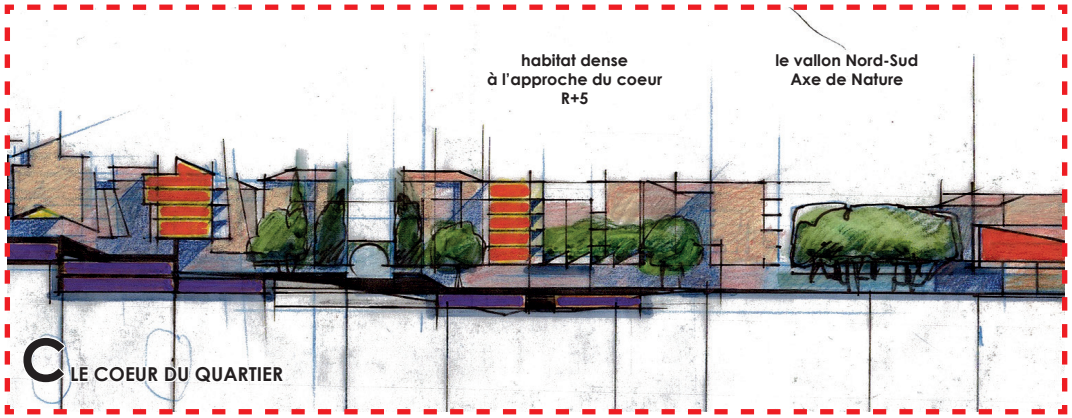
B LE NOYAU VILLAGEOIS DANS LA PENTE

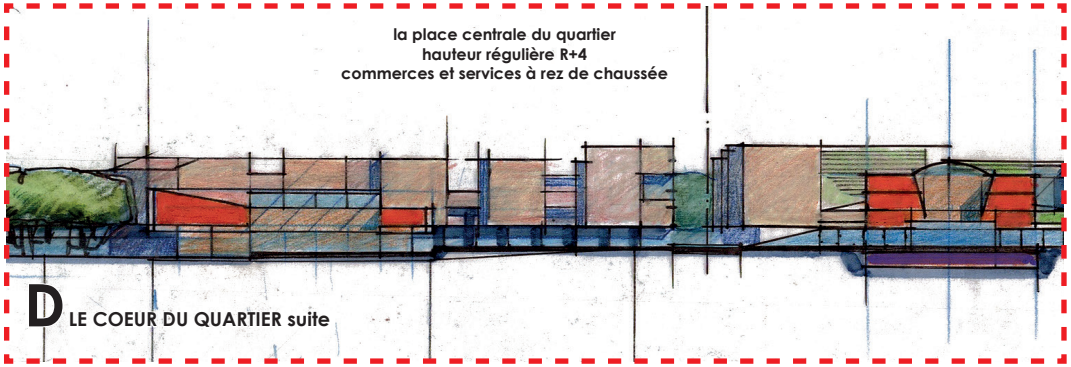


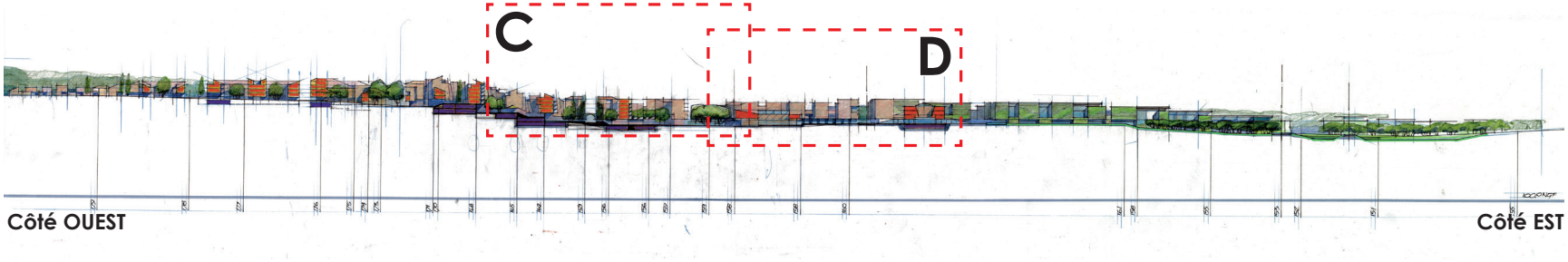
Côté OUEST

Côté EST

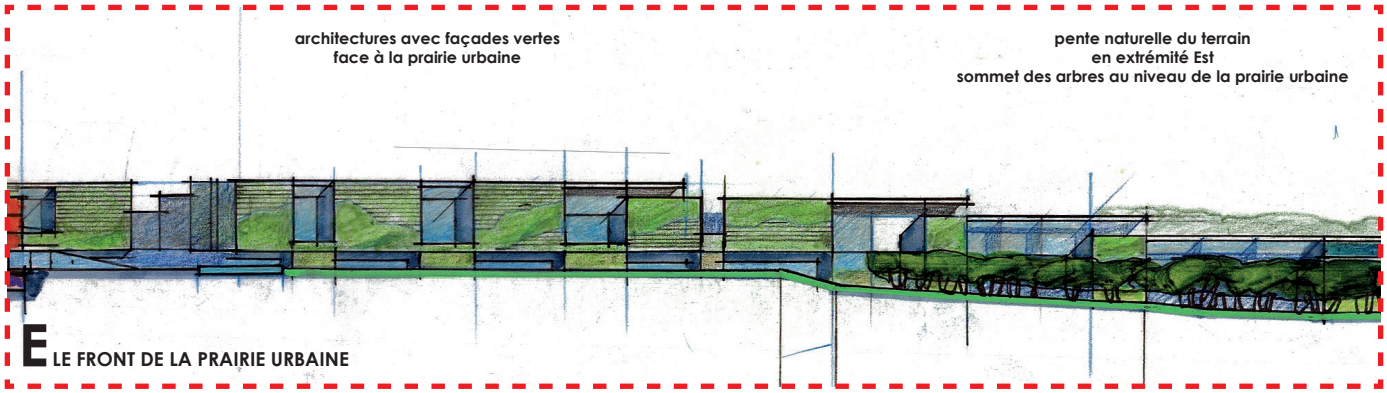
COUPE EST/OUEST suite

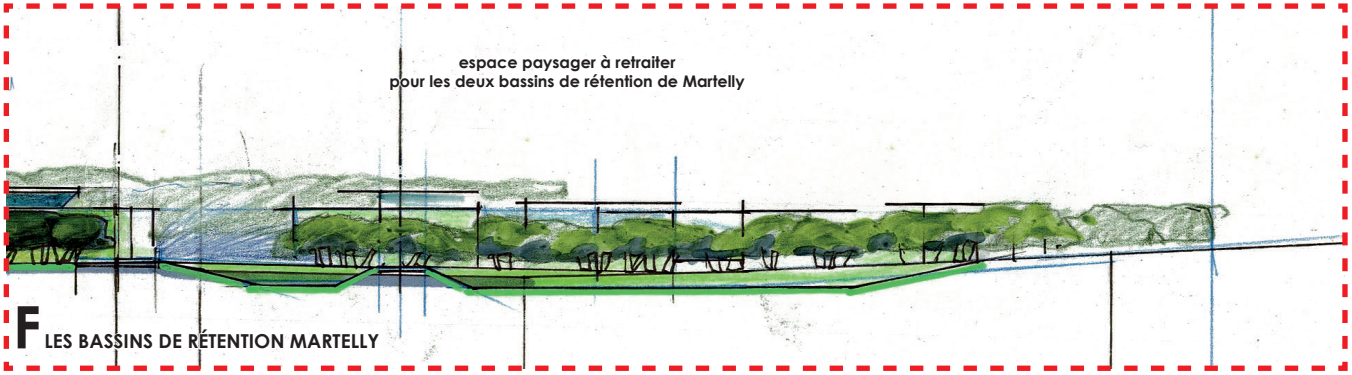






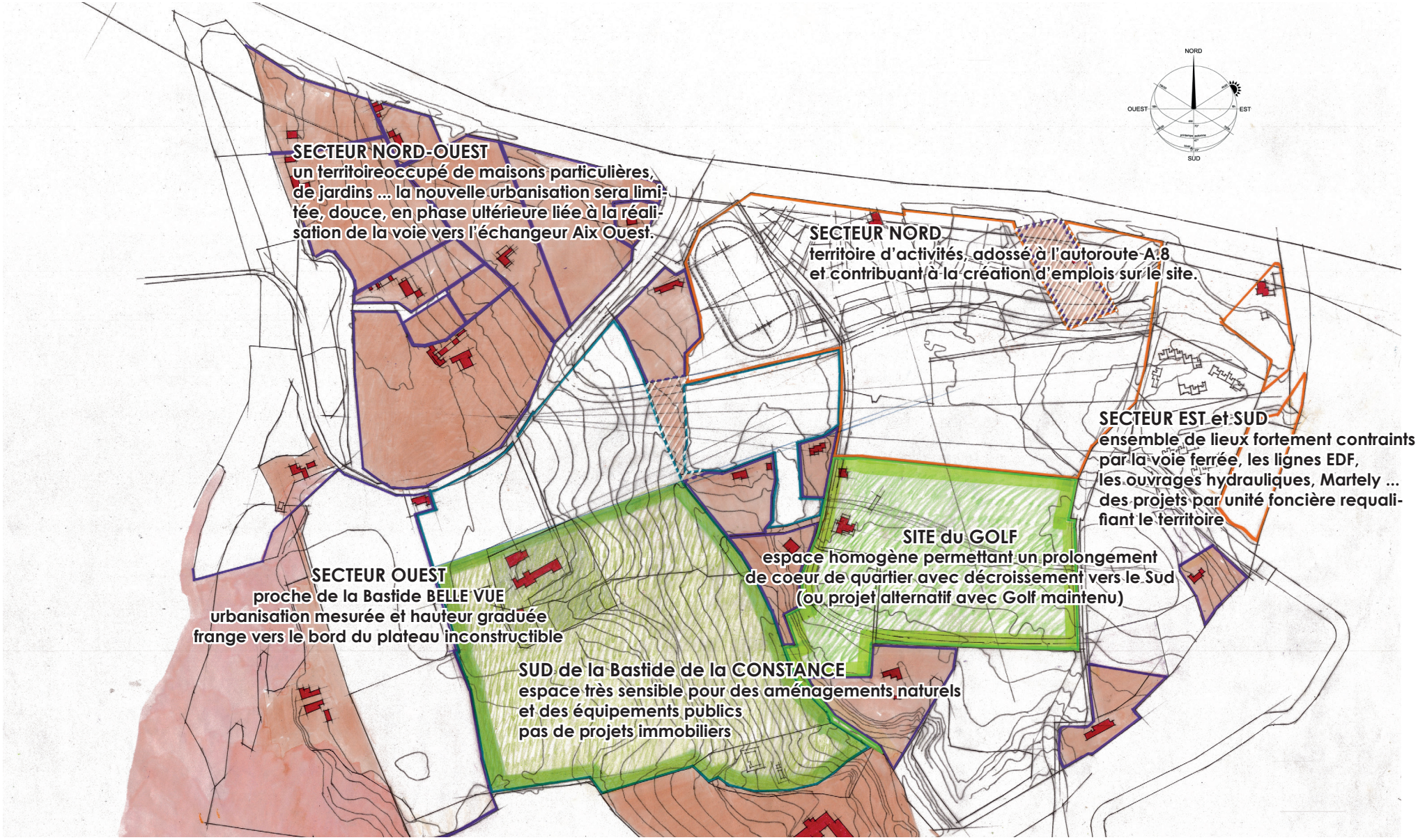
COUPE EST/OUEST suite







LES ENTITES HOMOGENES
cohérences territoriales, pour concevoir les futurs projets.



Le coeur de quartier.
Un lieu assez puissant,
pour atteindre un équilibre et installer une image,
illustration d'UN MODE DE VIE, proche de la nature,
qui sera la base des commercialisations.
Donner envie de venir vivre à la Constance.
Quartier exemplaire de développement durable.



Ensuite,
les opérations peuvent se poursuivre,
essentiellement à l'INITIATIVE DES PROPRIÉTAIRES PRIVÉS,
comme par exemple la partie centrale.



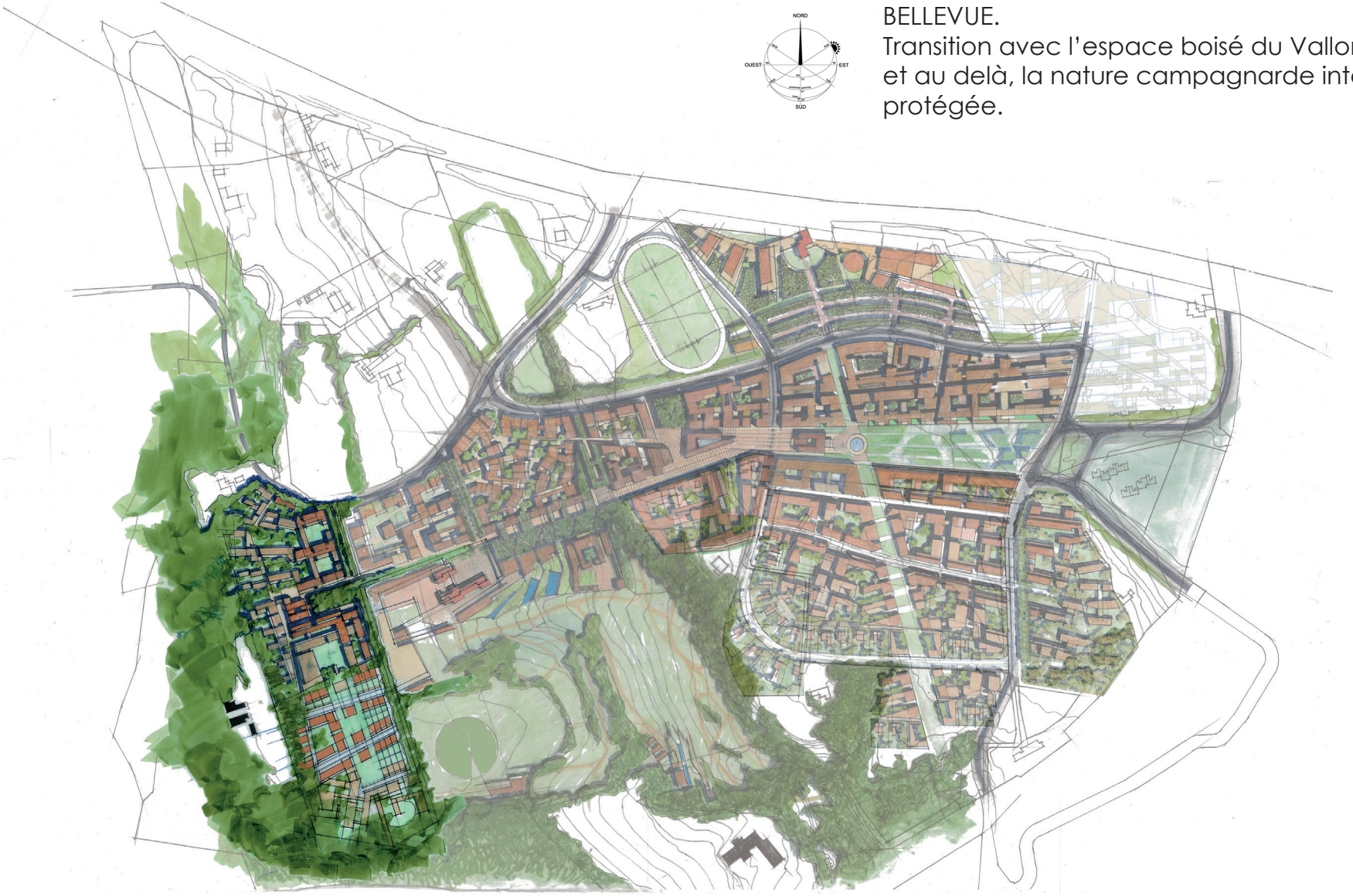
L'extension pourrait se faire en cœur de site
SI LE GOLF LIBÈRE SON FONCIER.
Là un ensemble résidentiel serait intéressant,
associé aux terrains du Sud-Est
avec une gradation de densité du centre,
vers la périphérie.



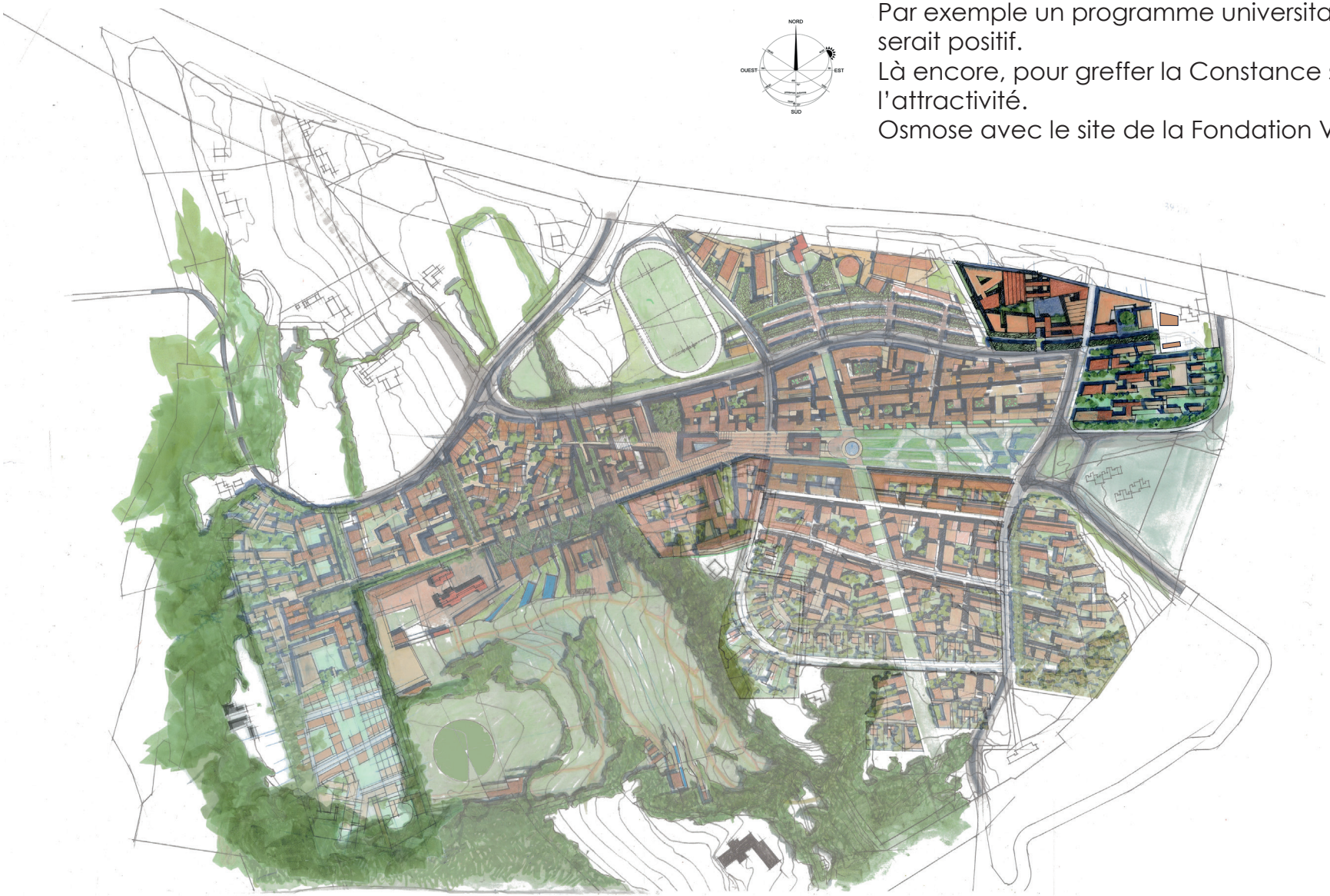
Quoi que l'idée d'un « POUMON VERT » réunissant le golf et le Sud de la Bastide de la Constance serait bien dans l'image voulue pour ce quartier : vert/écologique/agréable à vivre …
Ce serait aussi l'opportunité de créer un «équipement vert» à l'échelle de l'agglomération.
Une manière de greffer la Constance sur la ville dans cette hypothèse, la perte de construction serait à compenser en augmentant d'un étage environ le coeur de quartier.



Les terrains latéraux vont contribuer à la qualité du quartier vers l'Ouest sur une partie du DOMAINE DE BELLEVUE.
Transition avec l'espace boisé du Vallon de la Thumine, et au delà, la nature campagnarde intégralement protégée.



Et VERS LE NORD-EST,
où il y a de beaux terrains pour des activités.
Par exemple un programme universitaire ou culturel serait positif.
Là encore, pour greffer la Constance sur la ville par l'attractivité.
Osmose avec le site de la Fondation Vasarely.





A terme, LES TERRITOIRES DU NORD-OUEST pourront aussi être aménagés.
Pour l'instant on peut laisser un certain flou, et seulement réserver l'emprise de la voie vers l'échangeur « Aix Ouest » et le foncier du bassin de rétention.
Sur ce site,
l'initiative des propriétaires sera déterminante.

COMMUNE D'AIX-EN-PROVENCE

Zone d'Aménagement Concertée de la Constance

ANNEXES DE L'ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT



ANNEXE N°1 : ÉTUDE DE FAISABILITÉ SUR LE POTENTIEL DE DÉVELOPPEMENT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES

CSDINGENIEURS
INGÉNIEUX PAR NATURE

SPLA Pays d'Aix Territoires

ZAC de la Constance à Aix-en-Provence (13)

Etude de faisabilité sur le potentiel de développement des énergies renouvelables (article L 128-4 du Code de l'Urbanisme)

Rapport d'étude

Villeurbanne, 27 septembre 2013

CSD INGENIEURS

Conseil & Ingénierie de l'environnement et du développement durable

Le parc Gratte-Ciel

13, rue Jean Bourgey

69 100 Villeurbanne

t + 33 4 72.76.06.90

f + 33 4 72.76.06.99

www.csdingenieurs.fr

SOMMAIRE

1. PREAMBULE 3

1.1 CONTEXTE ET OBJECTIFS 3

1.2 PRESENTATION DE L'OPERATION 4

1.3 QUELQUES DEFINITIONS 6

2. SYNTHESE DE L'ETUDE 8

3. ETUDES ET REFLEXIONS PREALABLES 12

3.1 ESTIMATION DES BESOINS 12

3.1.1 Justification des postes pris en compte 12

3.1.2 Rappel de la programmation urbaine de l'opération 12

3.1.3 Ratios de besoins en énergie nécessaires à l'estimation globale 13

3.1.4 Synthèse des besoins énergétiques globaux sur l'opération 14

3.2 REFLEXION VIS-A-VIS DES NIVEAUX DE MUTUALISATION 16

4. EVALUATION DU POTENTIEL EN ENERGIES RENOUVELABLES ET DES POSSIBILITES DE MOBILISATION 18

4.1 SOURCES / DOCUMENTS DE REFERENCES 18

4.2 SOLAIRE 18

4.2.1 Solaire thermique 21

4.2.2 Photovoltaïque 24

4.3 EOLIEN 26

4.4 BIOMASSE BOIS 27

4.5 GEOTHERMIE SUR SONDES GEOTHERMIQUES OU SUR AQUIFERE (GEOTHERMIE TRES BASSE ENERGIE) 30

4.6 RESEAUX D'ASSAINISSEMENT / STEP 35

4.7 SYNTHESE 39

4.8 JUSTIFICATION DES SOLUTIONS ECARTEES 41

5. RESEAU DE CHALEUR 42

5.1 AVANTAGES ET INCONVENIENTS 42

5.2 VALORISATION REGLEMENTAIRE DES RESEAUX 43

5.3 OPPORTUNITE DE RACCORDER L'AMENAGEMENT A UN RESEAU DE CHALEUR EXISTANT 44

5.4 OPPORTUNITE DE CREER UN OU DES RESEAUX DE CHALEUR 45

5.4.1 Critères de faisabilité 45

5.4.2 Structuration du réseau 46

5.5 OPPORTUNITES D'INCLURE LES QUARTIERS VOISINS 46

6. COMPARAISON DES SCENARIOS ENERGETIQUES 47

7. ANALYSE MULTICRITERE SIMPLIFIEE 52

7.1 HYPOTHESES CONSIDEREES 52

7.2 BILAN ENERGETIQUE 53

7.2.1 Besoins en puissance pour les usages thermiques 53

7.2.2 Consommations en énergies 54

7.2.3 Synthèse 58

7.3 BILAN ENVIRONNEMENTAL 59

7.3.1 Mobilisation des énergies renouvelables 59

7.3.2 Emissions en polluants et production de déchets nucléaires 59

7.3.3 Synthèse 60

7.4 BILAN ECONOMIQUE 61

7.4.1 Méthodologie et hypothèses 61

7.4.2 Couts d'investissement 62

7.4.3 Coûts d'exploitation 63

7.4.4 Dépenses totales sur 25 ans 64

7.4.5 Synthèse 64

7.5 CONCLUSIONS 65

8. PRECONISATIONS RELATIVES A LA POURSUITE DES ETUDES D'AMENAGEMENT 68

8.1 IMPLANTATION ET CONCEPTION DES BATIMENTS 68

8.2 CONSIDERATIONS RELATIVES A LA CREATION D'UN RESEAU DE CHALEUR (SCENARIO B) 69

8.2.1 Prérequis 69

8.2.2 Conséquence sur l'aménagement (scénario B) 70

8.3 SYNTHESES DES ETUDES COMPLEMENTAIRES A MENER 70

1. PREAMBULE

1.1 CONTEXTE ET OBJECTIFS

Dans le cadre de l'aménagement de la ZAC de la Constance à Aix-en-Provence (13), une étude de faisabilité sur le potentiel de développement des énergies renouvelables et de récupération est menée, conformément à l'article L128-4 du Code de l'Urbanisme.

L'objectif de l'étude est de mesurer la **pertinence technique** des différentes solutions permettant de développer et de mobiliser les énergies renouvelables au niveau de la zone aménagée, afin d'apporter des éléments d'aide à la décision et des préconisations pour la réalisation de l'aménagement. L'extension d'un réseau de chaleur renouvelable existant ou la création d'un nouveau réseau doit figurer parmi les solutions étudiées.

Le présent rapport est ainsi organisé de la façon suivante :

- Les besoins en énergie de la zone sont tout d'abord estimés en fonction de la programmation et des objectifs fixés en matière de performances énergétiques des nouvelles constructions. La pertinence du raccordement à un réseau existant ou de la création d'un nouveau réseau de chaleur est ensuite étudiée ;
- Au niveau de la zone considérée, les potentiels en énergies renouvelables sont ensuite évalués ainsi que les possibilités de les mobiliser aux différentes échelles de mutualisation ;
- Selon les conclusions tirées des premières études, quatre scénarios identifiés comme les plus adaptés sont comparés à une solution de référence sur différents critères (économique, environnemental, financier) ;
- Des préconisations relatives à la poursuite des études d'aménagement sont ensuite proposées pour faciliter l'intégration des scénarios pressentis et en assurer leur faisabilité.

Cette étude intervient dans le cadre des études préalables, suffisamment en amont pour permettre une optimisation du parti d'aménagement si nécessaire selon les conclusions de l'étude. A ce stade, les données disponibles ne sont parfois pas suffisantes pour que la comparaison des solutions soit complète. Ainsi, le niveau de détail de la présente étude est adapté à l'avancement du projet et intègre donc une part d'incertitude supplémentaire relative aux caractéristiques de l'aménagement : nombre de logements, typologies, phasage des opérations d'aménagement ou encore découpage des parcelles.

1.2 PRESENTATION DE L'OPERATION

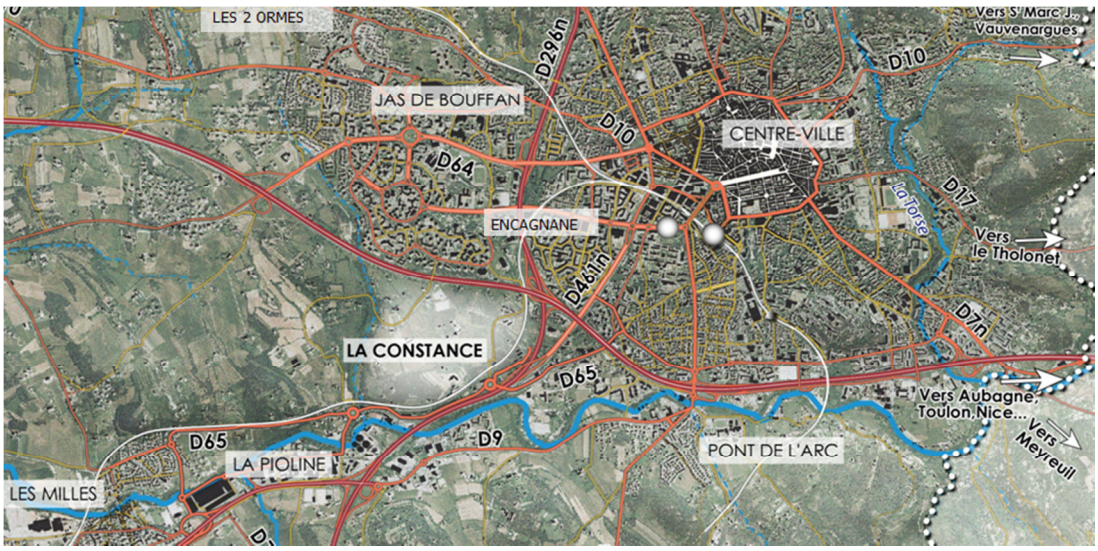
Situation

La ZAC concernée, d'une superficie de 98 hectares, est située à proximité du croisement de l'A8 et de l'A51, au sud-ouest du centre-ville d'Aix-en-Provence (13).



Source : CSD INGENIEURS

Figure 1: Vue aérienne et localisation du projet



Source : SPLA Pays d'Aix Territoires

Figure 2: Le site de la Constance dans son environnement urbain

Programmation

Le programme est constitué principalement de logements collectifs auxquels s'ajoutent des bâtiments tertiaires le long de l'autoroute ainsi que des commerces et divers équipements générés par l'opération.

Au total, environ **38,5 hectares** sont constructibles. Nous retenons la programmation suivante, programmation non définitive au moment de la rédaction de l'étude :

- Logements collectifs (bâtiment du R+1 au R+4) : 240 000 m^2 SDP soit environ 3600 logements, dont 400 logements étudiants type CROUS ;
- Commerces : 5 000 m² SDP ;
- Activité tertiaire : 70 000 m^2 SDP (en bordure d'autoroute secteurs Nord et Nord-Ouest) ;
- Equipements :
  - un groupe scolaire de 14 classes : 3.000 m^2 SDP ;
  - une crèche 30 berceaux : 500 m^2 SDP ;
  - un centre aéré + maison de quartier (réhabilitation de la ferme de la Constance) : 1.500m^2 SDP ;
  - une salle polyvalente : 1.000 m^2 SDP ;
  - un gymnase : 1.000 m^2 SDP ;
  - une mairie annexe : 400 m^2 SDP.



Source : SPLA Pays d'Aix Territoires

Figure 3: ZAC la Constance, premiers principes d'aménagement mai 2013

Objectifs énergétiques

Parmi les objectifs donnés par la municipalité, la ZAC de la Constance se veut un projet **exemplaire sur le plan de l'environnement**, optimisant la consommation de l'espace, **économe en énergie**, prenant en compte les déplacements et les transports en commun.

Aussi, les objectifs de performance énergétique fixés se doivent d'aller plus loin que le minimum règlementaire actuel, la RT2012, et de tendre en partie vers le niveau zéro énergie, voire énergie positive.

Dans le cadre de l'étude, nous considérons les niveaux de performances suivants selon la RT2012 :

- Habitat collectif :
  - pour 20% des bâtiments : niveau RT2012 ;
  - pour 60% des bâtiments : niveau label **Effinergie +**, équivalent aux exigences minimales réglementaires **RT2012 – 20** ;
  - pour 20% des bâtiments : niveau label **Effinergie BEPOS**, équivalent aux exigences minimales réglementaires **RT2012 – 20% avec compensation de l'énergie consommée**.
- Activité tertiaire :
  - pour 20% des bâtiments : niveau RT2012 ;
  - pour 60% des bâtiments : niveau label **Effinergie +**, équivalent aux exigences minimales réglementaires **RT2012 – 30 à 40%** selon l'usage ;
  - pour 20% des bâtiments : niveau label **Effinergie BEPOS**, équivalent aux exigences minimales réglementaires **RT2012 – 30 à 40%** selon l'usage **avec compensation de l'énergie consommée**.
- Equipements : niveau label **Effinergie +**, équivalent aux exigences minimales réglementaires RT2012 – 20%.
- Commerces : niveau RT2012

Remarque : N'ayant pas connaissance de la programmation urbaine exacte concernant les commerces et activités, les exigences minimales actuelles règlementaires ont été retenues. Les besoins énergétiques des commerces et activités sont calculés sur la base d'une moyenne des différents commerces usuels pouvant être implantés (supermarché, boulangerie, cordonnier, laverie, épicerie…). Nous alertons la maîtrise d'ouvrage sur le fait que ces occupations génèrent de fortes consommations énergétiques, d'où l'importance de suivre de près les activités / commerces qui pourraient s'implanter et fixer au travers de programmes et fiches de lot des exigences sur la performance énergétique concernant ces usages.

1.3 QUELQUES DEFINITIONS

Réseau de chaleur :

Définition technique : le réseau de chaleur est constitué d'une chaufferie centrale et d'un réseau de canalisations enterrées et isolées desservant plusieurs sous-stations généralement équipées d'un échangeur.

Définition juridique : le producteur de chaleur exploitant la chaufferie est juridiquement distinct des usagers consommateurs de l'énergie thermique au moins au nombre de deux (distinct des chaufferies dédiées).

Chaufferie mutualisée :

Par opposition, chaufferie alimentant au moins deux bâtiments et dont l'exploitant est consommateur de l'énergie produite. Le transfert de chaleur s'opère via un moyen autre que par échangeur à plaque.

Energie utile : notée EU

C'est l'énergie réellement consommée par l'utilisateur final : la chaleur émise par un radiateur, l'électricité alimentant un téléviseur…

Energie primaire : notée EP

L'énergie primaire correspond à des produits énergétiques « bruts » dans l'état (ou proches de l'état) dans lequel ils sont fournis par la nature : charbon, pétrole, gaz naturel, solaire, bois (également déchets combustibles qui sont fournis par les activités humaines).

Energie finale : notée EF

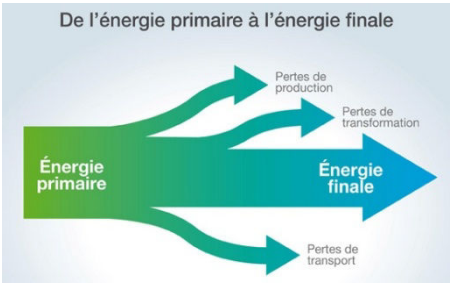
L'énergie finale ou disponible est l'énergie vendue et livrée au consommateur pour sa consommation finale (électricité au foyer, essence à la pompe…).

Transformation d'énergie primaire en énergie finale :

Coefficients utilisés pour la transformation des différentes énergies primaires en énergies finales dans le cadre des labels Effinergie :

- électricité : 2,58
- bois énergie : 0,6
- énergies fossiles : 1
- solaire thermique : 0

La notion d'énergie primaire permet d'intégrer la somme des énergies consommées pour la production, le transport et la transformation des énergies secondaires : l'électricité et les combustibles fossiles transformés notamment (gaz naturel purifié, pétrole raffiné…).



Source : www.developpement-durable.gouv.fr

Figure 4: De l'énergie primaire à l'énergie finale

Transformation d'énergie primaire en électricité :

La transformation d'énergie primaire (nucléaire, chimique, mécanique ou thermique) en électricité s'accompagne de pertes. Ainsi, pour produire une quantité donnée d'énergie électrique au moyen d'une centrale nucléaire ou d'une centrale thermique, il faut consommer environ 3 fois plus d'énergie primaire. S'agissant de la production hydraulique, éolienne, photovoltaïque, on considère par convention que l'électricité produite équivaut à de l'énergie primaire. En moyenne, sur l'ensemble des installations de production française, la production d'une unité d'énergie électrique nécessite 2,58 unités d'énergie primaire, soit un rendement d'environ 39%.

⇨ Eprimaire = (1 / 38,75%) x Efinale = 2,58 x Efinale

2. SYNTHESE DE L'ETUDE

Réflexion vis-à-vis des niveaux de mutualisation

- Dans la pratique, lors du choix des scénarios à étudier, nous retenons les considérations suivantes :
  - les pratiques consistant à individualiser les moyens de production thermique ne sont pas en phase avec les exigences environnementales fixées pour la ZAC de la Constance : la mise en place d'une chaudière individuelle par logement est par exemple à proscrire ;
  - le niveau minimum de mutualisation considéré est donc une chaufferie maximum par bâtiment ;
  - en premier lieu, les degrés maximum de mutualisation sont favorisés. Selon les contraintes techniques et économiques de faisabilité, les degrés inférieurs sont étudiés par itération jusqu'à trouver l'optimum ;
  - le degré optimum de mutualisation est susceptible de varier selon la nature des sources d'énergie disponibles sur le site.

Etude des potentiels de création d'un réseau de chaleur

- Le réseau de chaleur de la ville d'Aix-en-Provence est disponible à proximité de l'extrémité Nord-Est de l'aménagement.
- La densité thermique sur la zone est a priori compatible avec l'extension du réseau existant sur la ZAC de la Constance : environ 14 MWh/an livrés en sous-station.
- Le mix énergétique du réseau de chaleur existant serait un atout pour la ZAC : plus de 50% d'EnR.
- La ZAC offre des possibilités d'augmenter le taux d'EnR du réseau existant par la création de moyens de production supplémentaires en local : solaire thermique raccordé sur le réseau, pompe à chaleur sur le réseau d'assainissement par exemple.
- La solution réseau de chaleur est valorisée dans la règlementation thermique RT2012 et permet :
  - de mobiliser massivement des énergies renouvelables sur la zone : biomasse, solaire ;
  - flexibilité et évolutivité quant à l'approvisionnement en énergie de la zone ;
  - de réduire les besoins en maintenance des installations thermiques ;
  - de faciliter la maîtrise des nuisances sonores, visuelles ainsi que de la qualité de l'air.

Etude des potentiels de mobilisation des énergies renouvelables sur le site

- Le site est très bien pourvu en matière d'approvisionnement en énergies renouvelables et de récupération.
- Le solaire, sous sa forme thermique en priorité, est l'énergie renouvelable à privilégier car gratuite et largement disponible.
- D'après les données disponibles au moment de l'étude, l'ensemble du périmètre de la ZAC présente un potentiel géothermique sur sondes, sur pieux ou sur nappe intéressant, pour le chauffage, le refroidissement et la production d'ECS des bâtiments.

- Le collecteur du réseau d'assainissement au Nord-Est de la ZAC et la STEP de la Pioline constituent des sources intéressantes d'énergie de récupération. Leur valorisation est à envisager sérieusement si le réseau de chaleur est développé sur la ZAC.
- Des études complémentaires seront à mener ultérieurement pour conforter les potentiels de mobilisation de la biomasse bois et de la géothermie sur sondes géothermiques et sur nappe. D'après les données disponibles au moment de l'étude, ces énergies sont considérées comme mobilisables.

Choix du panel de scénarios à étudier

Cinq scénarios sont intégrés à l'étude :

- **Scénario BASE** : **scénario de référence utilisant le gaz pour la production thermique**

Un minimum d'énergie renouvelable est valorisé pour atteindre les objectifs en matière de performance énergétique des bâtiments (RT2012, Effinergie + et BEPOS) : la production thermique est globalement effectuée au gaz, et le solaire thermique couvre une partie des besoins en ECS. Le besoin en froid est classiquement couvert par aérothermie. Le niveau de mutualisation minimum est retenu, soit une chaufferie par bâtiment. Ce scénario sert de référence.

- **Scénario A1** : **scénario valorisant la géothermie électrique – Mutualisation à l'échelle du bâtiment ou de plusieurs bâtiments**

Les besoins en chaud et en froid des bâtiments, hors commerces, sont assurés par valorisation de la géothermie sur nappe, sur sondes ou sur pieux, par des pompes à chaleur et des groupes de froid électriques. Le solaire est mobilisé pour la production d'ECS et la compensation des consommations des bâtiments à énergie positive.

- **Scénario A2** : **scénario valorisant la géothermie gaz – Mutualisation à l'échelle du bâtiment ou de plusieurs bâtiments**

Ce scénario est une variante du scénario A1. Les besoins en chaud des bâtiments de logements collectifs et des équipements, hors commerces, sont également assurés par valorisation de la géothermie, mais ici par des pompes à chaleur à absorption gaz. La géothermie « électrique » est valorisée pour les bâtiments tertiaires.

- **Scénario A3** : **scénario valorisant la biomasse énergie – Mutualisation à l'échelle du bâtiment ou de plusieurs bâtiments**

La production thermique des logements collectifs et des équipements est ici assurée par des chaudières biomasse à granulés de bois. Ce scénario est étudié dans le cas où la mobilisation de la biomasse via le réseau de chaleur ne serait pas envisageable. La géothermie « électrique » est valorisée pour les bâtiments tertiaires.

- **Scénario B** : **scénario intégrant le raccordement de la zone au réseau de chaleur de la ville d'Aix-en-Provence et une production de froid solaire pour les bâtiments tertiaires**

Les logements collectifs et les équipements sont raccordés au réseau de chaleur de la ville d'Aix-en-Provence, alimenté à 70% par la biomasse. Les bâtiments tertiaires sont équipés d'installations de production de froid solaire pour assurer leurs besoins en rafraîchissement et en chauffage.

Synthèse de l'étude multicritère

Les cinq scénarios sont comparés sur les critères suivants : taux de mobilisation d'énergies renouvelables, impact environnemental, consommations énergétiques en énergie primaire et finale et dépenses totales sur 25 ans.

- Les usages spécifiques de l'électricité (bureautique en tertiaire, électroménagers et audiovisuel en logement…), presque indépendants de la conception des bâtiments, représentent environ 60% des consommations en énergie primaire selon les scénarios. Ainsi, indépendamment de l'approvisionnement en énergie pour la couverture des besoins thermiques, un comportement écoresponsable des occupants est indissociable des notions d'écoquartier et de quartier économe en énergie.
- Nous déconseillons la solution BASE (valorisation du gaz) car elle génère de fortes émissions en gaz à effet de serre, avec près de 2 800 tonnes émises par an.
- La géothermie « électrique » (A1) et la biomasse (A3) sont les solutions les plus vertueuses concernant la maîtrise des émissions de gaz à effet de serre, avec près de 2 000 tonnes d'équivalent CO2 évitées par rapport à la base (-70%).
- La géothermie « électrique » (A1) et la géothermie gaz (A2) sont les solutions les plus efficaces, car générant les plus importantes réductions d'énergie finale (énergie facturée).
- Dans les scénarios A1, A2 et A3, les besoins de froid et de chaud des bureaux sont couverts par géothermie sur sondes ou sur nappe. Cette énergie apparaît comme très adaptée pour couvrir les besoins des bâtiments tertiaires de niveau Effinergie +.
- La solution de froid solaire (B), bien que peu fréquente, est encore plus efficace et permet de réduire de 60% les consommations pour le chauffage et le rafraîchissement des bâtiments tertiaires par rapport à la solution BASE. Cette solution sera à envisager sérieusement pour les bâtiments exemplaires à énergie positive (de niveau BEPOS).
- La solution biomasse (A3), par ses faibles consommations en énergie primaire, est la solution nécessitant la plus petite surface de panneaux photovoltaïques pour la compensation des consommations des bâtiments BEPOS : -25% par rapport à la solution BASE.
- La solution réseau de chaleur (B) ne permet pas de réduire les quantités d'énergie primaire consommée, mais permet de mobiliser plus de 50% d'énergies renouvelables et une réduction de près de 40% des émissions de gaz à effet de serre, en plus des nombreux avantages liés à la mutualisation des moyens de production.
- Nous conseillons :
  - pour les logements et les équipements : un raccordement au réseau de chaleur si disponible ou un mixte équilibré entre géothermie électrique, géothermie gaz et biomasse ;
  - pour les bâtiments tertiaires : la géothermie électrique sur sondes, sur pieux ou sur nappe ;
  - pour les bâtiments tertiaires à énergie positive : le froid solaire ;
  - pour la production d'électricité locale : le photovoltaïque, les besoins thermiques étant trop faibles pour de la cogénération.

Etudes complémentaires à mener

- Relatives à l'approvisionnement en énergie :
  - étude complémentaire pour préciser le potentiel géothermique de la nappe, la nature et la conductivité des sols pour l'implantation des sondes géothermiques verticales ;
  - études de faisabilité des approvisionnements en énergie obligatoires pour chaque maître d'ouvrage construisant sur la zone (décret 2007-363 du 19 mars 2007). Ces études sont à remettre avec chaque demande de permis de construire ;
  - en phase conception, une étude de faisabilité froid solaire pour les bâtiments tertiaires.

- Relatives au développement du réseau de chaleur sur la ZAC :
  Pour poursuivre la réflexion sur le réseau de chaleur, il serait intéressant de demander à l'actuel titulaire de la DSP, une étude spécifique de faisabilité de l'extension du réseau existant sur la ZAC de la Constance, en intégrant les éléments précis liés aux futurs bâtiments, leurs implantations, et le développement de productions sur la ZAC valorisant des EnR (solaire thermique, pompe à chaleur sur réseau d'assainissement ou en sortie de la STEP…).

3. ETUDES ET REFLEXIONS PREALABLES

3.1 ESTIMATION DES BESOINS

Les besoins en énergie thermique et électrique sont d'abord estimés à l'échelle de l'opération. L'importance de ces besoins détermine la pertinence économique ou non des solutions à coût d'investissement élevé. Ces besoins sont utilisés :

- pour l'évaluation de la densité des besoins thermiques dans le cadre de l'évaluation de la faisabilité d'un réseau de chaleur ;
- pour le calcul des consommations en énergie finale et primaire en fonction des scénarios retenus.

Les besoins thermiques sont exprimés en énergie utile en sortie de générateur. Les pertes de stockage, de distribution, de régulation et d'émission sont donc comptées.

Les besoins en énergie électrique sont exprimés en énergie utile en sortie de compteur.

3.1.1 JUSTIFICATION DES POSTES PRIS EN COMPTE

Sont comptés les besoins en énergie sur les postes suivants :

Thermique	Electrique
-Chauffage -ECS, y compris pertes de stockage, hors éventuelle production solaire thermique -Froid	-Ventilateurs -Auxiliaires de chauffage -Eclairage

Aux postes règlementaires conventionnels, s'ajoutent les postes non conventionnels : bureautique, électroménager, cuisine et audiovisuel notamment, ainsi que les services généraux (ascenseurs, éclairage des communs,…). Ces postes, qui représentent la majeure partie des consommations en énergie primaire dans les bâtiments à haute performance énergétique, complètent les postes électriques sous l'intitulé « Usages spécifiques de l'électricité ».

3.1.2 RAPPEL DE LA PROGRAMMATION URBAINE DE L'OPERATION

- Logements collectifs : 240 000 m^2 SDP soit environ 3600 logements.
- Commerces : 5 000 m² SDP ;
- Activités tertiaires : 70 000 m^2 SDP ;
- Equipements : 7 400 m² SDP.

Remarque :

Nous retenons les données disponibles au moment de l'étude. Ces données sont susceptibles d'évoluer au cours de la finalisation des études préalables d'aménagement. A ce stade d'avancement, cela ne remet pas en question les conclusions de l'étude étant donné le niveau de détail des données disponibles.

3.1.3 RATIOS DE BESOINS EN ENERGIE NECESSAIRES A L'ESTIMATION GLOBALE

Le tableau suivant fait la synthèse des ratios de besoins en énergie retenus en kWhEU/m² SHON. Ces données sont issues d'opérations similaires sur lesquelles nous intervenons.

Niveau de performance	Type de bâtiment	Chauffage (kWhEU/m²SDP.an)	ECS (kWhEU/m²SDP.an)	Rafraîchissement (kWhEU/m²SDP.an)	Ventilation (kWhEU/m²SDP.an)
RT2012	Habitat collectif	10	35	-	1,2
Effinergie + / BEPOS	Habitat collectif	7	30	-	0,9
RT2012	Activité tertiaire	7	-	50	4,7
Effinergie + / BEPOS	Activité tertiaire	5	-	40	3,9
Effinergie +	Equipements	7	5	-	8
RT2012	Commerces	30	-	100	20

Niveau de performance	Type de bâtiment	Eclairage (kWhEU/m²SDP.an)	Auxiliaires (kWhEU/m²SDP.an)	Usages électriques non conventionnels (kWhEU/m²SDP.an)
RT2012	Habitat collectif	3	0,7	27
Effinergie + / BEPOS	Habitat collectif	2,2	0,5	27
RT2012	Activité tertiaire	7,7	2,7	39
Effinergie + / BEPOS	Activité tertiaire	6,2	1,9	39
Effinergie +	Equipements	6	3	15
RT2012	Commerces	30	10	100

Remarques :

- *les besoins en ECS s'entendent sans couverture solaire thermique ;*
- *les besoins en usages électriques considérés comme « non conventionnels » ne sont pas pris en compte dans la RT2012. Ces usages intègrent notamment l'utilisation d'appareils électroménagers et d'appareils informatiques. Ces usages sont dénommés « Usages électriques spécifiques » par la suite ;*
- *à ce stade, les besoins en électricité pour l'éclairage des espaces extérieurs ne sont pas considérés, les données étant globalement insuffisantes pour un niveau d'estimation satisfaisant. Ce poste n'est toutefois pas à négliger en termes de poids dans le bilan énergétique d'une opération et des dispositions spécifiques devront être retenues pour optimiser la conception des installations et donc limiter les consommations (au travers des programmes, de fiches de lots…).*

3.1.4 SYNTHESE DES BESOINS ENERGETIQUES GLOBAUX SUR L'OPERATION

Besoins totaux par typologie de bâtiment et par poste :

BESOINS DE CHALEUR				
Types de bâtiments	**Performance énergétique**	**SDP (m²)**	**Besoins chauffage (kWhEU/an)**	**Besoins ECS (kWhEU/an)**
Habitat collectif	20% RT2012 60% Effinergie + 20% BEPOS	240 000	1 680 000	7 200 000
Activité tertiaire	20% RT2012 60% Effinergie + 20% BEPOS	70 000	350 000	
Equipements	Effinergie +	7 400	51 800	37 000
Commerces	RT2012	5 000	150 000	
TOTAL		322 400	2 231 800	7 237 000

BESOINS DE FROID			
Types de bâtiments	**Performance énergétique**	**SDP (m²)**	**Besoins Froid (kWhEU/an)**
Habitat collectif	20% RT2012 60% Effinergie + 20% BEPOS	240 000	
Activité tertiaire	20% RT2012 60% Effinergie + 20% BEPOS	70 000	2 800 000
Equipements	Effinergie +	7 400	
Commerces	RT2012	5 000	500 000
TOTAL		322 400	3 300 000

BESOINS D'ELECTRICITE						
Types de bâtiments	**Performance énergétique**	**SDP (m²)**	**Besoins Ventilation (kWhEU/an)**	**Besoins Eclairage (kWhEU/an)**	**Besoins Auxiliaires (kWhEU/an)**	**Besoins électricité usages spécifiques (kWhEU/an)**
Habitat collectif	20% RT2012 60% Effinergie + 20% BEPOS	240 000	254 400	516 000	108 000	6 480 000
Activité tertiaire	20% RT2012 60% Effinergie + 20% BEPOS	70 000	270 900	434 000	133 000	2 730 000
Equipements	Effinergie +	7 400	59 200	44 400	22 200	111 000
Commerces	RT2012	5 000	100 000	150 000	50 000	500 000
TOTAL		322 400	684 500	1 144 400	313 200	9 821 000

Le besoin total en énergie s'élève à environ **24 732 MWhEU/an**.

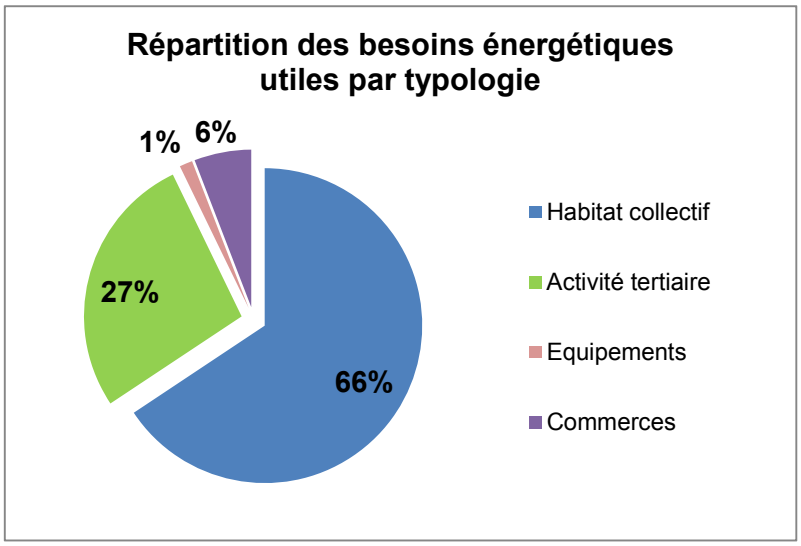


Figure 5: Répartition des besoins énergétiques en fonction des typologies (kWhEU/an)

Les bâtiments collectifs concentrent 66% des besoins en énergie utile. C'est donc la typologie sur laquelle axer les efforts.

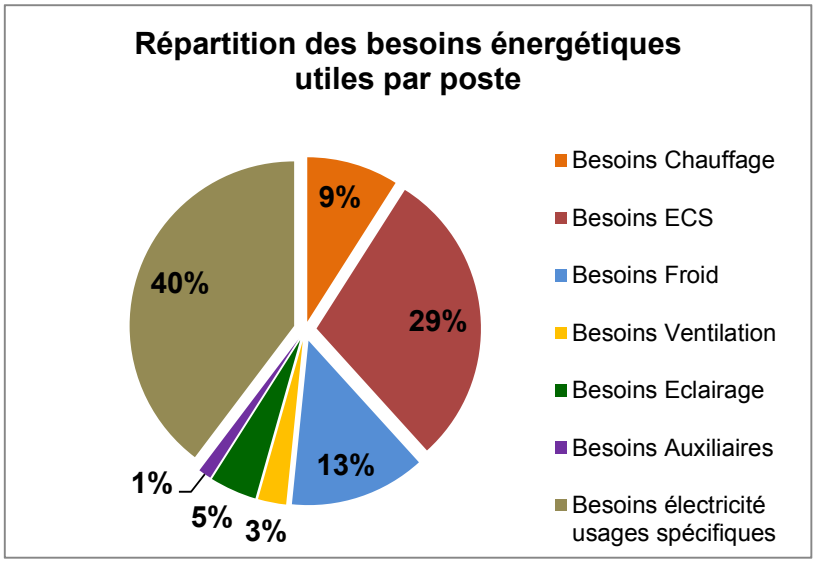


Figure 6: Répartition des besoins énergétiques en fonction des postes (kWhEU/an)

Le poste prépondérant est les usages spécifiques de l'électrique (usages non comptabilisés dans la RT2012), avec 40% des besoins.

Ensuite, les besoins sont majoritairement thermiques, avec 51% des besoins répartis entre chauffage, ECS et froid. Le choix de l'approvisionnement en énergie thermique est donc primordial pour la maîtrise des consommations.

Besoins totaux (MWh_{EU}/an)	
Thermique	12 769
Electrique	11 963

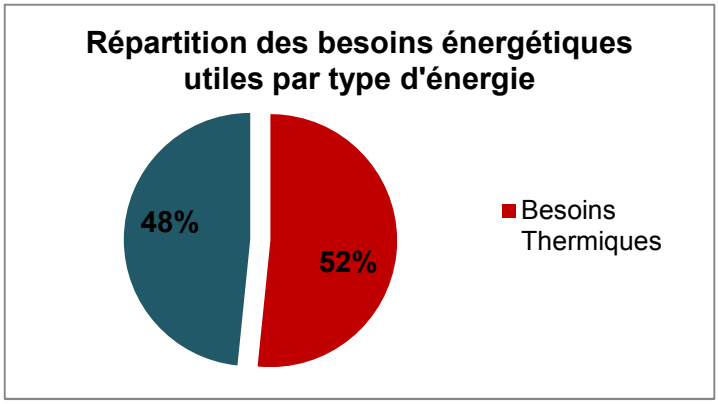


Figure 7: Répartition des besoins énergétiques en fonction du type d'énergie (kWhEU/an)

3.2 REFLEXION VIS-A-VIS DES NIVEAUX DE MUTUALISATION

La qualité et la pérennité de l'approvisionnement en énergie thermique et électrique à l'échelle d'un quartier n'implique pas seulement le choix du bouquet énergétique, mais aussi le choix du degré de mutualisation des moyens de production.

Une mutualisation maximale doit être recherchée. La mutualisation des moyens de production thermique revêt de nombreux avantages :

- **environnemental** : c'est le meilleur moyen de mobiliser massivement les énergies renouvelables, car à l'échelle d'un logement ou d'un bâtiment, les coûts et les contraintes d'intégration générés sont souvent rédhibitoires à la mise en place d'une chaufferie bois, à la valorisation de la géothermie profonde ou sur aquifère, ou encore à la valorisation de la chaleur fatale d'installations commerciales ou industrielles ;
- **social** : c'est la garantie d'une meilleure stabilité des prix pour l'usager qui n'est pas laissé à la merci d'une hausse importante probable des prix des énergies fossiles dans les prochaines années ;
- **économique pour l'usager** : il n'a que la distribution secondaire à gérer (pas de chaudière individuelle à entretenir) ;
- **technique** : la réduction du nombre de générateurs implique une réduction des contraintes d'entretien et de maintenance, et favorise la pérennité des performances dans le temps et la continuité de fonctionnement ;
- **stratégique pour la collectivité** : couverture des besoins des bâtiments par des énergies renouvelables locales. En retenant le gaz, le quartier serait en effet « condamné » à consommer de l'énergie fossile sur les 50 prochaines années.

Dans la pratique, lors du choix des scénarios à étudier, nous retiendrons les considérations suivantes :

- les pratiques consistant à individualiser les moyens de production thermiques ne sont pas en phase avec les exigences environnementales d'un quartier durable : la mise en place d'une chaudière individuelle par logement est par exemple à proscrire ;
- le niveau minimum de mutualisation considéré est donc une chaufferie par bâtiment ;
- en premier lieu, les degrés maximum de mutualisation sont favorisés. Selon les contraintes techniques et économiques de faisabilité, les degrés inférieurs sont étudiés par itération jusqu'à trouver l'optimum ;
- le degré optimum de mutualisation est susceptible de varier selon la nature des sources d'énergies disponibles sur le site.

Les différents niveaux de mutualisation

L'application de l'article L128-4 du code de l'urbanisme inclut l'étude des opportunités de la création ou du raccordement à un réseau de chaleur.

Or, au sens règlementaire, la définition du réseau de chaleur est restrictive ; elle se limite aux installations de production mutualisées dont le producteur de chaleur exploitant la chaufferie est juridiquement distinct des usagers consommateurs de l'énergie thermique.

Il serait dommage de se priver des nombreux avantages liés à la mutualisation des moyens de production dans le cas où la création d'un réseau de chaleur à l'échelle du quartier ne serait pas techniquement et économiquement faisable.

Ainsi, dans le cadre d'une opération d'aménagement, il convient d'étudier l'ensemble des échelles de mutualisation des moyens de production et de valoriser les niveaux les plus élevés.

A l'échelle du quartier :

C'est le niveau maximal de mutualisation. Un réseau de chaleur et/ou de froid alimente la quasi-totalité des bâtiments. A cette échelle, un très large panel d'énergies est valorisable et il est possible de combiner la production de chaleur à une production d'électricité (cogénération) et à une production de froid (trigénération). Le degré d'évolutivité est grand : une transition énergétique s'effectue uniquement par modification de la chaufferie centrale. Les besoins en maintenance sont réduits et assurés de façon centralisée par un même exploitant très qualifié.

A l'échelle d'un lot :

Les bâtiments d'un même lot sont alimentés depuis une même chaufferie. On ne parle plus ici de réseau de chaleur au sens juridique mais de chaufferie mutualisée. A cette échelle, le panel d'énergies valorisables est large mais plus contraint. Il est éventuellement possible de combiner la production de chaleur à une production d'électricité (cogénération). Le degré d'évolutivité est moyen : le nombre de chaufferies pénalise les possibilités d'évolution de l'approvisionnement énergétique. A partir de cette échelle, la chaufferie peut être intégrée à l'un des bâtiments. Les besoins en maintenance sont plus importants puisque le nombre de générateurs est supérieur. La maintenance est assurée par autant d'entreprises qu'il y a de contrats de maintenance.

A l'échelle d'un bâtiment :

C'est le niveau minimum de mutualisation que l'on retiendra dans le cas où les degrés précédents se heurteraient à des obstacles économiques ou techniques. On retrouve alors une chaufferie par bâtiment. A cette échelle, le panel d'énergies valorisables est restreint. Il est difficile de combiner la production de chaleur à une production d'électricité (cogénération) de façon rentable. Le degré d'évolutivité. Les besoins en maintenance sont très importants car il y a un grand nombre de générateurs sur le site. Les puissances unitaires des chaufferies étant très inférieures, la qualité de la maintenance est plus aléatoire.

4. EVALUATION DU POTENTIEL EN ENERGIES RENOUVELABLES ET DES POSSIBILITES DE MOBILISATION

4.1 SOURCES / DOCUMENTS DE REFERENCES

L'évaluation du potentiel en énergies renouvelables et de récupération et des possibilités de mobilisation est basée sur le Schéma Régional du Climat de l'Air et de l'Energie (SRCAE) PACA dont les documents sont en libre consultation. Le SRCAE a été approuvé par le conseil régional lors de la séance du 28 juin 2013 et arrêté par le préfet de région le 17 juillet 2013.

Remarques :

La disponibilité de certaines énergies renouvelables et les possibilités de les mobiliser peuvent rapidement évoluer en fonction de nombreux facteurs, c'est le cas notamment pour la biomasse ou la géothermie sur aquifère.

La disponibilité de ces énergies pourra être réétudiée plus précisément :

- ***dans le cadre des études de réalisation ;***
- ***dans le cadre de la conception de chaque projet de construction : via la réalisation des études d'approvisionnement en énergie pour les bâtiments, extensions de bâtiments ou groupes de bâtiments de plus de 1000 m². Cette étude est une pièce obligatoire du permis de construire (décret 2007-363 du 19 mars 2007).***

D'autre part, l'évaluation des possibilités de mobiliser certaines ressources nécessite des investigations complémentaires qui ne peuvent être réalisées dans le cadre des études préalables d'aménagement et dont les conclusions peuvent aller à l'encontre des informations contenues dans les documents sources précédemment cités.

Dans tous les cas, les incertitudes entourant l'évaluation des gisements de certaines énergies renouvelables ne peuvent en aucun cas conduire à les écarter de l'étude. Dans le doute, ces dernières sont intégrées et la faisabilité effective de leur mobilisation sera soumise à des investigations complémentaires ultérieures.

4.2 SOLAIRE

L'énergie solaire est d'abord utilisée passivement au sein des bâtiments par la valorisation des apports solaires gratuits qui contribuent à la réduction des besoins en chauffage.

L'énergie solaire peut ensuite être directement valorisée par des systèmes actifs pour la production de chaleur ou de froid (solaire thermique) et la production d'électricité (solaire photovoltaïque) quels sue soient les différents niveaux de mutualisation.

Potentiel

Aix-en-Provence correspond à la zone de France la plus ensoleillée, avec 2 835 heures d'ensoleillement et environ 5,0 kWh/m² reçus par jour sur une surface horizontale. Cet ensoleillement très favorable implique un recours massif aux solutions techniques tel que le solaire thermique ou photovoltaïque.

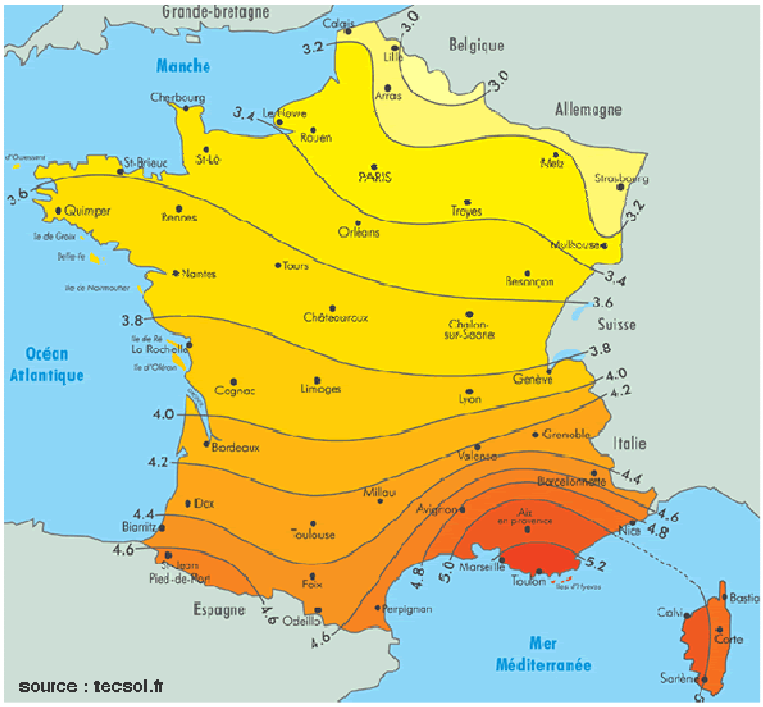


Figure 8: Ensoleillement en France métropolitaine en kWh/m²/jour

Irradiation (kWh/m² cumulés)	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Globale (IGH)	52	67	121	154	192	209	219	189	139	93	58	46	**1539**
Directe (IBH)	25	31	67	86	111	130	142	119	84	49	28	21	**894**
Diffuse (IDH)	28	36	53	68	81	80	77	70	56	43	30	25	**645**

Inclinaisons et orientation optimum sur l'année et pour le mois le plus défavorable

- L'irradiation globale maximale sur l'année est de 1715 kWh pour une orientation optimum de 0° et une inclinaison optimum de 32° en tenant compte du masque sur l'horizon défini ci-dessus.

- L'irradiation globale dans le plan pour le mois le plus défavorable (Décembre) est maximale avec 2,68 kWh/m² par jour pour une orientation optimum du plan de 0° et une inclinaison optimum du plan de 64°.

Source : logiciel CalSol (INES)

Figure 9: gisement solaire à Aix-en-Provence sur un plan horizontal et inclinaisons optimales

Le potentiel solaire est donc **très important** et pleinement compatible avec la majorité des applications liées au bâtiment. L'importance du gisement en été traduit également un potentiel significatif pour de la production de froid (climatisation, rafraîchissement), par absorption par exemple.

Pérennité

La durée de vie du soleil est estimée à plusieurs milliers d'années, la pérennité de la ressource est donc assurée.

Conflit

L'énergie solaire est principalement mobilisée via des capteurs intégrés en toiture. Il peut y avoir un conflit entre les principes de valorisation, solaire thermique et solaire photovoltaïque, dans l'occupation des surfaces de toiture favorablement exposées.

On veillera à privilégier systématiquement le solaire thermique en cas de conflit car :

- le rendement est nettement supérieur : 600 à 900 kWh/m² contre un maximum de 280 kWh/m² pour le photovoltaïque ;
- l'importance des besoins en ECS favorise la rentabilité des solutions solaires thermiques ;
- depuis la réduction des tarifs de rachat de l'énergie photovoltaïque, le photovoltaïque est moins rentable financièrement.

Préconisations architecturales :

Les différents types de montage

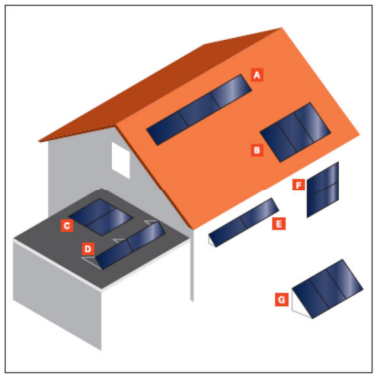


Figure 10: Différents types de montages (source Viessman)

A Montage en surtoiture version horizontale ;

B Montage en surtoiture ou en intégration version verticale ;

C Montage à plat sur toiture terrasse ;

D Montage sur équerres sur toit terrasse ;

E F Montage en façade/balustrade ;

G Montage sur équerres au sol.

A noter que sont majoritairement éligibles aux différentes subventions les capteurs intégrés (solutions A, B, C, E, F).

L'influence de l'inclinaison et de l'orientation

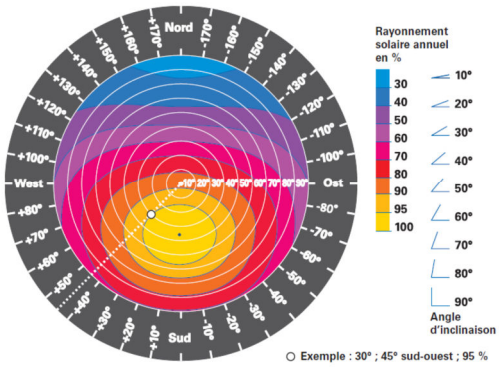
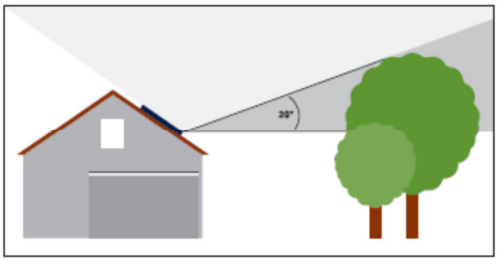


Figure 11: Influence de l'orientation et de l'inclinaison

L'orientation sud et une inclinaison de 30 à 45° environ par rapport à l'horizontale assurent les meilleurs rendements pour une installation solaire à nos latitudes. Mais même avec des écarts importants (orientation sud-ouest à sud-est, inclinaison de 25 à 70°), une installation solaire reste rentable.

Une inclinaison plus faible est conseillée si les capteurs ne peuvent pas être orientés vers le sud. Des capteurs solaires inclinés à 30° et orientés à 45° sud-ouest présentent encore 95 % de la puissance optimale. Et même en cas d'orientation est-ouest, il est possible d'espérer encore 85 % si le toit est incliné de 25 à 40°. Une inclinaison plus forte du capteur offre l'avantage d'une fourniture d'énergie lissée sur l'année.

Préconisations vis-à-vis de l'aménagement des parcelles :



Les batteries de capteurs doivent être placées et dimensionnées de manière à ce que l'influence des bâtiments avoisinants et des arbres produisant de l'ombre soit maintenue à un minimum.

On veillera à implanter les bâtiments de telle sorte qu'ils ne masquent pas ou peu les bâtiments adjacents. Les concepteurs pourront s'appuyer sur les outils informatiques pour monter des héliodons et ainsi optimiser l'aménagement des parcelles et l'implantation des bâtiments.

Synthèse :

- Le potentiel solaire est très important sur le secteur.
- Les toitures en pente seront favorisées par rapport aux toitures terrasses, afin de favoriser l'intégration des capteurs pour l'éligibilité aux subventions et aux aides.
- Autant que possible, le maximum de surfaces de toiture seront orientées sud et en pente de 30 à 45° pour favoriser la productivité des installations.
- On optimisera l'implantation des bâtiments sur les parcelles pour limiter l'impact sur l'ensoleillement des bâtiments adjacents.

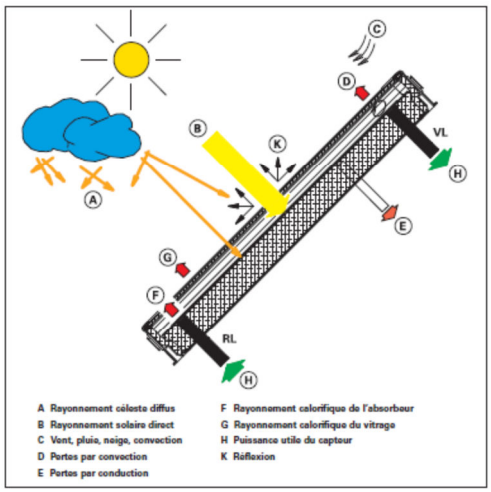
4.2.1 SOLAIRE THERMIQUE

En PACA, la production de chaleur par le solaire thermique représente environ 13% de la production solaire thermique en France (données de 2010). La production est aujourd'hui essentiellement réalisée par des installations individuelles pour le préchauffage de l'ECS.

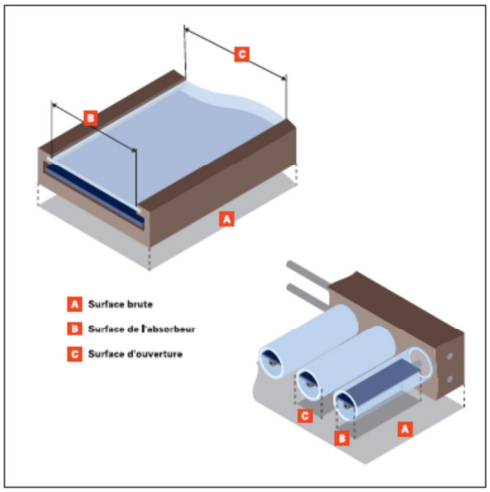
Le SRCAE se fixe comme objectif de multiplier a minima par 7 la production solaire thermique d'ici 2020 par rapport à 2010.

Principe de mobilisation

Les trois composantes du rayonnement solaire, directe, réfléchie et diffuse, sont captées via un absorbeur. Cet absorbeur est doté d'un tube à travers lequel s'écoule un fluide caloporteur qui collecte l'énergie solaire emmagasinée. Cette énergie thermique est ensuite valorisée pour différentes applications : chauffage de locaux, production d'ECS et production d'eau glacée par absorption pour la climatisation. Il existe différents types de capteurs, les principaux rencontrés en usage bâtiment sont le capteur plan et le capteur à tube sous vide pour les applications hautes températures.



Captage du rayonnement solaire (source Viessmann)



Différents types de capteur (source Viessmann)

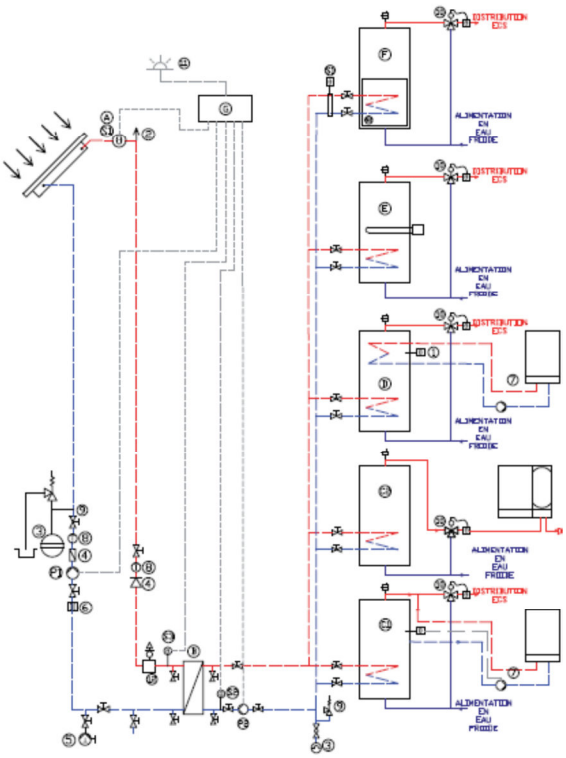
Figure 12: Captages du rayonnement solaire et différents types de capteurs

Niveaux de mutualisation du solaire thermique

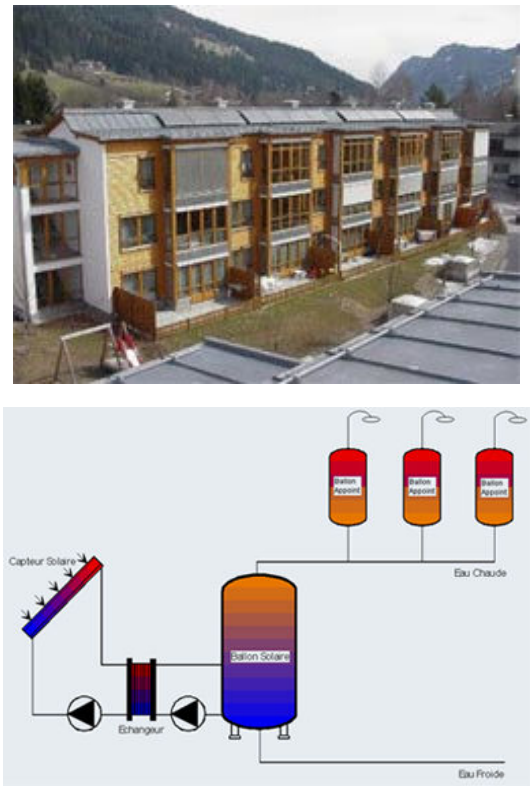
Le solaire thermique est pleinement exploitable quel que soit le niveau de mutualisation retenu.

A l'échelle du bâtiment et du lot, l'installation solaire thermique est utilisée pour la production d'eau chaude sanitaire qui est alors fortement valorisée dans le calcul thermique règlementaire (RT2012), mais peut également être utilisée en complément pour le chauffage du bâtiment.

Pour la production d'eau chaude sanitaire en bâtiment collectif, on préférera systématiquement les systèmes de chauffe-eau solaire collectif individualisé (CESCI, avec un ballon solaire dans chaque logement) ou avec appoint individualisé (CESCAI, avec un ou des ballons mutualisés en chaufferie et un appoint individuel par logement, figure 4) aux systèmes centralisés dont le bouclage est très énergivore.



CESCI (source Viessmann)



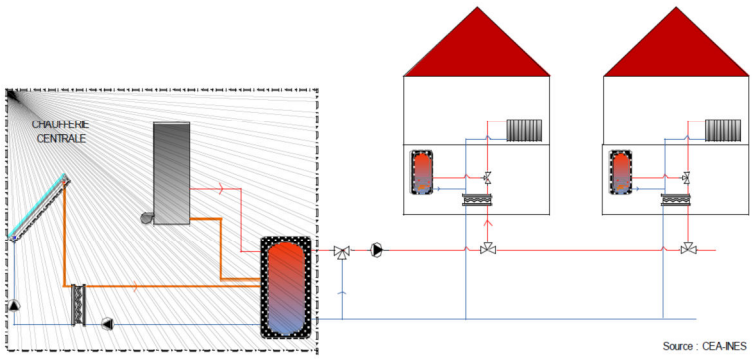
CESCAI (source SOCOL)

Figure 13: Types de Chauffe-Eau Solaires

A l'échelle de la phase et du quartier, l'utilisation du solaire thermique sur les bâtiments pour la production d'ECS réduit la densité des besoins thermiques et donc l'intérêt des solutions réseau de chaleur.

Cependant, si un réseau de chaleur est mis en place sur le secteur, le solaire thermique peut être judicieusement utilisé :

- pour compenser gratuitement les pertes en ligne du réseau ;
- pour augmenter la part d'énergie renouvelable du réseau et donc réduire son contenu CO_2 ;
- dans le cas d'un réseau biomasse, pour compenser l'arrêt des chaudières bois en été.



Exemple d'intégration du solaire thermique à un réseau de chaleur



Capteur très haute température (source SRB)

L'utilisation du solaire thermique sur réseau de chaleur peut être optimisée par :

- l'utilisation d'un régime très basse température (départ < 75°C) et d'une température de retour la plus faible possible. Un régime 70/35°C est conseillé pour la création d'un sous-réseau sur la ZAC de la Constance ;
- l'utilisation de capteurs très haute température, à tube sous vide ou à concentration ;
- le choix d'un système centralisé pour favoriser la densité des besoins thermiques. Dans ce cas, le champ de capteurs peut être intégré sur le toit d'un équipement (gymnase par exemple).

Gisement

En se basant sur un ratio courant d'environ 1,5 $m^2_{capteur}$/logement, on peut estimer qu'environ 5 400 m² de capteurs solaires seront développés sur la ZAC à terme, pour une productivité brut comprise entre **3 240 MWhEU/an et 4 860 MWhEU/an, soit de 23 à 35% des besoins en énergie thermique de la ZAC**.

Synthèse :

Le solaire thermique est l'énergie renouvelable par excellence de la RT2012 et les solutions permettant de la valoriser sont systématiquement à privilégier :

- dans le cas d'un réseau de chaleur, on implantera des capteurs haute température sur un nombre de toiture limité. L'énergie est directement injectée sur le réseau ;
- aux échelles inférieures de mutualisation, on mettra systématiquement en œuvre sur les bâtiments de logement des systèmes de chauffe-eau collectifs optimisés ;
- pour les bâtiments de bureaux à énergie positive, le froid solaire est la solution à privilégier pour le rafraichissement des locaux. Les solutions de type machines à absorption seront préférées aux systèmes à dessiccation, moins efficaces.

4.2.2 PHOTOVOLTAÏQUE

En 2009, la production photovoltaïque de la région PACA s'est élevée à environ 14% de la production photovoltaïque en France. Moins de 0,5% du potentiel de 2020 et à peine de 0,2% du potentiel de 2030 est exploité en 2009.

Le photovoltaïque est la solution à privilégier pour compenser les consommations en énergie des bâtiments à énergie positive (BEPOS) par une production locale d'électricité, car les besoins thermiques sont insuffisants pour assurer la rentabilité de solutions de cogénération.

A noter que la rentabilité économique des installations n'est assurée que si ces dernières sont éligibles à des tarifs de rachat avantageux, et donc si les capteurs sont intégrés en toiture au sens de l'arrêté tarifaire du 4 mars 2011.

Principe

Installés sur des toits ou sur le sol à proximité des habitations, des panneaux solaires photovoltaïques captent la lumière du soleil. Sous l'effet de la lumière, le silicium, un matériau conducteur contenu dans chaque cellule, libère des électrons pour créer un courant électrique continu. Un onduleur transforme alors ce courant en courant alternatif compatible avec le réseau de distribution collectif. Tout ou partie de la production peut être réinjectée dans ce réseau, EDF ayant obligation de rachat de cette électricité à des tarifs de rachat définis par arrêté et variables en fonction du type d'intégration.

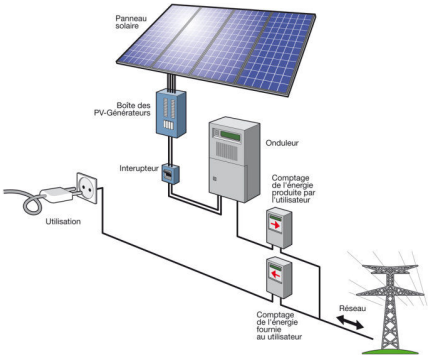


Schéma d'une installation raccordée au réseau



Différents principes d'intégration

Niveaux de mutualisation du photovoltaïque

Le photovoltaïque permet la production d'électricité injectée directement dans le réseau de distribution ERDF qui dessert l'ensemble des bâtiments, l'influence du niveau de mutualisation des systèmes de production d'énergie est donc faible.

Gisement

En estimant la surface de toiture disponible à environ 30% de la surface des terrains à bâtir, soit 115 500 m², il est théoriquement possible d'intégrer jusqu'à environ 31 350 m² de capteur photovoltaïque (2,2 $m^2_{toiture}/m^2_{capteur}$, 70% de la surface de toiture exploitable, surface de capteur solaire thermique déduite), pour une productivité maximale de **8 778 MWhEF/an d'électricité, soit 65% des besoins en électricité de la ZAC.**

Synthèse :

- Le solaire photovoltaïque n'est pas la solution privilégiée pour couvrir les objectifs énergétiques fixés sur l'opération, le solaire thermique étant globalement plus rentable.
- Le photovoltaïque est en revanche la solution à privilégier pour compenser les consommations en énergie des bâtiments à énergie positive (BEPOS).

4.3 EOLIEN

Potentiel

Le potentiel éolien est fort en région PACA. En 2010, la production annuelle d'électricité d'origine éolienne s'est élevée à plus de 100 GWh. Cette production représente environ 1% de la production éolienne en France.

L'étude de détermination du potentiel éolien menée en PACA dans le cadre du SRCAE caractérise la zone comme non adaptée, avec des enjeux paysagers et techniques rédhibitoires. L'étude ne précise pas si le petit éolien est considéré.

Seul le petit éolien pourrait techniquement être utilisé à l'échelle de l'aménagement de la ZAC de la Constance, au cœur d'un tissu urbanisé et fortement densifié. Cependant, la production électrique à l'échelle du quartier ne fera pas l'objet d'une mobilisation massive au vu des nuisances potentiellement générées, du gisement bridé par le tissu urbain, et la concurrence du solaire photovoltaïque dont le potentiel est également important.

Niveaux de mutualisation du petit éolien

Le petit éolien correspond aux installations dont la puissance est inférieure à 36kVA (environ 30kW). Dans cette gamme de puissance, qui démarre à quelques kilowatts, la hauteur de moyeu détermine la règlementation associée à leur installation :

- Inférieure à 12 m de mât : déclaration préalable et installation soumise à la législation relative au bruit du voisinage ;
- Au-delà de 12 m de mât et jusqu'à 50 m : permis de construire et notice d'impact, pas d'enquête publique.

A l'échelle de l'aménagement, seules les éoliennes de faible hauteur, inférieure à 12 m, semblent compatibles vis-à-vis des principes d'aménagement et de la gestion des nuisances, acoustiques et visuelles. En dessous de 12 m, les éoliennes peuvent être implantées en toiture ou sur mât. Ci-dessous, des exemples d'éoliennes : verticale en toiture, verticale au sol et horizontale en toiture.







Comme pour le photovoltaïque, le courant produit par l'éolienne est transformé en courant alternatif compatible avec le réseau de distribution par un onduleur, l'électricité peut alors être revendue ou auto consommée. Une éolienne de faible hauteur peut produire de 500 à 4 000 kWh par an, mais sa productivité et donc sa rentabilité est fortement dépendante de la vitesse de vent moyenne.

Synthèse :

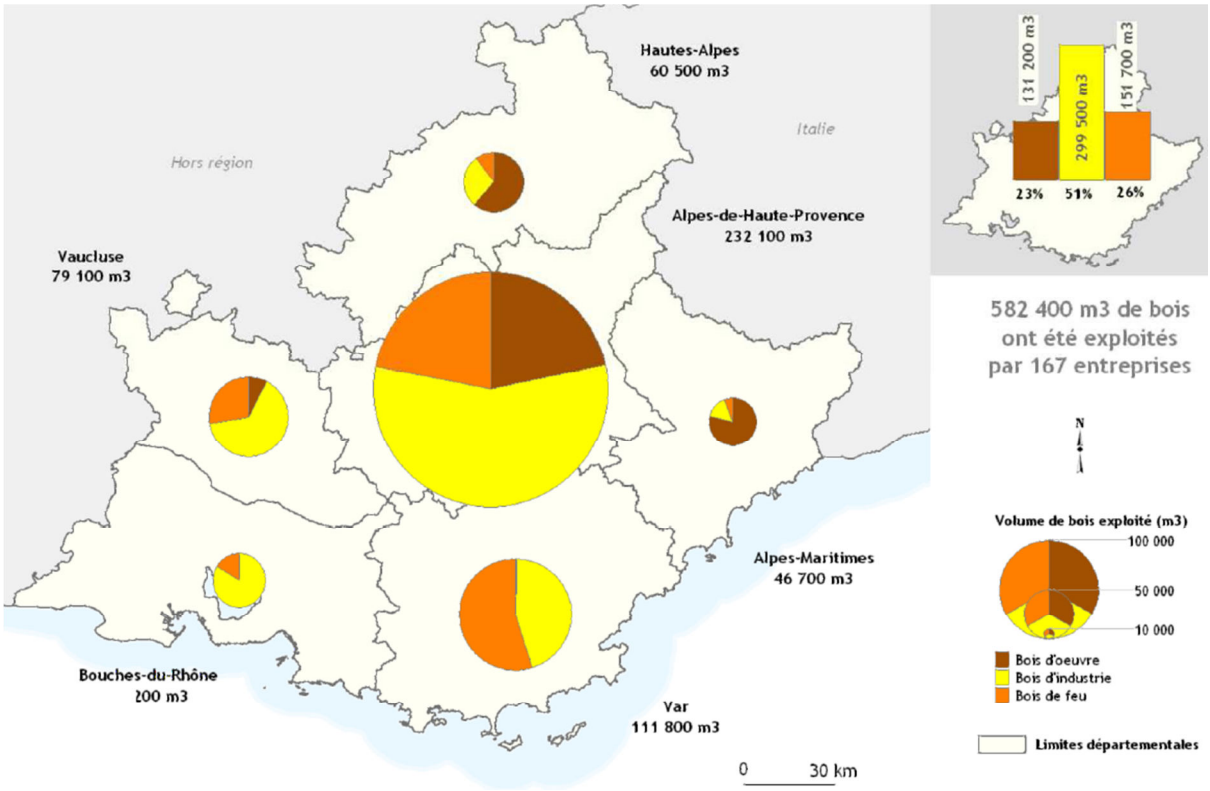
- Le site n'est pas adapté selon le SRCAE.
- Le petit éolien souffre de la concurrence avec le solaire photovoltaïque pour la production d'électricité.

4.4 BIOMASSE BOIS

Potentiel

En 2009, la production annuelle de chaleur à partir du bois énergie s'est élevée à près de 5 000 GWh. Cette production représente environ 6% de la production de chaleur par le bois-énergie en France. Elle est principalement générée par les installations de chauffage individuel des ménages et dans une moindre mesure par le secteur industriel.

Le document « Synthèse des gisements de bois disponibles pour une valorisation énergétique en Provence-Alpes-Côte d'Azur » (Bois Energie PACA, 2009), constitutif du SRCAE, fait état de trois gisements importants en PACA dont le principal, le forestier, est a priori sous-exploité : 100 GWh/an de valorisation énergétique en 2013 (prévision) contre 1 650 GWh/an de potentiel théorique. Ce gisement est principalement exploité dans les Alpes de Haute-Provence.



Source : Bois Energie PACA

Figure 14: répartition des volumes de bois exploités issu de la forêt par catégorie (2004)

Etant donné les faibles besoins du site et les gisements disponibles en PACA :

- cette ressource en énergie est considérée à ce stade comme disponible sur la zone ;
- une incertitude entoure l'évaluation des gisements en combustible biomasse disponibles en 2013, de nombreux projets de grande chaufferie biomasse s'étant développés depuis 2009. Une étude complémentaire devra donc être menée au cas par cas par les concepteurs pour valider l'approvisionnement en combustible de leurs projets.

Pérennité

Les faibles besoins du site en énergie thermique, déjà réduits par la valorisation du solaire thermique, permettent de consolider la pérennité de l'approvisionnement, étant entendu qu'il est plus facile d'assurer l'approvisionnement de petites chaufferies plutôt que des unités de grande capacité, un plus grand nombre de producteurs / fournisseurs étant en capacité de fournir les quantités de combustible nécessaires.

Cependant, à une échelle plus large, la région Provence-Alpes-Côte d'Azur est la seconde région française la plus boisée, la forêt couvrant aujourd'hui près de 40% du territoire régional. Cette forêt est en expansion constante, et présente une diversité importante des essences. Cependant, la gestion raisonnée des forêts de la région PACA n'est pas garantie et des incendies massifs limitent les actions possibles sur les forêts du littoral.

La pérennité de la ressource peut être impactée par le développement futur d'autres chaufferies biomasse de très grosse puissance. Le SRCAE précise à ce sujet que *« la mobilisation de bois forestier pour approvisionner de grosses unités de production énergétique ne pourra pas se faire aux dépens des chaudières de petites et moyennes puissances dans lesquelles investissent les collectivités et les entreprises ».*

Conflit

La valorisation énergétique du bois entre en conflit avec les industries lourdes : le papier, la fabrication de bois d'œuvre notamment. Le bois d'œuvre doit être favorisé car il apporte plus de valeur ajoutée, plus d'emplois, séquestre plus longtemps le carbone et lors de sa transformation ou en fin de vie, produit du bois énergie, notamment par les produits connexes engendrés. Le développement du bois énergie doit donc être corrélé à celui du bois d'œuvre. A noter que les granulés de bois sont fabriqués à partir des sous-produits des scieries. L'utilisation de ce combustible n'interfère donc pas avec l'industrie du bois d'œuvre et peut donc être favorisé.

Mobilisation – niveaux de mutualisation

La biomasse bois est exploitable au niveau de la zone considérée, dans la mesure où un niveau minimum de mutualisation est retenu. La valorisation de la biomasse bois permet la production d'eau chaude à une température suffisante pour assurer la production d'ECS et le chauffage des bâtiments.

Cependant, l'accessibilité des chaufferies bois doit être garantie pour le réapprovisionnement en combustible. L'accessibilité est ici garantie par les autoroutes A8 et A51 bordant le site.

<u>Niveau de mutualisation minimum (une chaufferie par bâtiment) et mutualisation à l'échelle d'un lot :</u>

Dans les bâtiments collectifs et les équipements, la biomasse peut être valorisée via des chaufferies automatiques alimentées en granulés de bois, combustible le plus adapté aux faibles puissances.

Les chaufferies sont intégrées aux bâtiments et les silos à combustible peuvent être intégrés aux bâtiments, juxtaposés ou enterrés à proximité. La livraison s'effectue par camion souffleur depuis les voiries. La forte capacité calorifique du combustible permet de réduire fortement les livraisons de combustible à deux à trois opérations par an.

On veillera à mutualiser les chaufferies biomasses à l'échelle du lot afin de limiter les cycles de livraison de combustible et le nombre de cheminée.

Les chaudières sont de préférence dimensionnées à seulement 50% de la puissance maximum afin de couvrir 80% des besoins thermiques annuels. L'appoint et le secours s'effectue via une chaudière fonctionnant au gaz.





Source : Okofen

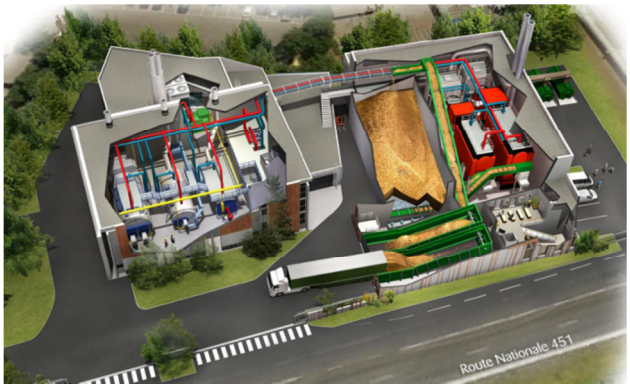
Figure 15: chaudières granulés en cascade et exemple d'intégration d'une chaufferie granulés juxtaposée au bâtiment avec silo intégré

La solution est valorisée par la RT2012, ce qui permet de compenser le coût par une réduction de l'investissement porté sur les autres postes (solaire thermique, isolation, ventilation…). Dans le cas où les chaufferies seraient mutualisées à l'échelle des lots, ces chaufferies alimentent directement les différents logements via des modules CIC (Chauffage Individuel Centralisé) car la création de sous-stations par bâtiment ne permet pas de valoriser la biomasse dans la RT2012, la chaufferie étant alors considérée comme un réseau de chaleur.

Mutualisation à l'échelle du quartier

A l'échelle du quartier, la biomasse peut être valorisée via le raccordement au réseau de chaleur de la ville d'Aix-en-Provence, prochainement alimenté à 70% en biomasse grâce à une chaufferie bois de 16 MW créée à Encagnane, située directement à proximité de la ZAC de la Constance.





Source : APEE

Figure 16: nouveau projet de chaufferie biomasse de 16 MW à Encagnane, alimentant le réseau de chauffage urbain

Cette option constitue la meilleure alternative pour la mobilisation de la biomasse, car elle exclue du site toutes les nuisances liées à la livraison du combustible. De plus, une unique chaufferie de grosse puissance permet d'assurer la pérennité des performances énergétiques et assure un traitement plus efficace des fumées de combustion, malgré une consommation en énergie supérieure liée aux pertes du réseau de distribution.

Synthèse :

- La biomasse est disponible en région PACA.
- Le raccordement au réseau de chaleur urbain existant, alimenté en partie par la chaufferie biomasse bois d'Encagnane est la meilleure alternative pour la valorisation de la biomasse sur la ZAC.
- Si le raccordement au réseau n'est pas possible, étant donné les faibles besoins en énergie thermique de la zone, l'approvisionnement en bois énergie peut être assuré à l'échelle du lot. Le granulé de bois sera privilégié pour son impact réduit vis-à-vis de l'industrie lourde du bois.

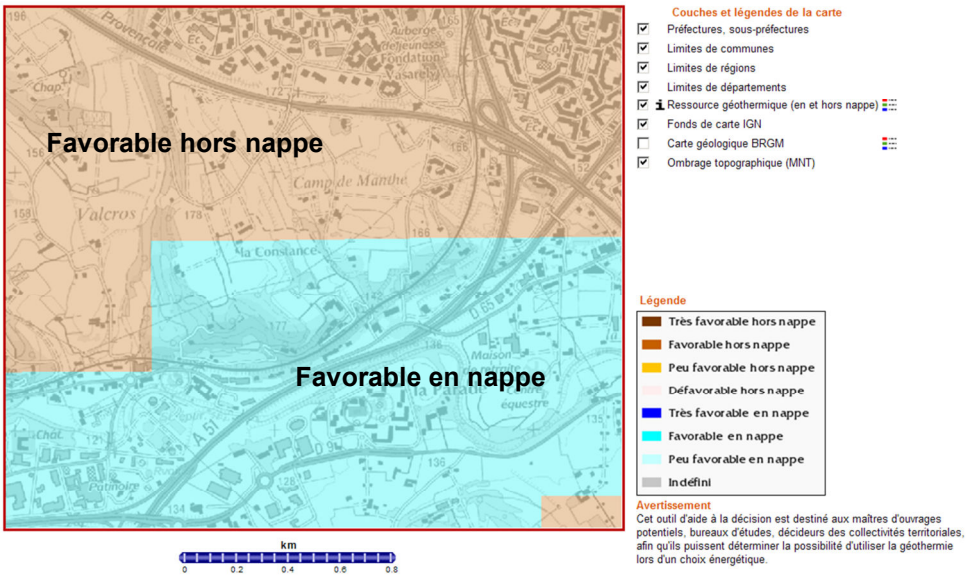
4.5 GEOTHERMIE SUR SONDES GEOTHERMIQUES OU SUR AQUIFERE (GEOTHERMIE TRES BASSE ENERGIE)

Potentiel

Le SRCAE ne propose pas de données concernant la production actuelle par géothermie. Celle-ci est estimée à 0,2% du potentiel, soit une production annuelle de chaleur d'un peu moins de 80 GWh.

L'exploitation des potentialités géothermiques peu profondes à très basse température nécessitant une pompe à chaleur pour la production de chaleur est l'une des orientations en matière d'énergies renouvelables donnée par le SRCAE.

Le site géothermies-perspectives.fr recense le potentiel géothermique sur aquifère (« en nappe ») ou par l'utilisation de sondes géothermiques verticales au sein du sol (« hors nappe »).



Source : géothermie-perspectives.fr

Figure 17: Potentiel géothermique sur aquifère et sur sondes géothermiques sur la ZAC de la Constance

Ces données indiquent qu'un potentiel certain existe aussi bien sur la nappe que dans le sol. Néanmoins, ce potentiel devra être vérifié au cas par cas sur la zone par la réalisation d'études spécifiques du potentiel géothermique dans le cas où cette solution serait retenue pour un ou plusieurs projets, intégrant notamment l'impact des autres projets sur le projet considéré.

Hors nappe : géothermie verticale sur sondes ou pieux

Ressource Géothermique calculée dans la maille HB377 située sur la commune de : AIX-EN-PROVENCE (13001)

Ressource géothermique hors nappe

Ressource géothermique offerte par des sondes géothermiques : Favorable
Puissance spécifique pressentie * (W/m) : 62
* (puissance moyenne extractible dans la maille de 500 m de côté par 1 m de sonde)

Le potentiel est mesuré ponctuellement à 62 $W_{extractible}$/m de sonde, soit un potentiel jugé favorable. Une sonde de 100 m, longueur courante en géothermie verticale, permettra l'extraction d'une puissance d'environ 6,2 $kW_{thermique}$, équivalent aux besoins de 3 à 5 logements hors pointe ECS.

Sur nappe

Ressource Géothermique calculée dans la maille HB378 située sur la commune de : AIX-EN-PROVENCE (13001)

Ressource géothermique en nappe

Ressource : Favorable

Libellé de la nappe	Débit moyen * (m^3/h)	Profondeur moyenne (m)	Température moyenne (°C)	Ressource
Alluvions récentes de l'Arc	333	5	13	Favorable
(*) Valeur moyenne du débit a priori extractible dans la maille à partir de la nappe de 500 m de côté.				

Le potentiel de l'aquifère sous-jacent est jugé favorable. Il combine plusieurs atouts :

- un débit moyen extractible très élevé, et donc une puissance valorisable importante en chaud comme en froid ;
- une profondeur faible, et donc des coûts de forage très limités pour l'exploitation.

Le potentiel thermique brut théorique de l'aquifère est estimé à environ 2 700 kW en chaud (chute ponctuelle de température de 7°C sur l'aquifère en hiver), et à 3 860 kW en froid (gain ponctuel de température de 10°C sur l'aquifère en été).

Pérennité

La pérennité de la ressource nappe pourra être évaluée sur la base d'études hydrogéologiques complémentaires intégrant un suivi piézométrique afin de vérifier qu'il n'y a pas de risque de décote ou de surcote.

La pérennité de la ressource sol est assurée par les faibles besoins thermiques des bâtiments : le risque de décharge thermique du sol est donc a priori écarté. Pour les bâtiments tertiaires utilisant également la géothermie pour le rafraîchissement du sol, la pérennité est renforcée par les cycles de charge / décharge observés sur l'année : prélèvement de calories en hiver, décharge de calories en été.

Conflit

En premier lieu, il peut il y avoir conflit avec l'environnement et les autres utilisations du sol et de la nappe.

Les interactions et conflits potentiels seront étudiés dans le cadre de l'évaluation du potentiel réel d'exploitation des sondes géothermiques au niveau de l'aménagement.

Ensuite, dans le cas où la nappe serait exploitée pour un usage géothermique de façon individuelle pour plusieurs bâtiments, il peut y avoir conflit entre les projets selon le sens d'écoulement de la nappe et l'importance du gisement.

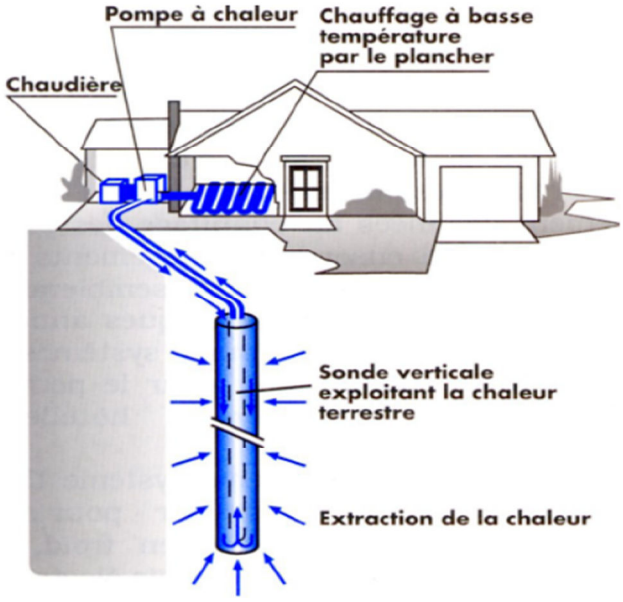
Si cette solution est retenue pour l'approvisionnement partiel ou total en énergie thermique de la zone, nous conseillons de confier une mission d'étude de faisabilité à un bureau d'études spécialisé incluant des mises à jour en fonction des différents projets d'exploitation.

Mobilisation – niveaux de mutualisation

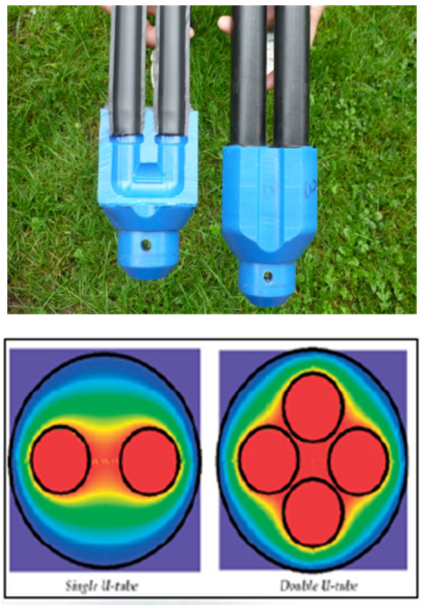
<u>Hors nappe : géothermie verticale sur sondes ou pieux</u>

La géothermie sur sonde verticale (ou géothermie verticale) utilise une ou des sondes, installées dans des forages verticaux, pour valoriser l'énergie géothermique très basse température contenue dans les couches superficielles du sol. Un fluide composé d'eau et d'antigel biodégradable est pompé en circuit fermé et permet d'extraire l'énergie du sous-sol à l'aide d'une pompe à chaleur.

La réalisation d'une sonde géothermique verticale (SGV) consiste à exécuter un forage d'un diamètre d'environ 130 mm pour y installer une sonde géothermique noyée dans un coulis conducteur. Chaque sonde peut être forée à une profondeur comprise entre 50 et 150m, permettant d'extraire de 1,5 à 9 kW selon les caractéristiques du sol.



Système de géothermie sur sonde verticale
Source : CETIAT



Sondes géothermiques en U (à gauche) et en double U (à droite)
Source : ADEME

Les usages de la géothermie verticale sont les suivants :

- en hiver, prélèvement de chaleur dans le sol pour le chauffage du bâtiment ;
- en été, injection de calories dans le sol pour le rafraîchissement du bâtiment ;
- en toutes saisons préchauffage d'ECS.

Les sondes en polyéthylène intégrées dans les forages rejoignent, via un réseau hydraulique sous dalle ou un caniveau technique spécifique, un collecteur qui alimente une ou plusieurs pompes à chaleur (PAC eau/eau) ou des échangeurs directs (fonction « geocooling » : un bypass sur les PAC permet d'utiliser directement la fraîcheur du sol). Le système est associé à des émetteurs basse température. Il convient d'affecter des régimes de températures au plus proche des températures du sol (ex : 35/40°C en chaud, 17/12°C en froid). Ce système convient bien aux petits bâtiments de logement et aux bâtiments tertiaires présentant des besoins en chaud et en froid du même ordre, de faibles besoins en puissance et une occupation continue.

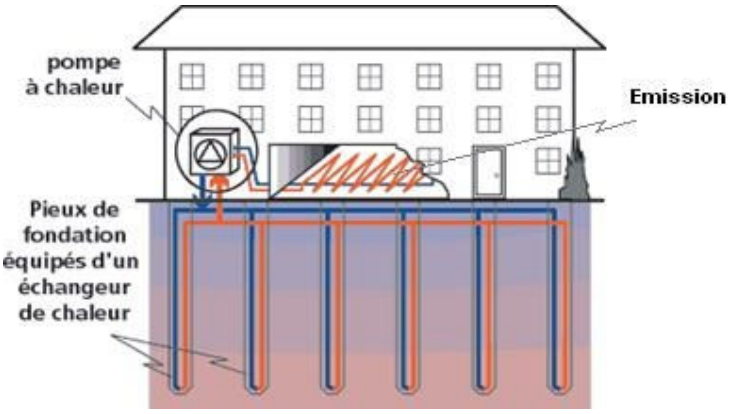
Les sondes peuvent être implantées en champ à proximité immédiate des bâtiments, sous les espaces verts.

La mobilisation de cette énergie s'opère à l'échelle du bâtiment ou du lot, mais n'est pas adaptée à l'échelle du quartier. Des pompes à chaleur pourront être prévues en chaufferies des bâtiments collectifs. Dans ce cas, les pompes à chaleur seront dimensionnées à seulement 30% ou 50% des besoins en puissance pour couvrir 50% à 80% des besoins des thermiques. Une chaudière gaz ou bois, des panneaux solaires ou un appoint électrique peuvent assurer la relève pour la production d'ECS, les pompes à chaleur se prêtant mal à la haute température, les performances optimales étant observées pour des régimes d'eau les plus faibles possibles.

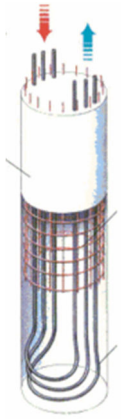
Cas particulier de la géothermie sur pieux de fondation :

La géothermie sur pieux (ou pieux énergétiques ou fondations thermoactives) est une variante de la géothermie sur sondes verticales. Elle utilise les pieux de fondations du bâtiment pour l'implantation des sondes verticales : les mêmes pieux servent d'éléments de fondation et d'échangeurs thermiques.

La géothermie sur pieux est adaptée aux bâtiments tertiaires nécessitant des fondations profondes sur pieux, et présentant à la fois des besoins en chaud et en froid du même ordre, de faibles besoins en puissance et une occupation continue.



Système de géothermie sur pieux
Source : Ekopedia



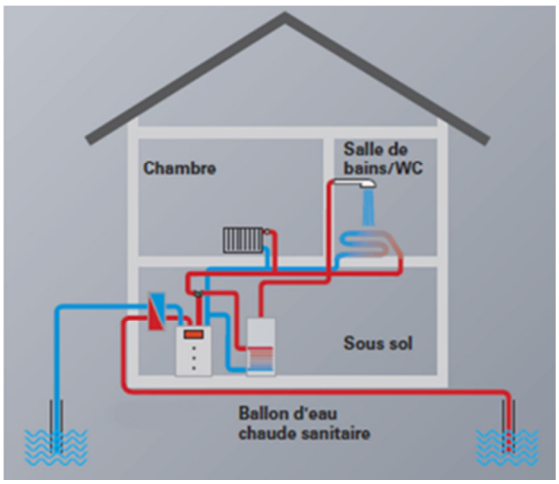
Pieu énergétique
Source : Ekopedia

En complément, dans le cas de fondations géothermiques, on veillera à limiter la concentration de pieux énergétiques à un élément tous les 25 m².

Sur nappe

La géothermie sur nappe (ou aquathermie) valorise la nappe phréatique comme source froide (ou chaude selon la saison) d'une pompe à chaleur eau / eau.

Afin de maîtriser les impacts environnementaux, le principe du doublet géothermique doit systématiquement être retenu. Une première sonde, dite de captation, permet de pomper une eau à température constante sur l'année (12°C +/- 3°C), source dont les calories ou frigories sont transmises au fluide caloporteur de la pompe à chaleur via un échangeur thermique obligatoire (système indirect). Cette eau est rejetée dans la nappe après transfert de calories, en aval du point de puisage, par une deuxième sonde dite de rejet.



Principe de la géothermie sur nappe en maison individuelle
Source : VIESSMAN

Les usages de la géothermie sur nappe sont les suivants :

- en hiver, prélèvement de chaleur à l'eau de nappe pour la production d'eau de chauffage ;
- en été, injection de calories dans la nappe pour le rafraîchissement du bâtiment ;
- la géothermie sur nappe peut également être valorisée pour la production d'ECS.

En été, la pompe à chaleur peut être bipassée, les calories prélevées dans le bâtiment sont alors directement déchargées dans la nappe presque gratuitement via l'échangeur thermique : c'est le principe du géo-cooling ou naturel-cooling.

La géothermie sur nappe est une solution lourde à l'investissement, la rentabilité du système est favorisée par les conditions suivantes :

- les besoins en énergie thermique sont importants. Les bâtiments présentant des besoins en chaud et en froid équivalents sont à privilégier (système réversible) ;
- l'installation est dimensionnée au plus juste, sans coefficient de majoration pour la sécurité ou la relance ;
- les installations dont la puissance utile est supérieure à 40 kW sont sous-dimensionnées à 50% des besoins en puissance utile du bâtiment pour couvrir plus de 80% des besoins en énergie. L'appoint est assuré par des solutions économiques à l'investissement : chaudière gaz basse température pour le chauffage si le gaz est disponible, groupe froid air/eau pour le rafraîchissement des locaux ;
- pour les installations dont la puissance utile est inférieure à 40 kW, l'appoint pour le chauffage est assuré par des résistances électriques.

La mobilisation de cette énergie s'opère à l'échelle du bâtiment, du lot ou du quartier. L'échelle quartier est systématiquement à favoriser car les risques d'interactions entre plusieurs ouvrages sont supprimés. Dans ce cas, la géothermie sur nappe peut très avantageusement être retenue pour alimenter un sous-réseau de chaleur basse température raccordé au réseau urbain existant.

Une alternative consiste à créer une boucle d'eau « tiède » (température équivalente à celle de la nappe), échangeant des calories sur la nappe via un unique puisage, et alimentant différents bâtiments disposant chacun d'une pompe à chaleur eau/eau indépendante en sous-station. Dans ce cas, les pertes de distribution sont supprimées et le coût de la boucle collectif est très inférieur, les tubes n'étant pas isolés.

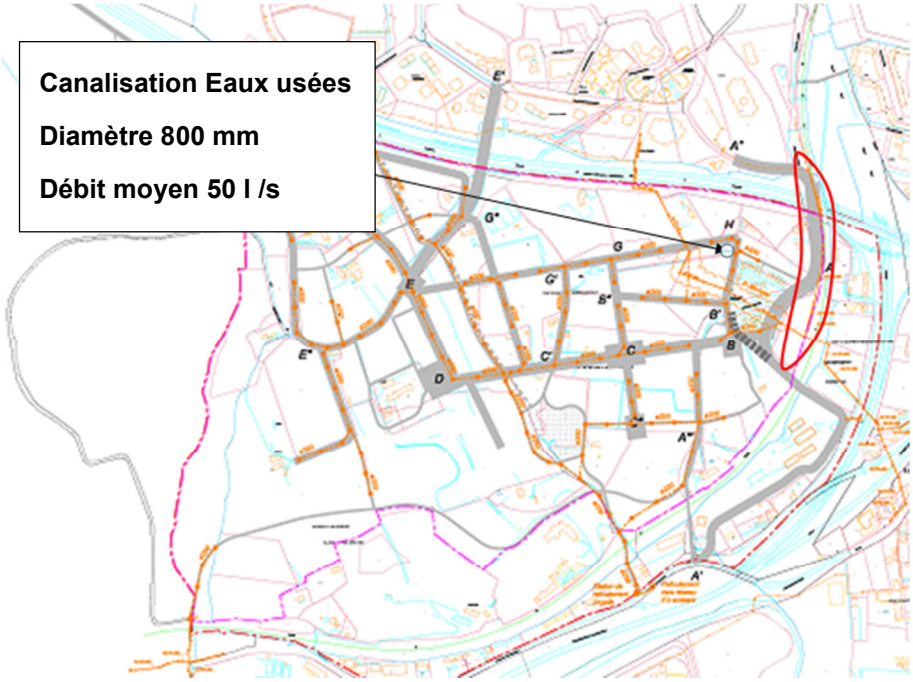
Synthèse :

- La géothermie verticale et sur nappe est mobilisable sur la zone sous réserve d'études spécifiques complémentaires. Les données disponibles font état d'un potentiel favorable.
- Cette énergie est valorisée par la RT2012, c'est donc une énergie à favoriser dans le cadre de l'aménagement. Elle constitue la source la plus intéressante pour la production de froid des bâtiments tertiaires.
- Les niveaux de température produits par les pompes à chaleur sont insuffisants pour assurer la production d'ECS, cette énergie vient donc en complément d'une autre énergie renouvelable (bois, solaire) ou du gaz.
- La géothermie sur nappe est de préférence à mobiliser à un niveau de mutualisation suffisant (lot, quartier) afin de limiter les ouvrages et donc les risques d'interactions pénalisant le gisement. Elle peut alors avantageusement alimenter un sous réseau de chaleur.
- La géothermie sur nappe peut également être valorisée à l'échelle du lot ou du quartier via un seul puisage et la distribution de l'énergie vers les bâtiments via une boucle d'eau tiède, alimentant des pompes à chaleur individuelles.

4.6 RESEAUX D'ASSAINISSEMENT / STEP

Les effluents des réseaux d'assainissement collectifs représentent une source de calories de récupération valorisable via une pompe à chaleur pour le chauffage et le rafraîchissement des bâtiments.

Le document « Evaluation du potentiel de récupération d'énergie thermique dans les réseaux d'assainissement de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur » (anteagroup/PLANAIR, 2011), constitutif du SRCAE, fait état de deux gisements particulièrement important sur Aix-en-Provence : la STEP de la Pioline, située à proximité immédiate, au sud-ouest de la ZAC de la Constance, et les conduites du réseau d'assainissement dont le diamètre est supérieur ou égal à 800 mm et dont le débit sec est supérieur à 15 l/s.



Source : Suez / Lyonnaise des eaux

Figure 18: canalisation à fort potentiel pour la récupération de calories



Figure 19: STEP de La Pioline, à proximité immédiate de la ZAC de la Constance

Potentiel

Canalisation

Une pré-étude menée par Suez environnement / Lyonnaise des eaux fait état du potentiel suivant pour la canalisation indiquée sur le plan plus haut :

- débit moyen de temps sec estimable à 50 l/s ;
- puissance extractible de l'ordre de 3,2 à 3,5 kW par m² d'échangeurs installés ;
- linéaire exploitable de 150 m, soit pour un collecteur de diamètre 700 ou 800 mm, une largeur d'échange disponible de 0.6m/ml ;
- une puissance extractible ou dissipée à partir du réseau d'assainissement d'environ 300 kW.

Le potentiel est jugé important, il est estimé en hiver et en été à environ 1 100 MWh/an thermique. La puissance disponible n'est pas suffisante pour assurer les besoins de la ZAC, ce qui ne remet pas en cause l'intérêt de la solution.

STEP

Le rapport d'ANTEA fait état du potentiel suivant pour la STEP de la Pioline :

- débit minimum temps sec hivernal d'eaux usées à la STEP (m3/jour) : 20 891
- puissance de production de chaleur en sortie de PAC (kW) : 7 085
- puissance globale de chauffe PAC + Appoint (kW) : 14 170
- potentiel annuel de production énergétique PAC + Appoint (MWh / an) : 19 838
- rayon d'action approximatif d'un éventuel réseau de chaleur (m) : 8 817

La valorisation des calories permettrait donc de couvrir plus que l'intégralité des besoins en calories de la ZAC. Le potentiel est jugé très important et très favorable étant donné la proximité de la STEP.

Il est donc pertinent de prévoir la réalisation d'une étude de faisabilité de la solution technique incluant la création d'un sous-réseau de chaleur connecté au réseau urbain existant.

Pérennité & conflit

La pérennité de la ressource est assurée à très longtemps terme.

Il faudra veiller à respecter les régimes de température demandés par le gestionnaire de la STEP afin de ne pas entraver son fonctionnement (chute de température limitée à 1°C dans les canalisations).

Mobilisation

Canalisation

Cette source d'énergies est valorisable à l'échelle des lots proches de la canalisation, et à l'échelle du quartier, dans le cas de la création d'un sous-réseau de chaleur valorisant en appoint cette énergie. Une trentaine de réalisation existent en France.

Les calories des effluents sont récupérées via des échangeurs tubulaires intégrés dans des collecteurs neufs en béton ou bien des échangeurs intégrés dans des collecteurs existants.



Source : Suez / Lyonnaise des eaux

Figure 20: exemples d'échangeurs pour canalisation

Une pompe à chaleur eau/eau prélève ensuite les calories récupérées dans le collecteur d'assainissement via un fluide intermédiaire qui circule dans l'échangeur. L'énergie thermique produite est alors distribuée via un réseau de chaleur.

Comme pour la géothermie sur nappe, une alternative consiste à créer une boucle d'eau « tiède » (température équivalente à celle des effluents), échangeant des calories sur la canalisation via un unique échangeur, et alimentant différents bâtiments disposant chacun d'une pompe à chaleur eau/eau indépendante en sous-station. Dans ce cas, les pertes de distribution sont supprimées et le coût de la boucle collectif est très inférieur, les tubes n'étant pas isolés.

Cette solution s'intégrerait parfaitement dans le cas de la création d'un sous-réseau basse température à l'échelle de la ZAC, alimenté depuis le réseau de chauffage urbain principal. Les calories récupérées sur le réseau d'assainissement seraient alors valorisées pour réchauffer le retour, par exemple de 35 à 50°C.

STEP

Cette énergie est uniquement valorisable à l'échelle du quartier, via une unité de production spécifique, composée d'une ou plusieurs pompes à chaleur et d'un appoint, regroupés dans une chaufferie spécifique alimentant un réseau de chaleur.

Les calories sont récupérées par un ou plusieurs échangeurs à plaques ou à tubes, puis valorisées par une pompe à chaleur eau/eau.



Source : Suez / Lyonnaise des eaux

Figure 21: exemples d'échangeurs en sortie de STEP

Synthèse :

- Le potentiel de valorisation des calories contenues dans les effluents est très important au niveau de la ZAC la Constance : passage d'une canalisation de gros diamètre et proximité de la STEP de la Pioline ;
- Ces énergies se valorisent prioritairement à l'échelle du quartier et doivent donc être intégrées à d'éventuelles études de faisabilité pour la création d'un sous-réseau sur la ZAC.

4.7 SYNTHESE

Synthèse :

- Le site dispose de nombreuses ressources en matière d'énergies renouvelables et de récupération, en plus de la proximité d'un réseau de chaleur urbain à fort taux d'EnR.
- La stratégie énergétique peut s'axer sur la valorisation d'un bouquet restreint d'énergies ou bien sur un mixte riche et équilibré.
- Dans le cas du raccordement de la ZAC au réseau de chauffage urbain, des moyens de production raccordés au réseau pourront être développés en local valorisant le solaire thermique, la géothermie ou bien les calories des réseaux d'assainissement.
- Le solaire photovoltaïque est la principale solution à valoriser pour la production locale d'électricité, dans l'optique de compenser les consommations des bâtiments à énergie positive.
- Des études complémentaires seront à mener ultérieurement pour conforter les potentiels de mobilisation de la géothermie verticale et sur nappe. D'après les données disponibles au moment de l'étude, ces énergies sont considérées comme mobilisables.

Le tableau suivant fait la synthèse des avantages et inconvénients du panel d'énergies renouvelables retenu, aux différents niveaux de mutualisation, contextualisés vis-à-vis de l'aménagement de la ZAC de la Constance.

	Solaire thermique	Photovoltaïque	Eolien	Biomasse bois	Géothermie sur sondes verticales ou sur nappe	Réseaux d'assainissement / STEP
En général	- Très fort potentiel sur le site - Ressource disponible et facilement exploitable - Solutions techniques maîtrisées à faible entretien - Positionnement clair du quartier (affichage vert) - Production de froid par absorption (froid solaire)	- Production locale d'électricité verte - Très fort potentiel sur le site - Positionnement clair du quartier (affichage vert) - Solution pour la compensation des consommations des bâtiments BEPOS	- Production locale d'électricité verte - Impact sur l'environnement globalement faible - Positionnement clair du quartier (affichage vert)	- Permet la couverture de 80% des besoins de chaleur pour le chauffage, la production d'ECS - Bilan CO_2 neutre, énergie économiquement compétitive et locale - Solutions techniques maîtrisées	- Permet la couverture de 80% des besoins de chaleur et 100% des besoins de froid - Efficacité énergétique et solutions éprouvées - Bilan CO2 favorable - Potentiel favorable sur la zone	- Efficacité énergétique du système - Bilan CO2 favorable - Potentiel favorable sur la zone - Production de chaud et de froid
	- Dimensionnement sensible à optimiser techniquement et économiquement	- Conflit avec le solaire thermique dans l'occupation des surfaces de toiture - Rentabilité faible voire nulle selon l'évolution des tarifs de rachat	- Site à priori non adapté - Solution globalement moins rentable que le photovoltaïque - Productivité rarement au rendez-vous pour le petit éolien en zone urbaine	- Pérennité du gisement à surveiller à l'échelle régionale - Dispositions à retenir pour réduire l'impact local sur la qualité de l'air - Entretien et maintenance des chaufferies	- Potentiel à conforter par des études complémentaires - Utilisation de fluides frigorigènes - Nécessite un appoint pour la production d'ECS	- Solution encore peu développée - Nécessite un appoint pour la production d'ECS - Puissance fournie limitée (cas des canalisations du réseau d'assainissement)
A l'échelle du bâtiment	- Couverture à 50% des besoins en ECS via une EnR à très faible impact sur l'environnement - Energie valorisée par la RT2012 permettant d'accéder facilement au niveau Effinergie +	- RAS	- RAS	- Couverture à 80% des besoins en chauffage et en ECS via une EnR locale - Energie valorisée par la RT2012 permettant d'accéder facilement au niveau Effinergie +	- Energie valorisée par la RT2012 permettant d'accéder facilement au niveau Effinergie + - Possibilité de rafraichir les bâtiments presque gratuitement (géo-cooling)	- Possibilité de rafraichir les bâtiments presque gratuitement (free-cooling) - Energie valorisée par la RT2012 permettant d'accéder facilement au niveau Effinergie +
	- Investissement parfois élevé sur les petits bâtiments	- Coût plus élevé à petite échelle	- Difficultés pour l'implantation et la gestion des nuisances	- Investissement potentiellement lourd	- Investissement potentiellement lourd - Interactions possibles entre les ouvrages réduisant le gisement	- Investissement potentiellement lourd - Potentiel limité aux terrains adjacents à la ressource
A l'échelle du quartier	- Compensation gratuite des pertes en ligne si intégrée au réseau - Augmente le taux de couverture en EnR - Economie d'échelle	- Coût plus faible à grande échelle	- Coût plus faible à grande échelle	- Réseau existant à proximité immédiate - Coût de la chaleur faible pour l'utilisateur - Qualité des fumées maîtrisée	- Energie valorisée par la RT2012 si le réseau fait l'objet d'une démarche titre V - Compensation des pertes en ligne si intégrée au réseau - Augmente le taux de couverture en EnR	- Compensation des pertes en ligne si intégrée au réseau - Augmente le taux de couverture en EnR
	- Nécessite un réseau très basse température (75 – 35°C par exemple)	- Solution concurrencée par la mini-cogénération	- Solution concurrencée par la mini-cogénération	- RAS	- Nécessite un réseau très basse température (75 – 35°C par exemple)	- Nécessite un réseau très basse température (75 – 35°C par exemple)

4.8 JUSTIFICATION DES SOLUTIONS ECARTEES

Les énergies suivantes ne peuvent être mobilisées à l'échelle de la ZAC car elles ne sont pas en phase avec les objectifs environnementaux de la ZAC :

- Aérothermie (pompe à chaleur Air/eau ou Air/air électrique) pour le chauffage des logements et des équipements : :
  - présence de fluides frigorigènes ;
  - nuisances visuelles et sonores ;
  - intégration difficile ;
  - tensions sur le réseau électrique ;
  - confort thermique médiocre pour les pompes à chaleur air/air.
- Géothermie sur capteurs horizontaux :
  - consommation de surface au sol trop importante ;
  - présence de fluides frigorigènes ;
  - tensions sur le réseau électrique.
- Chauffe-eau thermodynamique et récupération des calories par pompe à chaleur sur l'air extrait :
  - le recours au solaire thermique est préférable ;
  - présence de fluides frigorigènes, pérennité des performances discutable, maintenance ;
  - performances annuelles mesurées très inférieures aux valeurs annoncées pour les chauffes eau thermodynamiques.

Les énergies suivantes sont écartées car elles ne sont pas à l'échelle de l'aménagement. Les besoins en puissances sont trop faibles pour les mobiliser efficacement :

- biogaz ;
- valorisation des ordures ménagères.

Les énergies suivantes sont écartées à ce stade par manque de données. Elles pourront être intégrées à l'aménagement si leur faisabilité est démontrée :

- valorisation de l'énergie fatale des surfaces commerciales. Exemple : récupération des calories des installations de froid alimentaire d'un supermarché pour son chauffage ou pour l'alimentation d'un réseau de chaleur ;
- valorisation de l'énergie fatale issue de processus industriels.

5. RESEAU DE CHALEUR

L'application de l'article L128-4 du code de l'urbanisme inclut l'étude des opportunités de la création ou du raccordement à un réseau de chaleur, soit le plus haut niveau de mutualisation possible. Ces opportunités sont étudiées dans le chapitre suivant.

A noter que le développement des réseaux de chaleur urbain et l'introduction d'une part significative d'énergies renouvelables est l'une des actions identifiées dans le Schéma Régional du Climat de l'Air et de l'Energie de la région PACA :

- **produire à partir d'ENR 23% de la consommation finale d'énergie à 2020 ;**
- **multiplier par trois les raccordements aux réseaux de chaleur, soit 6 millions d'équivalents-logements ;**
- **assurer 75% de l'approvisionnement des réseaux de chaleur par des énergies renouvelables et de récupération (contre 29% aujourd'hui**).

5.1 AVANTAGES ET INCONVENIENTS

En complément des avantages décrits précédemment concernant la mutualisation des moyens de productions, voici une synthèse des avantages / inconvénients liés à la création d'un réseau de chaleur pour les différents acteurs concernés, rédigée par l'AMORCE dans son étude « Réseaux de chaleur & Bâtiments basse consommation : l'équation impossible ».

	Collectivité	Aménageur	Maître d'Œuvre	Promoteur	Usager
Economique	+ Incertitude sur l'évolution du prix des énergies fossiles + Activité locale liée à l'utilisation d'une énergie locale - Investissement initial lourd équilibré par le choix d'une énergie renouvelable ou de récupération	+ Dans le cas d'une DSP (Délégation Service Public), cet investissement est porté par un tiers - Investissement pouvant être répercuté sur le foncier ou sur le poste VRD - Investissement dans la partie distribution lourd (si pas d'aides du Fonds Chaleur de l'ADEME)	- La prise en compte du réseau de chaleur dans l'étude de faisabilité représente un surcoût non nécessairement valorisé dans le prix de vente de l'étude	+ Réseau de chaleur permettant d'éviter de mettre en place de solutions individuelles + Réseau de chaleur permettant le respect du label Effinergie + ou de la RT 2012 à moindre coût - Surcoût éventuel sur le foncier	+ Bénéfique en coût global. TVA à 5,5% sur abonnement et consommations. + Beaucoup moins de risques de subir la hausse des énergies fossiles
Environnemental	+ Réduction des émissions de GES et évolution possible du mix énergétique	+ Image: utilisation d'énergies renouvelables et locales (argument encore peu approprié par certains de ces acteurs)			+Consommation d'énergie renouvelable
Opérationnel	+ Instrument de planification intéressant - Dimensionnement en fonction du phasage prévisionnel et de l'incertitude éventuelle sur les tranches successives	+ Outil de planification permettant d'avoir une vision globale sur l'énergie	+ Pas de système individuel - Phasage important	+ Pas de système individuel - Phasage important	-

	Collectivité	Aménageur	Maître d'Œuvre	Promoteur	Usager
Temps de travail: implication lors du montage	- Implications des services de la collectivité (montage juridique, DSP, demandes de subvention…)	- Aménageur pouvant être impliqué dans le montage juridique	- Implication plus importante que si gaz ou tout électrique	+ Léger gain par la non implication sur les moyens de production de chaleur	-
Temps de travail: suivi du réseau et de la vie de l'opération	- Implication des services de la collectivité (suivi avec l'exploitant)	-	-	-	+ Pas de système individuel de production de chaleur ni à entretenir ni à renouveler

Le principal inconvénient du réseau de chaleur est **les pertes de calories en ligne** dont l'importance détermine son rendement. Cet inconvénient peut aisément être détourné par une série d'optimisations techniques. Le guide « Solutions techniques pour optimiser les réseaux de chaleur dans un contexte de développement de bâtiments basse consommation » (AMORCE, INDIGGO) propose une liste d'optimisations permettant de réduire de moitié les pertes d'un réseau (entre autres) :

- réduction du régime de température : 75°C au départ au lieu de 90°C voire plus ;
- sur-isolation des conduites ;
- adaptation de la température de départ aux conditions climatiques.

5.2 VALORISATION REGLEMENTAIRE DES RESEAUX

Dans le cas où une solution comprenant la création d'un réseau de chaleur serait retenue, un ensemble de dispositions est à prendre pour assurer sa valorisation règlementaire.

Classement d'un réseau de chaleur

Le classement d'un réseau de chaleur permet de rendre obligatoire le raccordement à ce réseau. La loi du 15 juillet 1980 relative aux économies d'énergie et à l'utilisation de la chaleur, modifiée par la loi Grenelle 2, définit ainsi le dispositif de classement, qui est applicable aux réseaux de chaleur et de froid existant ou à créer :

- le classement du réseau n'est possible que si trois conditions sont respectées :
  - le réseau est alimenté à **au moins 50%** par des énergies renouvelables ou de récupération ;
  - un **comptage** des quantités d'énergie livrées par point de livraison est assuré ;
  - l'**équilibre financier** de l'opération pendant la période d'amortissement des installations est assurée.
- le classement est prononcé par délibération de la collectivité ou du groupement de collectivités.

La décision de classement définit, à l'intérieur de la zone desservie par le réseau, des périmètres de développement prioritaires. A l'intérieur de ces périmètres, le raccordement au réseau est obligatoire pour toute installation d'un bâtiment neuf ou faisant l'objet de travaux de rénovation importants, dès lors que la puissance pour le chauffage, la climatisation ou la production d'eau chaude dépasse 30 kW.

Valorisation de l'utilisation d'un réseau de chaleur au sein de la RT2012

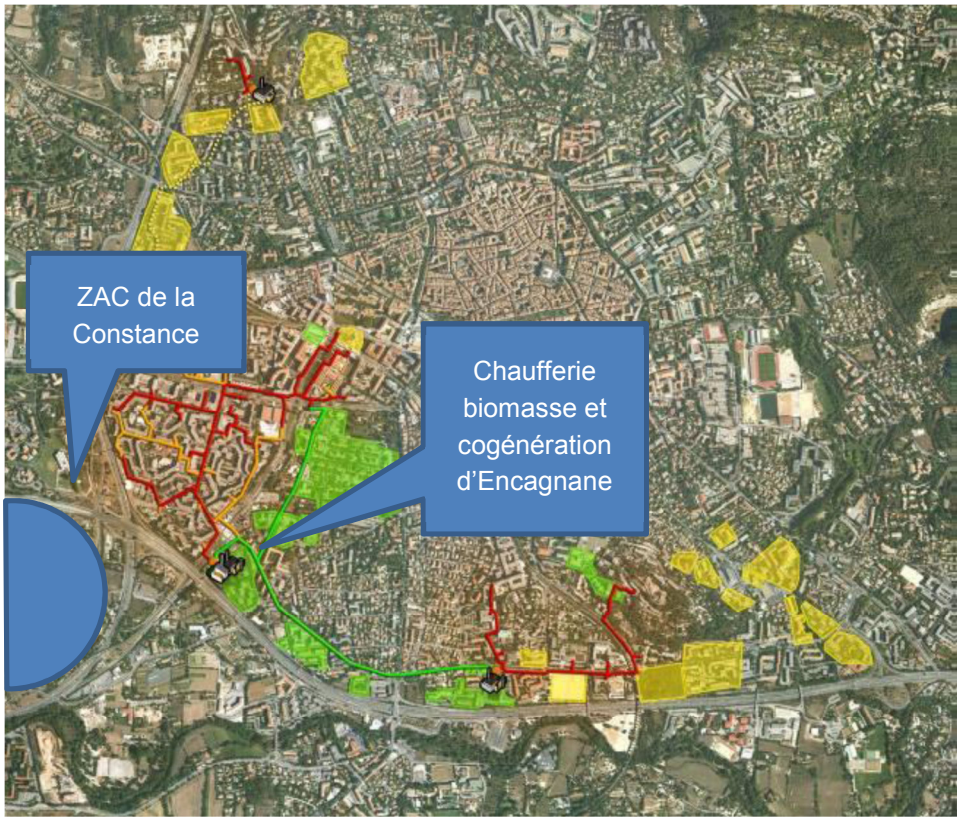
La RT2012 valorise les réseaux de chaleur à faible niveau d'émission de CO_2. La valeur maximale de consommation conventionnelle en énergie primaire (le Cmax) est majorée pour les bâtiments qui se raccordent à un réseau de chaleur. Cette valorisation autorise donc les bâtiments raccordés à consommer plus. Cela se traduit par des coûts de construction réduits (réduction des performances d'isolation, suppression des installations solaires thermiques…) ce qui renforce l'intérêt du raccordement pour les promoteurs.

Dans le cas des nouveaux réseaux, en projet ou dont les émissions en CO_2 ne sont pas précisées dans l'arrêté du 7 février 2012 modifiant l'arrêté du 15 septembre 2006 relatif au diagnostic de performance énergétique pour les bâtiments existants, les émissions de CO_2 sont déterminées via une procédure particulière dite « Titre V ». Cette procédure est généralement réalisée par l'exploitant du réseau et permet alors de valoriser le réseau dans le cadre de l'étude thermique règlementaire pour une durée d'un an reconductible après suivant le premier anniversaire de l'agrément.

5.3 OPPORTUNITE DE RACCORDER L'AMENAGEMENT A UN RESEAU DE CHALEUR EXISTANT

Dans un premier temps, il y a lieu d'étudier les opportunités de raccorder la ZAC de la Constance à un réseau de chaleur existant situé à proximité.

En l'occurrence, le réseau de chaleur de la Ville d'Aix-en-Provence est présent directement à proximité, de l'autre côté de l'autoroute A8. La chaufferie bois d'Encagnane est située à environ 500 m de l'extrémité nord-est de la parcelle.



Source : APEE

Figure 22: plan actuel du réseau chaleur de la ville d'Aix-en-Provence, incluant les travaux à court terme dans le cadre de la DSP

Cette piste est bien entendue à étudier en priorité, d'autant que le réseau dispose d'une cogénération et est prochainement alimenté en biomasse à 70%, synonyme de performance environnemental et de coût de l'énergie livrée modéré et plus stable.

Les besoins en énergie thermique livrée en sous-station sur la ZAC de la Constance s'élève à environ 13 300 MWhEU/an (chauffage et ECS uniquement). En considérant un besoin thermique économique de 3 MWhEU/an livré et par mètre de réseau, un tracé de plus de 4 km serait rentable.

En l'état, les principaux obstacles au développement du réseau de chaleur sur la ZAC de la Constance sont les traversées de l'A51 et de la voie de chemin de fer.

Dans le cas où le raccordement de la ZAC de la Constance serait prévu par le titulaire de la DSP, nous préconisons un développement de moyens de production valorisant des EnR en local sur la ZAC :

- solaire thermique sur réseau de chaleur ;
- géothermie sur nappe ;
- récupération des calories dans le réseau d'assainissement.

Le régime et la puissance actuelle du réseau ont été indiquées par le délégataire du réseau en Septembre 2013 :

- La puissance aujourd'hui installée est de 16 MW bois avec un mix énergétique estimé sur le réseau entre 65% et 70% d'ENR.
- Le régime de t° actuel est de 70/105 et le rendement de distribution de 90%.
- Les capacités actuelles pourraient ainsi absorber une partie du développement de la Constance mais pas la totalité. Il apparait ainsi nécessaire d'envisager une production complémentaire à partir d'EnR sur la ZAC.

5.4 OPPORTUNITE DE CREER UN OU DES RESEAUX DE CHALEUR

Dans le cas où le raccordement de la ZAC de la Constance au réseau existant ne serait pas envisageable, la création d'un réseau indépendant et envisageable.

5.4.1 CRITERES DE FAISABILITE

Au stade des études préalables d'aménagement, le premier critère de faisabilité d'un réseau de chaleur est la densité thermique. Elle correspond à la quantité d'énergie thermique livrée aux bâtiments par unité de longueur du réseau (longueur de tranchée).

La densité minimum des réseaux urbains existants se situe autour des 6 à 8 MWh livré en sous-station par mètre linéaire de réseau et par an. Ces anciens ordres de grandeurs sont aujourd'hui rendus obsolètes par l'amélioration des rendements de la partie réseau, par la possibilité de compenser les pertes grâce au solaire thermique ou la valorisation de chaleur fatale et par l'intégration quasi-systématique d'une production d'électricité par cogénération.

On considère aujourd'hui qu'un réseau de chaleur peut avoir de l'intérêt à partir de **1 MWh/ml** (mètre linéaire= ml) à **1,5 MWh/ml** de réseau et par an, seuil à partir duquel le réseau entre dans les critères d'éligibilité aux subventions fond chaleur.

En l'absence de plan d'implantation prévisionnelle des bâtiments, nous ne pouvons pas élaborer de carte des densités en besoins thermiques aux échelles 1,5 MWh/ml et 1 MWh/ml, et donc conforter la faisabilité d'un réseau. Néanmoins, les besoins estimés en énergie thermique utile livrée conduisent à des longueurs théoriques maximales de réseau de 8,8 km à 13,3 km, ce qui est très largement compatible avec l'aménagement, qui mesure environ 1,15 km d'est en ouest pour 0,98 km du nord au sud, sous condition que les bâtiments soient suffisamment regroupés autour des voiries pour favoriser la densité thermique.

5.4.2 STRUCTURATION DU RESEAU

Le réseau créé sera forcément adapté aux bâtiments basse consommation : régime de température faible avec une importante chute de température, (voir guide « Solutions techniques pour optimiser les réseaux de chaleur dans un contexte de développement de bâtiments basse consommation » AMORCE, INDIGGO).

Le réseau pourra être alimenté en priorité par :

- une valorisation des calories en sortie de la STEP de la PIOLINE, située à environ 580 m du secteur ouest de la ZAC ;
- une valorisation de la géothermie sur nappe, avec un unique doublet géothermique au sud du site ;
- dans tous les cas, par du solaire thermique centralisé sur réseau de chaleur, pour la compensation des pertes.

A noter qu'un projet de réseau de chaleur valorisant les calories en sortie de STEP se concrétisera début 2014 à Belleville (69). Ce projet, qui a reçu une Marianne d'Or pour son aspect facilement duplicable, prévoit de récupérer la chaleur (calories) des effluents traités en sortie de la station d'épuration CITEAU pour chauffer et produire l'eau chaude sanitaire des 9 000 m2 de bâtiments du projet immobilier "Villa Durabo" ainsi que d'autres sites sur la commune (source : BatiWeb).

Synthèse :

- Les besoins énergétiques thermiques sont suffisants pour envisager le développement d'un réseau sur la ZAC, dès lors que les bâtiments sont suffisamment regroupés autour des voiries.
- Un réseau est existant à proximité. Son développement sur la ZAC est à l'étude.
- Si le raccordement sur le réseau existant est impossible, la création d'un réseau spécifique à la ZAC est envisageable, intégrant la valorisation de la géothermie ou des calories issues de la STEP.
- Dans le cas où une solution réseau de chaleur serait retenue, une étude de faisabilité spécifique devra être menée pour la création du réseau, son optimisation au regard des spécificités de l'aménagement et l'optimisation de son mixte énergétique.

5.5 OPPORTUNITES D'INCLURE LES QUARTIERS VOISINS

La présence de bâtiments forts consommateurs en énergie thermique dans les quartiers directement adjacents peut renforcer l'intérêt des solutions décentralisées de type réseaux de chaleur.

Dans le cadre de l'aménagement de la ZAC de la Constance, les opportunités d'inclure les quartiers voisins sont faibles :

- au sud et au nord, les autoroutes et le chemin de fer constituent des obstacles significatifs ;
- à l'est et au nord-est, le réseau de chaleur de la ville d'Aix-en-Provence dessert les quartiers voisins d'Encagnane et Le Pigonnet ;
- à l'ouest, l'urbanisation est quasi nulle.

Aussi, les quartiers voisins ne sont pas inclus dans l'étude.

6. COMPARAISON DES SCENARIOS ENERGETIQUES

Les scénarios étudiés sont caractérisés par :

- un panel d'énergies renouvelables et non renouvelables mobilisé pour la production d'énergie thermique et électrique ;
- un ou des degrés de mutualisation des moyens de production.

A noter que l'introduction de la notion de degré de mutualisation démultiplie les possibilités en matière d'approvisionnement énergétique des bâtiments.

Les scénarios étudiés sont définis sur la base des études préliminaires, du panel d'énergies renouvelables mobilisable au niveau du site et des différents niveaux de mutualisations. Dans tous les cas, l'électricité est produite localement via des capteurs photovoltaïques

Scénario BASE : scénario de référence utilisant le gaz pour la production thermique

Un minimum d'énergies renouvelables est valorisé pour atteindre les objectifs en matière de performance énergétique fixés pour les bâtiments de la ZAC : la production thermique est globalement effectuée au gaz, et le solaire thermique couvre une partie des besoins en ECS.

Le besoin en froid est classiquement couvert par aérothermie. Le niveau de mutualisation minimum est retenu, soit une chaufferie par bâtiment. Ce scénario sert de référence.

Scénario A1 : scénario valorisant la géothermie électrique – mutualisation à l'échelle du bâtiment ou du lot

La géothermie sur sondes et sur nappe est valorisée pour la production thermique des logements collectifs, des équipements et bâtiments tertiaires via des pompes à chaleur électriques mutualisées par bâtiment ou par lot. Le solaire thermique est largement valorisé pour la production d'ECS des logements.

Les besoins des commerces sont traités de la même manière que dans le scénario BASE.

Scénario A2 : scénario valorisant la géothermie électrique – mutualisation à l'échelle du bâtiment ou du lot

Ce scénario est une variante du scénario A1. La géothermie est valorisée mais cette fois-ci via des pompes à chaleur fonctionnant au gaz (PAC à absorption gaz). Le solaire thermique est largement valorisé pour la production d'ECS des logements.

Les besoins des commerces sont traités de la même manière que dans le scénario BASE. Les besoins des bâtiments tertiaires sont traités de la même manière que dans le scénario A1.

Scénario A3 : scénario valorisant la biomasse énergie – mutualisation à l'échelle du bâtiment ou du lot

La biomasse est valorisée pour la production thermique des logements collectifs et des équipements via des chaufferies bois à granulés automatiques mutualisées par bâtiment ou par lot. Le solaire thermique est largement valorisé pour la production d'ECS des logements.

Les besoins des commerces sont traités de la même manière que dans le scénario BASE. Les besoins des bâtiments tertiaires sont traités de la même manière que dans le scénario A1

Scénario B : scénario valorisant la biomasse via le raccordement au réseau de chaleur existant

Le réseau de chaleur de la Ville d'Aix-en-Provence est développé sur la ZAC. Du solaire thermique raccordé au réseau de chaleur est implanté sur les bâtiments de logements et/ou les équipements pour la compensation des pertes de distribution du réseau.

Le rafraîchissement des bâtiments tertiaires est réalisé à partir d'installations de froid solaire, composées de champs de capteurs solaires thermiques et de machines à absorption. Un appoint est apporté par des PAC air/eau. Le solaire thermique est valorisé l'hiver pour le chauffage des bâtiments.

Les besoins des commerces sont traités de la même manière que dans le scénario BASE.

NB : Le scénario B aurait pu être décliné en considérant le développement d'un réseau indépendant sur la ZAC valorisant la géothermie ou les calories en sortie de la STEP.

Les scénarios sont détaillés dans le tableau présenté en page suivante.

SCENARIO	Poste	Habitat collectif (240 000 m²SDP, 20% RT2012, 60% Effinergie+, 20% Effinergie BEPOS)	Activité tertiaire (55 000 m²SDP, 20% RT2012, 60% Effinergie+, 20% Effinergie BEPOS)	Equipements (7 400 m²SDP – Effinergie+)	Commerces (20 000 m² SDP – RT2012)
Scénario BASE	**Chauffage**	Chaudières gaz condensation collective	PAC Air/Eau réversible	Chaudières gaz condensation	PAC Air/Eau réversible
	ECS	Solaire thermique collectif appoint depuis chaufferie collective 1,5 m² de capteur thermique orientés sud par logement pour 40% de couverture des besoins nets		Chaudières gaz condensation Solaire thermique appoint depuis chaufferie pour 20% de couverture des besoins nets	
	Froid		PAC Air/Eau réversible		PAC Air/Eau réversible
SCENARIO A1	**Chauffage**	PAC eau/eau électrique sur sondes verticales ou sur nappe (géothermie) Appoint électrique	PAC eau/eau électrique sur sondes verticales ou sur nappe (géothermie) Appoint électrique	PAC eau/eau électrique sur sondes verticales ou sur nappe (géothermie) Appoint chaudière gaz si production d'ECS	Idem scénario BASE
	ECS	Solaire thermique collectif appoint depuis chaufferie collective 1,5 m² de capteurs thermiques orientés sud par logement pour 40% de couverture des besoins nets		PAC eau/eau sur sondes verticales ou sur nappe Solaire thermique appoint depuis chaufferie pour 20% de couverture des besoins nets	
	Froid		PAC eau/eau électrique sur sondes verticales ou sur nappe (géothermie)		Idem scénario BASE

SCENARIO	Poste	Habitat collectif (240 000 m²SDP, 20% RT2012, 60% Effinergie+, 20% Effinergie BEPOS)	Activité tertiaire (55 000 m²SDP, 20% RT2012, 60% Effinergie+, 20% Effinergie BEPOS)	Equipements (7 400 m²SDP – Effinergie+)	Commerces (20 000 m² SDP – RT2012)
SCENARIO A2	**Chauffage**	PAC eau/eau absorption gaz sur sondes verticales ou sur nappe (géothermie) Appoint chaudière gaz	Idem scénario A1	PAC eau/eau absorption gaz sur sondes verticales ou sur nappe (géothermie) Appoint chaudière gaz	Idem scénario BASE
	ECS	Solaire thermique collectif appoint depuis chaufferie collective 1,5 m² de capteurs thermiques orientés sud par logement pour 40% de couverture des besoins nets		PAC eau/eau absorption gaz sur sondes verticales ou sur nappe (géothermie) Solaire thermique appoint depuis chaufferie pour 20% de couverture des besoins nets	
	Froid		Idem scénario A1		Idem scénario BASE
SCENARIO A3	**Chauffage**	Chaufferie automatique aux granulés de bois appoint chaudière gaz	Idem scénario A1	Chaufferie automatique aux granulés de bois appoint chaudière gaz	Idem scénario BASE
	ECS	Solaire thermique collectif appoint depuis chaufferie collective 1,5 m² de capteurs thermiques orientés sud par logement pour 40% de couverture des besoins nets		Chaufferie automatique aux granulés de bois Solaire thermique appoint depuis chaufferie pour 20% de couverture des besoins nets	
	Froid		Idem scénario A1		Idem scénario BASE

SCENARIO	Poste	Habitat collectif (240 000 m²SDP, 20% RT2012, 60% Effinergie+, 20% Effinergie BEPOS)	Activité tertiaire (55 000 m²SDP, 20% RT2012, 60% Effinergie+, 20% Effinergie BEPOS)	Equipements (7 400 m²SDP – Effinergie+)	Commerces (20 000 m² SDP – RT2012)
SCENARIO B	**Chauffage**	Réseau de chaleur de ville d'Aix-en-Provence : biomasse appoint gaz Solaire thermique décentralisé sur réseau de chaleur 2 m² de capteurs thermiques orientés sud par logement	Solaire thermique 0,06 m² de capteurs thermiques orientés sud par m² SDP Appoint PAC Air/Eau réversible	Réseau de chaleur de ville d'Aix-en-Provence : biomasse appoint gaz	Idem scénario BASE
	ECS	Réseau de chaleur de ville d'Aix-en-Provence : biomasse appoint gaz		Réseau de chaleur de ville d'Aix-en-Provence : biomasse appoint gaz	
	Froid		Froid solaire par machine à absorption, 0,06 m² de capteurs thermiques orientés sud par m² SDP Appoint PAC Air/Eau réversible		Idem scénario BASE

7. ANALYSE MULTICRITERE SIMPLIFIEE

Sur la base des hypothèses précédemment définies, les différents scénarios retenus pour l'approvisionnement en énergie de la ZAC de la Constance sont comparés selon différents critères :

- critère énergétique : quantités d'énergie finale et primaire consommées ;
- critère environnemental : quantités d'énergies renouvelables mobilisées et émissions en polluants ;
- critère économique : coût d'investissement et d'exploitation.

7.1 HYPOTHESES CONSIDEREES

Rendements et COP pour la production thermique :

PAC eau/eau électrique, COP annuel chauffage	4,5
PAC eau/eau électrique, COP annuel ECS	3,5
PAC eau/eau électrique, ESEER annuel	5,5
PAC eau/eau gaz, COP annuel chauffage	1,6
PAC eau/eau gaz, COP annuel ECS	1,44
PAC air/eau, COP annuel	3,5
PAC air/eau, ESEER annuel	3,8
Chaudière automatique bois granulés, rendement annuel sur PCI :	94%
Chaudière gaz collective, rendement annuel sur PCI :	103%
Réseau de chaleur, rendement annuel production sur PCI :	93%
Rendement émission / régulation / distribution par bâtiment :	85%
Rendement de stockage et de distribution d'ECS par bâtiment :	70%
Chaufferies mutualisées par groupe de bâtiments, pertes par distribution :	90%
Réseau de chaleur urbain, pertes par distribution :	80%

Besoins en puissance thermique (chaud) :

Logements collectifs	30 W/m² SDP
Locaux tertiaires	30 W/m² SDP
Equipements	30 W/m² SDP
Commerces	50 W/m² SDP

Besoins en puissance thermique (froid) :

Bureaux	60 W/m² SDP
Commerces	110 W/m² SDP

Production locale d'électricité :

Productivité photovoltaïque annuelle	1,5 kWh/kWc
Puissance surfacique installée	160 Wc/m²
Emprise au sol (projection horizontale)	2,2 m²sol/m²capteur

7.2 BILAN ENERGETIQUE

7.2.1 BESOINS EN PUISSANCE POUR LES USAGES THERMIQUES

Les besoins en puissances pour les usages thermiques représentent les quantités maximum de puissance thermique ou électrique absorbées par les générateurs installés en fonctionnement à pleine charge. Ces besoins sont les suivants :

SCENARIO	Gaz (chaudière condensation et PAC gaz)	Biomasse (chaudières granulés)	Electricité (PAC eau/eau et air/eau)	Réseau de chaleur (Puissance appelée sur les générateurs du réseau)	Total
BASE	9 419 kW		1 892 kW		**11 311 kW**
A1	141 kW		5 131 kW		**5 292 kW**
A2	7 723 kW		1 541 kW		**9 264 kW**
A3	4 710 kW	5 106 kW	1 541 kW		**11 357 kW**
B			1 892 kW	11 736 kW	**13 628 kW**

Le scénario A1, valorisant la géothermie pour tous les usages thermiques, permet de diviser par un facteur deux la puissance totale installée pour les usages thermiques. Dans le même temps, ce scénario génère une augmentation de 270% à 330% de la puissance électrique installée sur la ZAC vis-à-vis des autres scénarios.

Le scénario A3 peut être considéré comme le plus vertueux, les 5,1 MW de puissance biomasse installés ne générant pas de surdimensionnement de réseaux.

Le raccordement au réseau de chaleur (scénario B) génère globalement une augmentation de la puissance des générateurs (+20%), à cause des pertes du réseau en ligne. Cependant, les appels de puissance sont concentrés vers les moyens de production du réseau, à l'extérieur sur site, et la disponibilité d'une énergie thermique via le réseau de chaleur pose la question de la nécessité du réseau de gaz sur la ZAC.

7.2.2 CONSOMMATIONS EN ENERGIES

Consommations électriques pour les usages non thermiques (énergie finale)

Sur la ZAC de la Constance, les consommations prévisionnelles en électricité liées au fonctionnement de la ventilation, des auxiliaires, de l'éclairage et des usages spécifiques de l'électricité sont les suivantes :

	Consommations électriques pour les usages non thermiques				
	Ventilation	Eclairage	Auxiliaires	Usages spécifiques	TOTAL
	kWhEF/an	kWhEF/an	kWhEF/an	kWhEF/an	kWhEF/an
Habitat collectif	254 400	516 000	108 000	6 480 000	**7 358 400**
Bureaux	270 900	434 000	133 000	2 730 000	**3 567 900**
Equipements	59 200	44 400	22 200	111 000	**236 800**
Commerces	100 000	150 000	50 000	500 000	**800 000**
SOUS TOTAL	**684 500**	**1 144 400**	**313 200**	**9 821 000**	**11 963 100**

Ces consommations sont indépendantes du choix de l'énergie pour la couverture des besoins thermiques et sont donc identiques pour l'ensemble des scénarios.

Nous insistons sur le fait que les usages spécifiques de l'électricité (bureautique, électroménager, audiovisuel…), moins dépendant de la conception des bâtiments, représentent plus de 82% des consommations en électricité en énergie finale. **En dehors de la création de bâtiments sobres, la notion de quartier économe en énergie implique donc un véritable engagement de la part des occupants.**

Consommations en gaz, en bois, en électricité et en chaleur de réseau pour les usages thermiques (énergie finale) :

Le tableau en page suivante fait la synthèse des consommations en énergie finale pour les usages thermiques, c'est-à-dire liées au chauffage et au rafraîchissement des bâtiments et à la production d'eau chaude sanitaire.

Les pertes de distribution indiquées correspondent aux pertes par distribution du réseau de chaleur dans le scénario B. Est retranchée des consommations totales du réseau de chaleur, l'énergie apportée par les 7 200 m² de capteurs solaires thermiques raccordés sur le réseau, soit environ 4 320 MWh/an.

L'intégralité des scénarios prend en compte les pertes par régulation/émission/distribution dans chaque bâtiment.

		Couverture solaire besoins ECS ou froid	Consommations en énergie finale par énergie													
			Gaz Condensation		Biomasse granulés		PAC gaz eau/eau géothermie		PAC eau/eau géothermie		PAC air/eau		Réseau de chaleur		Dont Pertes distribution
			%	kWhEF/an	%	kWhEF/an	%	kWhEF/an	%	kWhEF/an	%	kWhEF/an	%	kWhEF/an	kWhEF/an
Scénario BASE	Habitat collectif	40%	100%	8 789 535		-		-		-		-		-	
	Bureaux			-		-		-		-	100%	1 093 911		-	
	Equipements	20%	100%	111 356		-		-		-		-		-	
	Commerces			-		-		-		-	100%	228 021		-	
	SOUS TOTAL CONSOMMATIONS (kWhEF/an)			8 900 891		-		-		-		1 321 932		-	
Scénario A1	Habitat collectif	40%		-		-		-	100%	2 447 201		-		-	
	Bureaux			-		-		-	100%	767 149		-		-	
	Equipements	20%	20%	22 271		-		-	80%	22 777		-		-	
	Commerces			-		-		-		-	100%	228 021		-	
	SOUS TOTAL CONSOMMATIONS (kWhEF/an)			22 271		-		-		3 237 127		228 021		-	
Scénario A2	Habitat collectif	40%	20%	1 757 907		-	80%	4 900 743		-		-		-	
	Bureaux			-		-		-	100%	767 149		-		-	-
	Equipements	20%	20%	22 271		-	80%	59 748		-		-		-	
	Commerces			-		-		-		-	100%	228 021		-	
	SOUS TOTAL CONSOMMATIONS (kWhEF/an)			1 780 178		-		4 960 491		767 149		228 021		-	-
Scénario A3	Habitat collectif	40%	20%	1 757 907	80%	7 623 765		-		-		-		-	
	Bureaux			-		-		-	100%	767 149		-		-	
	Equipements	20%	20%	22 271	80%	96 587		-		-		-		-	
	Commerces			-		-		-		-	100%	228 021		-	
	SOUS TOTAL CONSOMMATIONS (kWhEF/an)			1 780 178		7 720 352		-		767 149		228 021		-	-
Scénario B	Habitat collectif	0%		-		-		-		-		-	100%	18 312 701	2 930 032
	Bureaux	60%		-		-		-		-	100%	437 564		-	-
	Equipements	0%		-		-		-		-		-	100%	169 950	27 192
	Commerces			-		-		-		-	100%	228 021		-	-
	SOUS TOTAL CONSOMMATIONS (kWhEF/an)			-		-		-		-		665 586		14 162 651	2 957 224

Consommations tous usages en gaz, en bois et en électricité, en énergie finale et primaire :

Le tableau de la page suivante fait la synthèse des consommations prévisionnelles de la zone tous usages confondus, et intègre la **notion d'énergie primaire**, c'est-à-dire l'énergie totale consommée y compris celle liée à la production, au transport et à la distribution des combustibles et de l'électricité.

		Consommations par énergie						Consommation totale EP
		Gaz		Bois		Electricité		
		kWhEF/an	kWhEP/an	kWhEF/an	kWhEP/an	kWhEF/an	kWhEP/an	kWhEP/an
Scénario BASE	Habitat	8 789 535	8 789 535	-	-	7 358 400	18 984 672	27 774 207
	Bureaux	-	-	-	-	4 661 811	12 027 473	12 027 473
	Equipements	111 356	111 356	-	-	236 800	610 944	722 300
	Commerces	-	-	-	-	1 028 021	2 652 294	2 652 294
	SOUS TOTAL	8 900 891	8 900 891	-	-	13 285 032	34 275 383	43 176 274
Scénario A1	Habitat	-	-	-	-	9 805 601	25 298 451	25 298 451
	Bureaux	-	-	-	-	4 335 049	11 184 425	11 184 425
	Equipements	22 271		-	-	259 577	669 709	669 709
	Commerces	-		-	-	1 028 021	2 652 294	2 652 294
	SOUS TOTAL	22 271	-	-	-	15 428 248	39 804 879	39 804 879
Scénario A2	Habitat	6 658 650	6 658 650	-	-	7 358 400	18 984 672	25 643 322
	Bureaux	-	-	-	-	4 335 049	11 184 425	11 184 425
	Equipements	82 019		-	-	236 800	610 944	610 944
	Commerces	-		-	-	1 028 021	2 652 294	2 652 294
	SOUS TOTAL	6 740 669	6 658 650	-	-	12 958 270	33 432 336	40 090 986
Scénario A3	Habitat	1 757 907	1 757 907	7 623 765	4 574 259	7 358 400	18 984 672	25 316 838
	Bureaux	-	-	-	-	4 335 049	11 184 425	11 184 425
	Equipements	22 271		96 587	57 952	236 800	610 944	668 896
	Commerces	-		-	-	1 028 021	2 652 294	2 652 294
	SOUS TOTAL	1 780 178	1 757 907	7 720 352	4 632 211	12 958 270	33 432 336	39 822 454
Scénario B	Habitat	4 197 810	4 197 810	9 794 891	5 876 935	7 358 400	18 984 672	29 059 417
	Bureaux	-	-	-	-	4 005 464	10 334 098	10 334 098
	Equipements	50 985	50 985	118 965	71 379	236 800	610 944	733 308
	Commerces	-	-	-	-	1 028 021	2 652 294	2 652 294
	SOUS TOTAL	4 248 795	4 248 795	9 913 856	5 948 313	12 628 686	32 582 009	42 779 117

Nous insistons à nouveau sur le fait que les usages spécifiques de l'électricité (bureautique, électroménager, audiovisuel…), moins dépendants de la conception des bâtiments, représentent plus de 50% des consommations en énergie primaire ! **En dehors de la création de bâtiments sobres et du choix de l'approvisionnement en énergie, la notion de quartier économe en énergie implique donc un véritable engagement de la part des occupants.**

Production d'électricité photovoltaïque – consommations tous usages après compensation

La présence de bâtiments à énergie positive implique la production locale d'électricité. Pour les cinq scénarios étudiés, le photovoltaïque est retenu pour son fort potentiel à Aix-en-Provence. Le tableau suivant fait le bilan de l'énergie produite par compensation et des surfaces de capteurs équivalentes.

Pour le calcul de l'énergie de compensation, les règles de calcul du label Effinergie BEPOS sont retenues :

- tous les postes sont comptés, y compris les usages spécifiques de l'électricité ;
- un coefficient de réduction de 0,5 est appliqué pour l'énergie issue d'un réseau de chaleur (scénario B) ;
- un coefficient de 0 est appliqué pour l'énergie biomasse (scénario A3).

		Compensation production pv		Equivalent PV (m²)	
		kWhEF/an	kWhEP/an	m²	kWc
Scénario BASE	Habitat	3 229 587	5 554 841	8 971	1 435
	Bureaux	932 362	2 405 495	3 885	622
	Equipements				
	Commerces				
	SOUS TOTAL	4 161 949	7 960 336	12 856	2 057
Scénario A1	Habitat	1 961 120	5 059 690	8 171	1 307
	Bureaux	867 010	2 236 885	3 613	578
	Equipements				
	Commerces				
	SOUS TOTAL	2 828 130	7 296 575	11 784	1 885
Scénario A2	Habitat	2 803 410	5 128 664	8 283	1 325
	Bureaux	867 010	2 236 885	3 613	578
	Equipements				
	Commerces				
	SOUS TOTAL	3 670 420	7 365 549	11 895	1 903
Scénario A3	Habitat	1 823 261	4 148 516	6 700	1 072
	Bureaux	867 010	2 236 885	3 613	578
	Equipements				
	Commerces				
	SOUS TOTAL	2 690 271	6 385 401	10 312	1 650
Scénario B	Habitat	2 870 950	4 412 613	7 126	1 140
	Bureaux	801 093	2 066 820	3 338	534
	Equipements				
	Commerces				
	SOUS TOTAL	3 672 043	6 479 433	10 464	1 674

Les scénarios valorisant la biomasse, de manière locale (A3) comme à l'extérieur via le réseau de chaleur, permettent de réduire d'environ 20% en moyenne les besoins en capteurs photovoltaïques pour la compensation des consommations des bâtiments BEPOS.

7.2.3 SYNTHESE

Les tableaux suivant permettent de comparer les scénarios selon le critère énergétique, en comptant l'ensemble des postes de consommation intégré à l'étude :

	Consommation totale en énergie finale hors compensation		Consommation totale en énergie primaire hors compensation	
	kWhEF/an	% (+/-)	kWhEP/an	% (+/-)
Scénario BASE	22 185 923		43 176 274	
Scénario A1	15 450 519	-30,4%	39 804 879	-7,8%
Scénario A2	19 698 939	-11,2%	40 090 986	-7,1%
Scénario A3	20 678 622	-6,8%	39 822 454	-7,8%
Scénario B	26 791 337	20,8%	42 779 117	-0,9%

	Consommation totale en énergie finale y compris compensation		Consommation totale en énergie primaire y compris compensation	
	kWhEF/an	% (+/-)	kWhEP/an	% (+/-)
Scénario BASE	18 023 974		35 215 938	
Scénario A1	12 622 389	-30,0%	32 508 304	-7,7%
Scénario A2	16 028 519	-11,1%	32 725 436	-7,1%
Scénario A3	17 988 350	-0,2%	33 437 053	-5,1%
Scénario B	23 119 294	28,3%	36 299 685	3,1%

Synthèse :

- La solution la plus performante est le scénario A1, soit une valorisation de la géothermie électrique et du solaire thermique pour la couverture des usages thermiques.
- Le bois-énergie (A3) est pénalisé dans un raisonnement en énergie finale, le rendement des chaudières bois granulés étant moins performant que les rendements des chaudières gaz ou des pompes à chaleur. Cette solution est par contre équivalente au scénario A1 en raisonnant en énergie primaire
- Le scénario B, intégrant le raccordement au réseau de chaleur, est équivalent au scénario de base en raisonnant en énergie primaire, mais permet de bénéficier de tous les avantages liés à une mutualisation maximale de la production de chaleur : pérennité des performances, impact limité sur le site, flexibilité…

7.3 BILAN ENVIRONNEMENTAL

7.3.1 MOBILISATION DES ENERGIES RENOUVELABLES

Le tableau suivant fait la synthèse des quantités d'énergies renouvelables mobilisées par scénario ainsi que leurs poids vis-à-vis des quantités globales d'énergies mobilisées sur le site.

	Gaz		Electricité		Biomasse		Géothermie sur sondes ou sur nappe	
	kWhEF/an	%	kWhEF/an	%	kWhEF/an	%	kWhEF/an	%
Scénario BASE	8 900 891	**28%**	13 285 032	**42%**	0	**0%**	0	**0%**
Scénario A1	22 271	**0%**	15 428 248	**41%**	0	**0%**	14 567 070	**39%**
Scénario A2	6 740 669	**17%**	12 958 270	**32%**	0	**0%**	12 205 708	**30%**
Scénario A3	1 757 907	**5%**	12 958 270	**36%**	9 794 891	**27%**	4 219 317	**12%**
Scénario B	4 248 795	**12%**	12 628 686	**36%**	9 913 856	**28%**	0	**0%**

	Aérothermie		Solaire thermique		Photovoltaïque	
	kWhEF/an	%	kWhEF/an	%	kWhEF/an	%
Scénario BASE	377 695	**1,2%**	4 571 429	**15%**	4 161 949	**13%**
Scénario A1	65 149	**0,2%**	4 571 429	**12%**	2 828 130	**8%**
Scénario A2	65 149	**0,2%**	4 571 429	**11%**	3 670 420	**9%**
Scénario A3	65 149	**0,2%**	4 571 429	**13%**	2 690 271	**7%**
Scénario B	190 167	**0,5%**	4 757 564	**13%**	3 672 043	**10%**

Le scénario de BASE se montre déjà performant, avec une valorisation des énergies renouvelables à hauteur de 29% du mix énergétique, portée par le solaire thermique et le solaire photovoltaïque.

Les différents scénarios étudiés permettent une valorisation massive des énergies renouvelables avec des taux de couverture dépassant les 50%. Ces taux s'expliquent par les importants gisements disponibles sur le site : solaire, géothermie, biomasse notamment.

7.3.2 EMISSIONS EN POLLUANTS ET PRODUCTION DE DECHETS NUCLEAIRES

Les facteurs d'émission suivants sont retenus pour l'évaluation des émissions en polluants (source ADEME) :

Energie	Emissions CO2	Emissions NOx	Emissions SO2	Emissions Nucl. faible	Emissions Nucl. Fort
	kg/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh
Electricité					
Chauffage	0,18	0,27	0,32	0,05	0,01
Climatisation	0,037	0,27	0,32	0,05	0,01
Autres	0,052	0,27	0,32	0,05	0,01
Bois	0	0,32	0	0	0
Gaz naturel	0,234	0,17	0	0	0

Le tableau suivant fait la synthèse des émissions en polluants pour les cinq scénarios étudiés :

	Equivalent CO2	NOx	SO2	Déchets nucléaires faibles	Déchets nucléaires forts
	t	kg	kg	kg	kg
Scénario BASE	2 779	3 976	2 919	456	91
Scénario A1	821	3 406	4 032	630	126
Scénario A2	2 255	3 654	2 972	464	93
Scénario A3	1 089	6 206	3 286	513	103
Scénario B	1 653	6 313	2 866	448	90

	Comparaison des émissions avec le scénario BASE				
	Equivalent CO2	NOx	SO2	Nucl. faible	Nucl. fort
Scénario A1	-70%	-14%	38%	38%	38%
Scénario A2	-19%	-8%	2%	2%	2%
Scénario A3	-61%	56%	13%	13%	13%
Scénario B	-40%	59%	-2%	-2%	-2%

- **Le scénario A1** permet de réduire d'environ 70% les émissions en CO_2 par rapport à la référence (scénario BASE), grâce au recours massif à l'électricité en substitution du gaz. En revanche, les émissions de SO2 et la production de déchets nucléaires augmentent sensiblement ;
- **Le scénario A2** permet de réduire d'environ 19% les émissions en CO_2 par rapport à la référence (scénario BASE). Les émissions en SO2 et la production de déchets nucléaires augmentent légèrement car la productivité photovoltaïque est ici inférieure ;
- **Les scénarios** A3 et B, valorisant majoritairement la biomasse bois, permettent de réduire significativement les émissions en CO_2, au détriment d'une augmentation tout aussi significative des émissions en NOx* ;

**A noter que les ratios d'émissions en NO_x retenus pour le bois par l'ADEME ne correspondent pas aux chaufferies automatiques les plus performantes. Les émissions pourront être largement maîtrisées par l'optimisation de la conception des chaufferies bois : filtration multi-cyclonique, laveur de fumées…*

7.3.3 SYNTHESE

Tous les scénarios permettent de répondre à une première exigence du PCET du Pays d'Aix - Aix en Provence- Gardanne-Vitrolles, soit une part d'énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie supérieure à 23%.

Les scénarios A1, A3 et B permettent de limiter massivement les émissions à effet de serre et ainsi, de faciliter l'atteinte d'un second objectif du PCET, soit la réduction de 20% des émissions en gaz à effet de serre.

7.4 BILAN ECONOMIQUE

7.4.1 METHODOLOGIE ET HYPOTHESES

Coût global

Le niveau de détail de l'étude économique menée à ce stade est en cohérence avec la précision et l'exhaustivité des données disponibles. L'étude est menée en coût global sur 25 ans, c'est-à-dire qu'elle inclue les coûts d'investissement et d'exploitation (énergie : poste P1, maintenance : poste P2, maintenance lourde : poste P3), actualisés pour ces derniers sur la période d'étude en fonction de taux présentés ci-dessous, selon deux hypothèses : une hypothèse optimiste et une hypothèse pessimiste.

Prix des énergies

Les tarifs des énergies suivants sont retenus en Septembre 2013 (prix incluant les taxes annexes, l'abonnement, source base PEGASE et APEE) :

Electricité individuel	17,5 cts€TTC/kWh
Electricité collectif	9 cts€HTVA/kWh
Electricité tertiaire	8 cts€HTVA/kWh
Gaz collectif	6 cts€HTVA/kWh
Réseau de chaleur (R1 + R2)	8,5 cts€TTC/kWh
Granulés de bois en vrac	4,5 cts€HTVA/kWh

Actualisation

Les taux d'actualisation suivants sont retenus :

	Hypothèse 1 optimiste	Hypothèse 2 pessimiste
Electricité particulier	4%	6%
Electricité professionnel	5%	8%
Gaz	5%	8%
Réseau de chaleur	3%	5%
Granulés de bois	3%	5%
P2 et P3	2%	3%

TVA applicable

Le taux de TVA applicable varie selon l'énergie considérée. Aussi, il est indispensable de retenir des prix TTC afin de ne pas défavoriser les énergies sur lesquelles un taux réduit est appliqué.

Les taux de TVA suivant sont appliqués sur les prix de l'énergie :

Electricité individuel	19,6%
Electricité collectif	19,6%
Electricité tertiaire	19,6% (récupérable)
Gaz collectif	19,6%
Réseau de chaleur (R1 + R2)	5,5%
Granulés de bois en vrac	7%

7.4.2 COUTS D'INVESTISSEMENT

Les coûts d'investissement sont estimés selon les données disponibles au stade de l'étude.

Le tableau suivant présente les montants d'investissement par énergie et par scénario. Seuls les éléments variant selon l'énergie retenue sont considérés : l'émission, la distribution de chaleur et la régulation sont par exemple exclues.

	Coûts d'investissement en €				
	Base	A1	A2	A3	B
Gaz condensation	1 884 000	28 000	942 000	942 000	942 000
Biomasse granulés	0	0	0	3 574 000	0
PAC gaz géothermie	0	0	8 868 000	0	0
PAC électrique géothermie	0	12 405 000	4 462 000	4 462 000	0
PAC air/eau	2 157 000	863 000	863 000	863 000	2 157 000
Réseau de chaleur	0	0	0	0	7 694 000
Solaire thermique	5 400 000	5 400 000	5 400 000	5 400 000	5 760 000
Photovoltaïque	9 619 000	8 808 000	8 897 000	7 631 000	7 799 000
Total	**19 060 000**	**27 504 000**	**29 432 000**	**22 872 000**	**24 352 000**

Le scénario de base est logiquement le moins coûteux. Les solutions géothermie (A1 et A2) sont pénalisées par le coût des forages. Le scénario B est pénalisé par le coût de création du réseau de chaleur qui sera à préciser ultérieurement.

7.4.3 COUTS D'EXPLOITATION

Les tableaux suivants font la synthèse des dépenses sur les postes P1, P2 et P3 pour les différents scénarios d'approvisionnements étudiés et pour les deux hypothèses d'évolution des prix des énergies retenues.

Hypothèse 1 : optimiste

	Dépenses sur le poste P1 - année 0					P1 sur 25 ans	Dépenses sur le poste P2		Dépenses sur le poste P3	
	Gaz	Bois	Electricité	Réseau de chaleur	Total		Année 0	Sur 25 ans	Année 0	Sur 25 ans
	€TTC/an	€TTC/an	€TTC/an	€TTC/an	€TTC/an	€TTC	€TTC	€TTC	€TTC	€TTC
Scénario BASE	638 728	0	1 876 035	0	2 514 763	115 015 435	593 370	19 005 819	762 400	24 419 901
Scénario A1	1 598	0	2 121 364	0	2 122 962	101 579 093	751 649	24 075 548	772 148	24 732 139
Scénario A2	483 710	0	1 855 496	0	2 339 206	106 636 614	630 772	20 203 828	812 268	26 017 195
Scénario A3	127 746	413 039	1 855 496	0	2 396 280	104 706 536	743 005	23 798 663	897 600	28 750 397
Scénario B	0	0	1 834 779	1 203 825	3 038 604	126 452 356	493 050	15 792 539	628 640	20 135 528

Hypothèse 2 : pessimiste

	Dépenses sur le poste P1 - année 0					P1 sur 25 ans	Dépenses sur le poste P2		Dépenses sur le poste P3	
	Gaz	Bois	Electricité	Réseau de chaleur	Total		Année 0	Sur 25 ans	Année 0	Sur 25 ans
	€TTC/an	€TTC/an	€TTC/an	€TTC/an	€TTC/an	€TTC	€TTC	€TTC	€TTC	€TTC
Scénario BASE	638 728	0	1 876 035	0	2 514 763	164 679 864	593 370	21 633 834	762 400	27 796 543
Scénario A1	1 598	0	2 121 364	0	2 122 962	140 275 865	751 649	27 404 575	772 148	28 151 957
Scénario A2	483 710	0	1 855 496	0	2 339 206	151 845 613	630 772	22 997 496	812 268	29 614 702
Scénario A3	127 746	413 039	1 855 496	0	2 396 280	143 023 846	743 005	27 089 405	897 600	32 725 836
Scénario B	0	0	1 834 779	1 203 825	3 038 604	165 103 392	493 050	17 976 240	628 640	22 919 752

7.4.4 DEPENSES TOTALES SUR 25 ANS

Les tableaux suivants font la synthèse des dépenses totales sur 25 ans pour les différents scénarios d'approvisionnements étudiés et pour les deux hypothèses d'évolution des prix des énergies retenues.

Hypothèse 1 : optimiste

	Total dépenses P1/P2/P3		Investissement	Total dépenses P1/P2/P3 + investissement		Ecart/Base
	Année 0	Sur 25 ans		Année 0	Sur 25 ans	
	€TTC	€TTC	€TTC	€TTC	€TTC	%
Scénario BASE	3 870 533	158 441 154	19 100 000	22 970 533	177 541 154	-
Scénario A1	3 646 760	150 386 780	25 100 000	28 746 760	175 486 780	-1,16%
Scénario A2	3 782 247	152 857 637	24 900 000	28 682 247	177 757 637	0,12%
Scénario A3	4 036 885	157 255 597	22 400 000	26 436 885	179 655 597	1,19%
Scénario B	4 160 294	162 380 423	23 400 000	27 560 294	185 780 423	4,59%

Hypothèse 2 : pessimiste

	Total dépenses P1/P2/P3		Investissement	Total dépenses P1/P2/P3 + investissement		Ecart / Base
	Année 0	Sur 25 ans		Année 0	Sur 25 ans	
	€TTC	€TTC	€TTC	€TTC	€TTC	%
Scénario BASE	3 870 533	214 110 241	19 100 000	22 970 533	233 210 241	-
Scénario A1	3 646 760	195 832 397	25 100 000	28 746 760	220 932 397	-5,26%
Scénario A2	3 782 247	204 457 812	24 900 000	28 682 247	229 357 812	-1,74%
Scénario A3	4 036 885	202 839 086	22 400 000	26 436 885	225 239 086	-3,48%
Scénario B	4 160 294	205 999 385	23 400 000	27 560 294	229 399 385	-1,69%

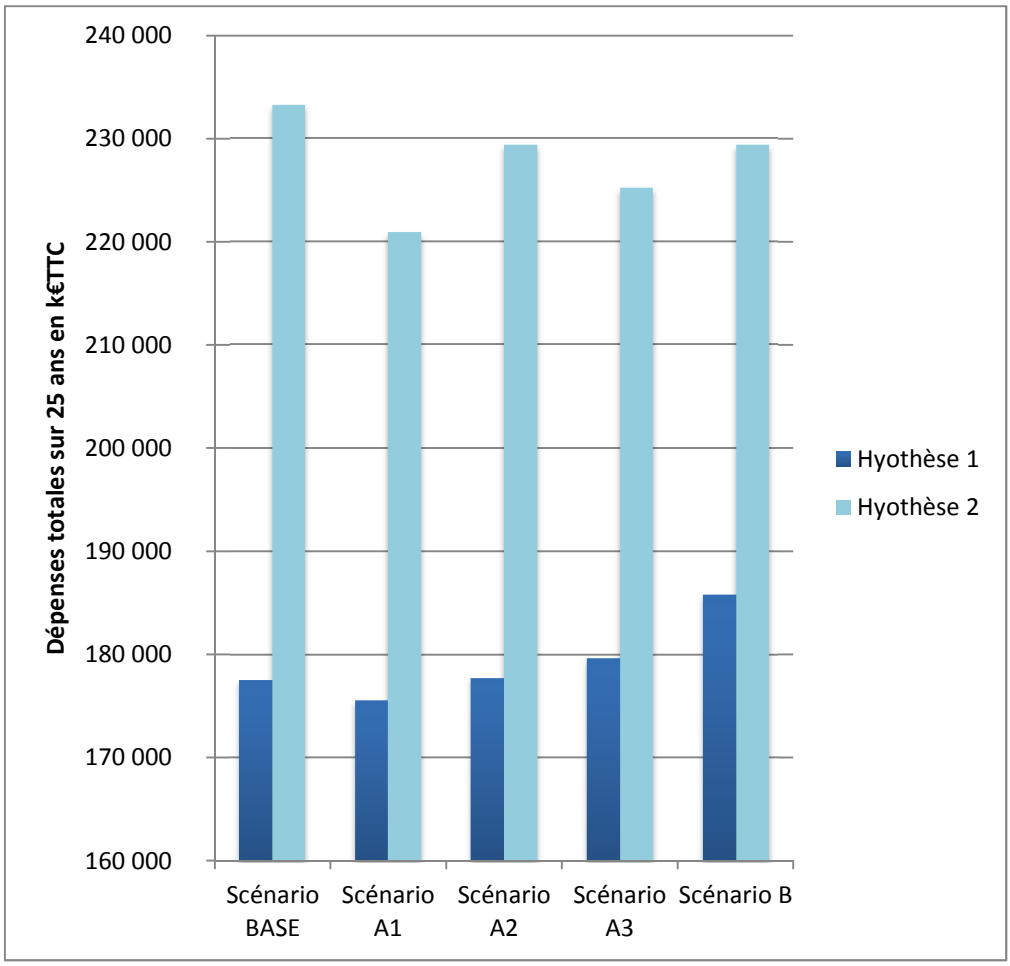
7.4.5 SYNTHESE

Les dépenses totales induites par les différents scénarios sont dans l'ensemble très proches, quelle que soit l'hypothèse d'augmentation du prix des énergies retenue.

Encore une fois, les consommations relatives aux usages spécifiques de l'électricité étant très importantes vis-à-vis des consommations relatives aux bâtiments, l'impact du choix de l'approvisionnement en énergie pour les usages thermiques est ici globalement faible, un écart maximum d'à peine 6% étant observé entre les valeurs extrêmes pour les deux hypothèses de l'étude.

Néanmoins, il ressort de l'étude économique :

- que le scénario valorisant la géothermie via des pompes à chaleur électrique (**scénario A1**) est systématiquement moins coûteux : - 1 à 5% selon l'hypothèse retenue d'augmentation du prix des énergies ;
- que le raccordement au réseau de chaleur biomasse est rentable dès lors que l'augmentation annuelle du prix des énergies est forte.



7.5 CONCLUSIONS

En préambule, nous rappelons que l'énergie solaire, abondante sur le site, 100% renouvelable et gratuite, est valorisée en priorité pour chaque scénario pour l'atteinte des niveaux de performance énergétique fixés sur la ZAC.

Nous rappelons également que l'impact du choix de l'approvisionnement en énergie pour les usages thermiques est limité sur la zone en raisonnant en énergie primaire, le poids des consommations liées aux usages spécifiques de l'électricité étant majeur dans le bilan énergétique et l'électricité étant pénalisée par un coefficient de conversion en énergie primaire défavorable.

Scénario BASE : production de chaleur au gaz, production de froid par aérothermie

Les besoins en chaleur étant faibles en climat méditerranéen, dès lors que les niveaux de performance énergétique exigés pour les bâtiments sont ambitieux, le scénario de référence valorisant majoritairement le gaz se montre en phase avec les objectifs du PCET et performant sur les critères économiques et énergétiques en raisonnant en énergie primaire.

Néanmoins, ces performances sont à relativisées au vu de l'importance des émissions de gaz à effet de serre générées : près de 2 800 tonnes de CO2 par an.

Nous **déconseillons donc l'application** de ce scénario dans le cadre de l'aménagement de la ZAC de la Constance.

Scénario A1 : production de chaleur et de froid valorisant la géothermie via l'électricité

La géothermie électrique constitue la solution la plus efficiente sur les trois critères d'évaluation : énergétique, avec une réduction de près de 8% des consommations en énergie primaire, environnemental, avec une réduction majeure des émissions de gaz à effet de serre (-70%) et économique, avec des dépenses sur 25 ans réduites de 1 à 5%. Ces performances s'opèrent au détriment d'une augmentation de 38% des déchets nucléaires produits.

Néanmoins, nous **conseillons prioritairement l'application** de ce scénario dans le cadre de l'aménagement de la ZAC de la Constance. Les potentiels géothermiques sur nappe et sur sondes verticales devront être consolidés sur chaque secteur par des études spécifiques.

L'application de ce scénario pose la question de la nécessité du développement du réseau gaz sur la ZAC, source éventuelle d'économie pour l'aménagement.

Scénario A2 : production de chaleur valorisant la géothermie gaz (absorption)

Pour des dépenses globales sur 25 ans équivalentes ou inférieures à celles scénario de base, selon l'hypothèse retenue pour l'augmentation du prix des énergies, la valorisation de la géothermie par pompe à chaleur gaz permet de réduire :

- de 11% les consommations en énergie finale ;
- de 7% les consommations en énergie primaire ;
- de 19% les émissions de gaz à effet de serre.

Nous **conseillons prioritairement** l'application de ce scénario en raison de son bon bilan environnemental et de ses plus faibles consommations énergétiques. Les potentiels géothermiques sur nappe et sur sondes verticales devront être consolidés sur chaque secteur par des études spécifiques.

Scénario A3 : production de chaleur valorisant le combustible granulé de bois

Pour des dépenses globales sur 25 ans équivalentes ou inférieures à celles scénario de base, selon l'hypothèse retenue pour l'augmentation du prix des énergies, la valorisation du combustible granulés de bois permet de réduire massivement le bilan CO2 de la ZAC, tout en réduisant de 7,8% les consommations en énergie primaire.

Cependant, l'approvisionnement en combustible biomasse de la ZAC de la Constance s'inscrit quelque peu en doublon du réseau de chaleur de la ville d'Aix-en-Provence, lui-même alimenté à 70% en biomasse.

Nous **conseillons donc** l'application de ce scénario en raison de son bon bilan environnemental. L'approvisionnement en granulé devra cependant être validé au cas par cas et ne devra pas générer de tension sur la filière régionale.

Scénario B : développement du réseau de chaleur sur la ZAC

Economiquement, le réseau de chaleur est jugé rentable à ce stade uniquement dans le cas où les prix des énergies subiraient des augmentations annuelles soutenues, hypothèse réaliste au vu de l'évolution du prix des énergies sur la décennie passée.

Les pertes du réseau, compensées partiellement par l'apport du solaire thermique, induisent un bilan énergétique neutre vis-à-vis du scénario de base en raisonnant en énergie primaire, mais supérieur de 20% à 28% en raisonnant en énergie finale.

Néanmoins, ces performances sont à relativiser au vu du bilan environnemental et des nombreux avantages apportés par le niveau de mutualisation maximal de la solution :

- une réduction des émissions de gaz à effet de serre de 40% pour une production de déchets nucléaire stable ;
- une flexibilité et des possibilités d'évolutivités étendues à très long terme pour le mixte énergétique alimentant la ZAC ;
- des performances énergétiques réelles probablement meilleurs et beaucoup plus stables dans le temps ;
- un impact très faible sur l'aménagement : pas de cheminées, par de zones de livraison de combustible, une réduction de la puissance électrique développée sur le site.

Nous **conseillons donc d'envisager** l'application de ce scénario dans le cas où les dispositions d'optimisation énergétiques précisées au § 8 seraient retenues et dans le cas où la valorisation locale d'énergies renouvelables pour la compensation des pertes de distribution puisse être mise en œuvre : solaire thermique sur le réseau, valorisation des calories en sortie de la STEP…

Le scénario B est également l'occasion d'étudier l'impact de la solution de production de froid solaire sur les bâtiments d'activité tertiaire. La solution de froid solaire étudiée, basée sur des machines à absorption de petite et moyenne puissance couplées à des appoints de type groupe de froid à condensation sur air, permet de réduire les consommations en énergie primaire des bâtiments d'activité tertiaire de 14% par rapport au scénario de base (froid par aérothermie) et de 8% par rapport aux scénarios A (froid par géothermie).

Le froid solaire est donc une technique à mettre en avant dans le cadre de l'aménagement.

Synthèse :

- Nous déconseillons la solution BASE car elle génère des émissions de gaz à effet de serre très importantes.
- Les trois scénarios A1, A2 et A3 sont intéressants et équivalents. Ils permettent de développer plus de 50% d'énergies renouvelables sur le site, tous postes confondus. Ils pourront être départagés selon les poids donnés aux critères économiques, énergétiques et environnementaux.
- Les ressources en énergies renouvelables étant importantes sur le site, il est possible d'axer la stratégie vers la valorisation d'une seule énergie : géothermie électrique, géothermie gaz ou biomasse. Il est également possible de retenir un mixte équilibré sur le site, avec une stratégie globale combinant ces trois solutions.
- Le développement du réseau de chaleur sur la ZAC est rentable sous conditions, dès lors que la densité thermique sur l'aménagement est favorisée, que des EnR développées en local viennent compenser les pertes en lignes et que des optimisations énergétiques sont retenues pour la conception du réseau.

8. PRECONISATIONS RELATIVES A LA POURSUITE DES ETUDES D'AMENAGEMENT

La faisabilité des scénarios préconisés dépend de choix urbanistiques sur l'aménagement, soit en termes d'équipements publics à intégrer au programme, soit en termes d'organisation urbaine de l'opération (densification des secteurs, organisation spatiale, mixité), soit enfin en termes de phasage (temporel et spatial) de la réalisation de l'aménagement.

Ces prérequis doivent être identifiés et considérés dès l'étude préliminaire. Dans le cas contraire, les marges de manœuvre pourraient ne plus exister au moment où l'on cherchera à intégrer ces scénarios EnR dans l'opération.

8.1 IMPLANTATION ET CONCEPTION DES BATIMENTS

Pour la valorisation des énergies solaires thermiques et photovoltaïques, les préconisations mentionnées au § 4.2 du présent rapport sont à respecter dans le cadre de l'aménagement des parcelles et de la conception architecturale des bâtiments.

Les concepteurs veilleront :

- à maîtriser les effets de masque entre les différents bâtiments, par la limitation des hauteurs et, si besoin, la création de failles ;
- à orienter majoritairement les bâtiments selon un axe nord/sud ;
- à optimiser la conception des toitures afin de favoriser l'intégration du solaire : création de sur-toitures, toitures inclinées vers le sud…

L'ensemble de ces choix devra être guidé sous forme de préconisations ou de prescriptions à intégrer dans le cahier des charges de cession de terrain. Il faudra avant tout être pédagogique et expliquer, dans ces documents, l'intérêt de ces approches.

Pour la réduction du nombre d'unité de production thermique (chaufferie), **l'allotissement devra favoriser les lots regroupant un nombre significatif de bâtiments**. Les lots inférieurs à cinq bâtiments sont à proscrire, d'autant plus que les hauteurs des bâtiments sont limitées. La création de lots au nombre de bâtiments élevés permet de faciliter la création de chaufferies mutualisées à l'échelle des lots et donc :

- de réduire l'impact sur l'aménagement : moins de nuisances, moins d'emprise foncière ;
- de permettre un développement rentable des EnR : géothermie ou biomasse par exemple ;
- de faciliter la compensation des consommations des bâtiments à énergie positive, en permettant une mutualisation à l'échelle du lot de la production d'électricité, par cogénération par exemple.

Nous soulignons que la création de très petits lots est susceptible d'exclure la valorisation des solutions à fort investissement comme la géothermie.

8.2 CONSIDERATIONS RELATIVES A LA CREATION D'UN RESEAU DE CHALEUR (SCENARIO B)

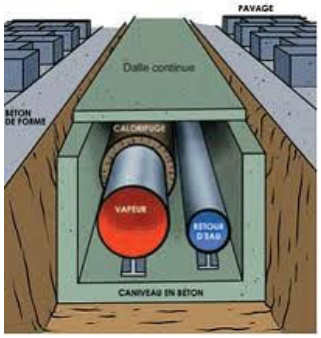
8.2.1 PREREQUIS

Foncier

Un ou des emplacements sont à prévoir pour la création d'unité de valorisation d'énergies renouvelables selon le phasage de l'opération.

- **pour la valorisation du solaire thermique**, ces emplacements sont préférentiellement les toitures de grands bâtiments publics : gymnase, bâtiments d'enseignement par exemple.
- **pour la valorisation de la géothermie sur nappe,** ces emplacements sont préférentiellement situés où le potentiel de la nappe est le plus important. Une surface foncière suffisante devra être réservée pour l'implantation d'un doublet géothermique et d'un petit bâtiment technique abritant les pompes à chaleur. Les emplacements préférentiels et les emprises au sol seront à préciser dans le cadre de la réalisation des études de potentiel géothermique complémentaires (cf. § 8.3).
- **pour la valorisation des calories du réseau d'assainissement,** un emplacement doit être réservé sur le passage de la canalisation de diamètre 800 mm au nord-est du site (cf. figure 18 page 39). En première approche, un terrain de 400 m² devrait largement suffire pour accueillir les 300 kW thermique de pompe à chaleur.
- **Pour la valorisation des calories en sortie de la STEP,** un emplacement doit être réservé le site à proximité de la STEP de la Pioline (cf. figure 19 page 39), au sud-ouest de la ZAC.

Canalisations (cas du réseau de chaleur et/ou de froid et/ou d'eau de nappe)



Les réseaux de canalisations distribuant de l'énergie sont à prévoir dans le plan et le planning de réalisation des voiries et réseaux divers.

Prévoir de préférence une pose en caniveau enterré, ce qui permet une protection mécanique et minimise les effets dus à l'humidité par ventilation de ces caniveaux.

Afin de réduire les pertes de distribution, prévoir une sur-isolation des tuyaux dans le cas des réseaux de chaud et de froid.

Articulation vis-à-vis du PLU

La conformité des scénarios préconisés avec les règles du PLU pourra être contrôlée dans le cadre de la réalisation d'une étude de faisabilité spécifique à la création d'un réseau de chaleur.

S'il apparaît que certains points du PLU restreignent la faisabilité de la solution réseau de chaleur sans que cela n'apparaisse justifié par d'autres motifs, la collectivité devra être consultée afin d'identifier les possibilités d'évolution du PLU.

Depuis 2010 (loi Grenelle 2), « nonobstant toute disposition d'urbanisme contraire, le permis de construire ou d'aménager ou la décision prise sur une déclaration préalable ne peut s'opposer à l'utilisation de matériaux renouvelables ou de matériaux ou procédés de construction permettant d'éviter l'émission de gaz à effet de serre, à l'installation de dispositifs favorisant la retenue des eaux pluviales ou la production d'énergie renouvelable correspondant aux besoins de la consommation domestique des occupants de l'immeuble ou de la partie d'immeuble concernés. » (Code de l'urbanisme).

8.2.2 CONSEQUENCE SUR L'AMENAGEMENT (SCENARIO B)

Densification des zones

La pertinence et la « solidité » économique du réseau de chaleur peuvent être renforcées par un travail sur la densité et la mixité de l'urbanisation sur la zone considérée.

L'option du réseau de chaleur étant identifiée suffisamment tôt dans la démarche d'aménagement, des optimisations peuvent être recherchées dans le choix des équipements publics à intégrer à l'aménagement.

Au cœur de chaque secteur, les bâtiments devront être dans la mesure du possible regroupés autour des principales voiries selon une maille la plus dense possible. Les « bras » peu denses, desservant peu de bâtiments, sont à proscrire.

Les axes liaisonnant les secteurs devront également être densifiés, afin de n'exclure aucun d'entre eux de la zone de développement du réseau de chaleur.

Vis-à-vis du phasage

Une éventuelle séparation en plusieurs phases de l'aménagement de la ZAC ne remet aucunement en cause la faisabilité du développement d'un réseau de chaleur.

Dans ce cas, on veillera à intégrer dans les premières phases les secteurs les plus proches du réseau existant, soit les secteurs nord, est et le cœur de quartier. Les secteurs ouest et nord-ouest seront développés dans un second temps.

8.3 SYNTHESES DES ETUDES COMPLEMENTAIRES A MENER

Les conclusions du présent rapport devront être confortées dans le cadre des études de réalisation de l'aménagement par des études complémentaires spécifiques.

Relatives à l'approvisionnement en énergie :

Une étude complémentaire détaillée précisera les potentiels géothermiques réels sur chaque secteur de la ZAC, dans le cadre de la mise en place de sondes géothermiques verticales et de forages sur la nappe.

Pour la géothermie sur nappe, cette étude précisera notamment, au vu des besoins thermiques de la zone et des caractéristiques de la nappe, si le développement massif de cette énergie implique obligatoirement la création d'un nombre restreint de doublets géothermiques mutualisés alimentant des boucles d'eau tiède.

Dans ce cas, l'étude précisera les implantations préférentielles et les emprises des doublets géothermiques prévues.

Les résultats de cette étude pourront être exploités dans le cadre de la précision de la faisabilité d'un réseau de chaleur et dans le cadre des études d'approvisionnement en énergie, obligatoires pour chaque maître d'ouvrage construisant sur la zone (décret 2007-363 du 19 mars 2007).

Relatives à la création d'un réseau de chaleur :

Pour poursuivre la réflexion sur l'extension du réseau de chaleur existant sur la ZAC de la Constance, il sera nécessaire de mener, dans le cadre des études de réalisation, une étude spécifique de faisabilité en intégrant les éléments précis liés aux futurs bâtiments, leur implantation et la prise en compte des possibilités en matière d'approvisionnement en énergie.

Les objectifs de cette étude seront :

- de préciser la faisabilité économique du réseau ;
- d'étudier le développement en local sur la zone d'énergies renouvelables selon les pistes indiquées dans le présent rapport : solaire thermique centralisé sur réseau, valorisation des calories en sortie de la STEP de la Pioline ou valorisation des calories dans la conduite du secteur nord-est.

Cette étude devra obligatoirement prendre en considération les spécificités liées au projet d'aménagement, et notamment la densité thermique réduite. Le prestataire (titulaire de la DSP ou bureau d'études indépendant) s'appuiera notamment sur les documents suivants :

- *réseaux de chaleur et bâtiments basse consommation : l'équation impossible ? (AMORCE/INDIGGO, 2011) ;*
- *solutions techniques pour optimiser les réseaux de chaleur dans un contexte de développement de bâtiments basse consommation (AMORCE, 2011) ;*
- *solaire thermique & Réseaux de chaleur (AMORCE/ADEME, 2011).*

Techniquement, l'étude devra obligatoirement intégrer les éléments suivants :

- solaire thermique centralisé ou décentralisé ou récupération des calories des réseaux d'assainissement pour la compensation des pertes du réseau ;
- canalisations sur isolées en caniveau ;
- régime d'eau primaire très basse température et différentiel départ retour élevé : par exemple 75°C/40°C (ΔT = 35°C) ou 75°C/35°C ;
- régime de température variable selon la saison et la période de la journée et circulateurs à vitesse variable.

ANNEXE N°2 : RÈGLEMENTATION PARASISMIQUE APPLICABLE AUX BÂTIMENTS

La nouvelle
RÉGLEMENTATION PARASISMIQUE
applicable aux bâtiments

dont le permis de construire est déposé à partir du 1er mai 2011

Janvier 2011



Ressources, territoire, habitat et logement
Énergie et climat
Développement durable
Prévention des risques
Infrastructures, transports et mer

Présent pour l'avenir

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement

Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement

www.developpement-durable.gouv.fr

La nouvelle réglementation

Le séisme de la Guadeloupe du 21 novembre 2004 et le séisme d'Epagny-Annecy du 15 juillet 1996 viennent nous rappeler que la France est soumise à un risque sismique bien réel. Les Antilles sont exposées à un aléa fort et ont connu par le passé de violents séismes. De même, bien que considérée comme un territoire à sismicité modérée, la France métropolitaine n'est pas à l'abri de tremblements de terre ravageurs comme celui de Lambesc de juin 1909 (46 victimes).

L'endommagement des bâtiments et leur effondrement sont la cause principale des décès et de l'interruption des activités. Réduire le risque passe donc par une réglementation sismique adaptée sur les bâtiments neufs comme sur les bâtiments existants. L'arrivée de l'Eurocode 8, règles de construction parasismique harmonisées à l'échelle européenne, conduit à la mise à jour de la réglementation nationale sur les bâtiments.

Principe de la réglementation

La réglementation présentée concerne les bâtiments **à risque normal**, pour lesquels les conséquences d'un séisme sont limitées à la structure même du bâtiment et à ses occupants.

Zonage sismique. Le zonage sismique du territoire permet de s'accorder avec les principes de dimensionnement de l'Eurocode 8. Sa définition a également bénéficié des avancées scientifiques des vingt dernières années dans la connaissance du phénomène sismique.



Réglementation sur les bâtiments neufs. L'Eurocode 8 s'impose comme la règle de construction parasismique de référence pour les bâtiments. La réglementation conserve la possibilité de recourir à des règles forfaitaires dans le cas de certaines structures simples.

Réglementation sur les bâtiments existants. La réglementation n'impose pas de travaux sur les bâtiments existants. Si des travaux conséquents sont envisagés, un dimensionnement est nécessaire avec une minoration de l'action sismique à 60% de celle du neuf. Dans le même temps, les maîtres d'ouvrage volontaires sont incités à réduire la vulnérabilité de leurs bâtiments en choisissant le niveau de confortement qu'ils souhaitent atteindre.

Organisation réglementaire

CODES

L563-1 Code de l'Environnement
L112-18 Code de la Construction et de l'Habitat

DÉCRETS ET ARRÊTÉ

Décret n°2010-1254 du 22 octobre 2010
Prévention du risque sismique

Décret n°2010-1255 du 22 octobre 2010
Délimitation des zones de sismicité du territoire français

Ouvrages à risque normal — *Ouvrages à risque spécial*

Bâtiments — *Ponts et équipements*



Arrêté du 22 octobre 2010
Classification et règles de construction parasismique

RÈGLES DE CONSTRUCTION

Règles générales pour tous bâtiments
- **Règles Eurocode 8**
  NF EN 1998-1, NF EN 1998-3 et NF EN 1998-5 et annexes nationales associées, septembre 2005
- **Règles PS 92** à titre transitoire jusqu'au 31 octobre 2012
  NF P 06-013, décembre 1995

Règles simplifiées pour certaines maisons individuelles
- **Règles PS-MI**
  NF P 06-014, mars 1995
- **Guide CP-MI Antilles**
  Recommandations AFPS, édition 2004

Construire parasismique

Implantation

- Étude géotechnique



Effectuer une étude de sol pour connaître les caractéristiques du terrain.

Caractériser les éventuelles amplifications du mouvement sismique.

Extrait de carte géologique

- Se protéger des risques d'éboulements et de glissements de terrain

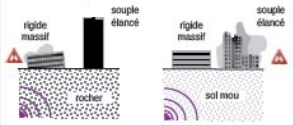
S'éloigner des bords de falaise, pieds de crête, pentes instables.

Le cas échéant, consulter le plan de prévention des risques (PPR) sismiques de la commune.



Glissement de terrain

- Tenir compte de la nature du sol



Privilégier des configurations de bâtiments adaptées à la nature du sol.

Prendre en compte le risque de la liquéfaction du sol (perte de capacité portante).

Conception

- Préférer les formes simples

Privilégier la compacité du bâtiment.

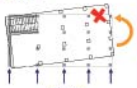
Limiter les décrochements en plan et en élévation.

Fractionner le bâtiment en blocs homogènes par des joints parasismiques continus.



- Limiter les effets de torsion

Distribuer les masses et les raideurs (murs, poteaux, voiles...) de façon équilibrée.

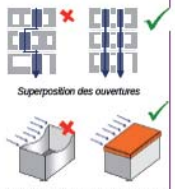


- Assurer la reprise des efforts sismiques

Assurer le contreventement horizontal et vertical de la structure.

Superposer les éléments de contreventement.

Créer des diaphragmes rigides à tous les niveaux.



Superposition des ouvertures

Limitation des déformations : effet «boîte»

- Appliquer les règles de construction



Exécution

- Soigner la mise en oeuvre

Respecter les dispositions constructives.

Disposer d'une main d'oeuvre qualifiée.

Assurer un suivi rigoureux du chantier.

Soigner particulièrement les éléments de connexion : assemblages, longueurs de recouvrement d'armatures...



Noeud de chaînage - Continuité mécanique

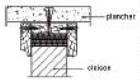


Mise en place d'un chaînage au niveau du rampant d'un bâtiment

- Utiliser des matériaux de qualité



- Fixer les éléments non structuraux



Liaison cloison-plancher (extrait des règles PS-MI)

Fixer les cloisons, les plafonds suspendus, les luminaires, les équipements techniques lourds.

Assurer une liaison efficace des cheminées, des éléments de bardage...

Comment caractériser les séismes ?

Le phénomène sismique

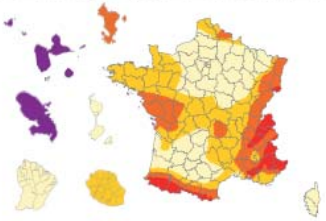
Les ondes sismiques se propagent à travers le sol à partir d'une source sismique et peuvent être localement amplifiées par les dernières couches de sol et la topographie du terrain. Un séisme possède ainsi de multiples caractéristiques : durée de la secousse, contenu fréquentiel, déplacement du sol... La réglementation retient certains paramètres simples pour le dimensionnement des bâtiments.

Zonage réglementaire

Le paramètre retenu pour décrire l'aléa sismique au niveau national est une accélération a_{gr}, accélération du sol «au rocher» (le sol rocheux est pris comme référence).

Le zonage réglementaire définit cinq zones de sismicité croissante basées sur un découpage communal. La zone 5, regroupant les îles antillaises, correspond au niveau d'aléa le plus élevé du territoire national. La métropole et les autres DOM présentent quatre zones sismiques, de la zone 1 de très faible sismicité (bassin aquitain, bassin parisien...) à la zone 4 de sismicité moyenne (fossé rhénan, massifs alpin et pyrénéen).

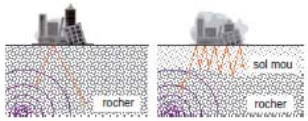
Zone de sismicité	Niveau d'aléa	a_{gr}(m/s²)
Zone 1	Très faible	0,4
Zone 2	Faible	0,7
Zone 3	Modéré	1,1
Zone 4	Moyen	1,6
Zone 5	Fort	3



Influence du sol

La nature locale du sol (dizaines de mètres les plus proches de la surface) influence fortement la sollicitation ressentie au niveau des bâtiments. L'Eurocode 8 distingue cinq catégories principales de sols (de la classe A pour un sol de type rocheux à la classe E pour un sol mou) pour lesquelles est défini un coefficient de sol S. Le paramètre S permet de traduire l'amplification de la sollicitation sismique exercée par certains sols.

Classes de sol	S (zones 1 à 4)	S (zone 5)
A	1	1
B	1,35	1,2
C	1,5	1,15
D	1,6	1,35
E	1,8	1,4



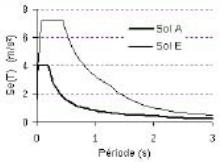
Amplification du signal sismique suivant la nature du sol

POUR LE CALCUL ...

Pour le dimensionnement des bâtiments

Dans la plupart des cas, les ingénieurs structures utilisent des spectres de réponse pour caractériser la réponse du bâtiment aux séismes. L'article 4 de l'arrêté du 22 octobre 2010 définit les paramètres permettant de décrire la forme de ces spectres.

Exemple : spectre horizontal, zone de sismicité 4, catégorie d'importance II



Comment tenir compte des enjeux ?

Pourquoi une classification des bâtiments ?

Parmi les bâtiments à risque normal, le niveau de protection parasismique est modulé en fonction de l'enjeu associé. Une classification des bâtiments en catégories d'importance est donc établie en fonction de paramètres comme l'activité hébergée ou le nombre de personnes pouvant être accueillies dans les locaux.

Les conditions d'application de la réglementation dépendent de la catégorie d'importance du bâtiment, tant pour les bâtiments neufs que pour les bâtiments existants. Les paramètres utilisés pour le calcul et le dimensionnement du bâtiment sont également modulés en fonction de sa catégorie d'importance.

Catégories de bâtiments

Les bâtiments à risque normal sont classés en quatre catégories d'importance croissante, de la catégorie I à faible enjeu à la catégorie IV qui regroupe les structures stratégiques et indispensables à la gestion de crise.

Catégorie d'importance		Description
I		■ Bâtiments dans lesquels il n'y a aucune activité humaine nécessitant un séjour de longue durée.
II		■ Habitations individuelles. ■ Établissements recevant du public (ERP) de catégories 4 et 5. ■ Habitations collectives de hauteur inférieure à 28 m. ■ Bureaux ou établissements commerciaux non ERP, h ≤ 28 m, max. 300 pers. ■ Bâtiments industriels pouvant accueillir au plus 300 personnes. ■ Parcs de stationnement ouverts au public.
III		■ ERP de catégories 1, 2 et 3. ■ Habitations collectives et bureaux, h > 28 m. ■ Bâtiments pouvant accueillir plus de 300 personnes. ■ Établissements sanitaires et sociaux. ■ Centres de production collective d'énergie. ■ Établissements scolaires.
IV		■ Bâtiments indispensables à la sécurité civile, la défense nationale et le maintien de l'ordre public. ■ Bâtiments assurant le maintien des communications, la production et le stockage d'eau potable, la distribution publique de l'énergie. ■ Bâtiments assurant le contrôle de la sécurité aérienne. ■ Établissements de santé nécessaires à la gestion de crise. ■ Centres météorologiques.

Pour les structures neuves abritant des fonctions relevant de catégories d'importance différentes, la catégorie de bâtiment la plus contraignante est retenue.

Pour l'application de la réglementation sur les bâtiments existants, la catégorie de la structure à prendre en compte est celle résultant du classement après travaux ou changement de destination du bâtiment.

POUR LE CALCUL ...

Le coefficient d'importance γ_I

A chaque catégorie d'importance est associé un coefficient d'importance γ_I qui vient moduler l'action sismique de référence conformément à l'Eurocode 8.

Catégorie d'importance	Coefficient d'importance γ_I
I	0,8
II	1
III	1,2
IV	1,4

Quelles règles pour le bâti neuf ?

Le dimensionnement des bâtiments neufs doit tenir compte de l'effet des actions sismiques pour les structures de catégories d'importance III et IV en zone de sismicité 2 et pour les structures de catégories II, III et IV pour les zones de sismicité plus élevée.

Application de l'Eurocode 8

La conception des structures selon l'Eurocode 8 repose sur des principes conformes aux codes parasismiques internationaux les plus récents. La sécurité des personnes est l'objectif du dimensionnement parasismique mais également la limitation des dommages causés par un séisme.

De plus, certains bâtiments essentiels pour la gestion de crise doivent rester opérationnels.

POUR LE CALCUL ...

Décomposition de l'Eurocode 8

La **partie 1** expose les principes généraux du calcul parasismique et les règles applicables aux différentes typologies de bâtiments.

La **partie 5** vient compléter le dimensionnement en traitant des fondations de la structure, des aspects géotechniques et des murs de soutènement.

Règles forfaitaires simplifiées

Le maître d'ouvrage a la possibilité de recourir à des règles simplifiées (qui dispensent de l'application de l'Eurocode 8) pour la construction de bâtiments simples ne nécessitant pas de calculs de structures approfondis. Le niveau d'exigence de comportement face à la sollicitation sismique est atteint par l'application de dispositions forfaitaires tant en phase de conception que d'exécution du bâtiment.

- Les règles PS-MI «Construction parasismique des maisons individuelles et bâtiments assimilés» sont applicables aux bâtiments neufs de catégorie II répondant à un certain nombre de critères, notamment géométriques, dans les zones de sismicité 3 et 4.

- Dans la zone de sismicité forte, le guide AFPS «Construction parasismique des maisons individuelles aux Antilles» CP-MI permet de construire des bâtiments simples de catégorie II, sous certaines conditions stipulées dans le guide.

Exigences sur le bâti neuf

Les exigences sur le bâti neuf dépendent de la catégorie d'importance du bâtiment et de la zone de sismicité.

	I	II		III	IV
					
Zone 1	aucune exigence				
Zone 2	aucune exigence				**Eurocode 8** [3] a_g=0,7 m/s²
Zone 3	aucune exigence	**PS-MI** [1]	**Eurocode 8** [3] a_g=1,1 m/s²		**Eurocode 8** [3] a_g=1,1 m/s²
Zone 4	aucune exigence	**PS-MI** [1]	**Eurocode 8** [3] a_g=1,6 m/s²		**Eurocode 8** [3] a_g=1,6 m/s²
Zone 5	aucune exigence	**CP-MI** [2]	**Eurocode 8** [3] a_g=3 m/s²		**Eurocode 8** [3] a_g=3 m/s²

[1] Application **possible** (en dispense de l'Eurocode 8) des PS-MI sous réserve du respect des conditions de la norme PS-MI
[2] Application **possible** du guide CP-MI sous réserve du respect des conditions du guide
[3] Application **obligatoire** des règles Eurocode 8

Cas particulier : les établissements scolaires simples en zone 2

Les établissements scolaires sont systématiquement classés en catégorie III. Cependant, pour faciliter le dimensionnement des bâtiments scolaires simples, les règles forfaitaires simplifiées PS-MI peuvent être utilisées en zone 2 sous réserve du respect des conditions d'application de celles-ci, notamment en termes de géométrie du bâtiment et de consistance de sol.

Quelles règles pour le bâti existant ?

Gradation des exigences

TRAVAUX

Principe de base	Je souhaite **améliorer le comportement** de mon bâtiment	Je réalise des **travaux lourds** sur mon bâtiment	Je crée une **extension** avec joint de fractionnement
L'objectif minimal de la réglementation sur le bâti existant est la non-aggravation de la vulnérabilité du bâtiment.	L'Eurocode 8-3 permet au maître d'ouvrage de moduler l'objectif de confortement qu'il souhaite atteindre sur son bâtiment.	Sous certaines conditions de travaux, la structure modifiée est dimensionnée avec les mêmes règles de construction que le bâti neuf, mais en modulant l'action sismique de référence.	L'extension désolidarisée par un joint de fractionnement doit être dimensionnée comme un bâtiment neuf.

Travaux sur la structure du bâtiment

Les règles parasismiques applicables à l'ensemble du bâtiment modifié dépendent de la zone sismique, de la catégorie du bâtiment, ainsi que du niveau de modification envisagé sur la structure.

	Cat.	Travaux	Règles de construction
Zone 2	IV	> 30% de SHON créée > 30% de plancher supprimé à un niveau	**Eurocode 8**[3] a_{gr}=0,42 m/s²
Zone 3	II	> 30% de SHON créée > 30% de plancher supprimé à un niveau Conditions PS-MI respectées	**PS-MI**[1] Zone 2
		> 30% de SHON créée > 30% de plancher supprimé à un niveau	**Eurocode 8**[3] a_{gr}=0,66 m/s²
	III	> 30% de SHON créée > 30% de plancher supprimé à un niveau	**Eurocode 8**[3] a_{gr}=0,66 m/s²
	IV		
Zone 4	II	> 30% de SHON créée Conditions PS-MI respectées	**PS-MI**[1] Zone 3
		> 30% de SHON créée > 30% de plancher supprimé à un niveau	**Eurocode 8**[3] a_{gr}=0,96 m/s²
	III	> 20% de SHON créée > 30% de plancher supprimé à un niveau > 20% des contreventements supprimés Ajout équipement lourd en toiture	**Eurocode 8**[3] a_{gr}=0,96 m/s²
	IV		
Zone 5	II	> 30% de SHON créée Conditions CP-MI respectées	**CP-MI**[2]
		> 20% de SHON créée > 30% de plancher supprimé à un niveau > 20% des contreventements supprimés	**Eurocode 8**[3] a_{gr}=1,8 m/s²
	III	> 20% de SHON créée > 30% de plancher supprimé à un niveau > 20% des contreventements supprimés Ajout équipement lourd en toiture	**Eurocode 8**[3] a_{gr}=1,8 m/s²
	IV		

[1] Application **possible** (en dispense de l'Eurocode 8) des PS-MI. La zone sismique à prendre en compte est celle immédiatement inférieure au zonage réglementaire (modulation de l'aléa).
[2] Application **possible** du guide CP-MI
[3] Application **obligatoire** des règles Eurocode 8

Agir sur les éléments non structuraux

Les éléments non structuraux du bâti (cloisons, cheminées, faux-plafonds etc.) peuvent se révéler dangereux pour la sécurité des personnes, même sous un séisme d'intensité modérée. Pour limiter cette vulnérabilité, l'ajout ou le remplacement d'éléments non structuraux dans le bâtiment doit s'effectuer conformément aux prescriptions de l'Eurocode 8 partie 1 :

- pour les bâtiments de catégories III et IV en zone de sismicité 2,
- pour l'ensemble des bâtiments de catégories II, III et IV dans les zones 3, 4 et 5.

Cadre d'application

Entrée en vigueur et période transitoire

Les décrets n°2010-1254 et n°2010-1255 entrent en vigueur le 1er mai 2011.

Pour tout permis de construire déposé avant le 31 octobre 2012, les règles parasismiques PS92 restent applicables pour les bâtiments de catégorie d'importance II, III ou IV ayant fait l'objet d'une demande de permis de construire, d'une déclaration préalable ou d'une autorisation de début de travaux.

Cependant, les valeurs d'accélération à prendre en compte sont modifiées.

POUR LE CALCUL ...

Valeurs d'accélération modifiées (m/s²) pour l'application des PS92 (à partir du 1er mai 2011)

	II	III	IV
Zone 2	1,1	1,6	2,1
Zone 3	1,6	2,1	2,6
Zone 4	2,4	2,9	3,4
Zone 5	4	4,5	5

Plan de prévention des risques (PPR) sismiques

Les plans de prévention des risques sismiques constituent un outil supplémentaire pour réduire le risque sismique sur le territoire.

Ils viennent compléter la réglementation nationale en affinant à l'échelle d'un territoire la connaissance sur l'aléa (microzonage), la vulnérabilité du bâti existant (prescriptions de diagnostics ou de travaux) et les enjeux.

Attestation de prise en compte des règles parasismiques

Lors de la demande du permis de construire pour les bâtiments où la mission PS est obligatoire, une attestation établie par le contrôleur technique doit être fournie. Elle spécifie que le contrôleur a bien fait connaître au maître d'ouvrage son avis sur la prise en compte des règles parasismiques au niveau de la conception du bâtiment.

A l'issue de l'achèvement des travaux, le maître d'ouvrage doit fournir une nouvelle attestation stipulant qu'il a tenu compte des avis formulés par le contrôleur technique sur le respect des règles parasismiques.

Contrôle technique

Le contrôleur technique intervient à la demande du maître d'ouvrage pour contribuer à la prévention des aléas techniques (notamment solidité et sécurité). Le contrôle technique est rendu obligatoire pour les bâtiments présentant un enjeu important vis-à-vis du risque sismique (article R111-38 du code de la construction et de l'habitation). Dans ces cas, la mission parasismique (PS) doit accompagner les missions de base solidité (L) et sécurité (S).

POUR EN SAVOIR PLUS

Les organismes que vous pouvez contacter :

- Le ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement (MEDDTL) www.developpement-durable.gouv.fr
- La direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature (DGALN)
- La direction générale de la prévention des risques (DGPR)
- Les services déconcentrés du ministère :
  - Les Directions départementales des territoires (et de la mer) - DDT ou DDTM
  - Les Directions régionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement - DREAL
  - Les Directions de l'environnement, de l'aménagement et du logement - DEAL
  - Les Centres d'études techniques de l'équipement - CETE

Des références sur le risque sismique :

- Le site du Plan Séisme, programme national de prévention du risque sismique www.planseisme.fr
- Le portail de la prévention des risques majeurs www.prim.net

Janvier 2011

Direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature
Direction de l'habitat, de l'urbanisme et des paysages
Sous-direction de la qualité et du développement durable dans la construction
Arche sud 92055 La Défense cedex
Tél. +33 (0)1 40 81 21 22

www.developpement-durable.gouv.fr

ANNEXE N°3 : ÉTUDE HYDRAULIQUE

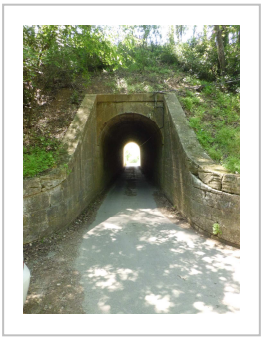
PAYS d'AIX Territoires
Société Publique Locale d'Aménagement

13MHY026

INDA

DECEMBRE 2013







Etude hydraulique de la ZAC de la Constance

SAFEGE
Ingénieurs Conseils

SIÈGE SOCIAL
PARC DE L'ILE - 15/27 RUE DU PORT
92022 NANTERRE CEDEX
Agence de XXXXXX : adresse complète de l'agence (en Verdana - taille 7 - minuscules)

SOMMAIRE

1 Contexte et objectifs 3

2 Analyses préliminaires 4
2.1 Localisation de la zone d'étude 4
2.2 Contexte hydrographique 5

3 Aléa inondation sur le secteur d'étude 13
3.1 Aléas déjà déterminés – BV Thumines et Encagnane 13
3.2 Aléa étudié dans la présente étude – BV Constance 15

4 Projet d'aménagement de la ZAC 26

5 Aménagements liés à la gestion des eaux pluviales 28
5.1 Aménagements liés à la compensation de l'imperméabilisation 28
5.2 Aménagements relatifs à l'aléa 31

1

CONTEXTE ET OBJECTIFS

Dans le cadre du projet d'urbanisation de la ZAC de la Constance, située à Aix en Provence, la société publique locale d'aménagement Pays d'Aix Territoires a confié la réalisation d'une étude hydraulique au bureau d'études SAFEGE.

Cette étude hydraulique comprend trois objectifs principaux :

- La définition des contraintes liées aux ruissellements ;
- La définition des besoins propres de l'opération en matière d'hydraulique ;
- Le positionnement et le dimensionnement des différents ouvrages hydrauliques à réaliser pour répondre aux nécessités et aux contraintes réglementaires en la matière.

2

ANALYSES PRÉLIMINAIRES

2.1 LOCALISATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La ZAC constance est localisée à l'Ouest du centre ville de la commune d'Aix en Provence. Elle est limitée au nord par l'autoroute A8 « La Provençale », au sud et à l'est par l'autoroute A51 du « Val de Durance », et à l'ouest par le ruisseau temporaire nommé « Thumine ».

La carte ci-dessous présente la localisation de cette zone.

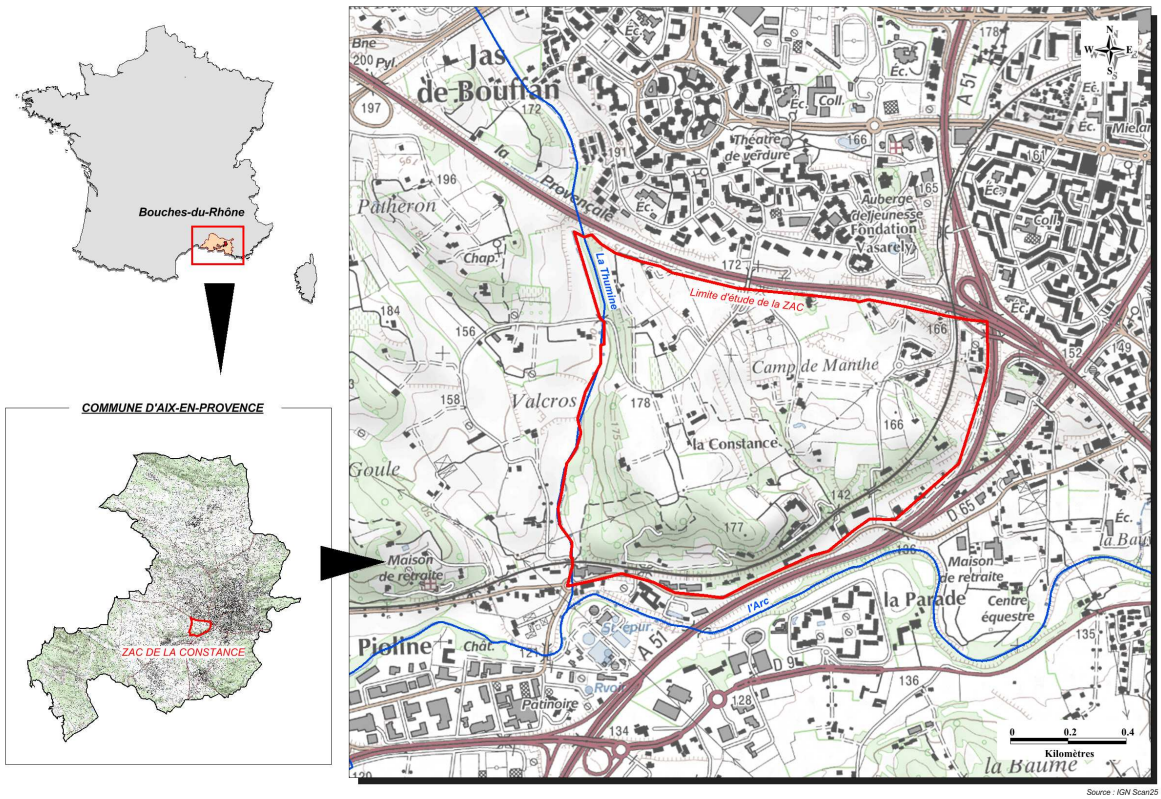


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

2.2 CONTEXTE HYDROGRAPHIQUE

La zone d'étude est située sur 3 bassins versants distincts comme représenté sur la figure ci-dessous : à l'ouest, le bassin versant « Thumine », à l'Est le bassin versant « Encagnane » et au centre le bassin versant « Constance » (en bleu ciel).

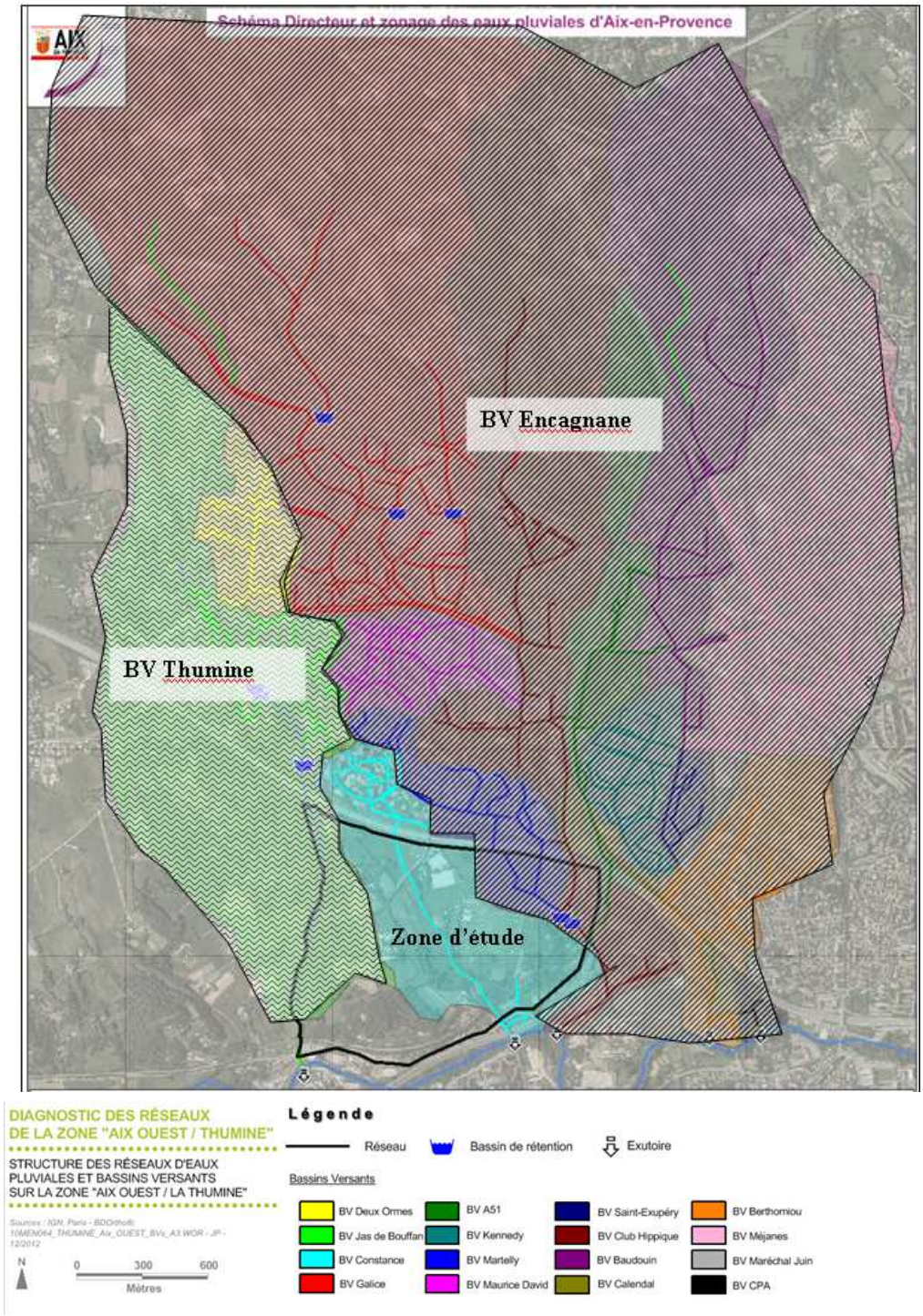


Figure 2 : Situation de la zone d'étude par rapport aux bassins versants hydrographiques

2.2.1 Bassin versant Thumine – Ouest de la zone d'étude

Ce secteur est partagé du nord au sud par l'A8.

Au nord de l'A8, les eaux pluviales proviennent d'un secteur urbanisé (faiblement en rive droite et densément en rive gauche) au milieu duquel coule la Thumine. Sur ce secteur, deux bassins de rétention (Thumine et Jardins familiaux) sont aménagés.

Au sud de l'A8, le bassin versant récupère les eaux d'un secteur exclusivement rural. La Thumine se situe sur ce secteur en limite ouest du secteur d'étude.

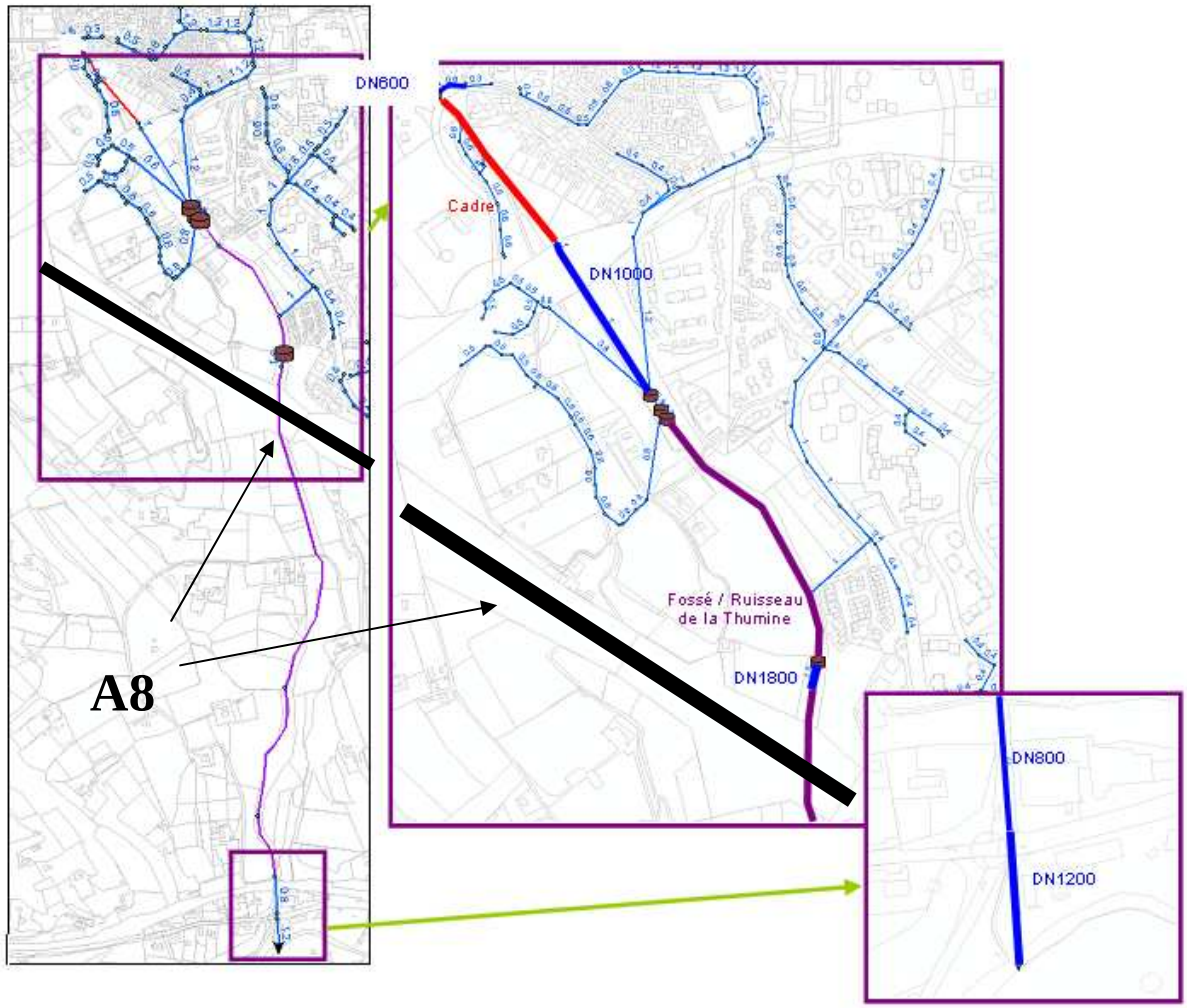


Figure 3 : Bassin versant Thumine

2.2.2 Bassin versant Encagnane – Est de la zone d'étude

Le nord-est du secteur d'étude fait partie du bassin versant « Encagnagne » étudié dans le schéma directeur des eaux pluviales de la Ville d'Aix-en-Provence. Le bassin de rétention Martelly haut est l'exutoire d'un des axes principaux de ce bassin versant sur lequel sont connectés 4 réseaux secondaires.

Le débit de fuite et la surverse de ce bassin de rétention rejoint le bassin de rétention Martelly bas à l'aval de la voie ferrée.

Cet axe part du boulevard du Coq d'Argent en Ø800 puis traverse l'A8 en Ø1200 et rejoint le bassin de rétention de « Martelly haut » en Ø1000.

Les réseaux secondaires du secteur « Martelly » récupèrent les eaux pluviales de la fondation Vasarely, de la partie sud de la rotonde du bois de l'Aune et du sud-est de Jas de Bouffan.

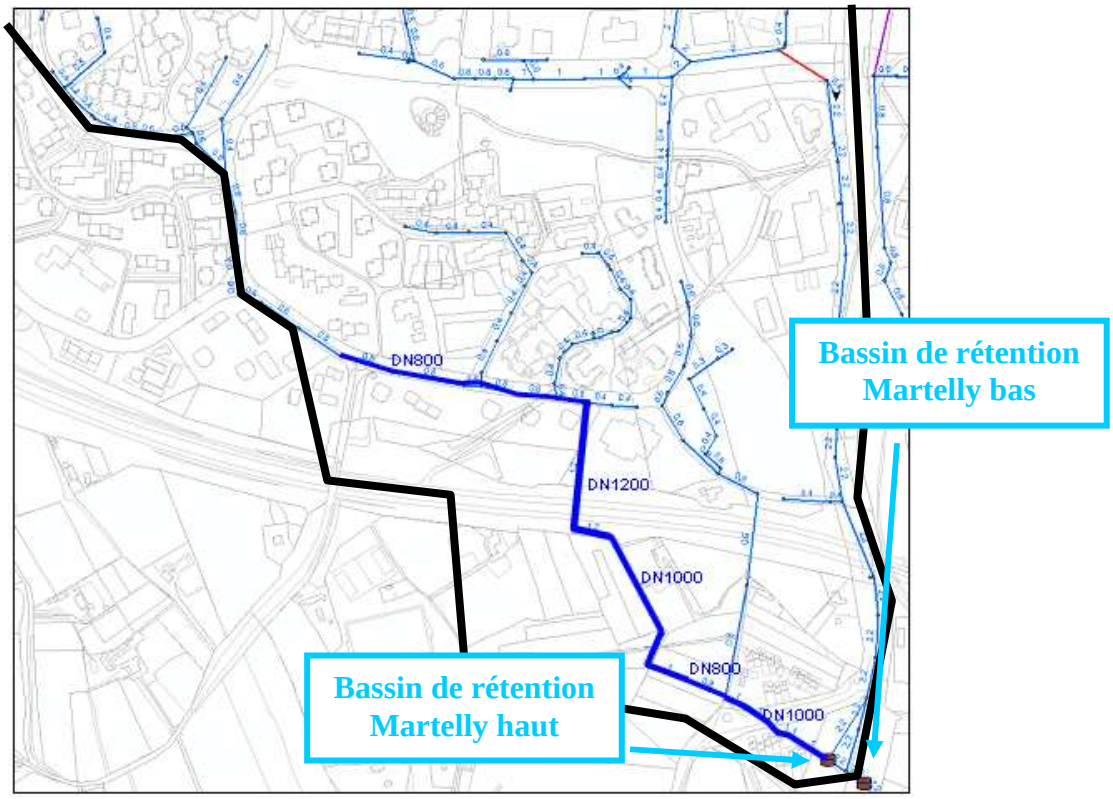


Figure 4 : Réseau pluvial à l'amont du bassin de rétention Martelly haut

Le réseau pluvial sur ce secteur est suffisamment dimensionné pour une pluie de période de retour 10 ans.

En revanche, le volume du bassin de rétention est insuffisant pour cette période de retour. En conséquence, son agrandissement a été proposé dans le cadre du schéma directeur des eaux pluviales

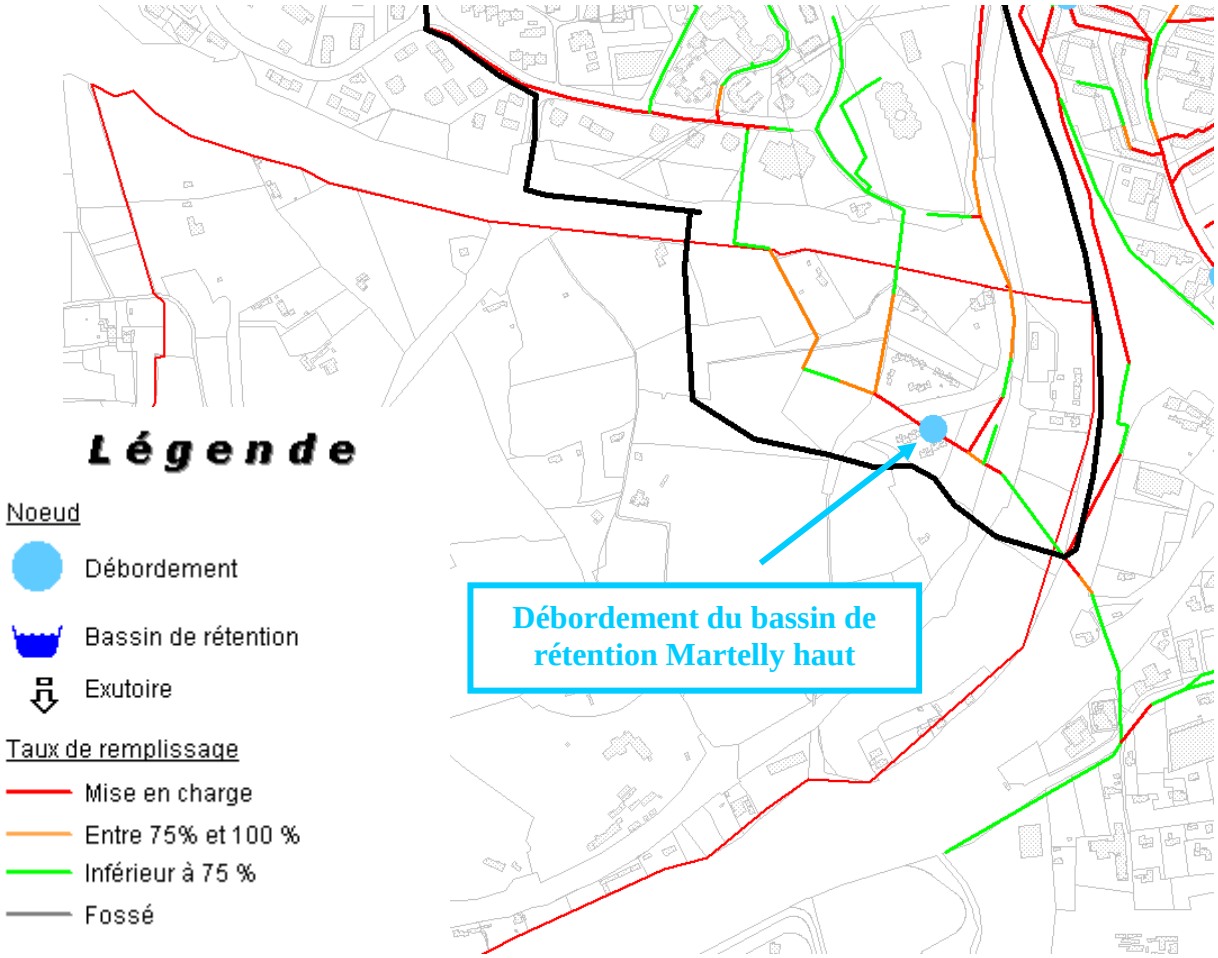


Figure 5 : Diagnostic du réseau Encagnane pour une pluie de période de retour 10 ans

2.2.3 Bassin versant « Constance »

Ce secteur est partagé en 2 par l'A8. Au nord de l'A8, le secteur est densément urbanisé alors qu'au sud il est de type rural.

Sa superficie est d'environ 88 ha (15 ha pour la partie nord et 73 ha pour la partie sud).

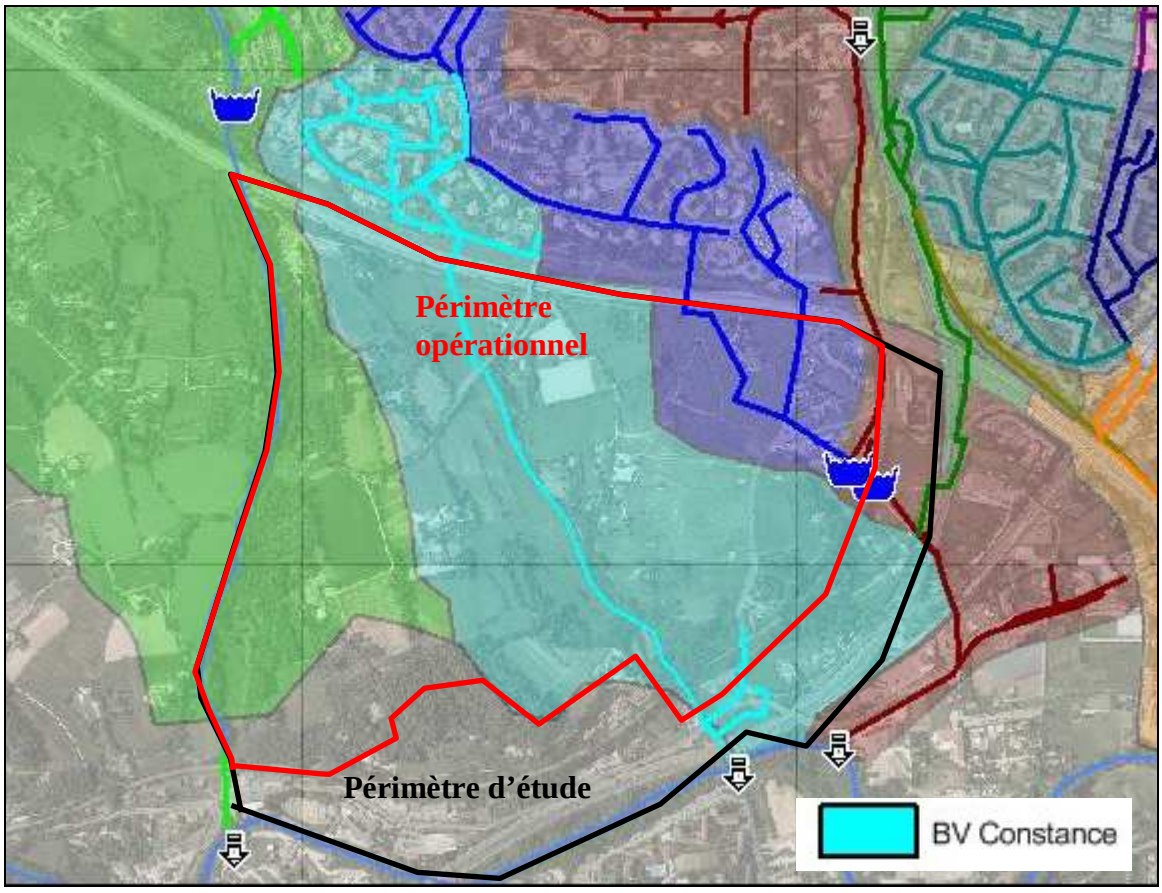


Figure 6 : Bassin versant Constance

Le réseau en amont de l'autoroute (à l'amont du projet d'aménagement), est constitué d'une branche principale en Ø800 puis Ø1000 dans laquelle se jettent 2 réseaux secondaires. Après avoir traversé l'autoroute, le Ø1000 devient un fossé dans lequel se jettent un peu en amont de l'exutoire deux réseaux secondaires récupérant les eaux pluviales de bassins versants faiblement urbanisés (hors périmètre opérationnel).

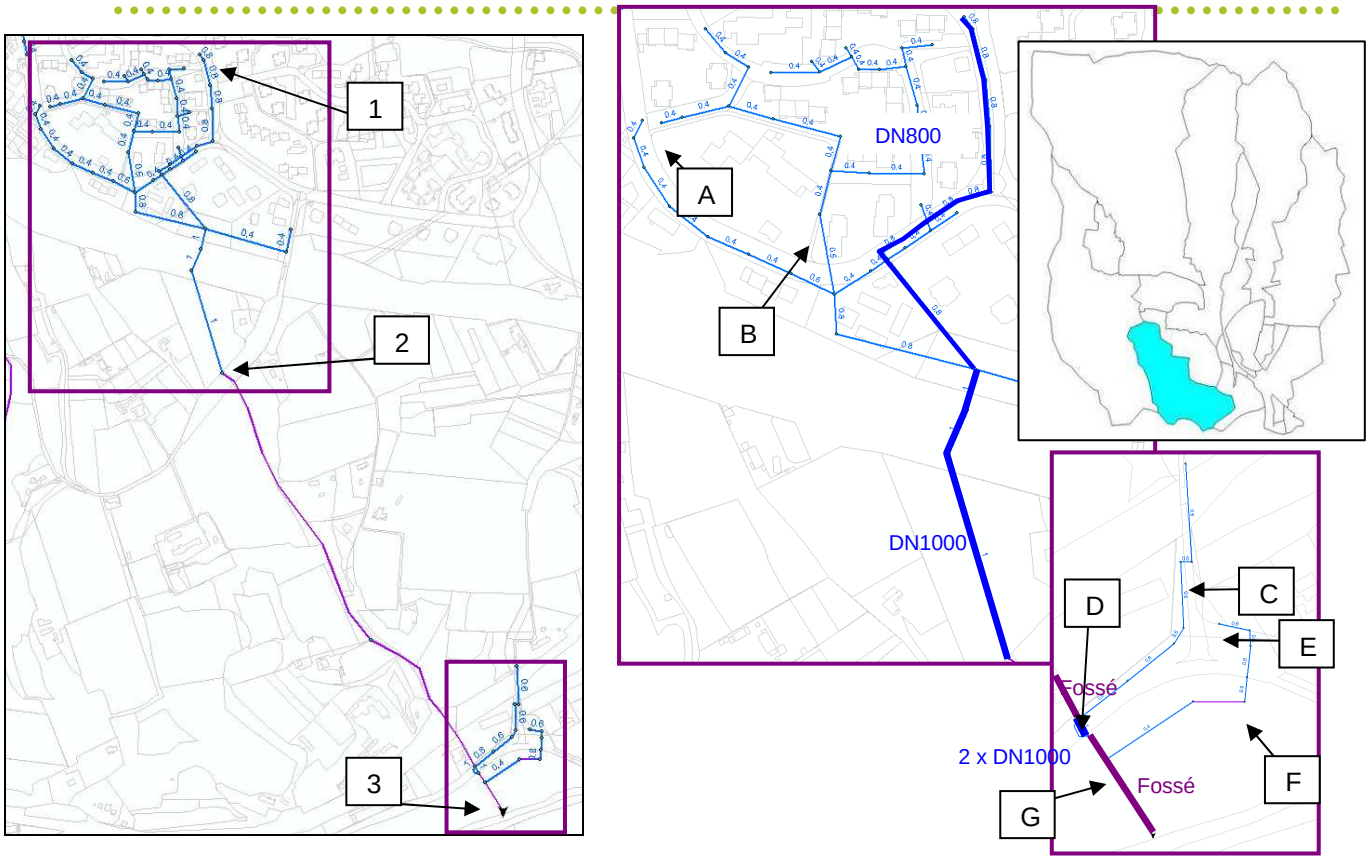


Figure 7 : Structure du réseau « Constance »

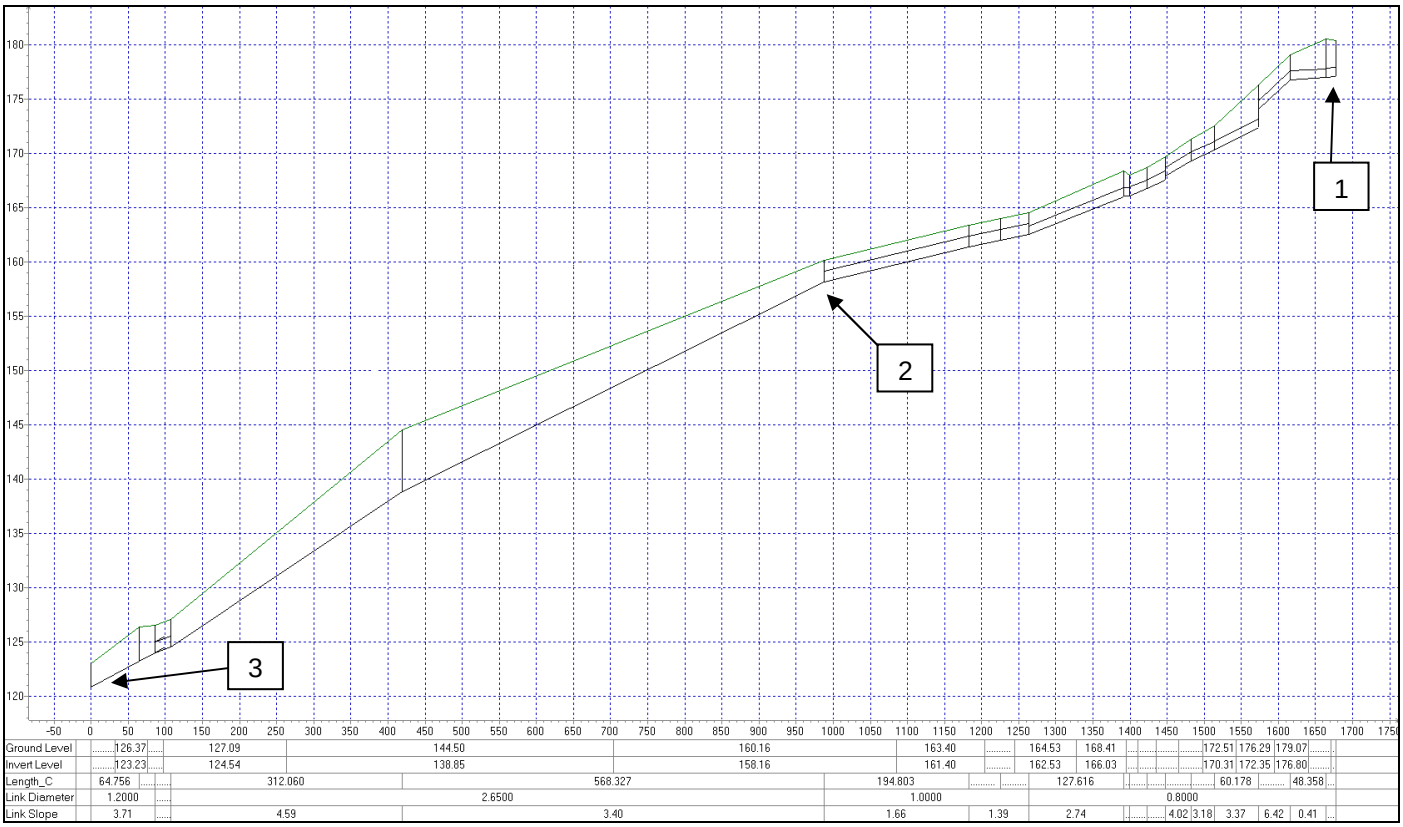


Figure 8 : Profil du réseau « Constance »

Sur la zone d'étude, deux ouvrages particuliers sont à noter :

- La buse Ø1000/1200 drainant les eaux du BV amont de l'autoroute jusqu'en aval du remblai représenté par la route de Valcros. Cette buse est ouverte juste en amont du remblai pour drainer les eaux du terrain compris entre l'autoroute A8 et la route de Valcros (figure 7 – point 2).
- L'exutoire du Vallat central sous la voie ferrée. Il y a d'abord l'exutoire propre au vallat, puis si celui-ci vient à déborder, ce que l'on appelle « le trou de souris » et qui correspond au passage des véhicules sous la voie ferrée (figure 7 – point D)

Vue de l'ouverture + zone drainée (donc amont)	Vue amont de la buse	Vue aval de la buse
		

Figure 9 : Photographies – ouvrage de franchissement de la route de Valcros

Deux petits fossés drainants non entretenus arrivent actuellement au droit de cette ouverture.

Le bassin versant Constance est limité au sud par la voie ferrée en remblai.

Au droit de l'exutoire du Vallat central se trouve actuellement un ouvrage de franchissement représenté ci-dessous.

Amont de la voie ferrée – vue vers amont (donc vers Vallat)



Amont de la voie ferrée – vue vers aval (donc vers buse)



Si le niveau de l'eau monte et que cet ouvrage devient insuffisant, l'eau ruisselle alors sur la route et emprunte le « trou de souris » illustré ci-dessous.

« Trou de souris » - amont voie ferrée



« Trou de souris » - aval voie ferrée



3

ALÉA INONDATION SUR LE SECTEUR D'ÉTUDE

3.1 ALÉAS DÉJÀ DÉTERMINÉS – BV THUMINES ET ENCAGNAGNE

Les aléas inondation/ruissellement ont déjà été cartographiés sur les BV Thumine et Encagnane dans le cadre du schéma directeur pluvial d'Aix en Provence.

L'analyse de ces aléas et l'impact sur le projet d'aménagement de la ZAC Constance sont décrit dans le paragraphe suivant.

3.1.1 BV Thumine

Concernant le bassin versant Thumine, l'aléa inondation déterminé pour la pluie exceptionnelle de 1993 est présenté sur la figure suivante.

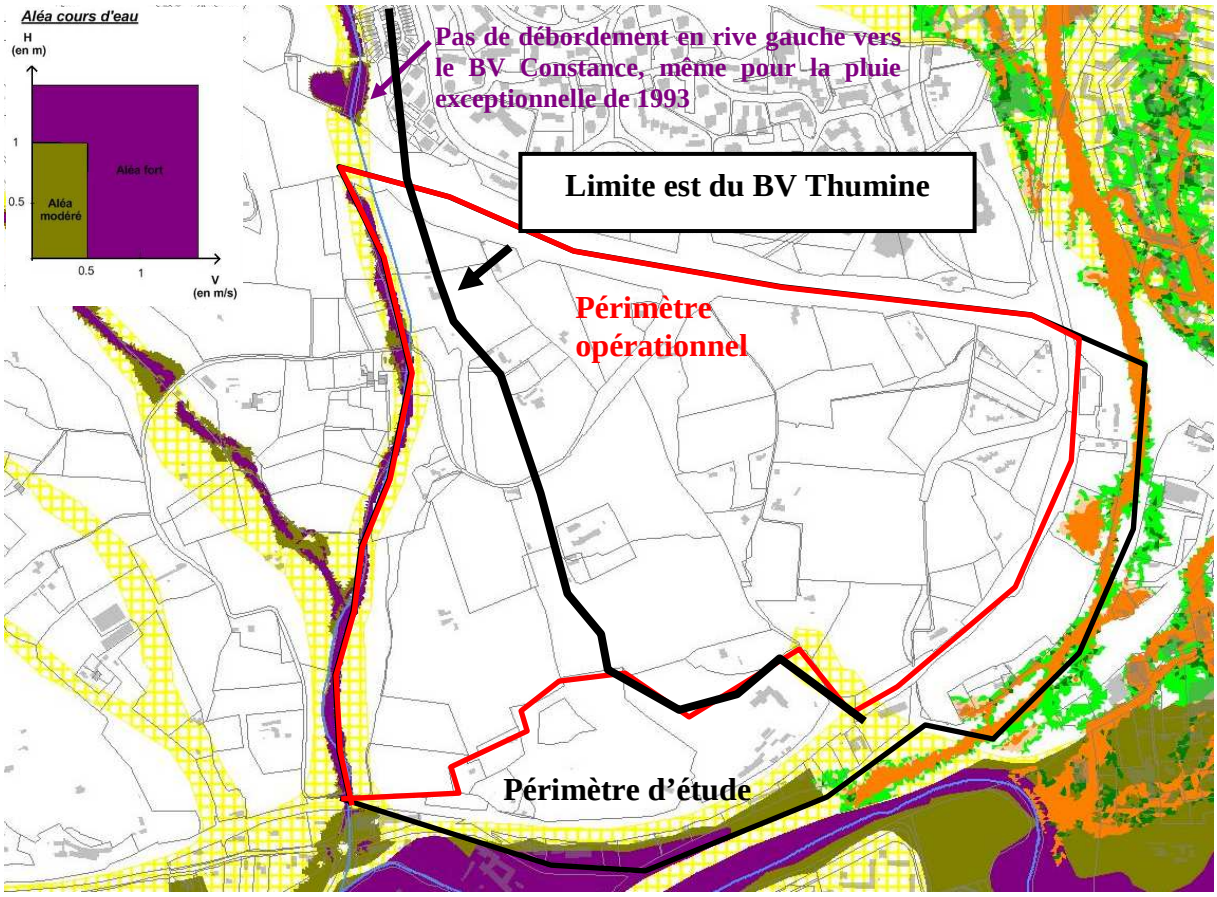


Figure 10 : Aléa inondation bassin versant Thumine – limite ouest de la zone d'étude

On peut voir que la zone inondable reste limitée et reste en limite du projet d'aménagement de la ZAC Constance.

3.1.2 BV Encagnagne

Concernant le bassin versant Encagnagne, l'aléa inondation déterminé pour la pluie exceptionnelle de 1993 est présenté sur la figure suivante.

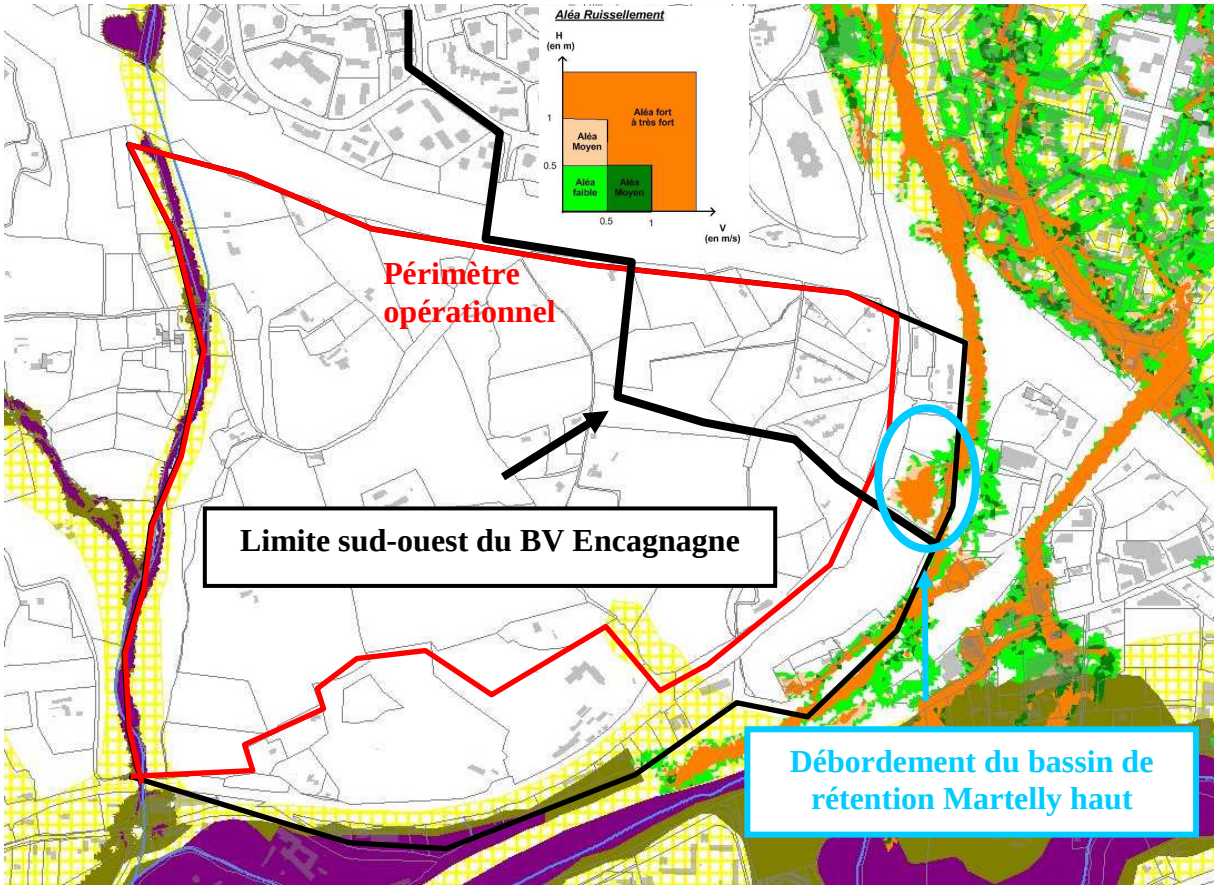


Figure 11 : Aléa ruissellement bassin versant

On peut constater que l'aléa engendré par le ruissellement sur le bassin versant Encagnane pour la pluie 1993 se situe uniquement sur le bassin de rétention Martelly mais celui-ci ne concerne pas le périmètre opérationnel.

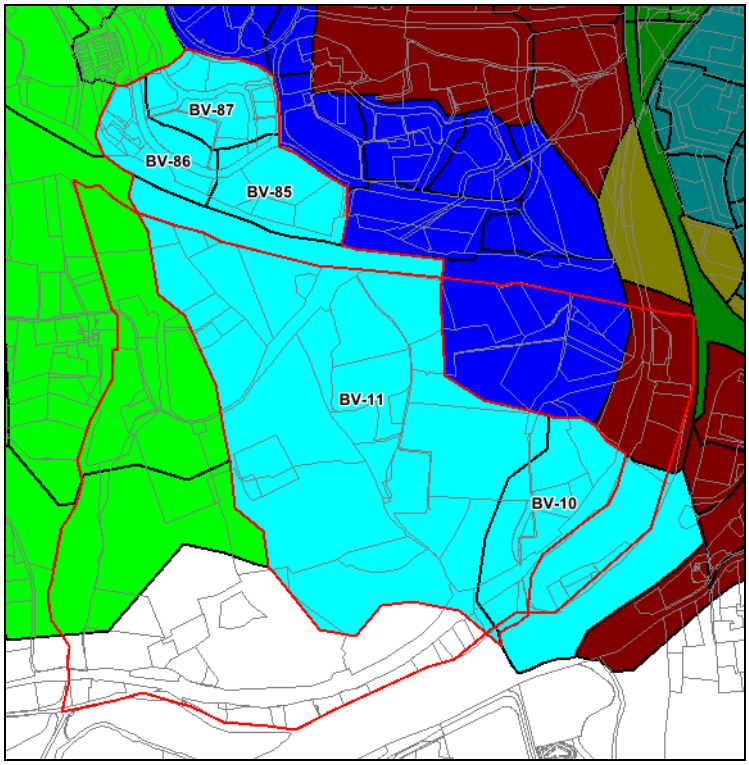
3.2 ALÉA ÉTUDIÉ DANS LA PRÉSENTE ÉTUDE – BV CONSTANCE

La modélisation, dans le cadre de cette étude, s'est attachée à cartographier à l'aide d'une modélisation 2D, l'aléa ruissellement sur le bassin versant « Constance ».

3.2.1 Caractérisation des bassins versants et sous-bassins versants

La détermination des bassins versants naturels et le tracé de leurs axes d'écoulements ont été déterminés à partir des courbes de niveau 5 m, avec l'utilisation du logiciel de SIG ArcView.

Ce bassin versant a ensuite été découpé en sous bassin versant comme représenté sur la figure suivante.



Les sous-bassins versant à diagnostiquer sont :

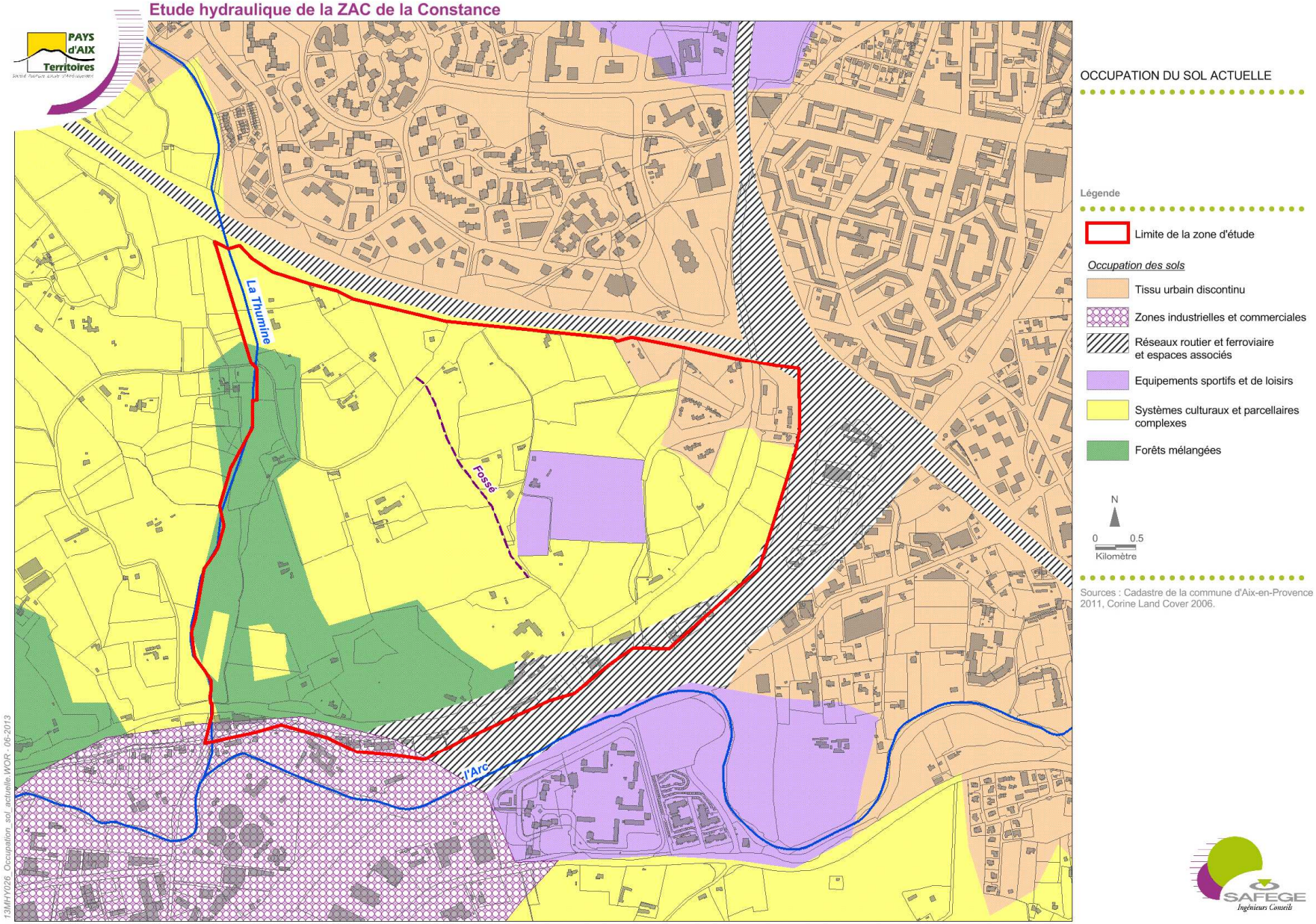
- BV-87
- BV-86
- BV-85
- BV-11
- BV-10

Figure 12 : BV Constance – Sous bassins versant

L'analyse par SIG permet de déterminer pour chaque bassin versant les caractéristiques suivantes :

- ✓ Superficie : il s'agit de la portion du plan délimitée par la ligne de crête, contour du bassin versant.
- ✓ Chemin hydraulique le plus long : il s'agit de la longueur du plus long parcours hydraulique, reliant le point le plus éloigné du bassin versant à l'exutoire.
- ✓ Pente moyenne d'écoulement : la détermination de la pente moyenne intègre le temps d'écoulement le long du cheminement hydrauliquement le plus éloigné de l'exutoire.

L 'analyse des photos aériennes a permis la détermination de l'occupation du sol présentée sur la carte suivante.


Etude hydraulique de la ZAC de la Constance
PAYS d'AIX Territoires
La Thumine
Fossé
l'Arc
OCCUPATION DU SOL ACTUELLE
Légende
Limite de la zone d'étude
Occupation des sols
Tissu urbain discontinu
Zones industrielles et commerciales
Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés
Equipements sportifs et de loisirs
Systèmes culturaux et parcellaires complexes
Forêts mélangées
N
0
0.5
Kilomètre
Sources : Cadastre de la commune d'Aix-en-Provence 2011, Corine Land Cover 2006.
13MHY026_Occupation_sol_actuelle.WOR - 06-2013
SAFEGE
Ingénieurs Conseils

3.2.2 Coefficients de ruissellements

Le tableau ci-dessous rappelle l'ensemble des hypothèses retenues pour la détermination des coefficients de ruissellement, en fonction du type de pluie et de bassin versant.

<table>
<tr><th></th><th>Temps de retour inférieur ou égal à 10 ans</th><th>Temps de retour supérieur à 10 ans</th></tr>
<tr><td rowspan="3">Bassin Versant Urbain</td><td colspan="2">Détermination des surfaces imperméabilisées / non-imperméabilisées
par analyse BD TOPO 2008 de l'IGN</td></tr>
<tr><td>Coef de ruissellement "imperméabilisé" = 90%
Coef de ruissellement "non-imperméabilisé" = 40%</td><td>Coef de ruissellement "imperméabilisé" = 90%
Coef de ruissellement "non-imperméabilisé" = 60%</td></tr>
<tr><td colspan="2">Mise en cohérence avec l'évolution de l'urbanisation (orthophoto 2010)</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">Majoration de 20% pour les bassins versants à forte pente</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Bassin Versant Rural</td><td>Moyenne pondérée des coefficients de ruissellement suivant les données Corine Land Cover 2006</td><td rowspan="2">Utilisation de la "méthode des experts"</td></tr>
<tr><td>Coefficient de ruissellement minimal
des catégories Corine Land Cover = 25%</td></tr>
<tr><td colspan="2">Majoration de 20% pour les bassins versants à forte pente</td></tr>
</table>

Tableau 2 : Hypothèses pour la détermination des coefficients de ruissellement

Le tableau suivant présente le résultat des calculs des coefficients en application de ces hypothèses.

			Coefficient retenu		Méthode de calcul	Méthode des experts		Méthode "urbaine"		
Nom	*Nature*	*Superficie (ha)*	*10 ans*	*100 ans*		*Coeff ruiss 10 ans*	*Coeff 100ans*	*Coeff ruiss de 2 à 10ans retenu*	*Coeff ruiss de 30 à 100ans*	*CR OccSol*
BV-10	rural	8.11	25%	57%	double réservoir linéaire	38%	57%	44%	63%	25%
BV-11	rural	53.86	25%	80%	double réservoir linéaire	80%	80%	42%	61%	25%
BV-85	urbain	5.37	50%	66%	simple réservoir linéaire	41%	59%	50%	66%	35%
BV-86	urbain	4.38	51%	67%	simple réservoir linéaire	42%	60%	51%	67%	35%
BV-87	urbain	5.26	55%	69%	simple réservoir linéaire	58%	68%	55%	69%	45%

Tableau 3 : Résultats du calcul des coefficients de ruissellement

3.2.3 Estimation des temps caractéristiques

3.2.3.1 Temps de réponse/concentration

Le temps de réponse ou de concentration correspond à la durée que met la goutte d'eau tombée au point le plus éloigné du bassin versant pour parvenir à l'exutoire où l'on cherche à calculer le débit. La connaissance de ce temps de concentration est nécessaire à l'estimation des débits de pointe par les méthodes déterministes, du type méthode rationnelle et leurs déclinaisons régionales.

Les temps de concentration aux différents points de calcul ont été estimés à partir des caractéristiques des bassins versants et des méthodes suivantes :

- Pour les bassins versants ruraux : moyenne des formules de Kirpich/Passini/Ventura.
- Pour les bassins versants urbains : formule de Chocat.

3.2.3.2 Tableau récapitulatif

Nom	Nature	Longueur hydraulique la plus grande (m)	Point haut (mNGF)	Point bas (mNGF)	Pente moyenne du chemin hydraulique (%)	Superficie (ha)	Lagtime (min)
BV-10	rural	537	162	130	5.8	8.1	9
BV-11	rural	1109	176	139	3.3	53.9	26
BV-85	urbain	290	176	170	2.1	5.4	13
BV-86	urbain	306	180	173	2.2	4.4	13
BV-87	urbain	302	181	176	1.4	5.3	11

Tableau 4 : Caractéristiques géométriques et lagtime des bassins versants – état actuel

3.2.4 Construction des pluies de projet

La méthode de construction des pluies de projet est détaillée en annexe 2 et résumée ci-dessous :

- ✓ Analyse des pluies statistiques (méthode du renouvellement, méthode GEV, méthode Shyreg).
- ✓ Calcul des coefficients de Montana :

		2 ans		5 ans		10 ans	
tc en heures		GEV AIX		GEV AIX		GEV AIX	
de	à	a	b	a	b	a	b
0.1 H	1.0 H	32.32	0.58	40.61	0.47	53.09	0.44
1.0 H	96.0 H	28.67	0.72	38.17	0.73	51.47	0.76

		30 ans		50 ans		100 ans	
tc en heures		GEV AIX		GEV AIX		GEV AIX	
de	à	a	b	a	b	a	b
0.1 H	2.0 H	73.66	0.42	89.38	0.37	116.22	0.31
2.0 H	96.0 H	89.77	0.84	111.00	0.87	154.56	0.91

- ✓ Construction des pluies de projet :

Les pluies de projet statistiques ont été construites sur le modèle du double-triangle. Les durées intenses et totales ont été choisies proches des temps de concentration des sous-bassins versants.

Type de bassin versant	*Rural*	*Urbain*
Durée de la période intense	30 min	15 min
Durée totale de la pluie	4 h	4 h

Tableau 5 : Pluies de projet – durée 4h – durée intense 15 ou 30 min

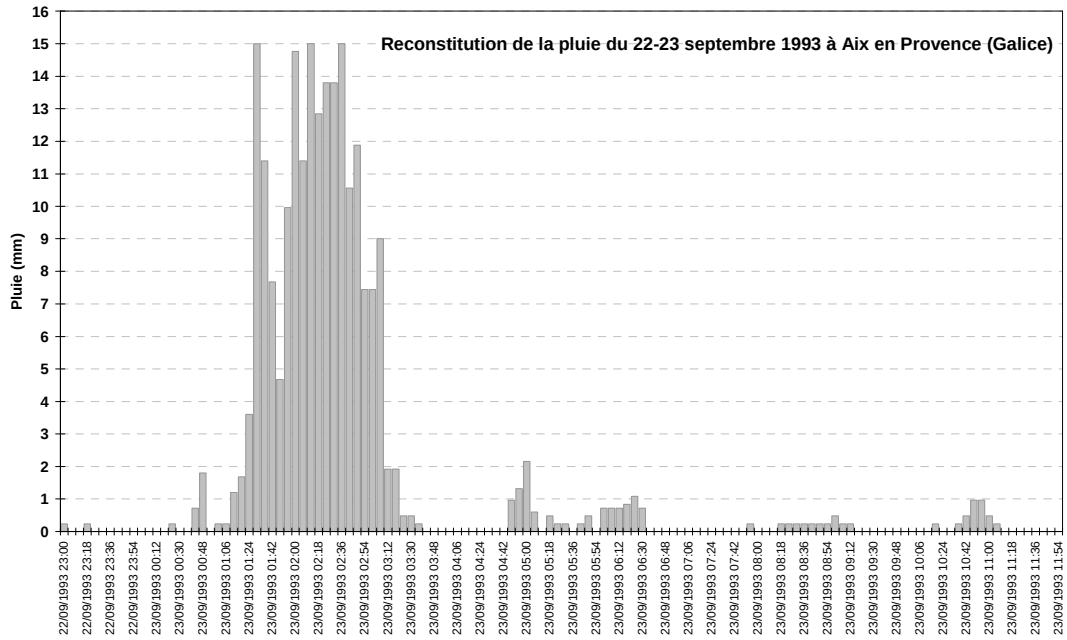


Figure 13 : Pluie 1993

3.2.5 Transformation de la pluie en débit

La transformation des pluies de projet en débit de pointe a été réalisée pour chaque bassin versant par la méthode de transformation pluie-débit dite du **réservoir linéaire** :

- ✓ Pour les bassins versants urbains **:** la méthode du simple réservoir linéaire, avec :
  - les pluies de projet double-triangle présentées au paragraphe précédent (15 minutes – 4 heures) ;
  - un temps de réponse calculé par la formule de Chocat ;
  - un coefficient de ruissellement *urbain* ;
- ✓ Pour les bassins versants ruraux : la méthode du double réservoir linéaire, avec :
  - les pluies de projet double-triangle 30 minutes – 4 heures;
  - un temps de réponse calculé par la formule de Chocat ;
  - un coefficient de ruissellement calculé par la méthode des experts.

Les méthodes du simple réservoir linéaire et du double réservoir linéaire permettent également d'estimer les débits de pointe générés en chaque sous-bassin versant par la pluie de septembre 1993.

3.2.6 Modélisation hydraulique

La modélisation hydraulique a été réalisée à l'aide de TELEMAC 2D.

TELEMAC-2D résout, par une méthode d'éléments finis sur des maillages non structurés constitués d'éléments triangulaires, les équations de Barré de Saint-Venant à deux dimensions horizontales d'espace. Ces équations expriment en tout point du domaine de calcul la conservation de la masse (équation de continuité) et la conservation de la quantité de mouvement dans les deux directions d'espace horizontales (équations dynamiques).

3.2.6.1 Limite de modélisation

Les limites de modélisation ont été déterminées suite à l'analyse de la topographie et des ouvrages structurant les écoulements.

L'image ci-dessous présente la limite de modélisation (trait noir).

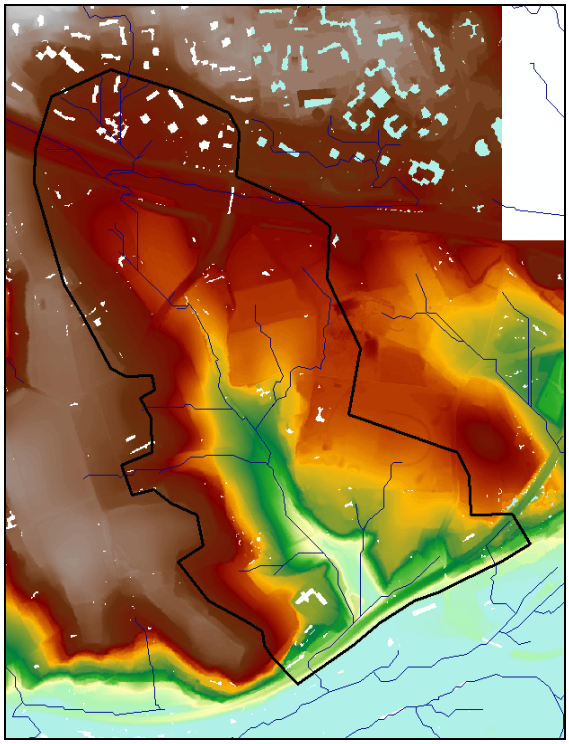


Figure 14 : Limite de modélisation

3.2.6.2 Injection des débits issus de l'hydrologie

Suite à la modélisation hydrologique (paragraphe précédent), des hydrogrammes (débit en fonction du temps) ont été obtenus.

Ces hydrogrammes sont injectés en fond de vallon du sous bassin versant qu'ils représentent.

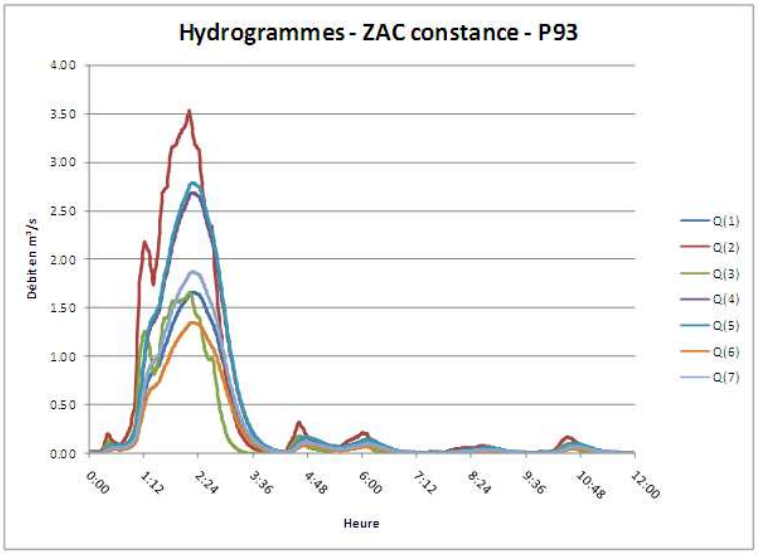
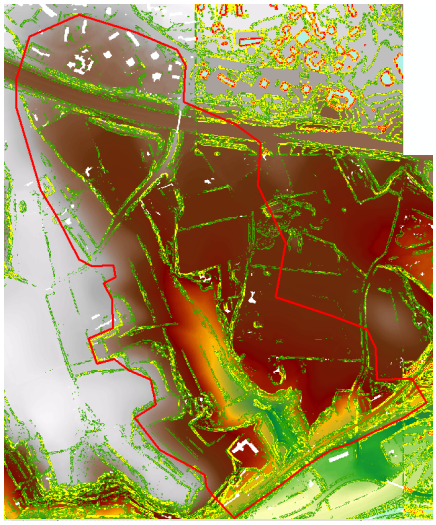
Hydrogramme	Point d'injection des hydrogrammes
	

Figure 15 : Hydrogramme et localisation des points d'injection

3.2.6.3 Construction du maillage

Le terrain naturel est représenté sous TELEMAC par des mailles triangulaires de largeur 5 m, affinées à 1 m au droit des lignes de structures.

Une attention particulière a été portée à la représentation des ruptures de pente. L'image ci-dessous représente les plus grandes ruptures de pente.



Les lignes de rupture de pente ont été calculées sur la base des points LIDAR (un point topographique tous les mètres).

Figure 16 : Zac de la Constance – rupture de pente

Le logiciel utilisé pour la création de ce maillage est le logiciel Blukenue, l'image ci-dessous est une vue 3D du maillage final.

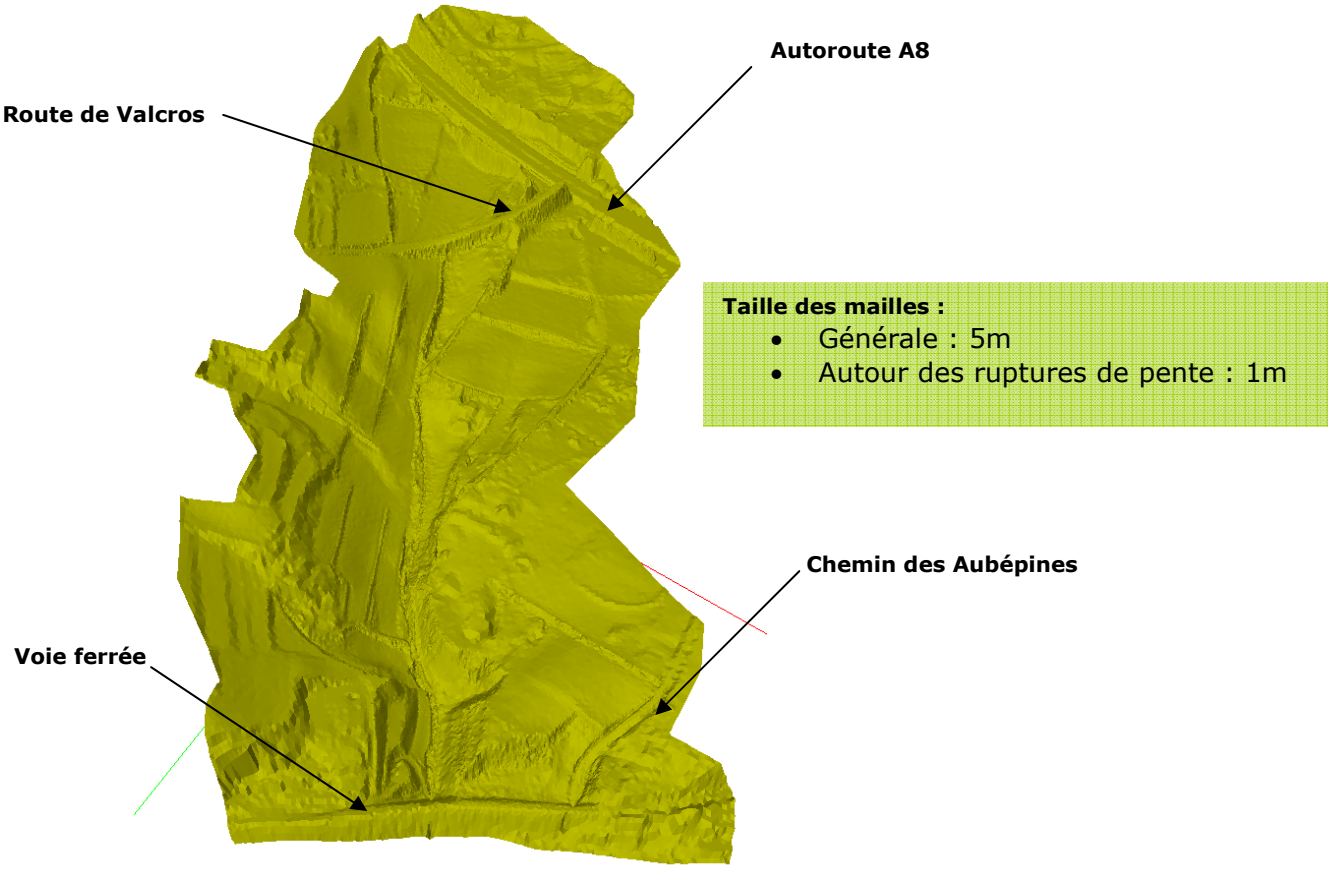


Figure 17 : Vue 3D du maillage final – ZAC de la Constance

3.2.6.4 Rugosité

La rugosité est le paramètre permettant de tenir compte de l'occupation du sol. En effet l'eau ruisselant sur une route rencontrera moins de résistance que dans un champ. Le territoire a donc été séparé en 4 zones :

- Route/Parking
- Bâti diffus
- Terrains cultivés/prés
- Terrains boisés

La grandeur représentant ce paramètre est le coefficient de Strickler K, plus celui-ci est grand, moins le terrain présente de résistance à l'écoulement.

L'image ci-dessous représente les rugosités considérées sur la ZAC de la Constance en état actuel.

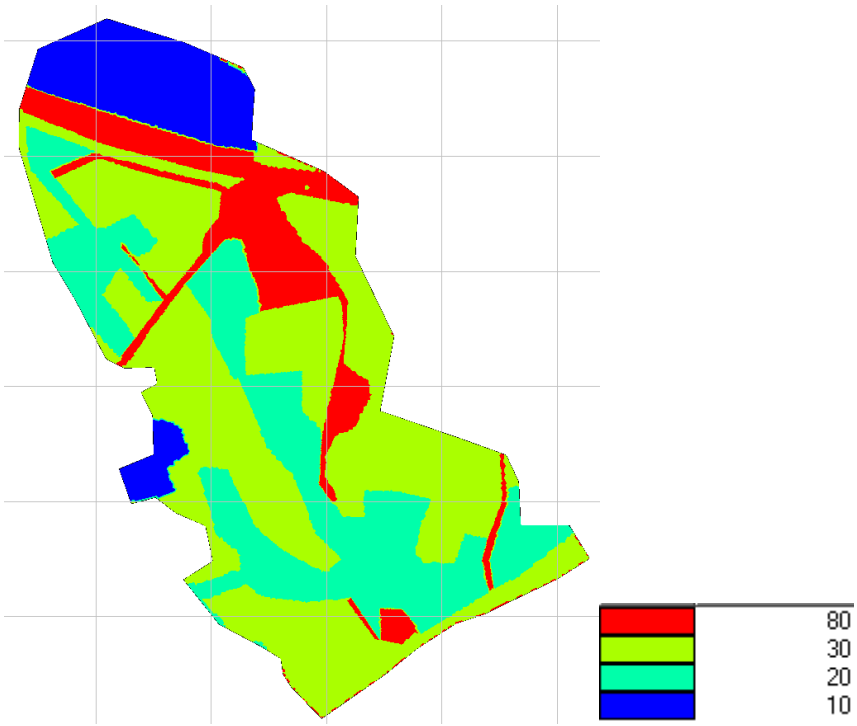


Figure 18 : ZAC de la Constance - rugosité

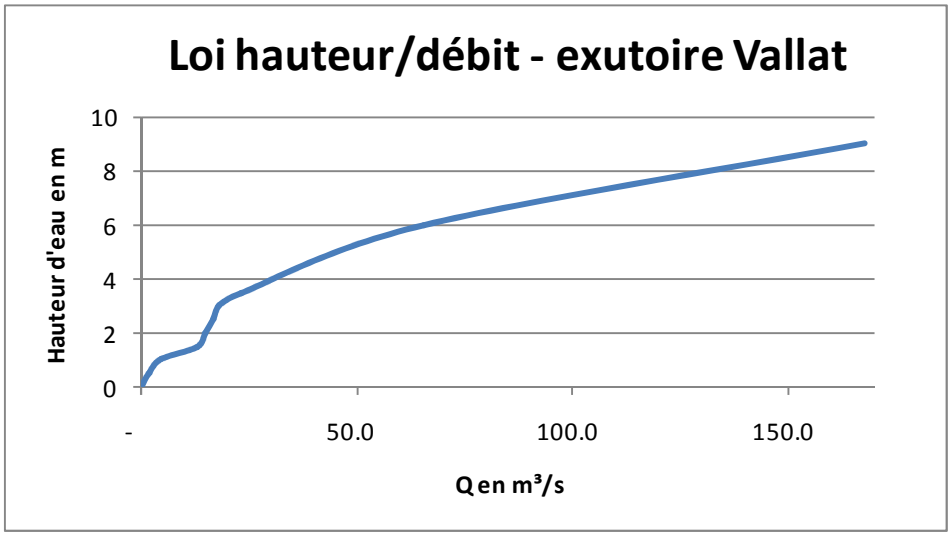
3.2.6.5 Conditions à la limite

La condition à la limite est le paramètre qui permet à l'eau d'entrer ou sortir du modèle.

La frontière du modèle est imperméable partout sauf :

- Au niveau du « trou de souris » ;
- Au niveau du passage du chemin de l'Aubépine sous la voie ferrée.

L'impact de ces ouvrages a été représenté par une courbe de tarage, soit une loi hauteur/débit présentée ci-dessous.



3.2.7 Résultats

3.2.7.1 Situation actuelle

Selon la méthodologie définie dans le cadre du schéma directeur, la zone de la Constance se trouve en zone d'aléa inondation (hors secteur actuellement urbanisé).

La figure suivante présente les résultats de la modélisation selon l'aléa sur le secteur de la Constance avec les aléas déjà modélisés.

L'aléa résulte du croisement des hauteurs et des vitesses calculées pour chacune des mailles.

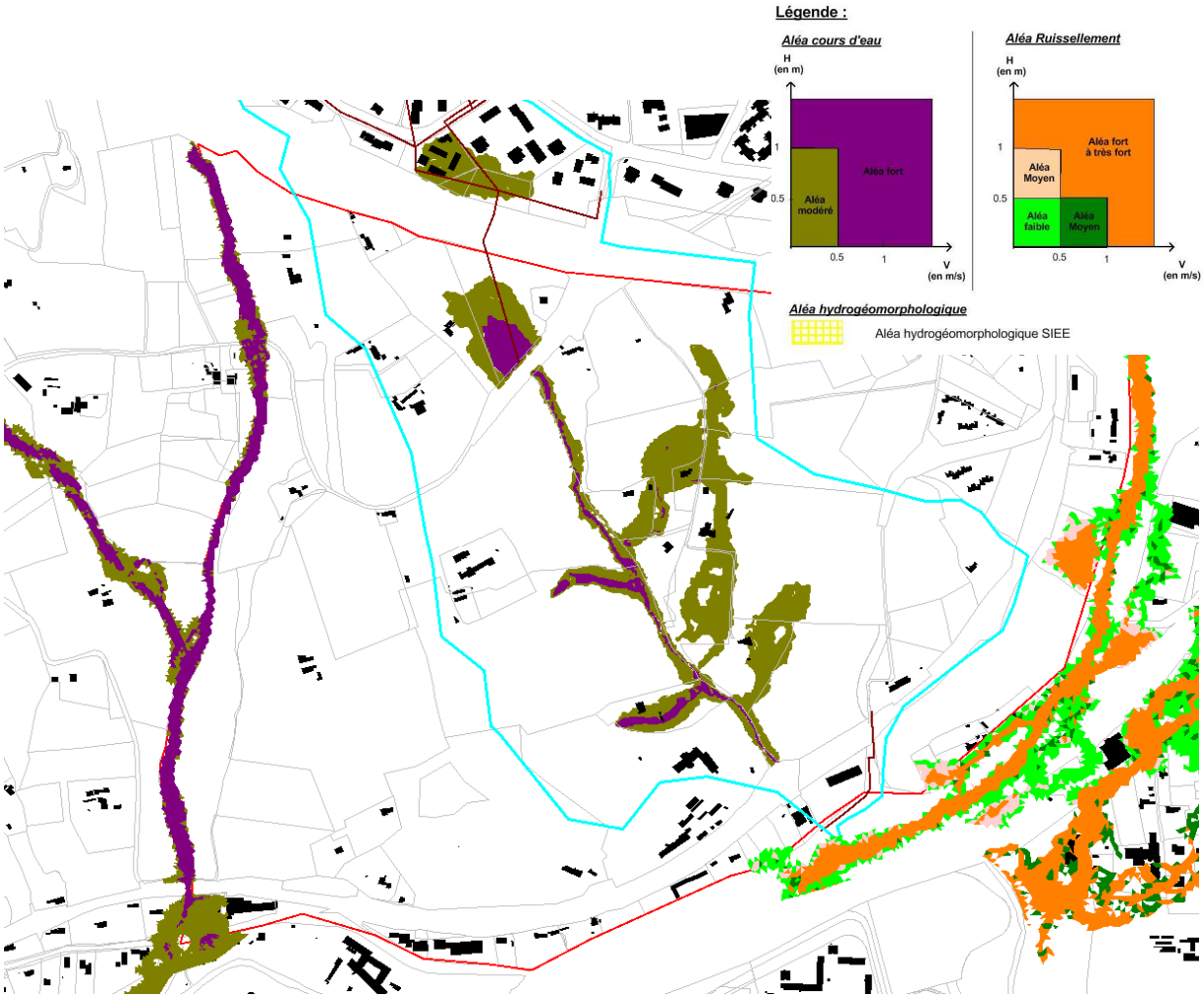


Figure 19 : Aléa modélisé sur le secteur

Les principales conclusions sont les suivantes :

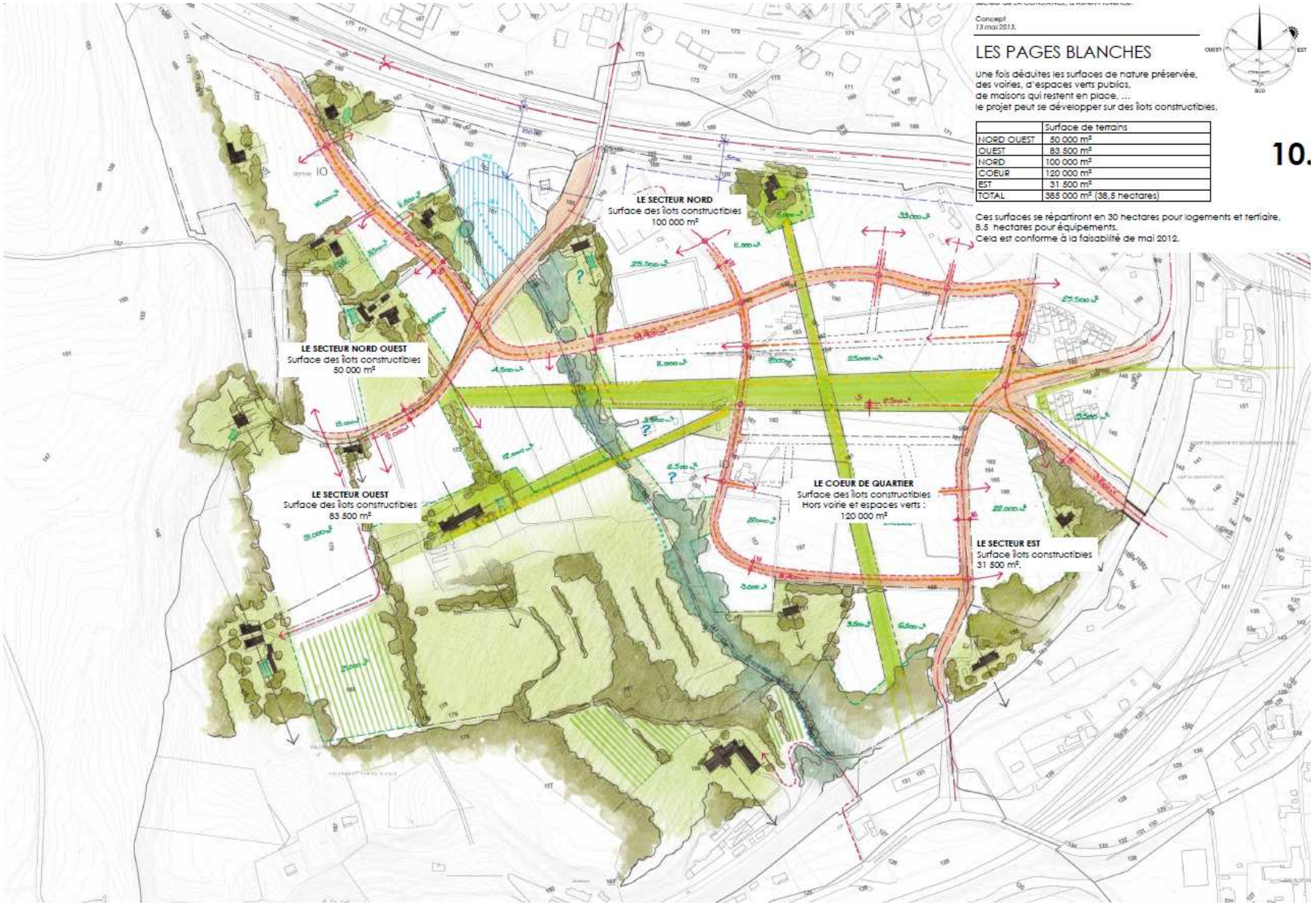
- On observe un aléa fort
  - en amont de la route de Valcros, en raison de des hauteurs d'eau accumulées en amont de la route remblayée
  - et dans le talweg, en raison des vitesses d'écoulement importantes.
- Sur le reste du bassin versant, on note également des zones d'aléa modéré.

4

PROJET D'AMÉNAGEMENT DE LA ZAC

Le projet retenu à ce stade pour l'aménagement de la ZAC de la Constance est présenté sur la figure page suivante.

Figure 20 : Proposition d'aménagement de la ZAC



5

AMÉNAGEMENTS LIÉS À LA GESTION DES EAUX PLUVIALES

Sur la base du diagnostic réalisé précédemment et du projet d'aménagement de la ZAC, les aménagements et mesures de gestion des eaux pluviales ont été définis. Ceux-ci sont de deux natures :

- **Aménagements relatifs à l'imperméabilisation.**
- **Aménagements relatifs à l'aléa,**

5.1 AMÉNAGEMENTS LIÉS À LA COMPENSATION DE L'IMPERMÉABILISATION

5.1.1 Réglementation

Sur la zone concernée par le projet, plusieurs réglementations, en vigueur ou en projet, imposent la compensation de l'imperméabilisation des surfaces par la réalisation de volumes de rétention :

- **le SAGE de l'Arc.** Dans sa version actuelle, la SAGE de l'Arc impose la réalisation de 800 m^3/ha imperméabilisé.

  La révision de ce SAGE est actuellement en cours d'enquête publique. Le règlement révisé prévoit :

  - Pour les opérations non soumises à déclaration ou à autorisation au titre de la Loi sur l'Eau, un volume de compensation de 1000 m^3/ha imperméabilisé et une vidange de l'ouvrage en moins de 48h.
  - Pour les opérations soumises à déclaration ou à autorisation au titre de la Loi sur l'Eau, un volume de compensation de 800 m^3/ha imperméabilisé, une période de retour de référence de l'ouvrage de 30 ans et l'implantation de l'ouvrage en dehors de la l'enveloppe de la crue de période de retour 30 ans.
- **le schéma directeur eaux pluviales de la Ville d'Aix-en-Provence**. Le règlement de ce schéma directeur, en cours de validation, impose sur le secteur de la Constance la réalisation de 1 200 m^3/ha imperméabilisé et un débit de fuite maximum de 10 l/s/ha.

Il apparaît que le projet de règlement de zonage pluvial est plus contraignant que celui du SAGE et en conséquence, ses prescriptions ont été retenues pour le dimensionnement des ouvrages de compensation de l'imperméabilisation résultante du projet.

D'autre part, ce projet de règlement de zonage pluvial comporte également les directives suivantes concernant la gestion des eaux pluviales :

- Incitation à l'infiltration des eaux : gestion des eaux le plus près possible de leur génération,
- Distinction des aménagements de gestion des eaux issues de l'espace publique et de l'espace privé.

5.1.2 Aménagements proposés

Conformément au projet de règlement du zonage pluvial, des ouvrages distincts sont proposés pour la compensation de l'imperméabilisation des espaces publics, en l'occurrence les voies de communication, et les espaces privés que seront les parcelles à aménager.

5.1.2.1 Compensation de l'imperméabilisation de l'espace public

L'aménagement d'une nouvelle voirie implique l'imperméabilisation de surface.

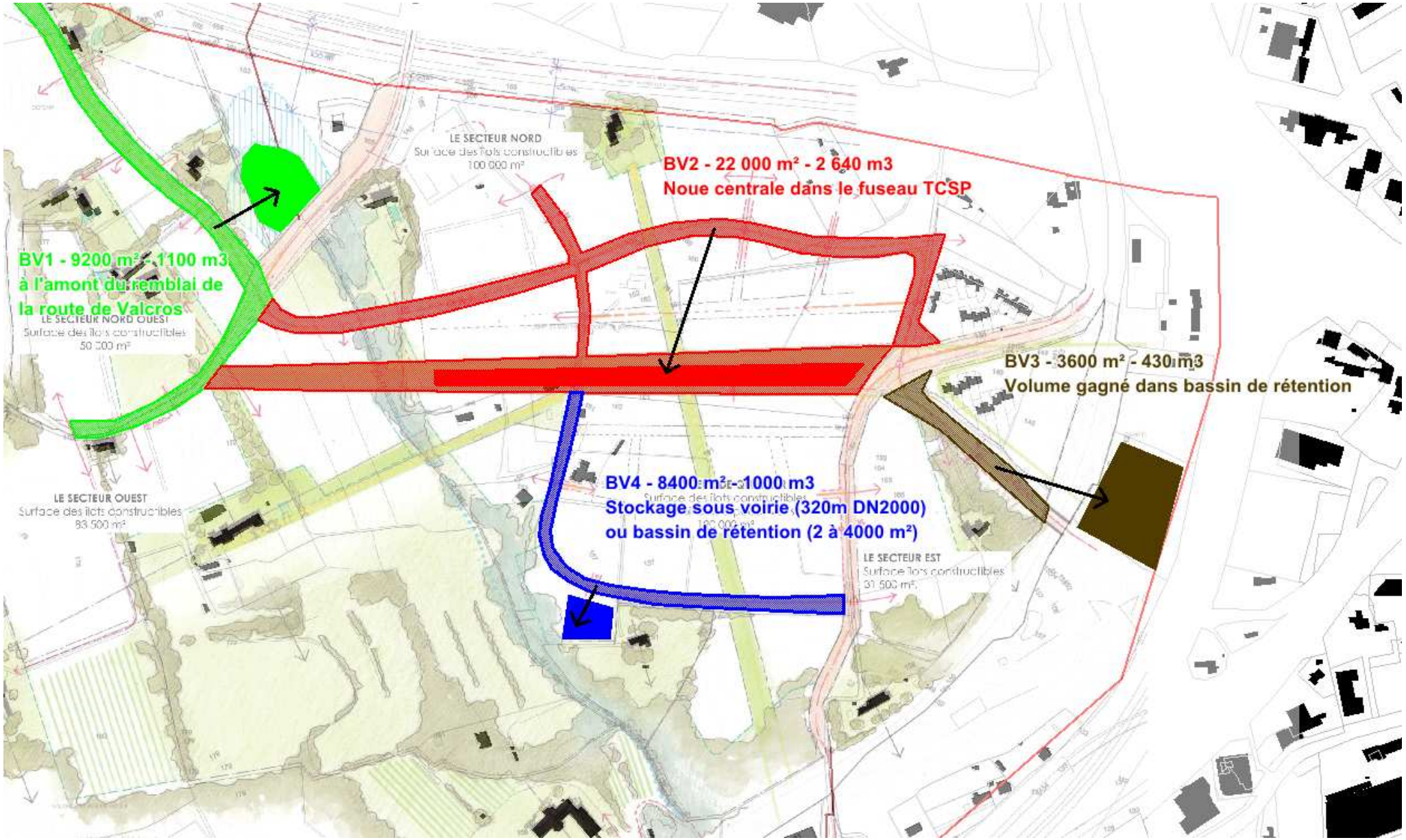
Les nouvelles voiries et voies de communication prévues dans le projet ont été découpées en 4 bassins versants qui disposeront chacun de leur réseau de collecte des eaux pluviales et de leurs ouvrages de compensation.

Bassin versant	Surface imperméabilisée	Volume de compensation	Ouvrage proposé
BV1 – Voiries ouest	9 200 m²	1 100 m³	Utilisation de la rétention à l'amont de la route de Valcros
BV2 – Voiries centrales et fuseau TCSP	22 000 m²	2 640 m³	Création d'une noue centrale dans le fuseau TCSP – Longueur x largeur : 400x20m
BV3 – Voie de l'ensoleillée	3 600 m²	430 m³	Utilisation du volume gagné (1 000 m³) dans le bassin de rétention lors de la réalisation de l'ouvrage SNCF[1]
BV4 – Voirie sud	8 400 m²	1 000 m³	Stockage sous voirie (320 m DN2000) ou réalisation d'un bassin de rétention nécessitant une emprise comprise entre 2000 et 4000 m²

Tableau 6 : Compensation de l'imperméabilisation des espaces publics

[1] Voir Rapport SAFEGE – 13MHY041 - Voie de l'ensoleillée - Étude d'incidence hydraulique

Figure 21 : Ouvrages de compensation des voiries publiques



5.1.2.2 Espaces privés

Les aménageurs devront assurer la compensation de l'imperméabilisation à la parcelle (à hauteur de 1200 m^3/ha imperméabilisé) afin de respecter les principes édictés dans le projet de zonage pluvial:

- Incitation à l'infiltration des eaux : gestion des eaux le plus près possible de leur génération,
- Distinction des aménagements de gestion des eaux issues de l'espace publique et de l'espace privé.

Les calculs de volume de compensation ont été réalisés sur la base des hypothèses suivantes afin d'estimer les volumes de rétention à créer en fonction de la surface des parcelles :

- Le projet comportera 38,5 ha de parcelles imperméabilisées à 70%, soit un volume global à compenser de 32 340 m^3,
- 110 000 m² de toitures sont prévues sur l'ensemble de l'opération. Utilisables à 80% pour de la rétention sur une hauteur de 10 cm, elles représentent un volume de 8 800 m^3.
- Le solde, 23 540 m^3 à infiltrer ou à retenir à la parcelle soit 610 m^3/ ha de parcelle.

5.2 AMÉNAGEMENTS RELATIFS À L'ALÉA

Ces aménagements sont définis sur la base du diagnostic des aléas calculés pour la pluie exceptionnelle. Ils sont destinés à garantir la sécurité des personnes et des biens en cas d'événement pluvieux exceptionnel. Le diagnostic a permis d'identifier :

- **Des zones d'aléa fort au niveau du vallon.**

Les seuls projets d'aménagement prévus sur ces zones sont les franchissements de voiries qui devront être dimensionnés de manière à assurer la transparence hydraulique pour la pluie de référence. Les débits estimés pour cette pluie sur le vallon au maximum de 6 m^3/s au droit des ouvrages de franchissements.

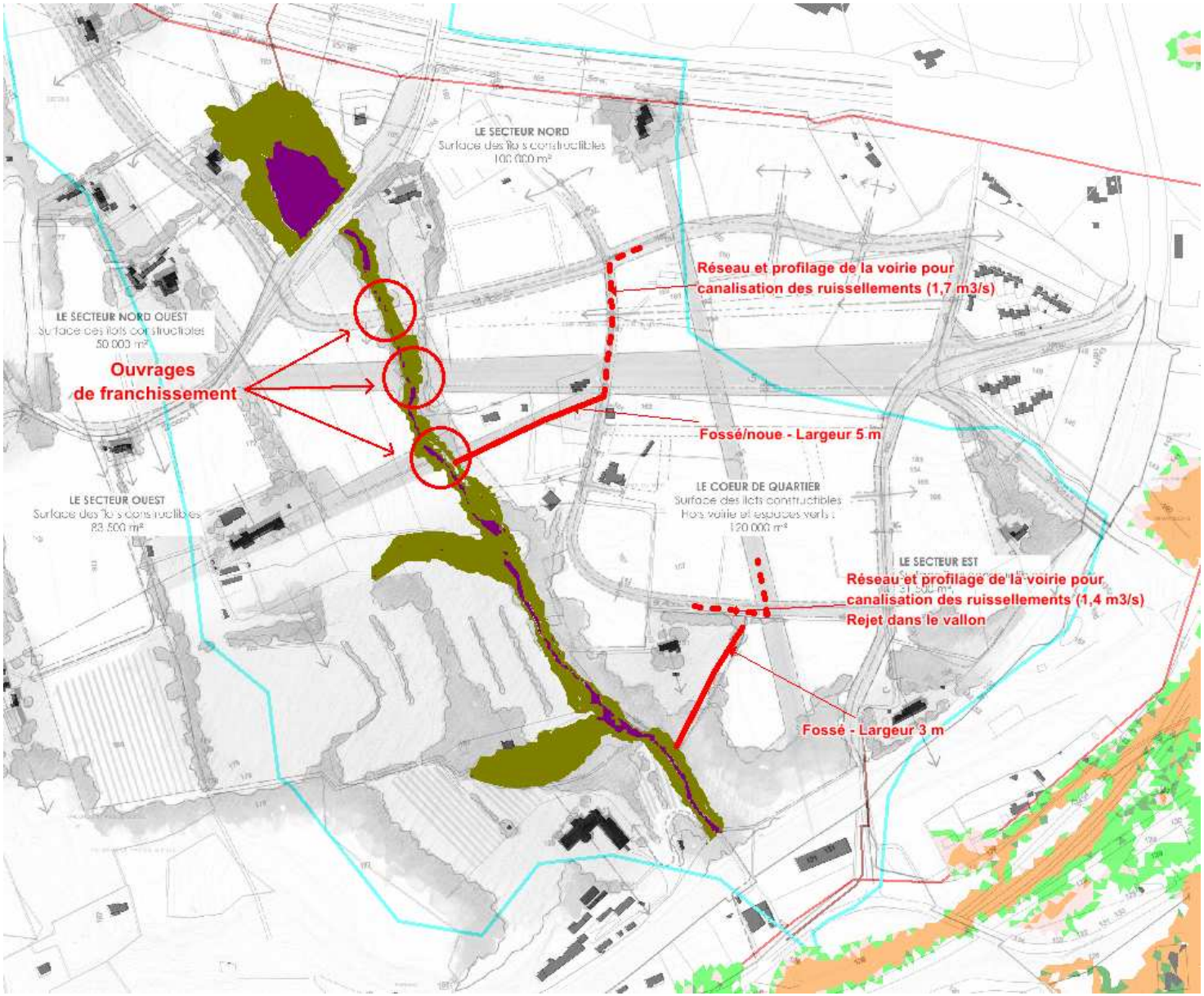
- **Des zones d'aléa modéré**

Sur ces zones, deux solutions d'aménagement sont possibles :

- Soit les **réseaux pluviaux sont dimensionnés pour évacuer les débits d'une pluie décennale.** Dans ce cas, ils seront insuffisants pour évacuer les débits d'une crue de référence et l'aléa actuel est à prendre en compte. Dans ce cas, **le niveau des planchers des bâtiments devra être calé au minimum à la cote TN + 1,1 m dans les zones d'aléa modéré.**
- Soit les **réseaux pluviaux sont dimensionnés pour la crue de référence** (y compris dispositifs d'avalement des débits). Les surverses des aménagements de rétention sont dimensionnées en conséquence. Dans ce cas, l'aléa sur le secteur est modifié. Les aménagements suivants à réaliser serait les suivants :
  - Au nord-ouest, fossé à aménager permettant d'évacuer la surverse de la noue centrale (largeur totale 5m : largeur section d'écoulement 3 m pente 1%) longeant se rejetant dans le vallon au nord. Les débits à évacuer sont de 1,7 m^3/s. Ce fossé doit être conçu de manière à ralentir les écoulements (fossé à redents)
  - A l'aval du dispositif de rétention du bassin versant A4 (rétention sous voirie ou bassin de rétention. La surverse de cet ouvrage devra se rejeter dans le vallon via un fossé à aménager de la même manière avec un débit à évacuer de 1,4 m^3/s.

Les aménagements proposés permettraient de supprimer l'aléa sur le versant est selon la figure page suivante.

Figure 22 : Proposition d'aménagements relatifs à l'aléa



ANNEXE N°4 : ÉTUDE DE CIRCULATION

PAYS d'AIX Territoires
Société Publique Locale d'Aménagement

ZONE D'AMÉNAGEMENT CONCERTÉ DE LA CONSTANCE

COMMUNE D'AIX EN PROVENCE (13)

ETUDE D'IMPACT CIRCULATOIRE ET DE DESSERTE



horizon conseil
Imaginons les transports, déplaçons les horizons
23 rue Fauchier
13002 Marseille
Tél : 04 91 47 56 63
Fax : 04 91 62 59 80
contact@horizonconseil.com
www.horizonconseil.com

Septembre 2013 – Ind C

SOMMAIRE

1 - Contexte et objectifs / Démarche méthodologique **p 3**

2 – Etat des lieux – Diagnostic **p 11**

3 – Programme d'aménagement : Evaluation des flux générés **p 30**

4 – Evaluation des impacts circulatoires **p 47**

Annexe : Comptages directionnels de trafic **p 61**

Indice	Date	Etabli par	Libellé des modifications
A	19/06/2013	D.DELAHAIE	Création du document
B	22/08/2013	D.DELAHAIE	Intégration des remarques de la S.P.LA. et de l'architecte urbaniste Alain Amédéo
C	09/09/2013	D.DELAHAIE	Intégration des remarques de la S.P.LA. et de l'architecte urbaniste Alain Amédéo

La commune d'Aix en Provence par le biais de la S.P.L.A. projette la réalisation d'une Zone d'Aménagement Concerté à vocation d'habitat et d'activités sur le secteur de la Constance, à l'Ouest du Centre Ville.

Au stade actuel des réflexions, le pré programme d'aménagement intègre :

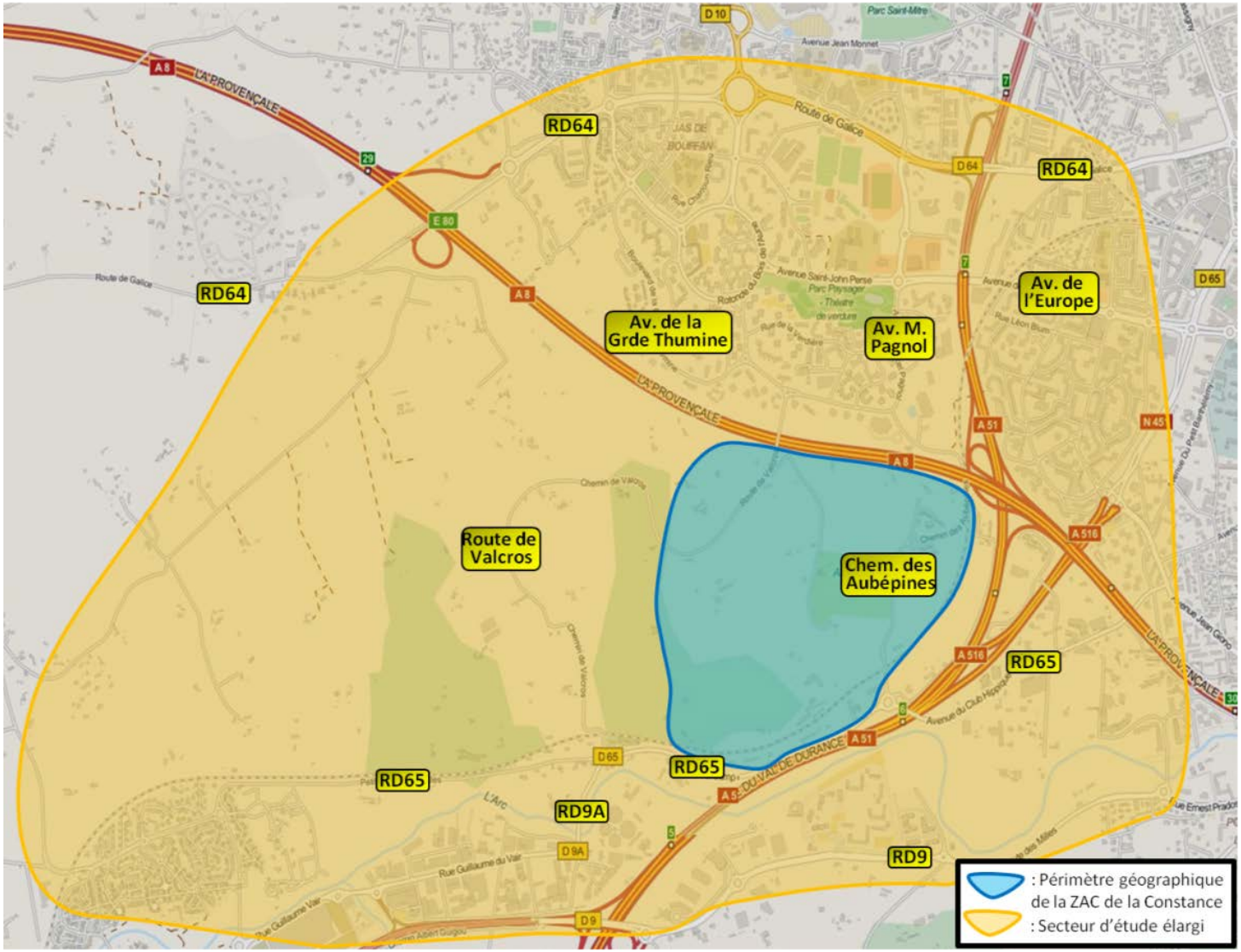
- **→ Habitat : 240 000 m², soit environ 3 600 logements dont 400 destinés à des étudiants (type CROUS)**
- **→ Activités tertiaires : 70 000 m²**
- **→ Commerces (de proximité à l'échelle du quartier) : 5 000 m²**

Plusieurs missions d'étude sont en cours ou seront engagées prochainement, ayant trait aux problématiques d'environnement, de paysage, etc……

Dans ce cadre, il y a lieu de compléter les approches par une étude de circulation et d'impact circulatoire afin de valider/affiner/compléter le schéma de desserte de cette future Z.A.C., intégrant l'ensemble des modes de déplacements.

L'objectif est de proposer un schéma de desserte garantissant une accessibilité optimale et sécurisée pour les différents modes de déplacement, conformément à la vocation de « quartier durable » de ce projet.





Le périmètre géographique du projet de Z.A.C. de la Constance est délimité :

- ✓ **au nord par l'autoroute A8,**
- ✓ **à l'est par le secteur de l'Ensoleillée en cours d'aménagement,**
- ✓ **au sud par la RD65,**
- ✓ **à l'Ouest par le vallon de Thumine.**

Au regard du contexte urbain autour de la Z.A.C., notamment au Nord et à l'Est du site, le diagnostic des déplacements tous modes a été établi sur un secteur d'étude élargi.

Pour répondre à l'objectif de l'étude, la démarche méthodologique comprend deux phases :

Phase n° 1 : Un diagnostic circulatoire – Etat des lieux - diagnostic

Objectif : Décrire le contexte « Déplacements – Trafic » dans lequel s'inscrit l'opération de Zone d'Aménagement Concerté de la Constance : un diagnostic thématique, une synthèse « transversale » et dynamique qui ouvre des perspectives…
Un diagnostic qui doit être partagé par TOUS : sommes-nous en phase sur la situation actuelle et au-delà sur les enjeux de desserte et de déplacements ?
Ce cadrage a été réalisé sur la base d'une analyse de données existantes et d'un recueil de données complémentaires.

Données existantes :

- ✓ **Des données en matière d'Urbanisme et d'aménagement du territoire, issues de documents de type :**
  - ➔ **Plan Local d'Urbanisme de la commune d'Aix en Provence (en cours d'élaboration),**

  Données recueillies auprès des services de la commune d'Aix en Provence.

- ✓ **Des données « macro » en matière de déplacements et d'évolution des infrastructures :**
  - ➔ **Plan de déplacements Urbains en cours d'élaboration,**
  - ➔ **Etude multi sectorielle / « Approche Déplacements » du P.L.U. d'Aix en Provence,**
  - ➔ **Etude d'aménagement d'un couloir bus sur la route de Galice,**
  - ➔ **Etude de trafic des voies inter quartiers au Sud d'Aix en Provence,**
  - ➔ **Schéma de déplacements des quartiers Sud d'Aix en Provence,**
  - ➔ **Etude d'aménagement et de trafic du contournement du village des Milles.**

  Données recueillies auprès des services de la commune d'Aix en Provence et de la CPA.

- ✓ **Des données « micro » en matière de trafic : comptages de trafic sur le réseau communal, départemental et national → trafics journaliers, horaires, avec distinction VL/PL, données recueillies auprès des services gestionnaires de la voirie, nationale, départementale et communale issues des études existantes précitées,**

- ✓ **Des données « micro » en matière d'aménagement : le plan d'aménagement de la voie de l'Ensoleillée, le schéma viaire envisagé de la Z.A.C. de la Constance, le tracé de la liaison RD65 – RD9 → données recueillies auprès des services de la S.P.L.A. Pays d'Aix Territoires et de la commune d'Aix en Provence.**

Données complémentaires – Trafics / Circulation :

✓ **Comptages automatiques de trafics :**

L'objectif est d'identifier les flux de circulation du secteur d'étude élargi sur les axes de desserte de la future Z.A.C. de la Constance.

Ces comptages automatiques ont été effectués durant une semaine du samedi 25 au vendredi 31 mai 2013 inclus, par sens et par tranche horaire 24h/24, avec distinction VL/PL afin de mesurer les variations horaires et journalières des flux et de quantifier les périodes de pointe.

Les comptages automatiques de trafics ont été réalisés sur les 6 axes suivants (cf. carte p.7) :

- ➔ **RD64 à l'Ouest de l'A8,**
- ➔ **l'avenue Pablo Picasso entre la RD64 et l'avenue Saint-John Perse,**
- ➔ **l'avenue Marcel Pagnol entre la RD64 et l'avenue Saint-John Perse,**
- ➔ **la route de Valcros au Sud du boulevard du Coq d'Argent,**
- ➔ **le chemin des Aubépines au Nord de la RD65,**
- ➔ **La RD65 à l'Ouest de la route de Valcros.**

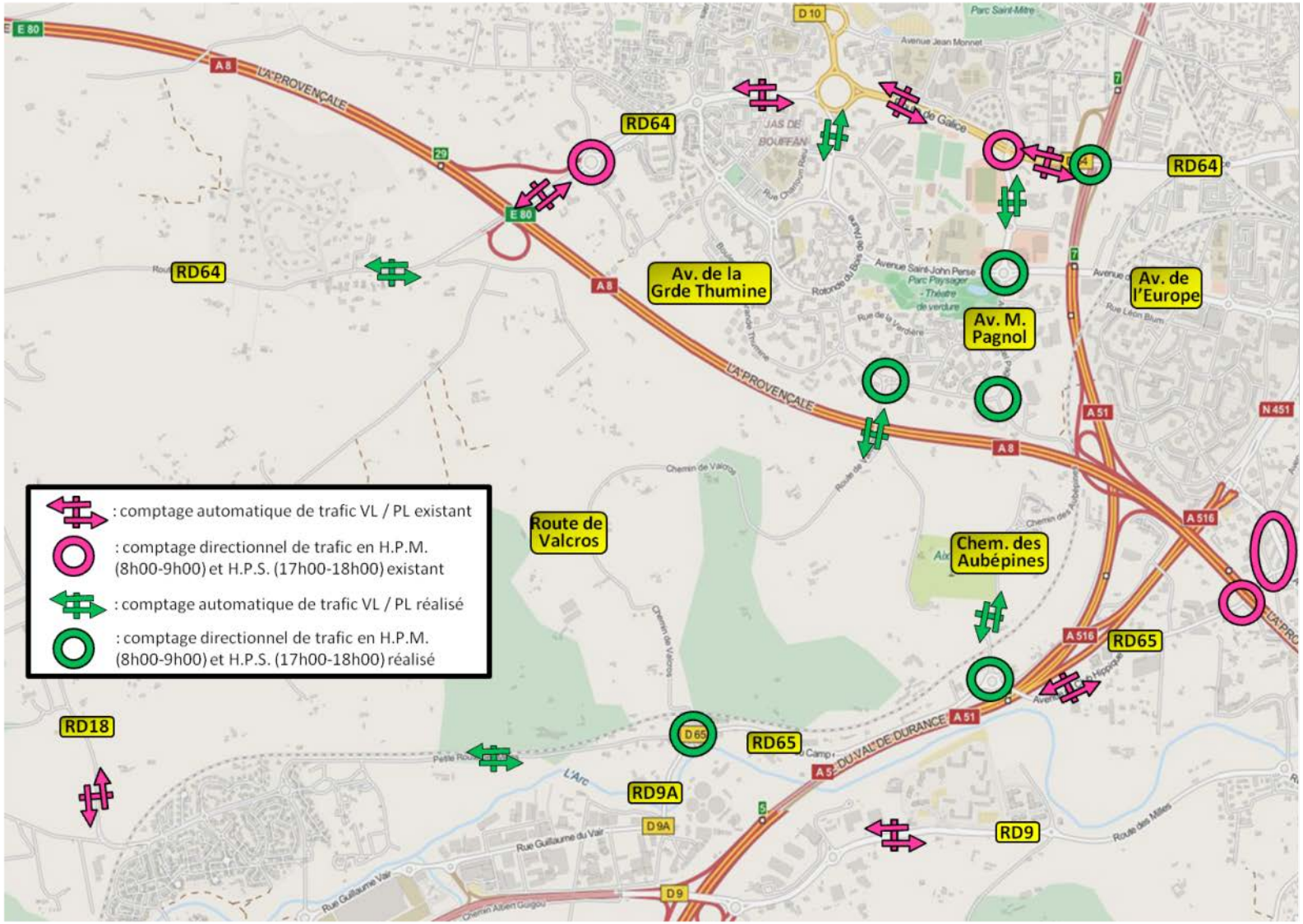
✓ **Les comptages directionnels :**

L'objectif est de préciser la répartition des flux de circulation au droit des principaux carrefours du secteur d'étude.

Ces comptages directionnels ont été réalisés aux Heures de Pointe du Matin 8h – 9h et du Soir entre 17h et 18h les mardi 21, jeudi 23 et mardi 28 mai 2013 au droit des 6 points d'échanges suivants (cf. carte p.7) :

- ➔ **échangeur A51 / RD64,**
- ➔ **giratoire avenue Saint-John Perse / avenue de l'Europe / avenue Marcel Pagnol,**
- ➔ **carrefour avenue Marcel Pagnol / boulevard du Coq d'Argent,**
- ➔ **Giratoire route de Valcros / boulevard du Coq d'Argent / boulevard des Vignes de Marius / résidence les Vignes de Marius,**
- ➔ **Giratoire chemin des Aubépines / RD65,**
- ➔ **Giratoire RD65 / RD9A / route de Valcros.**

La carte ci-dessous permet de localiser les données existantes et les comptages réalisés dans le cadre de l'étude.



Données complémentaires – Trafics / Circulation :

- ✓ **Les observations in situ**

Les relevés quantitatifs ont été couplés à des observations de terrain en période de pointe afin :

- ➔ **d'affiner l'analyse qualitative du fonctionnement du réseau de voirie et de déplacements,**
- ➔ **de qualifier le niveau d'écoulement des flux,**
- ➔ **de définir les conditions de sécurité et de fluidité : remontées de véhicules, problèmes d'entrecroisements, temps d'attente…**

L'analyse des données de trafic et de circulation a permis de répondre aux questions suivantes :

- ➔ **Quels sont les niveaux de trafic des principales infrastructures du secteur élargi ?**
- ➔ **Quelles sont leurs réserves de capacité si elles existent ?**
- ➔ **Quels sont les points de conflits majeurs ?**
- ➔ **Où se situent les éventuelles contraintes de circulation et quel est leur degré ?**
- ➔ **Quelles sont les caractéristiques de fonctionnement des carrefours (trafic, conflits, sécurité…) ?**
- ➔ **Quelle hiérarchie du réseau de voirie ?**

- ✓ **Les Transports Collectifs**

La desserte en transport en commun du secteur « élargi » a été caractérisée. Pour ce faire, l'Autorité Organisatrice de Transport (C.P.A.) a été rencontrée afin de recueillir les données suivantes : lignes et nombre de services, dysfonctionnements, attentes et projets.

- ✓ **Les Modes actifs ou modes doux**

Un état des lieux des équipements cyclables actuels (et projetés) a été établi.

Nos observations ont été confrontées avec celles des partenaires institutionnels dans le cadre d'entretiens et de rencontres afin d'établir un diagnostic partagé :

- ➔ **Services techniques de la commune d'Aix en Provence,**
- ➔ **Services gestionnaires de la voirie départementale,**
- ➔ **Service Déplacements de la Communauté du Pays d'Aix,**
- ➔ **Alain Amédéo en charge de la définition du plan guide d'aménagement, afin de cerner les enjeux, les principes d'organisation de la zone, ses entités, les échéances, les contraintes…**

Objectifs : Préciser/affiner les conditions actuelles de circulation et de déplacement sur le secteur d'étude, recueillir le « ressenti » et l'attente actuelle des uns et des autres, des gestionnaires de voirie, des acteurs économiques et autres.

Phase 2 – Evaluation des flux générés et des impacts circulatoires, préconisations sur le schéma d'aménagement viaire envisagé

Objectifs : Evaluer à terme les déplacements Tous Modes générés par la Z.A.C. de la Constance, notamment les flux automobiles afin d'identifier les besoins en matière d'amélioration du réseau de voirie puis confirmer, amender et compléter le schéma viaire envisagé.

Un travail mené sur la base d'une esquisse d'aménagement (voir carte ci-contre).

L'évaluation des impacts a porté d'une part sur les déplacements automobiles, d'autre part sur les modes alternatifs à l'usage de la voiture particulière :

- ➔ **La pertinence du transport en commun type B.H.N.S. comme mode d'accès à la Z.A.C. : Quelle pertinence au regard du dispositif de desserte envisagé ? Pour qui ? (les usagers pendulaires en priorité…) Quelle action complémentaire envisageable et réaliste ?**
- ➔ **La place des modes doux dans le dispositif de desserte : quelle pertinence des modes dits « actifs » dans le dispositif de desserte. Pour qui, pour quels usages ? vers où ?**



Phase 2 – Evaluation des flux générés et des impacts circulatoires, préconisations sur le schéma d'aménagement viaire envisagé

La première étape a consisté à arrêter le contenu du programme d'aménagement de la Z.A.C. de la Constance.

Ce programme a été caractérisé en termes d'attractivité et de demande de déplacement. Les déplacements générés ont été évalués à partir d'hypothèses de génération de flux appliquées/affinées eu égard au contexte de l'opération et corrélés avec des données Déplacements à l'échelle du territoire d'étude (données de l'Enquête Ménage Déplacements → taille des ménages, taux de mobilité, parts modales…).

L'évaluation des trafics générés a intégré les perspectives en matière d'amélioration de l'offre de transports, tant routière qu'en termes de transports en commun et de modes actifs/doux : B.H.N.S., voie de l'Ensoleillée, liaison RD65 – RD9 en particulier.

- **➔ Evaluer les flux automobiles en Heures de Pointe du Matin et du Soir, par sens (entrant et sortant), et en moyenne journalière,**
- **➔ Affecter les flux sur le réseau de voirie projeté : Ces affectations de trafic ont été réalisées à partir d'hypothèses d'éclatement des flux définies au regard des charges actuelles sur le réseau de voirie, du positionnement et du nombre de points d'accès aux projets.**

L'analyse des impacts circulatoires a consisté à évaluer les paramètres suivants :

- **➔ Niveau de charge de trafic sur les voiries d'accès au secteur d'aménagement et sur un périmètre élargi,**
- **➔ Réserves de capacité en section courante,**
- **➔ Niveau d'écoulement et de fluidité de la circulation,**
- **➔ Nombre de carrefours d'accès au secteur d'aménagement et mode de gestion des flux en adéquation avec les trafics à écouler en,**
- **➔ Tests de fonctionnement des carrefours.**

Un schéma de desserte décliné autour des thématiques suivantes :

- **➔ Organisation du réseau de voirie : voirie primaire, axes secondaires, carrefours …**
- **➔ Organisation des cheminements piétons et cyclables,**
- **➔ Optimisation / Evolution du réseau de transport en commun : nouvelle ligne, extension de ligne existante, augmentation des services et sur des plages horaires « cibles » (périodes de pointe), connexion avec la RD65 et intégration de la ligne de B.H.N.S.**

En résumé : les grands enjeux :

- **➔ Comment assurer la desserte routière de la Z.A.C. de la Constance ?**
- **➔ Quelles portes d'entrée intégrer / aménager compte tenu des caractéristiques de fonctionnement du réseau de voirie ?**
- **➔ Comment assurer une connexion « Modes Doux » avec les espaces urbanisés environnants ?**
- **➔ Comment assurer la cohérence de ces principes de desserte avec les projets d'infrastructures envisagés par ailleurs ?**
- **➔ Des éléments pour compléter les études d'impact.**



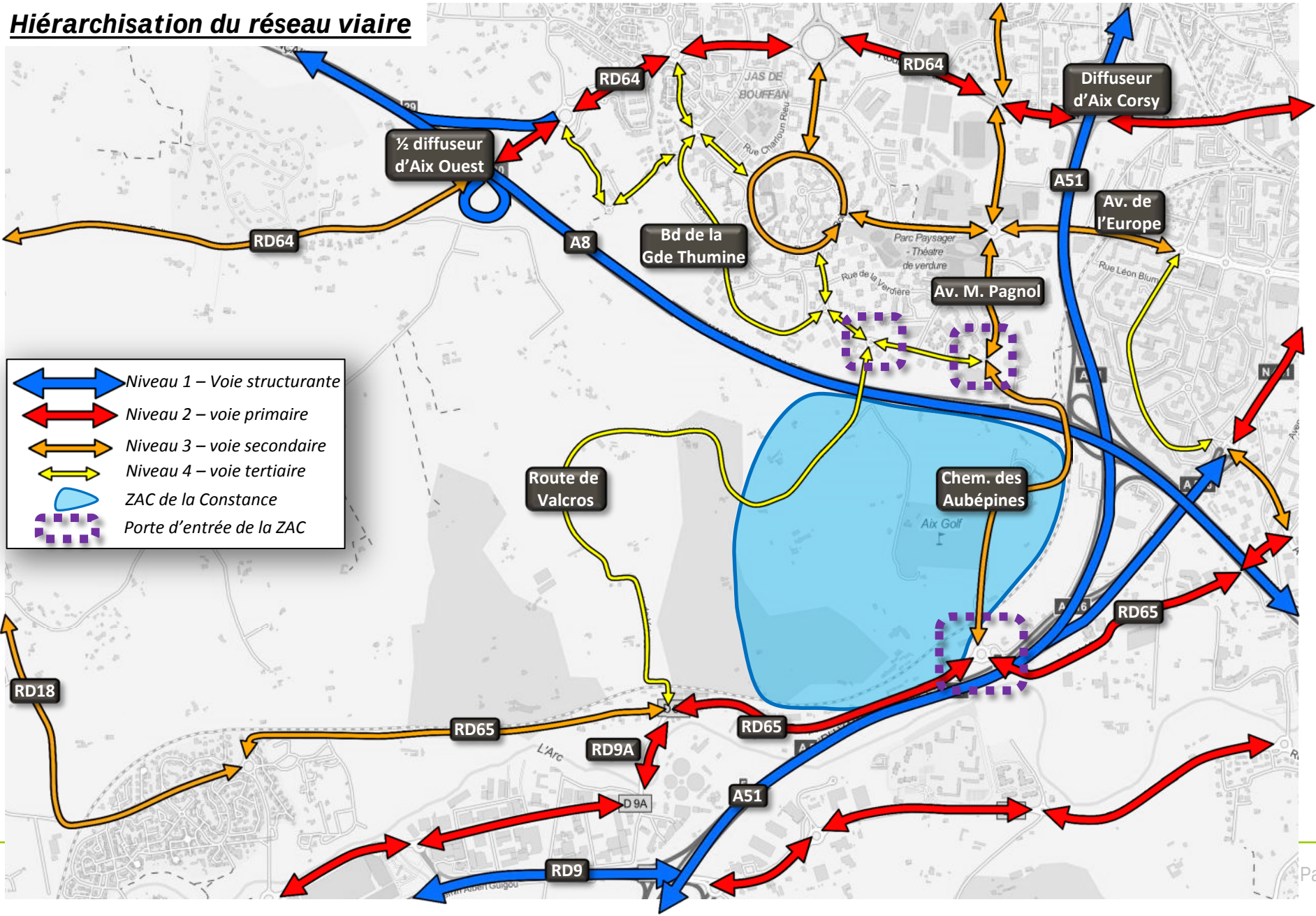
Phase 1

-

Etat des lieux – Diagnostic



Hiérarchisation du réseau viaire



Hiérarchisation du réseau viaire

→ Un secteur d'étude encadré par deux infrastructures autoroutières (A8 et A51) accessibles à partir du ½ échangeur n°29 Aix Ouest sur A8 (diffuseur incomplet) et, légèrement plus éloigné, l'échangeur d'Aix – Corsy sur A51 ainsi qu'une voie départementale majeure - la RD9
→ Un réseau viaire primaire constitué de trois voiries départementales structurantes : les RD64 et RD65 / RD9A,
→ Un réseau secondaire composé de voiries communales et d'axes départementaux de moindre importance,
→ Un réseau de voirie relativement dense au Nord du secteur, en liaison avec le quartier du Jas de Bouffan,
→ Des connexions et un maillage au Sud peu développés : le chemin des Aubépines, et plus secondairement le chemin/route de Valcros
→ Trois portes d'entrées à la ZAC de la Constance :
- le carrefour boulevard des Vignes de Marius / route de Valcros / boulevard du Coq d'Argent,
- le giratoire avenue Marcel Pagnol / boulevard du Coq d'Argent,
- Le giratoire RD65 / chemin des Aubépines

Niveau 1 : autoroute A51





Niveau 2 : RD 64 (voie primaire)

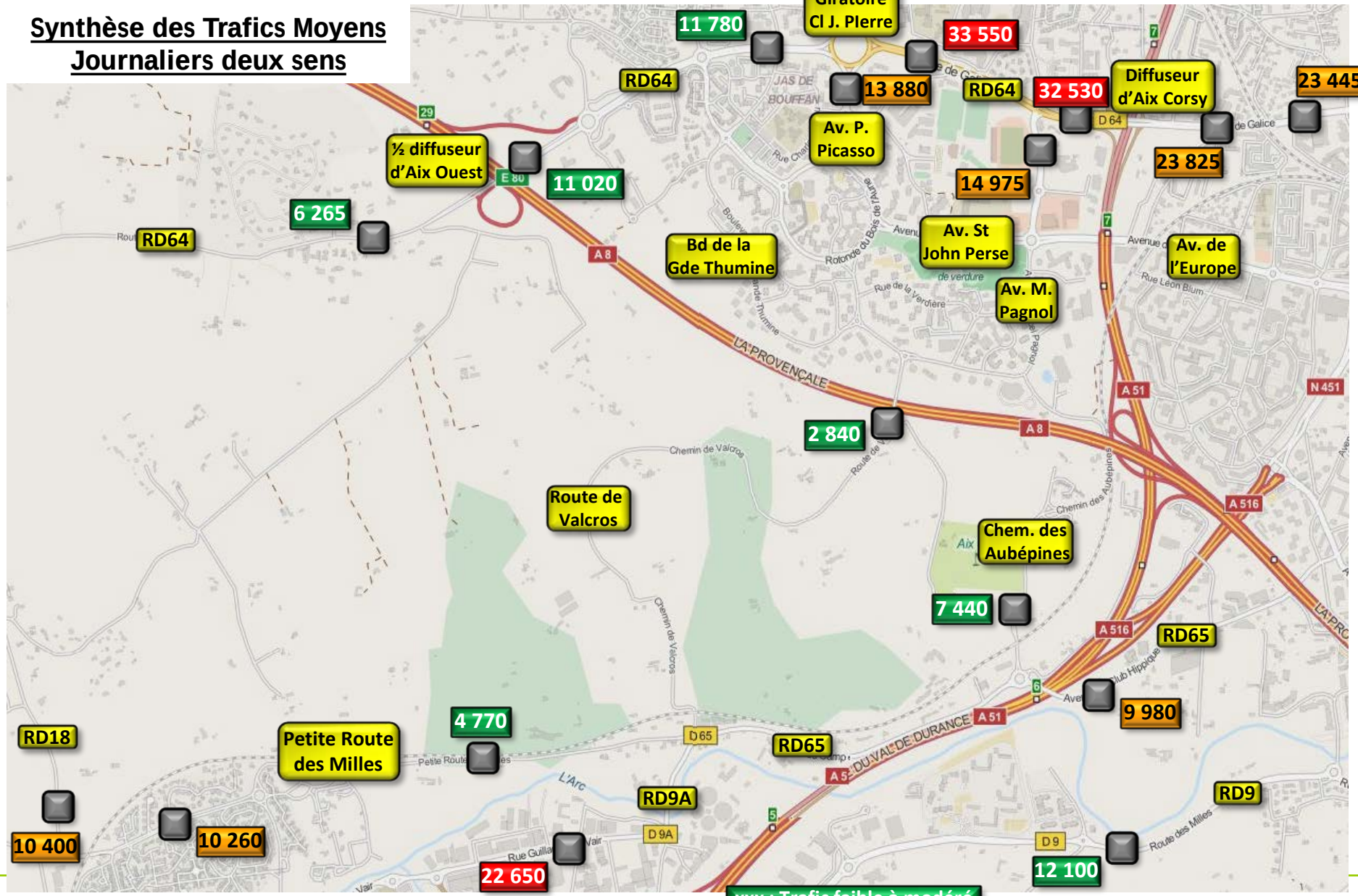
Niveau 3 : avenue Marcel Pagnol (voie secondaire)



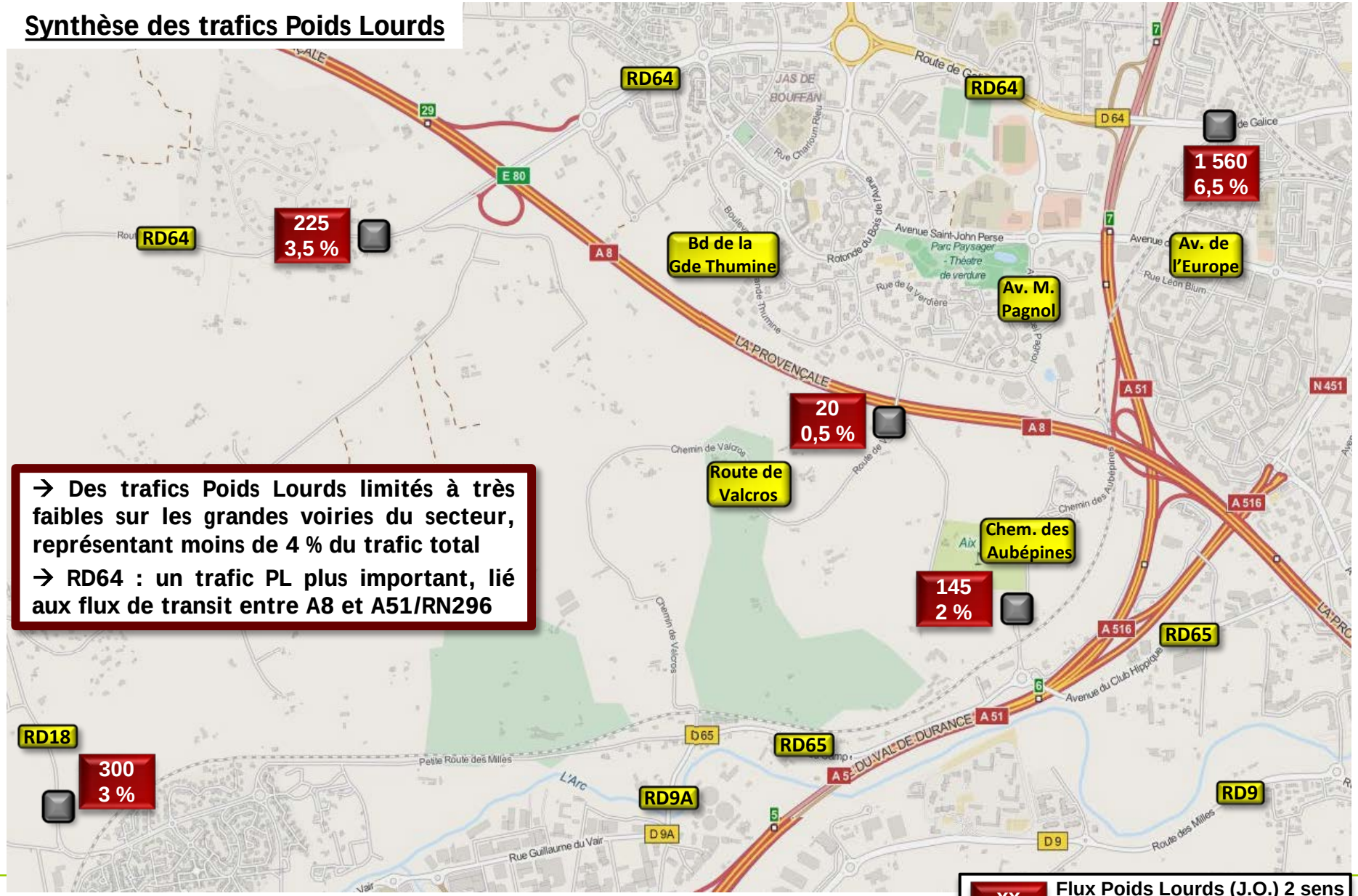


Niveau 4 : route de Valcros (voie tertiaire)

Synthèse des Trafics Moyens Journaliers deux sens



Synthèse des trafics Poids Lourds

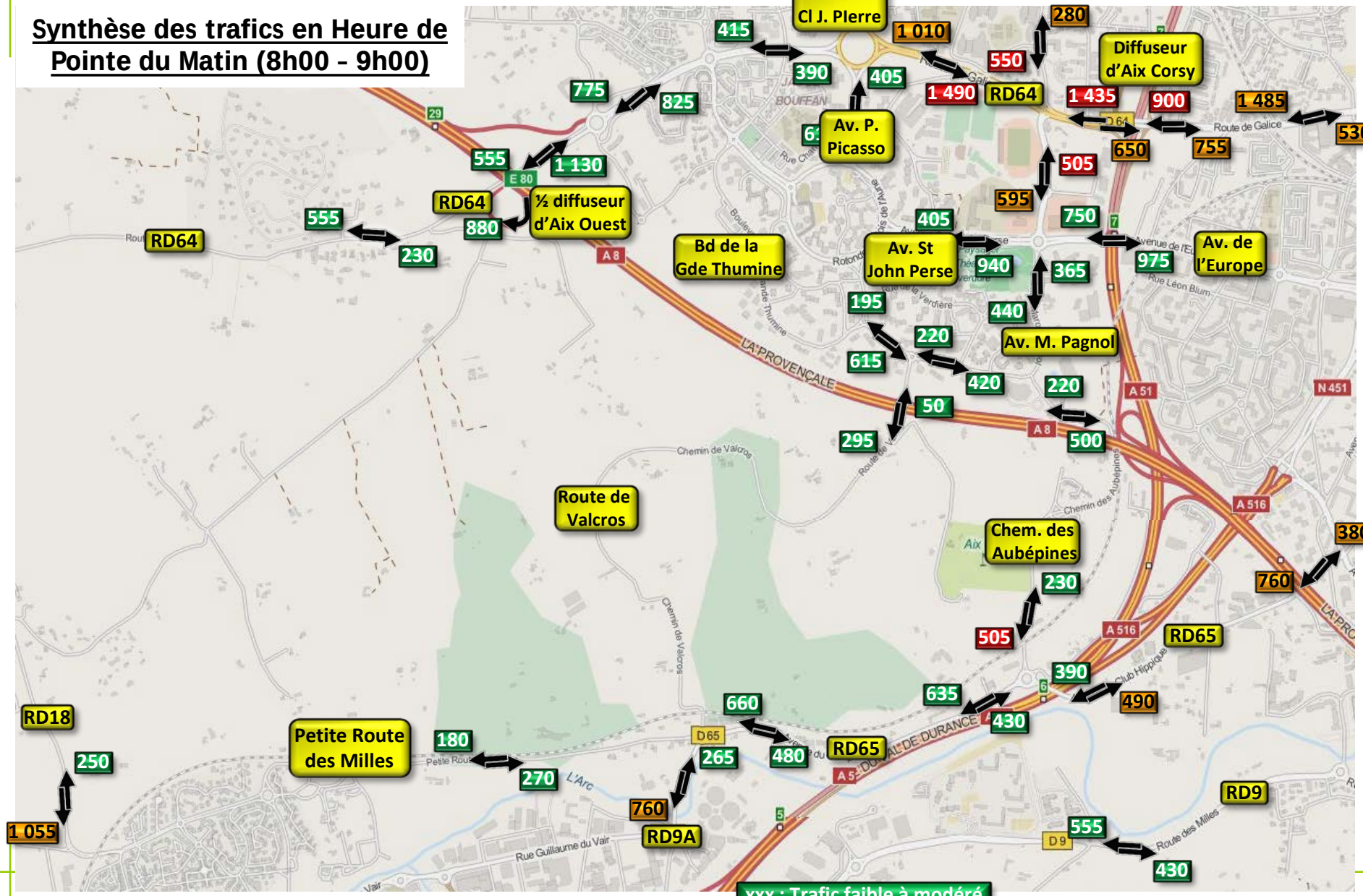


→ Des trafics Poids Lourds limités à très faibles sur les grandes voiries du secteur, représentant moins de 4 % du trafic total

→ RD64 : un trafic PL plus important, lié aux flux de transit entre A8 et A51/RN296

XX
x %
Flux Poids Lourds (J.O.) 2 sens
Part du trafic Poids Lourds

Synthèse des trafics en Heure de Pointe du Matin (8h00 - 9h00)



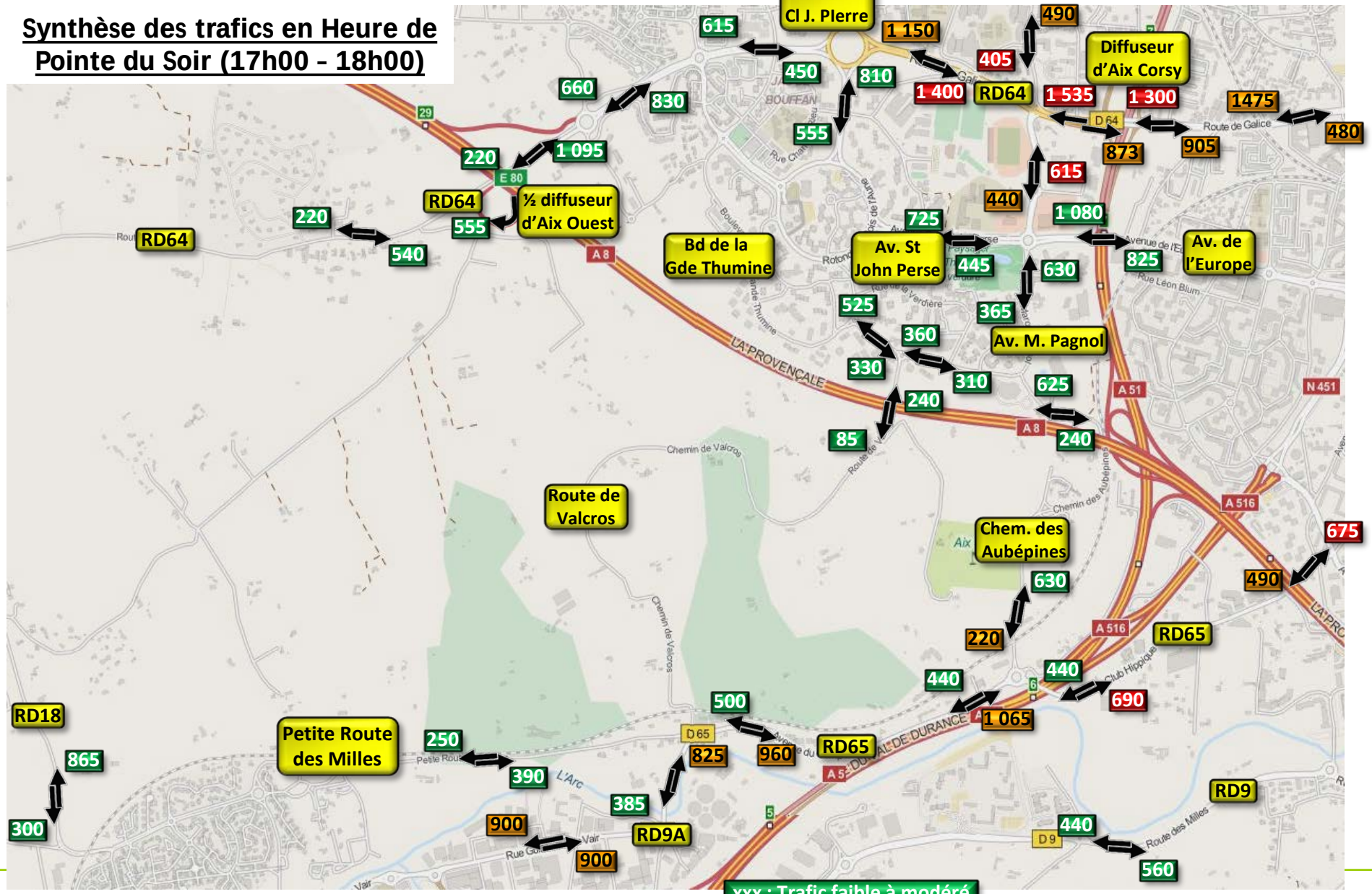
xxx : Trafic Moyen en Heure de Pointe du Matin : 8h00-9h00 (jours ouvrés)

xxx : Trafic faible à modéré

xxx : Trafic dense

xxx : Trafic élevé

Synthèse des trafics en Heure de Pointe du Soir (17h00 – 18h00)



xxx : Trafic Moyen en Heure de Pointe du Soir : 17h00-18h00 (jours ouvrés)

xxx : Trafic faible à modéré

xxx : Trafic dense

xxx : Trafic élevé

Synthèse des trafics journaliers :

- ➔ RD64 à l'Est d'A8, un trafic variant entre 11 000 véh/jour côté A8 et 33 000 véh/jour deux sens à proximité de l'échangeur d'A51, soit un volume élevé à mesure que l'on se rapproche d'Aix-en-Provence et du système d'échanges d'Aix / Corsy ; un axe départemental au trafic nettement plus faible à l'Ouest d'A8, autour de 6 300 véh/jour deux sens,
- ➔ Des voiries secondaires aux trafics notables : entre 14 000 et 15 000 véh/jour deux sens sur les avenues Picasso et M. Pagnol,
- ➔ Sur le reste du réseau : des trafics plus limités au Sud de l'avenue Saint-John Perse inférieurs à 10 000 véh/jour deux sens,
- ➔ Route de Valcros, un trafic journalier limité, inférieur à 3 000 véh/jour deux sens mais une géométrie contraignante,
- ➔ Au Sud de la future ZAC, des niveaux de trafics très variables, entre 4 800 et près de 23 000 véh/jour deux sens,
- ➔ Chemin des Aubépines : la voie d'accès Sud à la future ZAC présente un trafic de 7 500 véh/jour deux sens,
- ➔ Excepté sur la RD65 au Nord du village des Milles (petite route des Milles), les trafics sont élevés compte tenu des caractéristiques géométriques des voies et/ou de l'environnement traversé.

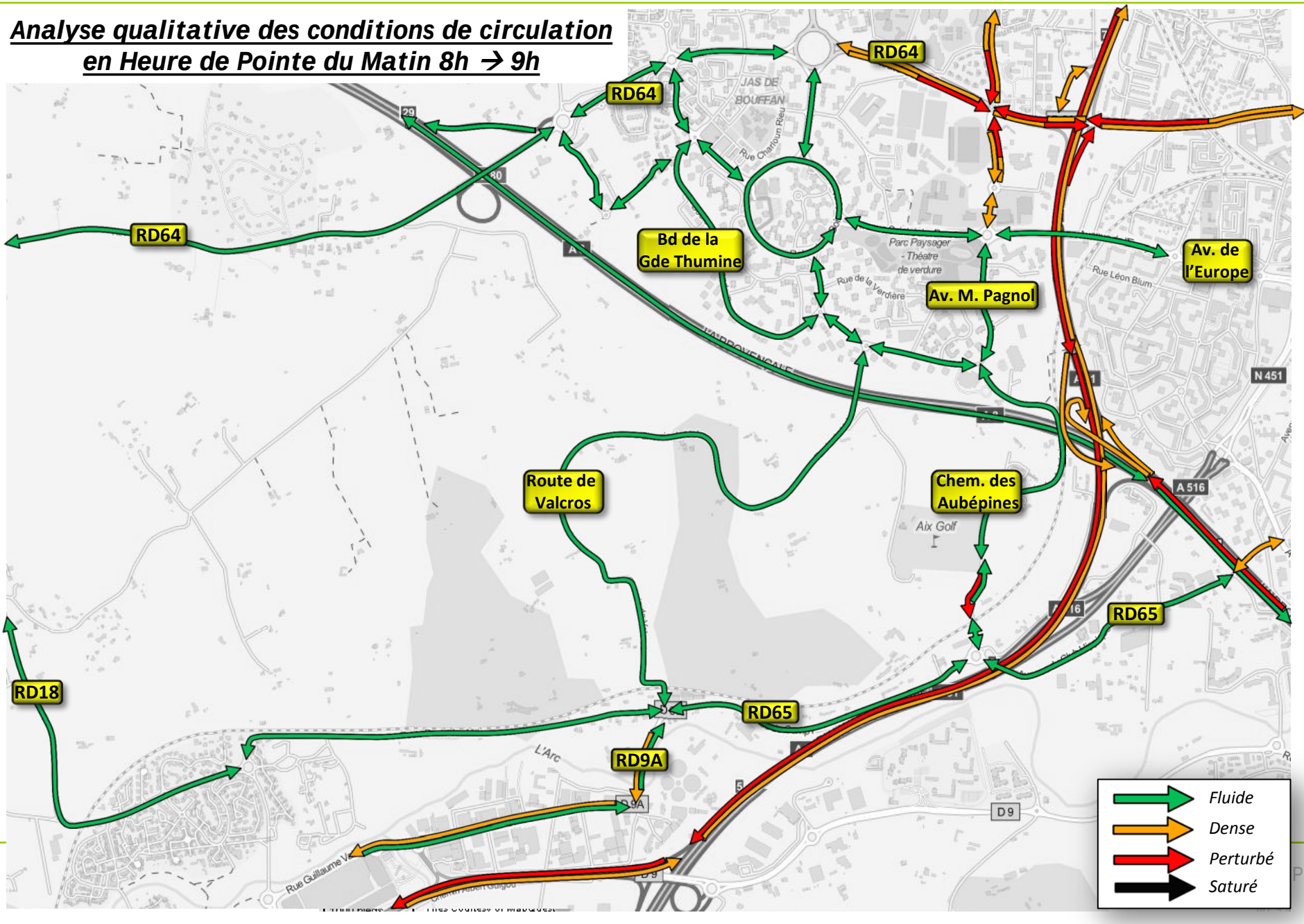
En résumé, en Heure de Pointe du Matin :

- ➔ RD64 à l'Est d'A8 :
  - ❑ Des volumes deux sens élevés entre le giratoire du colonel Jean-Pierre et l'échangeur de l'A51 : 2 500 véh/h deux sens, des flux orientés vers le centre ville d'Aix-en-Provence,
  - ❑ Des trafics nettement plus modérés entre le giratoire du colonel Jean-Pierre et l'A8 : des trafics équilibrés par sens traduisant un foisonnement de la circulation ; des flux en relation avec le centre ville d'Aix, l'A8 et la Z.I. des Milles,
- ➔ RD64 à l'Ouest d'A8 : des trafics orientés vers la Z.I. des Milles,
- ➔ Sur le reste du réseau : les flux en dessous de 500-600 véh/h/sens, soit des niveaux qui peuvent être qualifiés de modérés,
- ➔ Deux itinéraires Nord → Sud majoritairement circulés en direction des Milles et des Zones d'Activités : la route de Valcros (295 véh/heure) en direction du Sud et le chemin des Aubépines en direction de la RD65 (500 véh/h) : ces itinéraires sont utilisés comme des voies de substitution secondaires aux infrastructures A51 et RD9 fortement circulées à cette période de pointe.

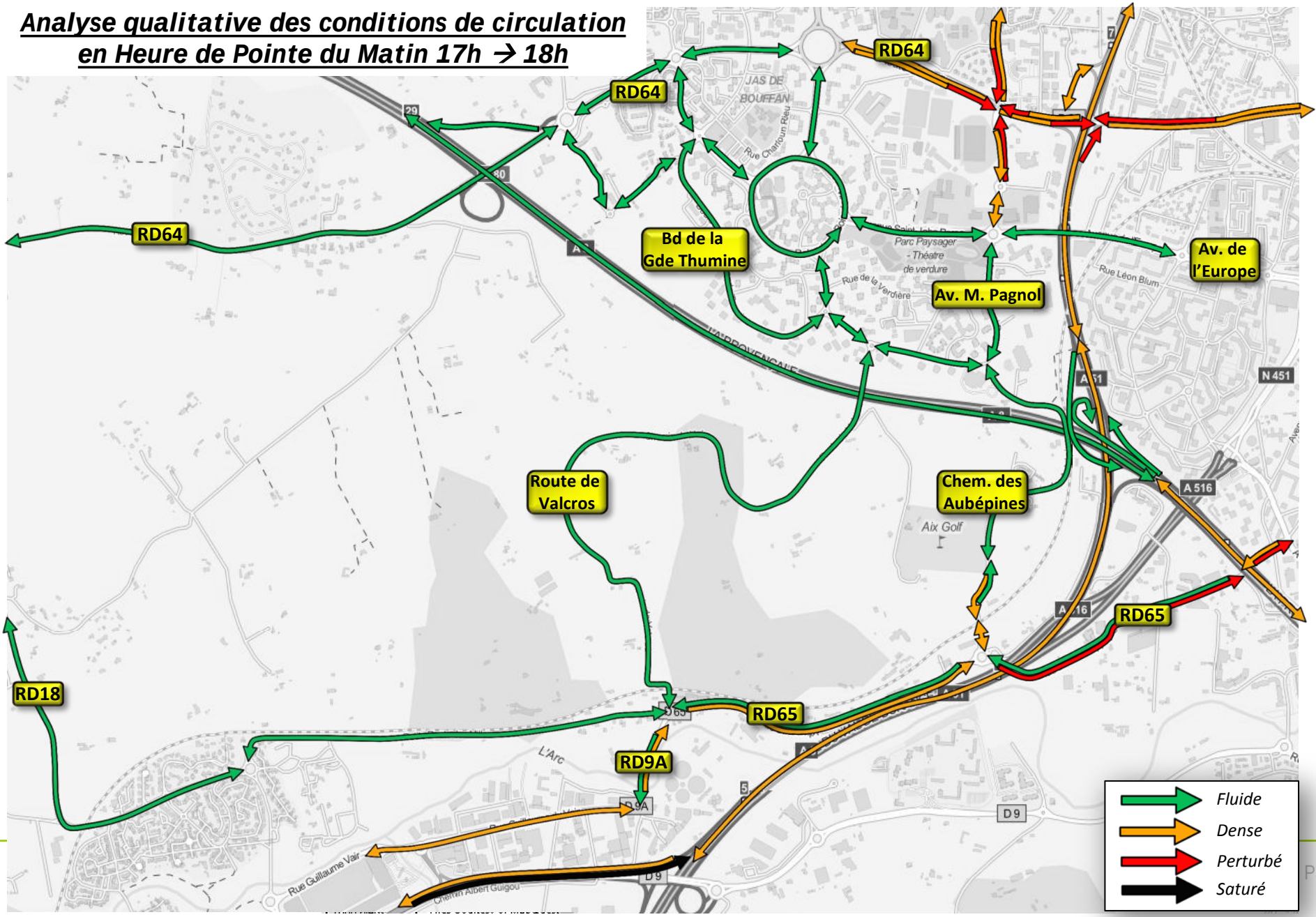
En résumé en Heure de Pointe du Soir :

- ➔ RD64 : des trafics orientés vers Aix, notamment à l'Ouest d'A8 (sortie de la ZI des Milles), des volumes deux sens globalement similaires à ceux mesurés en HPM,
- ➔ Route de Valcros et chemin des Aubépines : des itinéraires de retour Sud → Nord (depuis la ZA des Milles) en direction d'Aix-en-Provence : 240 véh/heure sur la route de Valcros et 630 véh/h sur le chemin des Aubépines,
- ➔ Sur le réseau de voirie de desserte au Sud de la future ZAC : des volumes de trafic nettement plus élevés par rapport à ceux relevés en HPM, compris entre + 18 % et + 42 %, des croissances de trafics justifiés d'une part par l'augmentation du trafic automobile induite par la zone commerciale des Milles et d'autre part par un usage plus marqué des voiries secondaires d'évitement de la RD9 et de l'échangeur RD9 / A51 saturés.

Analyse qualitative des conditions de circulation en Heure de Pointe du Matin 8h → 9h



Analyse qualitative des conditions de circulation en Heure de Pointe du Matin 17h → 18h



Analyse qualitative des conditions de circulation en Heure de Pointe du Matin (8h00-9h00) et en Heure de Pointe du Soir (17h00-18h00)

✓ ***En Heure de Pointe du Matin :***

- ➔ **Un réseau de voirie secondaire et tertiaire fluide dans le secteur du Jas de Bouffan au Nord de la future ZAC, des conditions de circulation satisfaisantes grâce à des voiries correctement dimensionnées en adéquation avec les volumes de trafic.**
- ➔ **Des rétentions marquées en H.P.M. en approche de l'échangeur A51 / RD64 qui impactent également le carrefour à feux RD64 / avenue Marcel Pagnol / boulevard du Château Double,**
- ➔ **L'écoulement des flux est perturbé sur l'A51 dans le sens Célony → Marseille et dense vers Célony.**

✓ ***En Heure de Pointe du Soir :***

- ➔ **Des rétentions globalement moins marquées qu'en pointe du matin sur l'A51 où l'écoulement des flux est dense dans les deux sens, ce qui s'explique par un étalement de la période de pointe du Soir,**
- ➔ **Deux secteurs perturbés au Nord de la future ZAC : d'une part le système d'échanges A51 / RD64 et le carrefour à feux Château Double et d'autre part la RD65 avenue du Club Hippique en direction d'Aix-en-Provence,**
- ➔ **Un secteur saturé au Sud de la ZAC : la RD9 au droit du centre commercial,**
- ➔ **Chemin des Aubépines : Demain, le bouclage de la voie de l'Ensoleillée sur le chemin des Aubépines au droit du hameau de Martely (programmé pour fin 2015) améliorera la fluidité de la circulation par la suppression de l'actuel alternat (générant des remontées de véhicules significatives et des temps d'attente de l'ordre de 3-4 minutes). Toutefois, ce dispositif favorisera aussi le transit à travers ce secteur, effet à intégrer dans les réflexions sur le plan de voirie de la ZAC de la Constance.**

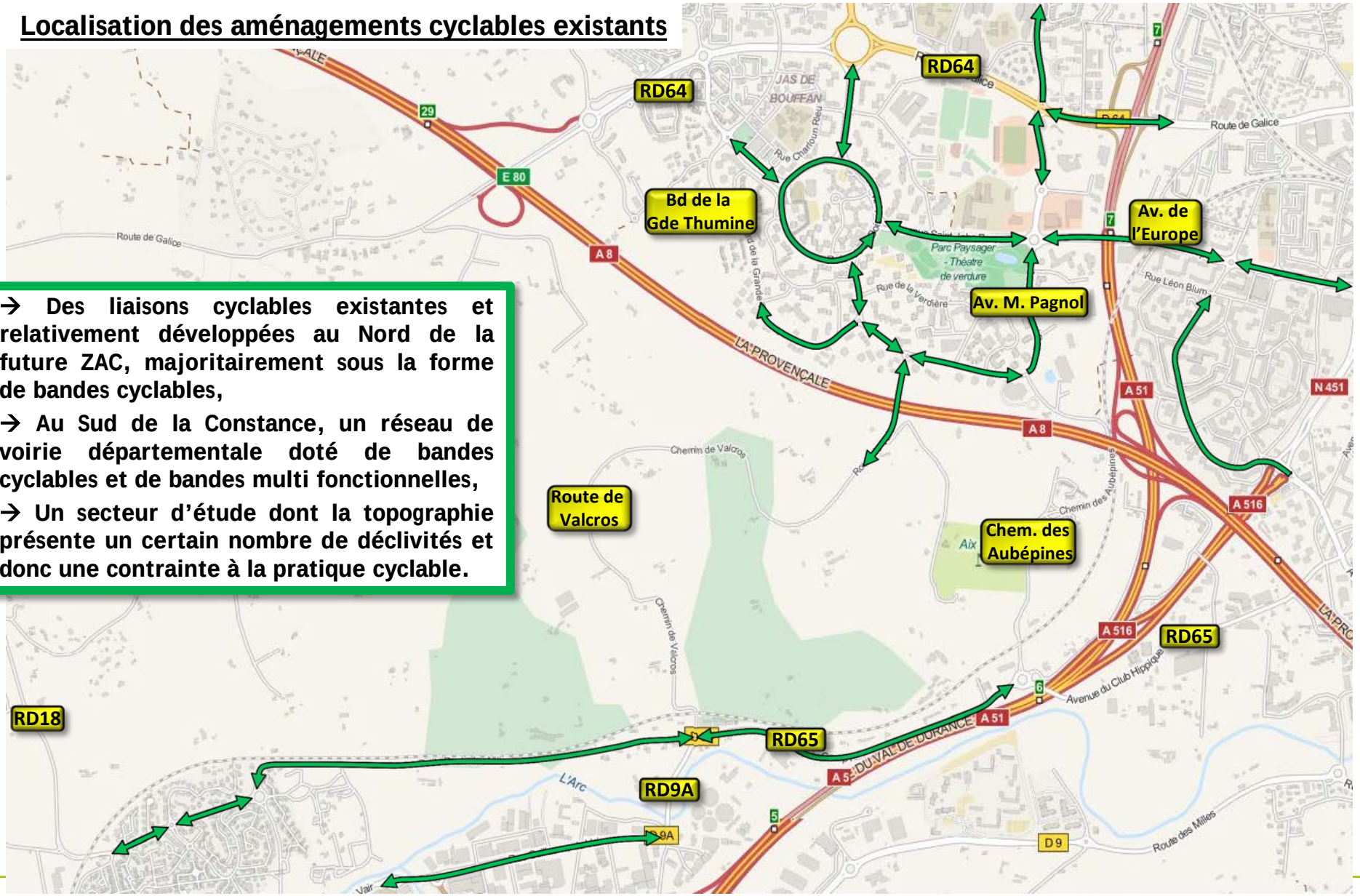


Rétention vers le carrefour avenue Pagnol / RD64 / boulevard du Château Double



Remontées de files sur l'ouvrage d'art de franchissement de l'A51 pour les véhicules en tourne à gauche vers l'A51 Sisteron

Localisation des aménagements cyclables existants

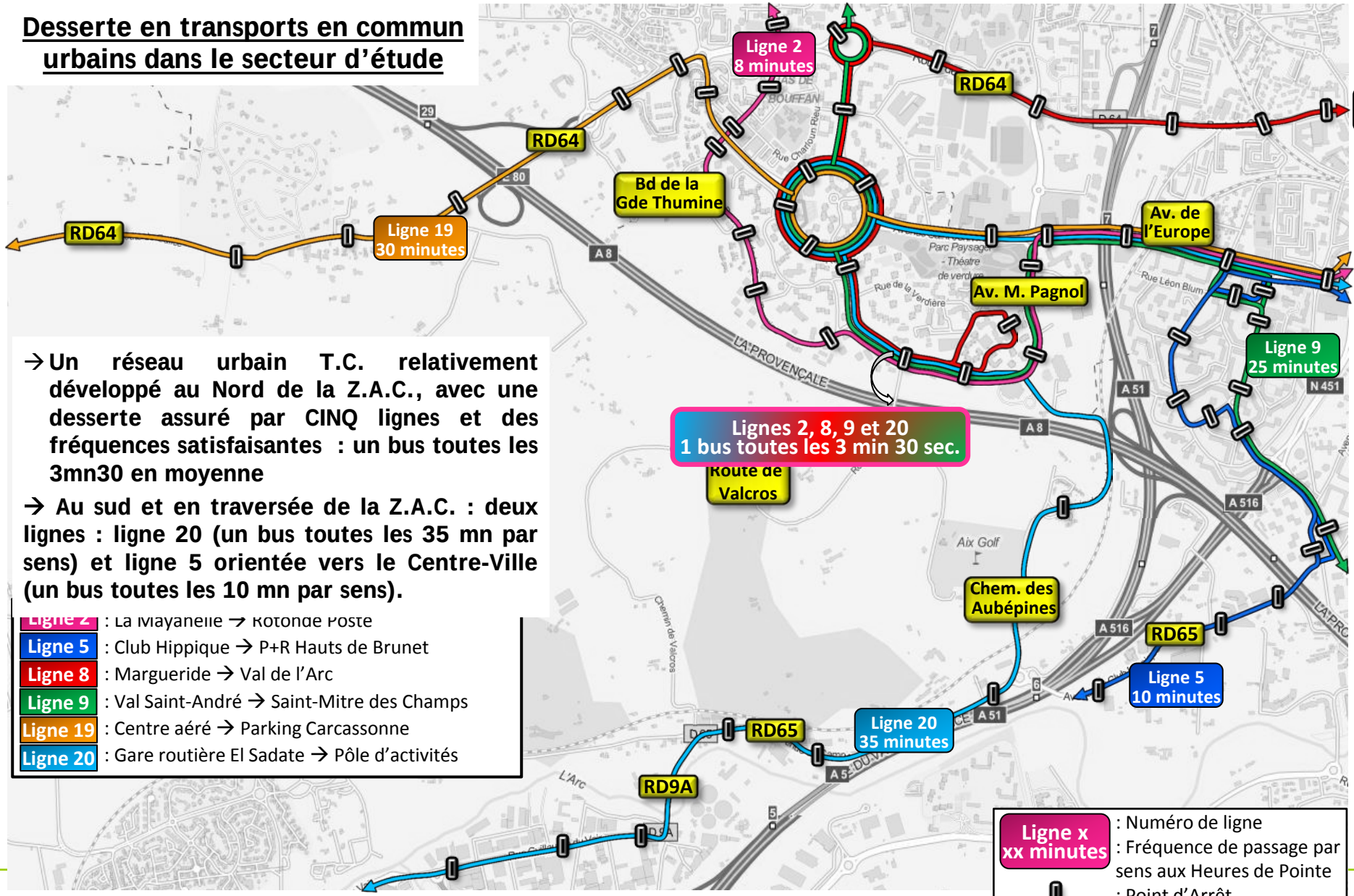


→ Des liaisons cyclables existantes et relativement développées au Nord de la future ZAC, majoritairement sous la forme de bandes cyclables,

→ Au Sud de la Constance, un réseau de voirie départementale doté de bandes cyclables et de bandes multi fonctionnelles,

→ Un secteur d'étude dont la topographie présente un certain nombre de déclivités et donc une contrainte à la pratique cyclable.

Desserte en transports en commun urbains dans le secteur d'étude



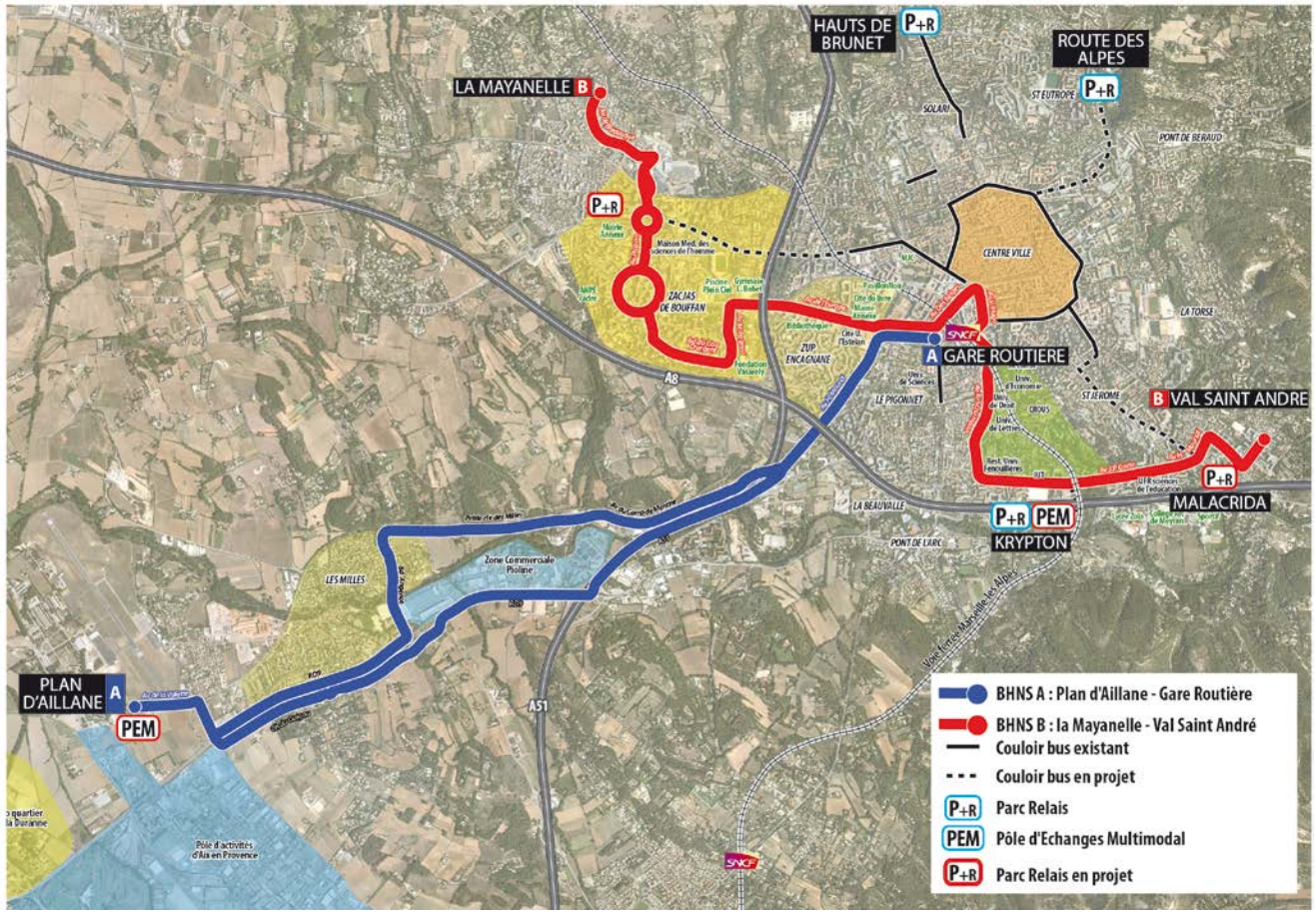
→ **Un réseau urbain T.C. relativement développé au Nord de la Z.A.C., avec une desserte assuré par CINQ lignes et des fréquences satisfaisantes : un bus toutes les 3mn30 en moyenne**

→ **Au sud et en traversée de la Z.A.C. : deux lignes : ligne 20 (un bus toutes les 35 mn par sens) et ligne 5 orientée vers le Centre-Ville (un bus toutes les 10 mn par sens).**

- Ligne 2 : La Mayanelle → Rotonde Poste
- Ligne 5 : Club Hippique → P+R Hauts de Brunet
- Ligne 8 : Margueride → Val de l'Arc
- Ligne 9 : Val Saint-André → Saint-Mitre des Champs
- Ligne 19 : Centre aéré → Parking Carcassonne
- Ligne 20 : Gare routière El Sadate → Pôle d'activités

Ligne x xx minutes : Numéro de ligne
: Fréquence de passage par sens aux Heures de Pointe
: Point d'Arrêt

Les projets de Bus à Haut Niveau de Service : une opportunité à valoriser



Transports en Commun :

→ **Deux projets de lignes de B.H.N.S. et la volonté de prolonger dans un 2nd temps le couloir bus existant sur la Route de Galice à l'ouest de l'échangeur d'A51, avec aménagement d'un P+R au droit du giratoire du Colonel Jean Pierre (intention d'aménagement)**

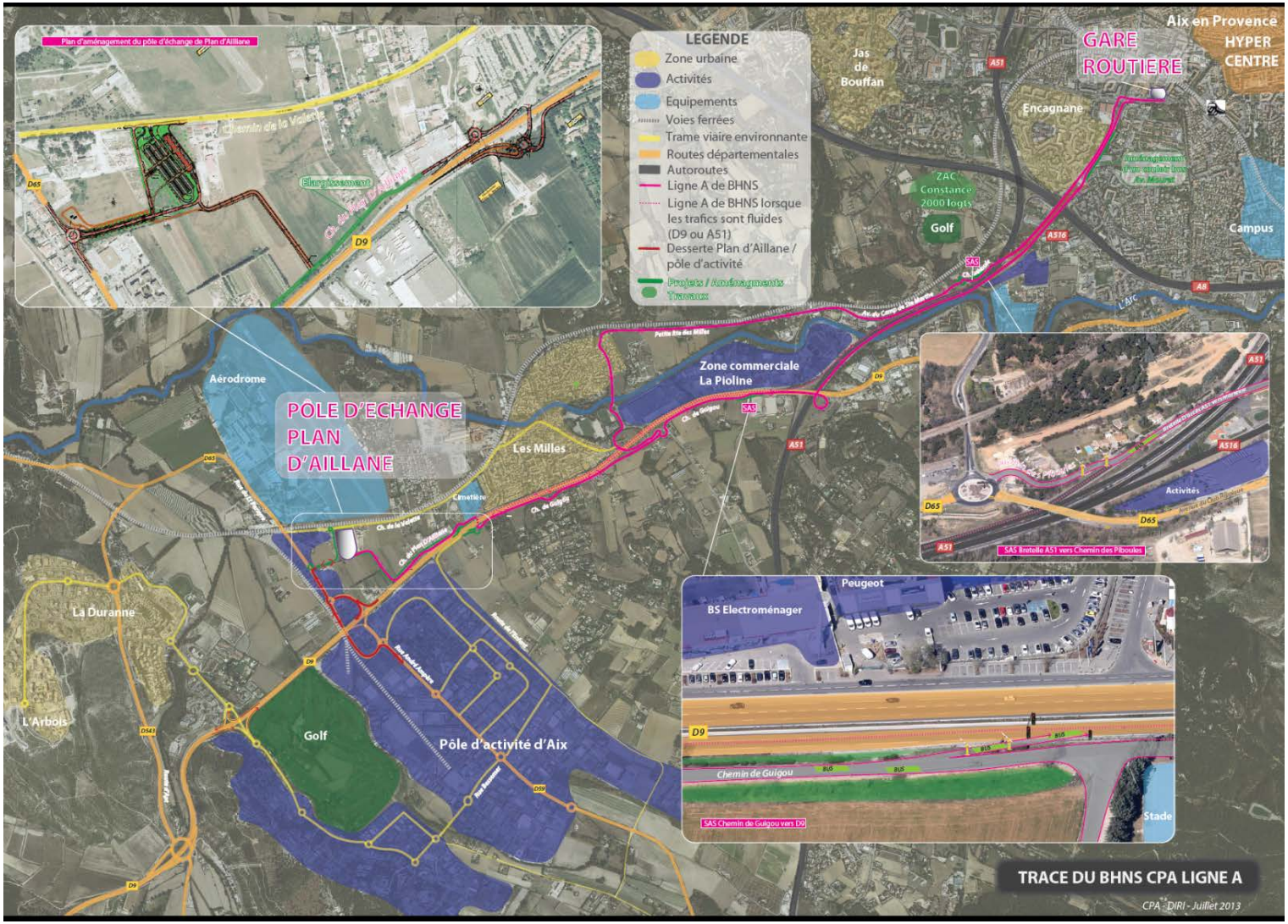
→ **Un projet de ligne B de Bus à Haut Niveau de service en centre d'Aix en Provence, dont le tracé envisagé emprunte plusieurs voies d'accès au secteur de la Constance : Av Picasso – Bd du Bois de l'Aune - Av de Deffens – Bd des Vignes de Marius – Bd du Coq d'Argent – Avenue Marcel Pagnol : des voiries confortables mais dont les capacités d'absorption des flux automobiles seront plus contraintes et plus limitées par le passage des véhicules B.H.N.S.**

Quels atouts pour la Z.A.C. de la Constance ?

→ ***Deux lignes TC fortes à proximité de la Z.A.C.***

→ ***Des projets nécessitant de hiérarchiser les usages du réseau de voirie au Nord de la Z.A.C. de la Constance afin d'éviter une diffusion « tous azimuts » des trafics dans le quartier du Jas de Bouffan.***

Projets d'infrastructures : Ligne Gare routière – Pôle d'Activités



Transports en Commun :

→ **Un projet de ligne T.C. en direction du futur pôle d'échanges de Plan d'Aillane, passant à proximité de la Z.A.C. de la Constance par une bretelle de liaison Avenue Mouret → Giratoire des Aubépines ouverte uniquement aux heures de pointe.**

Quels atouts pour la Z.A.C. de la Constance ?

→ ***Une offre T.C. en limite « Sud » de la Z.A.C.***

→ ***Un itinéraire empruntant l'avenue du Club Hippique et la petite Route des Milles dans son prolongement (mais des réserves de capacité relativement faibles en l'absence de voies réservées aux T.C. → axe à préserver)***

Projets d'infrastructures : Boulevard de l'Ensoleillée (livraison fin 2015)

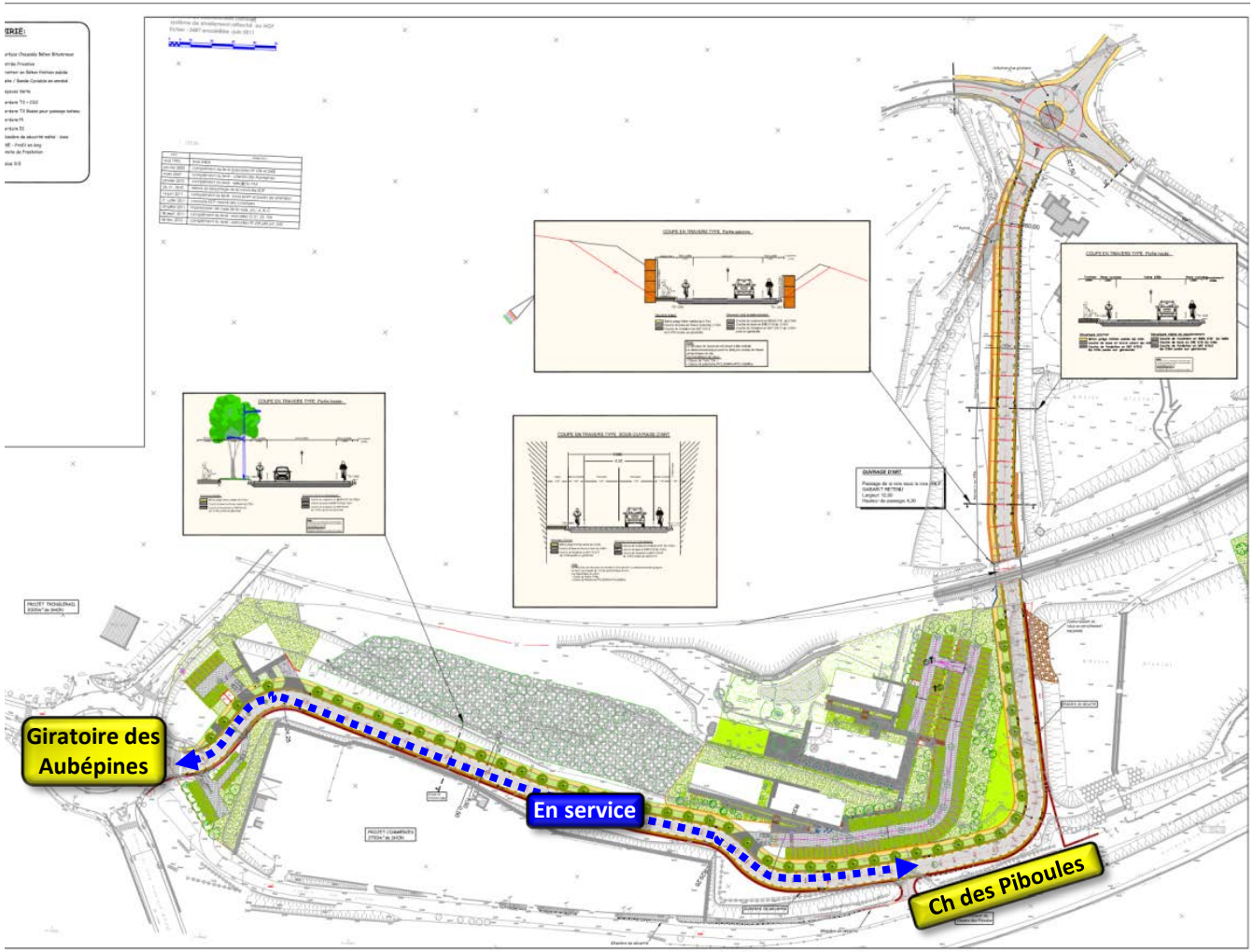
Première tranche en service entre le giratoire des Aubépines (RD65) et le raccordement sur le chemin des Piboules)

Boulevard de l'Ensoleillée :

- → **Une liaison de substitution du chemin des Aubépines, à gabarit contraint avec un passage alterné à voie unique sous la voie ferrée**
- → **La voie de desserte d'un programme immobilier intégrant 6 650 m² de surfaces de plancher et une offre de stationnement de 294 places : soit 500 véhicules deux sens générés quotidiennement dont 80 véh/h en Heure de Pointe**
- → **Une infrastructure participant à la desserte d'éventuelles extensions urbaines dans le secteur de Beauvalle**

Quels atouts pour la Z.A.C. de la Constance ?

- → ***Une voirie permettant de réserver le chemin des Aubépines à un usage « Transports en Commun »***
- → ***Une nouvelle infrastructure évitant le passage des flux de « transit » inter quartiers Les Milles - Aix centre/Corsy au cœur de la future Z.A.C.***



Projets d'infrastructures :
Voie Inter Quartiers RD9 – RD65

Voie Inter Quartiers RD9 – RD65 :

→ Une liaison entre deux axes radiaux d'accès au centre ville d'Aix en Provence,

→ Une voie permettant de limiter la circulation automobile dans le secteur de la Beauvalle, actuellement perturbé aux heures de pointe sur l'avenue du Club Hippique ainsi qu'en traversée du Pont de l'Arc

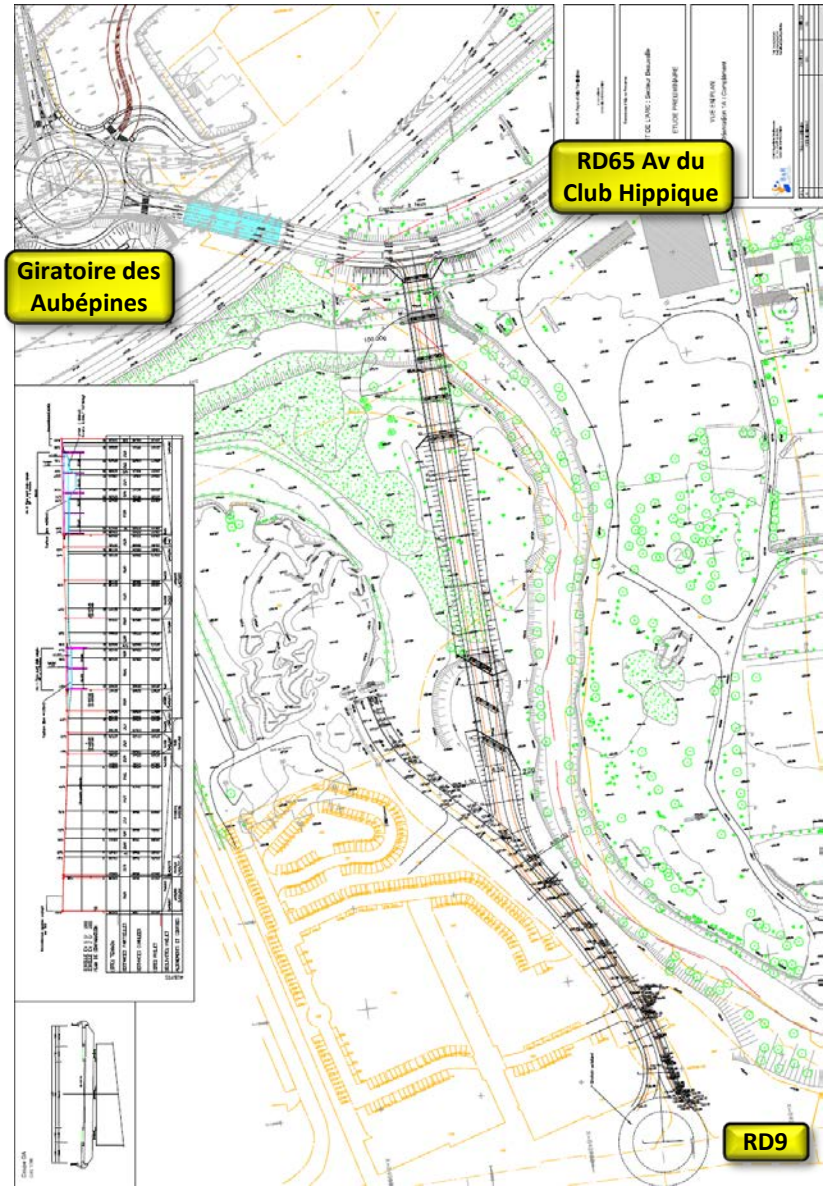
→ Un axe intégrant un site propre pour les véhicules de transports en commun

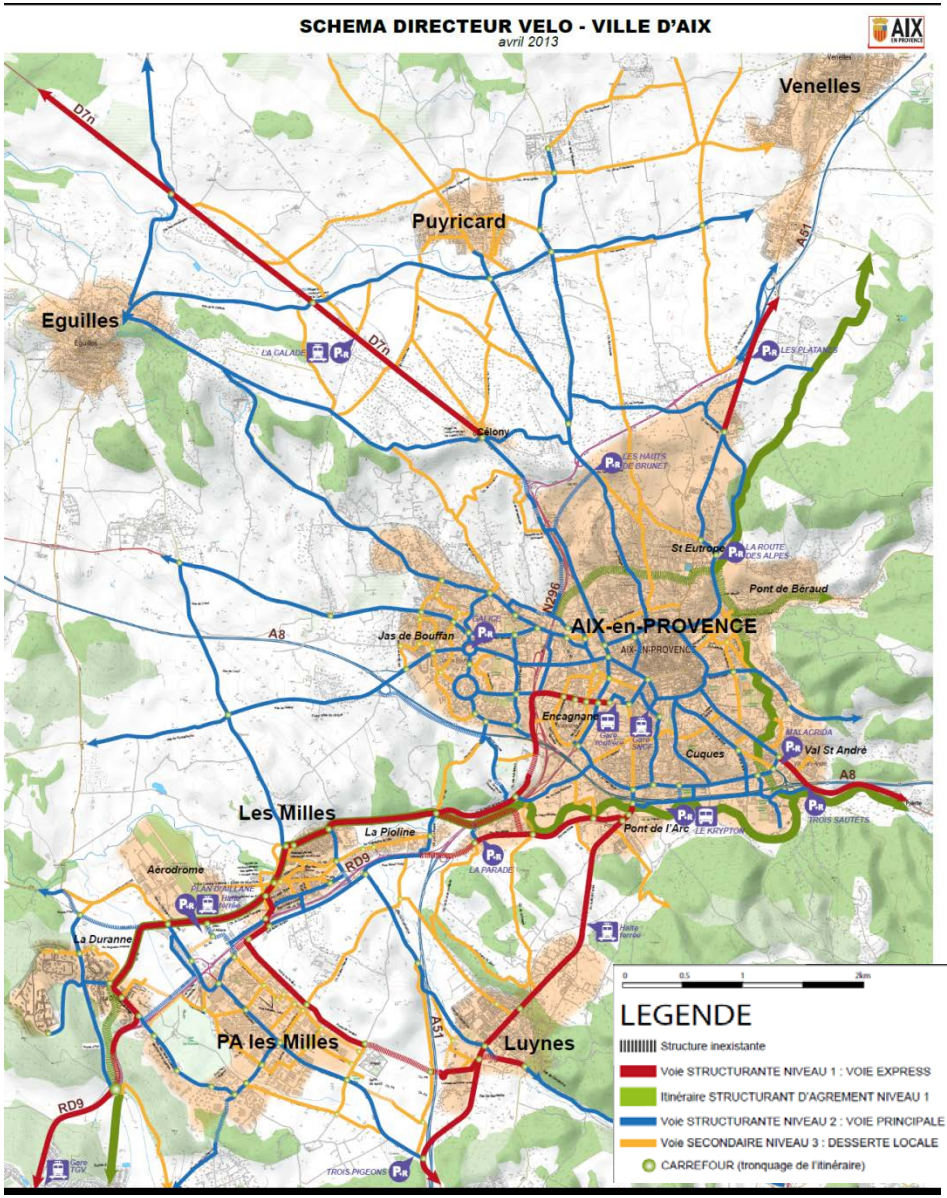
→ Une infrastructure permettant d'accompagner d'éventuels développements urbains dans le secteur de Beauvalle

Quels atouts et contraintes pour la Z.A.C. de la Constance ?

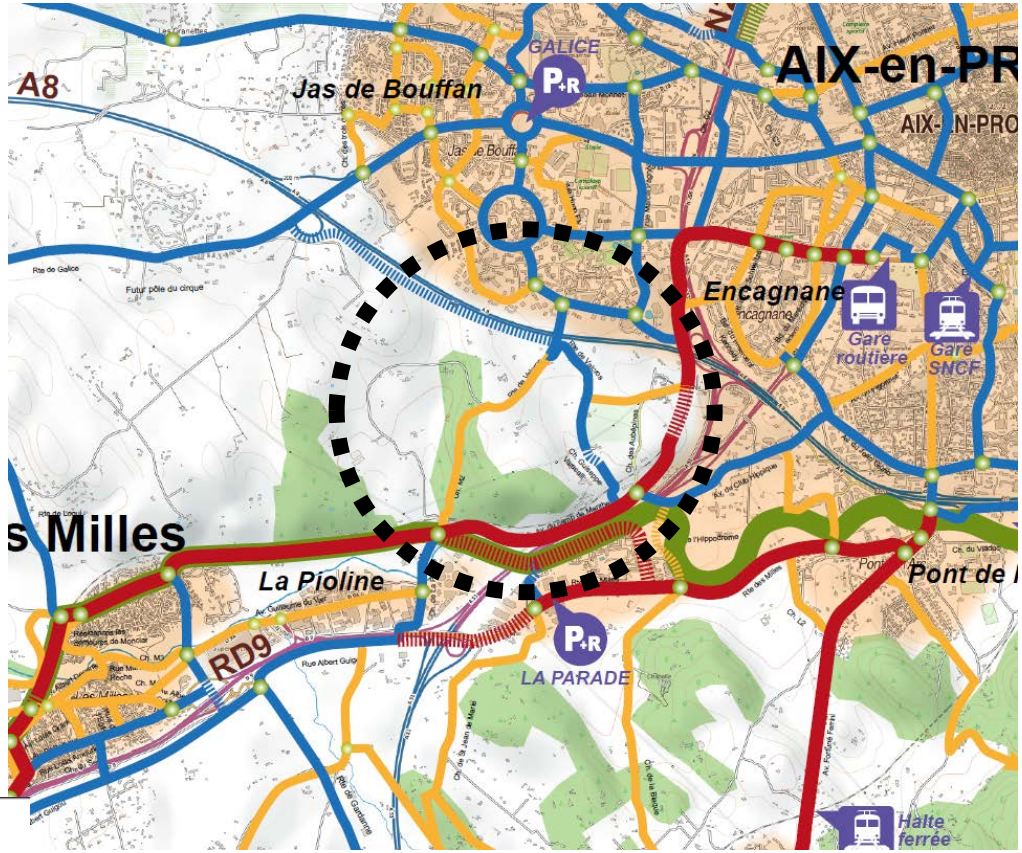
→ Un accès supplémentaire

→ Une voie dans la « continuité » du Boulevard de l'Ensoleillé, essentielle pour les liaisons inter quartiers Ouest – Sud malgré un itinéraire en baïonnette





Projets d'infrastructures :
Principes du Schéma Directeur Vélo



En résumé : les enjeux en matière de desserte

Placer les Transports en Commun au cœur du dispositif de desserte de la future ZAC : valoriser les deux lignes de BHNS (centre ville et Plan d'Aillane)

Valoriser le réseau viaire maillé situé au nord de la ZAC de la Constance et compléter le maillage viaire au sud de la future ZAC, en intégrant l'aménagement du bd de l'Ensoleillée



Un schéma piétons et cyclable indispensable au regard du programme d'aménagement ; des continuités à assurer avec les équipements existants et les liaisons projetées.

Créer une porte d'entrée/sortie supplémentaire à la ZAC compte tenu de l'importance du programme d'aménagement (entre 7 500 et 8 000 habitants à terme)



	Surface de terrains
NORD OUEST	50 000 m²
OUEST	83 500 m²
NORD	100 000 m²
COEUR	120 000 m²
EST	31 500 m²
TOTAL	385 000 m² (38,5 hectares)

Phase 2

-

Programme d'aménagement

Evaluation des flux générés

Le schéma d'aménagement



	Surface de terrains
NORD OUEST	50 000 m²
OUEST	83 500 m²
NORD	100 000 m²
COEUR	120 000 m²
EST	31 500 m²
TOTAL	385 000 m² (38,5 hectares)

Source : Pays d'Aix Territoires

Un point sur l'évaluation des trafics générés par la Z.A.C de la Constance : le contenu et les hypothèses de travail

Dans le cadre de cette opération d'aménagement, ont été intégrés les éléments de pré programmation suivants :

→ Des programmes majoritairement résidentiels : 3 200 logements, répartis comme suit : 40 % 2 pièces, 40 % 3 pièces 10 % 4 pièces et 10 % studios.

→ Des programmes de logement pour étudiants : 400 logements

→ Un programme tertiaire d'une superficie de 70 000 m² de planchers

→ Des commerces d'accompagnement sur une superficie de 5 000 m².

Pour chacun de ces pré programmes, il a été défini le volume de déplacements tous modes généré suivant deux horizons :

→ *Un horizon « Moyen terme » (10 ans),*

→ *Un horizon « Long terme », correspondant à la réalisation complète des entités et programmes envisagés (15 – 20 ans), en cohérence avec l'horizon relatif à la mis en œuvre des actions du Plan de Déplacements Urbains du Pays d'Aix.*

Les hypothèses et ratios de génération de trafic ont été bâtis à partir des éléments suivants :

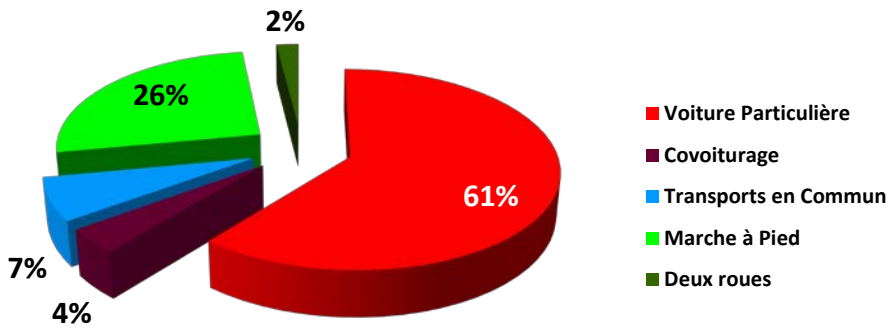
→ Des bases de données de l'Enquête Ménages Déplacements des Bouches du Rhône (2009),

→ Des projections et objectifs inscrits au projet de Plan de déplacements Urbains en termes d'évolution de la répartition modale des déplacements. Ces projections ont été adaptées aux deux horizons d'étude et à la localisation du secteur.

→ Des projets en matière d'infrastructures de déplacements tous modes : Transports en Commun, modes doux (piétons / cyclistes) et réseau viaire.

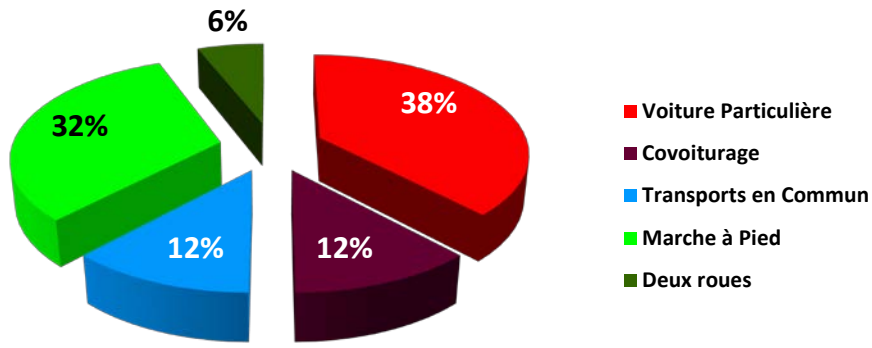
Il convient de noter que le volume des déplacements par mode généré par la future Z.A.C. de la Constance sera également fonction des choix qui seront établis en matière d'offre de stationnement, paramètre majeur dans la répartition modale pour assurer la desserte du futur quartier durable.

Répartition modale - Situation actuelle



Rappel : Les perspectives en matière d'évolution des mobilités inscrites au projet de Plan de Déplacements Urbains du Pays d'Aix.

Répartition modale
Projections Plan de Déplacements Urbains



Un mode « VP » en recul au profit d'un usage accentué des Transports en Commun, des modes doux et de pratiques de covoiturage sur l'ensemble du Pays d'Aix

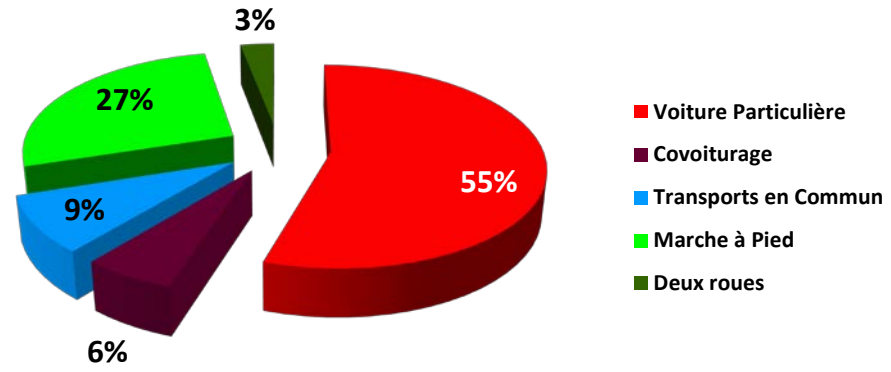
Et sur le secteur de la Constance, quelles hypothèses ? Des parts modales à moduler pour intégrer l'évolution progressive des comportements des habitants et salariés de ce secteur péri urbain …….

Des hypothèses de mobilité différenciées, des changements de comportement et des évolutions dans la durée

Horizon Moyen terme

10 ans

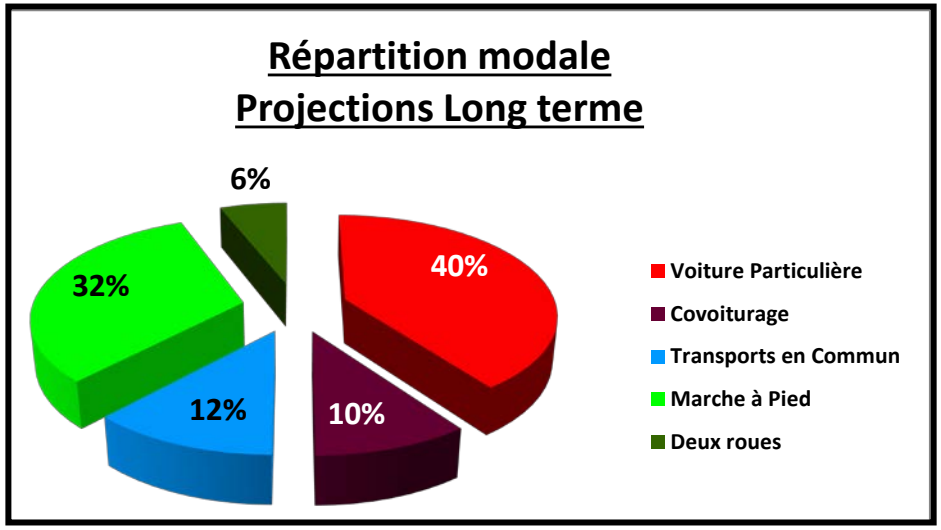
Répartition modale
Projections Moyen terme



Horizon Long terme

15 - 20 ans

Répartition modale
Projections Long terme



Demain, une éco mobilité qui se traduit par :

→ une desserte interne majoritairement assurée en Modes doux, pour décourager les déplacements de très courte distance

→ des Transports en Commun au cœur du dispositif d'accessibilité depuis le centre ville d'Aix et les grands pôles générateurs de déplacements (Les Milles)

Un recul de 15 points de la part modale de la V.P. : un objectif certes volontariste mais réaliste dans le cadre de la mise en œuvre de principes forts d'organisation et de gestion des déplacements.

Un quartier de la Constance proposant des alternatives à la voiture particulière, pour ne plus être dépendant du seul mode « Voiture Particulière »

Placer les transports en commun au cœur du dispositif de desserte et ce, dès l'arrivée des premiers habitants, afin que ces derniers intègrent au mieux l'offre Transports en Commun

Un réseau « dédié » aux T.C., à partir duquel sont structurés les différents îlots (définition du plan masse),
Un réseau viaire intégrant des couloirs bus, des couloir d'approche aux carrefours (priorité) et/ou des itinéraires Modes doux/TC

Nouvelle branche / antenne / débranchement de la ligne de B.H.N.S. du centre ville, à partir du boulevard du Coq d'Argent

Axe Transports Collectifs structurant Nord - Sud traversant le quartier de la Constance et reliant les deux lignes de B.H.N.S.

Prolongement / adaptation de lignes urbaines existantes

Desserte rapide vers le pôle d'échanges de Plan d'Aillane

Objectif pour les résidents et les salariés : des fréquences attractives adaptées aux besoins (un bus toutes les 10 mn en moyenne ?)

Un quartier de la Constance proposant des alternatives à la voiture particulière, pour ne plus être dépendant du seul mode « Voiture Particulière »

Des aménagements pour encourager l'usage du vélo pour les liaisons internes au quartier et les relations avec le tissu urbain environnant ….pour remplacer progressivement la 2nde voiture :

Maillage interne au quartier, intégrant des cheminements dédiés et des rues toutes accessibles aux vélos (zones 30 / zone de rencontre)

Maillage avec les itinéraires cyclables existants au nord de la Z.A.C. de la Constance et
Liaison Vélo « Express » Les Milles – Aix en Provence
Liaison le long du vallon de la Thumine

Des stationnements Vélos sur voirie et en pied d'immeubles (sécurisés) : 1,5 à 2 place par logement et 1 m² / 100 m² SHON d'activités tertiaires
A l'échelle du quartier : à minima 5 000 emplacements à intégrer

Mise en place de services de location et d'entretien de vélos, y compris de Vélos à Assistance Electrique
Mise à disposition d'un V.A.E. (compte tenu des contraintes topographiques sur certains secteurs)

Plan de Déplacements Inter Entreprises sur le secteur tertiaire
Plan de mobilité scolaire associé aux futurs établissements scolaire(s) du quartier : « autobus pédestre » /Pedibus

Des évolutions sensibles sur la place accordée à la voiture

Réduire l'espace accordée à la voiture dans les espaces publics et collectifs

Parkings « Visiteurs » aux entrées des îlots et/ou au droit des portes d'entrée au quartier, Stationnement sur voirie limité aux places pour Personnes à Mobilité Réduite et à quelques places face aux commerces

Programme d'habitat : ne pas dépasser une place par logement, voire 1 place / 60 m², Enjeu : réduction du taux de motorisation des ménages

Programme tertiaire : limitation des places offertes (1 place pour 80-120 m² de bureaux ?)

De part et d'autre des axes de transports en commun « lourds » (rayon de 300/350 m)

Une nouvelle conception et gestion des places offertes pour favoriser les modes doux autour des îlots résidentiels et limiter la circulation automobile interne

Parkings mutualisés entre les différentes opérations en marge du quartier, sous forme d'ouvrages éventuellement mutables

Parkings mutualisés habitat en soirée (mise à distance de la 2ème voiture) / Activités tertiaires en journée, avec bornes électriques et emplacements réservés au covoiturage

Modalités de gestion envisageables : parkings payants le jour, avec tarification résident

Des évolutions sensibles sur la place accordée à la voiture

Une circulation automobile réduite et apaisée au sein du quartier de la Constance

Un réseau de voirie clairement hiérarchisé au service des futurs résidents et usagers de la Z.A.C. de la Constance

- → ***Des voies de desserte principales ; accès au quartier depuis les secteurs limitrophes,***
- → ***Des voies de desserte secondaires pour la desserte résidentielle (mise en place de boucles résidentielles) et l'accès aux équipements publics***

Des voiries raisonnablement dimensionnées et ne laissant aucune place au stationnement « sauvage »

Un traitement des voies de desserte des îlots à sens unique et en zones 30 voire en zone de rencontre

Des trafics de transit actuels détournés du cœur de la Z.A.C. de la Constance pour préserver la qualité de vie (par le bd de l'Ensoleillée et les RD64/RD18).

Un aménagement de l'espace public pour tous qui donne toute leur place aux modes actifs

Des cheminements dédiés

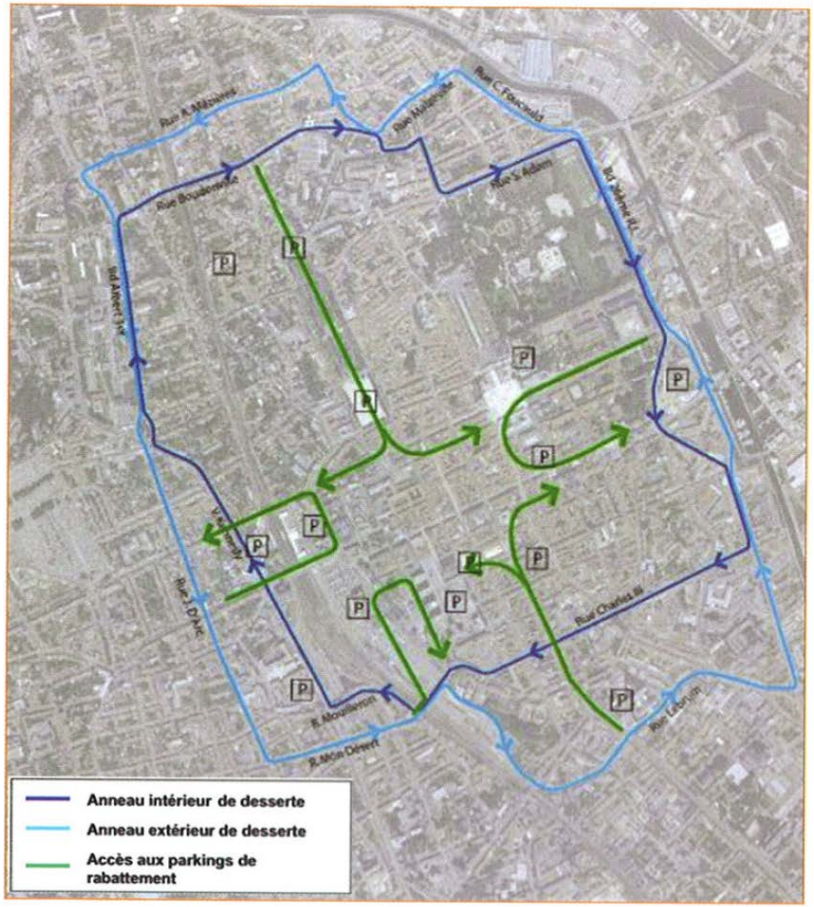
Des lieux de promenade

Les principes d'organisation des déplacements en images









Les principes d'organisation des déplacements en images





Programme de logements

	Moyen terme	Long terme	Total
Nombre de logements	1500	1700	3200
Nombre de personnes/logement	2,3	2,3	
Nombre de déplacements tous modes/personne/jour	3,95	3,75	
Déplacements sur place	5%	10%	
Part modale VP (y/c covoiturage)	55%	40%	
Part modale TC / Modes doux	45%	60%	
Trafic VP par jour deux sens (véh/jour)	**7120**	**5282**	**12402**
Déplacements TC + Modes doux par jour deux sens	**6132**	**8803**	**14936**
Part du trafic VP en H.P.M.	12,00%	12,00%	
Part du trafic VP en H.P.S.	10,00%	10,00%	

Répartition des flux VP entrant / sortant du programme de logement

	Entrée	Sortie
H.P.M.	95,00%	5,00%
H.P.S.	11,00%	89,00%

Répartition des flux VP entrant / sortant - MOYEN term

	Entrée	Sortie	Total
H.P.M.	**812**	**43**	**854**
H.P.S.	**78**	**634**	**712**

Répartition des flux VP entrant / sortant - LONG terme

	Entrée	Sortie	Total
H.P.M.	**602**	**32**	**634**
H.P.S.	**58**	**470**	**528**

Répartition des flux VP entrant / sortant - TOTAL

	Entrée	Sortie	Total
H.P.M.	**1 414**	**74**	**1 488**
H.P.S.	**136**	**1 104**	**1 240**

A terme



14 900 par jour



7 360 hab.



12 400 par jour

Programme de logements étudiants			
	Moyen terme	Long terme	Total
Nombre de logements	200	200	400
Nombre de personnes/logement	1,1	1,1	
Nombre de déplacements tous modes/personne/jour	3,20	2,90	
Déplacements sur place	5%	10%	
Part modale VP (y/c covoiturage)	50%	35%	
Part modale TC / Modes doux	50%	65%	
Trafic VP par jour deux sens (véh/jour)	**334**	**201**	**535**
Déplacements TC + Modes doux par jour deux sens	**352**	**415**	**767**
Part du trafic VP en H.P.M.	12,00%	12,00%	
Part du trafic VP en H.P.S.	10,00%	10,00%	

Répartition des flux VP entrant / sortant du programme de logement

	Entrée	Sortie
H.P.M.	95,00%	5,00%
H.P.S.	11,00%	89,00%

Répartition des flux VP entrant / sortant - MOYEN term

	Entrée	Sortie	Total
H.P.M.	**38**	**2**	**40**
H.P.S.	**4**	**30**	**33**

Répartition des flux VP entrant / sortant - LONG terme

	Entrée	Sortie	Total
H.P.M.	**23**	**1**	**24**
H.P.S.	**2**	**18**	**20**

Répartition des flux VP entrant / sortant - TOTAL

	Entrée	Sortie	Total
H.P.M.	**61**	**3**	**64**
H.P.S.	**6**	**48**	**54**

A terme



770 par jour



400 logements étudiants



540 par jour

Programme commercial			
	Moyen terme	Long terme	Total
Surface de vente envisagée	2200	2200	4400
Nombre de véh/100 m² de surface de vente en H.P.S.	4	4	
Part des trafics VP extérieurs	50%	50%	
Part des déplacements sur place (modes doux)	50%	50%	
Trafic VP en H.P.S. deux sens (véh/h)	**44**	**44**	**88**
Part des flux VP entrant	50,00%	50,00%	
Part des flux VP sortant	50,00%	50,00%	

Répartition des flux VP entrant / sortant - MOYEN terme			
	Entrée	**Sortie**	**Total**
H.P.S.	**22**	**22**	**44**
Répartition des flux VP entrant / sortant - LONG terme			
	Entrée	**Sortie**	**Total**
H.P.S.	**22**	**22**	**44**
Répartition des flux VP entrant / sortant - TOTAL			
	Entrée	**Sortie**	**Total**
H.P.S.	**44**	**44**	**88**

A terme



450 par jour

4 400 m²



450 par jour

Programme de bureaux (activités tertiaires)			
	Moyen terme	Long terme	Total
Surface de planchers en m²	35000	35000	70000
Nombre de m² par emploi	30	30	
Nombre d'emplois	1167	1167	
Nombre de déplacements tous modes/emploi/jour	2,40	2,20	
Déplacements sur place	5%	10%	
Part modale VP (y/c covoiturage)	55%	40%	
Part modale TC / Modes doux	45%	60%	
Trafic VP par jour deux sens (véh/jour)	**1463**	**924**	**2387**
Déplacements TC + Modes doux par jour deux sens	**1260**	**1540**	**2800**
Part du trafic VP en H.P.M.	17,00%	17,00%	
Part du trafic VP en H.P.S.	14,00%	14,00%	

Répartition des flux VP entrant / sortant du programme tertiaire

	Entrée	Sortie
H.P.M.	95,00%	5,00%
H.P.S.	11,00%	89,00%

Répartition des flux VP entrant / sortant - MOYEN terme

	Entrée	Sortie	Total
H.P.M.	**236**	**12**	**249**
H.P.S.	**23**	**182**	**205**

Répartition des flux VP entrant / sortant - LONG terme

	Entrée	Sortie	Total
H.P.M.	**149**	**8**	**157**
H.P.S.	**14**	**115**	**129**

Répartition des flux VP entrant / sortant - TOTAL

	Entrée	Sortie	Total
H.P.M.	**386**	**20**	**406**
H.P.S.	**37**	**297**	**334**

A terme



2 800 par jour



2 330 emplois



2 390 par jour

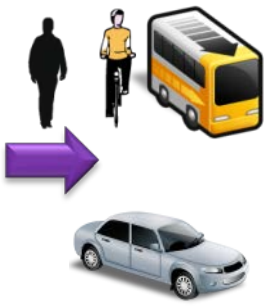
Répartition des flux VP entrant / sortant - MOYEN terme			
	Entrée	Sortie	Total
H.P.M.	1 086	57	1 143
H.P.S.	127	868	994
Répartition des flux VP entrant / sortant - LONG terme			
	Entrée	Sortie	Total
H.P.M.	774	41	815
H.P.S.	97	625	722
Répartition des flux VP entrant / sortant - TOTAL			
	Entrée	Sortie	Total
H.P.M.	1 860	98	1 958
H.P.S.	223	1 493	1 716

Volumes journaliers	Trafic automobile	Autres modes	Total
Moyen terme	9138	7964	17 102
Long terme	6627	10 978	17 605
Total	15 765	18 942	34 707

7 800 hab.
2 330 emplois
4 400 m² de commerces

A terme





18 940 par jour

15 770 par jour

→ Des besoins de déplacements piétons et cyclables et en transports en commun loin d'être secondaires……en complément des déplacements assurés en voiture particulière
→ Comment répondre à une demande évaluée à près de 35 000 déplacements quotidiens dont un trafic automobile en heure de pointe variant entre 1 700 et 2 000 véh/h en moyenne dans les deux sens de circulation ?
→ Quelles portes d'entrées et de sorties ?
→ Quels choix en matière d'organisation viaire afin que chaque mode trouve sa place ?

7 800 habitants + 2 330 emplois + 4 400 m² de commerces

Nouvelles pratiques de mobilité

A terme





18 900 par jour



15 770 par jour

Maintien des tendances actuelles (« si rien n'est fait »)

A terme





11 100 par jour



23 600 par jour

Un maintien des parts modales actuelles qui augmente significativement les trafics générés de près de 50 % ! Et donc les besoins en matière d'amélioration du réseau de voirie.



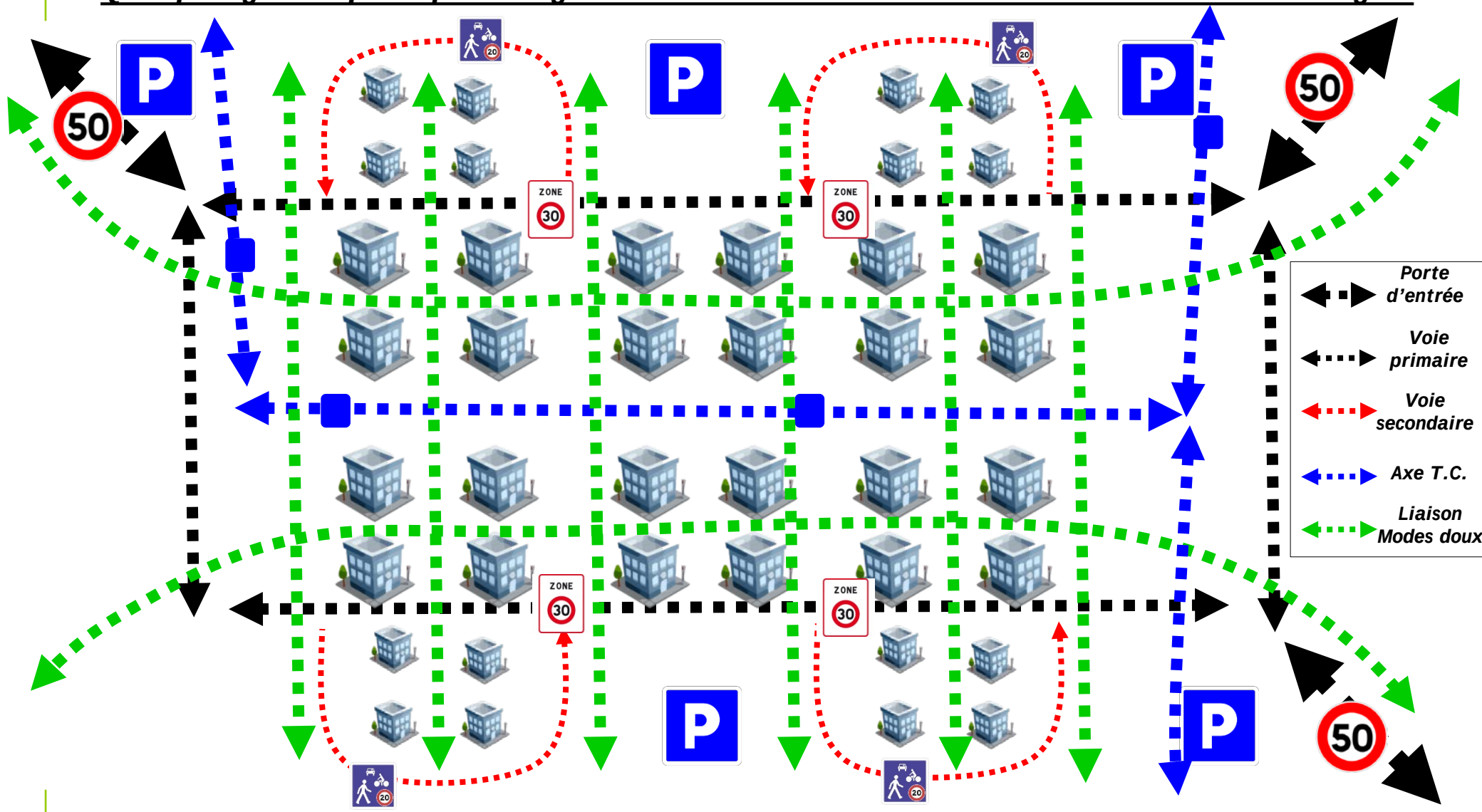
	Surface de terrains
NORD OUEST	50 000 m²
OUEST	83 500 m²
NORD	100 000 m²
COEUR	120 000 m²
EST	31 500 m²
TOTAL	385 000 m² (38,5 hectares)

Phase 3

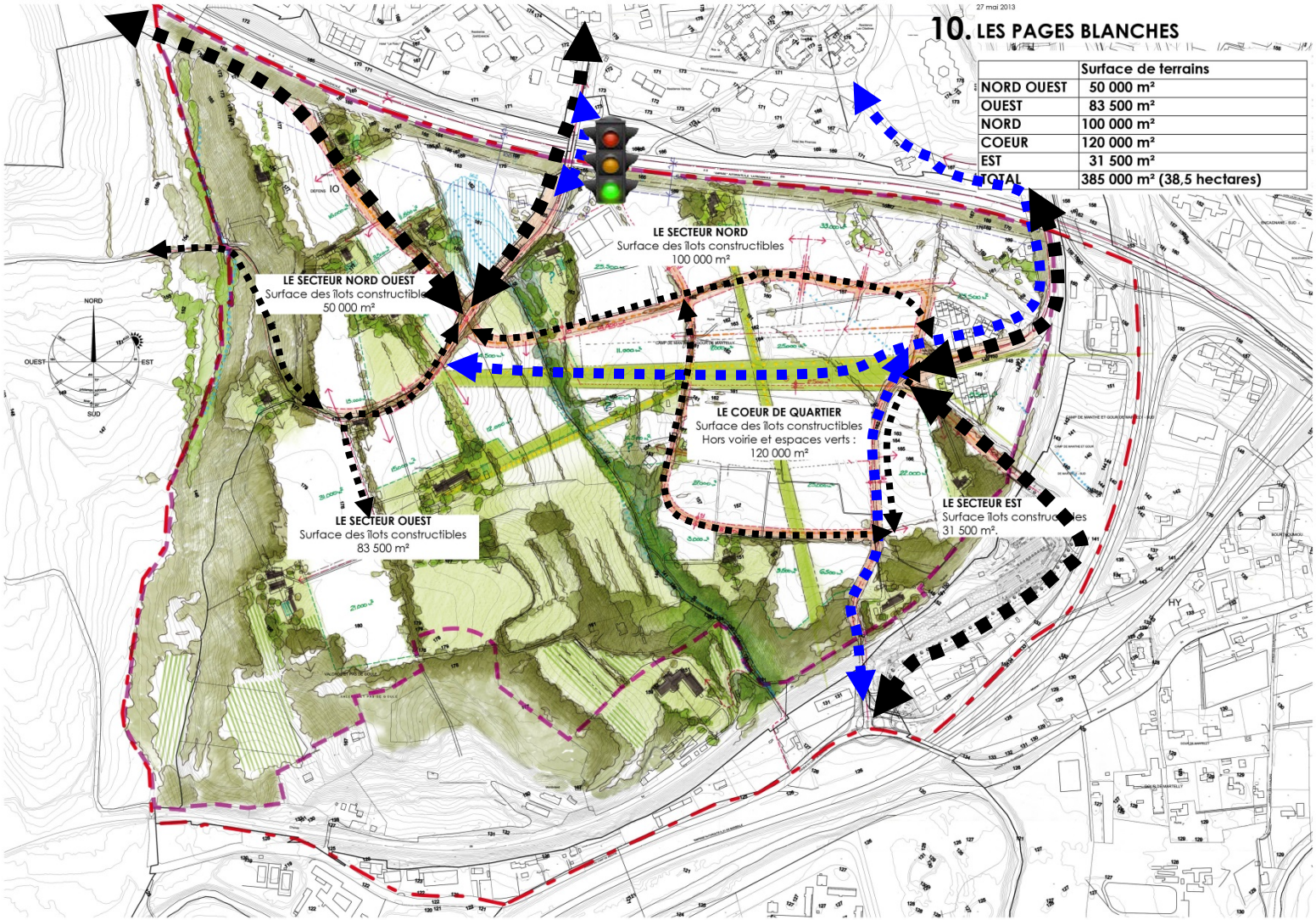
-

Evaluation des impacts circulatoires

Quelques grands principes d'organisation et de hiérarchisation du réseau viaire à intégrer



Le réseau viaire envisagé de la future ZAC



Porte d'entrée

Voie primaire

Axe T.C.

Liaison Modes doux

Les voies secondaires seront définies dans la suite des études de projet.

Les principes de desserte en Transports en Commun envisagés de la Z.A.C. de la Constance

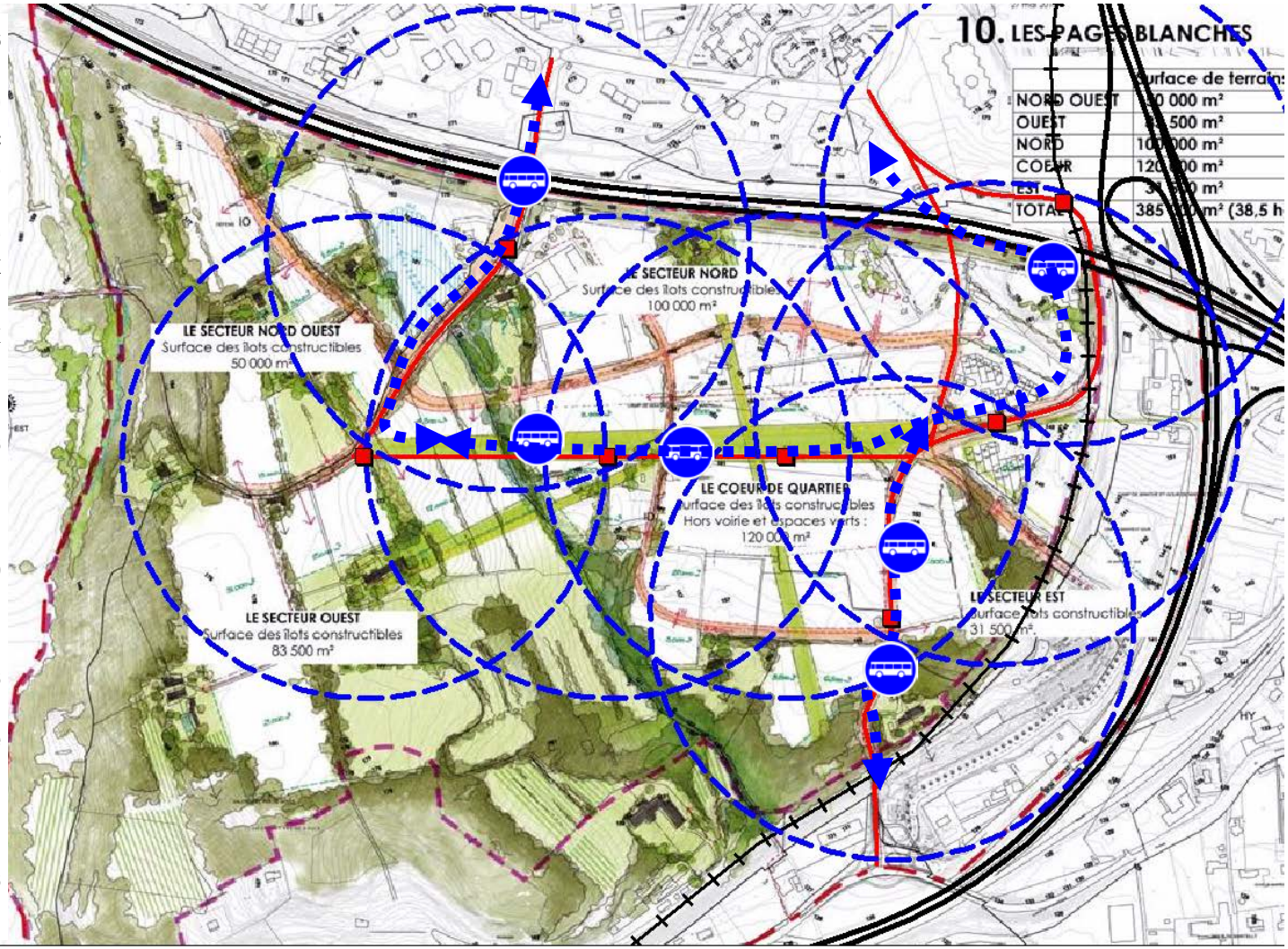
→ **Un accès Nord « protégé » par des sites propres Bus, jusqu'au boulevard du Coq d'Argent (connexion vers la ligne B.H.N.S.)**

- **par la Route de Valcros, avec élargissement ou doublement de l'ouvrage d'art de franchissement d'A8 et couloir bus dédié de part et d'autre ou à minima gestion alternée des flux sur l'OA d'A8 avec priorité Bus OU**
- **par un franchissement d'A8 dédié aux transports en commun et aux modes doux**

→ **Un accès « sud » : Par l'actuel chemin des Aubépines (à terme fermé à la circulation automobile) jusqu'au giratoire des Aubépines, « connecté » à terme au couloir bus projeté sur l'avenue du Club Hippique.**

→ **Un positionnement des axes TC et des points d'arrêt au cœur de la Z.A.C. : L'ensemble des surfaces aménageables se situe à moins de 300 m des T.C.**

→ **Un potentiel à exploiter ! Par des fréquences de desserte attractives (un bus toutes les 5 - 7 mn en pointe ?)**



Les principes de desserte en Transports en Commun envisagés de la Z.A.C. de la Constance



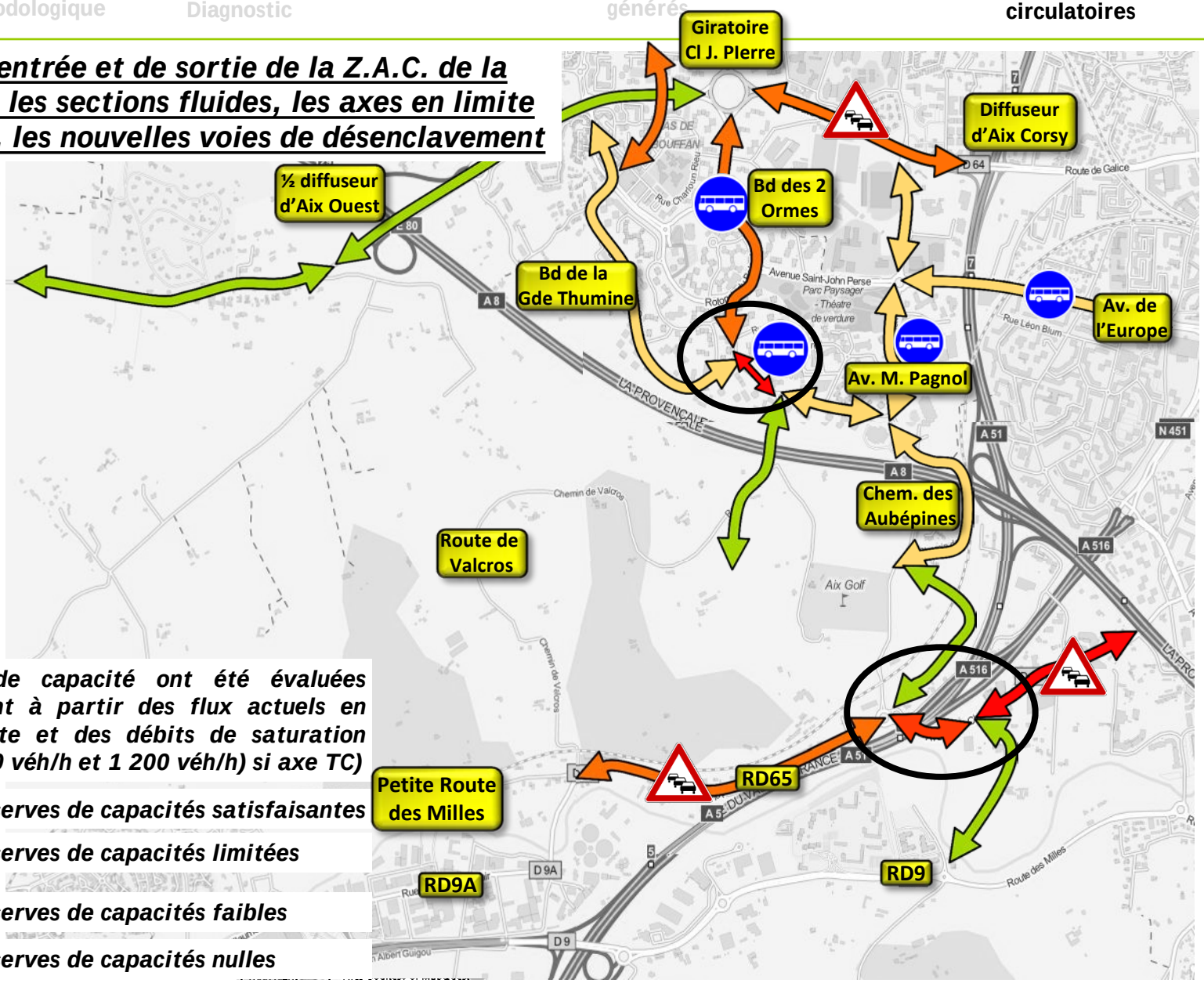
Boulevard du Coq d'Argent et Avenue Pablo Picasso : Réaménagement des carrefours intégrant une priorité Bus :

- Giratoire Bd du Coq d'Argent / Route de Valcros : giratoire à feux ou carrefour à feux

- Giratoire Av de Deffens – Bd de la - Grande Thumine : giratoire à feux ou carrefour à feux

- Carrefour Avenue P. Picasso – Chemin des Aubépines : carrefour à feux ou giratoire à feux

Portes d'entrée et de sortie de la Z.A.C. de la constance : les sections fluides, les axes en limite de capacité, les nouvelles voies de désenclavement



Ces réserves de capacité ont été évaluées quantitativement à partir des flux actuels en heures de pointe et des débits de saturation deux sens (1 500 véh/h et 1 200 véh/h) si axe TC)

- ***Réserves de capacités satisfaisantes***
- ***Réserves de capacités limitées***
- ***Réserves de capacités faibles***
- ***Réserves de capacités nulles***

Répartition des trafics au droit des portes d'entrée / sortie suivant les capacités futures du réseau de voirie = 1 140 véh/h en Heure de Pointe du Matin A MOYEN TERME

Au droit des 4 portes d'entrée/sortie principales :

→ Un trafic actuel de 3 660 véh/h

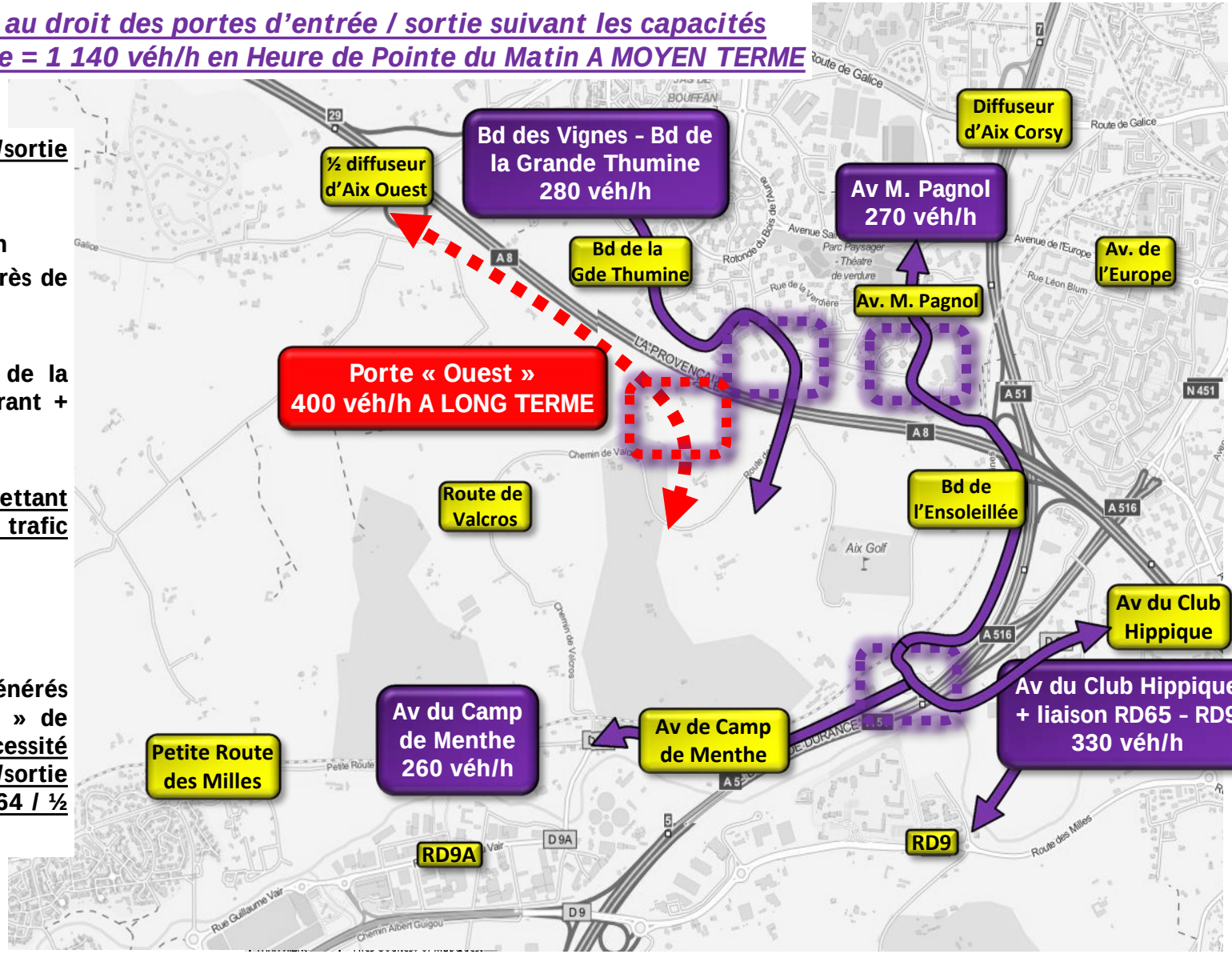
→ Des réserves de capacité de près de 1 600 véh/h

Un trafic généré par la Z.A.C. de la Constance de 1 140 véh/h (entrant + sortant) A MOYEN TERME

Des réserves de capacité permettant de répondre à la demande de trafic supplémentaire A MOYEN TERME

MAIS

A LONG TERME : 1 960 véh/h générés par la Z.A.C., soit un « déficit » de près de 400 véh/h et la nécessité d'aménager une porte d'entrée/sortie supplémentaire à partir de la RD64 / ½ diffuseur d'Aix Ouest



Répartition des trafics au droit des portes d'entrée / sortie suivant les capacités futures du réseau de voirie = 990 véh/h en Heure de Pointe du Soir

Au droit des 4 portes d'entrée/sortie principales :

→ Un trafic actuel de 4 390 véh/h

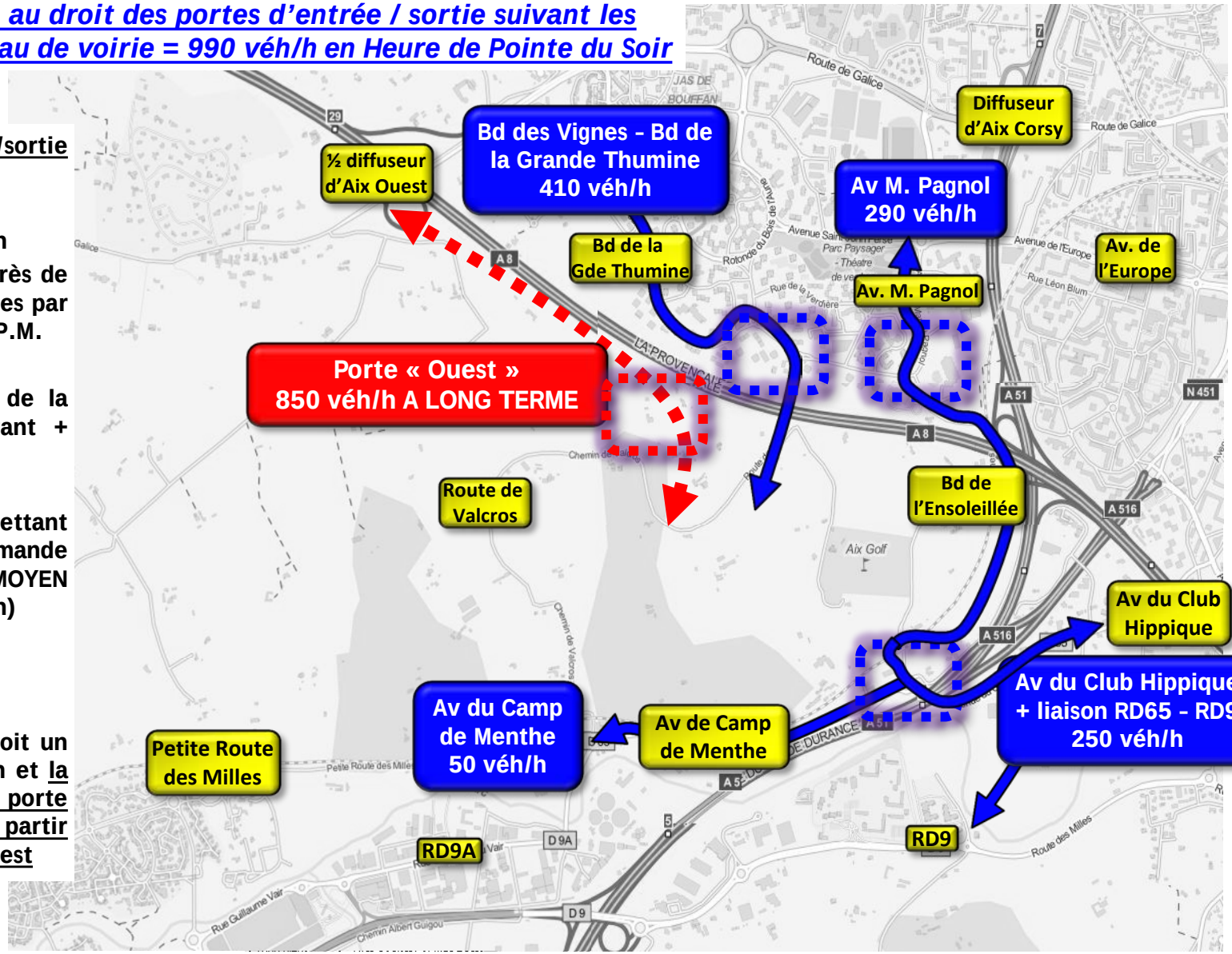
→ Des réserves de capacité de près de 860 véh/h, nettement plus limitées par rapport à celles identifiées en H.P.M.

Un trafic généré par la Z.A.C. de la Constance de 990 véh/h (entrant + sortant)

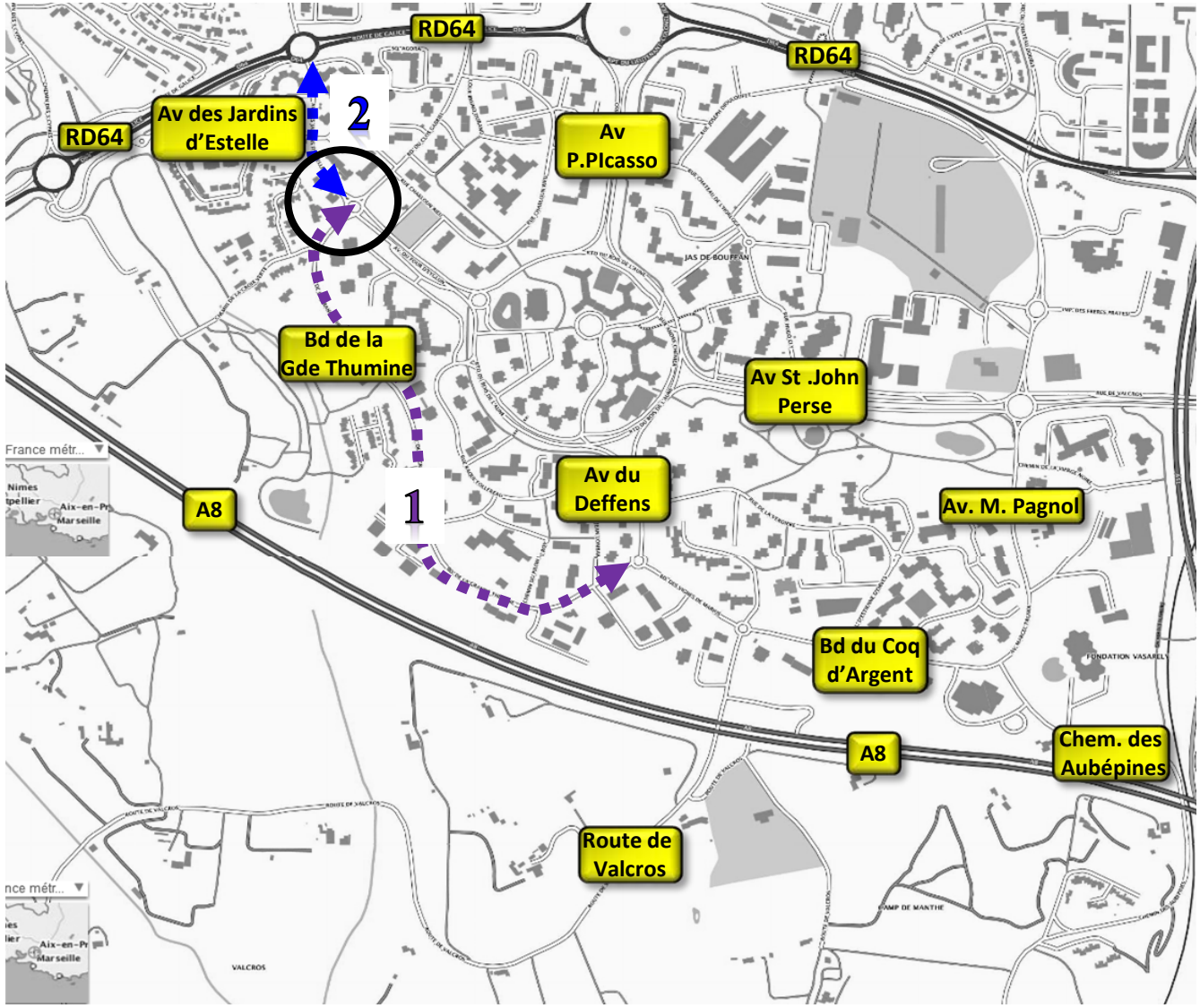
Des réserves de capacité permettant quasiment de répondre à la demande de trafic supplémentaire A MOYEN TERME (léger déficit de 100 véh/h)

MAIS

A LONG TERME : 1 720 véh/h, soit un « déficit » de près de 850 véh/h et la nécessité d'aménager une porte d'entrée/sortie supplémentaire à partir de la RD64 / ½ diffuseur d'Aix Ouest



Les propositions de principe d'aménagement du réseau viaire



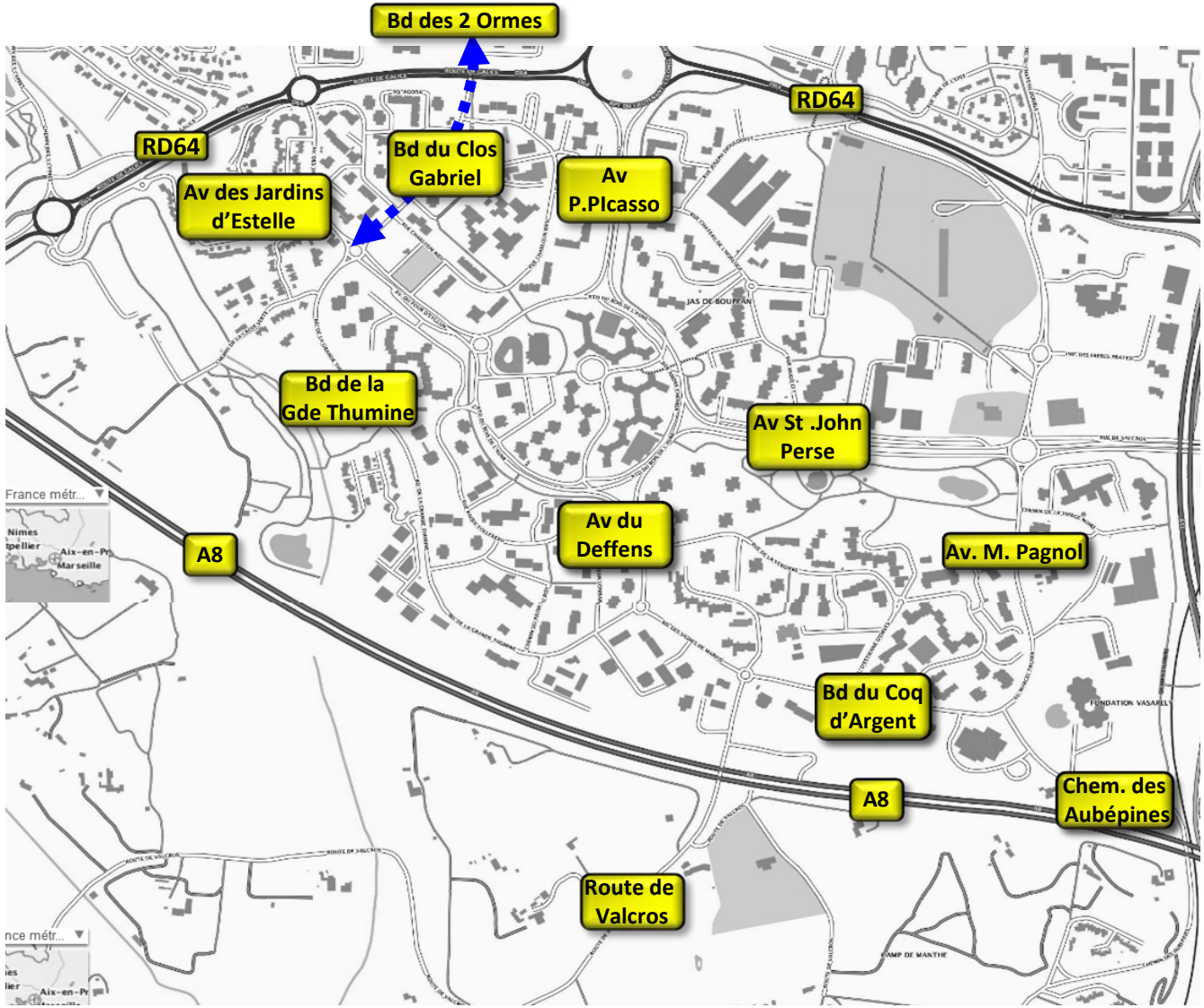
1 - Boulevard de la Grande Thumine :

- **Une voirie urbaine correctement dimensionnée intégrant des dispositifs de modération des vitesses (plateaux piétons),**
- **Des stationnements latéraux à maintenir**
- **Giratoire Bd de la Grande Thumine - Avenue des Jardins d'Estelle : Optimisation des caractéristiques du giratoire (élargissement des entrées à deux voies)**

2 - Avenue des Jardins d'Estelle :

- **Une voirie urbaine à sécuriser, à rendre plus lisible pour assurer une continuité d'axe entre la Route de Galice et le Bd de la Grande Thumine**
- **Des stationnements latéraux à reconsidérer (suppression)**
- **Des cheminements Piétons à maintenir**

Les propositions de principe d'aménagement du réseau viaire

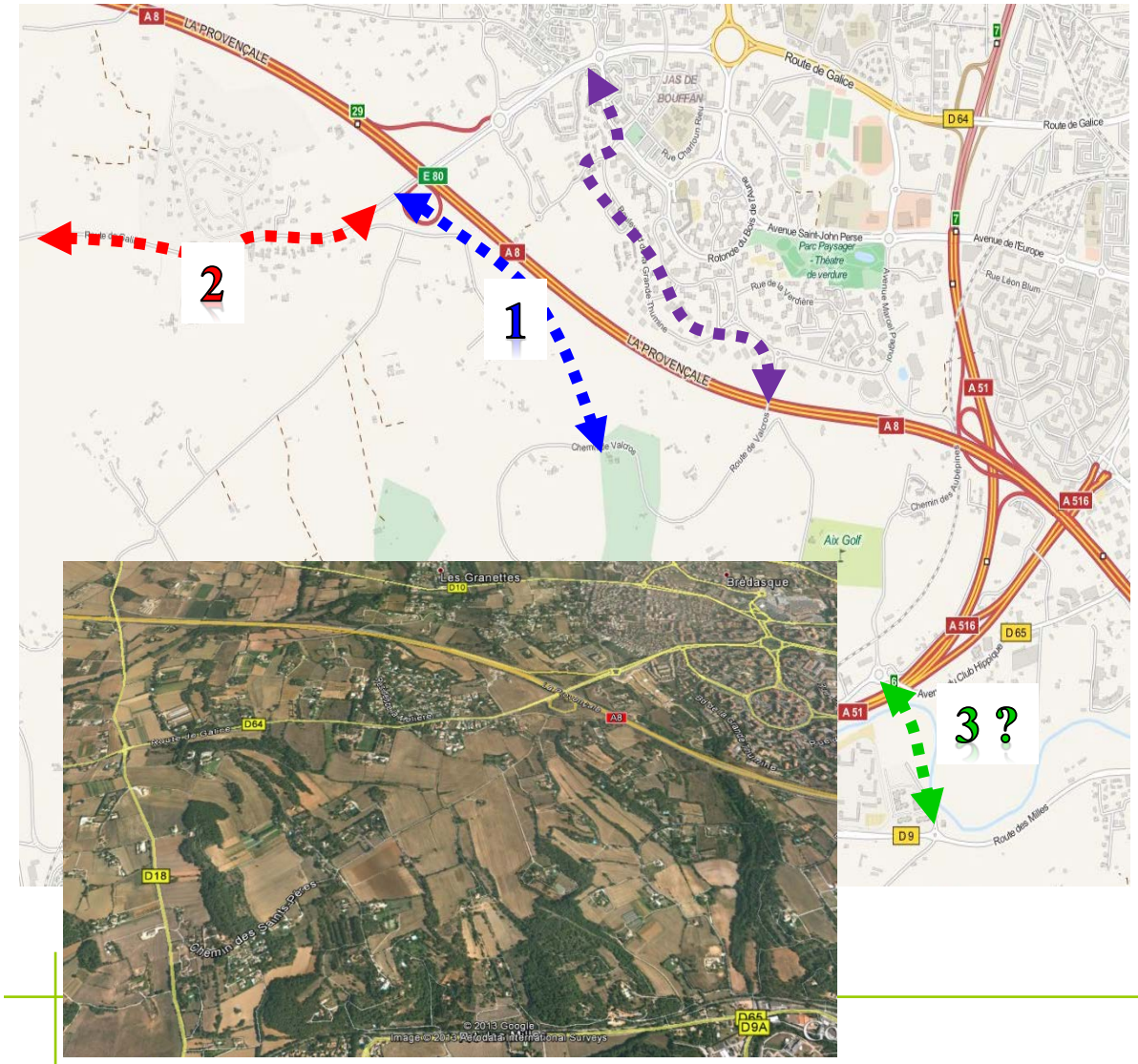


Boulevard du Clos Gabriel et boulevard des Deux Ormes :

- **Des voiries de desserte de quartier, aux caractéristiques urbaines marquées : nombreux plateaux traversant, chicanes, priorité à droite, multiples axes secondaires,**
- **Absence de système d'échanges avec la Route de Galice**
- **Système d'échanges avec la Route de Berre peu lisible, peu sécurisé dont les possibilités d'optimisation sont très limitées**

- **Un axe Nord – Sud à maintenir en l'état afin d'éviter tout apport de trafic et de préserver la qualité de vie locale (quartier apaisé)**

Les propositions de principe d'aménagement du réseau viaire



Liaison Z.A.C. de la Constance - Echangeur Aix Ouest (A8) / RD64 / Ouest C.P.A. :

Rappel : La liaison existante par l'av des Jardins d'Estelle est un itinéraire indirect, injectant un trafic supplémentaire dans le quartier du Jas de Bouffan. Cet itinéraire n'est pas en mesure d'absorber les trafics futurs après réalisation complète de la Z.A.C.

D'où la nécessité d'un accès automobile supplémentaire à la Z.A.C.

→ *1 - Liaison RD64 par une voie parallèle à A8*

- **Une connexion directe pour les usagers en relation avec le Pôle d'Activités des Milles d'une part et Aix centre d'autre part**
- **Une opportunité de valorisation de la Route de Galice bien dimensionnée à 2x2 voies et fluide à l'ouest du giratoire du colonel Jean Pierre**

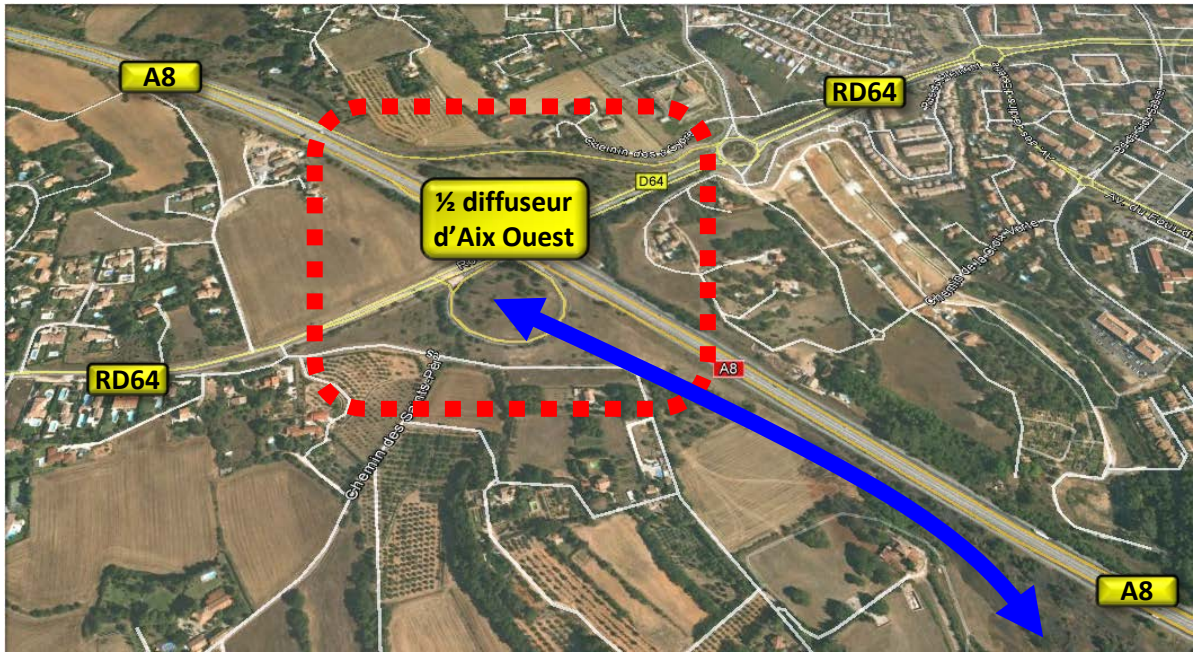
→ ***2 - Aménagement complémentaire :*** **Recalibrage de la RD64 entre Aix Ouest et la RD18 (prochainement élargie), puis à terme vers la RD543 pour offrir un itinéraire alternatif / complémentaire à la desserte du pôle d'activités des Milles.**

OU

→ ***3 - Aménagement d'une liaison viaire directe entre le giratoire des Aubépines et la RD9***

- **Cette liaison directe, sans emprunter l'avenue du Club Hippique, renforcerait la Porte d'entrée/sortie « Sud » de la Z.A.C., en relation avec les infrastructures structurantes A51 et RD9.**
- **Cette voie reste complexe à réaliser au regard des ouvrages et contraintes existantes.**

Les propositions de principe d'aménagement du réseau viaire



Liaison Z.A.C. de la Constance – Echangeur Aix Ouest (A8) / RD64 :

→ ***Scénario à minima :***

Réaménagement du système d'échanges A8 Aix Ouest – Route de Galice, intégrant la sécurisation du débouché de la future voie d'accès Ouest à la Constance → par un carrefour giratoire par exemple

→ ***Réflexion à plus long terme :***

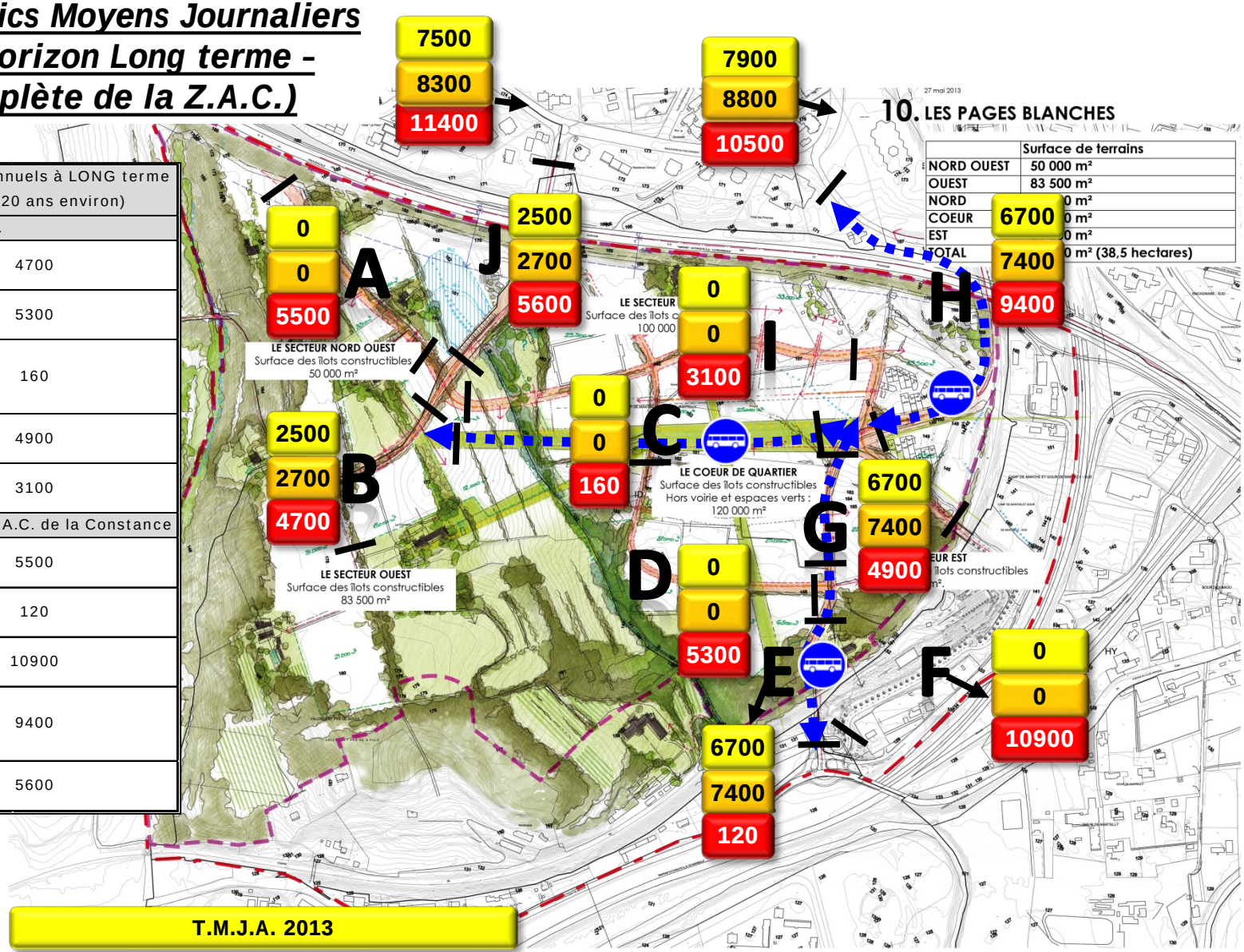
Complément de l'échangeur d'Aix Ouest avec aménagement de bretelles d'entrée et de sortie depuis/vers Aix en Provence.

Cette opération nécessitera une restructuration globale du système d'échanges actuel et notamment de ses connexions sur l'axe départemental RD64.

Plus globalement, ce complément d'échangeur devra être positionné dans une réflexion plus large à l'échelle des déplacements automobiles sur le Pays d'Aix, et plus particulièrement en partie Ouest, et concernant l'accessibilité automobile au Pôle d'Activités des Milles.

Evaluation des Trafics Moyens Journaliers Annuels futurs (horizon Long terme - Réalisation complète de la Z.A.C.)

Evaluation des Trafics Moyens Journaliers Annuels à LONG terme (Z.A.C. intégralement réalisée / horizon 20 ans environ)	
Voies internes à la Z.A.C.	
Voie B Axe de desserte du secteur Ouest	4700
Voie D Axe de desserte du secteur Cœur de quartier	5300
Voie C Axe Bus Est - Ouest (secteur Cœur de quartier) (1 bus/les 7 mn par sens)	160
Voie G Axe Nord - Sud (secteur Cœur de quartier)	4900
Voie I Axe de desserte du secteur Nord	3100
Voies d'accès / Portes d'entrée/sortie de la Z.A.C. de la Constance	
Voie A Porte Ouest - Jonction Aix Ouest / RD64	5500
Voie E Porte Sud - Axe Bus Nord - Sud	120
Voie F Porte Sud - Bd de l'Ensoleillée	10900
Voie H Porte Nord Est - Chemin des Aubépines / Vasarely	9400
Voie J Porte Nord Ouest - Route de Valcros	5600

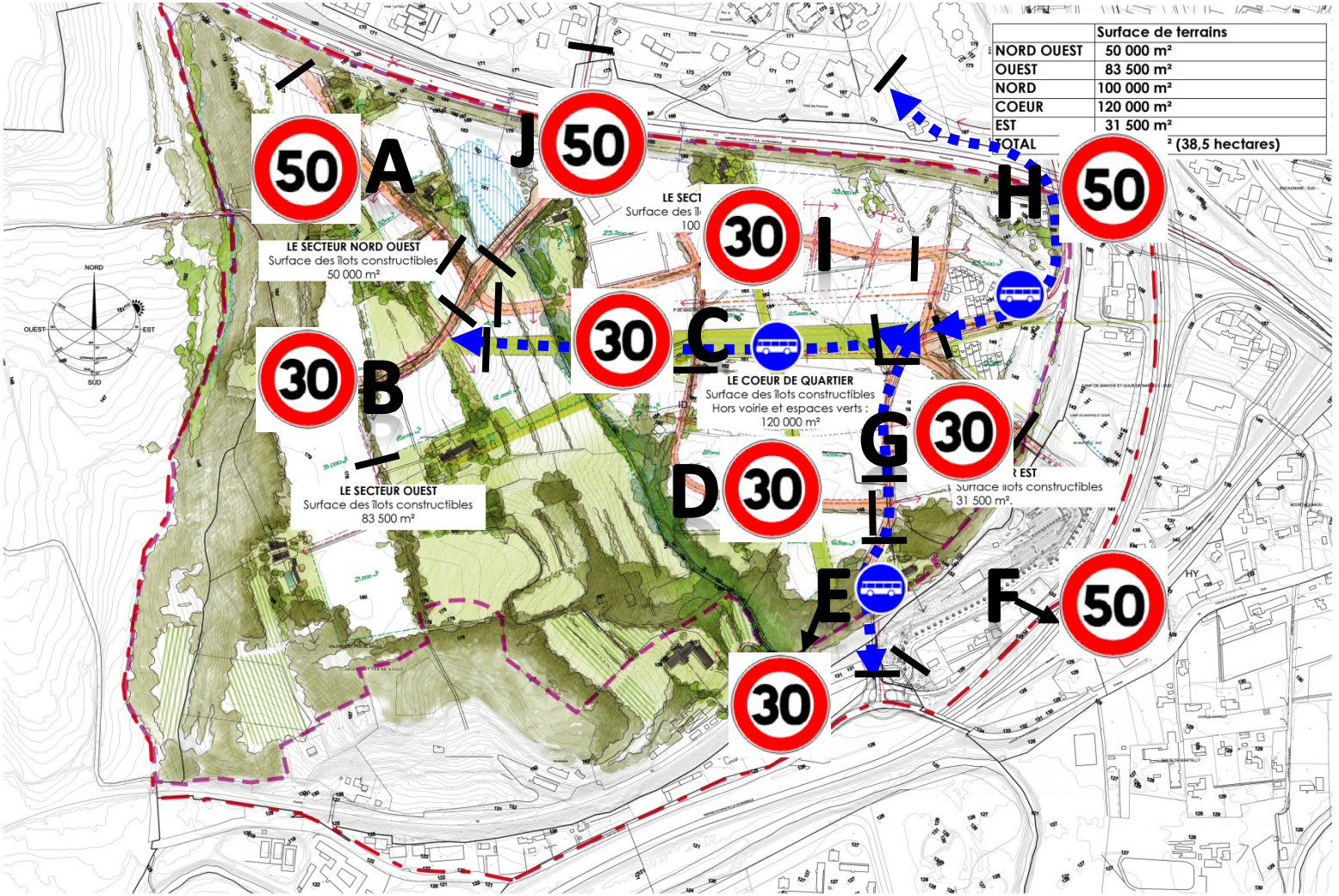


27 mai 2013

10. LES PAGES BLANCHES

	Surface de terrains
NORD OUEST	50 000 m²
OUEST	83 500 m²
NORD	0 m²
COEUR	0 m²
EST	0 m²
TOTAL	0 m² (38,5 hectares)

Hypothèses de limitation de vitesse sur le réseau de desserte de la Z.A.C. de la Constance



PAYS d'AIX Territoires
Société Publique Locale d'Aménagement

ZONE D'AMÉNAGEMENT CONCERTÉ DE LA CONSTANCE

COMMUNE D'AIX EN PROVENCE (13)

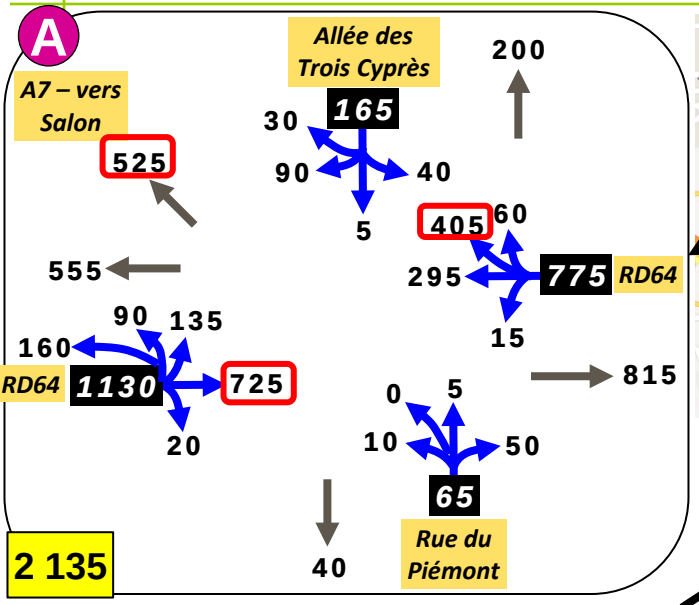
ETUDE D'IMPACT CIRCULATOIRE ET DE DESSERTE

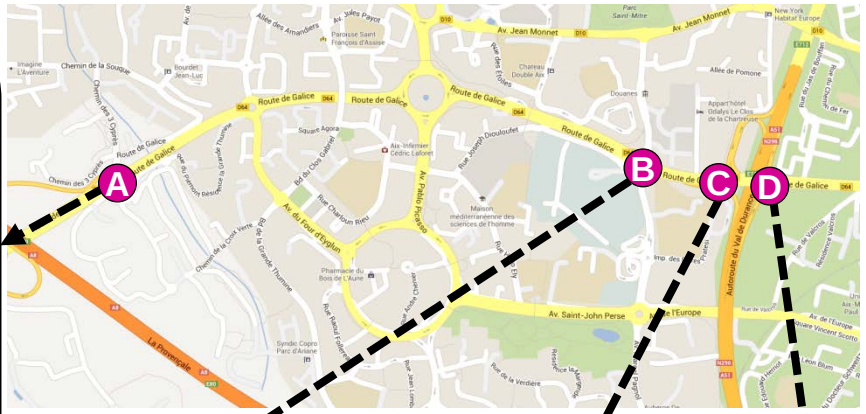
ANNEXE : RELEVÉS DÉTAILLÉS DES COMPTAGES DIRECTIONNELS

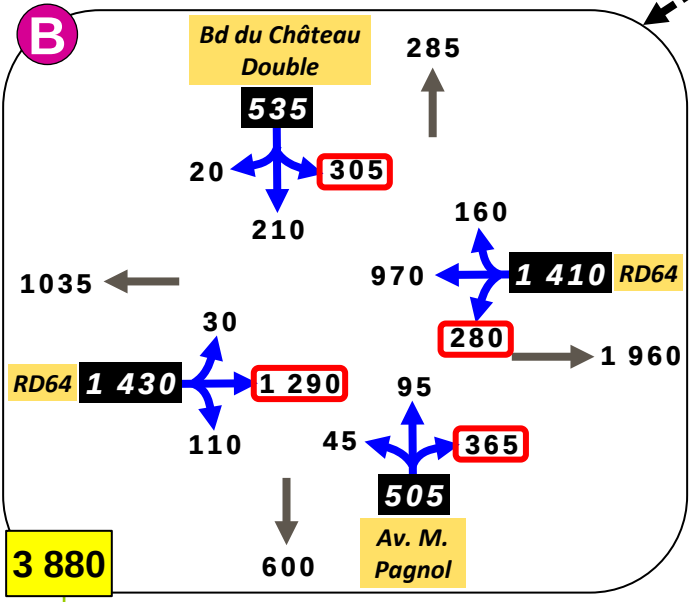
Horizon Conseil
Imaginons les transports, déplaçons les horizons
23 rue Fauchier
13002 Marseille
Tél : 04 91 47 56 63
Fax : 04 91 62 59 80
contact@horizonconseil.com
www.horizonconseil.com

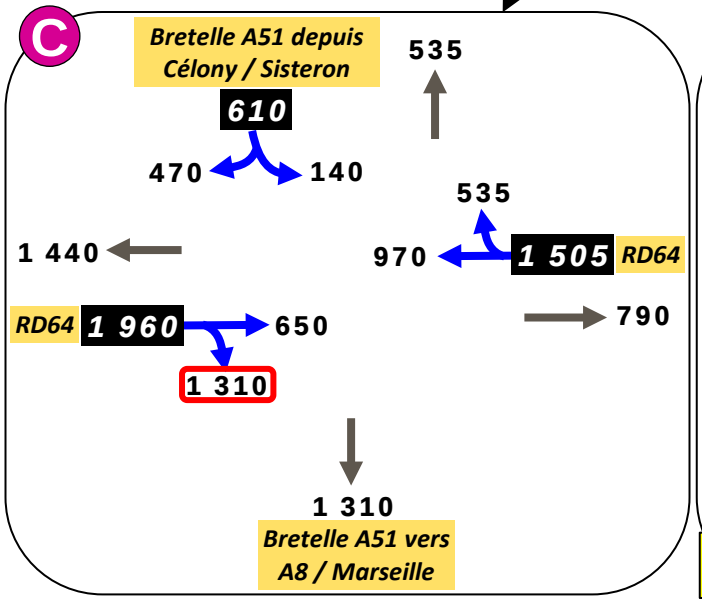
Juin 2013 – Ind A

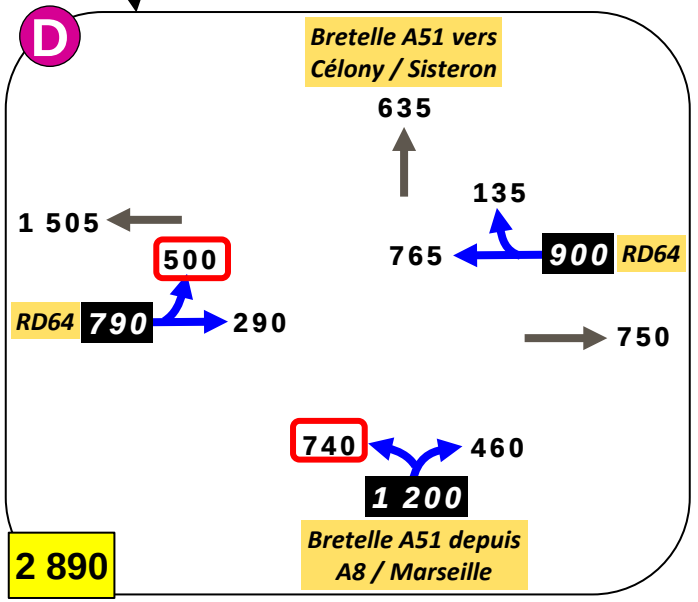
Comptages directionnels de trafics réalisés en Heure de Pointe du Matin : 8h00 - 9h00 1/4





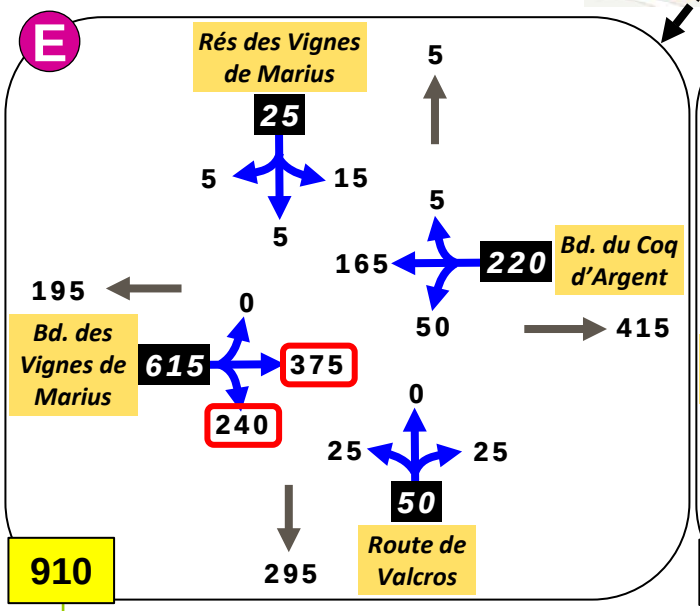


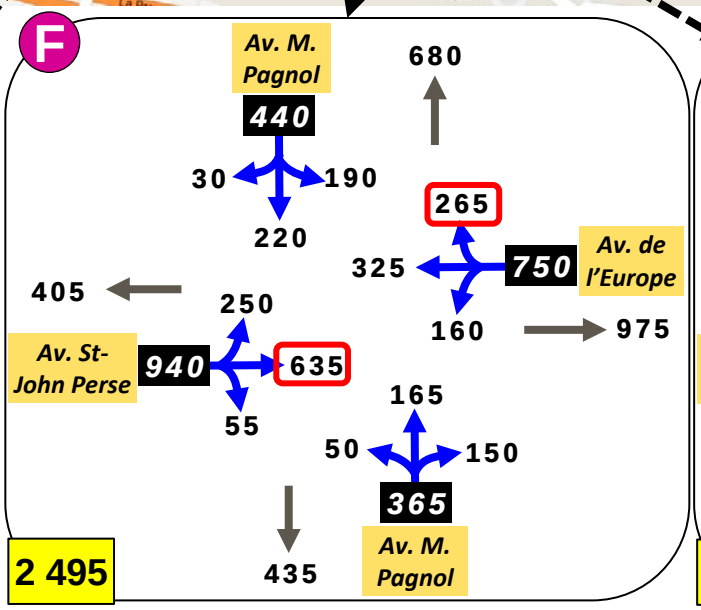


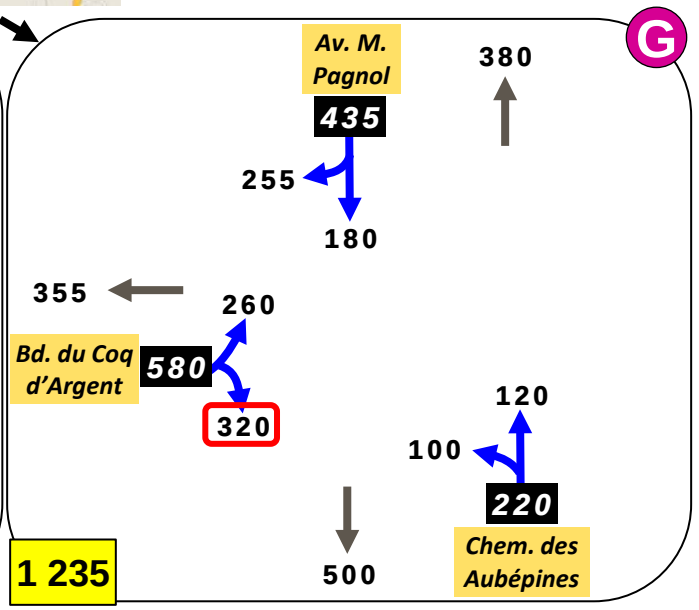


Comptages directionnels de trafics réalisés en Heure de Pointe du Matin : 8h00 - 9h00 2/4

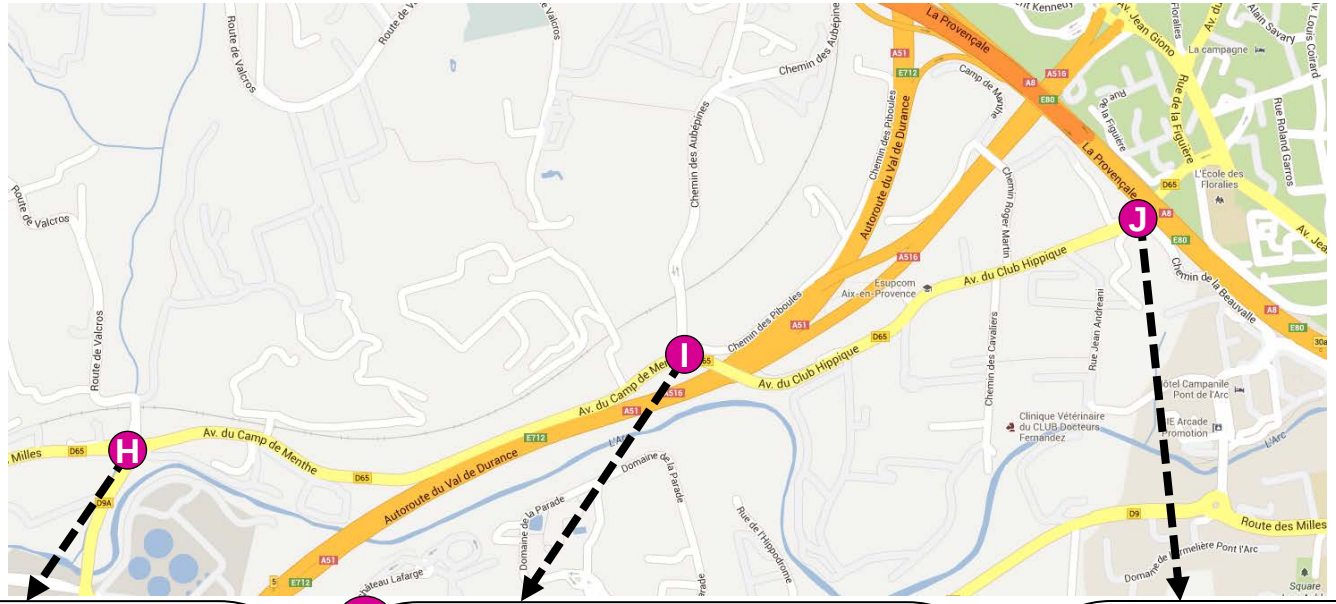


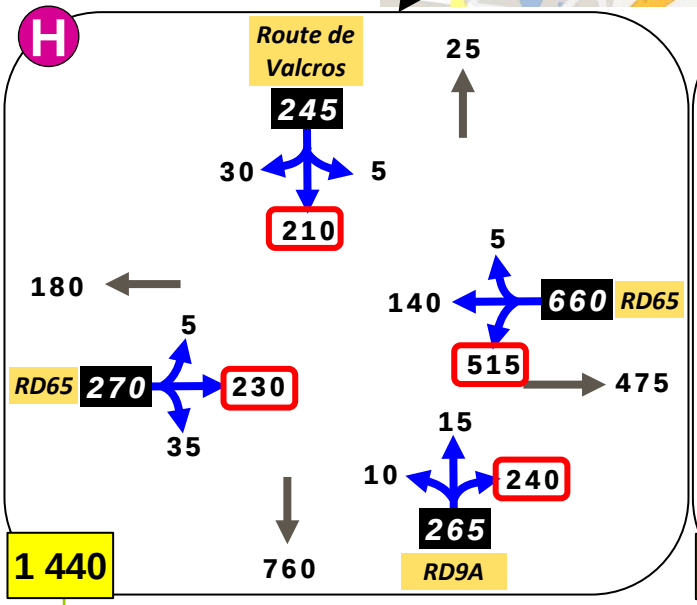


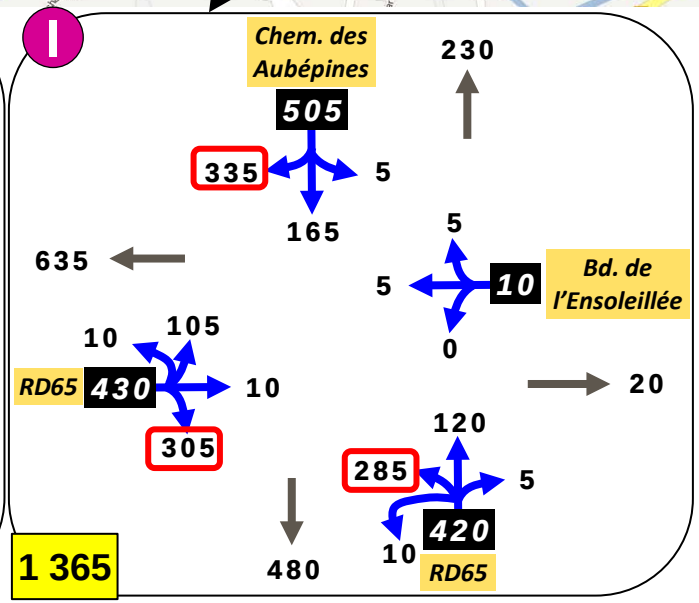


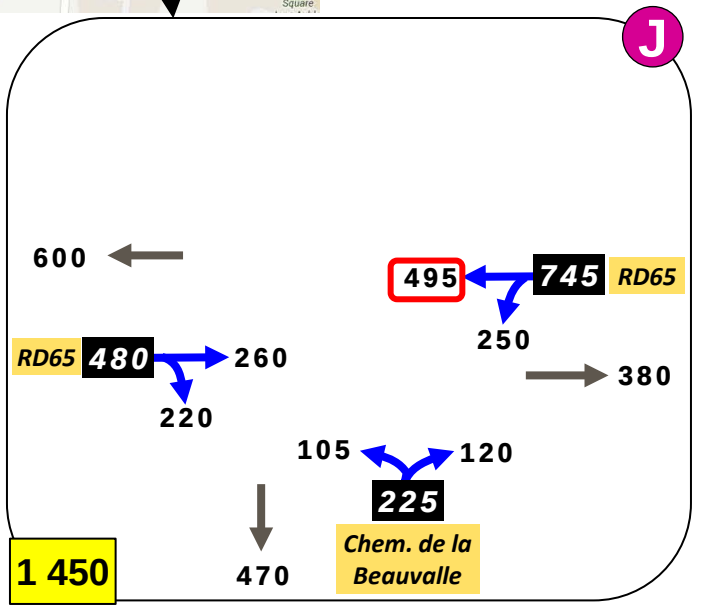


Comptages directionnels de trafics réalisés en Heure de Pointe du Matin : 8h00 - 9h00 3/4

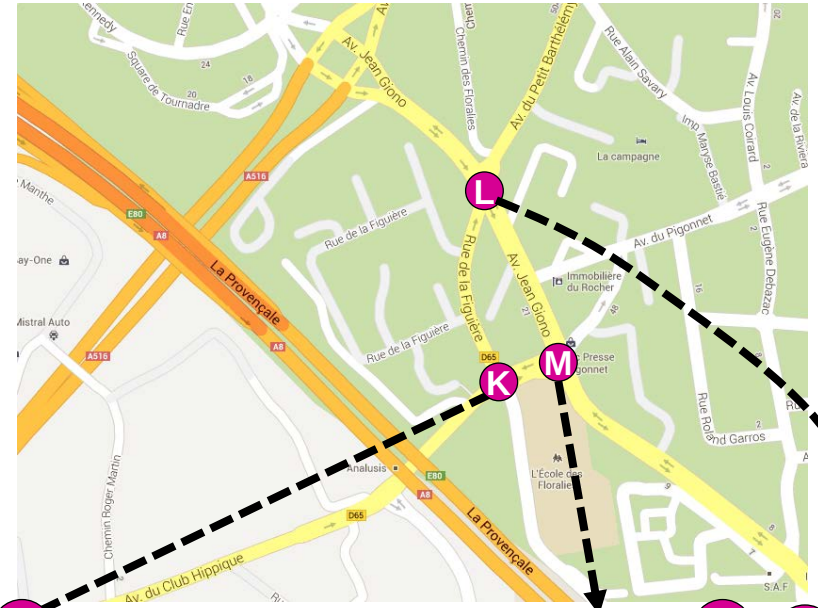


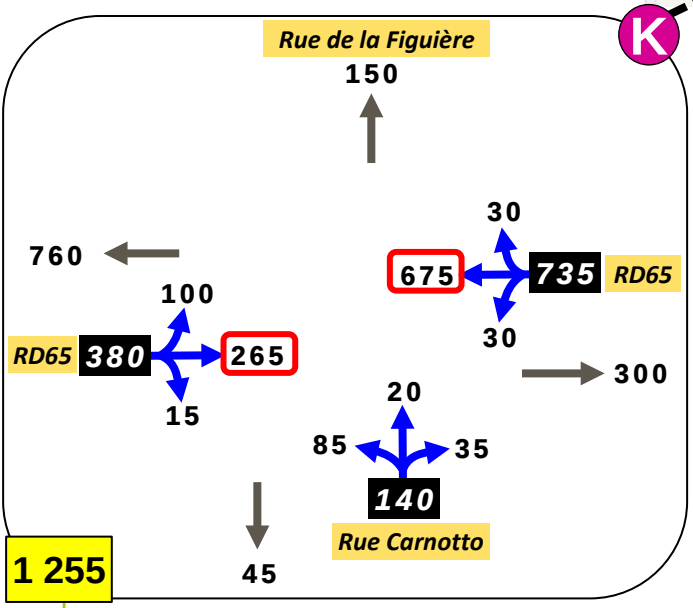


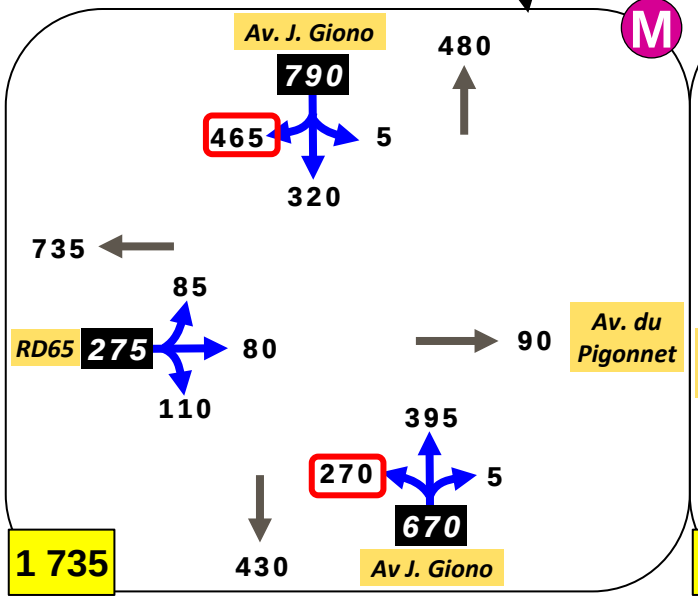


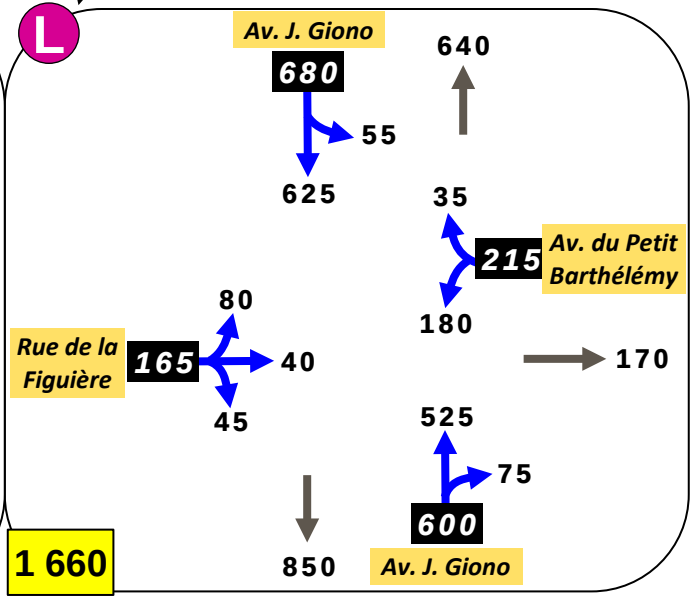


Comptages directionnels de trafics réalisés en Heure de Pointe du Matin : 8h00 – 9h00 4/4

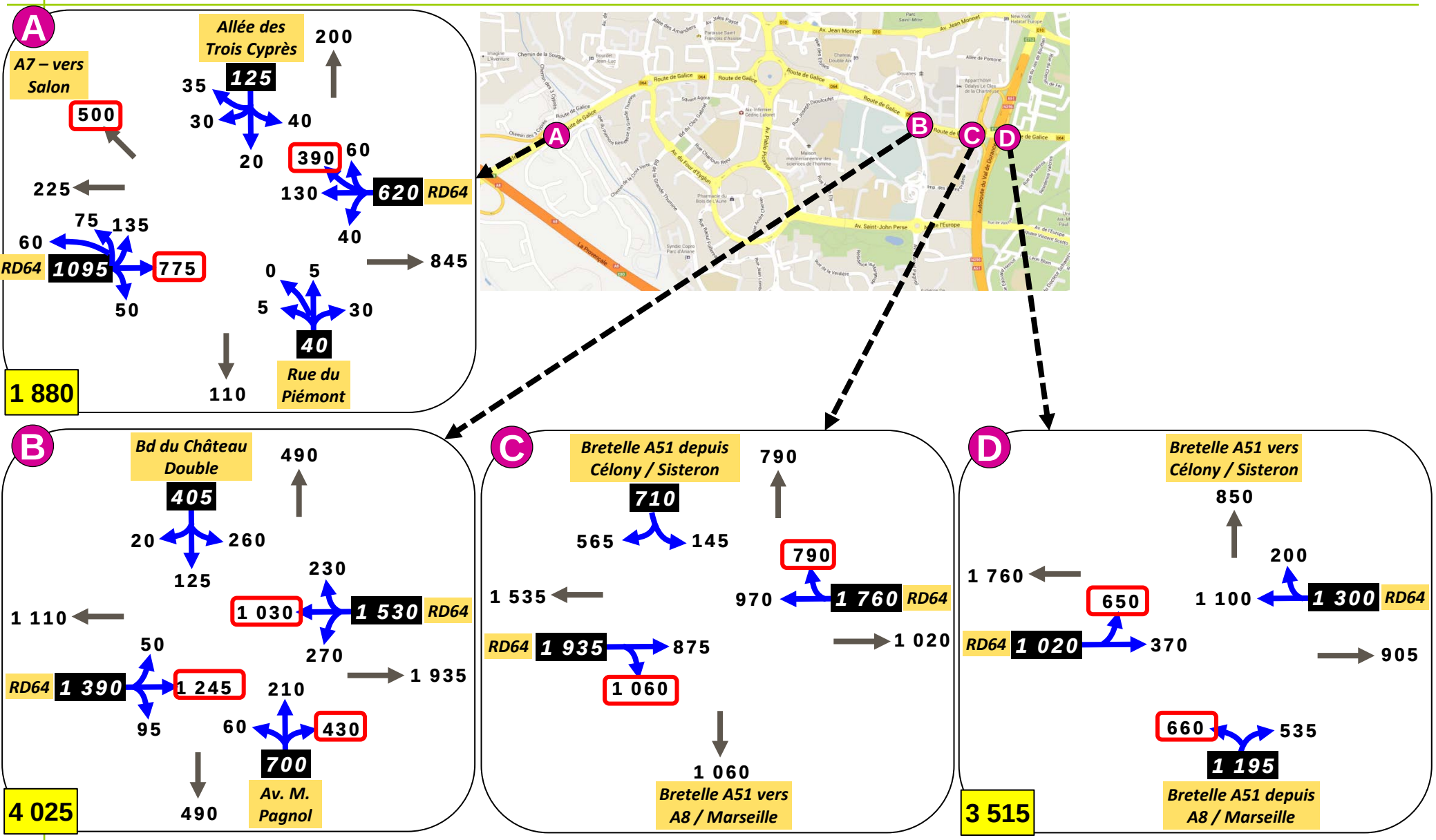






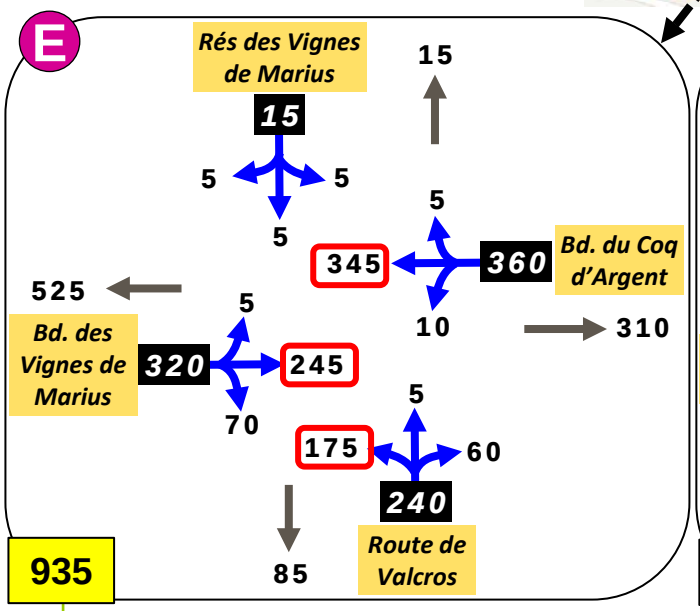


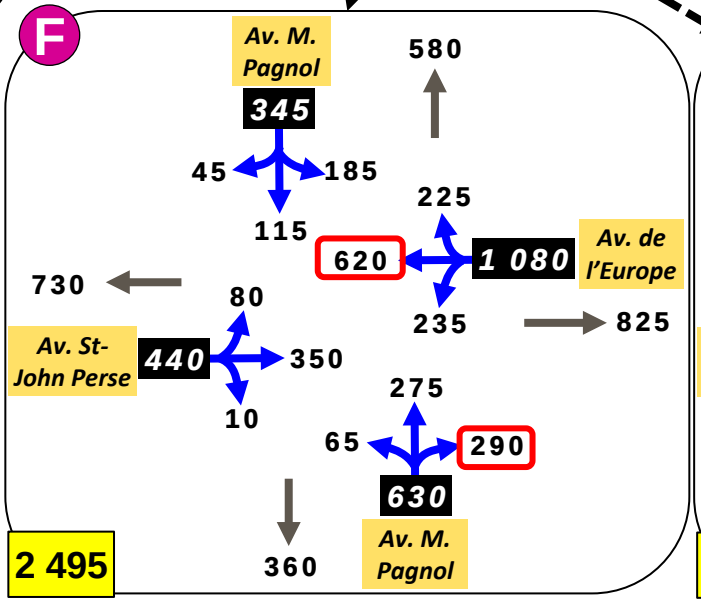
Comptages directionnels de trafics réalisés en Heure de Pointe du Soir : 17h00 - 18h00 1/4

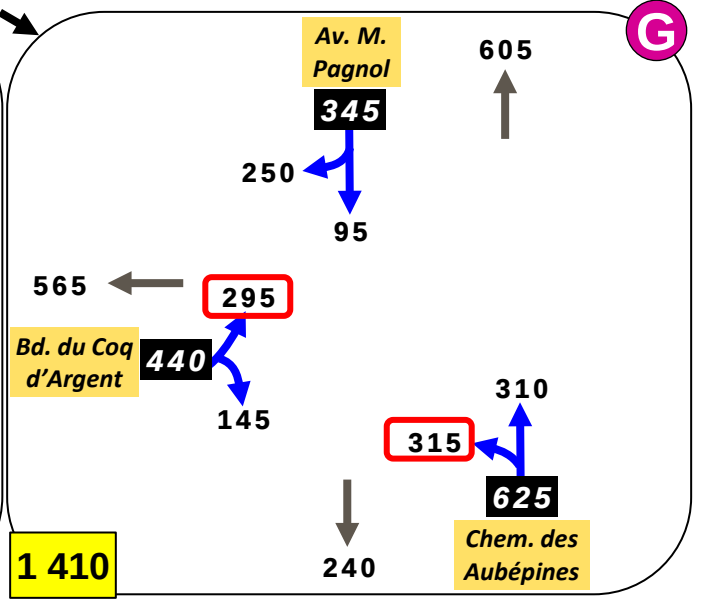


Comptages directionnels de trafics réalisés en Heure de Pointe du Soir : 17h00 - 18h00 2/4

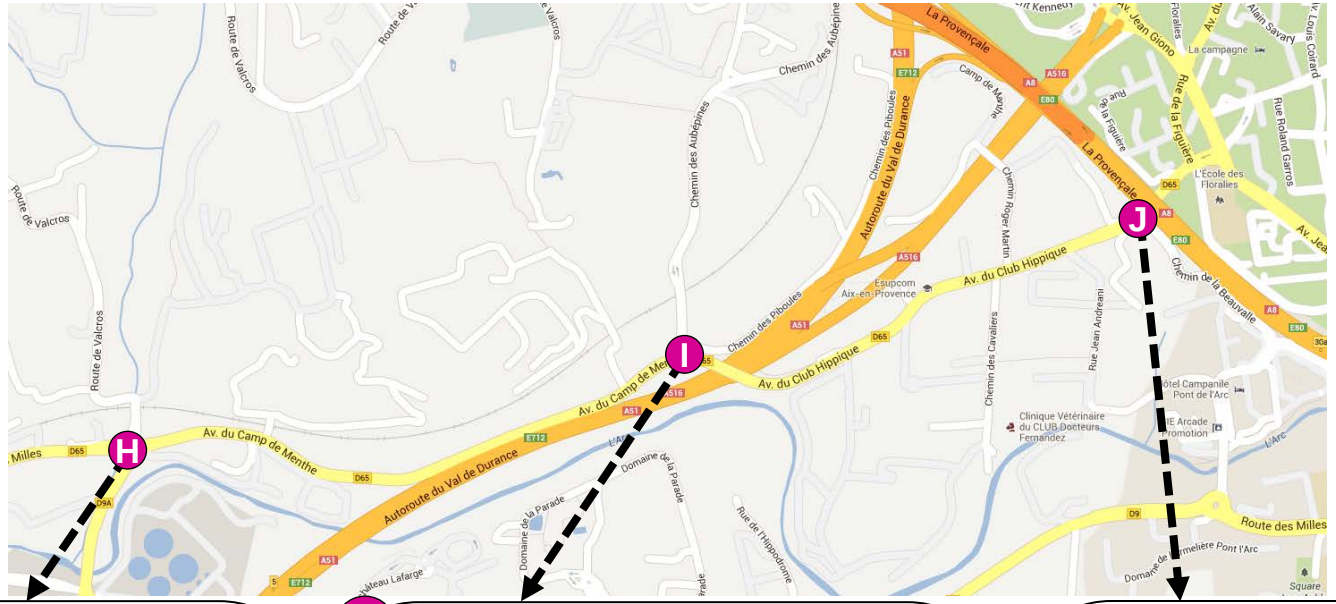


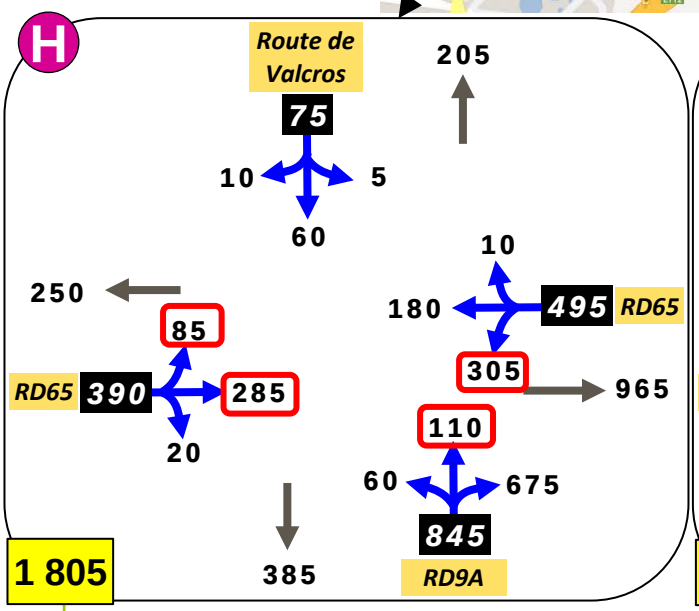


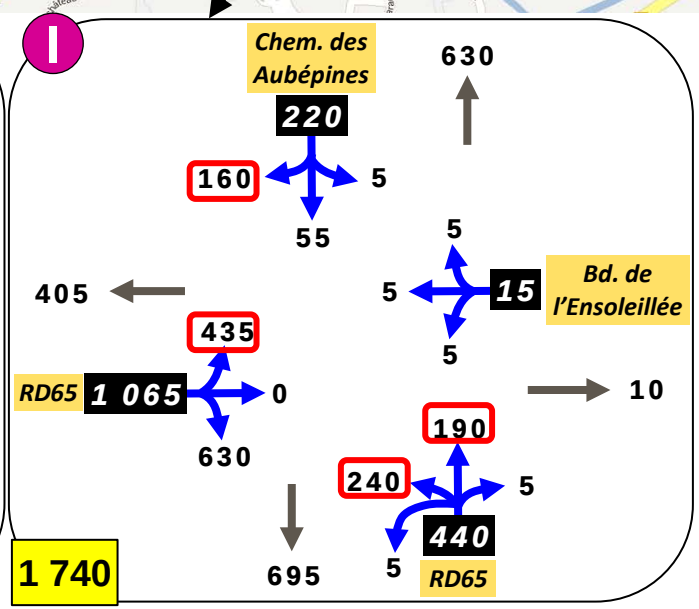


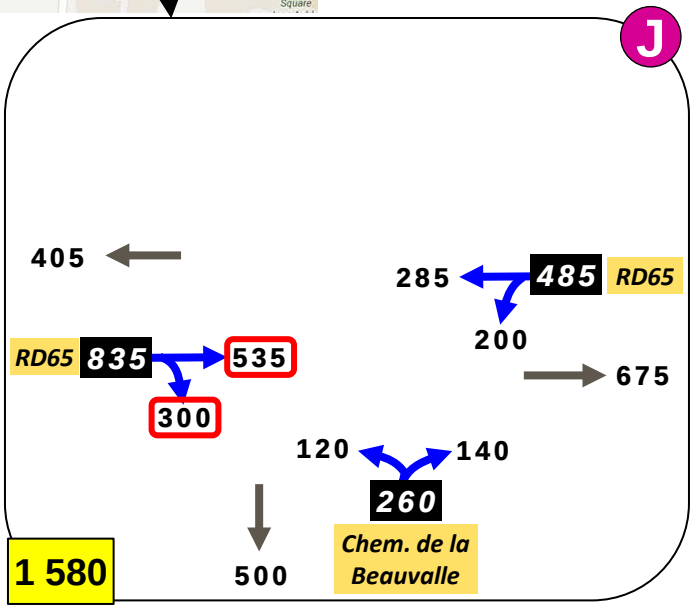


Comptages directionnels de trafics réalisés en Heure de Pointe du Soir : 17h00 - 18h00 3/4

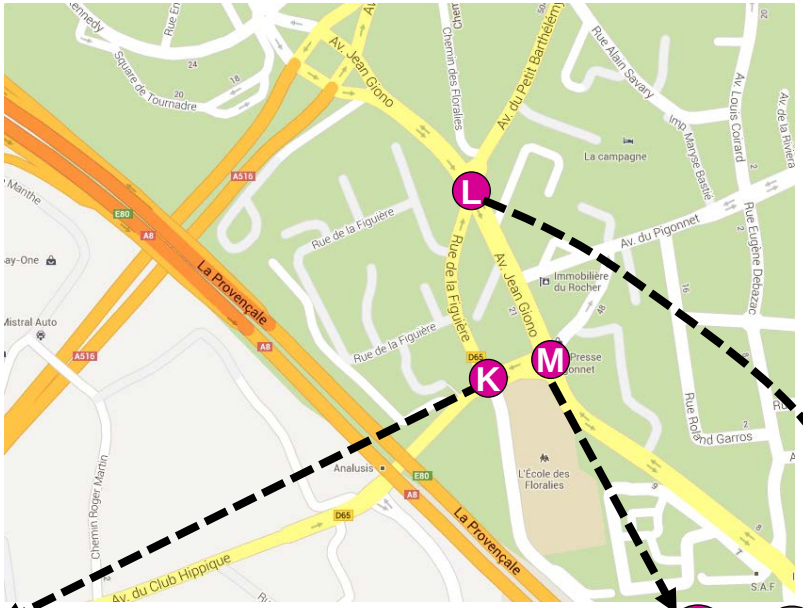


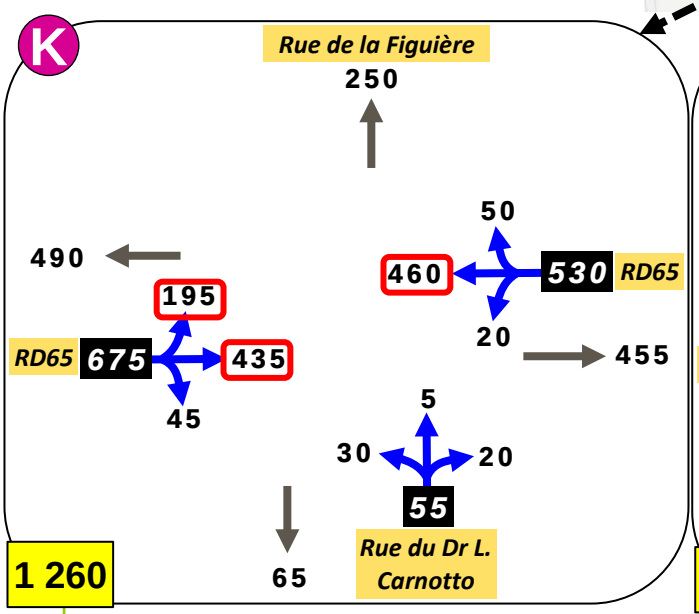


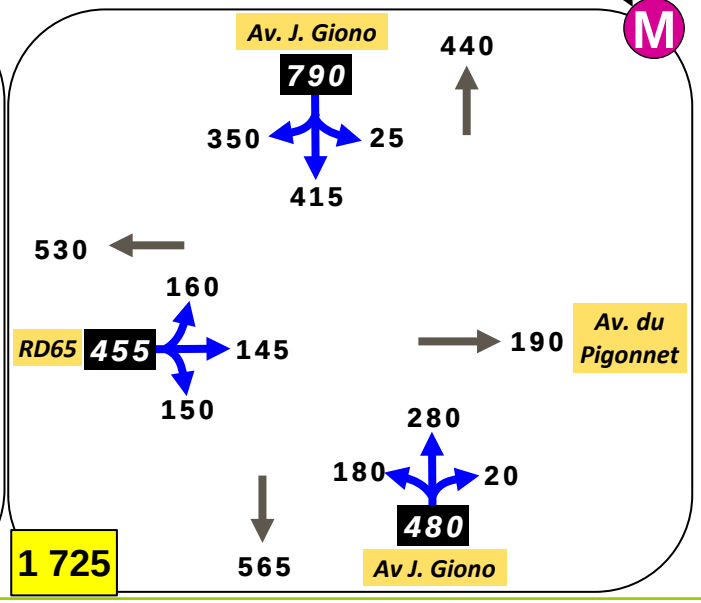


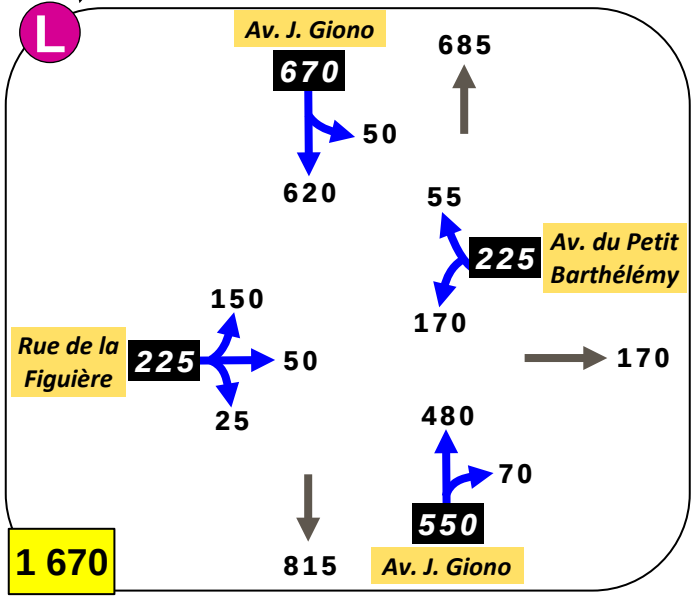


Comptages directionnels de trafics réalisés en Heure de Pointe du Soir : 17h00 - 18h00 4/4









ANNEXE N°5 : ÉTUDE DE LA QUALITÉ DE L'AIR

PAYS d'AIX Territoires
Société Publique Locale d'Aménagement

PROJET DE LA ZAC DE LA CONSTANCE

Etude Air et Santé



Version 0 - 15/11/2013

egis environnement

IDENTIFICATION ET RÉVISION DU DOCUMENT

IDENTIFICATION DU DOCUMENT

Projet	Projet de la ZAC de la Constance		
Maître d'ouvrage	Pays d'Aix Territoires		
Document	Etude Air et Santé		
Version	Version 0	**Date**	15/11/2013

RÉVISION DU DOCUMENT

Version	Date	Rédacteur(s)	Qualité du rédacteur(s)	Contrôle	Modifications
0	15/11/2013	Héloïse YVERNEAU	Ingénieur d'étude	Géraldine DEIBER	

SOMMAIRE

1. PRÉAMBULE 6
1.1. Contenu de l'étude 6
1.2. Domaine d'étude 6
2. CARACTÉRISATION DE L'ÉTAT INITIAL 8
2.1. POPULATIONS ET ZONES SENSIBLES 8
2.1.1. DENSITE DE POPULATION 8
2.1.2. ETABLISSEMENTS A CARACTERE SANITAIRE ET SOCIAL 9
2.2. SOURCES d'EMISSIONS ATMOSPHERIQUES DANS LE DOMAINE D'ETUDE 11
2.3. QUALITE DE L'AIR 12
2.3.1. SURVEILLANCE PERMANENTE DE LA QUALITE DE L'AIR 12
2.3.2. QUALITE DE L'AIR DANS la zone du projet 13
2.4. QUALIFICATION ET QUANTIFICATION DES ODEURS 23
2.4.1. METHODES 23
2.4.2. CONDITIONS DE REALISATION 23
2.4.3. RESULTATS 24
2.5. CONCLUSION 27
3. EVALUATION DE L'IMPACT DU PROJET SUR LA QUALITÉ DE L'AIR 28
3.1. Méthodologie 28
3.1.1. Horizons d'étude 28
3.1.2. Réseau étudié et données de trafic 28
3.1.3. Polluants retenus 31
3.1.4. Evaluation des émissions routières 31
3.1.5. Evaluation des teneurs en polluant 32
3.2. Evaluation de l'impact du projet sur la qualité de l'air 35
3.2.1. Bilan des émissions routières sur le domaine d'étude 35
3.2.2. Evaluation des teneurs dans l'air ambiant 39
3.2.3. Comparaison aux normes de qualité de l'air 56
3.3. Conclusion 58
4. EVALUATION DE L'IMPACT DU PROJET SUR LA SANTÉ 59
4.1. Rappel Méthodologique 59

4.2. Identification des dangers 60
4.2.1. Notions générales 60
4.2.2. Substances retenues 61
4.3. Evaluation de la relation dose-réponse 61
4.3.1. Notions générales 61
4.3.2. Synthèse des données toxicologiques et choix des relations dose-réponse 63
4.4. Evaluation de l'exposition des populations 66
4.5. Caractérisation specifique des risques sanitaires 67
4.5.1. Effets à seuil 67
4.5.2. Effets sans seuil 69
4.6. Conclusion 70

5. IMPACT DU PROJET EN PHASE CHANTIER 71

6. MESURES PRÉVENTIVES PRÉCONISÉES 72

7. MONÉTARISATION ET ANALYSE DES COÛTS COLLECTIFS LIÉS À LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE ET À L'EFFET DE SERRE 73

7.1. Méthodologie 73
7.1.1. Monétarisation des coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique 73
7.1.2. Monétarisation des coûts collectifs liés à l'effet de serre 73
7.2. Résultats 74

8. CONCLUSION 75

9. ANNEXE : FICHES DE TERRAIN 76

TABLES DES ILLUSTRATIONS

FIGURES

Figure 1 : Plan de situation 7
Figure 2 : Localisation des populations sensibles 10
Figure 3 : Localisation des sites de mesures de la qualité de l'air dans l'environnement 15
Figure 4 : Vitesses et directions du vent Source : METEO France, station : Aix-Les Milles (1313001006) 16
Figure 5 : Teneurs en dioxyde d'azote relevées lors de la campagne de mesure 19
Figure 6 : Teneurs en benzène relevées lors de la campagne de mesure 20
Figure 7 : Cartographie des teneurs en dioxyde d'azote relevées lors de la campagne de mesure (période du 22 mai au 5 juin 2013) 21
Figure 8 : Cartographie des teneurs en benzène relevées lors de la campagne de mesure (période du 22 mai au 5 juin 2013) 22
Figure 9: Cartographie des odeurs réalisée le 22 mai 2013 25
Figure 10: Cartographie des odeurs réalisée le 05 juin 2013 26
Figure 11 : Réseau routier et tronçons étudiés 30
Figure 12 : Teneurs en dioxyde d'azote – état initial (2013) 41
Figure 13 : Teneurs en dioxyde d'azote – état de référence (2033) 42
Figure 14 : Teneurs en dioxyde d'azote – état projeté (2033) 43
Figure 15 : Teneurs en benzène – état initial (2013) 44
Figure 16 : Teneurs en benzène – état de référence (2033) 45
Figure 17 : Teneurs en benzène – état projeté (2033) 46
Figure 18 : Teneurs en PM 10 – état initial (2013) 47
Figure 19 : Teneurs en PM 10 – état de référence (2033) 48
Figure 20 : Teneurs en PM 10 – état projeté (2033) 49
Figure 21 : Teneurs en PM 2.5 – état initial (2013) 50
Figure 22 : Teneurs en PM 2.5 – état de référence (2033) 51
Figure 23 : Teneurs en PM 2.5 – état projeté (2033) 52
Figure 24 : Localisation des points récepteurs 55

TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques principales de la population 8

Tableau 2 : Installations industrielles recensées au Registre Français des Emissions Polluantes (source : IREP) 11

Tableau 3 : Synthèse des mesures annuelles par polluant et par station sur l'agglomération d'Aix-en-Provence en 2010, 2011 et 2012 (source : Air PACA) 12

Tableau 4 : Sites de mesures retenus pour le plan d'échantillonnage 14

Tableau 5 : Températures et précipitations durant la campagne et normales 1981 – 2010 (source : METEO France, station : Aix-Les-Milles (13001006)) 16

Tableau 6 : Résultats des mesures in situ de la qualité de l'air (période du 22 mai au 5 juin 2013) 18

Tableau 7 : Données de trafic.....29

Tableau 8 : Kilométrage parcouru 29

Tableau 9 : Principaux paramètres pour la dispersion atmosphérique (ADMS Roads) 34

Tableau 10 : Bilan des émissions routières à l'état initial (2013) 36

Tableau 11 : Bilan des émissions routières à l'état de référence (2033) et écart relatif avec l'état initial (2013) 37

Tableau 12 : Bilan des émissions routières à l'état projeté (2033) et écart relatif avec l'état de référence (2033) 39

Tableau 13 : Teneurs moyennes et maximales dans la bande d'étude.....53

Tableau 14 : Teneurs moyennes annuelles aux points récepteurs 54

Tableau 15 : Critères nationaux de la qualité de l'air 57

Tableau 16 : Présentation de la valeur guide pour les effets à seuil par inhalation chronique des NOx 63

Tableau 17 : Présentation des VTR par inhalation du benzène 64

Tableau 18 : Présentation des ERU par inhalation du benzène 64

Tableau 19 : Présentation de la valeur guide pour les effets à seuil par inhalation chronique des particules 65

Tableau 20 : Paramètres d'exposition dans le cadre de l'EQRS 67

Tableau 21 : Comparaison des concentrations inhalées avec les valeurs guide pour la protection de la santé 67

Tableau 22 : Indice de risque – Exposition chronique pour les effets à seuil 68

Tableau 23 : Excès de risque individuel – Exposition chronique pour les effets sans seuil ...69

Tableau 24 : Monétarisation de coûts annuels liés à la pollution atmosphérique et à l'effet de serre 74

1. PRÉAMBULE

Dans le cadre du projet d'aménagement de la **ZAC de la Constance à Aix-en-Provence**, EGIS Environnement a été mandaté par le Pays d'Aix Territoires pour la réalisation de l'étude Air et Santé en vue de son intégration dans l'étude d'impact.

1.1. CONTENU DE L'ÉTUDE

Au regard des trafics des axes routiers du domaine d'étude à l'horizon 2033, la présente étude « air et santé » s'inspire de la méthodologie d'une étude de **niveau II** telle qu'elle est décrite dans la circulaire du 25 février 2005 relative au volet air des études d'impact des infrastructures routières et dans son annexe technique.

A ce titre et conformément à la circulaire précitée, cette étude se compose notamment :

- **d'une caractérisation de l'état initial** avec des mesures *in situ* de la qualité de l'air ;
- **d'une étude d'impact sur la qualité de l'air et sur la santé** pour *un état initial*, *un état de référence* (situation sans réalisation du projet de ZAC) et *un état projeté* (situation avec réalisation du projet de ZAC) à l'horizon 2033. Cette étude comprend les éléments suivants :
    - une estimation des émissions polluantes induites par le trafic routier,
    - une évaluation de la dispersion des teneurs en polluants en tout point de la zone d'étude,
    - une évaluation des impacts sanitaires pour les populations ;
- **d'une analyse des mesures compensatoires** à envisager le cas échéant ;
- **d'une monétarisation des coûts collectifs** liés à la pollution atmosphérique et à l'effet de serre.

1.2. DOMAINE D'ÉTUDE

Le projet est localisé dans le sud-ouest de la ville d'Aix-en-Provence.

Conformément à la circulaire de février 2005, « *le domaine d'étude est composé du projet et de l'ensemble du réseau routier subissant une modification (augmentation ou réduction) des flux de trafic de plus de 10 % du fait de la réalisation du projet.* »

Le domaine d'étude retenu correspond à un rectangle de 2,7 km sur 1,5 km de côté, centré sur le projet (*cf.* Figure 1).

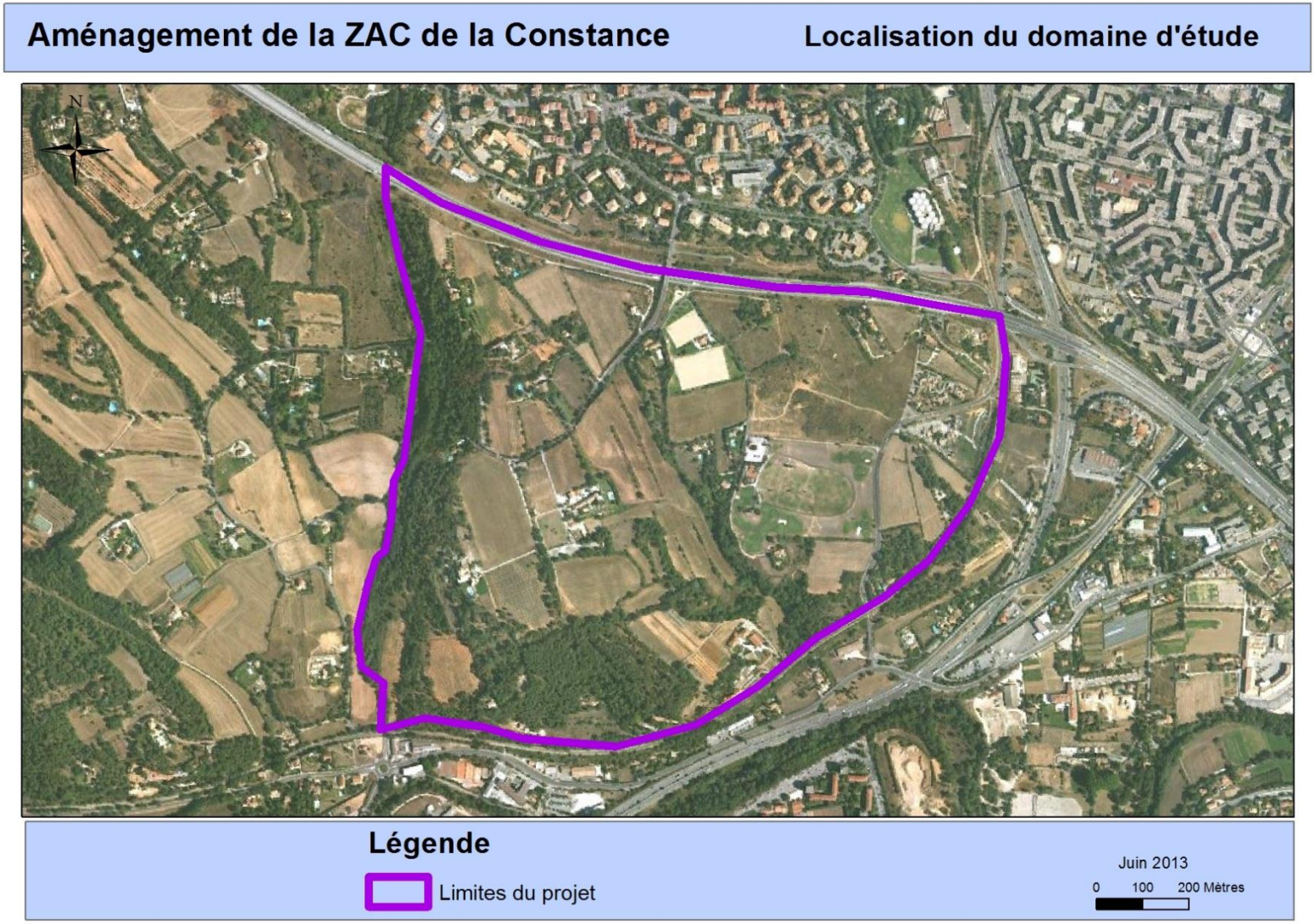


Figure 1 : Plan de situation

2. CARACTÉRISATION DE L'ÉTAT INITIAL

La caractérisation de l'état initial sur le domaine d'étude a pour objectif de fournir une description des populations et des zones sensibles, des sources d'émissions atmosphériques et de la qualité de l'air dans le domaine d'étude. Elle a été complétée par une qualification et quantification des odeurs dans l'environnement.

2.1. POPULATIONS ET ZONES SENSIBLES

Le volet « air et santé » des études d'impact vise à déterminer l'impact de la pollution atmosphérique sur la santé des populations, et notamment sur les populations sensibles. Le guide pour l'analyse du volet sanitaire de l'Institut de Veille Sanitaire (février 2000) précise ainsi que « la population potentiellement en contact avec l'un des milieux pollués […] devra être identifiée », notamment la présence de structures d'accueil particulières (écoles, hôpitaux, maisons de retraite, etc.).

Ce paragraphe a pour objet d'évaluer les cibles potentielles des émissions polluantes situées dans le domaine d'étude.

2.1.1. DENSITE DE POPULATION

La Constance se situe en milieu péri-urbain sur la commune d'Aix-en-Provence.

Le Tableau 1 donne les caractéristiques principales de la population d'Aix-en-Provence (nombre d'habitants, densité, variation annuelle moyenne de la population).

Commune	Population (2009)	Densité en 2009 (hab/km^2)	Variation annuelle moyenne de la population entre 1999 et 2009 (en %)
Aix-en-Provence	141 895	762,5	+ 0,5

Source : http://www.insee.fr

Tableau 1 : Caractéristiques principales de la population

La commune d'Aix-en-Provence connait une augmentation de sa population depuis 1999 (+0,5 % annuel).

2.1.2. ETABLISSEMENTS A CARACTERE SANITAIRE ET SOCIAL

Dans la zone d'emprise du projet se trouvent dans l'état initial :

- 1 établissement à caractère sanitaire et social (maison de retraite)
- 3 installations sportives :
  - 1 terrain multisports,
  - 1 centre équestre,
  - 1 golf.

Dans l'environnement proche (dans un rayon de 500 m autour des limites du projet) sont situés également :

- 6 établissements à caractère sanitaire et social:
  - 4 écoles (maternelles et primaires),
  - 2 maisons de retraite.
- 2 installations sportives :
  - 1 terrain de tennis,
  - 1 centre équestre.

La Figure 2 présente la localisation des établissements à caractère sanitaire et social recensés dans le domaine d'étude.

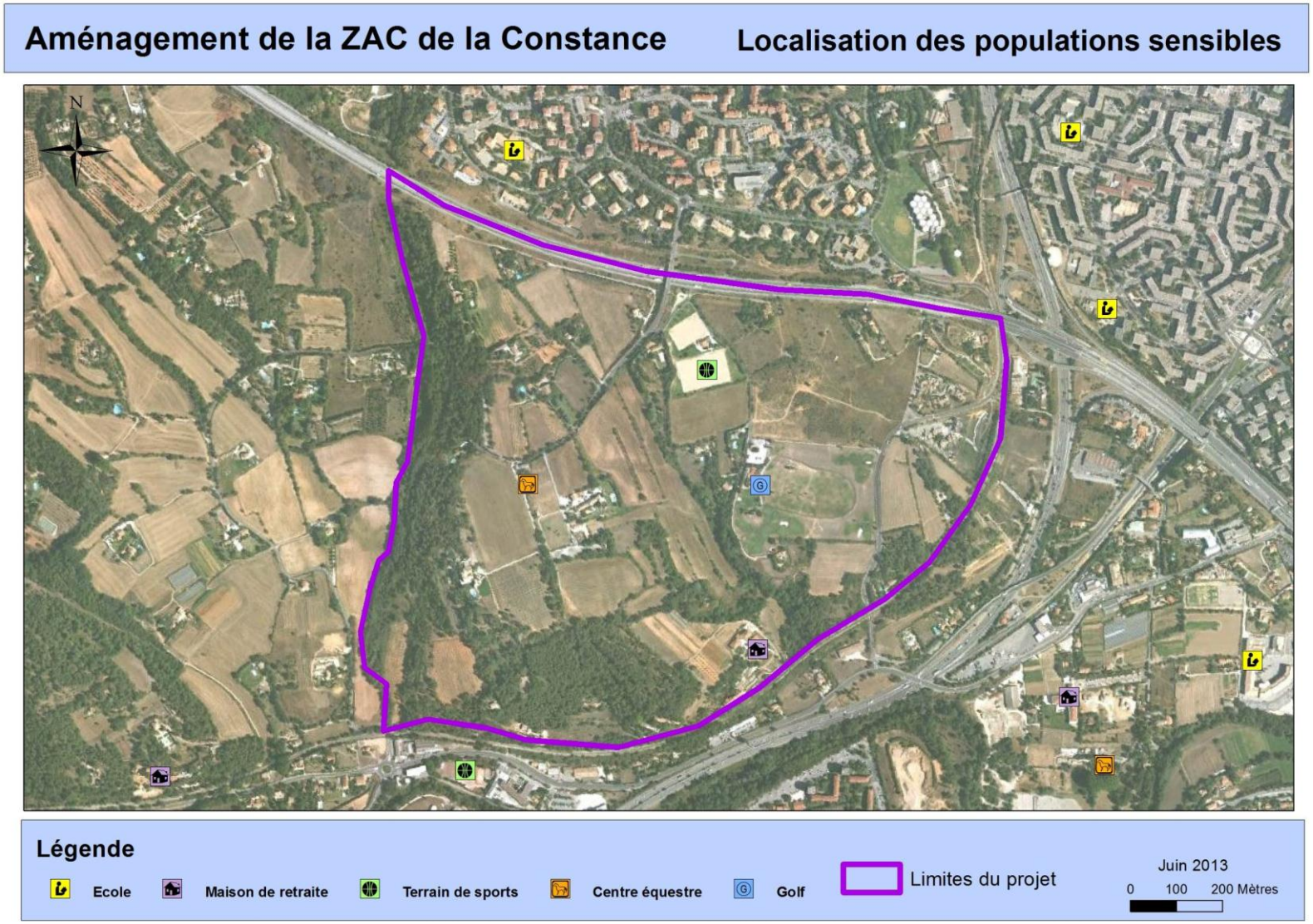


Figure 2 : Localisation des populations sensibles

2.2. SOURCES D'EMISSIONS ATMOSPHERIQUES DANS LE DOMAINE D'ETUDE

Dans le domaine d'étude, les infrastructures routières contribuent de façon importante et majoritaire aux émissions polluantes atmosphériques, avec la présence au Nord de l'Autoroute A8 et à l'Est de l'autoroute A51.

Un recensement des sources de pollution de l'air autre que le trafic routier a été réalisé grâce au Registre Français des Emissions Polluantes de la direction de la prévention des pollutions et des risques du Ministère en charge de l'environnement (site internet www.pollutionsindustrielles.ecologie.gouv.fr/IREP/index.php).

Ce registre a pour objet de faciliter l'accès au public à l'information en matière d'environnement en ce qui concerne les émissions polluantes dans l'eau, dans l'air, dans le sol ainsi que la production de déchets dangereux des installations industrielles et des élevages. Il est constitué des données déclarées chaque année par les exploitants. Les installations concernées sont les installations classées soumises à autorisation préfectorale, et plus particulièrement les installations relevant de la directive IED (directive 2010/75/UE relative aux émissions industrielles). Il est à souligner que ce registre ne peut être exhaustif. Pour les émissions dans l'air, le registre vise cinquante polluants (notamment des substances toxiques et cancérigènes).

Sur la commune d'Aix-en-Provence, 5 installations industrielles sont recensées au Registre Français des Emissions Polluantes. Toutefois, parmi elles **seulement 3 installations industrielles** sont actuellement encore en activité (Tableau 2).

Installation industrielle	Domaine d'activité
AA AUTO CASS	Déchets et traitements (commerce de détail d'équipements automobiles)
DALKIA Chaufferie ZUP ENCAGNANE	**Energie** **(production et distribution de chaleur)**
ISDND ARBOIS	Déchets et traitements (installation de stockage de déchets)

Tableau 2 : Installations industrielles recensées au Registre Français des Emissions Polluantes (source : IREP)

Remarque : La société ADRIAN Industries (fabrication d'huiles essentielles) a cessé son activité et LAFARGE COUVERTURE (fabrication de tuiles) a été rachetée par la société MONIER dont le site d'Aix-en-Provence n'est plus qu'un dépôt de matériau de couverture.

Parmi ces industries, seule la chaufferie se situe dans le domaine d'étude, à environ 500 m à l'Est des limites du projet.

2.3.QUALITE DE L'AIR

2.3.1. SURVEILLANCE PERMANENTE DE LA QUALITE DE L'AIR

La surveillance permanente de la qualité de l'air dans le département des Bouches-du-Rhône (13) est réalisée par l'association agréée pour la surveillance de la qualité de l'air (AASQA) en région Provence Alpes Côte d'Azur, **Air PACA** (http://www.atmopaca.org/index.php). Cette association fait partie du dispositif national de surveillance et d'information de la qualité de l'air, conformément au code de l'environnement (Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie du 30 décembre 1996 codifiée). Elle est issue de la fusion en janvier 2012, des associations agréées de surveillance de la qualité de l'air, AIRFOBEP et Atmo PACA.

Air PACA dispose de 80 stations de surveillance 7j/7 et 24h/24, sur les 6 départements de la Région Provence Alpes Côte d'Azur, tant dans les grandes agglomérations qu'en zone plus rurale. Cette surveillance permanente est également complétée par des moyens mobiles (5 camions laboratoires) et par des outils de modélisation.

Trois stations de mesures permanentes sont installées sur la commune d'Aix-en-Provence, en dehors du domaine d'étude :

- 1 station de type urbain : **Aix Ecole d'Art** située au centre-ville d'Aix-en-Provence (mesure des polluants suivants : O_3, NO_2, PM_{10}, $PM_{2,5}$),
- 1 station de type périurbain : **Aix Les Platanes** située en périphérie Nord d'Aix-en-Provence (mesures du polluant suivant : O_3),
- 1 station de type trafic : **Aix Roy René** située au centre-ville d'Aix-en-Provence (mesures des polluants suivants : PM_{10}, NO_2).

Le Tableau 3 présente une synthèse sur les années 2010, 2011 et 2012 des moyennes annuelles des différents paramètres mesurés et présentant un intérêt dans cette étude.

Moyenne annuelle (µg/m³)	Station de type urbain Aix Ecole d'Art			Station de type trafic Aix Roy René			Objectif de qualité en moyenne annuelle (µg/m³)
	2010	2011	2012	2010	2011	2012	
PM_{10}	24	22	26	non disponible	33	33	30
NO_2	31	31	27	47	44	43	40

Tableau 3 : Synthèse des mesures annuelles par polluant et par station sur l'agglomération d'Aix-en-Provence en 2010, 2011 et 2012 (source : Air PACA)

Ainsi, d'après les résultats d'Air PACA, les valeurs d'objectif de qualité de l'air en moyenne annuelle sont dépassées dans l'agglomération d'Aix-en-Provence sur la station de type trafic d'Aix Roy René, pour les particules PM10 et le NO_2 sur les 3 dernières années.

2.3.2. QUALITE DE L'AIR DANS LA ZONE DU PROJET

Afin de caractériser de manière précise la qualité de l'air dans la zone du projet, une campagne de mesure in situ a été réalisée entre les mois de mai et juin 2013.

Cette campagne a pour double objectif de réaliser un état initial de la qualité de l'air et de situer les différents polluants par rapport aux normes de qualité de l'air établies par le Décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 (transposition de la réglementation européenne Directive 2008/50/CE PM2.5 et introduction au niveau réglementaire des seuils d'information et d'alerte aux PM10).

La mise en œuvre et les résultats de cette campagne de mesure sont présentés ci-après.

2.3.2.1. PÉRIODE ET MOYENS DE MESURES

La campagne de mesures in situ de la qualité de l'air a été réalisée du **22 mai au 5 juin 2013** (soit une période de 15 jours). Compte tenu de la problématique routière et conformément à la circulaire du 25 février 2005 et à son guide méthodologique, deux principaux polluants ont été retenus pour cette campagne de mesure, le **dioxyde d'azote**, polluant traceur des émissions liées au trafic routier, et le **benzène**, polluant cancérigène. Les mesures de ces 2 polluants dans l'air ambiant ont été réalisées par tubes passifs.

Ce moyen de mesure, peu encombrant et relativement simple à mettre en place, permet d'instrumenter simultanément un nombre important de sites tout en assurant une fiabilité des mesures. Le principe de l'échantillonnage passif consiste à exposer à l'air libre, sur une période donnée, à environ 3 mètres de hauteur, des cartouches adsorbantes. Par simple diffusion du polluant dans l'atmosphère, celui-ci va être piégé par l'échantillonneur. Sur chaque site de mesure, les échantillonneurs passifs ont été exposés sur la période de mesure, puis rebouchés hermétiquement et analysés en laboratoire. A l'issue des analyses, une teneur moyenne pour chaque site de mesure est établie pour la période d'exposition. Tous les tubes ont été installés sur les différents sites le premier jour et retirés le dernier jour de chaque campagne, afin d'harmoniser les périodes d'exposition pour l'ensemble des tubes.

2.3.2.2. CHOIX ET RÉPARTITION DES SITES

Au total, **12 sites ont été instrumentés de tubes passifs** pour la mesure du dioxyde d'azote et du benzène afin de caractériser la qualité de l'air (Tableau 4).

Point de mesure	Commune	Ambiance	Point particulier	Polluants mesurés
P1	Aix-en-Provence	Fond périurbain	/	NO_2
P2	Aix-en-Provence	Fond périurbain	/	NO_2 + Benzène
P3	Aix-en-Provence	Fond périurbain	Maison de retraite	NO_2
P4	Aix-en-Provence	Fond périurbain	/	NO_2 + Benzène
P5	Aix-en-Provence	Fond périurbain	/	NO_2
P6	Aix-en-Provence	Proximité routière	Intersection des axes autoroutiers A8 et A51	NO_2 + Benzène
P7	Aix-en-Provence	Proximité routière	Axe autoroutier A8	NO_2
P8	Aix-en-Provence	Fond périurbain	Golf	NO_2 + Benzène
P9	Aix-en-Provence	Proximité routière	Axe autoroutier A8	NO_2 + Benzène
P10	Aix-en-Provence	Fond périurbain	/	NO_2
P11	Aix-en-Provence	Fond périurbain	Centre équestre	NO_2 + Benzène
P12	Aix-en-Provence	Fond périurbain	/	NO_2

Tableau 4 : Sites de mesures retenus pour le plan d'échantillonnage

La localisation de ces sites de mesure est présentée sur la Figure 3.

Pour chaque site de mesure, une fiche de terrain a été réalisée. Cette fiche contient toutes les informations relatives à la traçabilité de la mesure (photographies numérique du site, implantation sur un extrait de plan et résultats de la mesure). Les 12 fiches de terrain sont présentées en annexe.

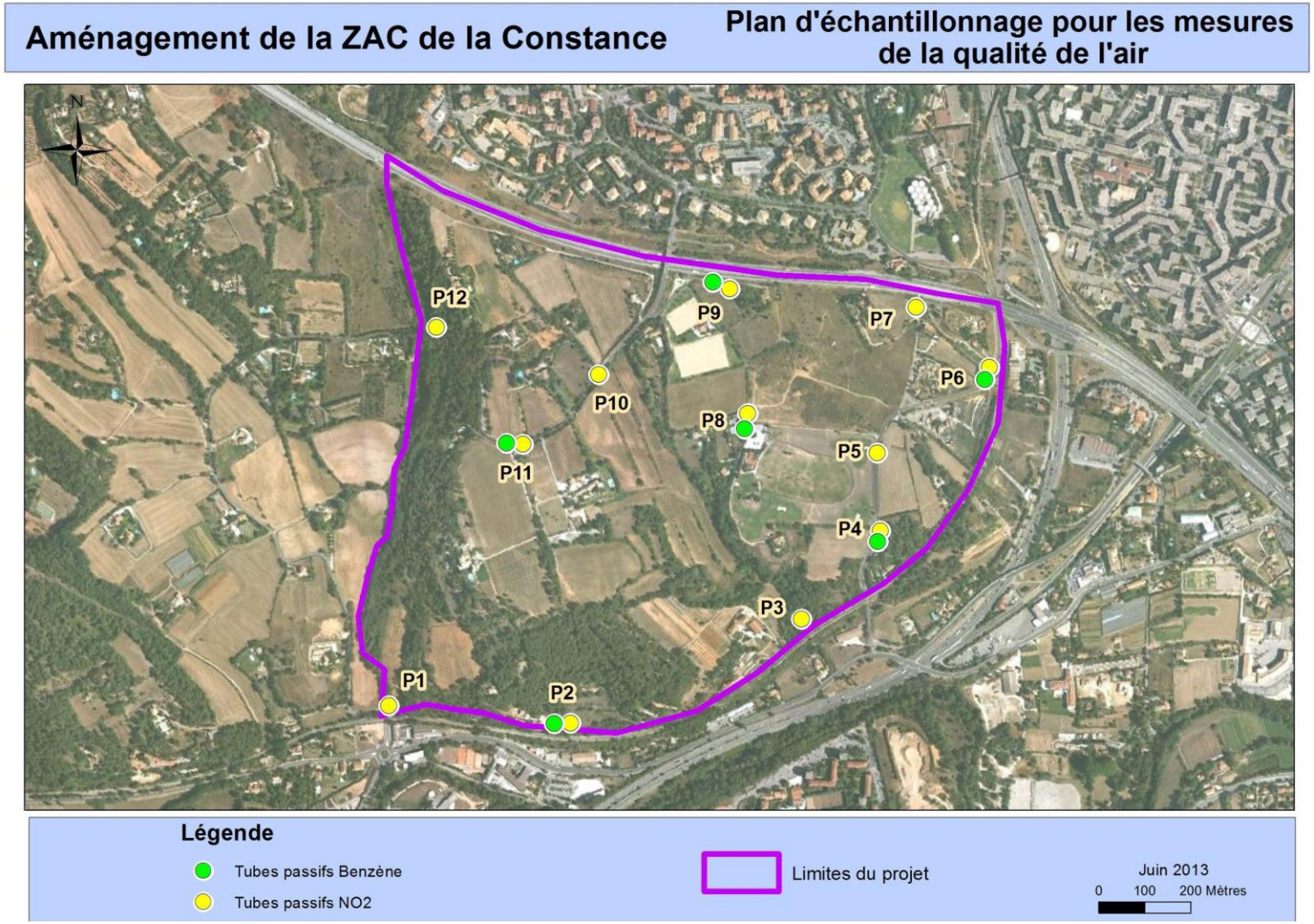


Figure 3 : Localisation des sites de mesures de la qualité de l'air dans l'environnement

2.3.2.3. CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES

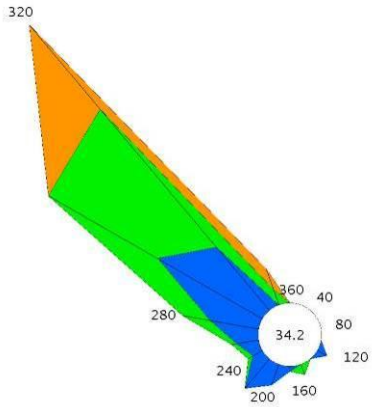
L'analyse des conditions météorologiques observées lors de la campagne de mesure permet de mieux apprécier l'influence de celles-ci sur les teneurs mesurées.

La qualité de l'air dépend effectivement à la fois des émissions des différentes sources (industries, transports, tertiaire) et des conditions météorologiques (vitesse et direction du vent…) qui, avec la topographie, influencent le transport, la transformation et la dispersion des polluants.

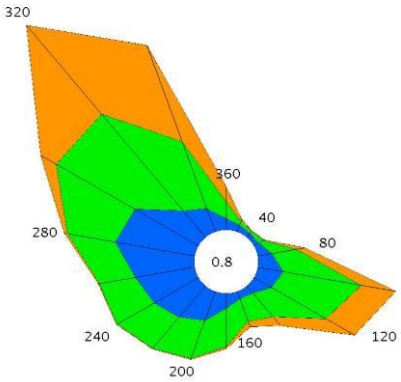
Les normales et les conditions météorologiques (direction et vitesse du vent, températures et précipitations) relevées lors de la campagne de mesure sur la station de l'aérodrome d'Aix-les-Milles sont présentées dans le Tableau 5 et sur la Figure 4. Cette station météorologique se situe à 4 km de La Constance.

Paramètres		Données durant la campagne du 22 mai au 5 juin 2013	Normales sur 30 ans Mois de mai
Températures (en °C)	minimale	1,9	9
	maximale	25,6	22,9
	moyenne	14,1	15,9
Hauteur de précipitations (en mm)		10,8 (cumul sur 15 jours)	23,8 (cumul moyen annuel ramené à 15 jours)

Tableau 5 : Températures et précipitations durant la campagne et normales 1981 – 2010 (source : METEO France, station : Aix-Les-Milles (13001006))



Campagne du 22 mai au 05 juin 2013



Normales sur 25 ans 1983 – 2008



Figure 4 : Vitesses et directions du vent
Source : METEO France, station : Aix-Les Milles (1313001006)

S'agissant des températures, la température moyenne quotidienne relevée au cours de la période de mesures est conforme à la normale (1,8°C d'écart par rapport à un mois de mai normal). Toutefois, l'amplitude des températures est nettement plus élevée sur la période de mesure (23,7°C) que la normale (13,9°C).

Les précipitations relevées au cours de la période de mesures sont deux fois moins importantes que les précipitations moyennes relevées sur un mois de mai.

L'analyse comparative des roses des vents montre que les conditions relevées lors de la campagne de mesures sur la station Météo France d'Aix-Les-Milles sont conformes aux normales en terme de direction des vents dominants (vents de secteur Nord-Ouest). Les vents de secteur Est n'ont par contre pas été observés durant la période de la campagne de mesures. On notera également que les vents très faibles, de vitesses < 1,5 m/s, ont été nettement plus fréquents au cours de la campagne (34,2 %) que lors des normales (0,8%). Ceci implique une moins bonne dispersion des polluants atmosphériques.

2.3.2.4. RÉSULTATS DE LA CAMPAGNE DE MESURES ET INTERPRÉTATION

Les teneurs en dioxyde d'azote et en benzène relevées lors de la campagne de mesure par tubes passifs sont présentées dans le Tableau 6 et respectivement cartographiées sur la Figure 7 et la Figure 8.

Site	Commune	Ambiance	Axe routier, établissement à caractère sanitaire et social ou intérêt du site	Teneur en µg/m^3	
				dioxyde d'azote	benzène
1	Aix en Provence	Fond périurbain	/	13,4	/
2	Aix en Provence	Fond périurbain	/	17,9	0,6
3	Aix en Provence	Fond périurbain	Maison de retraite	Non mesurable *	/
4	Aix en Provence	Fond périurbain	/	21,3	0,5
5	Aix en Provence	Fond périurbain	/	20	/
6	Aix en Provence	Proximité routière	Intersection des autoroutes A8 et A51	31	0,6
7	Aix en Provence	Proximité routière	Autoroute A8	35,8	/
8	Aix en Provence	Fond périurbain	Golf	17,7	0,5
9	Aix en Provence	Proximité routière	Autoroute A8	46,4	0,5
10	Aix en Provence	Fond périurbain	/	18,2	/

Site	Commune	Ambiance	Axe routier, établissement à caractère sanitaire et social ou intérêt du site	Teneur en µg/m^3	
				dioxyde d'azote	benzène
11	Aix en Provence	Fond périurbain	Centre équestre	25,3	0,6
12	Aix en Provence	Fond périurbain	/	13,6	/

Tableau 6 : Résultats des mesures in situ de la qualité de l'air (période du 22 mai au 5 juin 2013)

* Teneur non mesurable en raison de la présence sur le tube passif de toiles d'araignées

Teneurs en dioxyde d'azote

Les teneurs en dioxyde d'azote relevées au cours de la campagne de mesure sont comprises entre 13,4 µg/m^3 (site 1) et 46,4 µg/m^3 (site 9 en bordure de l'autoroute A8) (Figure 5 et Figure 7), avec une moyenne de 23,7 µg/m^3.

A proximité des axes routiers principaux (autoroutes A8 et A51), sous l'influence directe des émissions polluantes induites par le trafic, les teneurs en dioxyde d'azote sont comprises entre 31 µg/m^3 (site 6) et 46,4 µg/m^3 (site 9). Sur le site 9 situé en bordure de l'autoroute A8, la valeur d'objectif de qualité de l'air en moyenne annuelle (40 µg/m^3) est dépassée.

En situation de fond périurbain, les teneurs en dioxyde d'azote sont comprises entre 13,4 µg/m^3 (site 1) et 25,3 µg/m^3 (site 11) avec une moyenne de 18,4 µg/m^3. Les teneurs en dioxyde d'azote sont inférieures à la valeur d'objectif de qualité de l'air en moyenne annuelle (40 µg/m^3).

En fond péri-urbain, la moyenne des valeurs mesurées lors de la campagne (18,4 µg/m³) est quasiment identique à la valeur moyenne mesurée par Air PACA sur la station de fond urbain Aix Ecole d'Art sur la même période (18,9 µg/m³) et plus faible que la moyenne annuelle en 2012 (27 µg/m³).

Ainsi, sur la période de mesure, la valeur limite du dioxyde d'azote en moyenne annuelle, pour la protection de la santé humaine et l'objectif de qualité (40 µg/m³) est dépassée sur 1 site de mesure situé en bordure de l'autoroute A8.

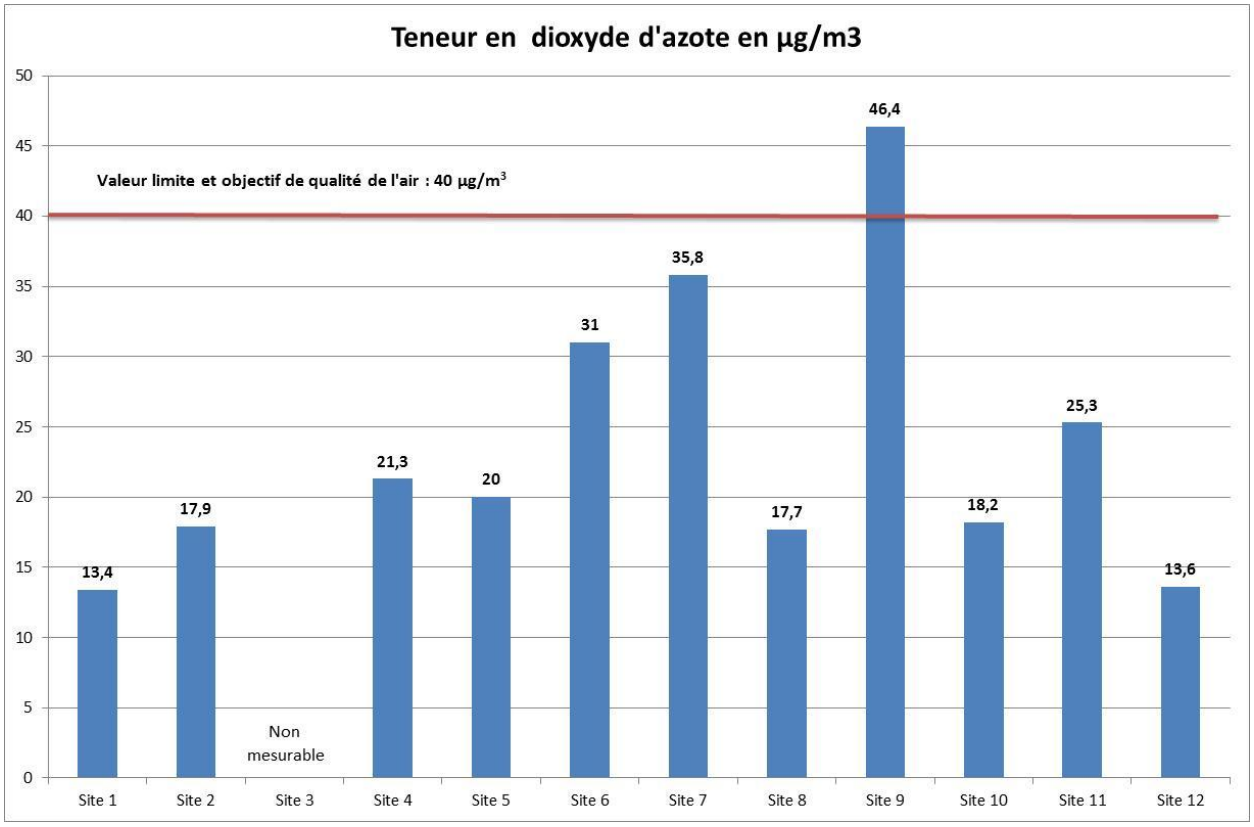


Figure 5 : Teneurs en dioxyde d'azote relevées lors de la campagne de mesure

Teneurs en benzène

Les teneurs en benzène relevées au cours de la campagne de mesure sont très homogènes et comprises entre 0,5 µg/m^3 (sites 4, 8 et 9) et 0,6 µg/m^3 (sites 2, 6 et 11) (Figure 6 et Figure 8).

Sur la période de mesures, aucun site ne dépasse la valeur d'objectif de qualité de l'air en moyenne annuelle de 2 µg/m^3.

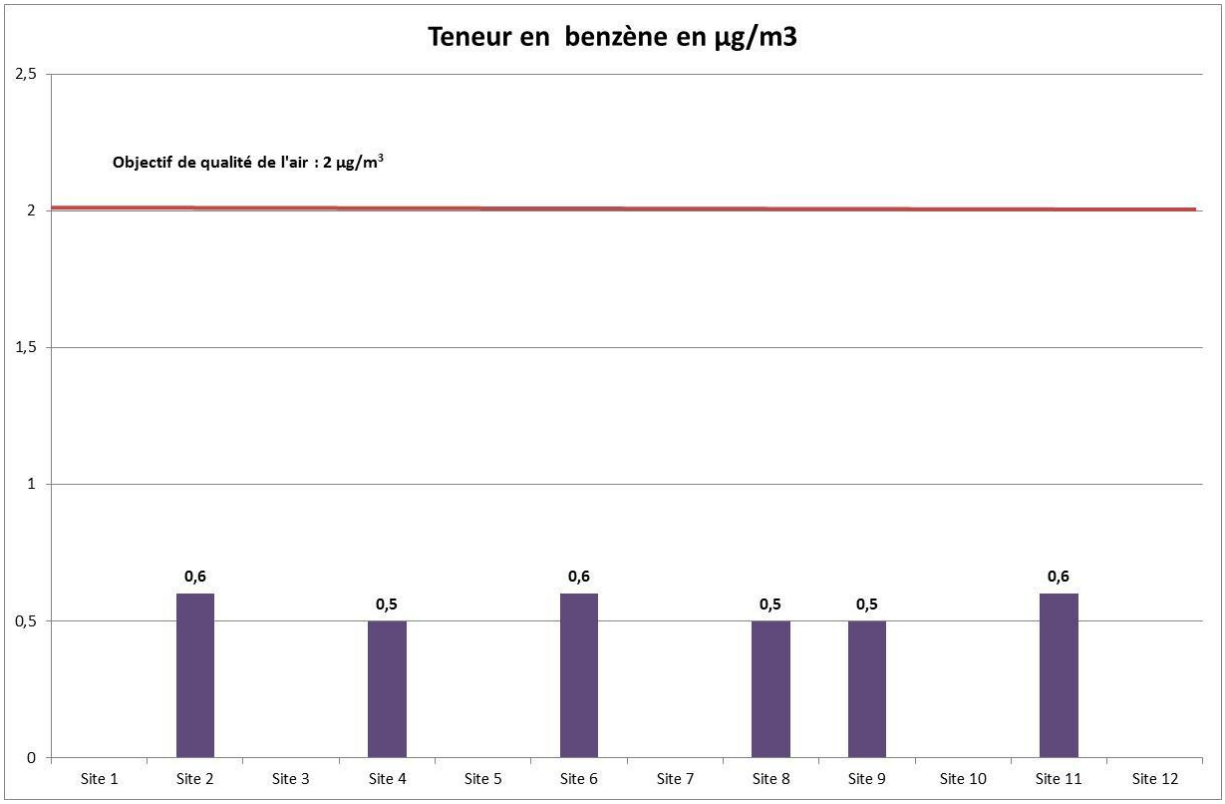


Figure 6 : Teneurs en benzène relevées lors de la campagne de mesure

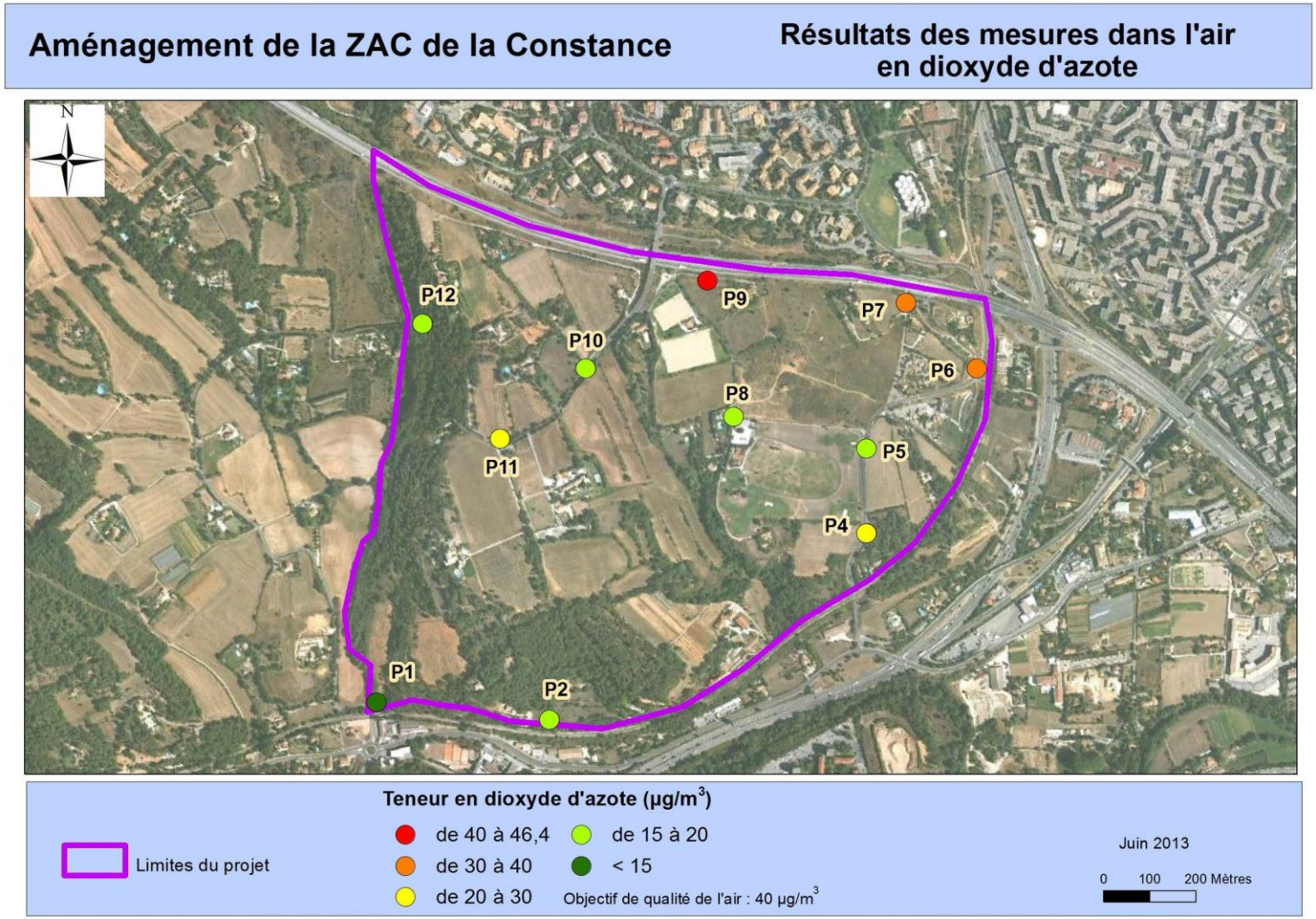


Figure 7 : Cartographie des teneurs en dioxyde d'azote relevées lors de la campagne de mesure (période du 22 mai au 5 juin 2013)

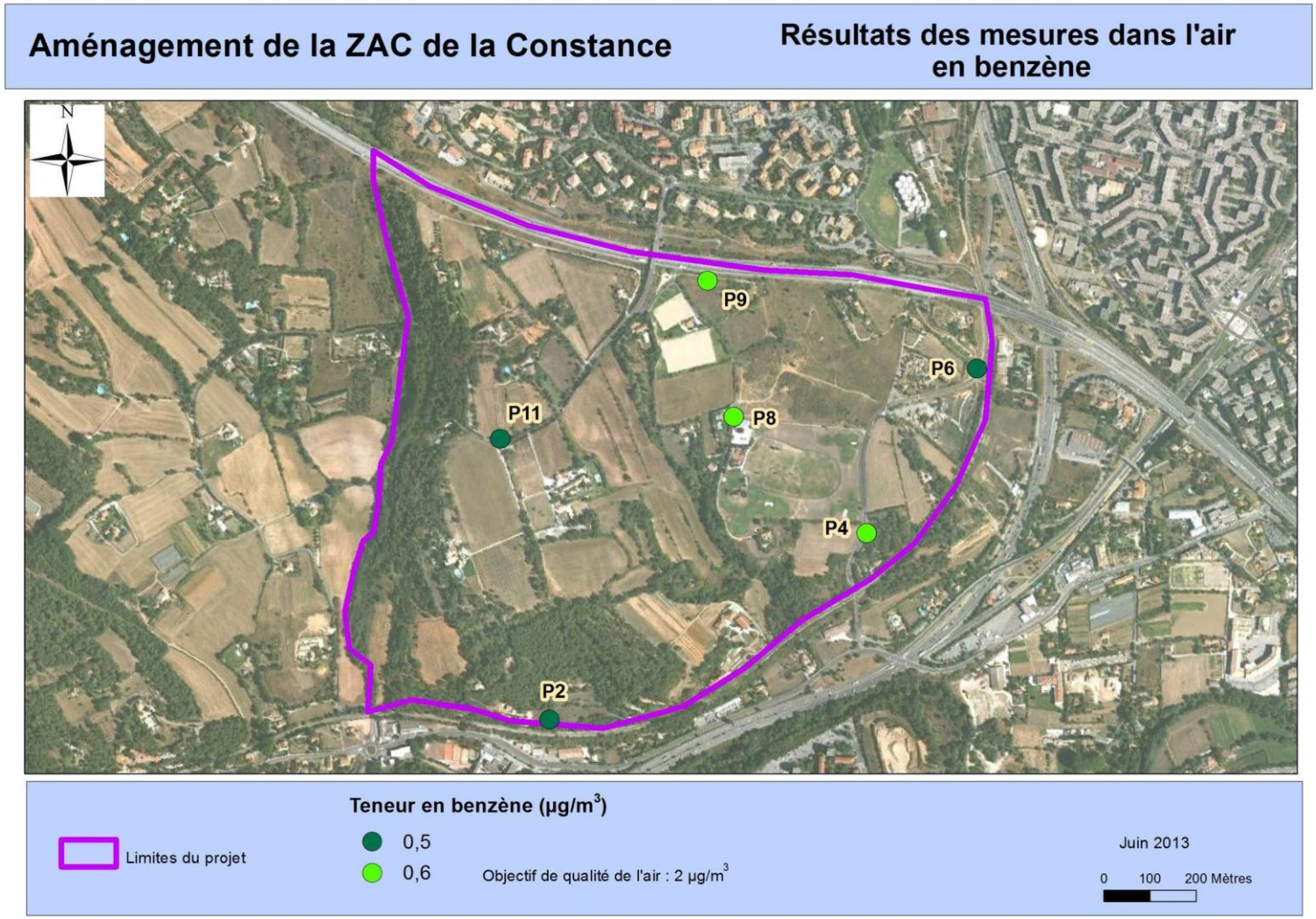


Figure 8 : Cartographie des teneurs en benzène relevées lors de la campagne de mesure (période du 22 mai au 5 juin 2013)

2.4. QUALIFICATION ET QUANTIFICATION DES ODEURS

2.4.1. METHODES

Deux experts d'EGIS Environnement, formés à la reconnaissance des odeurs, ont sillonné la zone de La Constance en réalisant de manière continue et systématique des relevés olfactifs.

Ces experts sont équipés :

- **d'un olfactomètre de terrain** spécifiquement adapté aux mesures des concentrations d'odeurs dans l'environnement ;
- **d'un référentiel d'intensité olfactive**, conforme à la norme AFNOR NF X 43-103.

Dès qu'une odeur est perçue, elle est identifiée et décrite d'un point de vue qualitatif et quantitatif. Ainsi les experts effectuent systématiquement :

- Des relevés topographiques (coordonnées GPS) et une photographie de la zone de perception ;
- Un relevé des paramètres météorologiques (vitesse et direction du vent) ;
- Une description qualitative de l'odeur (origine, apparentement, etc.) selon la Norme ISO 5492 relative à la nomenclature de l'analyse sensorielle ;
- Des mesures :
  - d'intensité odorante par comparaison à une échelle d'intensité olfactive de référence (AFNOR NF X 43-103) ;
  - de concentration d'odeurs (exprimées en ou_E/m^3). EGIS Environnement est équipé d'olfactomètres de terrain spécifiquement adaptés à la mesure des concentrations d'odeurs dans l'environnement de sites industriels.

2.4.2. CONDITIONS DE REALISATION

Les mesures d'odeurs ont été réalisées sur les 12 mêmes points que pour les mesures de benzène et de NO_2 lors de 2 dates différentes :

- Le 22 mai 2013 de 9h00 à 12h00
- Le 05 juin 2013 de 9h00 à 12h00.

Sur les 2 campagnes de mesures, les vents mesurés étaient faibles à très faibles, de direction Ouest Nord-Ouest avec un temps ensoleillé.

2.4.3. RESULTATS

Les résultats des mesures d'odeurs sont représentés sur le Figure 9 pour le 22 mai 2013 et sur la Figure 10 pour le 5 juin 2013.

Les 2 jurys de nez ont réalisé au total 48 observations olfactives au cours des 2 campagnes de mesures (2 jurys x 12 points d'observations x 2 campagnes).

Sur ces 48 observations olfactives, aucune odeur n'a été perçue sur les 12 points retenus.

Ainsi, dans l'état actuel, **la situation olfactive est très bonne sur la zone d'implantation de la future ZAC de La Constance**.

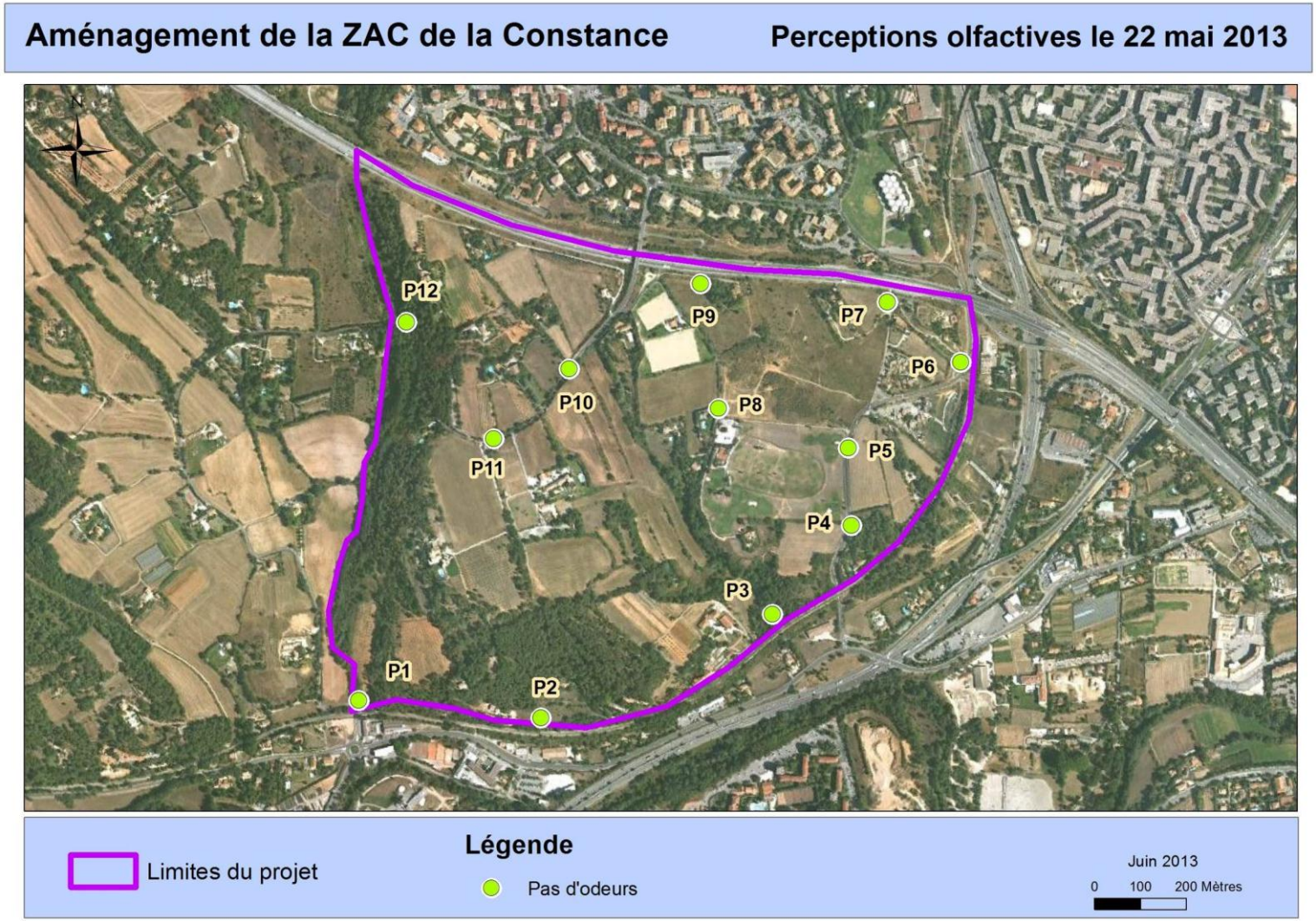


Figure 9: Cartographie des odeurs réalisée le 22 mai 2013

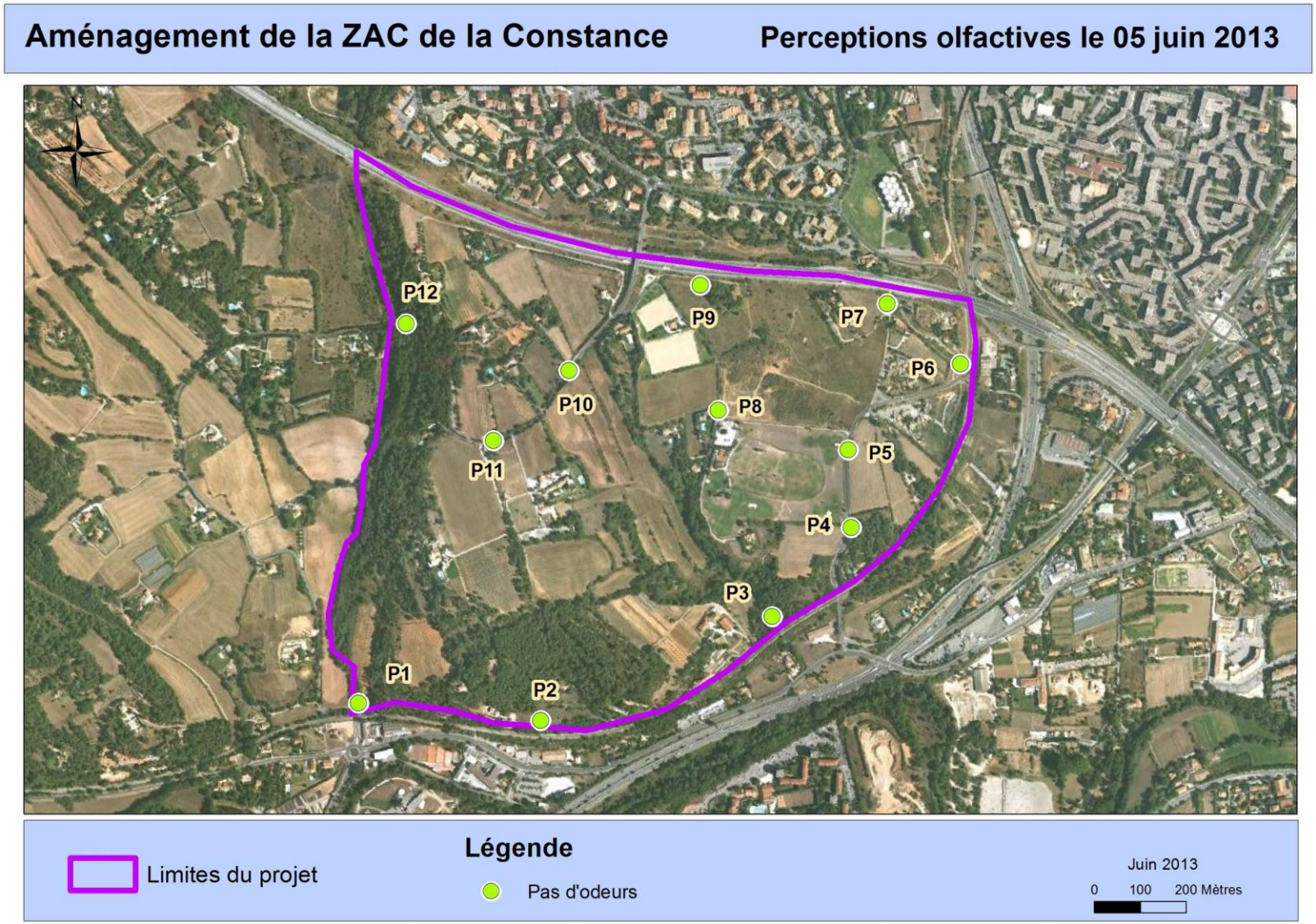


Figure 10: Cartographie des odeurs réalisée le 05 juin 2013

2.5. CONCLUSION

Dans le cadre du projet d'aménagement de la ZAC de La Constance sur la commune d'Aix-en-Provence, une caractérisation de l'état initial de la qualité de l'air a été menée.

Le projet se situe dans un environnement péri-urbain encadré par 2 autoroutes (l'A8 au Nord et l'A51 à l'Est) et incluant dans son emprise, 1 maison de retraite et 3 installations sportives (stade multisports, centre équestre et golf).

Les principaux émetteurs de polluants atmosphériques recensés dans le domaine d'étude sont le trafic routier ainsi qu'une chaufferie située dans la ZUP Encagnane à environ 500 m à l'Est des limites du projet.

Des mesures des polluants atmosphériques ont été réalisées sur une période de 15 jours du 22 mai et 5 juin 2013 sur 12 points répartis dans la zone d'aménagement de la future ZAC. Les résultats montrent que :

- **pour le dioxyde d'azote, la norme de qualité de l'air en vigueur en moyenne annuelle (40 µg/m^3) est dépassée sur un site de mesures sur 12 (soit 8 % des points). La valeur maximale mesurée est de 46,4 µg/m^3 en limite nord de la zone d'emprise du projet, à proximité de l'autoroute A8. Sur tous les autres sites de mesures, la valeur d'objectif est respectée.**

- **pour le benzène, la valeur de qualité de l'air en moyenne annuelle (2 µg/m^3) est respectée sur l'ensemble des sites de mesures. Les valeurs mesurées sont homogènes et varient de 0,5 à 0,6 µg/m^3.**

Deux campagnes de mesures d'odeurs ont également été réalisées le 22 mai et le 5 juin 2013 sur 12 points répartis dans la zone d'aménagement de la future ZAC. Les 2 jurys de nez ont effectué un total de 48 observations olfactives et aucune odeur n'a été perçue quels que soient le point et la période.

Ainsi, sur la base des résultats de la campagne de mesures menée du 22 mai au 5 juin 2013, la qualité de l'air dans le domaine d'étude est conforme aux normes en vigueur, hormis en limite Nord du projet, à proximité immédiate de l'autoroute A8 (dépassement de la valeur seuil sur le NO_2).

Dans l'état initial, la situation olfactive est quant à elle très bonne sur la zone d'implantation de la future ZAC de La Constance (pas d'odeur perçue).

3. EVALUATION DE L'IMPACT DU PROJET SUR LA QUALITÉ DE L'AIR

L'évaluation de l'impact du projet au regard de la qualité de l'air se déroule en trois étapes :

- l'évaluation des bilans des émissions polluantes induites par le trafic routier ;
- la modélisation de la dispersion atmosphérique de ces émissions et l'évaluation des teneurs en polluant dans l'air ambiant dans la bande d'étude ;
- la comparaison de ces teneurs aux normes en vigueur.

Le paragraphe ci-dessous a pour objet de présenter l'ensemble des données, hypothèses et logiciels utilisés dans le cadre de cette étude. Les résultats obtenus sont présentés dans les paragraphes suivants.

3.1. MÉTHODOLOGIE

3.1.1. HORIZONS D'ÉTUDE

Conformément à la réglementation en vigueur, l'étude d'impact sur la qualité de l'air et sur la santé est menée pour trois scénarios situés à deux horizons d'étude différents. Ces scénarios sont usuellement nommés *état initial (EI), état de référence (ER) et état projeté (EP)*.

L'état initial correspond à la situation actuelle. L'état de référence correspond à un horizon lointain (typiquement 10 à 20 ans après la mise en service de l'aménagement prévu) dans l'hypothèse où le projet envisagé ne serait pas réalisé et considérant les autres évolutions prévisibles des infrastructures. L'état projeté correspond au même horizon lointain avec la réalisation du projet.

La comparaison des résultats obtenus pour ces trois états permet d'apprécier l'impact du projet sur la qualité de l'air et sur la santé à échéance de son exploitation.

Dans le cadre de cette étude, *l'état initial* correspond à l'année 2013. *L'état de référence* et *l'état projeté* correspondent à l'année 2033.

3.1.2. RÉSEAU ÉTUDIÉ ET DONNÉES DE TRAFIC

Les données de trafic retenues dans le cadre de cette étude nous ont été transmises par le cabinet HORIZON CONSEIL chargé de l'étude des déplacements. Celles-ci ont été validées par la SEMEPA.

Le réseau routier retenu est représenté sur la Figure 11. Les données de trafics (TMJA : Trafic Moyen Journalier Annuel) sur les différents tronçons sont indiquées dans le Tableau 7. Elles concernent les Véhicules Légers (VL) et les Poids Lourds (PL) ainsi que les Bus pour l'état projeté. Le linéaire du réseau routier retenu est de 8,329 km.

Tronçons	Longueur (km)	Vitesse (km/h)	TMJA - EI (2013)		TMJA - ER (2033)		TMJA - EP (2033)		
			VL	PL	VL	PL	VL	PL	Bus
VoieA	0,421	30	0	0	0	0	5363	138	0
VoieB	0,367	30	2438	63	2633	68	4583	118	0
VoieCBus	0,707	30	0	0	0	0	0	4	160
VoieD	0,652	50	0	0	0	0	5168	133	0
VoieE	0,275	50	6533	168	7215	185	0	3	120
VoieF	0,771	30	0	0	0	0	10628	273	0
VoieG	0,265	50	6533	168	7215	185	4778	123	0
VoieH	0,369	30	6533	168	7215	185	9165	235	0
VoieI	0,840	50	0	0	0	0	3023	78	0
VoieJ	0,260	115	2438	63	2633	68	5460	140	0
AutorouteA8	1,630	80	42725	4226	52507	5193	52507	5193	0
AutorouteA51	1,774	0	93518	7583	98235	7965	98235	7965	0

Tableau 7 : Données de trafic

Tronçons	Kilométrage parcouru (veh x km)			(ER-EI)/EI	(EP-ER)/ER
	Etat Initial (EI)	Etat de Référence (ER)	Etat Projeté (EP)		
VoieA	0	0	2 112		
VoieB	988	1 067	1 857	8 %	74%
VoieCBus	0	0	112		
VoieD	0	0	2 904		
VoieE	1 715	1 894	31	10 %	-98 %
VoieF	0	0	8 121		
VoieG	1 849	2 042	1 352	10 %	-34 %
VoieH	2 379	2 627	3 337	10 %	27 %
VoieI	0	0	2 564		
VoieJ	648	699	1 450	8 %	107%
AutorouteA8	84 041	103 283	103 283	23 %	0 %
AutorouteA51	164 389	172 681	172 681	5 %	0 %
Total	**256 007**	**284 294**	**299 804**	**11 %**	**5 %**

Tableau 8 : Kilométrage parcouru

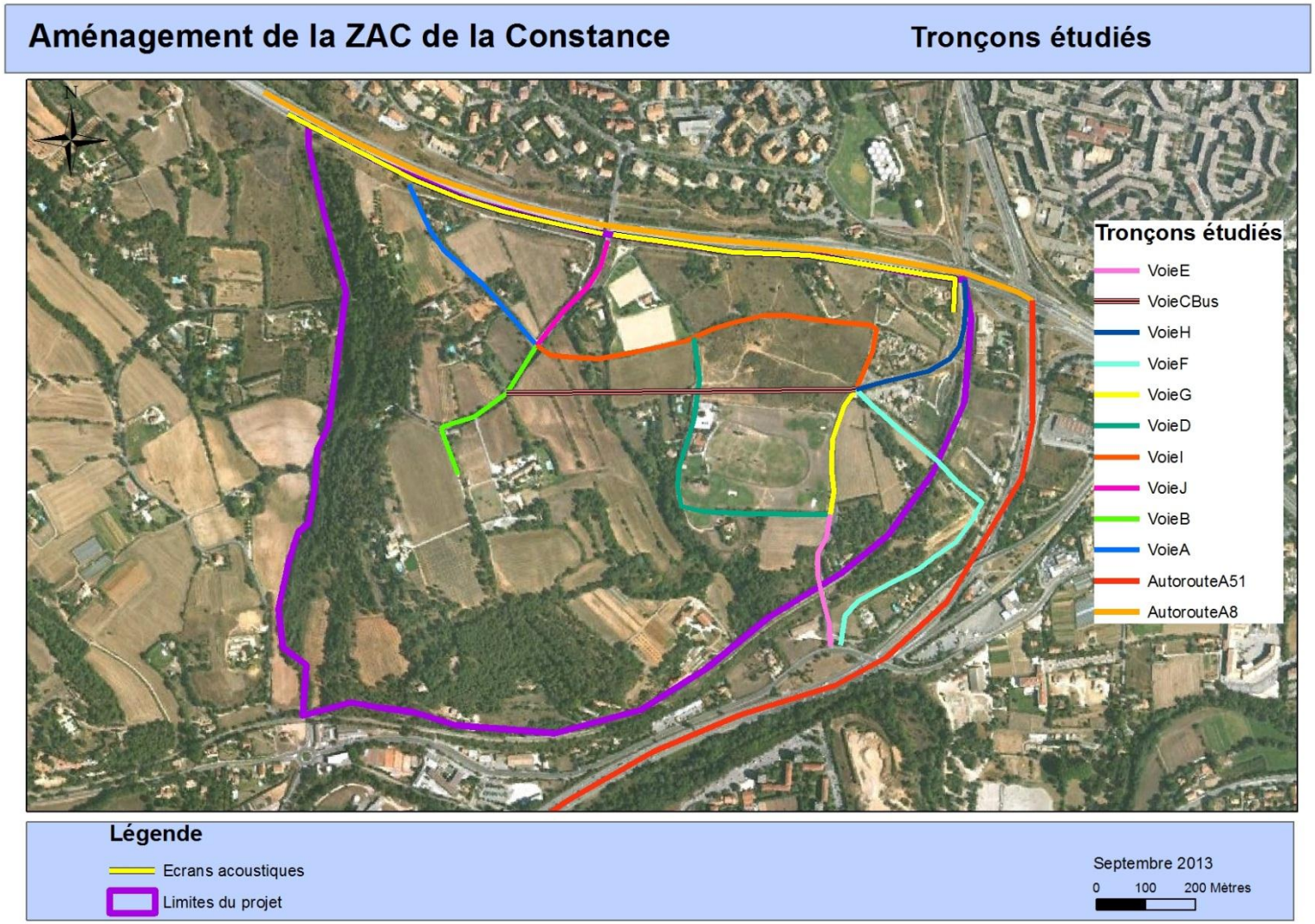


Figure 11 : Réseau routier et tronçons étudiés

Du fait de la réalisation du projet, **les voies A, C, D, I et F seraient créées**. Les trafics de ces tronçons pour l'état initial et l'état de référence sont donc nuls. Il est à noter que la voie nouvelle C serait affectée totalement à la circulation des bus. Par ailleurs, à l'horizon 2033 avec projet, la voie E, où circulent actuellement des VL et PL, serait réservée aux bus.

Il est également à noter la présence d'écrans acoustiques qui seraient créés à l'état projeté en 2033 (EP).

Sur la base de ces données de trafics et du Tableau 8, le kilométrage parcouru[2] augmenterait de 11 % entre l'état initial et l'état de référence sur le réseau routier étudié. Il augmenterait plus modérément (environ 6 %) entre l'état de référence et l'état projeté du fait de la réalisation du projet.

3.1.3. POLLUANTS RETENUS

Conformément à la circulaire du 25 février 2005 et à son guide méthodologique, les polluants retenus dans cette étude sont listés ci-dessous :

- les **oxydes d'azote** (NO_2 et NO) ;
- le **monoxyde de carbone** (CO) ;
- le **dioxyde de soufre** (SO_2) ;
- le **benzène** (C_6H_6) ;
- les **particules** en suspension (PM2.5 et PM10) + PM échappement ;
- les **métaux** : Cadmium (Cd) et Nickel (Ni).

3.1.4. EVALUATION DES ÉMISSIONS ROUTIÈRES

Les émissions routières ont été évaluées avec le logiciel COP'AIR GIS, développé par EGIS, selon la méthodologie COPERT (COmputer Programme to Calculate Emissions from Road Transport), développée pour l'Agence Européenne de l'Environnement[3], dans sa version la plus récente, COPERT 4.

Cette méthodologie comprend une bibliothèque de facteurs d'émissions unitaires qui expriment la quantité de polluants émis par un véhicule donné, sur un parcours donné de un kilomètre. Ces facteurs d'émissions unitaires, exprimés en g/km, sont fonctions de différents paramètres dont :

- la catégorie du véhicule (voitures particulières, véhicules utilitaires légers, poids-lourds, bus, *etc*.),

[2] *Le kilométrage parcouru correspond, pour un tronçon donné, au produit du trafic (TMJA) et de la distance parcourue.*
[3] *http://www.eea.europa.eu/publications/copert-4-2014-estimating-emissions*

- son mode de carburation (essence, diesel),
- sa cylindrée (ou son poids total autorisé en charge pour les poids lourds),
- sa date de mise en circulation (normes Euro) et son âge,
- sa vitesse,
- les conditions de circulation.

Pour déterminer ces émissions unitaires, des mesures des émissions sont effectuées en laboratoire pour différents cycles représentatifs de conditions réelles de circulation.

Le parc retenu est le parc roulant de l'INRETS dans sa version la plus récente. Il correspond au parc français pour les années 1980 à 2030.

Les trafics et le nombre de kilomètres parcourus par tronçons ont été présentés au paragraphe 3.1.2. Les trafics indiqués dans le Tableau 7 portent sur les Véhicules Légers sans qu'il soit précisé la répartition de ces VL entre les Véhicules Particuliers (VP) et les Véhicules Utilitaires Légers (VUL). Dans la présente étude, les VL ont été répartis comme suit : 77 % de VP et 23 % de VUL.

Malgré les incertitudes existantes sur les résultats, **la méthodologie COPERT 4 constitue, à ce jour, la référence en termes d'évaluation des émissions routières et son utilisation fait aujourd'hui l'objet d'un consensus au niveau européen.**

3.1.5. EVALUATION DES TENEURS EN POLLUANT

3.1.5.1. DESCRIPTION DU MODÈLE DE DISPERSION ATMOSPHÉRIQUE

La dispersion des polluants et l'évaluation de leur concentration dans l'air ambiant ont été réalisées avec le modèle ADMS Roads v.3.1. Ce logiciel est un modèle de dispersion atmosphérique gaussien, dit de seconde génération, qui repose sur les technologies et les connaissances les plus récentes dans le domaine de la qualité de l'air.

Utilisé, reconnu et validé en France et à l'international (plus de 1 000 utilisateurs), il bénéficie des résultats d'un groupe de chercheurs de Cambridge, le Cambridge Environmental Research Consultant (CERC), qui le développe depuis 1993.

Il permet d'évaluer les teneurs des polluants réglementés en prenant en compte les effets complexes impliqués dans la dispersion atmosphérique : l'influence de la topographie, les effets « canyon », la description verticale de la turbulence atmosphérique, la nature des sols (rugosité), les phénomènes météorologiques complexes.

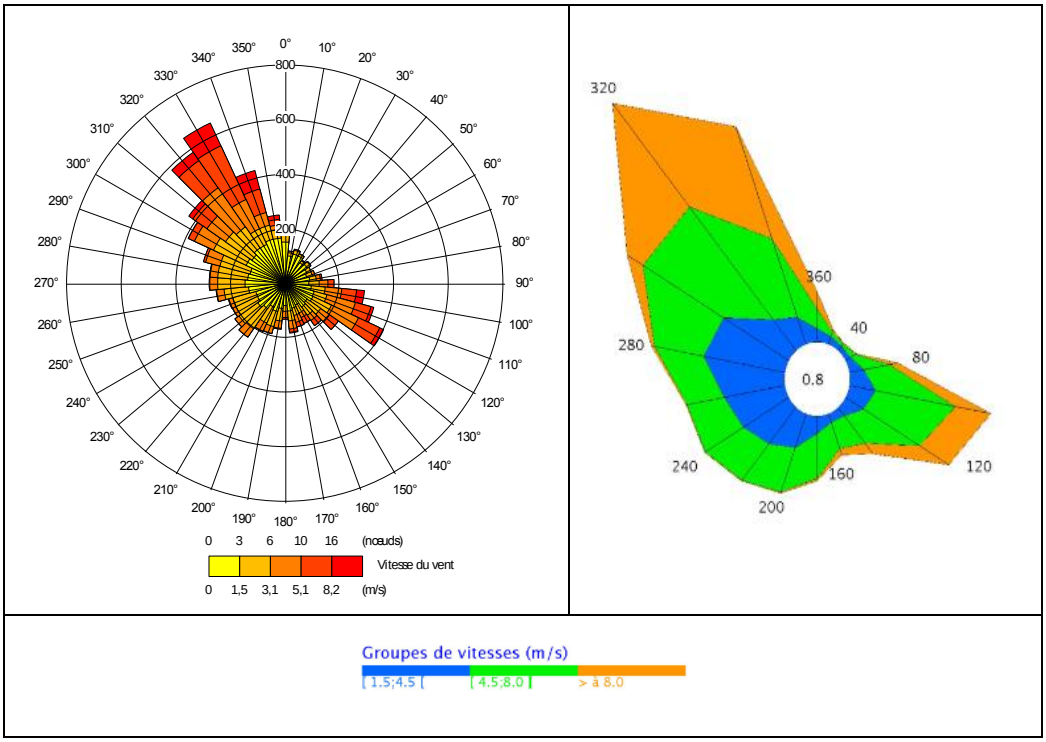
Ce modèle permet ainsi de répondre de manière complète à l'objectif de l'étude : estimation des concentrations moyennes annuelles, comparaison aux valeurs seuils définies dans la réglementation et estimation de l'exposition de la population.

Les conditions d'utilisation du modèle ADMS Roads v.3.1 et les paramètres retenus dans le cadre de cette étude sont présentés dans le Tableau 9.

Paramètres retenus pour la modélisation	
Résolution	La grille de calcul se compose d'un maillage régulier de 3 744 points, soit une résolution de 25 m sur l'ensemble du domaine d'étude. A proximité des axes routiers, ce maillage a été affiné avec l'ajout de 2 724 points placés sous forme de transects de part et d'autre du linéaire étudié. Les teneurs en polluant ont été évaluées en chaque point de cette grille.
Nature des sols	La nature des sols peut influencer la progression des panaches de polluants. Dans le cadre de cette étude, la nature des sols a été caractérisée par une rugosité de 0,5 mètre sur l'ensemble du domaine d'étude. Cette rugosité correspond à des zones d'habitats urbains dispersés, en périphérie d'agglomérations.
Topographie	Compte tenu du relief légèrement marqué sur le domaine d'étude et de son influence probable sur les champs de vent, la topographie du site a été prise en compte dans le calcul de la dispersion atmosphérique des polluants (source : fichier BD ALTI IGN).
Caractéristiques des polluants étudiés	Les polluants de type gazeux (dioxyde d'azote, dioxyde de soufre, monoxyde de carbone et benzène) ont été assimilés à des gaz passifs. Les particules et les métaux lourds ont été assimilés à des particules d'une densité de 5 000 kg/m^3 et de diamètres respectifs 10 µm et 2,5 µm.
Teneurs de fond	Les teneurs de fond retenues pour le dioxyde d'azote et le benzène correspondent aux teneurs moyennes relevées lors de la campagne de mesure réalisée au mois de mai / juin 2013 par EGIS Environnement (zone périurbaine hors influence de l'autoroute). Pour les autres polluants, les teneurs de fond correspondent à celles relevées par AIR PACA dans le cadre d'une étude[4] à proximité de la RD 9 (seule étude représentative d'une situation de fond périurbain à proximité de la zone étudiée). Les teneurs de fond retenues pour tous les polluants sont identiques pour les trois scénarii : • Dioxyde d'azote : 18 µg/m^3 • Benzène : 0,6 µg/m^3 • Nickel : 2,5 ng/m^3 • Cadmium : 0,1 ng/m^3 • PM2.5 : 20 µg/m^3 • PM10 : 24 µg/m^3 • CO : 0,3 mg/m^3 • SO_2 : 3 µg/m^3

[4] *« Etat initial de la qualité de l'air en 2007 en proximité de la RD 9 sur la commune de Cabries » ATMO PACA, Date de publication : 05/2008*

Météorologie	Afin de décrire au mieux les conditions de dispersion, l'évaluation des teneurs en polluant dans l'air ambiant s'est appuyée sur les données météorologiques tri-horaires (température, direction et vitesse du vent, nébulosité pour appréhender la stabilité atmosphérique) relevées sur la station Météo France d'Aix-Les-Milles, pour l'année 2006, année représentative des moyennes saisonnières, comme en témoigne l'inter comparaison des roses des vents présentées ci-dessous.



Roses des vents pour l'année 2006 (à gauche) et sur la période 1983 à 2008 (à droite), Source : METEO France, station : Aix-Les-Milles

Tableau 9 : Principaux paramètres pour la dispersion atmosphérique (ADMS Roads)

3.2. EVALUATION DE L'IMPACT DU PROJET SUR LA QUALITÉ DE L'AIR

3.2.1. BILAN DES ÉMISSIONS ROUTIÈRES SUR LE DOMAINE D'ÉTUDE

Les émissions routières ont été évaluées pour chacun des tronçons du réseau routier. Les bilans des émissions routières sont présentés dans les tableaux ci-après, pour l'état initial (Tableau 10), l'état de référence (Tableau 11) et l'état projeté (Tableau 12).

Dans le Tableau 11 et le Tableau 12, les pourcentages (en orange) correspondent aux écarts relatifs entre l'état de référence et l'état initial (noté *(ER-EI)/EI*) et entre l'état de référence et l'état projeté (noté *(EP-ER)/EP*).

3.2.1.1. ANALYSE COMPARATIVE DES BILANS DES ÉMISSIONS 2013 ET 2033 SANS PROJET

La part prépondérante des émissions du réseau routier provient du trafic de l'autoroute A51 située au sud du projet. Cet axe représente environ 66 % du kilométrage parcouru (pour l'état initial et l'état de référence), de 56 à 71 % des émissions polluantes à l'état initial et de 52 à 69 % à l'état de référence (tous polluants confondus).

L'analyse comparative des émissions polluantes entre l'année 2013 (état initial) et l'horizon 2033 sans réalisation du projet (état de référence) met en évidence une diminution importante des émissions routières pour l'ensemble des polluants, excepté les métaux et le dioxyde de soufre : réduction supérieure à 70 % pour le benzène, les PM2.5 et les particules à l'échappement et d'environ 63 % pour le dioxyde d'azote, le monoxyde de carbone et les PM10).

Ainsi, malgré l'augmentation du kilométrage parcouru à l'horizon 2033, **les émissions routières du réseau étudié diminuent** pour les polluants sus cités. Ces résultats montrent les effets positifs liés aux améliorations technologiques (généralisation du pot catalytique, reformulation des carburants, *etc*.) et au renouvellement du parc automobile entre 2013 et 2033. Le renouvellement du parc roulant est un facteur important de réductions des nuisances atmosphériques.

		Total	voieA	voieB	voieC	voieD	voieE	voieF
Dioxyde d'azote	**kg/j**	**50,91**		0,21			0,28	
Dioxyde de soufre	**g/j**	**343,18**		1,45			2,04	
CO	**kg/j**	**160,11**		1,43			1,23	
Benzène	**g/j**	**675,88**		9,10			8,37	
PM 2,5	**kg/j**	**11,37**		0,05			0,07	
PM 10	**kg/j**	**12,83**		0,06			0,09	
PM échappement	**kg/j**	**9,30**		0,04			0,05	
Cadmium	**mg/j**	**175,70**		0,84			1,19	
Nickel	**mg/j**	**384,11**		2,85			4,15	

		voieG	voieH	voiel	voieJ	autoA8	autoA51
Dioxyde d'azote	**kg/j**	0,39	0,39		0,11	18,52	31,02
Dioxyde de soufre	**g/j**	2,72	2,82		0,77	115,22	218,15
CO	**kg/j**	2,68	1,71		0,47	62,01	90,59
Benzène	**g/j**	17,08	11,59		3,16	184,44	442,14
PM 2,5	**kg/j**	0,09	0,10		0,03	4,11	6,92
PM 10	**kg/j**	0,11	0,12		0,03	4,38	8,03
PM échappement	**kg/j**	0,07	0,07		0,02	3,63	5,43
Cadmium	**mg/j**	1,57	1,65		0,45	55,73	114,27
Nickel	**mg/j**	5,34	5,75		1,57	86,99	277,47

Tableau 10 : Bilan des émissions routières à l'état initial (2013)

		Total	voieA	voieB	voieC	voieD	voieE	voieF
Dioxyde d'azote	**kg/j**	**19,47**		0,08			0,13	
(ER-EI)/EI		***-62%***		*-58%*			*-57%*	
Dioxyde de soufre	**g/j**	**381,87**		1,42			2,38	
(ER-EI)/EI		***12%***		*4%*			*9%*	
Monoxyde de carbone	**kg/j**	**59,33**		0,27			0,30	
(ER-EI)/EI		***-63%***		*-80%*			*-78%*	
Benzène	**g/j**	**81,90**		0,80			0,70	
(ER-EI)/EI		***-88%***		*-91%*			*-92%*	
PM 2,5	**kg/j**	**3,15**		0,02			0,03	
(ER-EI)/EI		***-72%***		*-64%*			*-61%*	
PM 10	**kg/j**	**4,75**		0,03			0,05	
(ER-EI)/EI		***-63%***		*-50%*			*-46%*	
PM échappement	**kg/j**	**0,85**		0,00			0,01	
(ER-EI)/EI		***-91%***		*-90%*			*-90%*	
Cadmium	**mg/j**	**191,12**		0,80			1,36	
(ER-EI)/EI		***9%***		*2%*			*7%*	
Nickel	**mg/j**	**412,87**		2,80			4,82	
(ER-EI)/EI		***8%***		*4%*			*9%*	

		voieG	voieH	voiel	voieJ	autoA8	autoA51
Dioxyde d'azote	**kg/j**	0,16	0,17		0,04	8,15	10,64
(ER-EI)/EI		*-56%*	*-57%*		*-58%*	*-56%*	*-65%*
Dioxyde de soufre	**g/j**	2,81	3,19		0,82	141,57	227,74
(ER-EI)/EI		*8%*	*9%*		*7%*	*23%*	*5%*
Monoxyde de carbone	**kg/j**	0,54	0,40		0,10	26,98	30,47
(ER-EI)/EI		*-79%*	*-78%*		*-78%*	*-57%*	*-66%*
Benzène	**g/j**	1,58	0,94		0,24	27,87	49,29
(ER-EI)/EI		*-90%*	*-92%*		*-92%*	*-85%*	*-89%*
PM 2,5	**kg/j**	0,03	0,04		0,01	0,95	2,05
(ER-EI)/EI		*-63%*	*-61%*		*-61%*	*-77%*	*-70%*
PM 10	**kg/j**	0,06	0,07		0,02	1,29	3,21
(ER-EI)/EI		*-48%*	*-46%*		*-47%*	*-71%*	*-60%*
PM échappement	**kg/j**	0,01	0,01		0,00	0,35	0,47
(ER-EI)/EI		*-90%*	*-90%*		*-90%*	*-90%*	*-91%*
Cadmium	**mg/j**	1,59	1,82		0,47	67,16	116,92
(ER-EI)/EI		*6%*	*7%*		*4%*	*20%*	*3%*
Nickel	**mg/j**	5,53	6,47		1,67	104,45	284,63
(ER-EI)/EI		*8%*	*9%*		*6%*	*20%*	*4%*

Tableau 11 : Bilan des émissions routières à l'état de référence (2033) et écart relatif avec l'état initial (2013)

3.2.1.2. ANALYSE COMPARATIVE DES BILANS DES ÉMISSIONS 2033 AVEC ET SANS LA RÉALISATION DU PROJET

L'analyse comparative des émissions polluantes à l'horizon 2033, avec et sans réalisation du projet de ZAC, met en évidence une augmentation des émissions polluantes à l'échelle du réseau étudié. Elle varie de +5 % pour le dioxyde de soufre, le dioxyde d'azote, les PM à l'échappement et le monoxyde de carbone à +11 % pour le nickel. Ces variations sont conformes aux évolutions des kilométrages parcourus. Les émissions montrent cependant certaines disparités en fonction des tronçons étudiés :

- Forte augmentation des émissions pour les voies B et J
- Forte diminution des émissions pour la voie E

		Total	voieA	voieB	voieC	voieD	voieE	voieF
Dioxyde d'azote	**kg/j**	**20,60**	0,15	0,14	0,02	0,29	0,00	0,53
(EP-ER)/ER		***6%***		*73%*			*-97%*	
Dioxyde de soufre	**g/j**	**402,26**	2,50	2,38	0,54	4,54	0,13	9,06
(EP-ER)/ER		***6%***		*68%*			*-94%*	
Monoxyde de carbone	**kg/j**	**62,52**	0,29	0,46	0,14	0,87	0,03	1,06
(EP-ER)/ER		***6%***		*68%*			*-90%*	
Benzène	**g/j**	**89,33**	0,82	1,40	0,00	2,85	0,00	2,98
(EP-ER)/ER		***10%***		*76%*			*-100%*	
PM 2,5	**kg/j**	**3,40**	0,03	0,03	0,01	0,05	0,00	0,12
(EP-ER)/ER		***8%***		*70%*			*-96%*	
PM 10	**kg/j**	**5,14**	0,05	0,05	0,01	0,09	0,00	0,20
(EP-ER)/ER		***10%***	*!*	*70%*			*-95%*	
PM échappement	**kg/j**	**0,90**	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02
(EP-ER)/ER		***6%***	*!*	*72%*			*-94%*	
Cadmium	**mg/j**	**202,77**	1,44	1,35	0,37	2,59	0,09	5,21
(EP-ER)/ER		***7%***		*68%*			*-93%*	
Nickel	**mg/j**	**453,47**	5,13	4,72	1,14	9,09	0,28	18,60
(EP-ER)/ER		***11%***		*69%*			*-94%*	

		voieG	voieH	voiel	voieJ	autoA8	autoA51
Dioxyde d'azote	**kg/j**	0,11	0,22	0,22	0,09	8,15	10,64
(EP-ER)/ER		*-33%*	*27%*		*107%*	*0%*	*0%*
Dioxyde de soufre	**g/j**	1,94	3,99	3,43	1,63	141,57	227,74
(EP-ER)/ER		*-31%*	*25%*		*99%*	*0%*	*0%*
Monoxyde de carbone	**kg/j**	0,38	0,49	0,66	0,20	26,98	30,47
(EP-ER)/ER		*-31%*	*24%*		*93%*	*0%*	*0%*
Benzène	**g/j**	1,03	1,20	2,15	0,51	27,87	49,29
(EP-ER)/ER		*-35%*	*28%*		*110%*	*0%*	*0%*
PM 2,5	**kg/j**	0,02	0,05	0,04	0,02	0,95	2,05
(EP-ER)/ER		*-32%*	*26%*		*102%*	*0%*	*0%*
PM 10	**kg/j**	0,04	0,09	0,07	0,04	1,29	3,21
(EP-ER)/ER		*-32%*	*25%*		*101%*	*0%*	*0%*
PM échappement	**kg/j**	0,00	0,01	0,01	0,00	0,35	0,47
(EP-ER)/ER		*-33%*	*26%*		*105%*	*0%*	*0%*
Cadmium	**mg/j**	1,09	2,28	1,95	0,94	67,16	116,92
(EP-ER)/ER		*-31%*	*25%*		*100%*	*0%*	*0%*
Nickel	**mg/j**	3,79	8,10	6,85	3,34	104,45	284,63
(EP-ER)/ER		*-31%*	*25%*		*100%*	*0%*	*0%*

Tableau 12 : Bilan des émissions routières à l'état projeté (2033) et écart relatif avec l'état de référence (2033)

3.2.2. EVALUATION DES TENEURS DANS L'AIR AMBIANT

Comme décrit précédemment, la dispersion et l'évaluation des teneurs en polluant dans l'air ambiant ont été déterminées avec le logiciel ADMS Roads. Les teneurs en polluant ainsi obtenues sont exprimées sous la forme de teneurs moyennes annuelles en tout point de la bande d'étude.

Ces teneurs annuelles sont comparables aux normes de qualité de l'air en vigueur et leur comparaison aux différents horizons permet d'appréhender l'impact du projet sur la qualité de l'air.

Il convient de souligner que ces résultats mettent en évidence la contribution des émissions induites par le réseau routier étudié, à l'exclusion de toute autre source d'émissions.

3.2.2.1. CARTOGRAPHIES DES TENEURS EN POLLUANT

Les cartographies des teneurs en dioxyde d'azote, en benzène et en particules (PM2.5 et PM10), en tout point de la bande d'étude, sont présentées sur les Figures 12 à 23 pour l'état initial, l'état de référence et l'état projeté.

Ces cartographies ont été réalisées sous SIG (Système d'Information Géographique) par interpolation géostatistique des teneurs évaluées, en chaque point du maillage (environ 3 800 points), à l'issue des calculs de dispersion atmosphérique.

Ces cartographies mettent en évidence :

- les effets significatifs, mais néanmoins géographiquement limités, des émissions polluantes induites par le trafic routier du réseau étudié sur la qualité de l'air (entre 50 et 150 m de part et d'autre des infrastructures routières en fonction des axes et des polluants).
- une amélioration de la qualité de l'air à l'échelle du domaine d'étude entre l'état initial et l'état de référence, du fait du renouvellement du parc automobile entre 2013 et 2033 et ce, malgré l'augmentation du kilométrage parcouru.

Elles ne permettent pas de mettre en évidence une évolution significative de la qualité de l'air dans le domaine d'étude du fait de la réalisation du projet de ZAC de la Constance à l'horizon 2033.

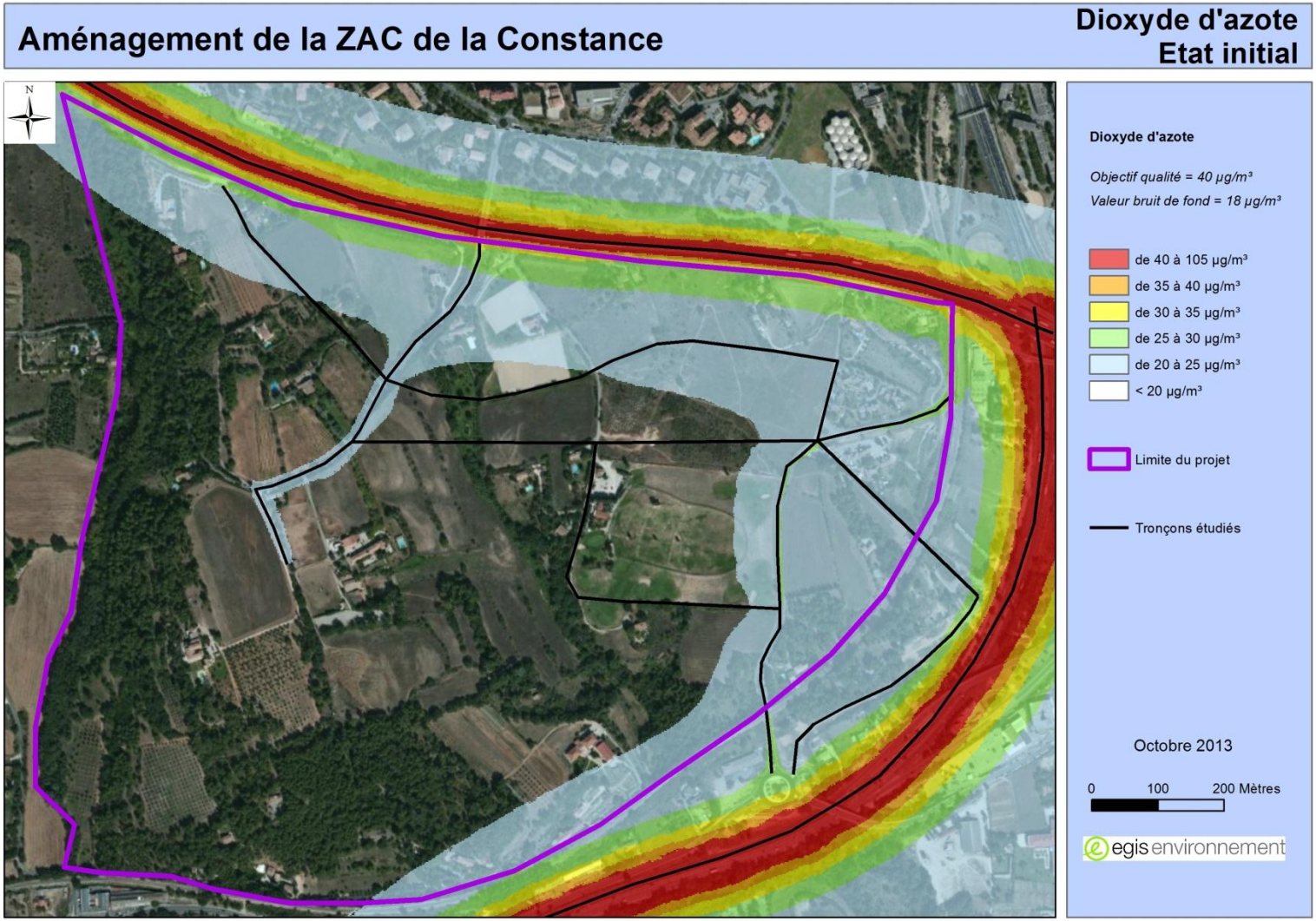


Figure 12 : Teneurs en dioxyde d'azote – état initial (2013)

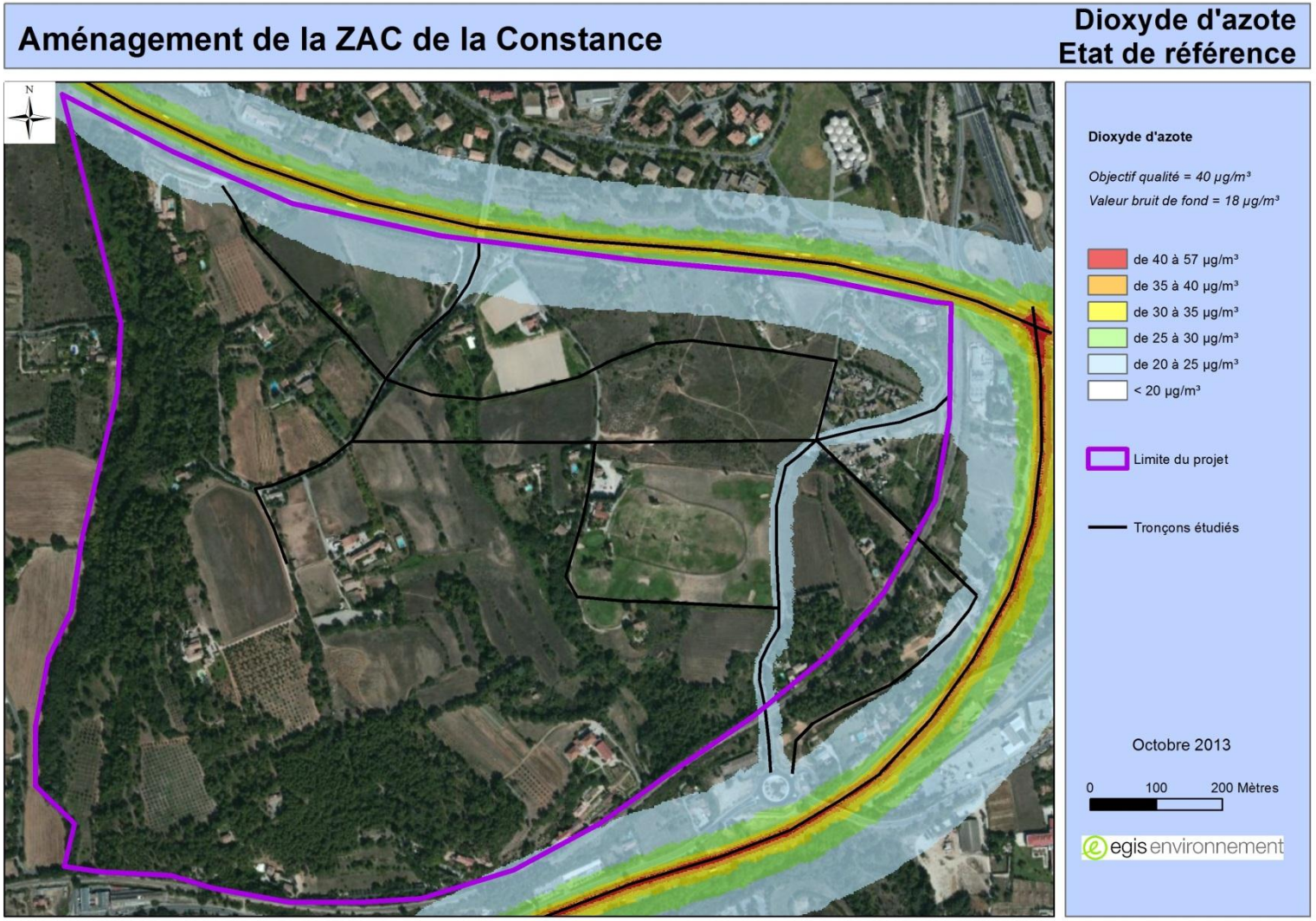


Figure 13 : Teneurs en dioxyde d'azote – état de référence (2033)

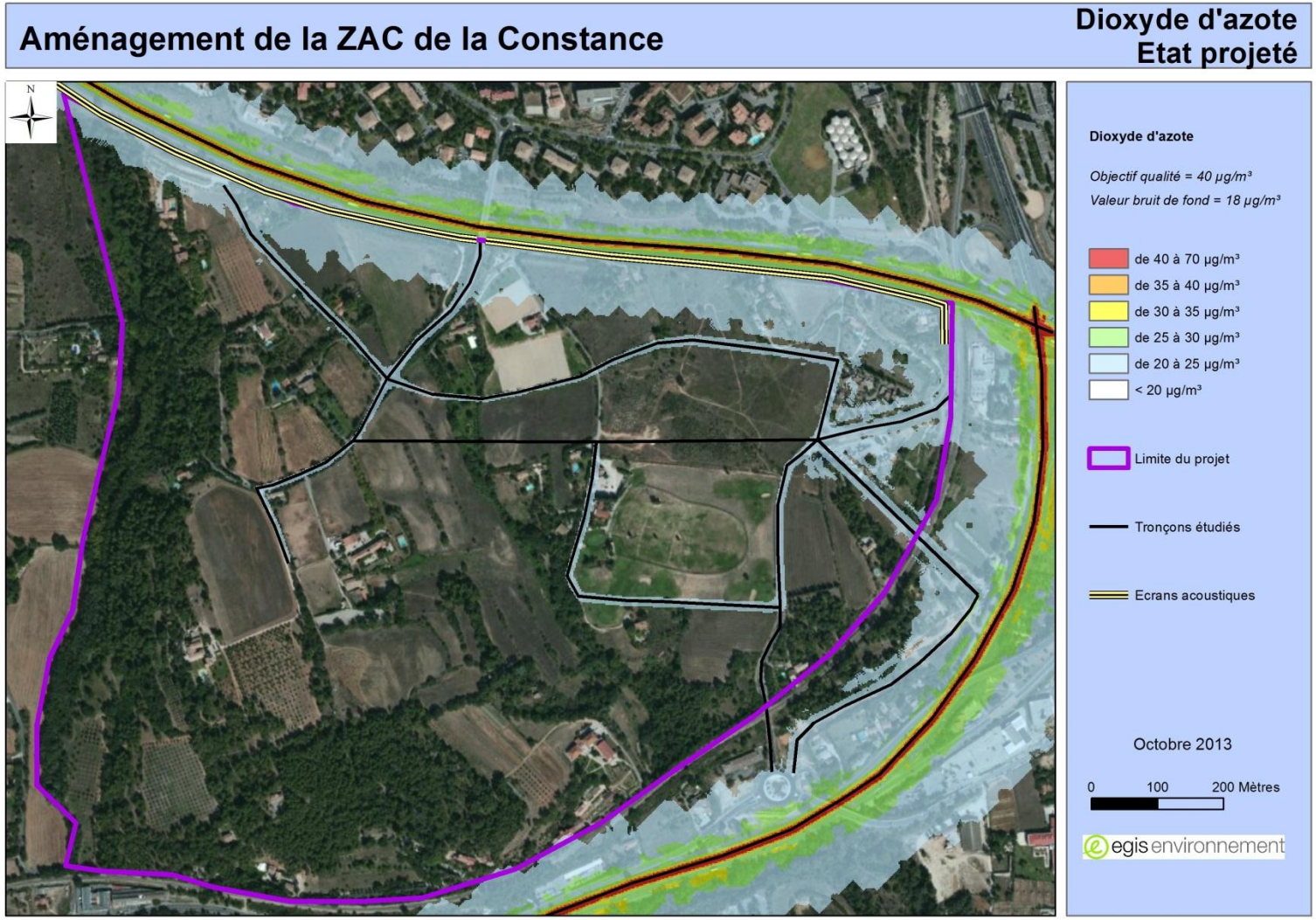


Figure 14 : Teneurs en dioxyde d'azote – état projeté (2033)

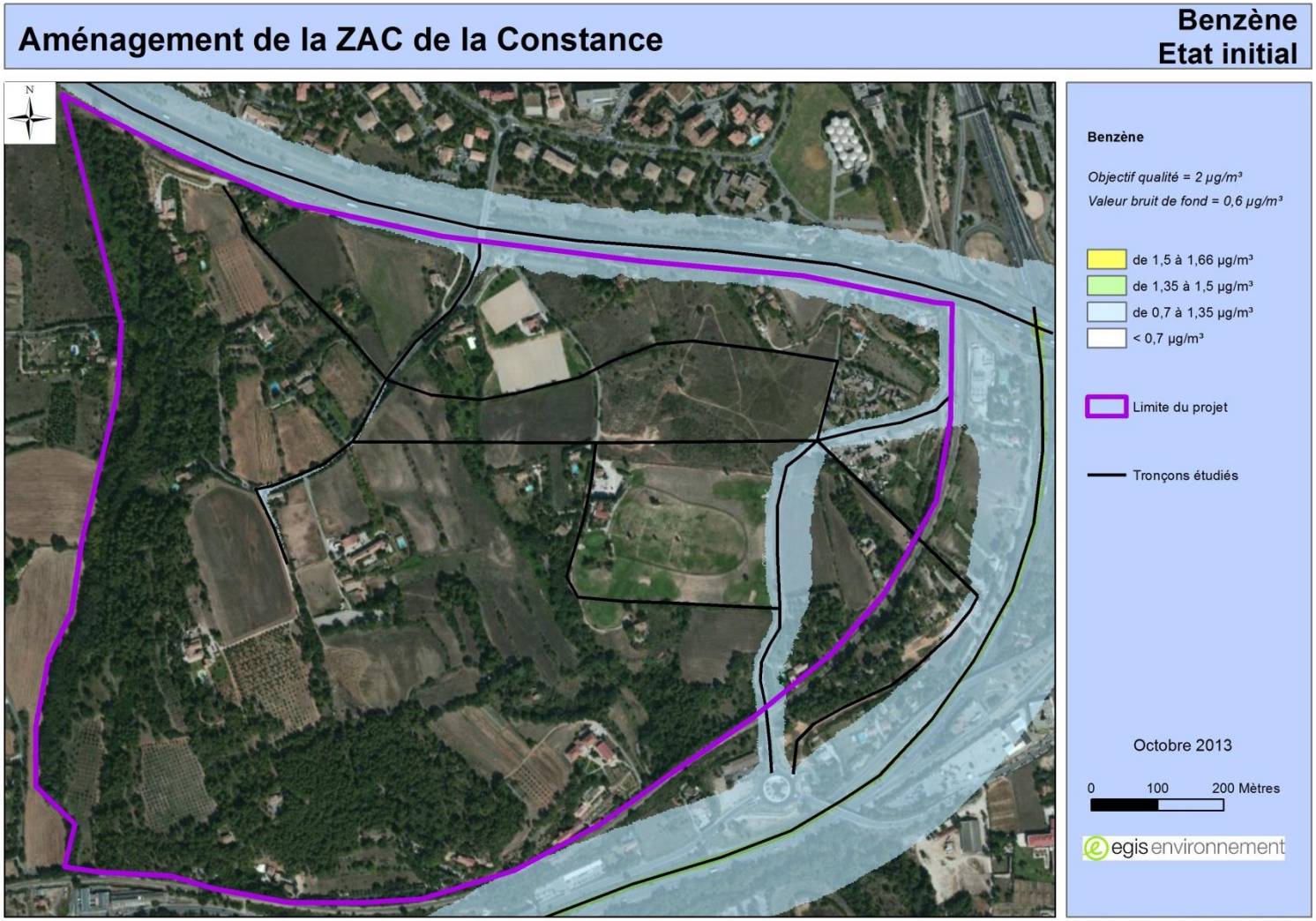


Figure 15 : Teneurs en benzène – état initial (2013)

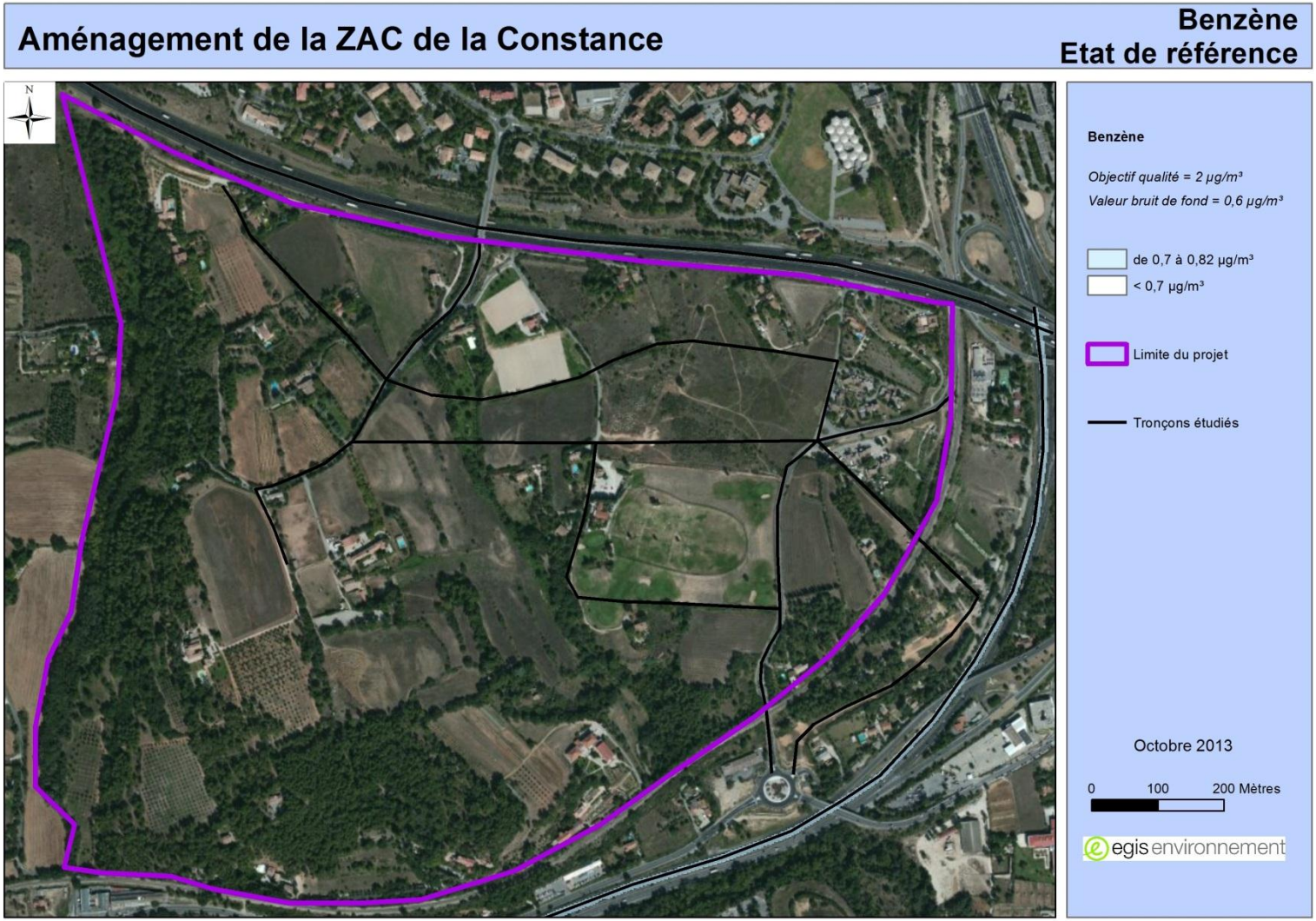


Figure 16 : Teneurs en benzène – état de référence (2033)

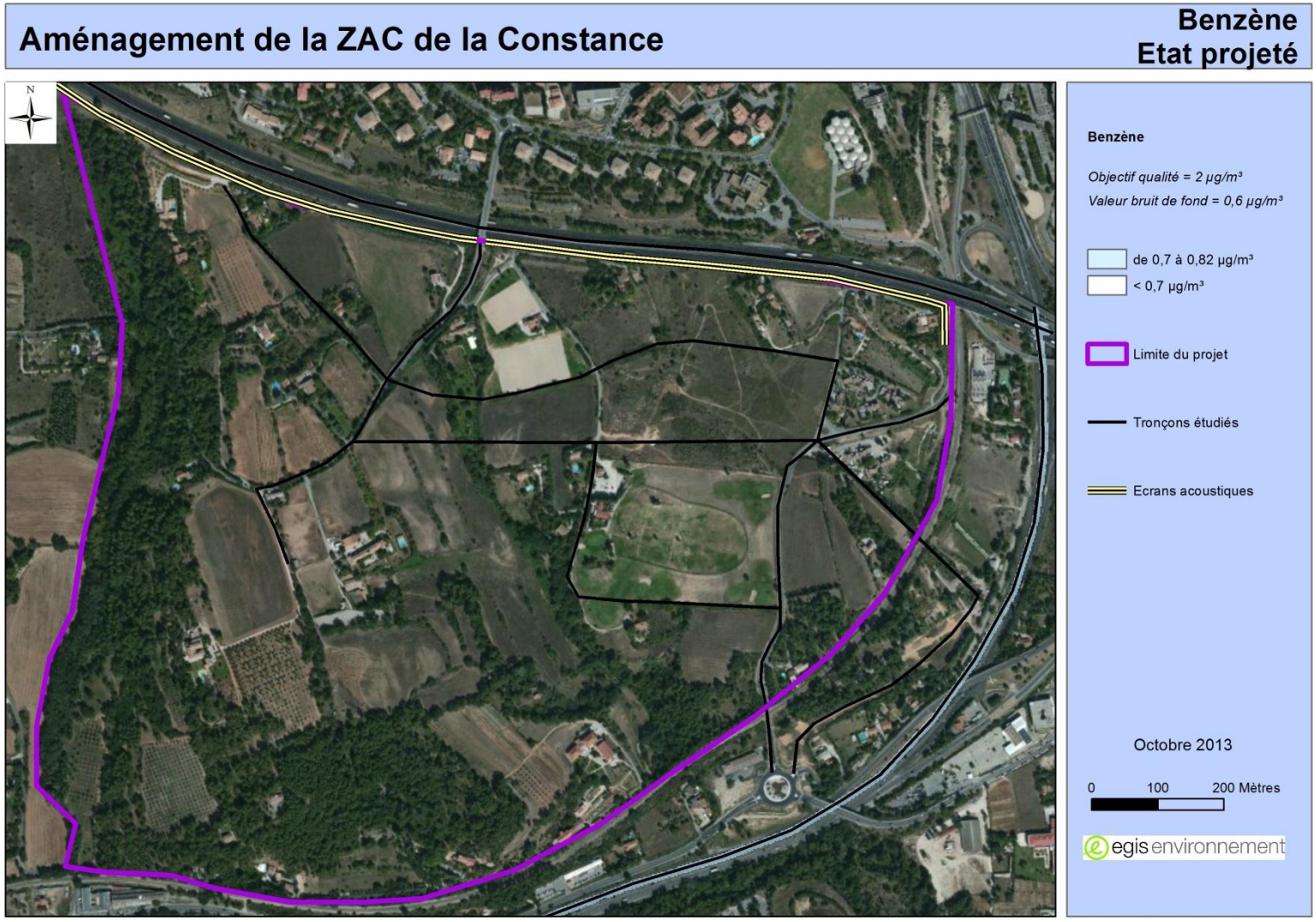


Figure 17 : Teneurs en benzène – état projeté (2033)

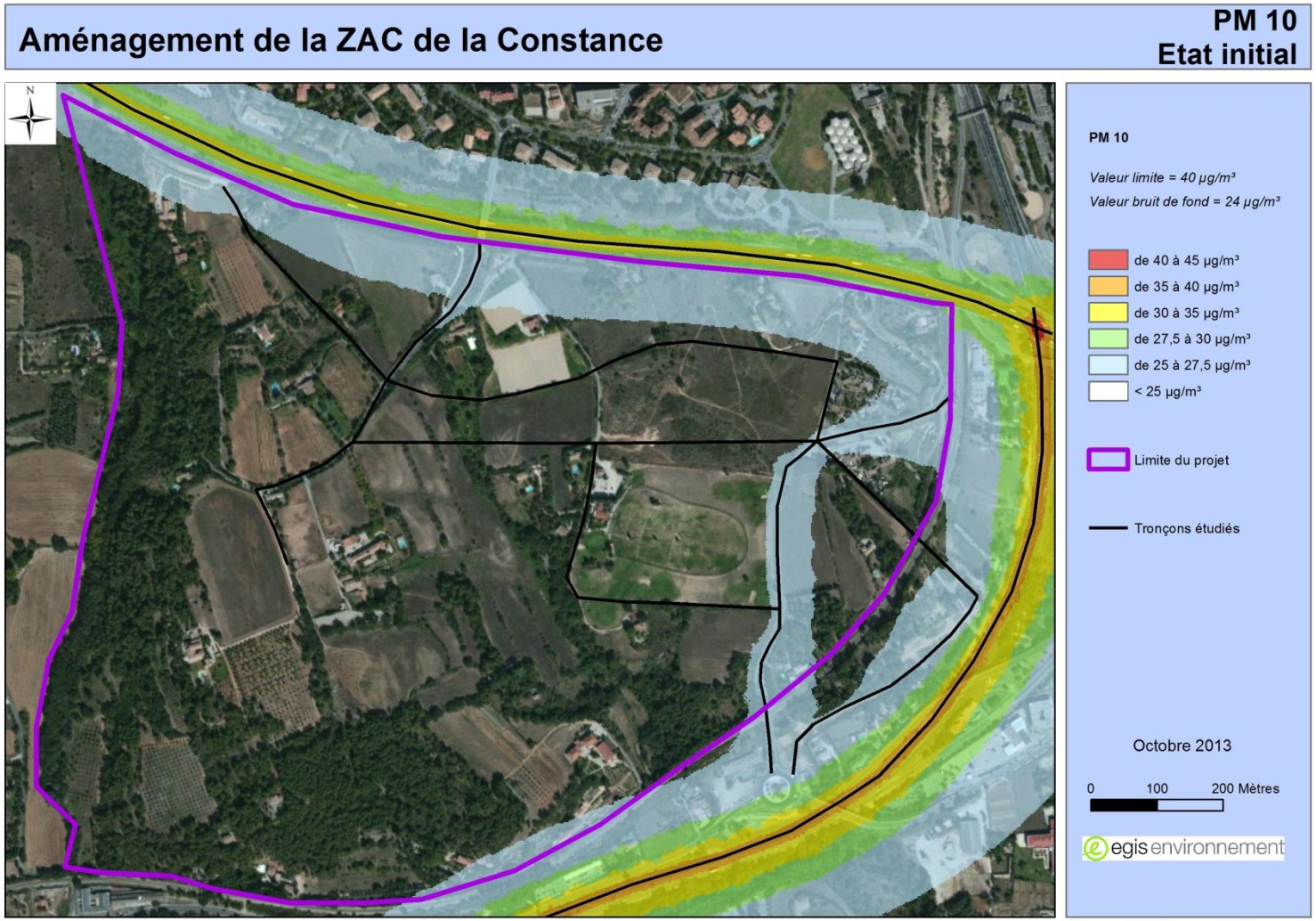


Figure 18 : Teneurs en PM 10 – état initial (2013)

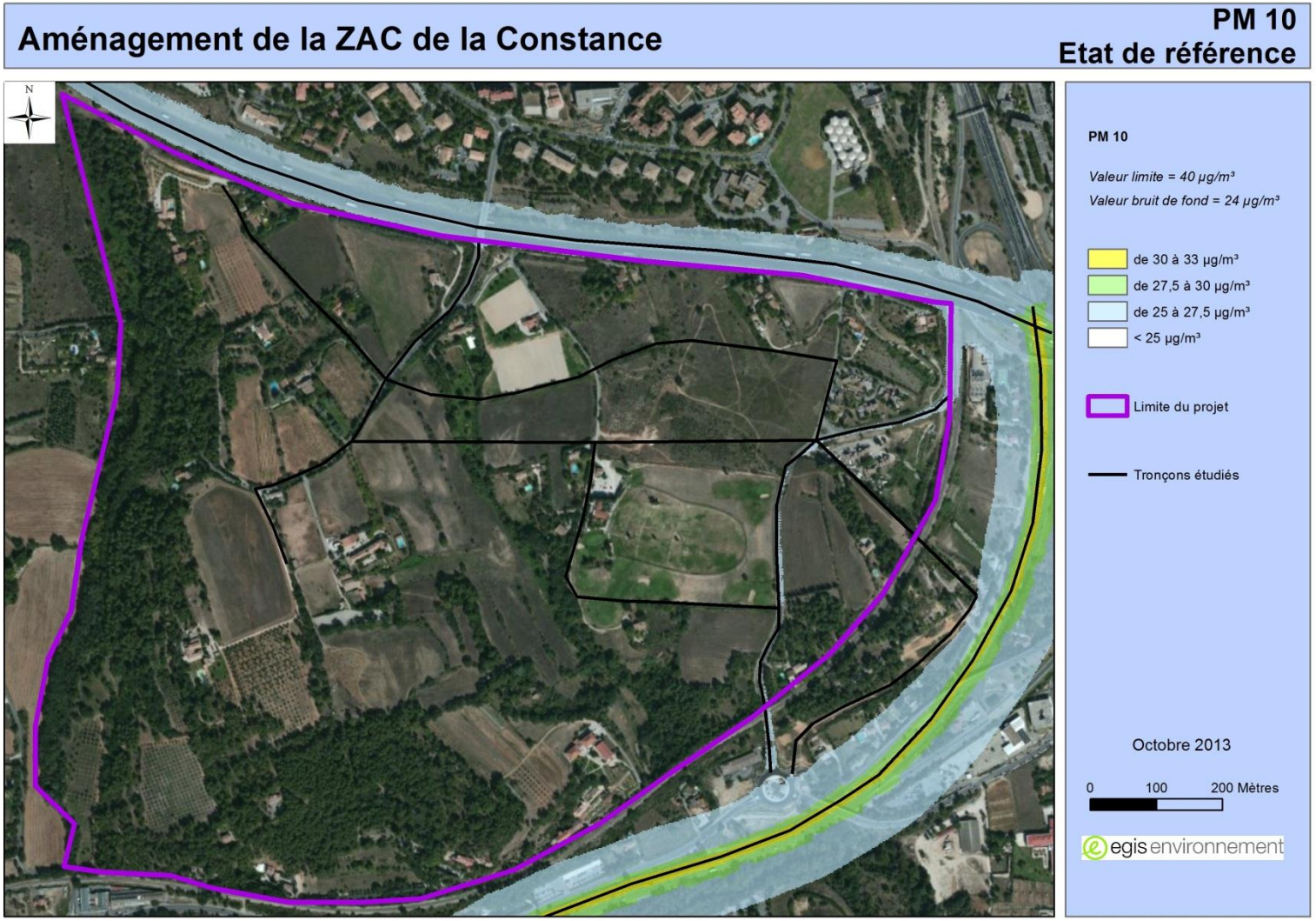


Figure 19 : Teneurs en PM 10 – état de référence (2033)

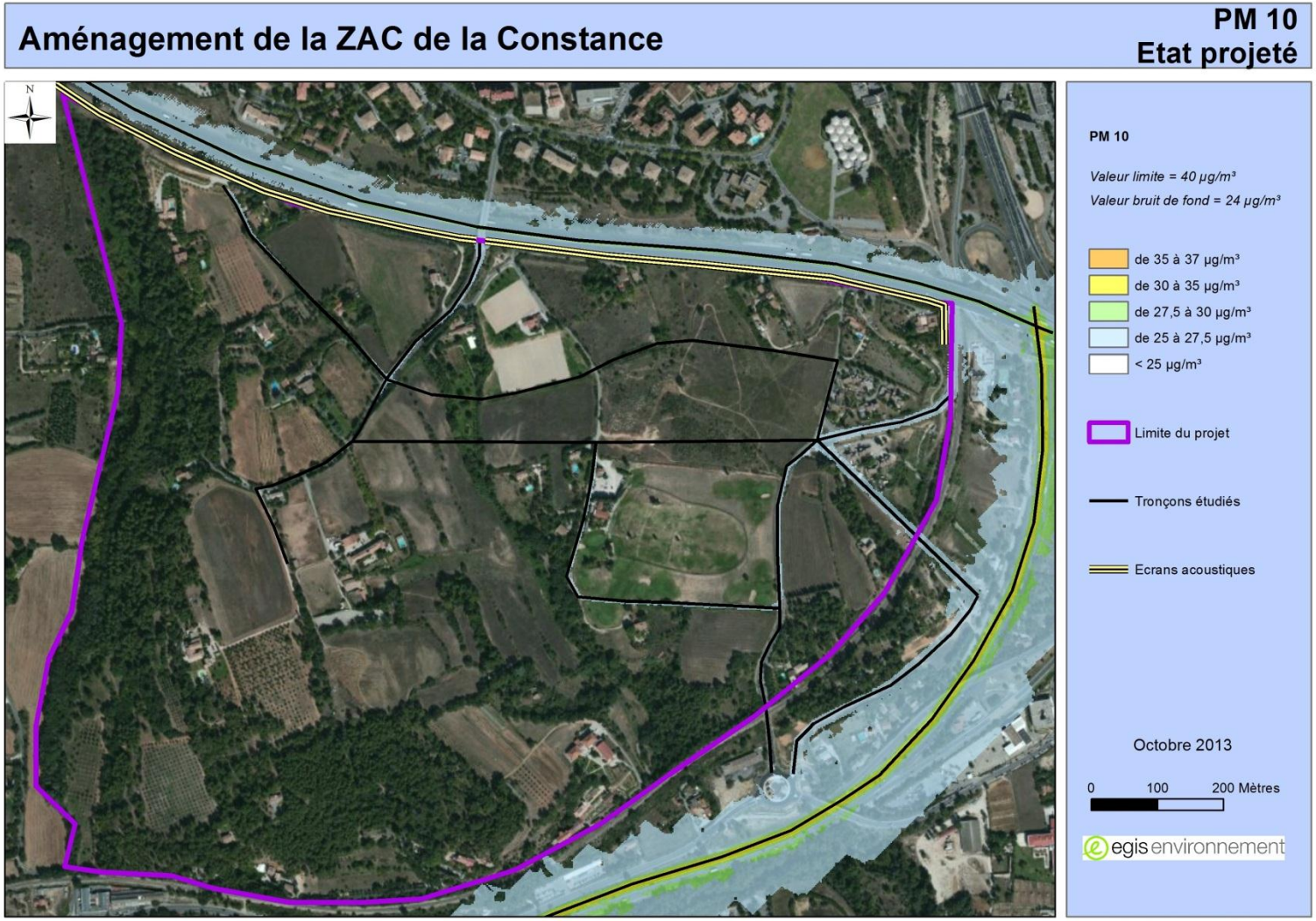


Figure 20 : Teneurs en PM 10 – état projeté (2033)

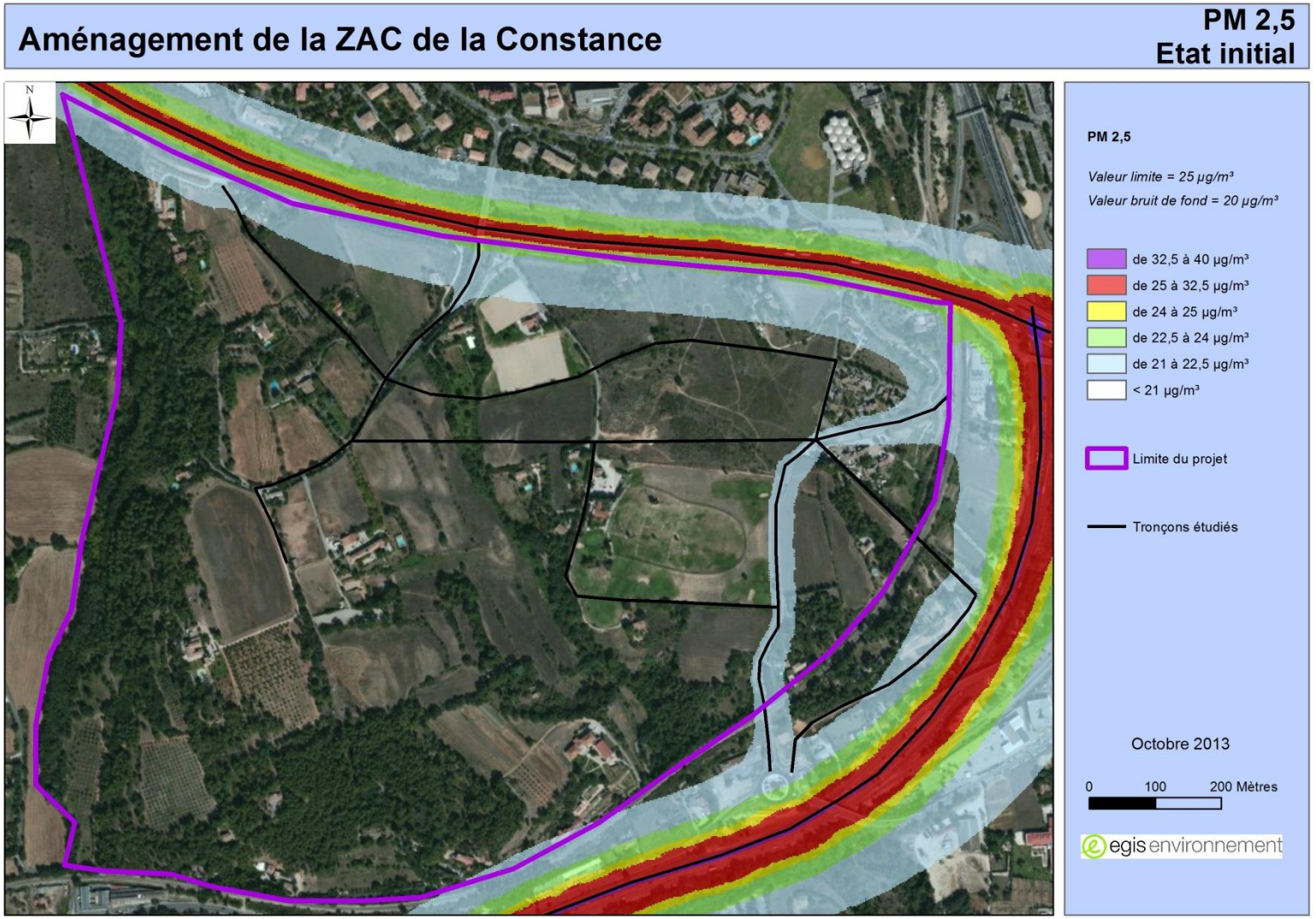


Figure 21 : Teneurs en PM 2.5 – état initial (2013)

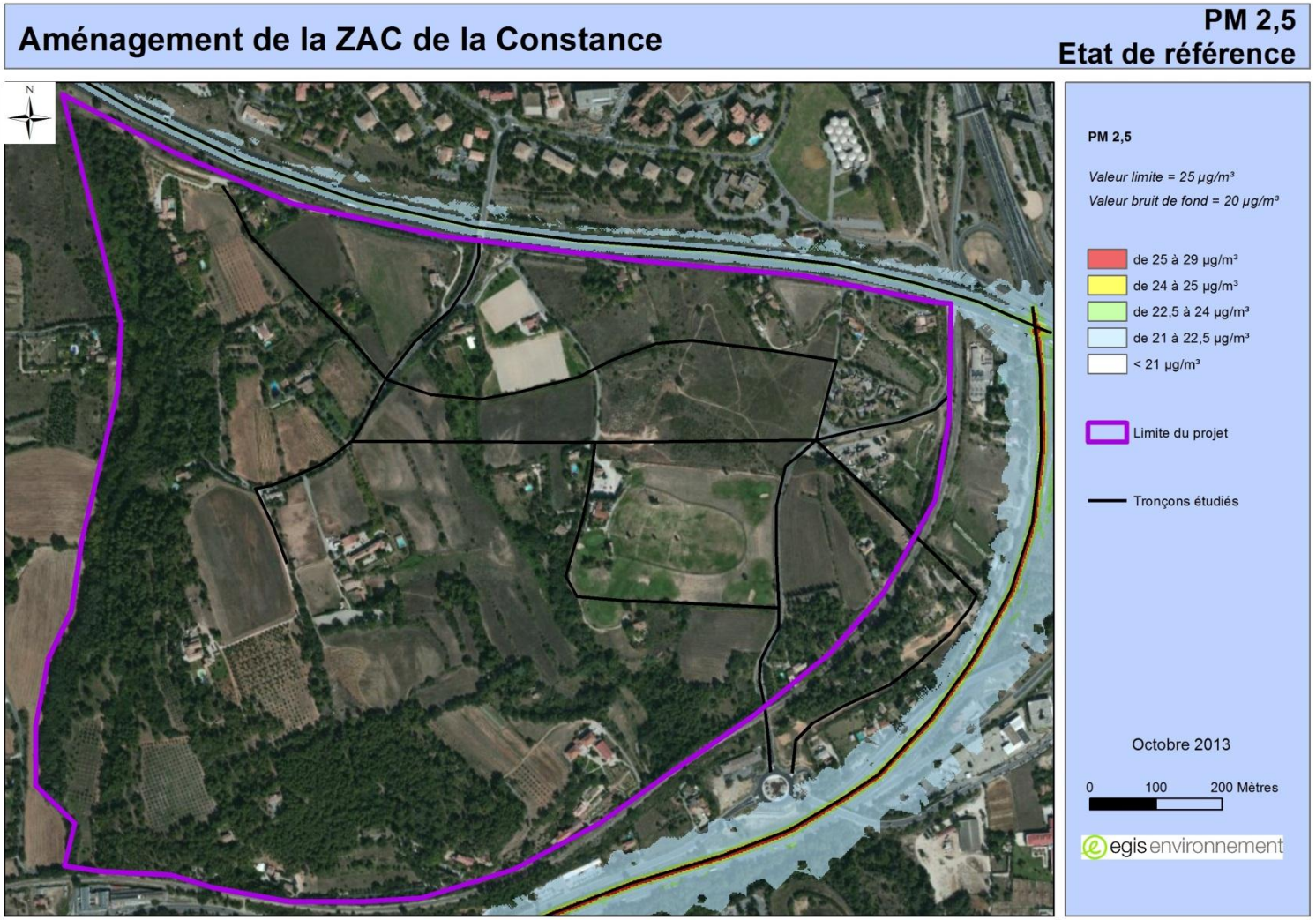


Figure 22 : Teneurs en PM 2.5 – état de référence (2033)

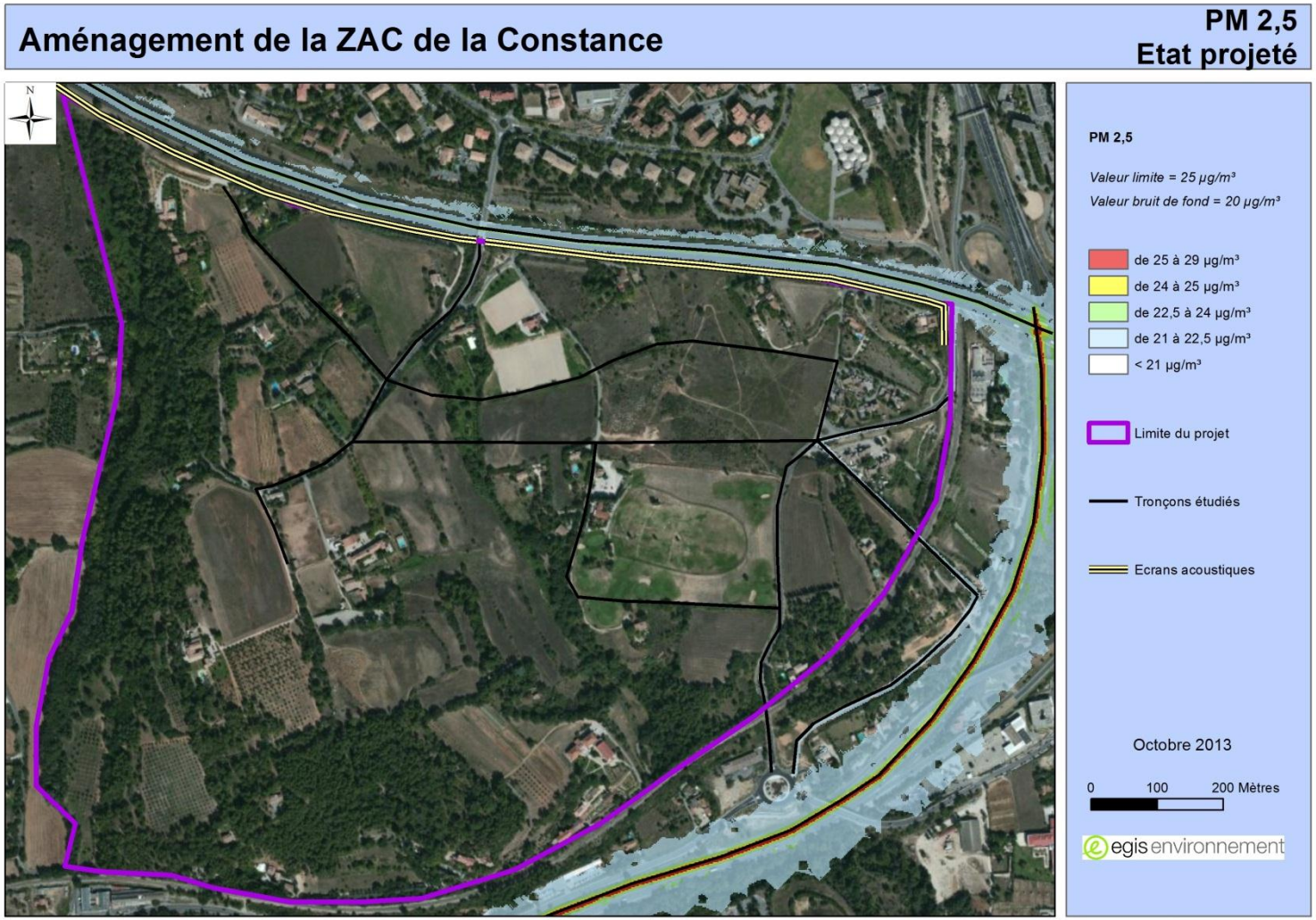


Figure 23 : Teneurs en PM 2.5 – état projeté (2033)

3.2.2.2. TENEURS EN POLLUANTS DANS LA BANDE D'ÉTUDE

Les teneurs moyennes et les teneurs maximales à l'intérieur des limites du projet des polluants étudiés sont synthétisés dans le Tableau 13 pour l'état initial (2013) et les deux scénarios prospectifs (horizon 2033 avec et sans projet).

Les teneurs maximales sont représentatives des teneurs relevées au droit de l'autoroute A8 au nord-est de la zone d'étude. Elles sont données à titre indicatif.

Polluant		Etat initial		Etat de référence		Etat projeté	
		Valeur maximale	Valeur moyenne	Valeur maximale	Valeur moyenne	Valeur maximale	Valeur moyenne
Dioxyde d'azote BF = 18	*µg/m³*	36,5	22,0	26,3	19,7	26,9	20,0
Dioxyde de soufre BF = 3	*µg/m³*	3,119	3,026	3,147	3,030	3,158	3,035
Benzène BF = 0,6	*µg/m³*	0,98	0,67	0,64	0,61	0,65	0,61
PM 2,5 BF = 20	*µg/m³*	24,2	20,9	21,2	20,3	21,6	20,4
PM 10 BF = 24	*µg/m³*	28,6	25,0	25,7	24,4	26,8	24,6
Monoxyde de carbone BF = 300	*µg/m³*	364,6	315,4	326,0	305,4	327,6	306,0
Nickel BF = 2,5	*ng/m³*	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Cadmium BF = 0,1	*ng/m³*	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17

Tableau 13 : Teneurs moyennes et maximales dans la bande d'étude

Compte tenu des résultats de la modélisation et des sites sensibles identifiés au sein du domaine d'étude, des points récepteurs potentiellement impactés par le projet ont été identifiés (*cf.* Figure 24) :

- R1 : Zone d'habitations
- R2 : Zone d'habitations
- R3 : Zone d'habitations, Hameau de Martelly
- R4 : Maison de retraite
- R5 : Golf
- R6 : Zone d'habitations, La Constance, proximité avec le centre équestre
- R7 : Zone d'habitations, Bellevue
- R8 : Zone d'habitations

Le Tableau 14 présente, pour l'ensemble des polluants, les résultats obtenus au droit de ces points récepteurs pour l'état initial (2013) et les deux scénarios prospectifs (horizon 2033 avec et sans projet).

	Dioxyde d'azote en µg/m³			Benzène en µg/m³			PM 10 en µg/m³			PM 2,5 en µg/m³		
	EI	ER	EP	EI	ER	EP	EI	ER	EP	EI	ER	EP
R1	22,21	19,76	20,13	0,64	0,61	0,61	25,00	24,29	24,53	20,94	20,21	20,34
R2	23,59	20,35	20,03	0,66	0,61	0,61	25,33	24,39	24,35	21,24	20,28	20,25
R3	21,06	19,25	19,37	0,64	0,61	0,61	24,77	24,27	24,34	20,69	20,18	20,22
R4	19,89	18,68	18,71	0,63	0,60	0,60	24,48	24,19	24,20	20,42	20,12	20,13
R5	19,22	18,50	19,61	0,62	0,60	0,61	24,30	24,11	24,50	20,27	20,07	20,30
R6	18,82	18,33	18,38	0,61	0,60	0,60	24,21	24,08	24,10	20,18	20,05	20,07
R7	18,48	18,19	18,19	0,61	0,60	0,60	24,12	24,04	24,05	20,11	20,03	20,03
R8	21,28	19,39	19,77	0,65	0,61	0,61	24,86	24,33	24,51	20,76	20,22	20,32

	Dioxyde de soufre en µg/m³			Monoxyde de carbone en µg/m³			Nickel en ng/m³			Cadmium en ng/m³		
	EI	ER	EP	EI	ER	EP	EI	ER	EP	EI	ER	EP
R1	3,03	3,03	3,04	314,09	305,79	306,27	2,50	2,50	2,50	0,17	0,17	0,17
R2	3,04	3,04	3,04	318,70	307,72	306,62	2,50	2,50	2,50	0,17	0,17	0,17
R3	3,02	3,02	3,03	310,52	303,88	304,20	2,50	2,50	2,50	0,17	0,17	0,17
R4	3,01	3,01	3,01	305,78	302,02	302,11	2,50	2,50	2,50	0,17	0,17	0,17
R5	3,01	3,01	3,03	304,09	301,56	305,25	2,50	2,50	2,50	0,17	0,17	0,17
R6	3,01	3,01	3,01	303,18	301,05	301,21	2,50	2,50	2,50	0,17	0,17	0,17
R7	3,00	3,00	3,00	301,55	300,57	300,59	2,50	2,50	2,50	0,17	0,17	0,17
R8	3,02	3,02	3,03	312,01	304,17	304,97	2,50	2,50	2,50	0,17	0,17	0,17

Tableau 14 : Teneurs moyennes annuelles aux points récepteurs

Au regard de ces résultats, **le projet de création de ZAC de la Constance n'induirait pas d'évolution significative de la qualité de l'air au droit des points récepteurs identifiés**.

Pour le dioxyde d'azote, le benzène et les particules, l'augmentation entre l'état de référence et l'état projeté est de l'ordre de 1 % et atteint au maximum 6 % (pour le dioxyde d'azote au point R5). Les augmentations sont légèrement plus marquées pour le dioxyde de soufre et le monoxyde de carbone. Enfin, pour les 2 métaux étudiés, les variations ne sont pas observables compte tenu de concentrations apportées par le trafic routier très inférieures aux teneurs de fond.

Une amélioration de la qualité de l'air est observée pour le point récepteur R2 du fait de la mise en place d'écrans acoustiques entre celui-ci et l'autoroute A8.



Figure 24 : Localisation des points récepteurs

3.2.3. COMPARAISON AUX NORMES DE QUALITÉ DE L'AIR

Parmi les polluants retenus dans cette étude, le dioxyde d'azote, le dioxyde de soufre, le benzène, le monoxyde de carbone, les particules PM2.5 et PM10, le cadmium et le nickel sont réglementés par des critères nationaux.

Les critères nationaux de la qualité de l'air ambiant sont définis dans les articles R221-1 à R221-3 du Code de l'Environnement. Les principales valeurs mentionnées dans la réglementation française sont synthétisées dans le Tableau 9.

Les définitions de ces valeurs seuils sont rappelées ci-après.

- valeur limite : niveau maximal de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement,
- objectif de qualité : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base des connaissances scientifiques, à atteindre sur une période donnée dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement,
- valeur cible : niveau à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble,
- seuil d'information et de recommandation : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, au-delà duquel des effets limités et transitoires sont constatés sur la santé de catégories de la population particulièrement sensibles en cas d'exposition de courte durée,
- seuil d'alerte de la population : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine ou de dégradation de l'environnement et à partir duquel des mesures d'urgence doivent être prises.

Les niveaux de polluants évalués au sein du domaine d'étude peuvent être comparés aux valeurs réglementaires énoncés en **moyenne annuelle uniquement**[5].

Au regard des résultats obtenus, **la réalisation du projet de création de ZAC de la Constance à l'horizon 2033 n'induirait aucun dépassement des normes de qualité de l'air en vigueur** (valeurs limites pour le NO_2, le benzène, les PM2.5 et PM10 ; objectif de qualité pour le SO_2 ; valeurs cibles pour le Cd et le Ni) en tout point du domaine d'étude et au niveau des points récepteurs étudiés.

[5] *De ce fait le monoxyde de carbone, disposant uniquement de valeur réglementaire sur 8h, ne peut être comparé aux normes de qualité de l'air en vigueur.*

Polluants	Valeurs limites	Objectifs de qualité et valeur cible (*)	Seuils d'information et d'alerte
Dioxyde d'azote NO_2	**En moyenne annuelle** 40 µg/m³ **En moyenne horaire** *depuis le 1er janvier 2010* 200 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 18 h par an (P99,8)	**En moyenne annuelle** 40 µg/m³	**En moyenne horaire** Information : 200 µg/m³ Alerte : 400 µg/m³ sur 3 h consécutives et 200 µg/m³ si dépassement J-1 et risque pour j+1
Dioxyde de soufre SO_2	**En moyenne journalière** 125 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 3 j par an (P99,2) **En moyenne horaire** *depuis le 1er janvier 2005* 350 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 24 h par an (P99,7)	**En moyenne annuelle** 50 µg/m³	**En moyenne horaire** Information : 300 µg/m³ Alerte : 500 µg/m³ sur 3 h consécutives
Benzène C_6H_6	**En moyenne annuelle** valeur limite décroissant linéairement jusqu'en 2010 5 µg/m³	**En moyenne annuelle** 2 µg/m³	
Monoxyde de carbone CO	**En moyenne sur 8 heures** 10 000 µg/m³		
Particules fines de diamètre inférieur ou égal à 10 µm PM 10	**En moyenne annuelle** *depuis le 1er janvier 2005* 40 µg/m³ **En moyenne journalière** *depuis le 1er janvier 2010* 50 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 35 j par an (P90,4)	**En moyenne annuelle** 30 µg/m³	**En moyenne journalière** Information : 50 µg/m³ Alerte : 80 µg/m³
Particules fines de diamètre inférieur ou égal à 2,5 µm PM 2,5	**En moyenne annuelle** *27 µg/m³ en 2012, décroissant linéairement pour atteindre 25 µg/m³ en 2015* 2013 : 26 µg/m³	**En moyenne annuelle** 10 µg/m³ 20 µg/m³ (*)	
	depuis le 1er janvier 2002 0,5 µg/m³	0,25 µg/m³	
Cadmium Cd		**En moyenne annuelle** 5 ng/m³ (*)	
Nickel Ni		**En moyenne annuelle** 20 ng/m³ (*)	
Benzo(a)pyrène		**En moyenne annuelle** 1 ng/m³ (*)	

Tableau 15 : Critères nationaux de la qualité de l'air

3.3. CONCLUSION

Sous réserve des hypothèses de trafic, la réalisation du projet de ZAC de la Constance, à l'horizon 2033, n'aura pas d'impact significatif sur la qualité de l'air à l'échelle du domaine d'étude.

Il est à noter la présence de zones où la qualité de l'air serait améliorée à proximité immédiate des écrans acoustiques placés proches de l'autoroute A8.

4. EVALUATION DE L'IMPACT DU PROJET SUR LA SANTÉ

Conformément à la circulaire de février 2005 relative à la prise en compte des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact des infrastructures routières, l'impact sanitaire du projet de création de ZAC de la Constance a été établi selon la démarche de **l'Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS)**.

L'évaluation des risques sanitaires présentée ci-dessous a été menée pour la situation actuelle (2013), ainsi que pour l'horizon 2033, avec et sans réalisation du projet.

4.1. RAPPEL MÉTHODOLOGIQUE

La démarche d'EQRS s'appuie sur une méthodologie définie par les documents suivants :

- Note méthodologique sur *l'évaluation des effets sur la santé de la pollution de l'air dans les études d'impact routières* ; annexe de la circulaire DGS-DR-MEDD du 25 février 2005 qui fixe le cadre et le contenu de ces études ;
- Circulaire DGS n°2006-234 du 30 mai 2006 relative *aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact ;*
- *Sélection des agents dangereux à prendre en compte dans l'évaluation des risques sanitaires des études d'impacts routières et ferroviaires* – DGS, InVS, CERTU, SETRA, ADEME - novembre 2004 ;
- Circulaire du 9 août 2013 relative à la démarche de prévention et de gestion des risques sanitaires des installations classées soumises à autorisation.

Conformément aux guides méthodologiques cités précédemment, cette démarche est structurée en 4 étapes :

- **l'identification des dangers** qui consiste à identifier les substances susceptibles de générer un effet indésirable chez l'homme ;
- **l'évaluation de la relation dose-réponse** qui permet d'estimer la relation entre la dose d'une substance mise en contact avec un organisme et l'apparition d'un effet toxique jugé critique sur une période donnée ; cette étape se traduit par le choix des valeurs toxicologiques de référence (VTR) disponibles dans la littérature ;
- **l'évaluation de l'exposition des populations** qui consiste à estimer la fréquence, la durée et l'importance de l'exposition des populations ;
- **la caractérisation des risques** qui constitue l'étape de synthèse et qui est l'expression qualitative et si possible quantitative du risque.

L'évaluation des risques sanitaires sera conduite dans un objectif de transparence conformément aux trois principes majeurs de la démarche :

- **le principe de prudence,** lié aux limites relatives à l'état des connaissances ;

- **le principe de proportionnalité** qui veille à ce qu'il y ait cohérence entre le degré d'approfondissement de l'étude, l'importance de la pollution et son incidence prévisible ;
- **le principe de spécificité** qui vise à tenir compte au mieux des caractéristiques propres au site, des sources de pollution et des populations cibles.

Les paragraphes suivants présentent cette méthodologie de manière détaillée.

4.2. IDENTIFICATION DES DANGERS

4.2.1. NOTIONS GÉNÉRALES

L'exposition de la population aux substances dangereuses peut se produire :

- par **inhalation** pour la plupart des polluants gazeux ou particulaires (poussières, certains métaux…),
- par **ingestion (voie orale)** pour les polluants particulaires se déposant au sol et présentant un caractère toxique par ingestion (dioxines et furanes, HAP, certains métaux).

  L'exposition par ingestion peut être *directe* lors de l'ingestion de sol contaminé (via les mains et les objets souillés par de la terre et portés à la bouche) ou i*ndirecte* lors de l'ingestion d'aliments lorsque les retombées de polluants sont responsables d'une contamination de la chaîne alimentaire.

La présente étude porte exclusivement sur l'évaluation des risques sanitaires liés à une exposition par inhalation.

En termes sanitaires, un danger désigne un effet toxique, c'est-à-dire un dysfonctionnement cellulaire ou organique lié à l'interaction entre un organisme vivant et un agent chimique, physique ou biologique. La toxicité d'un composé dépend de la durée et de la voie d'exposition de l'organisme humain. Différents effets toxiques peuvent être considérés. Pour l'ensemble des substances prises en compte dans le cadre de cette étude, les effets toxiques ont été étudiés et notamment les effets cancérigènes (apparition de tumeurs), les effets mutagènes (altération du patrimoine génétique) et les effets sur la reproduction (reprotoxicité).

En fonction de la durée d'exposition, deux types d'effets peuvent être observés :

- un risque **chronique** correspondant à la survenue de troubles liés à une exposition prolongée à de faibles doses. Ils surviennent en général avec un temps de latence qui peut atteindre plusieurs mois, voire des décennies, et sont habituellement irréversibles en l'absence de traitement. Dans ce cas-là, on se réfère à des concentrations en moyennes annuelles.
- un risque **aigu** correspondant à la survenue de troubles liés à une exposition très courte à forte dose. Dans ce cas-là, on se réfère à des concentrations horaires.

La présente étude porte exclusivement sur l'évaluation des risques sanitaires liés à une exposition chronique (exposition de type continue correspondant à une fraction de la durée de vie significative).

4.2.2. SUBSTANCES RETENUES

Dans le cadre des EQRS des études d'impact des infrastructures routières, le travail d'identification des dangers a été réalisé par un groupe d'experts, piloté par l'InVS. Les conclusions de ce travail sont reprises dans la note méthodologique de février 2005.

Ce groupe d'experts a ainsi émis des recommandations concernant les substances à prendre en compte dans les volets Air et Santé des études d'impact des infrastructures routières. Compte tenu des enjeux identifiés, les polluants suivants ont été retenus dans la présente étude :

- **Dioxyde d'azote**
- **Benzène**
- **Particules PM2.5**
- **Particules PM10**

4.3. EVALUATION DE LA RELATION DOSE-RÉPONSE

4.3.1. NOTIONS GÉNÉRALES

L'évaluation de la relation dose-réponse consiste à choisir une Valeur Toxicologique de Référence (VTR) pour chaque agent dangereux retenue en fonction de :

- la voie d'exposition ;
- l'effet (avec ou sans seuil) ;
- la durée d'exposition (aiguë ou chronique).

Selon les mécanismes toxiques mis en jeu, deux types d'effets indésirables pour la santé peuvent être classiquement distinguées :

- **les effets survenant à partir d'un seuil** : l'effet survient au-delà d'une dose administrée, pour une durée d'exposition déterminée à une substance isolée. En-deçà de cette dose seuil, on considère qu'aucun effet ne survient. Au-delà, l'intensité de l'effet croît avec l'augmentation de la dose administrée.

  Ce sont principalement les effets non cancérogènes, voire les effets non génotoxiques, qui sont classés dans cette famille. La VTR s'exprime alors sous la forme d'une concentration de référence (notée VTR_i) dans le cas d'une exposition par inhalation.

- **les effets survenant sans seuil de dose** : l'effet apparaît quelle que soit la dose reçue. La probabilité de survenue croît avec la dose et la durée d'exposition, mais l'intensité de l'effet n'en dépend pas.

  Cette famille concerne principalement les effets cancérogènes génotoxiques. La VTR s'exprime alors sous la forme d'un Excès de Risque Unitaire (noté ERU_i) dans le cas d'une exposition par inhalation. Ainsi, un ERU de 10^{-4} signifie qu'une personne exposée durant toute sa vie à 1 µg/m^3 de polluant aurait une probabilité supplémentaire de

contracter un cancer de 0,0001 (par rapport à un sujet non exposé). Cela signifie aussi que si 10 000 personnes sont exposées, 1 cas de cancer supplémentaire est susceptible d'apparaître. Le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) et l'US-EPA ont par ailleurs classé la plupart des composés chimiques en fonction de leur cancérogénicité.

A noter qu'une substance peut produire ces deux types d'effets.

Les VTR sont produites par des experts toxicologues en fonction des données de la littérature, de résultats expérimentaux et d'enquêtes épidémiologiques. Ce travail, qui nécessite une expertise particulière, est confié à des organismes tels que :

- l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS),
- l'US-EPA (Environmental Protection Agency),
- l'ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry),
- Santé Canada (Health Canada),
- l'OEHHA (Office of Environmental Health Hazard Assessment),
- le RIVM (National Institute of Public Health and the Environment, Pays-Bas).

Les VTR ne font pas l'objet d'une réglementation spécifique qui fixe les valeurs à retenir. Le choix des VTR est laissé à l'appréciation de l'auteur de l'étude. Néanmoins, le guide de l'InVS recommande les critères de choix suivants pour les VTR :

- la voie d'exposition en lien avec la voie à évaluer pour le composé considéré (inhalation dans cette étude),
- la durée d'exposition (aiguë, subaiguë ou chronique) en lien avec la durée à évaluer dans l'étude (chronique dans cette étude),
- la préférence des données humaines sur les données animales,
- la transparence de l'explication de la VTR,
- la date d'actualisation de la VTR,
- la notoriété de l'organisme (US-EPA, ATSDR et OMS, en général privilégiés par rapport à Santé Canada, RIVM et OEHHA), conformément à la circulaire DGS n° 2006-234 du 30 mai 2006.

Par ailleurs, les expertises particulières menées en France par l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire, de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail (ANSES) anciennement AFSSET, l'INERIS ou le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF) peuvent prévaloir sur les critères de choix précédents, au cas par cas.

4.3.2. SYNTHÈSE DES DONNÉES TOXICOLOGIQUES ET CHOIX DES RELATIONS DOSE-RÉPONSE

4.3.2.1. DIOXYDE D'AZOTE

Les oxydes d'azote (NOx) sont des gaz composés d'au moins une molécule d'azote et une molécule d'oxygène, il s'agit principalement du NO et du NO_2. Parmi les NOx, le dioxyde d'azote (NO_2) présente le plus grand intérêt sur le plan sanitaire. La principale voie d'exposition du NO_2 est la voie aérienne, par exposition à l'air extérieur et intérieur des locaux et par le tabagisme. 80 à 90 % du NO_2 inhalé est absorbé et distribué à partir du système circulatoire dans tout le corps après s'être dissout partiellement dans le mucus des voies respiratoires supérieures. Des études expérimentales chez le rat ont montré que le NO_2 était excrété via les urines.

Sa toxicité respiratoire, comparée aux autres polluants, est cependant assez faible. En raison de son interaction avec d'autres polluants, ce polluant est plus considéré comme un indicateur de pollution que pour sa toxicité propre.

La seule valeur de référence disponible pour une exposition de type chronique est la **valeur guide définie en moyenne annuelle par l'OMS en 2005** (Tableau 16), valeur fixée pour protéger le grand public des effets sanitaire du dioxyde d'azote gazeux. Cette valeur est basée sur des changements légers de la fonction respiratoire chez les asthmatiques.

Traceurs	Valeur Guide ($\mu g/m^3$)	Effets critiques associés, type d'étude et source
NOx (NO_2)	**40**	Effets respiratoires, études sur l'homme, OMS, 2005

Tableau 16 : Présentation de la valeur guide pour les effets à seuil par inhalation chronique des NOx

Cette valeur guide n'étant pas une VTR, elle ne pourra pas être utilisée pour le calcul d'indices de risque, conformément à la circulaire DGS n°2006-234 du 30 mai 2006, mais pourra être comparée aux concentrations moyennes annuelles dans l'air.

4.3.2.2. BENZÈNE

La forme gazeuse du benzène est caractérisée par une odeur agréable qui peut provoquer, à des concentrations élevées, une narcose similaire à celle observée pour d'autres gaz anesthésiants.

En exposition chronique, cette substance se distingue, pour l'espèce humaine, par sa grande toxicité pour les cellules sanguines et les organes qui les produisent (moelle osseuse).Ceci se manifeste par une réduction des globules rouges, blancs ou des plaquettes. L'importance de ces effets est fonction des doses de benzène auxquelles le sujet est exposé. L'affection qui préoccupe le plus, tant au niveau professionnel qu'environnemental, est la survenue de cancers du sang liés à l'exposition répétée à des concentrations de benzène de quelques ppm pendant plusieurs dizaines d'années. En effet, celui-ci provoque certaines leucémies myéloïdes. Ces atteintes surviendraient plus fréquemment après des expositions faibles et continues plutôt qu'élevées et intermittentes (pics de pollution). Elles sont souvent précédées

par certaines des anomalies sanguines. De plus, il a été démontré chez l'animal que le benzène peut induire des altérations génétiques transmissibles à la descendance.

Le benzène est reconnu comme cancérogène (risque de leucémie) et génotoxique par le CIRC (groupe 1A).

Les VTR proposées pour les effets à seuil du benzène sont présentées dans le Tableau 17.

Traceurs	VTR_i ($\mu g/m^3$)	Effets critiques associés, type d'étude et source
Benzène	30	Diminution des lymphocytes, étude sur l'homme, US-EPA, 2003
	10	**Diminution des lymphocytes B, étude sur l'homme, ATSDR, 2007**
	60	Effet sur les systèmes hématopoïétiques, étude sur l'homme, OEHHA, 2003

Tableau 17 : Présentation des VTR par inhalation du benzène

Pour les effets à seuil (non cancérogènes) par inhalation, trois valeurs sont proposées à partir d'études épidémiologiques. La valeur de l'ATSDR est basée sur une étude postérieure à l'évaluation réalisée par l'US-EPA. Cette étude (Lan *et al.*, 2004) a été privilégiée par rapport à celle choisie par l'US-EPA (Rothman *et al.* ,1996) car basée sur une cohorte plus importante. La VTR de l'ATSDR paraît donc plus pertinente que celle de l'US-EPA. Par ailleurs, à qualité d'études égales, l'ATSDR est privilégié par rapport à l'OEHHA d'après la circulaire DGS n° 2006-234 du 30 mai 2006. Le choix réalisé suit les recommandations de l'Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail (AFSSET, 2008) qui retient comme Valeur Guide de la Qualité de l'Air Intérieur la VTR de l'ATSDR pour plusieurs raisons :

- le nombre d'individus est plus important (240 versus 44),
- le nombre de groupes d'exposition est plus important (3 versus 2),
- les concentrations d'exposition au benzène sont plus faibles.

Les ERU proposés pour les effets sans seuil par inhalation chronique de benzène sont présentés dans le Tableau 18.

Traceurs	ERU_i $(\mu g/m^3)^{-1}$	Effets critiques associés, type d'étude et source
Benzène	$2{,}2.10^{-6}$ à $7{,}8.10^{-6}$	Leucémie, étude sur l'homme, US-EPA, 2000
	6.10^{-6}	**Leucémie, étude sur l'homme, OMS, 2000**
	$3{,}3.10^{-6}$	Néoplasmes lymphatiques et hématopoïétiques et leucémies, étude sur l'homme, Santé Canada, 1991
	5.10^{-6}	Leucémie, étude sur l'homme, RIVM, 2001
	$2{,}9.10^{-5}$	Leucémie, études sur l'homme et l'animal, OEHHA, 2002

Tableau 18 : Présentation des ERU par inhalation du benzène

Pour les effets sans seuil (cancérogènes) par inhalation, cinq organismes proposent des valeurs à partir d'études sur l'homme. A qualité d'études égales, nous retenons l'excès de risque unitaire fixé par l'OMS, valeur largement utilisée par les évaluateurs des risques et contenue dans l'intervalle de valeurs proposé par l'US-EPA.

L'OMS (2000) a établi un intervalle d'ERU_{inh} entre $4{,}4.10^{-6}$ et $7{,}5.10^{-6}$ cas de leucémie pour une exposition vie entière à 1 µg/m^3 de benzène dans l'air. Cependant, la valeur définitive d'ERU_{inh} choisie est de 6.10^{-6} (µg/m^3)$^{-1}$. Elle correspond à la moyenne géométrique de l'étendue des ERU_{inh}.

4.3.2.3. PARTICULES

Les particules sont connues pour les risques d'affections respiratoires et cardiovasculaires qu'elles peuvent provoquer. Les particules présentent des effets dits non spécifiques, liés principalement à leur taille qui conditionne elle-même le niveau de pénétration dans l'appareil respiratoire. Dans la partie inhalable des particules, nous distinguons, en fonction du Dae_{50} (diamètre aérodynamique médian), la fraction extrathoracique (Dae_{50} compris entre 10 et 100 µm), la fraction thoracique (Dae_{50} = 10 µm), la fraction trachéo-bronchique (Dae_{50} compris entre 4 et 10 µm) et la fraction alvéolaire dont le Dae_{50} est inférieur ou égal à 4 µm.

Les PM2,5 (diamètre inférieur à 2,5 µm) entraînent en plus de leurs effets non spécifiques, une augmentation des troubles liés aux autres éléments polluants présents de façon concomitante. Les études à long terme sont peu nombreuses, mais les principaux effets reconnus sont les suivants : réduction de la durée de vie, augmentation des cas de bronchites chez les enfants, réduction des capacités respiratoires chez les adultes et les enfants.

Les seules valeurs de référence disponibles pour une exposition de type chronique pour les particules (PM2.5 et PM10) sont les valeurs guide pour la protection de la santé humaine définies en moyenne annuelle par l'OMS (Tableau 19).

Traceur	Valeur Guide (µg/m^3)	Effets critiques associés, type d'étude et source
Particules PM2.5	**10**	Effets respiratoires et mortalité par cancer, étude sur l'homme, OMS, 2005
Particules PM10	**20**	Effets respiratoires et mortalité par cancer, étude sur l'homme, OMS, 2005

Tableau 19 : Présentation de la valeur guide pour les effets à seuil par inhalation chronique des particules

L'OMS considère que des effets sanitaires des PM2.5 peuvent être observés à partir d'une concentration dans l'air de 10 µg/m^3. Cette valeur correspond au niveau le plus bas pour lequel une augmentation significative de la mortalité par cancer a été observée dans l'étude ACS (American Cancer Society Study, Pope et al, 2002), avec une confiance supérieure à 95 %.

Ces valeurs guide n'étant pas des VTR, elles ne pourront pas être utilisées pour le calcul d'indices de risque, conformément à la circulaire DGS n°2006-234 du 30 mai 2006, mais pourront être comparées aux concentrations moyennes annuelles dans l'air.

4.4. EVALUATION DE L'EXPOSITION DES POPULATIONS

Pour évaluer l'exposition des populations par inhalation, une pénétration dans l'organisme de la totalité des substances inhalées est considérée.

La concentration inhalée, pour chaque polluant, est déduite des équations suivantes :

Pour des effets à seuil : **$CI = C_{air} \times F$**

Pour des effets à seuil : **$CI = C_{air} \times F \times T/T_m$**

avec :

- CI : concentration inhalée par la cible, exprimée en µg/m^3
- C_{air} : concentration en polluant dans l'air, exprimée en µg/m^3 et estimée à partir de la modélisation de la dispersion atmosphérique
- F : fréquence annuelle d'exposition à la concentration C_{air} correspondant au nombre annuel d'unités de temps d'exposition (heures ou jours) ramené au nombre total d'unités de temps de l'année (sans dimension)
- T (cas des effets sans seuils) : durée d'exposition, exprimée en années
- T_m (cas des effets sans seuils) : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée, exprimée en années

Ces différents paramètres d'exposition doivent être renseignés afin de tenir compte des conditions d'exposition des populations étudiées.

Dans le cadre de cette étude, 3 scénarii d'exposition ont été retenus :

- **Scénario 1** : au niveau des habitations les plus impactées. Pour l'état initial et l'état de référence l'habitation la plus impactée se situe au point récepteur R2 alors que pour l'état projeté, elle se localise au point récepteur R1.
- **Scénario 2** : au niveau de la population sensible la plus impactée, c'est-à-dire la maison de retraite au récepteur R4.
- **Scénario 3** : au niveau du point d'impact maximal (localisé, pour ces 4 polluants, à la limite nord-est du projet de la ZAC de la Constance).

Le Tableau 20 présente, pour ces 3 scénarii, les paramètres d'exposition retenus dans le cadre de cette étude.

Paramètre	Hypothèses de scénarios retenues
C_{air}	La teneur C_{air} à laquelle est exposée la population correspond à la **teneur moyenne annuelle** du polluant considéré au point récepteur **pour une exposition chronique**.
F	**Scénarios 1 2 et 3 :** F = 1 soit 24h/24, 7j/7 et 52 semaines/an
T (cas des effets sans seuils)	**Scénarios 1 2 et 3** : T = 30 ans[6]
T_m (cas des effets sans seuils)	**T_m = 70 ans** : durée correspondant à une vie entière

Tableau 20 : Paramètres d'exposition dans le cadre de l'EQRS

4.5. CARACTÉRISATION SPECIFIQUE DES RISQUES SANITAIRES

Les risques par effets et par polluant sont présentés dans les paragraphes suivants pour les trois scénarios d'exposition considérés et pour l'état initial (2013), l'état de référence et l'état projeté (2033).

4.5.1. EFFETS À SEUIL

Pour le dioxyde d'azote et les poussières qui ne disposent pas de VTR, mais de Valeur Guide (VG) pour la protection de la santé, les teneurs moyennes annuelles inhalées sont comparées aux VG. Le Tableau 21 présente le rapport entre la concentration d'exposition et la VG.

	Rapport entre la Concentration inhalée et la VG								
	Dioxyde d'azote			PM 10			PM 2,5		
	EI	ER	EP	EI	ER	EP	EI	ER	EP
Habitation la plus impactée pour EP (R1)	22 / 40	19 / 40	20 / 40	25 / 20	24 / 20	24 / 20	20 / 10	20 / 10	20 / 10
Habitation la plus impactée pour EI et ER (R2)	23 / 40	20 / 40	20 / 40	25 / 20	24 / 20	24 / 20	21 / 10	20 / 10	20 / 10
Maison de retraite (R4)	19 / 40	18 / 40	18 / 40	24 / 20	24 / 20	24 / 20	20 / 10	20 / 10	20 / 10
Point d'impact maximal (Rmax)	36/ 40	26/ 40	27/ 40	28 / 20	25 / 20	27 / 20	24 / 10	21/ 10	21 / 10

Tableau 21 : Comparaison des concentrations inhalées avec les valeurs guide pour la protection de la santé

[6] *Le scénario résidentiel s'appuie généralement sur un temps de résidence de 30 ans. En effet, des études montrent que le temps de résidence moyen d'un ménage dans un même logement est de 30 ans (étude réalisée en France [Nédellec et al, 1998].*

Pour le **dioxyde d'azote**, **les teneurs inhalées sont inférieures à la valeur guide** pour la protection de la santé (égale à 40 µg/m^3) quel que soient le scénario d'exposition ou l'état considérés.

Pour les particules (PM2.5 et PM10), les concentrations inhalées dépassent les valeurs guide pour la protection de la santé humaine pour tous les scénarios d'exposition considérés Toutefois, il est important de noter que l**e dépassement de ces valeurs guide pour les PM2.5 et les PM10 n'est pas imputable à la réalisation du projet de ZAC de la Constance. En effet, les teneurs de fond de ces 2 polluants dépassent, à elles seules, les valeurs guide de l'OMS retenues**. De plus, la problématique liée aux particules n'est pas spécifique à l'agglomération d'Aix-en-Provence. En effet, pour les PM2.5, la valeur guide (qui correspond également à l'objectif de qualité de l'air français) est largement dépassée dans toute la région Ile-de-France et concerne l'ensemble des 11,7 millions de Franciliens.

Pour le benzène, disposant d'une VTR pour des effets à seuil par inhalation, la possibilité d'effets toxiques pour les populations exposées est évaluée par l'Indice de Risque (IR), selon l'équation suivante :

$$IR_i = \frac{CI}{VTR_i}$$

avec :

- CI : concentration moyenne inhalée, exprimée en µg/m^3 d'air inhalé,
- VTR_i : valeur toxicologique de référence, exprimée en µg/m^3 d'air inhalé, pour une exposition chronique par inhalation.

En termes d'interprétation, lorsque l'indice de risque est inférieur à 1, la survenue d'effet à seuil paraît peu probable, même pour les populations sensibles. Au-delà de 1, la possibilité d'apparition d'effets ne peut être exclue.

	IR Benzène		
	EI	ER	EP
Habitation la plus impactée pour EP (R1)	0,06	0,06	0,06
Habitation la plus impactée pour EI et ER (R2)	0,06	0,06	0,06
Maison de retraite (R4)	0,06	0,06	0,06
Point d'impact maximal (Rmax)	0,09	0,06	0,06

Tableau 22 : Indice de risque – Exposition chronique pour les effets à seuil

Au regard des résultats obtenus (Tableau 22), aucun indice de risque ne dépasse la valeur de 1. L'IR maximum est de 0,09 au point d'impact maximal pour l'état initial.

Aucun risque à seuil par inhalation lié au benzène n'est donc susceptible de se produire dans la zone d'étude.

4.5.2. EFFETS SANS SEUIL

Pour les effets sans seuil par inhalation (cancérogènes génotoxiques), la probabilité supplémentaire, par rapport au risque de base, de survenue d'un cancer au cours d'une vie entière pour les populations exposées est évaluée par l'Excès de Risque Individuel (ERI) selon l'équation suivante :

$$ERI_i = ERU_i \times CI$$

avec :

- ERU_i : Excès de Risque Unitaire par inhalation pour une vie entière (conventionnellement 70 ans). Il représente la probabilité de survenue d'un cancer, au cours de l'exposition d'un individu durant sa vie entière à la concentration de 1 µg/m^3,
- CI : concentration moyenne inhalée exprimée en µg/m^3 d'air inhalé,

En termes d'interprétation et de façon à apprécier le risque cancérogène caractérisé par l'Excès de Risque Individuel, l'US-EPA prend en considération un risque repère de 10^{-6} pour un risque collectif touchant l'ensemble d'une population, et une valeur maximale de 10^{-4} pour juger du risque auquel un individu peut être exposé. L'ATSDR utilise souvent un intervalle de 10^{-4} à 10^{-6} pour l'excès de risque de cancer vie entière pour déterminer s'il y a une préoccupation particulière pour le risque cancérogène.

Pour sa part, le Ministère chargé de l'environnement a retenu, dans sa circulaire du 9 août 2013 relative aux installations classées, un critère d'acceptabilité du risque de 10^{-5}. Cette valeur correspond par ailleurs aux recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé.

Dans le cadre de cette étude, nous retenons la valeur de 10^{-5} comme critère d'acceptabilité de l'Excès de Risque Individuel (ERI).

	IR Benzène		
	EI	ER	EP
Habitation la plus impactée pour EP (R1)	1,65E-06	1,56E-06	1,57E-06
Habitation la plus impactée pour EI et ER (R2)	1,69E-06	1,56E-06	1,56E-06
Maison de retraite (R4)	1,61E-06	1,55E-06	1,55E-06
Point d'impact maximal (Rmax)	2,52E-06	1,67E-06	1,65E-06

Tableau 23 : Excès de risque individuel – Exposition chronique pour les effets sans seuil

Au regard des résultats obtenus (Tableau 23), tous les excès de risque individuel sont inférieurs à la valeur repère de 10^{-5}, pour les 3 scénarii étudiés. L'ERI maximum est de $2{,}52.10^{-6}$ au point d'impact maximal pour l'état initial.

Le risque cancérigène lié à une exposition par inhalation au benzène peut donc être qualifié d'acceptable pour les populations résidantes dans la zone d'étude.

4.6. CONCLUSION

Aucun risque à seuil par inhalation chronique n'est susceptible de se produire pour les populations sensibles et riveraines situées dans la zone d'étude pour le dioxyde d'azote et le benzène.

Toutefois, au regard des teneurs de fond qui dépassent à elles seules les valeurs guide, ce risque ne peut être exclu pour les particules (PM2.5 et PM10).

Le risque cancérigène lié à une exposition par inhalation du benzène peut être qualifié d'acceptable pour les populations sensibles et riveraines situées dans la zone d'étude.

La réalisation du projet de ZAC n'induit pas de risque sanitaire supplémentaire pour les effets à seuil et sans seuil.

5. IMPACT DU PROJET EN PHASE CHANTIER

Durant la phase chantier, les activités réalisées seront sources d'émissions atmosphériques. Les principales émissions atmosphériques occasionnant des nuisances pour le voisinage seront les émissions de poussières et les gaz d'échappement.

Le nombre relativement limité d'engins de chantier présents sur le site empêchera toute accumulation et concentration sur place ou aux environs. La zone d'influence se limitera donc au site de chantier lui-même et à ses abords immédiats (quelques dizaines de mètres au maximum).

Les mesures suivantes pourront être mises en place durant la phase travaux afin de réduire cet impact :

- mise en place d'un revêtement sur les voiries du chantier,
- arrosage avec pulvérisation d'eau provenant si possible d'un récupérateur d'eau de pluie,
- bâchage des postes les plus émissifs,
- limitation de la vitesse des engins,
- nettoyage des engins de chantier à la sortie de l'aire de livraison surtout pendant les travaux de terrassement.

6. MESURES PRÉVENTIVES PRÉCONISÉES

La réglementation n'impose aucune mesure de réduction des impacts pour la pollution atmosphérique dans le cadre des études « air et santé » des infrastructures de transport. D'un point de vue strictement réglementaire, aucune mesure de réduction n'est donc à envisager dans le cadre du projet de ZAC de la Constance.

Au regard des résultats de l'étude, nous ne préconisons pas de mesures de réduction des impacts. Néanmoins, du fait des trafics importants attendus sur l'autoroute A8 et de sa proximité avec les limites du projet, nous recommandons un suivi de la qualité de l'air au droit des habitations les plus proches des voies.

7. MONÉTARISATION ET ANALYSE DES COÛTS COLLECTIFS LIÉS À LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE ET À L'EFFET DE SERRE

7.1. MÉTHODOLOGIE

La monétarisation des coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique et à l'effet de serre a été réalisée conformément à l'instruction relative à l'évaluation socio-économique des projets routiers du 23 mai 2007. La méthodologie et les coefficients retenus sont définis dans l'instruction cadre du ministère de l'équipement, des transports, de l'aménagement du territoire et du tourisme relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructures de transport du 25 mars 2004, mise à jour en 2005.

7.1.1. MONÉTARISATION DES COÛTS COLLECTIFS LIÉS À LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE

La monétarisation des coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique a été déterminée sur la base d'un coût 2000 de 2,9 €/100 véh.km pour les véhicules particuliers et de 28,2 €/100 véh.km pour les poids lourds. Ces coefficients correspondent à un environnement urbain dense. Soit, aux horizons de l'étude :

- un coût de 1,68 €/100 véh.km pour les véhicules particuliers et de 14,27 €/100 véh.km pour les poids lourds en 2013, en considérant respectivement une diminution annuelle de 4,1% et de 5,1% jusqu'en 2013 ;
- un coût de 1,49 €/100 véh.km pour les véhicules particuliers et de 11,76 €/100 véh.km pour les poids lourds en 2033, en considérant une diminution annuelle de 4,1% et de 5,1% jusqu'en 2020, une augmentation annuelle de 1,4% sur la période 2020 – 2025 et une augmentation de 1,3% à partir de 2025.

7.1.2. MONÉTARISATION DES COÛTS COLLECTIFS LIÉS À L'EFFET DE SERRE

La monétarisation des coûts collectifs liés à l'effet de serre a été déterminée sur la base d'un coût annuel de 32 €/tonne de dioxyde de carbone jusqu'en 2010 et un surcoût annuel de 3 % à compter de 2011, soit :

- un coût de 35 €/tonne de dioxyde de carbone en 2013,
- un coût de 63 €/tonne de dioxyde de carbone en 2033.

7.2. RÉSULTATS

Les coûts collectifs ainsi obtenus sont présentés dans le Tableau 24. Il s'agit de coûts annuels calculés pour le réseau étudié, en euro 2000, et valables pour l'année considérée.

Coût annuel en k€		Etat initial (EI)	Etat de référence (ER)	Etat projeté (EP)	Ecart relatif (EP-ER)/ER (en %)	Ecart relatif (ER-EI)/EI (en %)
Pollution de l'air	Véhicules particuliers	1 149k€	1 124k€	1 193k€	6%	-2%
	Poids lourds	1 070k€	979k€	977k€	0%	-8%
Effet de serre		685k€	1 381k€	1 452k€	5%	101%
Total		**2 904k€**	**3 484k€**	**3 622k€**	**4%**	**20%**

Tableau 24 : Monétarisation de coûts annuels liés à la pollution atmosphérique et à l'effet de serre

La monétarisation des coûts collectifs liés à la pollution atmosphérique et à l'effet de serre permet d'estimer une augmentation annuelle de **138 k€,** à l'horizon 2033, du fait de la réalisation du projet.

8. CONCLUSION

Dans le cadre du projet de ZAC de la Constance, une étude « Air et Santé », s'inspirant d'une méthodologie d'étude de niveau II, telle qu'elle est décrite dans la circulaire du 25 février 2005 relative aux volets air des études d'impact des infrastructures routières a été menée.

Le projet se situe dans un environnement péri-urbain encadré par 2 autoroutes (l'A8 au Nord et l'A51 à l'Est) et incluant dans son emprise, 1 maison de retraite et 3 installations sportives (stade multisports, centre équestre et golf).

Sur la base des résultats de la campagne de mesures menée du 22 mai au 5 juin 2013, la qualité de l'air dans le domaine d'étude est conforme aux normes en vigueur, hormis en limite Nord du projet, à proximité immédiate de l'autoroute A8 (dépassement de la valeur seuil sur le NO_2). La situation olfactive est quant à elle très bonne sur la zone d'implantation de la future ZAC de La Constance (pas d'odeur perçue).

Sous réserve des données et hypothèses de trafic, l'étude d'impact sur la qualité de l'air, à l'horizon 2033, a permis de mettre en évidence que le projet de ZAC de la Constance n'aurait pas d'impact significatif sur la qualité de l'air à l'échelle du domaine d'étude. Il est également à noter la présence de zones où la qualité de l'air serait améliorée à proximité immédiate des écrans acoustiques placés proches de l'autoroute A8.

En termes d'impact sur la santé, l'étude permet de conclure qu'aucun risque à seuil par inhalation n'est susceptible de se produire pour les populations sensibles et riveraines dans la zone d'étude pour le dioxyde d'azote et le benzène. De plus, le risque cancérigène lié à une exposition par inhalation de benzène peut être qualifié d'acceptable pour les populations sensibles et riveraines situées dans la zone d'étude. La réalisation du projet de ZAC n'induit pas de risque sanitaire supplémentaire pour les effets à seuil et sans seuil.

Toutefois, un dépassement des valeurs guide pour la protection de la santé humaine pour les PM2.5 et les PM10, non imputable à la réalisation du projet de ZAC de la Constance, a été mis en évidence. Pour ces substances un risque sanitaire ne peut donc être exclu.

Néanmoins, cette problématique liée aux particules n'est pas spécifique à l'agglomération d'Aix-en-Provence mais concerne de nombreuses villes françaises.

9. ANNEXE : FICHES DE TERRAIN

Projet	ZAC CONSTANCE		Numéro du site	Site 01
Localisation et caractérisation du site				
Coordonnées	N 43°30'42,7	E 5°24'35,1		
Commune	Aix-en-Provence			
Adresse	Route de Valcros			
Topographie	TN			
Bâti sensible	-			
Ambiance	Fond péri-urbain			



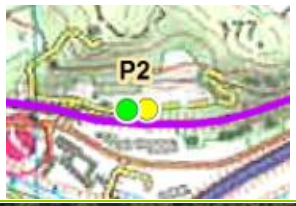


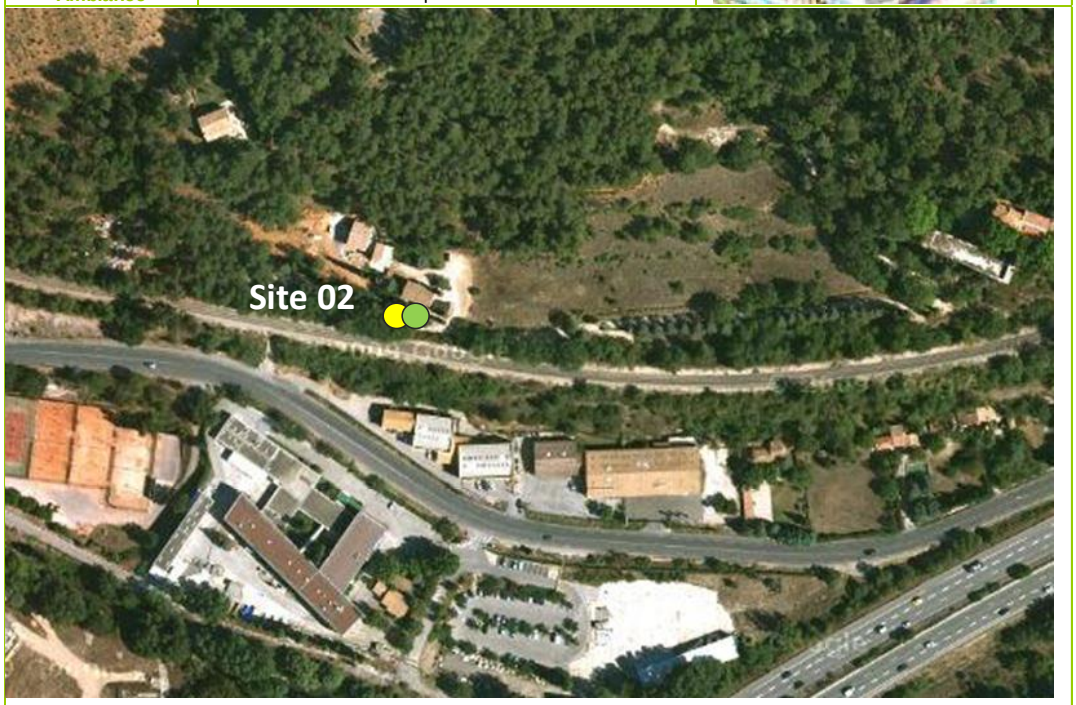
Campagnes de mesure		1ère campagne	2è campagne	
Pose	Date	22/05/2013		
	Heure	9:40		
	Support	Poteau		
	Hauteur	3,00 m		
	Numéro du tube NO2	FSE60		
	Numéro du tube Benzène	0		
Dépose	Date	05/06/2013		
	Heure	9:20		
	Durée d'exposition	335,7 heures		
	Remarque	-		
	Résultat NO2	13,4 µg/m³		
	Résultat Benzène	-		





Projet	ZAC CONSTANCE		Numéro du site	Site 02
Localisation et caractérisation du site				
Coordonnées	N 43°30'40,9	E 5°24'50,2		
Commune	Aix-en-Provence			
Adresse	-			
Topographie	TN			
Bâti sensible	-			
Ambiance	Fond péri-urbain			





Campagnes de mesure		1ère campagne	2è campagne
Pose	Date	22/05/2013	
	Heure	11:50	
	Support	Poteau	
	Hauteur	3,00 m	
	Numéro du tube NO2	FSE65	
	Numéro du tube Benzène	FSE33	
Dépose	Date	05/06/2013	
	Heure	10:25	
	Durée d'exposition	334,6 heures	
	Remarque	-	
	Résultat NO2	17,9 µg/m³	
	Résultat Benzène	0,6 µg/m³	





Projet	ZAC CONSTANCE		Numéro du site	Site 03
Localisation et caractérisation du site				
Coordonnées	N 43°30'47,5	E 5°25'16,2		
Commune	Aix-en-Provence			
Adresse	Chemin Giuseppe Varacalli			
Topographie	TN			
Bâti sensible	-			
Ambiance	Fond péri-urbain			





Campagnes de mesure		1ère campagne	2è campagne
Pose	Date	22/05/2013	
	Heure	12:10	
	Support	Poteau	
	Hauteur	3,00 m	
	Numéro du tube NO2	FSE63	
	Numéro du tube Benzène	0	
Dépose	Date	05/06/2013	
	Heure	10:20	
	Durée d'exposition	334,2 heures	
	Remarque	-	
	Résultat NO2	Toiles d'araignées - Non mesurable	
	Résultat Benzène	-	





Projet	ZAC CONSTANCE		Numéro du site	Site 04
Localisation et caractérisation du site				
Coordonnées	N 43°30'53,9	E 5°25'23,8		
Commune	Aix-en-Provence			
Adresse	Chemin des Aubépines			
Topographie	TN			
Bâti sensible	-			
Ambiance	Fond péri-urbain			





Campagnes de mesure		1ère campagne	2è campagne
Pose	Date	22/05/2013	
	Heure	11:40	
	Support	Poteau	
	Hauteur	3,00 m	
	Numéro du tube NO2	FSE68	
	Numéro du tube Benzène	FSE32	
Dépose	Date	05/06/2013	
	Heure	10:12	
	Durée d'exposition	334,5 heures	
	Remarque	-	
	Résultat NO2	21,3 µg/m³	
	Résultat Benzène	0,5 µg/m³	





Projet	ZAC CONSTANCE		Numéro du site	Site 05
Localisation et caractérisation du site				
Coordonnées	N 43°31'01,1	E 5°25'23,7		
Commune	Aix-en-Provence			
Adresse	Chemin des Aubépines			
Topographie	TN			
Bâti sensible	-			
Ambiance	Fond péri-urbain			





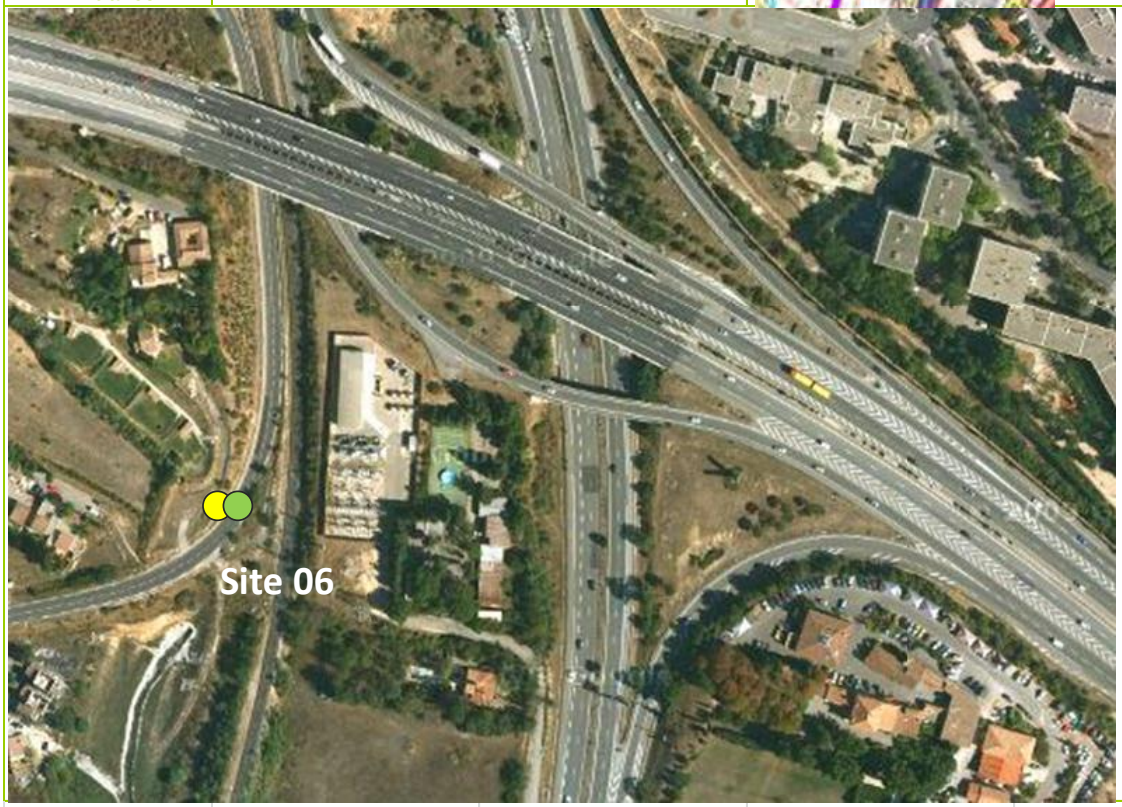
Campagnes de mesure		1ère campagne	2è campagne
Pose	Date	22/05/2013	
	Heure	11:25	
	Support	Poteau	
	Hauteur	3,00 m	
	Numéro du tube NO2	FSE57	
	Numéro du tube Benzène	0	
Dépose	Date	05/06/2013	
	Heure	10:10	
	Durée d'exposition	334,7 heures	
	Remarque	-	
	Résultat NO2	20,0 µg/m³	
	Résultat Benzène	-	





Projet	ZAC CONSTANCE		Numéro du site	Site 06
Localisation et caractérisation du site				
Coordonnées	N 43°31'05,1	E 5°25'35,9		
Commune	Aix-en-Provence			
Adresse	Chemin des Aubépines			
Topographie	TN			
Bâti sensible				
Ambiance	Proximité routière			





Campagnes de mesure		1ère campagne	2è campagne
Pose	Date	22/05/2013	
	Heure	11:05	
	Support	Poteau	
	Hauteur	3,00 m	
	Numéro du tube NO2	FSE58	
	Numéro du tube Benzène	FSE28	
Dépose	Date	05/06/2013	
	Heure	10:00	
	Durée d'exposition	334,9 heures	
	Remarque	-	
	Résultat NO2	31,0 µg/m³	
	Résultat Benzène	0,6 µg/m³	





Projet	ZAC CONSTANCE		Numéro du site	Site 07
Localisation et caractérisation du site				
Coordonnées	N 43°31'08,9	E 5°25'28,8		
Commune	Aix-en-Provence			
Adresse	-			
Topographie	TN			
Bâti sensible	-			
Ambiance	Proximité routière			





Campagnes de mesure		1ère campagne	2è campagne
Pose	Date	22/05/2013	
	Heure	11:10	
	Support	Poteau	
	Hauteur	3,00 m	
	Numéro du tube NO2	FSE62	
	Numéro du tube Benzène	0	
Dépose	Date	05/06/2013	
	Heure	10:04	
	Durée d'exposition	334,9 heures	
	Remarque	-	
	Résultat NO2	35,8 µg/m³	
	Résultat Benzène	-	



Projet	ZAC CONSTANCE		Numéro du site	Site 08



Localisation et caractérisation du site		
Coordonnées	N 43°31'01,7	E 5°25'13,5
Commune	Aix-en-Provence	
Adresse	Route de Valcros	
Topographie	TN	
Bâti sensible	-	
Ambiance	Fond péri-urbain	



Campagnes de mesure		1ère campagne	2è campagne
Pose	Date	22/05/2013	
	Heure	10:50	
	Support	Poteau	
	Hauteur	3,00 m	
	Numéro du tube NO2	FSE61	
	Numéro du tube Benzène	FSE30	
Dépose	Date	05/06/2013	
	Heure	9:50	
	Durée d'exposition	335,0 heures	
	Remarque	-	
	Résultat NO2	17,7 µg/m³	
	Résultat Benzène	0,5 µg/m³	





Projet	ZAC CONSTANCE		Numéro du site	Site 09
Localisation et caractérisation du site				
Coordonnées	N 43°31'11,9	E 5°25'08,9		
Commune	Aix-en-Provence			
Adresse	-			
Topographie	TN			
Bâti sensible				
Ambiance	Proximité routière			





Campagnes de mesure		1ère campagne	2è campagne
Pose	Date	22/05/2013	
	Heure	10:40	
	Support	Poteau	
	Hauteur	3,00 m	
	Numéro du tube NO2	FSE67	
	Numéro du tube Benzène	FSE31	
Dépose	Date	05/06/2013	
	Heure	9:46	
	Durée d'exposition	335,1 heures	
	Remarque	-	
	Résultat NO2	46,4 µg/m³	
	Résultat Benzène	0,5 µg/m³	





Projet	ZAC CONSTANCE		Numéro du site	Site 10
Localisation et caractérisation du site				
Coordonnées	N 43°31'06,2	E 5°24'58,7		
Commune	Aix-en-Provence			
Adresse	Route de Valcros			
Topographie	TN			
Bâti sensible	-			
Ambiance	Fond péri-urbain			





Campagnes de mesure		1ère campagne	2è campagne
Pose	Date	22/05/2013	
	Heure	10:30	
	Support	Poteau	
	Hauteur	3,00 m	
	Numéro du tube NO2	FSE64	
	Numéro du tube Benzène	0	
Dépose	Date	05/06/2013	
	Heure	9:40	
	Durée d'exposition	335,2 heures	
	Remarque	-	
	Résultat NO2	18,2 µg/m³	
	Résultat Benzène	-	





Projet	ZAC CONSTANCE		Numéro du site	Site 11
Localisation et caractérisation du site				
Coordonnées	N 43°31'01,0	E 5°24'48,7		
Commune	Aix-en-Provence			
Adresse	Route de Valcros			
Topographie	TN			
Bâti sensible	-			
Ambiance	Fond péri-urbain			





Campagnes de mesure		1ère campagne	2è campagne
Pose	Date	22/05/2013	
	Heure	10:20	
	Support	Poteau	
	Hauteur	3,00 m	
	Numéro du tube NO2	FSE59	
	Numéro du tube Benzène	FSE29	
Dépose	Date	05/06/2013	
	Heure	9:35	
	Durée d'exposition	335,3 heures	
	Remarque	-	
	Résultat NO2	25,3 µg/m³	
	Résultat Benzène	0,6 µg/m³	





Projet	ZAC CONSTANCE		Numéro du site	Site 12
Localisation et caractérisation du site				
Coordonnées	N 43°31'09,4	E 5°24'42,9		
Commune	Aix-en-Provence			
Adresse	Route de Valcros			
Topographie	TN			
Bâti sensible	-			
Ambiance	Fond péri-urbain			



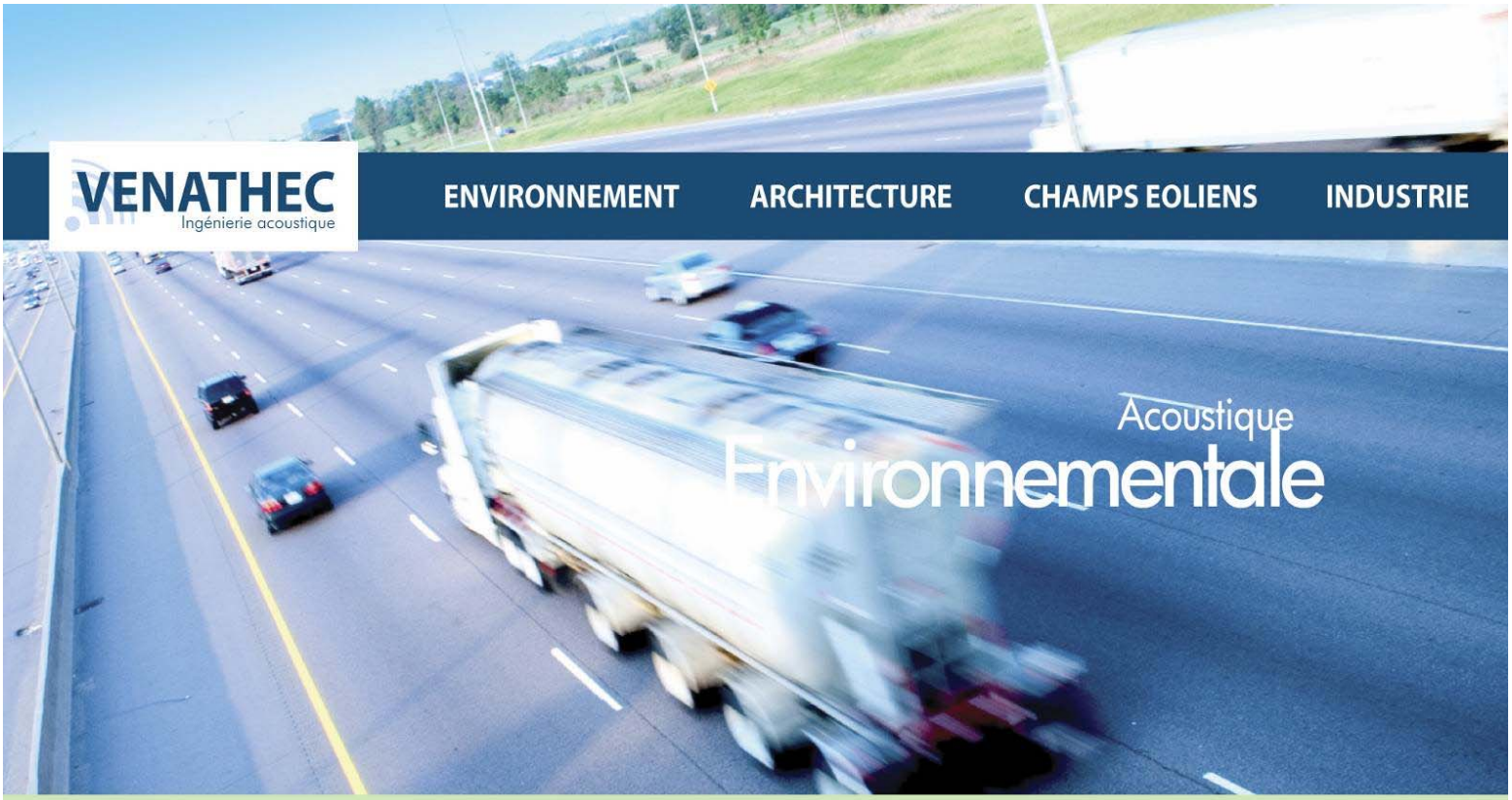


Campagnes de mesure		1ère campagne	2è campagne
Pose	Date	22/05/2013	
	Heure	10:00	
	Support	Poteau	
	Hauteur	3,00 m	
	Numéro du tube NO2	FSE66	
	Numéro du tube Benzène	0	
Dépose	Date	05/06/2013	
	Heure	9:30	
	Durée d'exposition	335,5 heures	
	Remarque	-	
	Résultat NO2	13,6 µg/m³	
	Résultat Benzène	-	





ANNEXE N°6 : ÉTUDE ACOUSTIQUE



Rapport n°13-13-60-0042-4-A-MFA

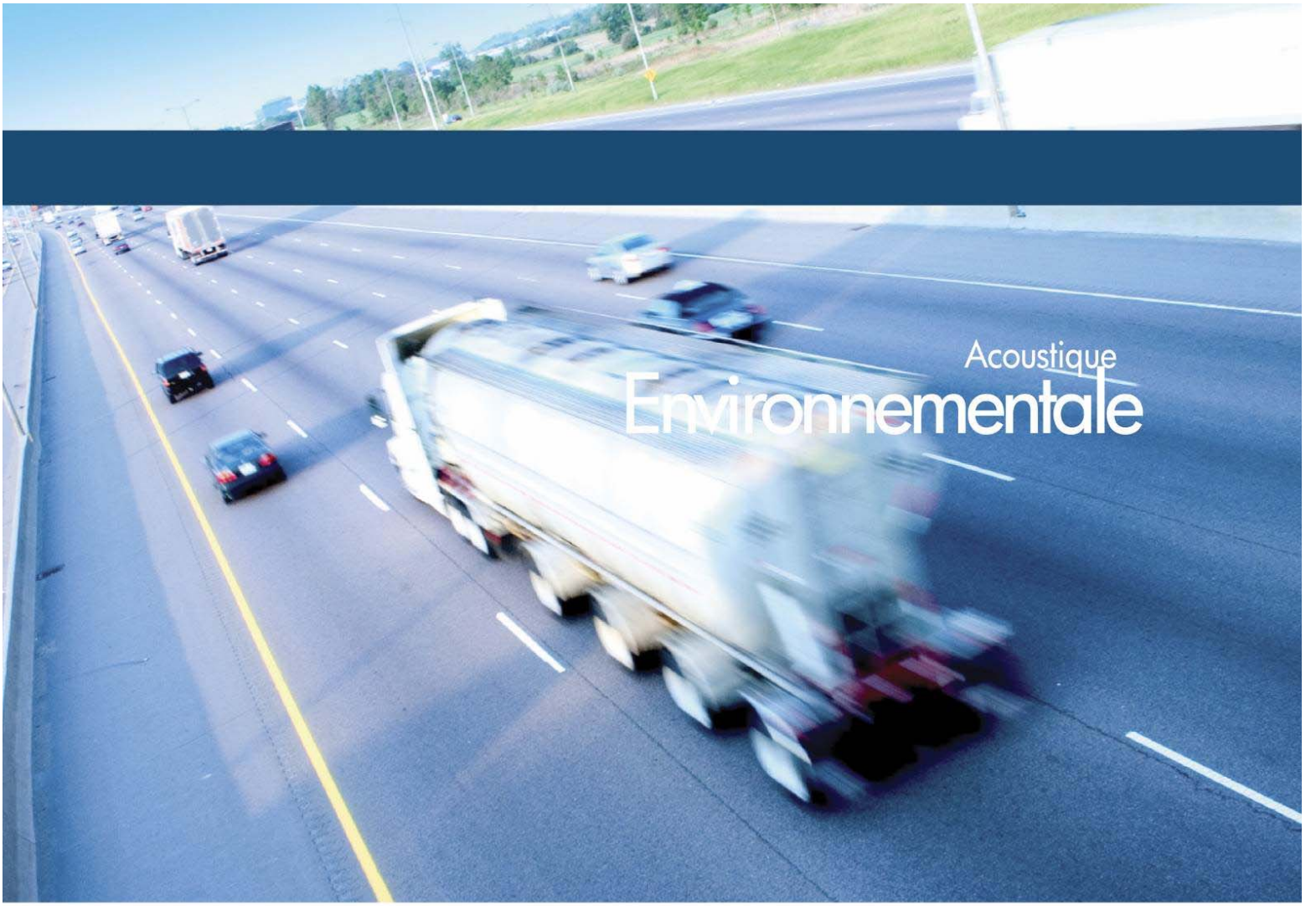
Etude acoustique dans le cadre de l'aménagement de la ZAC de la Constance

Phase 1

Aix en Provence (13)

AIX EN PROVENCE
LA VILLE

PAYS d'AIX Territoires
Société Publique Locale d'Aménagement



DOCUMENT EDITE PAR :

AGENCE EST - SIEGE SOCIAL
Centre d'Affaires Les Nations
B.P. 10101 54503 VANDOEUVRE-LES-NANCY

AGENCE ILE-DE-FRANCE NORD
11 rue Jean-Jaurès
95400 ARNOUVILLE

AGENCE ILE-DE-FRANCE SUD
22 rue Descartes
94450 LIMEIL BREVANNES

INTERVENANTS :

AGENCE SUD
Centre d'Affaires La Ferme Entreprises Hervé FAVRE-FELIX
Parc de la Duranne, 225, Avenue Galilée Tanguy LEGAY

Référence du document : 13-13-60-0042-4-A-MFA



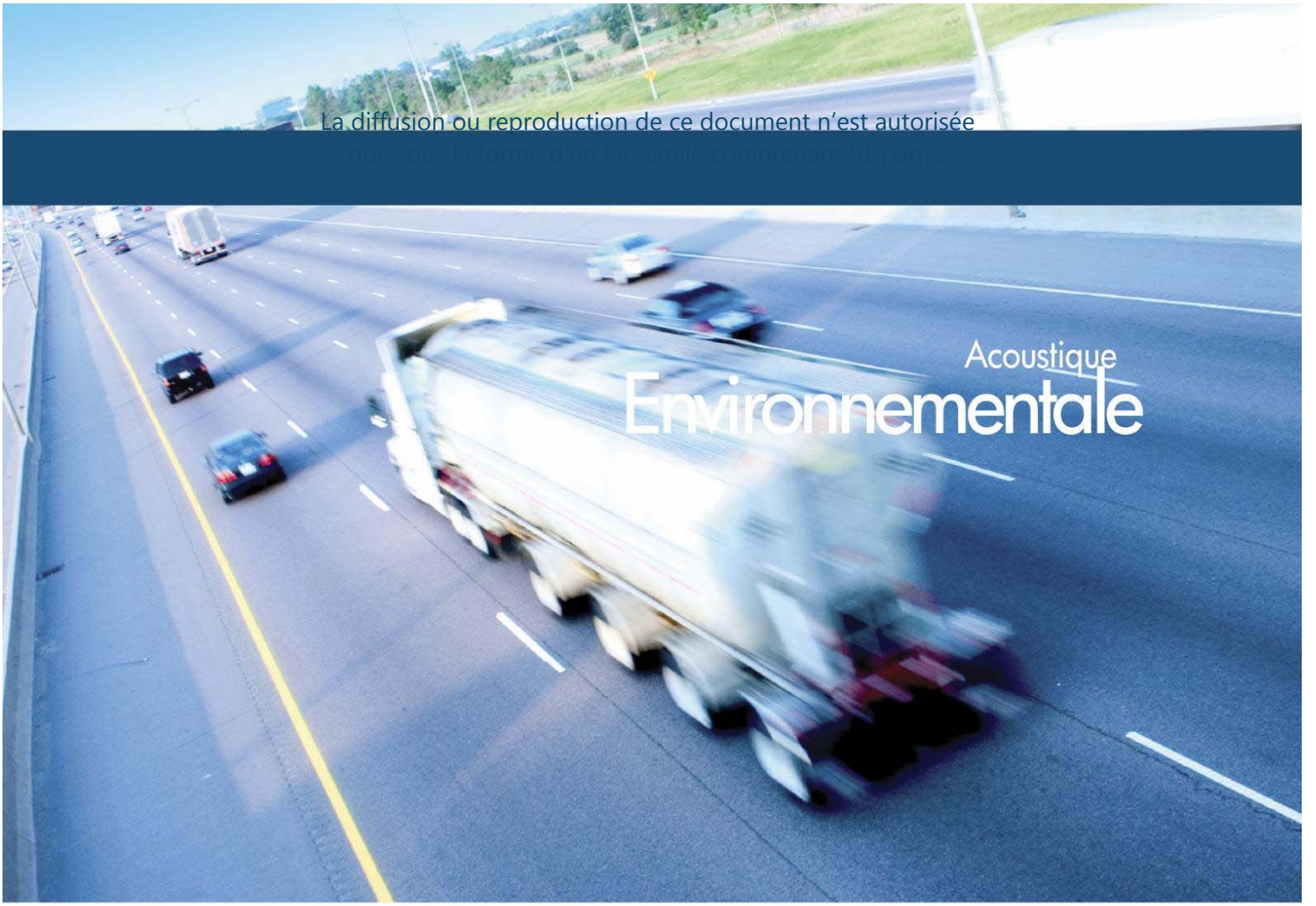
Client	
Société	AIRELE secteur sud (Groupe Auddicé)
Adresse	Centre tertiaire de Lagnes Lieu-dit « La Pousselle » 84800 LAGNES
Tél	06 76 92 82 89
Fax	

Interlocuteur	
Nom	Sabrina MALANGE
Fonction	Ingénieur environnement et écologue
Courriel	sabrina.malange@airele.com

Diffusion	
Copie	1
Papier	
Informatique	X

Révision	
Indice	4
Date	09/09/2013
Rédaction	M. FAVRE-FELIX
Vérification	T. LEGAY
Contrôle qualité	T. LEGAY

La diffusion ou reproduction de ce document n'est autorisée
que sous la forme d'un fac simile comprenant 91 pages



Acoustique Environnementale

SOMMAIRE

1. OBJET 6
2. GLOSSAIRE 7
3. REGLEMENTATION ACOUSTIQUE APPLICABLE 8
3.1. Introduction 8
3.2. Principe d'antériorité et réglementation relative aux futurs bâtiments de la ZAC 8
3.3. Infrastructures concernées 9
3.4. Seuils réglementaires 11
3.5. Mesures de protection 13
4. PRÉSENTATION DU PROJET 14
4.1. Plans du projet d'aménagement 14
4.2. Aménagements principaux prévus 15
4.3. Classement sonore des infrastructures situées à proximité du projet 15
5. DIAGNOSTIC ETAT INITAL – MESURES ACOUSTIQUES 16
5.1. Déroulement des mesures 16
5.2. Localisation des points de mesures 17
5.3. Conditions météorologiques pendant la période de mesure 18
5.4. Analyse et résultats des mesures 20
5.5. Résultats de mesure obtenus 21
6. RECALAGE ET MODELISATION ACOUSTIQUE DE L'ETAT EXISTANT 22
6.1. Recalage du modèle numérique 23
7. MODELISATION DE L'ETAT FUTUR ET PRECONISATIONS ACOUSTIQUES 25
7.1. Modélisation de l'état futur 25
7.2. Objectifs acoustiques 26
7.3. Préconisations – Mesures compensatoires 27
7.4. Cartes de bruit état actuel 32
7.5. Cartes de bruit prévisionnelles + 20 ans – Distances minimales de recul 37
7.6. Comparaison de différents types de protection 48
7.7. Cartes avec écran hors de l'emprise ASF 49
7.8. Cartes de bruit en R+5 50
8. CONCLUSION 53
9. ANNEXES 55

1. OBJET

La Ville d'Aix-En-Provence a décidé d'aménager le secteur de la Constance sous forme de ZAC Publique. La SPLA Pays d'Aix Territoires est en charge de la réalisation de cette opération.

La société AIRELE a été missionnée pour la réalisation de l'étude d'impact permettant de constituer le dossier de création de la ZAC.

Le bureau d'étude acoustique VENATHEC, membre de l'équipe technique, est chargé du volet acoustique.

Le présent rapport est ainsi réalisé dans le cadre de l'étude d'impact acoustique relative à l'aménagement de la ZAC de la Constance à Aix en Provence.

L'étude acoustique fait partie des éléments à fournir dans le cadre des études préalables liées à l'opération d'aménagement.

Les objectifs de l'étude, en phase 1, sont les suivants :

- Réalisation d'une campagne de mesure acoustique et caractérisation de l'état initial
- Modélisation de l'état existant et réalisation de cartes de bruit
- Préconisations acoustiques en matière de protections acoustiques et/ou d'aménagement de la ZAC

Une prochaine étape sera réalisée et comportera la modélisation de l'état futur, intégrant les sources de bruit liées au fonctionnement du quartier ainsi qu'aux aménagements futurs.

2. GLOSSAIRE

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent :

Le décibel (dB) :

Le son est une sensation auditive produite par une variation rapide de la pression de l'air.

Du fait de l'échelle logarithmique, on ne peut pas ajouter arithmétiquement les décibels de deux bruits pour arriver au niveau sonore global. A noter 2 règles simples: 40 dB + 40 dB = 43 dB et 40 dB + 50 dB ≈ 50 dB.

Le décibel pondéré A (dBA) :

Pour traduire les unités physiques dB en unités physiologiques dBA représentant la courbe de réponse de l'oreille humaine, il est convenu de pondérer les niveaux sonores pour chaque bande d'octave. Le décibel est alors exprimé en décibels A : (dBA).

Octave :

Intervalle de fréquence dont la plus haute fréquence est le double de la plus basse. Pour le bâtiment et dans l'environnement, le législateur a défini 6 octaves normalisées centrées sur les fréquences de 125, 250, 500, 1000, 2000 et 4000 Hz.

Niveau de bruit équivalent L_{eq}:

Niveau de bruit en dB intégré sur une période de mesure. L'intégration est définie par une succession de niveaux sonores intermédiaires mesurés selon un intervalle d'intégration. Généralement dans l'environnement, l'intervalle d'intégration est fixé à 1 seconde. Le niveau global équivalent se note L_{eq}, il s'exprime en dB. Lorsque les niveaux sont pondérés selon la pondération A, on obtient un indicateur noté $L_{A,eq}$.

Niveau fractile (L_n) :

Anciennement appelé indice statistique percentile L_n.

Le niveau fractile L_n représente le niveau sonore qui a été dépassé pendant n% du temps du mesurage. D'une manière générale, un niveau L_{90} représente un niveau de bruit résiduel nocturne, un niveau L_{50} représente un niveau de bruit résiduel diurne.

Norme NFS 31-010 :

La norme NF S 31-010 « Acoustique – Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement – Méthodes particulières de mesurage » de 1996 est utilisée dans le cadre de la réglementation « Bruit de voisinage ». Elle indique la méthodologie à appliquer concernant la réalisation de la mesure.

Norme NFS 31-085 :

La norme NF S 31-085 « Caractérisation et mesurage du bruit dû au trafic routier » décrit une méthode de mesurage in situ du bruit résultant du trafic routier issu d'une infrastructure de transport en conformité avec les principes de la norme NF S 31-010.

3. REGLEMENTATION ACOUSTIQUE APPLICABLE

3.1. Introduction

Dans le cadre de la création d'une ZAC, l'étude acoustique s'avère nécessaire pour évaluer l'impact des nouvelles infrastructures ou l'aménagement de celles existantes, relativement aux textes réglementaires suivants :

- Décret 95-22 du 9 janvier 1995 relatif à la limitation du bruit des aménagements et infrastructures de transports terrestres
- Arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières
- Circulaire n° 97-110 du 12 décembre 1997 relative à la prise en compte du bruit dans la construction de routes nouvelles ou l'aménagement de routes existantes du réseau national
- Directive européenne 2002/49/CE, du 25 juin 2002, relative à l'évaluation et la gestion du bruit dans l'environnement
- Arrêté du 30 mai 1996 relatif aux modalités de classement des infrastructures de transports terrestres et à l'isolement acoustique des bâtiments d'habitation dans les secteurs affectés par le bruit
- Arrêté du 14 avril 2004 relatif au classement sonore des autoroutes *(Hors autoroute A8 concédée),* routes nationales, départementales et communales de la commune d'Aix en Provence

3.2. Principe d'antériorité et réglementation relative aux futurs bâtiments de la ZAC

Selon l'article 9 du décret 22-95 du 9 Janvier 1995, les infrastructures routières sont considérées comme existantes si l'intervention de l'une des mesures suivantes est réalisée avant le permis de construire des bâtiments :

- Ouverture d'une enquête publique portant sur le projet d'infrastructure
- Mise à disposition du public de la décision, ou de la délibération, arrêtant le principe et les conditions de réalisation d'un projet d'infrastructure
- Inscription du projet en emplacement réservé
- Mise en service de l'infrastructure
- Publication de l'arrêté préfectoral de classement sonore de l'infrastructure

Dans le cadre de la future ZAC de la Constance, deux cas de figures sont à prendre en compte :

- Cas n°1 : Les habitations / bâtiments existants et conservés
- Cas n°2 : Les habitations / bâtiments à construire

Cas n°1 :

Concernant les bâtiments conservés et vérifiant le principe d'antériorité, c'est la Maîtrise d'Ouvrage en charge de la **création des infrastructures**, qui devra s'assurer du respect des exigences réglementaires définies dans les paragraphes précédents.

Cas n°2 :

Concernant les bâtiments à construire, il est probable que leurs permis de construire soient postérieurs aux démarches effectuées pour la création des routes.

De ce fait, **c'est la Maîtrise d'Ouvrage en charge des futurs bâtiments qui devra se conformer aux exigences réglementaires de l'Arrêté du 30 Mai 1996** relatif aux modalités de classement des infrastructures de transports terrestres et à l'isolement acoustique des bâtiments d'habitation dans les secteurs affectés par le bruit. Ce critère concerne également les établissements d'enseignement et de santé.

Selon l'article 7 de l'Arrêté du 30 Mai 1996, « L'application de la réglementation consiste à respecter la valeur d'isolement acoustique minimal, …, **de telle sorte que le niveau de bruit à l'intérieur des pièces principales et cuisines soit égal ou inférieur à 35 dB(A) en période diurne et 30 dB(A) en période nocturne**, ces valeurs étant exprimées en niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A, de 6 heures à 22 heures pour la période diurne, et de 22 heures à 6 heures pour la période nocturne. Cette valeur d'isolement doit être égale ou supérieure à 30 dB(A) ».

Ce critère concerne également les **bâtiments de santé et d'enseignement.**

3.3. Infrastructures concernées

L'article 12 de la loi bruit, complété par le décret 95-22 du 9 janvier 1995 et l'arrêté du 5 mai 1996 a posé les principes de la protection contre le bruit des bâtiments riverains des projets d'infrastructures ou des **infrastructures existantes devant être aménagées ou modifiées** : le décret du 9 janvier 1995 vise la limitation du bruit des **infrastructures de transports terrestres nouvelles** à des niveaux, appelés indicateurs de gêne, définis par l'arrêté du 5 mai 1995. Toute route nouvelle ou route existante modifiée de manière significative (augmentation de l'émission après travaux supérieure à 2 dBA) ne peut dépasser, de nuit comme de jour, des seuils d'impact sonore en façade des bâtiments riverains. **Le maître d'ouvrage de l'infrastructure est donc soumis à une obligation de résultat : il se doit d'assurer une protection antibruit respectant la réglementation.** Le respect des niveaux sonores maximums admissibles est obligatoire sur toute la durée de vie de l'infrastructure.

Code	Article	Vocation	Textes d'application
Code de l'environnement	L. 571-9	Impose la prise en compte du bruit dans **toute construction ou modification d'une infrastructure de transports terrestres.**	Décret n° 95-22 du 9 janvier 1995 relatif à la limitation du bruit des aménagements et infrastructures de transports terrestres
			Arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières
			Circulaire n° 97-110 du 12 décembre 1997 : précise les modalités d'application de ces textes sur le réseau routier national

Transformation significative

La transformation significative d'une route existante est définie comme étant de nature à induire une augmentation des niveaux sonores supérieure à 2 dBA :

Textes d'application	Articles	Vocation
Décret 95-22 du 9 janvier 1995 relatif à la limitation du bruit des aménagements et infrastructures de transports terrestres	Art 1	Le maître d'ouvrage de travaux est tenu de prendre les dispositions nécessaires pour limiter les nuisances sonores. Les textes s'appliquent à toutes les routes nouvelles, à toutes les modifications ou transformations significatives de routes existantes.
	Art 2	Une modification ou transformation est considérée comme significative si elle résulte de travaux et si elle engendre, à terme, une augmentation de plus de 2 dBA de la contribution sonore de la route, par rapport à ce que serait cette contribution à terme en l'absence de la transformation. Il suffit que cette condition soit vérifiée pour l'une des périodes diurne et nocturne.
	Art 3	Sont exclus de cette définition les travaux de renforcement de chaussées, les travaux d'entretien, les aménagements ponctuels et les aménagements de carrefours non dénivelés.

Bâtiments concernés

Seuls les bâtiments voisins de l'infrastructure et antérieurs à celle-ci, **sont concernés** par l'obligation de protection acoustique. Seuls sont concernés les établissements de santé, les établissements d'enseignement et les logements, ainsi que les locaux à usage de bureaux en zone d'ambiance sonore préexistante modérée.

Le maître d'ouvrage de la route n'est tenu de protéger que les bâtiments « antérieurs » à la route nouvelle ou à la modification.

L'application de ce principe d'antériorité est décrite par l'article 9 du décret 95-22 du 9 janvier 1995. En outre, une habitation bénéficie de l'antériorité si le dépôt du permis de construire est antérieur à la date d'ouverture de l'enquête préalable à la Déclaration d'Utilité Publique (DUP) portant sur le projet de l'ouvrage.

Ce principe est détaillé ci-avant en partie : *3.2.Principe d'antériorité et réglementation relative aux futurs bâtiments de la ZAC*.

3.4. Seuils réglementaires

Les indicateurs utilisés sont les niveaux sonores équivalents L_{Aeq}.

Seule est prise en compte la contribution de l'infrastructure elle-même, abstraction faite des autres sources en présence sur le site.

Textes d'application	Articles	Vocation
Arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières	Art. 1er	Les indicateurs utilisés sont les niveaux sonores équivalents correspondant à la contribution sonore de l'infrastructure concernée (mesurés à 2 m en avant de la façade des bâtiments, fenêtres fermées) : - L_{Aeq} (6h-22h) pour la période de jour - L_{Aeq} (22h-6h) pour la période de nuit Ainsi, **seul le bruit causé par l'infrastructure elle-même est pris en compte**, indépendamment des autres sources de bruit environnantes.
	Art. 4	Le seuil réglementaire **le plus contraignant – période diurne ou période nocturne** – guidera le dimensionnement des éventuelles protections acoustiques.
	Art. 6	Les niveaux sonores doivent être évalués avec des **conditions de circulation représentatives de l'ensemble de l'année,** pour chacune des périodes diurne et nocturne.

Valeurs des seuils applicables aux routes nouvelles

Les niveaux maximums admissibles pour la contribution sonore d'une infrastructure nouvelle sont fixés aux valeurs suivantes (arrêté du 5 mai 1995, art. 2) :

Usage et nature des locaux	LAeq (6h - 22h)	LAeq (22h - 6h)
Etablissements de santé, de soins et d'action sociale : - salles de soins et salles réservées au séjour des malades - autres locaux	 57 dBA 60 dBA	 55 dBA 55 dBA
Etablissements d'enseignement (à l'exclusion des ateliers bruyants et des locaux sportifs)	60 dBA	Aucune obligation
Logements en zone d'ambiance sonore préexistante modérée	**60 dBA**	**55 dBA**
Autres logements	65 dBA	60 dBA
Locaux à usage de bureaux en zone d'ambiance sonore préexistante modérée	**65 dBA**	**Aucune obligation**

Ces valeurs tiennent compte de la réflexion du bruit sur la façade. Elles sont donc supérieures de **3 dBA à celles qui seraient mesurées en champ libre** ou en façade, dans le plan d'une **fenêtre ouverte**, dans les mêmes conditions de trafic, à un emplacement comparable.

Notion de zone d'ambiance sonore modérée

Une zone sera qualifiée d'ambiance sonore modérée si une grande partie des niveaux de bruit ambiant, en façade du logement, respectent les critères ci-dessus.

Mis à part les cas particuliers où des disparités importantes sont observables, l'appréciation de ce critère d'ambiance sonore modérée sera ainsi recherchée pour des zones homogènes du point de vue de l'occupation des sols et non par façade de bâtiment.

Textes d'application	Articles	Vocation
Arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières	Art. 2	Une zone est considérée d'ambiance sonore modérée si le niveau de bruit ambiant existant à 2 m en avant des façades des bâtiments avant la réalisation de l'aménagement projeté est tel que : L_{Aeq} (6h-22h) < 65 dBA Et : L_{Aeq} (22h-6h) < 60dBA Quand une zone respecte le critère d'ambiance sonore modérée pour la période nocturne uniquement, c'est le seuil de 55 dBA qui s'applique aux logements pour cette période. Une zone qui respecterait le critère d'ambiance modérée pour la période diurne seulement est considérée comme d'ambiance sonore non modérée.

La circulaire du 12 décembre 1997 précise en annexe les contributions sonores maximales admissibles qui sont à appliquer dans les zones d'ambiance modérée pour les logements :

Bruit ambiant existant avant travaux (toutes sources) dBA		Type de zone	Contribution sonore maximale admissible de l'infrastructure, dans le cas d'infrastructures nouvelles dBA	
LAeq(6h-22h)	LAeq(22h-6h)		LAeq (6h-22h)	LAeq (22h-6h)
< 65	< 60	Modérée	60	55
65	< 60	Modérée de nuit	65	55
65	60	Non modérée	65	60

Valeurs des seuils applicables aux routes modifiées significativement

Les niveaux maximums admissibles pour la contribution sonore d'une infrastructure nouvelle sont fixés aux valeurs suivantes (arrêté du 5 mai 1995, art. 2) :

Texte d'application	Article	Vocation
Arrêté du 5 mai 1995	Art. 3	- Si la contribution sonore de la route avant travaux est inférieure au seuil applicable à une route nouvelle, l'objectif après travaux est fixé à cette valeur. - Dans le cas contraire, l'objectif est de ne pas augmenter la contribution sonore initiale de la route, sans pouvoir dépasser 65 dBA de jour et 60 dBA de nuit.

Remarque : en cas de route initialement très bruyante, les seuils applicables sont cohérents avec les objectifs visés par les opérations de résorption des « points noirs bruit » : en effet, à l'occasion d'une modification significative, toutes les constructions riveraines subissant à l'origine des niveaux sonores dépassant 65 dBA de jour ou 60 dBA de nuit feront l'objet de mesures de protection.

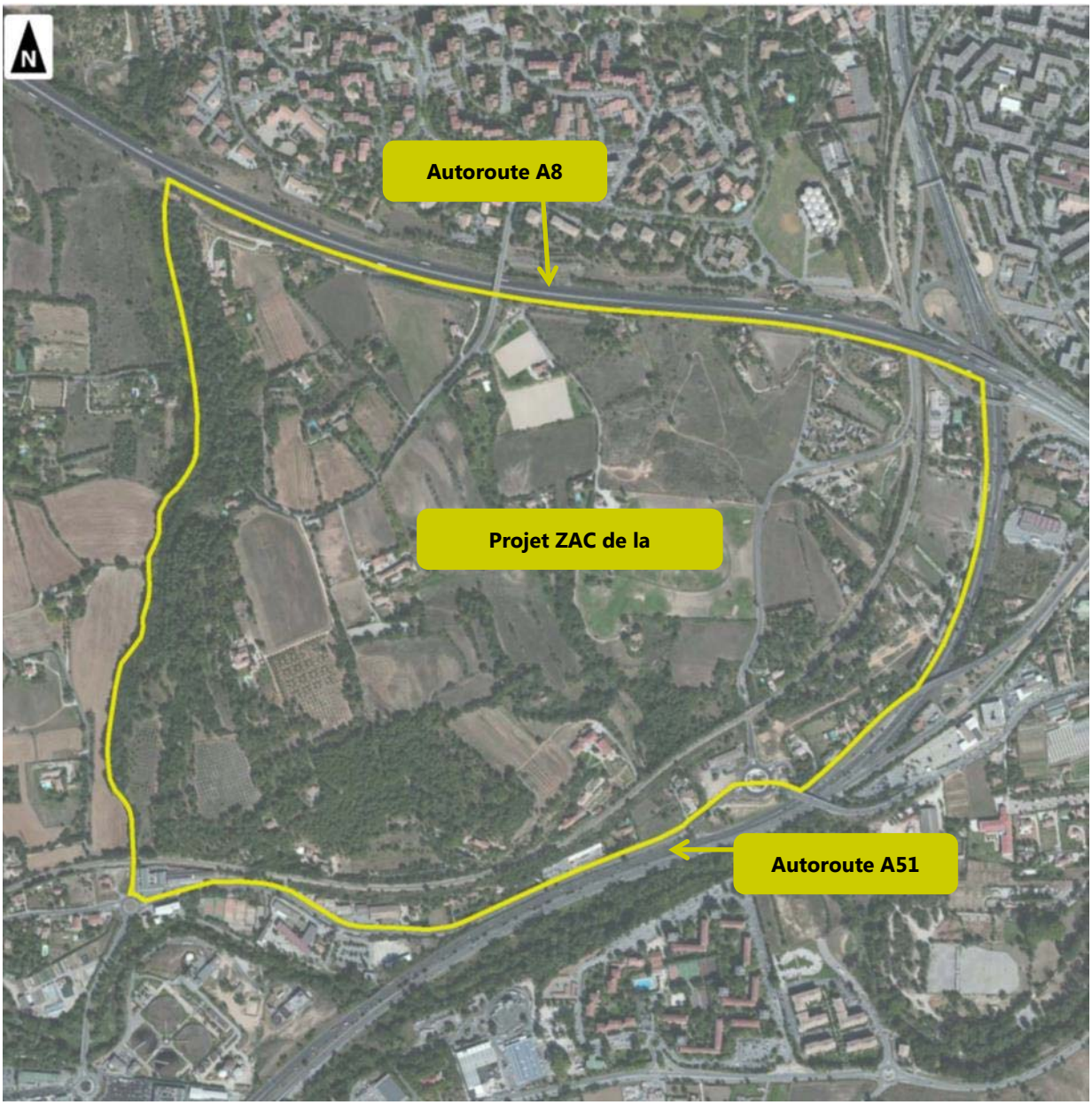
3.5. Mesures de protection

Il appartient au maître d'ouvrage d'une route de prendre toutes dispositions, lors de la conception ou de la réalisation, de nature à protéger les bâtiments qui existaient avant la voie (ou avant sa modification significative), pour éviter que ses occupants ne subissent des nuisances sonores excessives. La protection à la source (type écran acoustique) est recherchée en priorité.

Texte d'application	Article	Vocation
Décret n° 95-22 du 9 janvier 1995	Art. 5	Le respect des seuils doit être obtenu par un traitement direct de l'infrastructure ou de ses abords immédiats. L'action à la source peut être remplacée ou complétée si : - elle ne permet pas une insertion satisfaisante dans l'environnement - le coût des travaux n'est pas raisonnable
Arrêté du 5 mai 1995	Art. 4	Lorsque l'isolement de façade doit être renforcé, une valeur d'isolement « courant » de 25 dBA est retenue. Le surcroît d'isolement à apporter à cette valeur est la différence entre le niveau de bruit prévu en façade et le seuil réglementaire (cf. exemple ci-dessous). Lorsqu'on intervient sur la façade, l'isolement apporté ne peut être inférieur à 30 dB et les exigences de pureté de l'air et de confort thermique doivent être prises en compte. Pour les logements, l'isolation concerne les pièces principales et la cuisine.
Circulaire n° 97-110 du 12 décembre 1997	Paragraphe 9 de l'annexe	Sur le réseau routier national, lorsque le traitement pour assurer la protection est inefficace, on cherche une solution mixte : - la protection à la source assure le respect des niveaux réglementaires pour les espaces au sol, proches des bâtiments - le complément nécessaire aux étages supérieurs est apporté par le renforcement de l'isolement des façades. Ce n'est que dans les cas où un dispositif mixte se révèle irréalisable qu'une protection par seule intervention sur les façades doit être retenue

4. PRÉSENTATION DU PROJET

4.1. Plans du projet d'aménagement



Vue aérienne de la zone en projet

4.2. Aménagements principaux prévus

Aménagement du quartier :

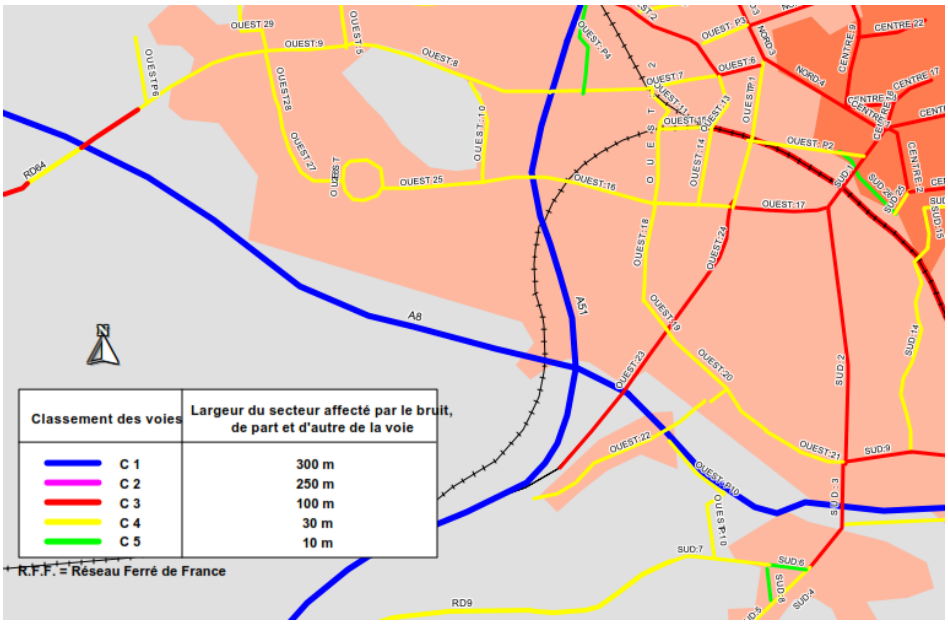
Type d'activités	Surface (m^2)
Activités tertiaires	55 000
Logement social étudiant (CROUS)	18 000
Logement social autre	22 000
Logement accession	200 000
Commerces	20 000
TOTAL	**315 000**

4.3. Classement sonore des infrastructures situées à proximité du projet

Le projet est sujet aux émissions sonores de 2 infrastructures principales :

Infrastructures	Classement sonore	Largeur du secteur affecté par le bruit
Autoroute A51	Catégorie 1	300
Autoroute A8	Catégorie 1	300

Source : Arrêté du 14 avril 2004 relatif au classement sonore des autoroutes (Hors autoroute A8 concédée), routes nationales, départementales et communales de la commune d'Aix en Provence.



Carte de classement sonore des infrastructures de transport terrestres

5. DIAGNOSTIC ETAT INITAL – MESURES ACOUSTIQUES

5.1. Déroulement des mesures

Les mesures se sont déroulées entre le mardi 19 mars et le vendredi 22 mars 2013.

Deux approches de mesurages ont été retenues afin de couvrir l'ensemble de la zone : des mesures longues durées (LD) et des mesures courtes durées (CD).

- **3 points de mesure LD** ont été retenus : chaque point de longue durée a fait l'objet d'une durée d'acquisition de 24 heures
- **7 points de mesure CD** ont été retenus : chaque point de courte durée a fait l'objet d'une durée d'acquisition de 30 minutes minimum et sur une plage horaire concomitante à celle d'un point de longue durée.

Opérateur concerné par les mesures :

- M. E. BIHAN, technicien acousticien de l'Agence d'Aix en Provence.

Appareillage de mesure :

Les mesurages ont été effectués avec 2 sonomètres intégrateurs SOLO BLUE, ainsi qu'un système d'acquisition symphonie de marque **01dB**.

Le tableau ci-dessous récapitule l'ensemble des éléments de la chaîne de mesure :

Nature	Marque/Type	N° de série
2 sonomètres SOLO	01 dB	61783 60836
Symphonie	01 dB	775
Calibreur 4231	B&K	2450784
Préamplificateur		Associés au sonomètre
Microphone	GRAS	Associés au sonomètre

Chaîne de mesure utilisée

L'ensemble des matériels est de classe 1.

Avant et après chaque série de mesurage, la chaîne de mesure a été calibrée à l'aide d'un calibreur B&K de type 4231, conforme à la norme EN CEI 60-942 « Electroacoustics - Sound calibrators ».

Aucune dérive supérieure à 0,5dB n'a été constatée.

Traçabilité et sauvegarde des mesures :

Comme spécifié dans la norme NF S 31-010 seront conservés au moins 2 ans :

- **Description** complète de l'appareillage de mesure acoustique
- L'indication des réglages utilisés
- Le **croquis des lieux**
- Le **rapport d'étude**
- L'ensemble des évolutions temporelles et niveaux pondérés A sous format informatique

5.2. Localisation des points de mesures



LD n°1 en bordure de l'A8





LD n°2 en plein cœur du futur projet

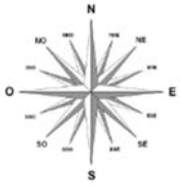


LD n°3 en bordure de l'A51

Légende :

en vert : point mesures LD

en bleu : point de mesure



Description des points de mesure :

Nous avons réalisé un premier point de mesure de 24 h (LD 1) dans le jardin d'une habitation située à environ 50m de l'autoroute A8, permettant ainsi d'évaluer l'impact acoustique de cette infrastructure en fonction du trafic.

Le second point de mesure de 24 h (LD 3) a été posé dans le jardin d'une habitation située à environ 100m de l'autoroute A51, permettant ainsi d'évaluer l'impact acoustique de cette infrastructure en fonction du trafic.

Enfin, le troisième point de mesure de 24 h (LD 2) a également été réalisé dans le jardin d'un riverain. Ce point de mesure n'étant pas à proximité immédiate des infrastructures autoroutières, il permettra de vérifier la décroissance spatiale des niveaux sonores et l'ambiance en zone calme.

En complément, 7 points de mesures de courte durée ont été réalisés de manière à quadriller plus finement l'environnement sonore au sein de la zone du futur projet d'aménagement.

Compte tenu de la durée d'intervention, les mesures n'ont pas vocation à évaluer l'impact acoustique des autoroutes A51 et A8 sur une journée représentative de l'année, mais bien à servir de référence en matière de propagation acoustique en vue de la modélisation numérique du site réalisée en fonction des trafics moyens journaliers annuels (TMJA).

5.3. Conditions météorologiques pendant la période de mesure

Les conditions météorologiques observées lors de la campagne de mesure sont décrites à partir de la norme NFS 31-085 « Caractérisation et mesurage du bruit dû au trafic routier » :

Période	Vitesse Vent	Direction vent	Couverture nuageuse	Humidité
19/03/13	Faible	NO / SO	Couvert	Surface sèche
20/03/13	Moyenne à élevée	NE / NO	Couvert	Pluie en matinée
21/03/13	Moyenne	NO	Dégagé	Surface sèche
22/03/13	Faible	N	Couvert	Surface sèche

Une période de pluie a été observée dans la matinée du mercredi 20 mars. Cette période est retirée de l'analyse.

Photographies des points de mesure :

		
LD n°1	LD n°2	LD n°3
		Non disponible
CD n°1	CD n°2	CD n°3
		
CD n°4	CD n°5	CD n°6
		
CD n°7		

Influence des conditions météorologiques sur les niveaux sonores :

Pour des distances source-récepteur inférieures à 100 m, l'influence des conditions météorologiques sur la propagation sonore est considérée comme négligeable à modérée. Par conséquent le niveau sonore mesuré est jugé représentatif d'un niveau sonore long terme.

Pour des distances source-récepteur supérieures à 100 m, il est nécessaire d'évaluer les conditions météorologiques pendant le mesurage afin de pourvoir interpréter le niveau sonore vis-à-vis de conditions météorologiques représentatives du long terme.

Cette analyse est effectuée à partir des données récoltées auprès de la station Météo France la plus proche. Les données horaires de pluviométrie, vitesse et direction de vent, et couverture nuageuse, ont été étudiées et ont permis de déterminer les occurrences de conditions météorologiques favorables à la propagation sonore.

5.4. Analyse et résultats des mesures

Méthodologie de mesurage employée :

Les mesurages ont été effectués conformément à la norme NF S 31-085 « Caractérisation et mesurage du bruit dû au trafic routier ».

Mesure longue durée (LD) :

L'objectif des mesures LD est d'évaluer l'impact acoustique des autoroutes, pendant 24h minimum, en fonction du trafic mesuré en simultané, dans le but de recaler un modèle numérique de propagation du bruit dans la future zone d'aménagement.

Pour ces mesures (points LD 1, 2 et 3), nous réalisons trois tests de validation, conformément à la norme de mesurage :

- Un test temporel de continuité du signal
- Un test statistique : répartition « gaussienne » du bruit dû au trafic routier
- Un test de cohérence entre niveaux mesurés et trafic des autoroutes A8 et A51 pour chaque intervalle de base (1h)

Ces tests permettent de vérifier que le bruit est imputable aux infrastructures étudiées.

Les tests relatifs sont présentés en annexe du présent rapport.

Mesure de courte durée (CD) :

L'objectif des mesures CD est d'évaluer l'impact acoustique des infrastructures sur la globalité du projet. En effet, les points de courte durée permettent de quadriller la zone d'étude et ainsi de caractériser son environnement sonore à partir des décroissances de niveaux entre les points « longue durée » proches des voies et ces points « courte durée ».

Pour ce faire, chaque point courte durée est mesuré en parallèle à un point longue durée auquel il est associé.

Pour ces mesures, nous réalisons un test de validation, conformément à la norme de mesurage :

- Un test de corrélation entre les points « longue durée » et les points « courte durée »

Association des points LD et CD :

Les points CD4 et CD5, sont influencées de manière prépondérantes par l'autoroute A8, ils seront mis en corrélation avec la mesure longue durée LD1.

Le point CD6, est influencé de manière prépondérante par l'autoroute A51, il sera mis en corrélation avec la mesure longue durée LD3.

Les points CD2, CD3 et CD7 ont été réalisés au loin des autoroutes pour permettre un meilleure recalage du modèle grâce à la décroissance temporelle. Ils sont influencés par les autoroutes ainsi que par les routes secondaires à proximité.

Les points CD1, CD3 et CD7 serviront de point de prélèvement en zones stratégiques et ne seront pas corrélés au trafic.

5.5. Résultats de mesure obtenus

Mesure longue durée :

Infrastructure	Période de mesure	Données trafic lors des mesures		
		Trafic VL	% PL	TMJ tous véhicules
A8	Période diurne 6-22h	33 738	21	42 706
	Période nocturne 22-6h	2 420		3 063
A51*	Période diurne 6-22h	71 336	3.5	73 923
	Période nocturne 22-6h	4 611		4 779

	Niveaux mesurés (LAeq)	
Point de mesure	Période diurne 6-22h	Période nocturne 22-6h
LD 1	56,0	51,0
LD 2	49,5	46,0
LD 3	57,0	55,5
CD 1	67,5	///
CD 2 / LD 1	53,5	49,0
CD 3	66,0	///
CD 4 / LD 1	58,5	54,0
CD 5 / LD 1	67,0	62,5
CD 6 / LD 3	69,5	68,0
CD 7	61,0	///

**Données non transmises : Par défaut nous considèrerons la répartition horaire du trafic mesuré en mars 2012 extrapolée au TMJA de 2011 (le TMJA de 2012 étant nettement inférieur à celui de 2011)*

6. RECALAGE ET MODELISATION ACOUSTIQUE DE L'ETAT EXISTANT

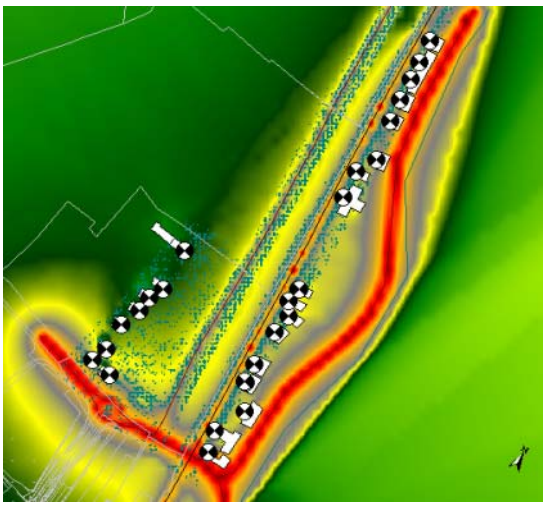
L'objectif de cette étape est de recaler un modèle numérique en fonction des données de bruit, de trafic et des données géographiques de la zone étudiée.

Toutes les simulations numériques ont été réalisées sur le logiciel CADNAA de chez DATAKUSTIC, logiciel d'acoustique environnementale.

Les logiciels de propagation environnementale sont des logiciels d'acoustique prévisionnelle basés sur des modélisations des sources et des sites de propagation, et sont destinés à décrire quantitativement des répartitions sonores pour des classes de situations données.

En acoustique environnementale, nous utilisons le logiciel **CADNAA** permettant de modéliser la propagation acoustique en extérieur de tout type de sources de bruit en tenant compte des paramètres les plus influents, tels que la topographie, le bâti, les écrans, la nature du sol ou encore les conditions météorologiques.

Aboutissement d'une recherche méthodologique menée par la société DATAKUSTIC depuis une vingtaine d'années, le logiciel **CADNAA** est commercialisé par la société 01dB et bénéficie d'une très importante distribution (+ de 1000 licences) en Allemagne. Les résultats ont été validés par des mesures in situ de long terme qui ont conforté le modèle mathématique de propagation.



Logiciel **CADNAA**

Exemple d'une carte d'isophones indiquant la propagation sonore d'un projet de déviation d'une infrastructure routière

La modélisation est effectuée à partir de la méthode NMPB 2008 développée par le SETRA, en collaboration avec le CSTB notamment (mise à jour de la NMPB Route 96).

Cette phase de modélisation de l'état existant se décompose en 2 parties :

- Recalage des niveaux mesurés et simulés
- Cartographie de l'état existant sur la base des hypothèses trafic à horizon 20 ans

6.1. Recalage du modèle numérique

Pour le calcul de l'impact acoustique des infrastructures routières notre logiciel prend en compte les paramètres suivants :

- Topographie du site
- Bâtiments
- Conditions météorologiques
- Trafic routier
- Vitesse de circulation sur les différents secteurs du projet
- Type de revêtement de chaussée, la granulométrie et l'année de réalisation
- Type d'infrastructures routières
- Type de trains et trafic ferroviaire

Evaluation du trafic existant :

Seules les principales voies routières (autoroutes A51, A8 et RD65), ainsi que la voie ferrée, ont été modélisées. Ces dernières étant prépondérantes.

Le réseau secondaire sera intégré en phase plus avancée du projet, lors de la caractérisation de l'état futur.

Hypothèses infrastructures :

Infrastructure concernée	TMJA	%PL	Vitesse limite km/h
A 8	45772	22	110
A 51 – Portion au nord de la zone	89264	4	90
A 51 – Portion au centre de la zone	78400	3.5	90
A 51 – Portion au sud de la zone	99796	3	90
A516	22962	2	70
RD65	4787	1	70

Infrastructure concernée	TMJA	Type de train
Voie ferrée Aix - Rognac	7	Fret

Sources : les hypothèses considérées sont issues de :

- *A51 : DIR Méditerranée 2011*
- *A8 : ASF – 2013*
- *RD65 : RTEP –CG 13*
- *Voie ferrée Aix-Rognac : RFF*

Niveau sonore évalué à l'état existant :

Le modèle numérique fournit les niveaux sonores suivants :

RECALAGE DES POINTS DE MESURE				
Localisation	JOUR		NUIT	
	Niveau mesuré (dBA)	Niveau calculé (dBA)	Niveau mesuré (dBA)	Niveau calculé (dBA)
LD 1	56	56.7	51	50.7
LD 2	49.5	50.1	46	45.3
LD 3	57	58.1	55.5	54.1
CD 2	53.5	51.2	49	45.5
CD 4	58.5	60.2	54	53.4
CD 5	67	67	62.5	59.2
CD 6	69.5	70.1	68	66.2

Commentaires :

Pour l'ensemble des autres points considérés, les écarts entre les niveaux sonores mesurés et calculés sont faibles, le calage du modèle numérique est satisfaisant.

Rappelons que les points CD 1, 3 et 7 ne sont pas repris car ils ne visent pas à caractériser le bruit lié au trafic routier mais l'ambiance sonore en zones stratégiques.

7. MODELISATION DE L'ETAT FUTUR ET PRECONISATIONS ACOUSTIQUES

7.1. Modélisation de l'état futur

Hypothèses retenues :

Concernant les infrastructures routières, les hypothèses de trafic correspondent aux données actuelles disponibles à partir desquelles une estimation long terme est effectuée.

Infrastructure concernée	ETAT	TMJA	%PL	Vitesse km/h
A 8	2010	43956	15.6	110
	Actuel	45772	17	110
	2033	**64464**	**17**	**110**
A 51 – Portion au nord de la zone	Actuel	89266	4	90
	2033	**123862**	**4**	**90**
A 51 – Portion au centre de la zone	Actuel	78702	3.5	90
	2033	**109204**	**3.5**	**90**
A 51 – Portion au sud de la zone	Actuel	101125	3	90
	2033	**140317**	**3**	**90**
A516	Actuel	22423	2	70
	2033	**31113**	**2**	**70**
RD65	**2010**	**4787**	**1**	**70**

Concernant l'infrastructure ferroviaire, les hypothèses de trafic correspondent aux données actuelles disponibles et à la réouverture de la ligne au trafic voyageur, sur la base de 2 trains par heure et par sens en heure de pointe, soit 20 aller-retour par jour.

Infrastructure concernée	TMJA	Type de train
Voie ferrée Aix - Rognac	7	Fret
	40	Voyageur

Sources : les hypothèses considérées sont issues de :

- *A51 : DIR Méditerranée 2011*
- *A8 : ASF – 2013*
- *RD65 : RTEP –CG 13*
- *Voie ferrée Aix-Rognac : RFF-2013*

Pour l'A8, les valeurs de recalage sont considérées comme représentatives du trafic actuel. Ces données étant de source plus récente et de valeurs plus élevées que celles issues des études de 2010, elles serviront de base aux calculs d'estimation long terme.

Concernant les hypothèses de trafic, nous retiendrons l'horizon à + 20 ans, soit en 2033, pour évaluer la situation sonore prévisionnelle aux abords des immeubles d'habitations prévues dans le cadre du projet.

En l'absence d'information, les hypothèses de trafic correspondantes sont basées sur une augmentation annuelle du trafic fixée forfaitairement à 1.5%.

La présente étude vise à définir l'impact des voies existantes. Les infrastructures du projet et bâtiments nouveaux seront implémentés par la suite.

Des cartes de bruit représentant chacune des configurations sont présentées dans la suite du rapport.

7.2. Objectifs acoustiques

L'objectif consiste ici à définir la distance minimale recommandée entre les futurs bâtiments et les infrastructures bruyantes.

Plusieurs configurations sont considérées :

- **Configuration n°1 :**

  Recul des bâtiments calculé à partir des valeurs réglementaires – **Aucune protection** acoustique

- **Configuration n°2 :**

  Recul des bâtiments calculé à partir de valeurs réglementaires – **Présence d'une protection** acoustique

Définition des objectifs – Futurs bâtiments :

Comme expliqué dans le chapitre *3.2 Principe d'antériorité et réglementation relative aux futurs bâtiments de la ZAC,* les bâtiments qui seront créés dans la zone seront considérés comme postérieurs à la route et seront donc soumis à l'Arrêté du 30 Mai 1996.

En ce sens, c'est la **Maitrise d'Ouvrage en charge des futurs bâtiments** qui devra respecter un isolement minimal de façade « **de telle sorte que le niveau de bruit à l'intérieur des pièces principales et cuisines soit égal ou inférieur à 35 dB(A) en période diurne et 30 dB(A) en période nocturne**, ces valeurs étant exprimées en niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A, de 6 heures à 22 heures pour la période diurne, et de 22 heures à 6 heures pour la période nocturne. Cette valeur d'isolement doit être égale ou supérieure à 30 dB(A) » (extrait de l'article 7 de l'Arrêté du 30 Mai 1996). Ce critère concerne également les **bâtiments de santé et d'enseignement.**

Néanmoins il semble nécessaire de définir des critères permettant maîtriser l'impact du bruit des infrastructures sur les futurs bâtis.

Aussi, à partir d'un isolement acoustique standard fixé à $D_{nTA\ Tr}$ = 30 dB, les valeurs réglementaires sont respectées lorsque l'impact de l'infrastructure est inférieure ou égale à :

- Période diurne : 35 + 30 = **65 dB**

- Période nocturne : 30 + 30 = **60 dB**

Dans le cas de route nouvelle, et concernant les **établissements d'enseignement**, la contribution sonore maximale admissible est fixée réglementairement à **60 dBA** de jour. Compte tenu de la nature de ces établissements, aucune contrainte n'est imposée de nuit.

Les distances de recul seront donc calculées à partir de ces valeurs.

Les cartes sonores fournies permettront de juger de la répartition des niveaux sur l'ensemble de la zone.

Récapitulatif des objectifs :

Configuration	Protection	Contribution maximale des infrastructures	
		JOUR	NUIT
N°1	NON	65	60
N°2	OUI sur A8	65	60

7.3. Préconisations – Mesures compensatoires

Eloignement des sources sonores :

Dans un souci de réduire les contraintes des Maîtres d'Ouvrage en charge de la construction des futurs bâtiments de la ZAC, il peut s'avérer judicieux d'éloigner le plus possible les façades des immeubles d'habitations des infrastructures routières.

De plus, l'impact acoustique sur les parties extérieures des bâtiments (balcons, terrasse…) ou à l'intérieur des pièces de vie fenêtre ouvertes serait moindre, améliorant globalement le confort acoustique des habitants.

Dans le cas présent les distances minimales déterminées à partir des objectifs définis précédemment sont :

- Configuration n°1 – Objectif réglementaire : Les façades des bâtiments devront se situer à une distance minimale de :
  - Par rapport à l'A8 : 125 mètres partie OUEST – 110 mètres partie EST
  - Par rapport à l'A51 : 170 mètres partie NORD - 200 mètres partie SUD

Les calculs sont réalisés à deux hauteurs différentes : 2 et 8 m, afin de considérer le niveau sonore perçu en façade d'une habitation au rez-de-chaussée et à l'étage supérieur (en R+2).

Des cartes sonores sous forme d'isophones, calculées pour les périodes diurne et nocturne, sont fournies ci-après.

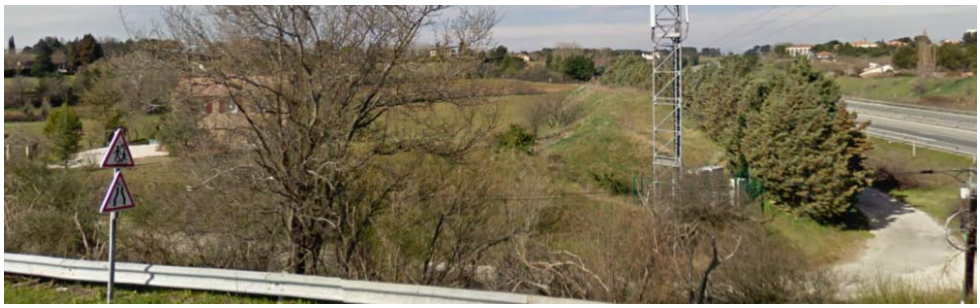
Mise en œuvre d'écrans acoustiques ou de merlons anti-bruit :

Ce type de protection est adapté à un traitement de la partie nord du projet, pour une protection des bâtiments proches de l'A8.

Des protections existent déjà en partie nord :



Vue du 1er remblai existant à l'extrémité nord-ouest de la zone



Vue du merlon existant à l'extrémité nord-ouest de la zone

Afin que la protection acoustique apporte une efficacité optimale, il est recommandé de favoriser la mise en place de bâtiments en R+2 maximum à proximité immédiate du merlon ou écran.

Les bâtiments situés plus en retrait et au centre de la zone, et donc moins exposés aux bruits des infrastructures, pourront quant à eux être construits en R+3, R+4 ou R+5. Il est à noter que, plus la protection est proche de la voie, plus son efficacité est importante.

En cas de dissymétrie des pentes de merlons on privilégiera une pente plus abrupte du côté de l'infrastructure que du côté riverain. Cela permet une meilleure efficacité acoustique ainsi qu'une meilleure intégration paysagère (la plantation étant plus aisée en pente faible et facilité l'entretien).

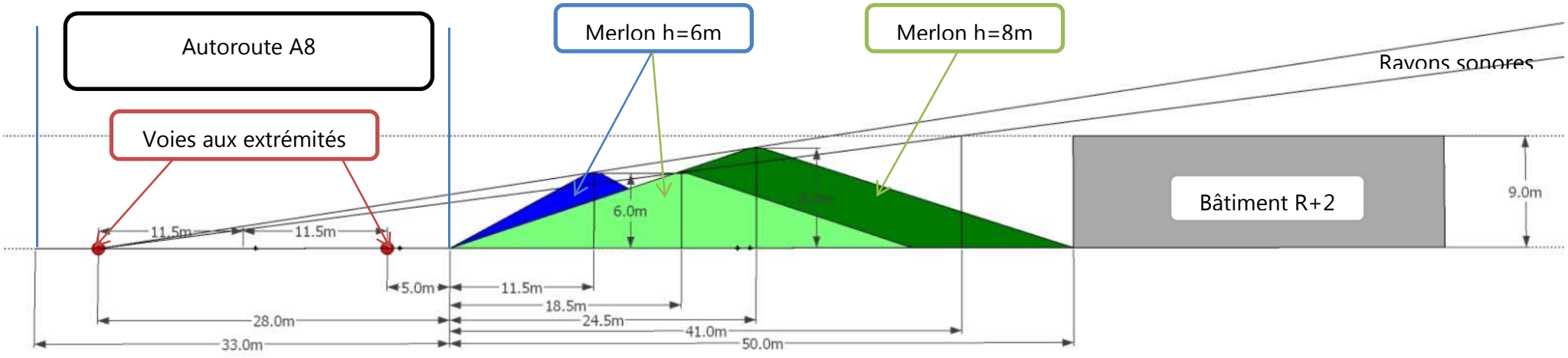
Pour les calculs nous avons considéré les caractéristiques suivantes :

- La pente du merlon débute directement en bordure de voie
- Pente de 1/3 (distance au sol crête/fin de pente : 24m)
- Hauteur en crête : 8 mètres
- Largeur de crête : 1 mètre

Une pente relativement faible est considérée ici afin d'assurer une stabilité et tenue dans le temps du merlon. Une pente plus inclinée permettrait de rapprocher la crête du merlon avec la voie et donc d'améliorer son efficacité. Aussi, un merlon disposant d'une pente de ½ et d'une hauteur de crête de 6 mètres aurait une efficacité similaire (cf schéma suivant).

Sur la base de bâtiments en R+2 à proximité immédiate de la voie, une variante considérant un merlon de 6 m de hauteur et une pente de 1/3 pourrait également être retenue mais nécessiterait un éloignement des bâtiments plus importants.

Une comparaison schématique simplifiée des merlons est proposée ci-après :



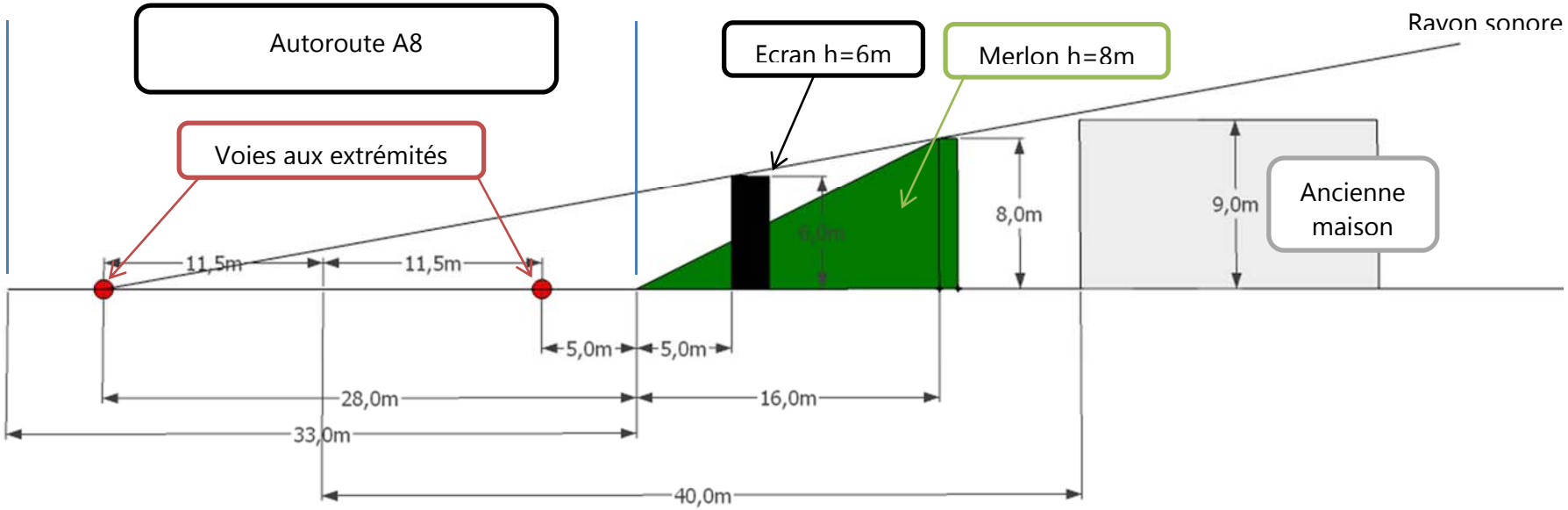
Représentation schématique – Comparaison de différents merlons

Concernant l'ancienne maison LOU DEVEN en bordure de voie, à une distance approximative de 25 m du bord de la voie (40m du centre), constituée d'un bâti d'une hauteur de 9 mètres, nous avons considéré un merlon doté des caractéristiques suivantes :

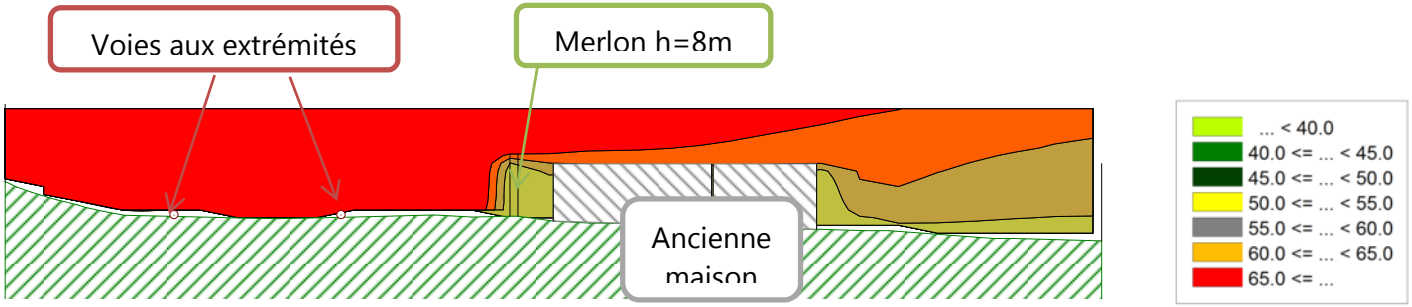
- La pente du merlon débute directement en bordure de voie
- Pente de ½ (distance au sol crête/fin de pente : 16m)
- Hauteur en crête : 8 mètres
- Largeur de crête : 1 mètre

Une variante comprenant la mise en place d'un mur anti bruit, offrant l'avantage d'un encombrement réduit, pourra également être retenue. Le mur anti bruit pourra être positionné à une distance inférieure à 5 mètres du bord de la voie et présentera une hauteur de 6 mètres (le merlon équivalent devrait respecter une pente de 1.2).

Une comparaison schématique simplifiée du merlon et de l'écran, ainsi qu'une cartographie sonore en coupe sont proposées ci-après :



Représentation schématique – Cas ancienne maison proche voie - Comparaison de merlon / écran



Cartographie sonore en coupe – Cas l'ancienne maison proche voie

Dans le cas présent les distances minimales déterminées à partir des objectifs définis précédemment, et considérant le merlon défini ci-dessus sont :

- Configuration n°2 : Les façades des bâtiments devront se situer à une distance minimale de :
  - Par rapport à l'A8 : 65 mètres
  - Par rapport à l'A51 : 160 mètres au NORD et 200 mètres au SUD

Cette configuration n°2 a notamment fait l'objet d'une étude comparative des répartitions sonores en considérant des protections acoustiques de diverses hauteurs et positionnées hors des zones actuellement en possession d'ASF. Les distances recul correspondantes à ces configurations sont indiquées dans le chapitre associé.

Les calculs sont réalisés à 2 m et 8 m de hauteur afin de considérer le niveau sonore perçu en façade au rez-de-chaussée et à l'étage supérieur d'une habitation en R+2.

Des cartes sonores sous forme d'isophones, calculées pour les périodes diurne et nocturne, sont fournies ci-après.

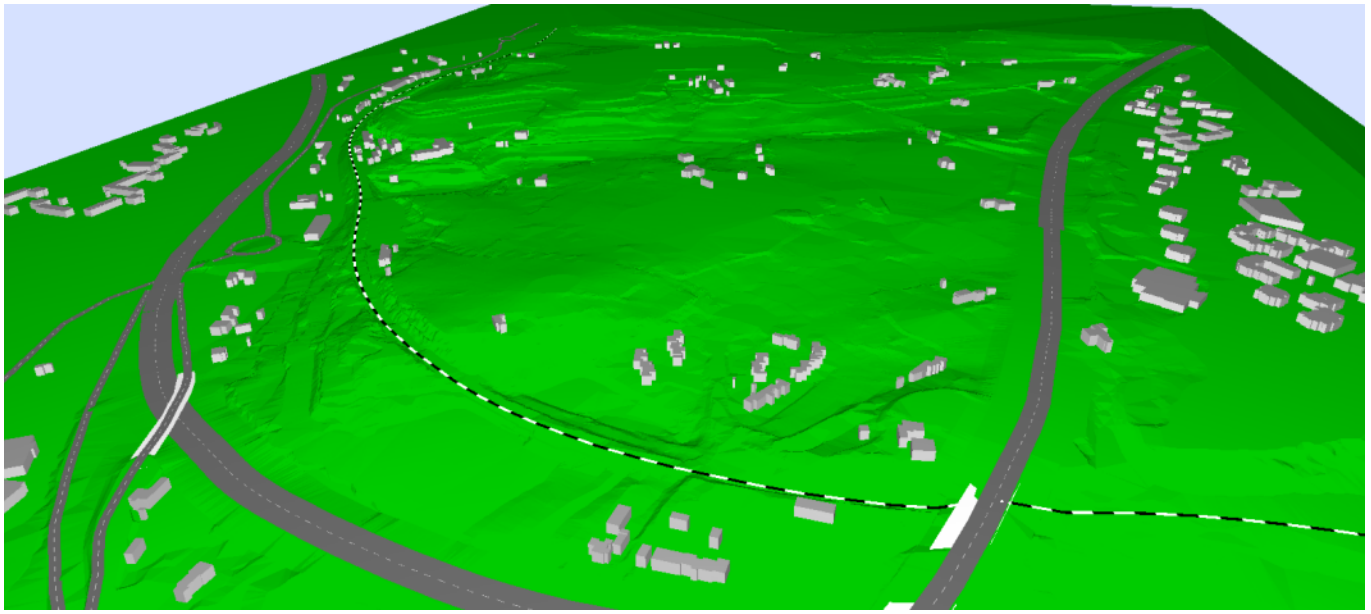
7.4. Cartes de bruit état actuel

Les cartes de bruit sonores suivantes correspondent aux résultats de calcul relatif au trafic actuel.

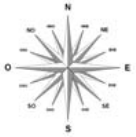
Ces cartes de bruit sont réalisées à partir du modèle numérique recalé avec les mesures in situ et des hypothèses de trafic définies ci-dessus.

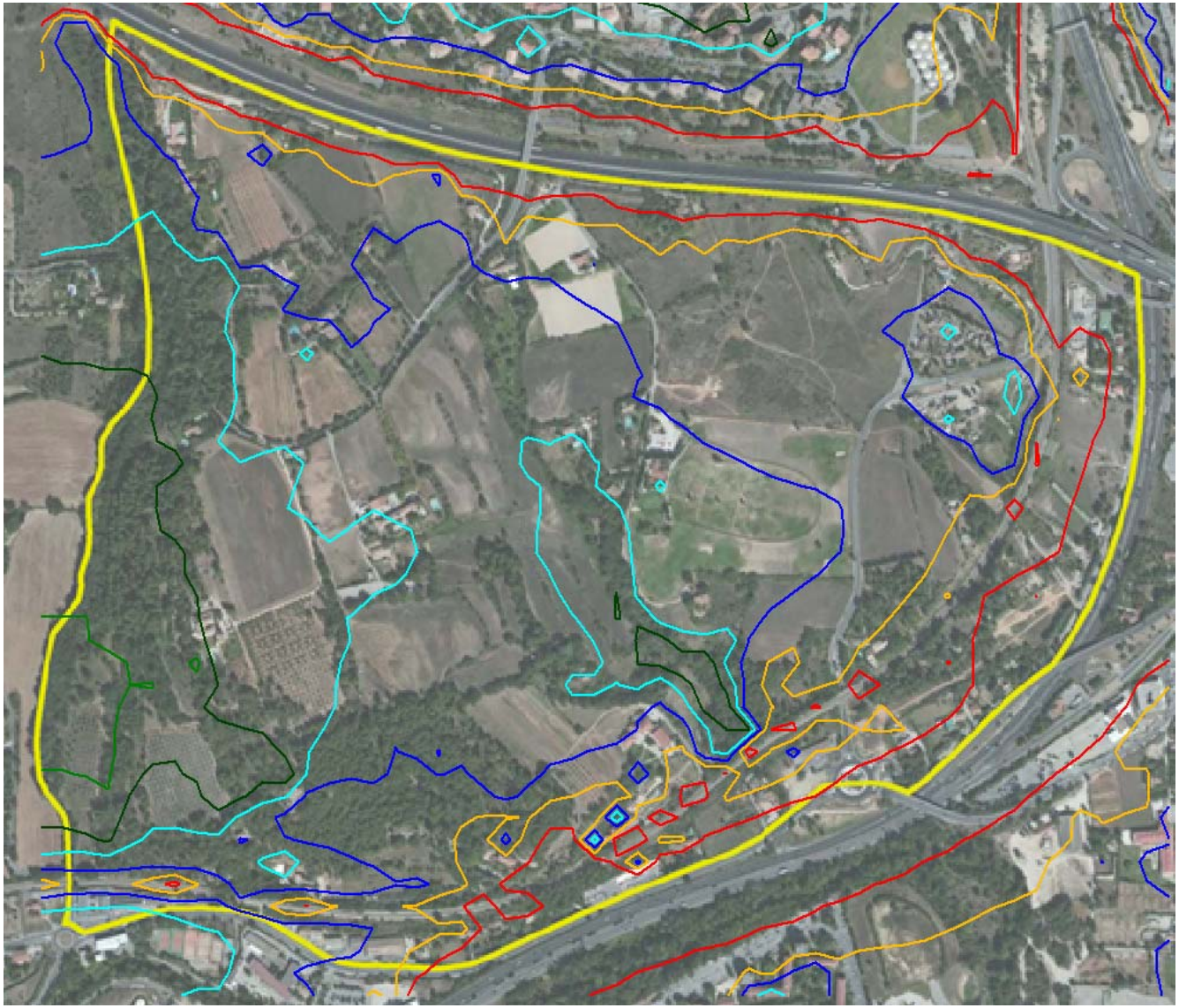
Les calculs sont réalisés au rez-de-chaussée et à l'étage en R+2, à 2 m et 8m de haut respectivement.

Les légendes couleurs représentant les isophones par tranches de 5 dBA sont associées à chaque carte de bruit.

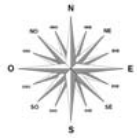


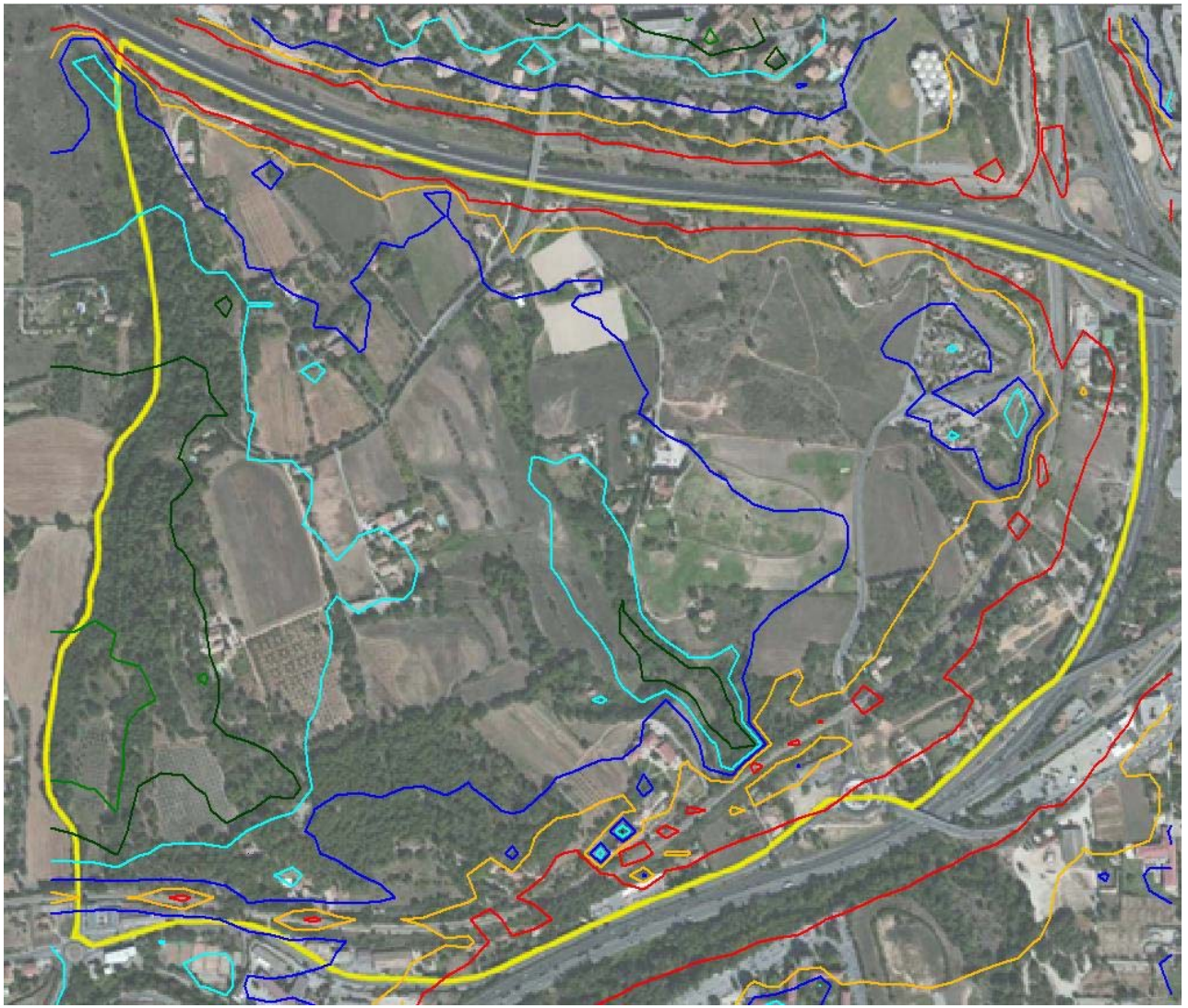
Vue 3D du modèle numérique avec protection acoustique – ZAC de la Constance



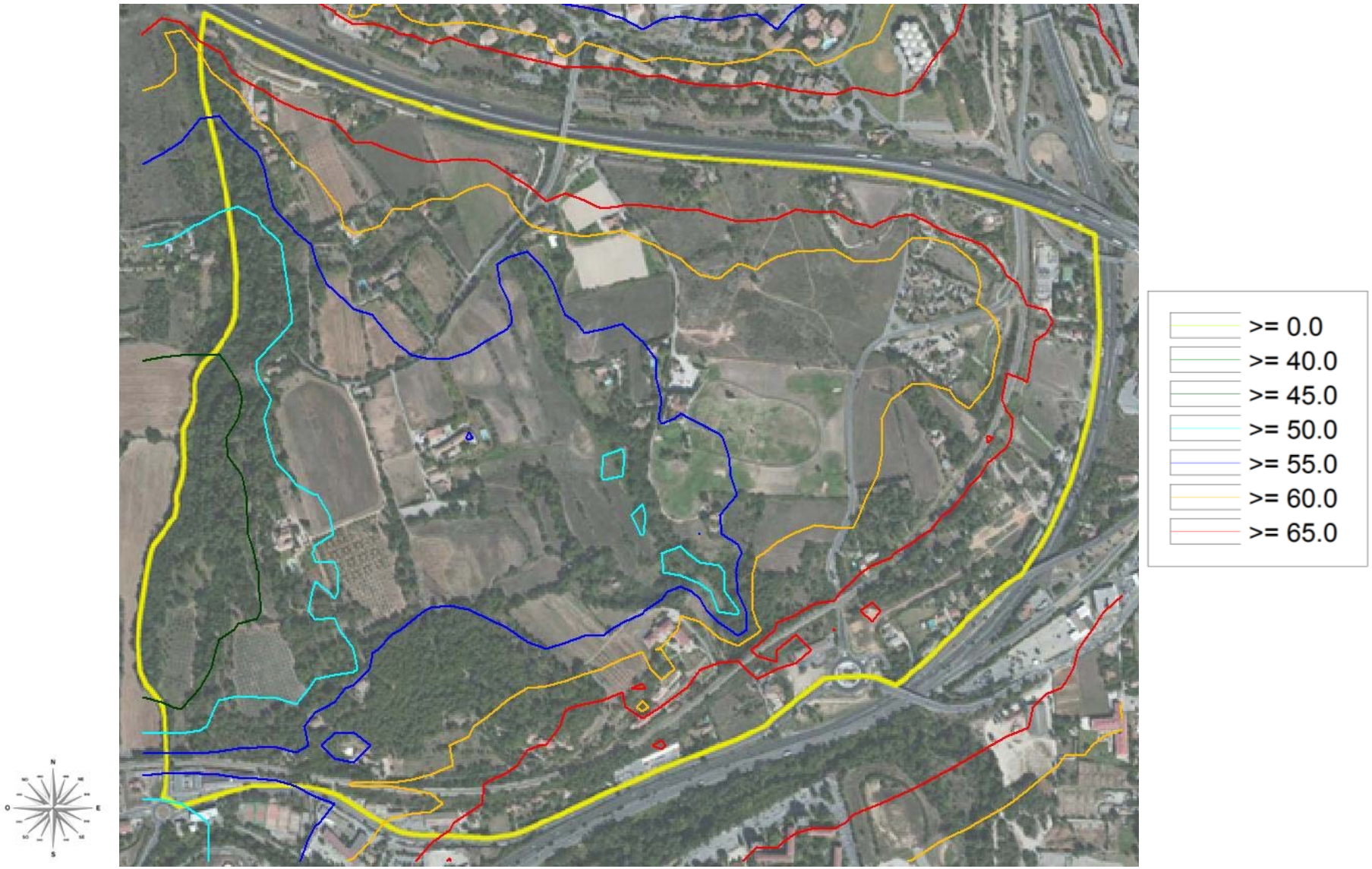


Carte de bruit au RDC (H = 2m) – Etat actuel - Période diurne

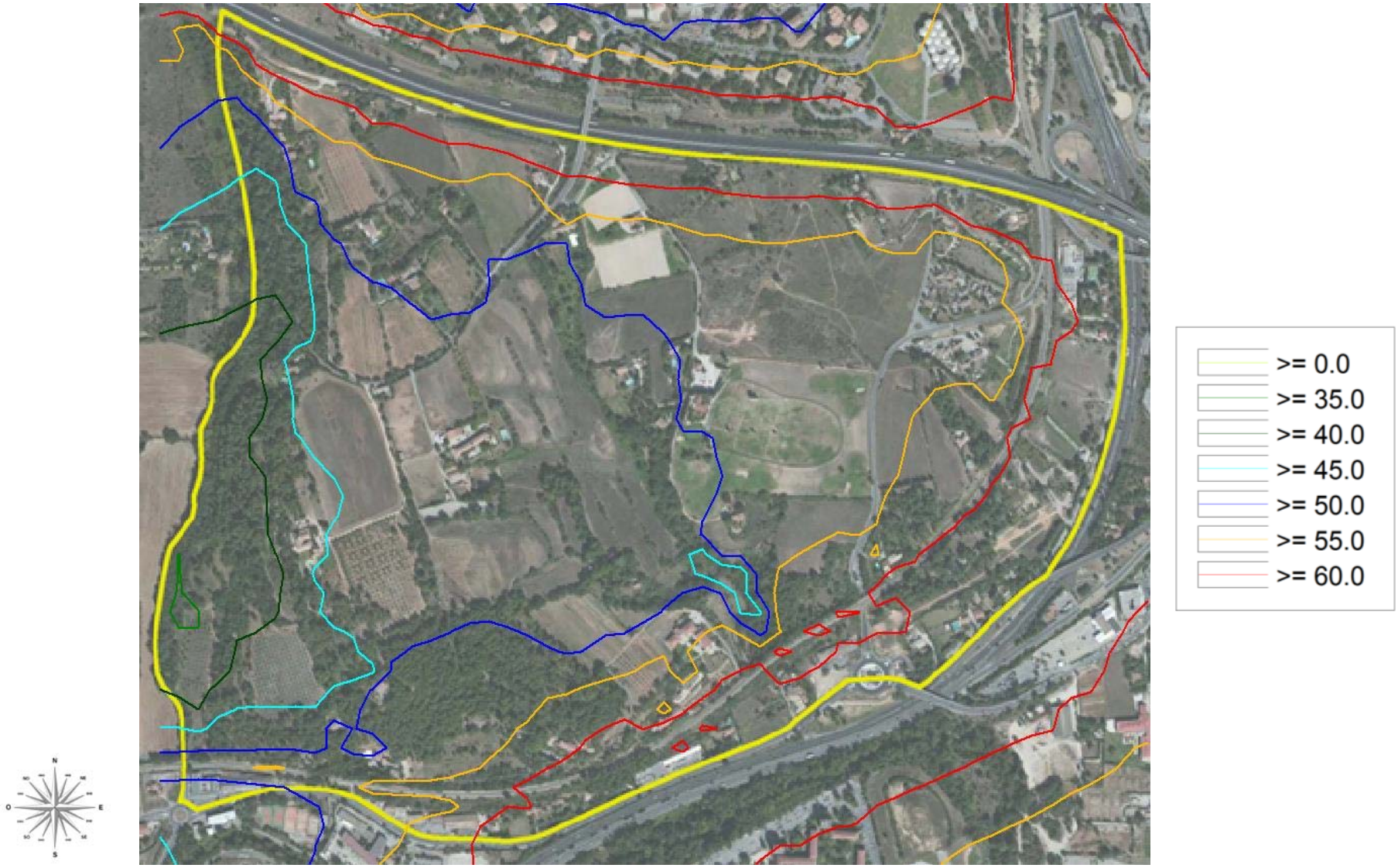




Carte de bruit au RDC (H = 2m) – Etat actuel - Période nocturne



Carte de bruit au R+2 (H = 8m) – Etat actuel - Période diurne



Carte de bruit au R+2 (H = 8m) – Etat actuel - Période nocturne

7.5. Cartes de bruit prévisionnelles + 20 ans – Distances minimales de recul

Les cartes de bruit suivantes correspondent aux résultats de calcul des configurations n°1 et 2 en période diurne et nocturne.

Ces cartes de bruit sont réalisées à partir du modèle numérique recalé avec les mesures in situ et des hypothèses de trafic long terme (+20 ans) définies ci-dessus.

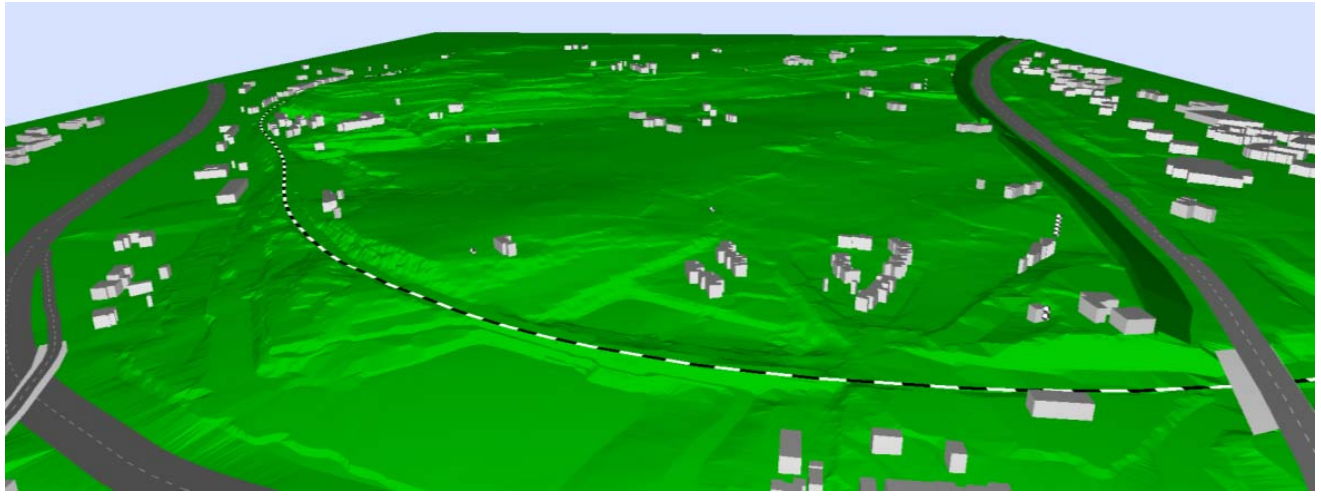
Les calculs sont réalisés au rez-de-chaussée et à l'étage en R+2, à 2 m et 8m de haut respectivement.

Sur chaque carte de bruit sont représentées les lignes de distance minimale de recul des bâtiments par rapport aux voies. Ces lignes/distances étant définies selon les critères présentés précédemment (niveaux sonores à 65, 60dBA) et retenues à partir des courbes isophoniques.

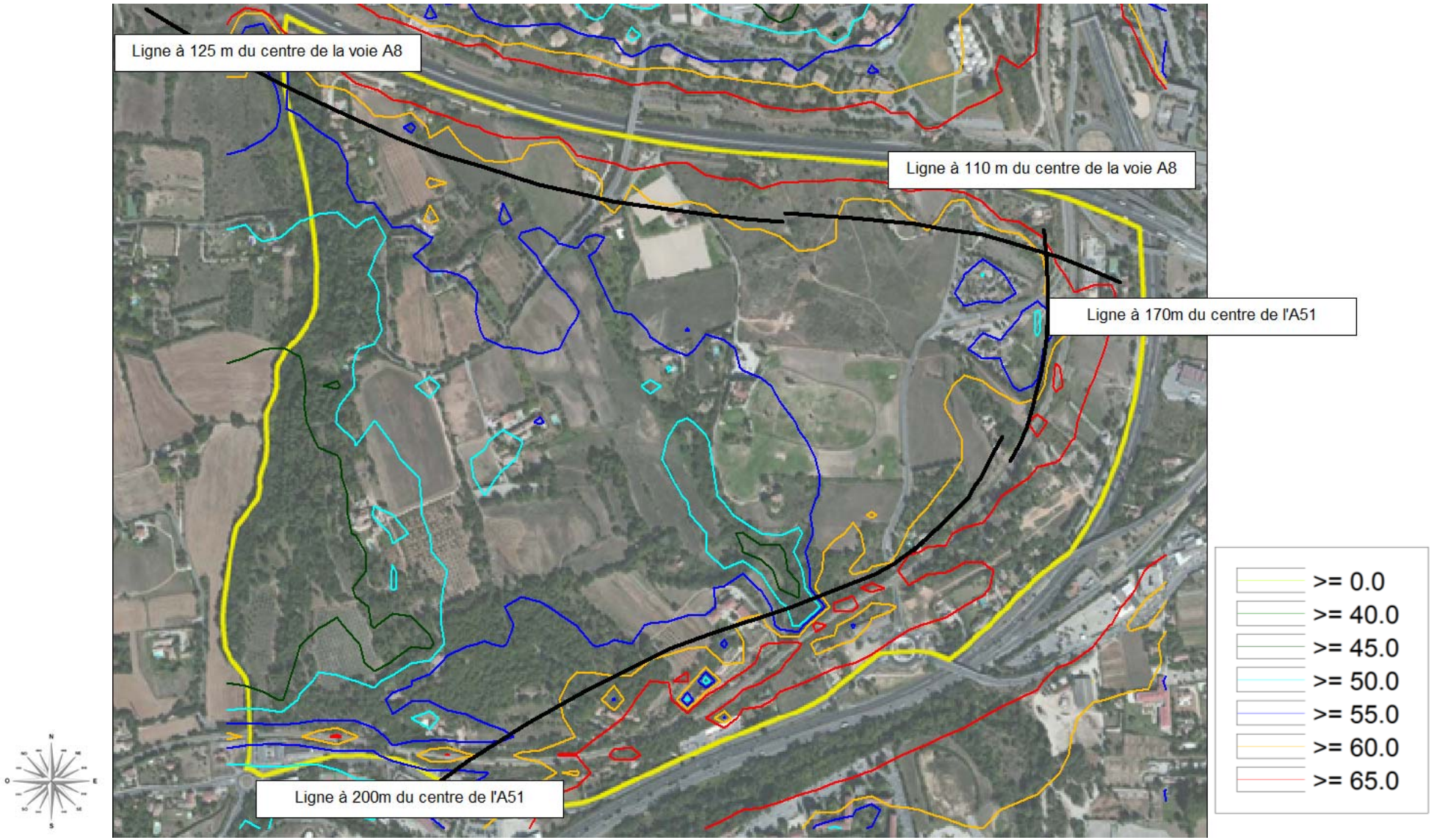
Les légendes couleurs représentant les secteurs de bruit par tranches de 5 dBA sont associées à chaque cartographie.

Les distances de recul définies à partir des seuils réglementaires sont représentées par des lignes pleines noires et les distances sont indiquées dans un encadré en police standard.

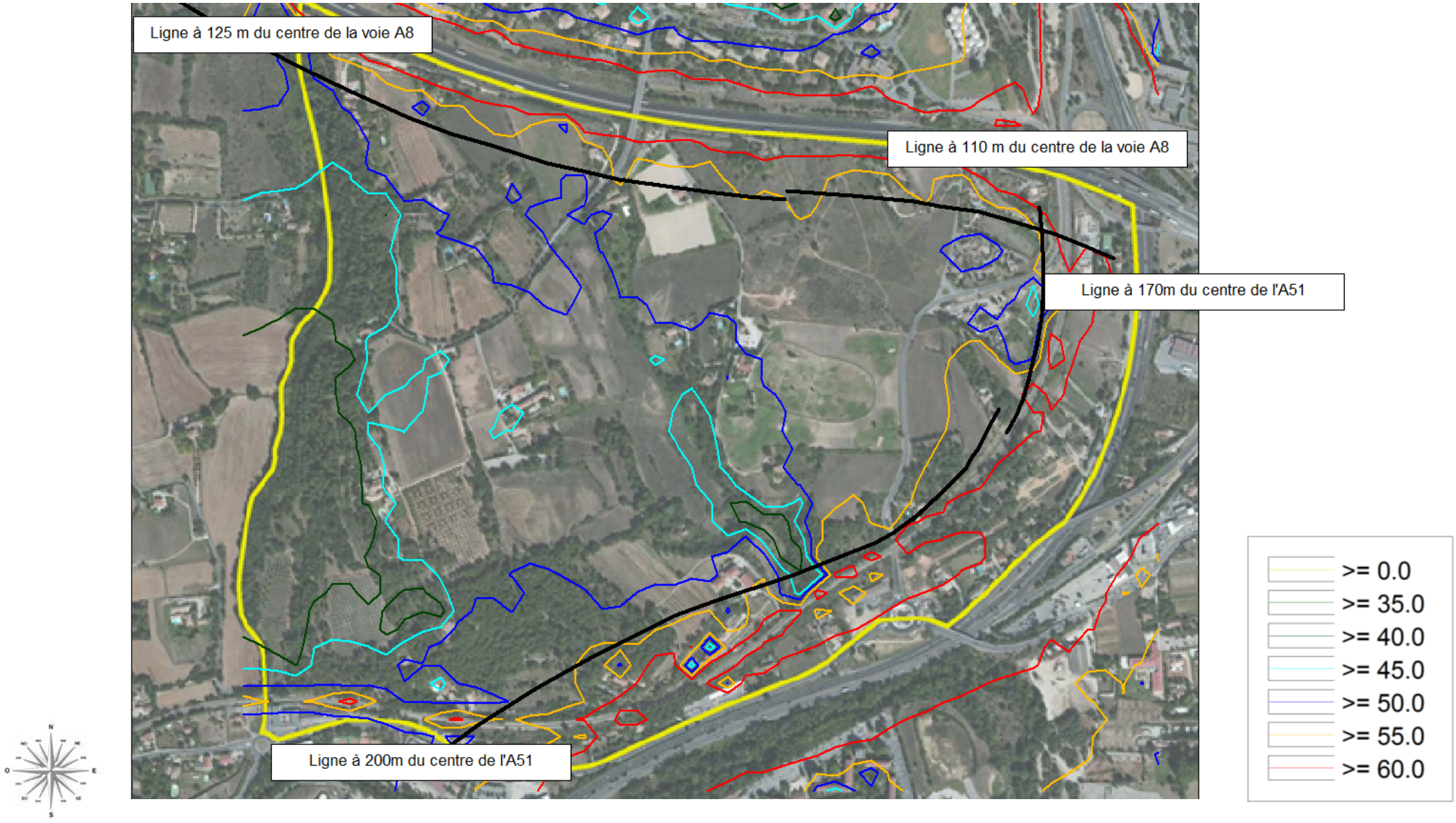
Il est à noter que les futurs bâtiments, non implémentés dans le présent modèle numérique, joueront un rôle d'écran acoustique et diminueront ainsi les niveaux sonores dans les zones de second plan. Les cartes de bruit produites ci-après constituent donc un cas conservateur, majorant l'impact futur des infrastructures existantes au centre de la ZAC.



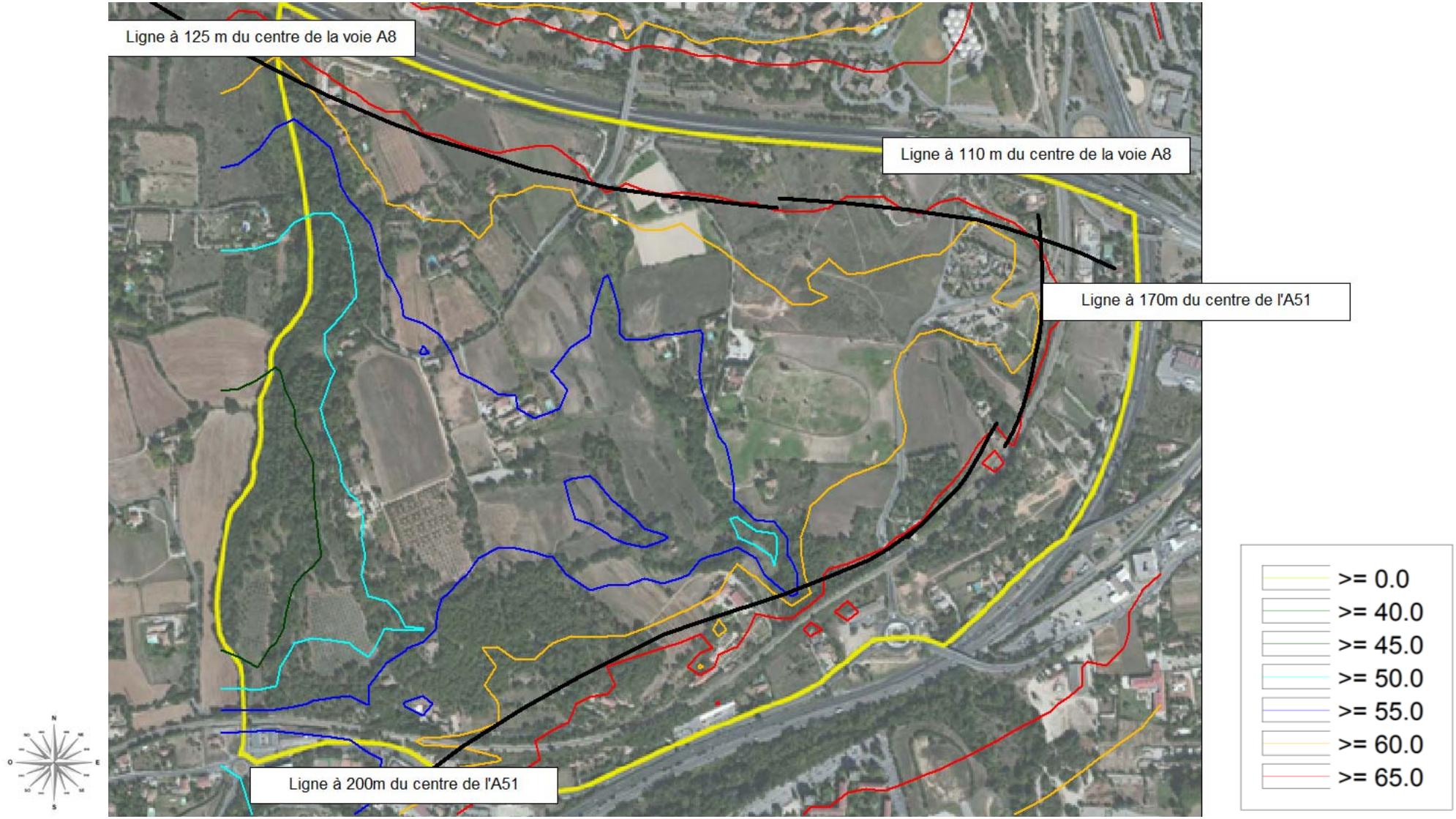
Vue 3D du modèle numérique avec merlon – ZAC de la Constance



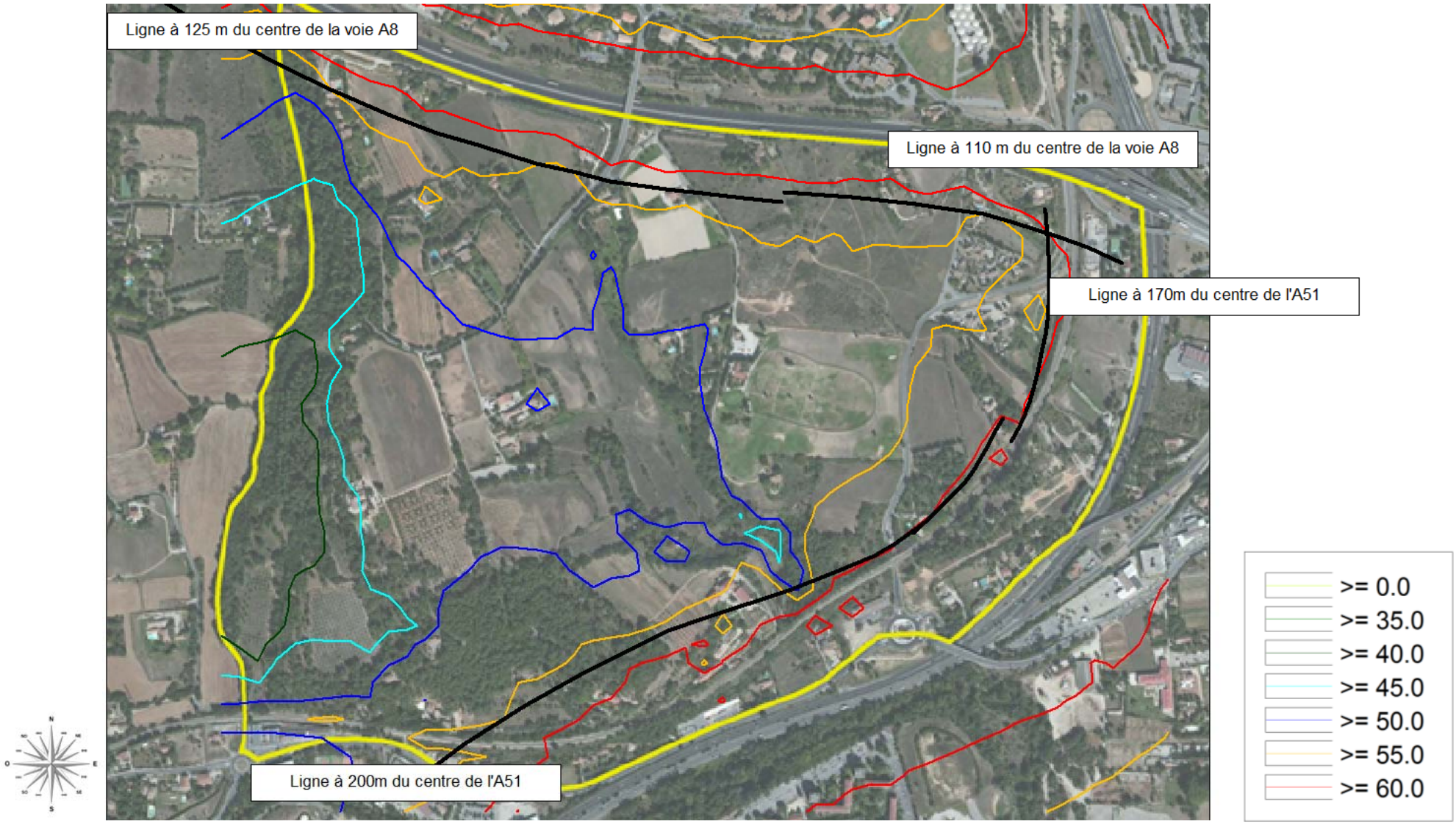
Carte de bruit au RDC (H = 2m) – Configuration n°1 (aucun traitement) - Période diurne



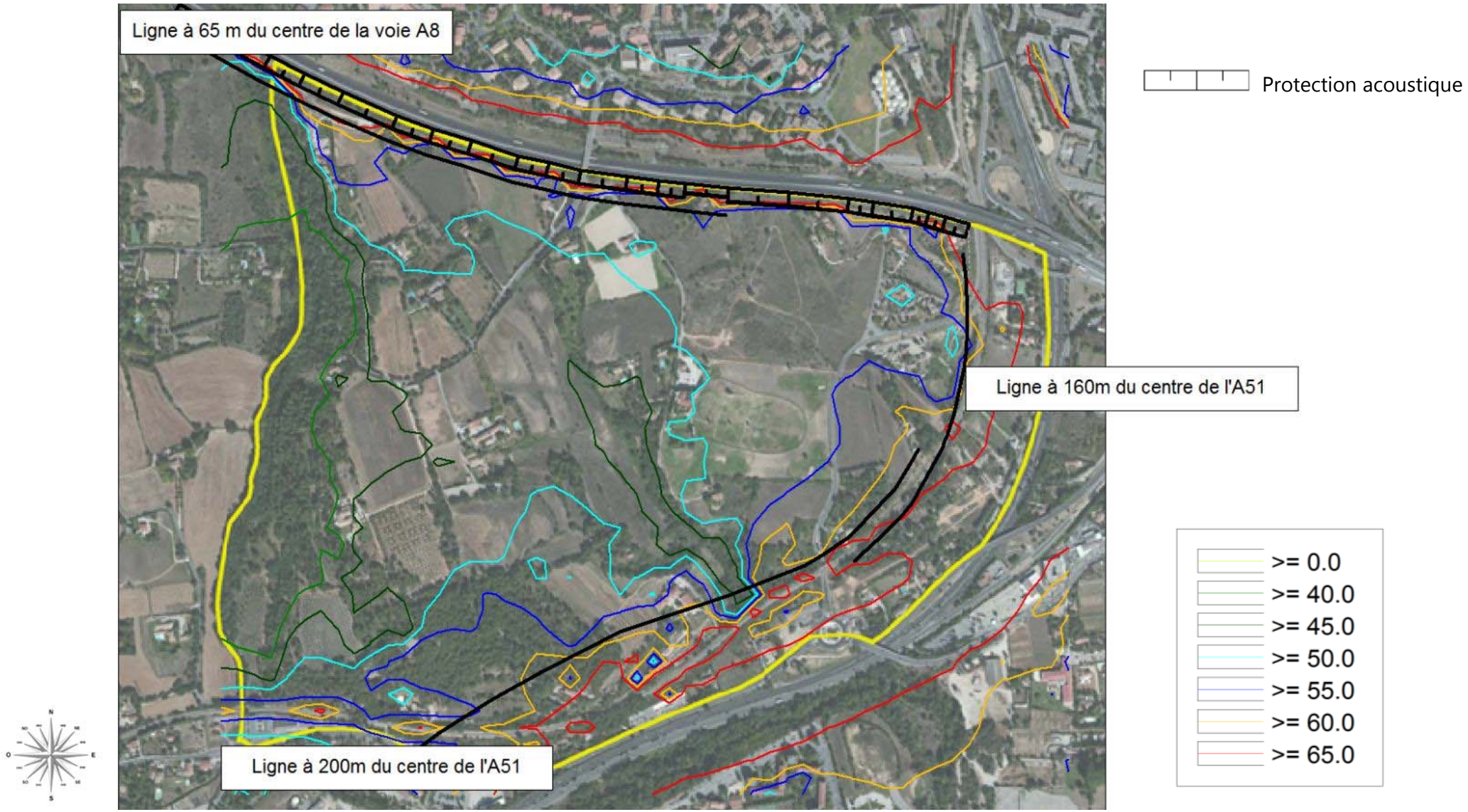
Carte de bruit au RDC (H = 2m) – Configuration n°1 (aucun traitement) - Période nocturne



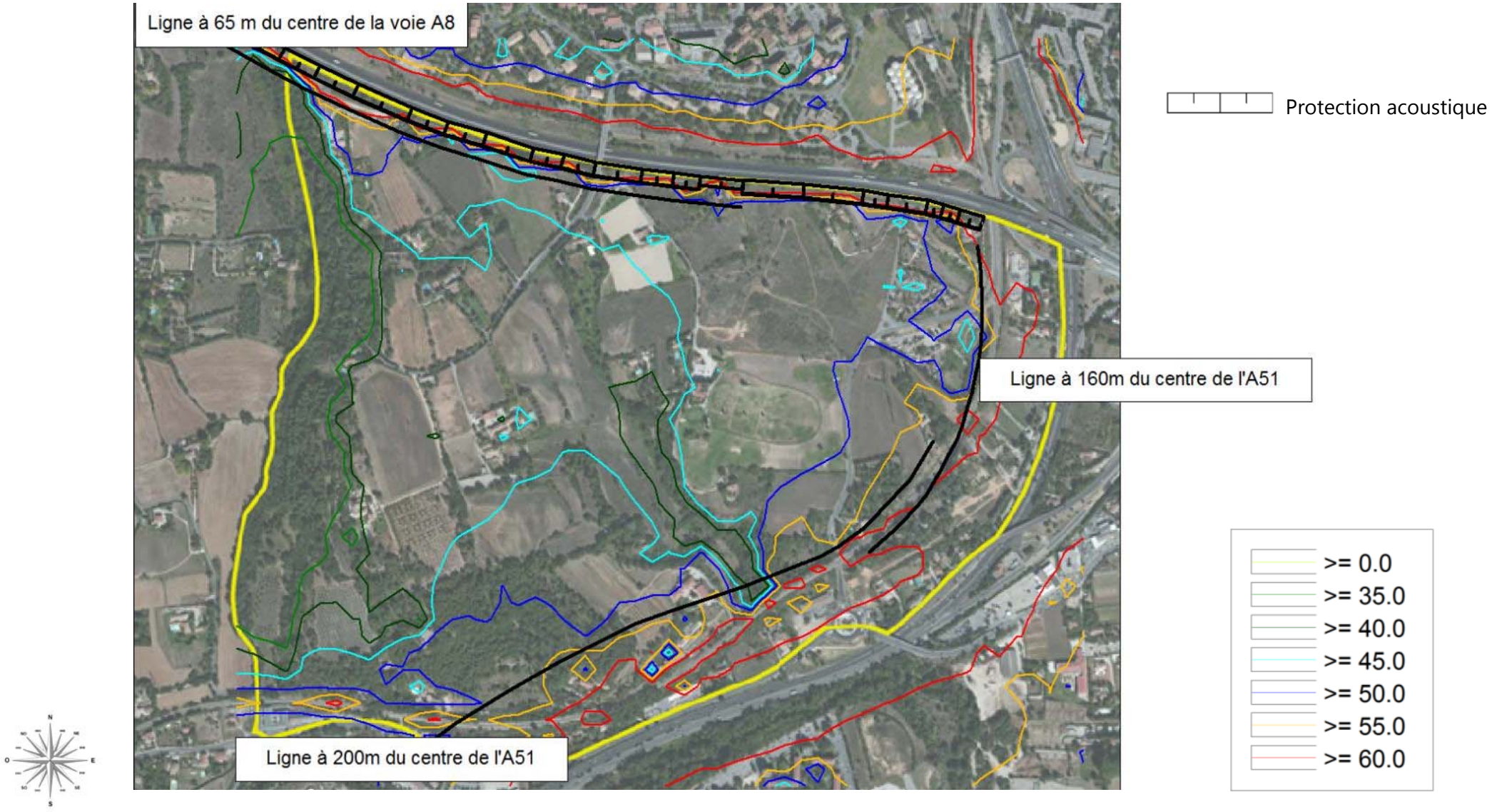
Carte de bruit au R+2 (H = 8m) – Configuration n°1 (aucun traitement) - Période diurne



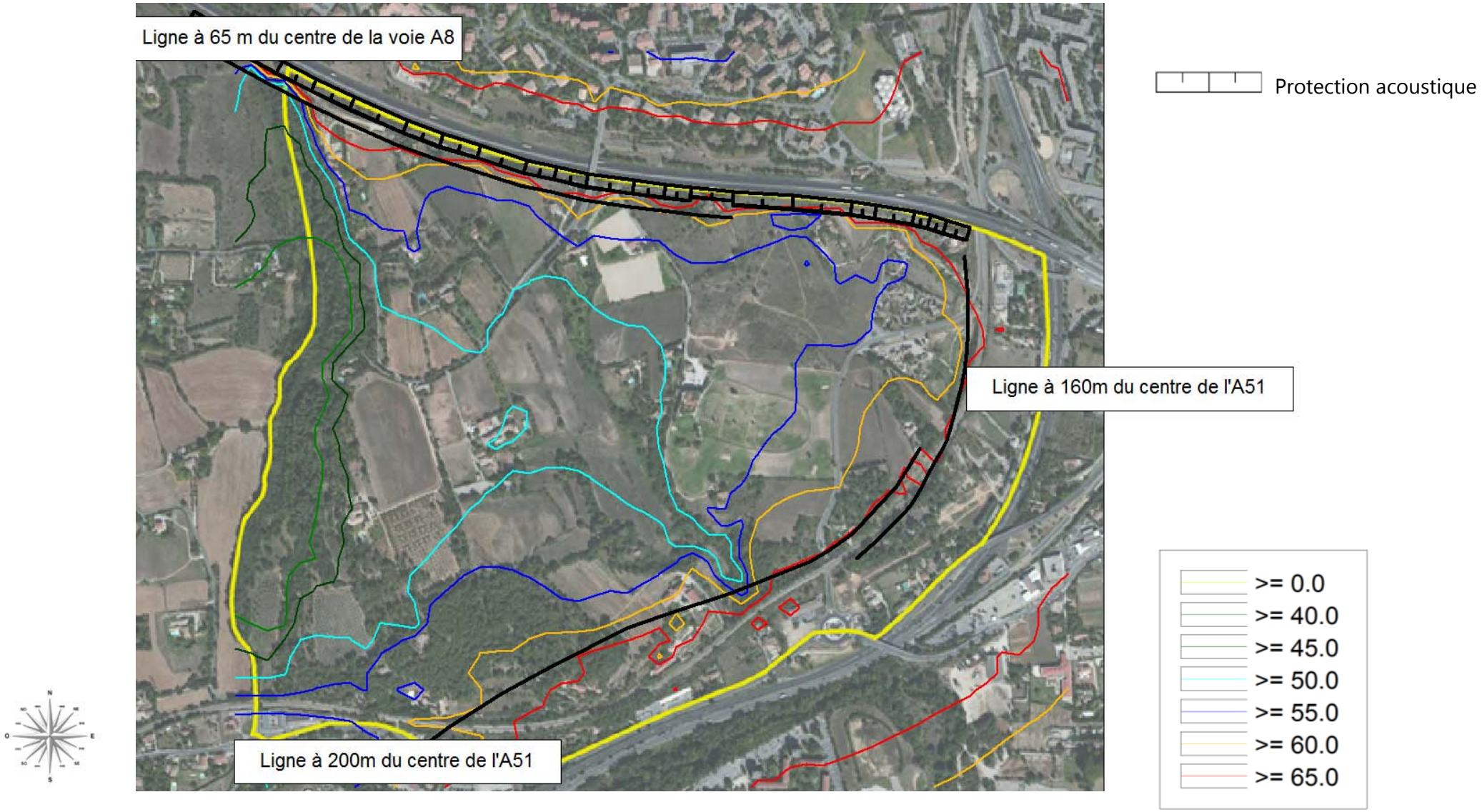
Carte de bruit au R+2 (H = 8m) – Configuration n°1 (aucun traitement) - Période nocturne



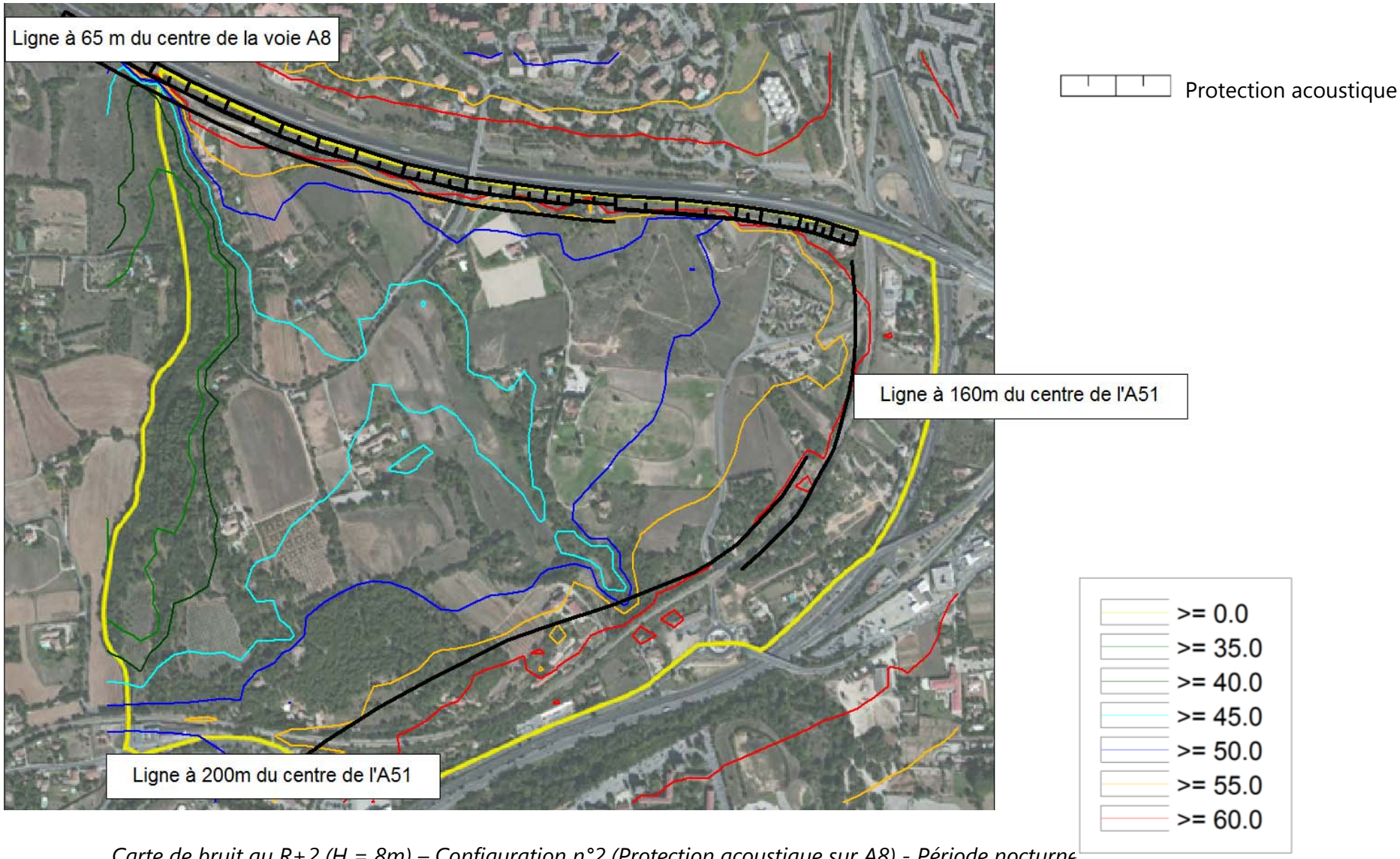
Carte de bruit au RDC (H = 2m) – Configuration n°2 (Protection acoustique sur A8) - Période diurne



Carte de bruit au RDC (H = 2m) – Configuration n°2 (Protection acoustique sur A8) - Période nocturne



Carte de bruit au R+2 (H = 8m) – Configuration n°2 (Protection acoustique sur A8) - Période diurne



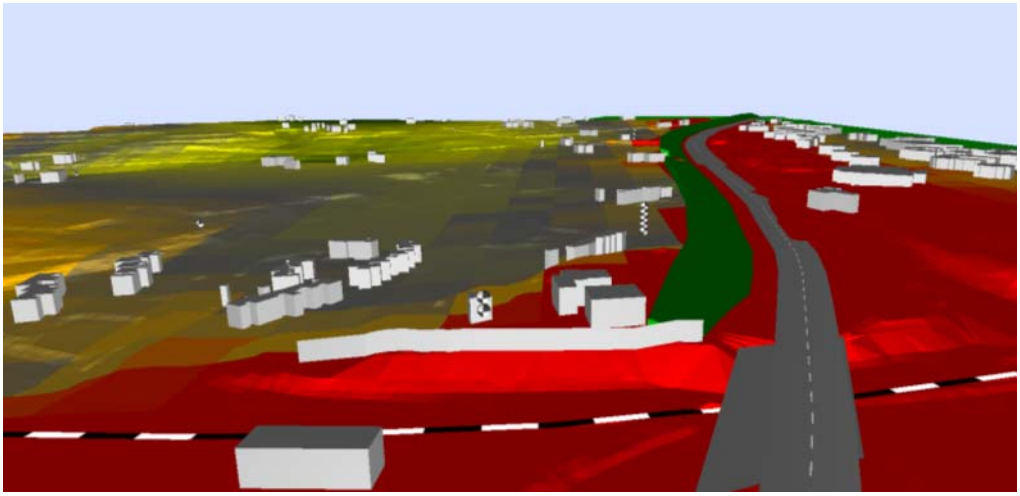
Carte de bruit au R+2 (H = 8m) – Configuration n°2 (Protection acoustique sur A8) - Période nocturne

En complément nous préconisons également la mise en place d'un écran acoustique en retour du merlon proposé le long de l'A8.

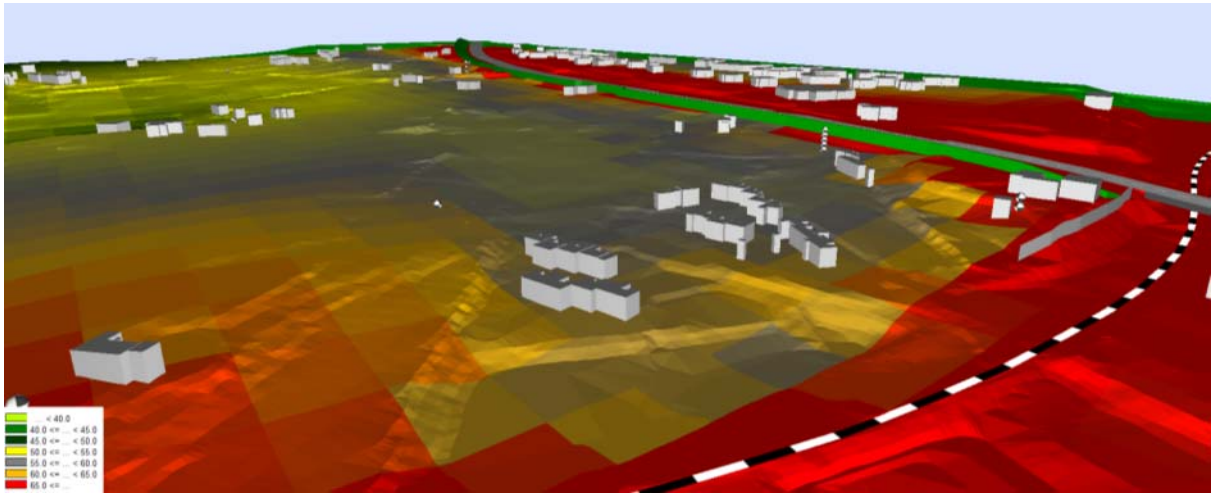
Cet écran, parrallèle à l'A51, d'une hauteur de 6 m minimum, permettrait de réduire l'impact sonore sur la partie nord-est de la ZAC.

En effet cette zone se situe à la jonction entre les deux autoroutes et se trouve de plus surélevée par rapport au reste de la zone (cf carte 3D ci-dessous).

Une solution à partir d'un écran est retenue en raison d'un fort relief et d'un faible encombrement à cet emplacement.

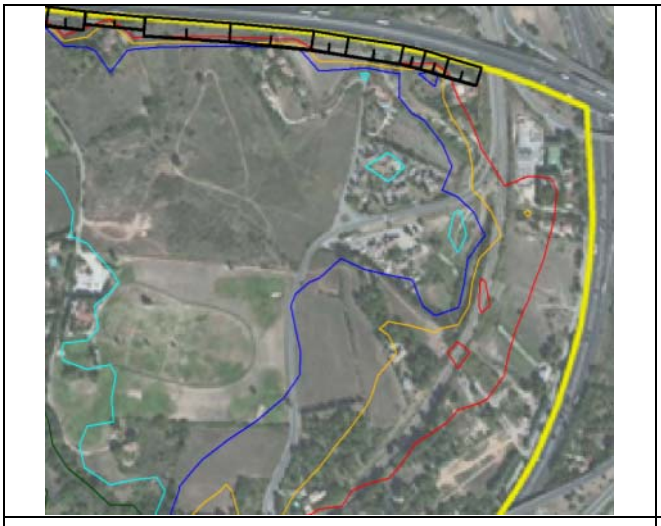


Vue 3D du modèle numérique – Emplacement de l'écran supplémentaire

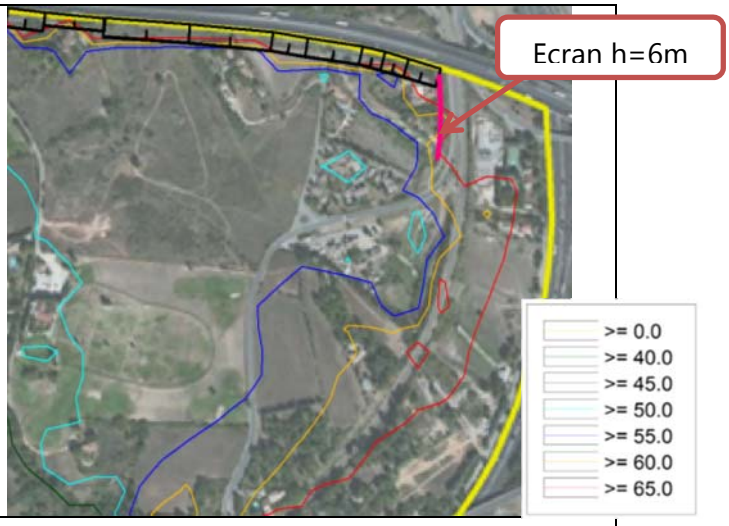


Vue 3D du modèle numérique – Emplacement de l'écran supplémentaire – Topographie plus élevée zone nord-est

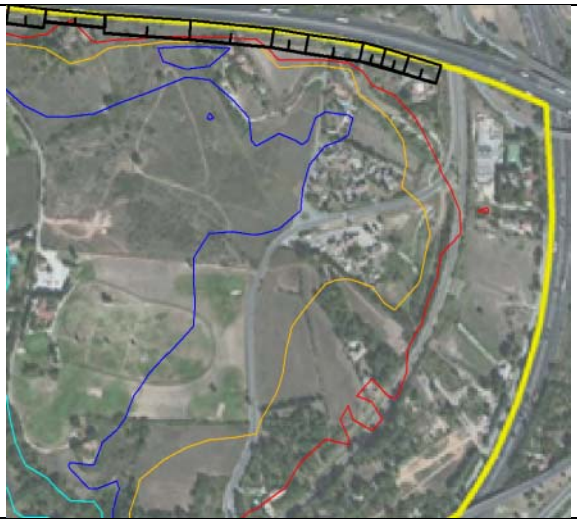
Des cartes sonores (isophones) ont été calculées avec et sans l'écran supplémentaire, à 2m et 8m de haut.



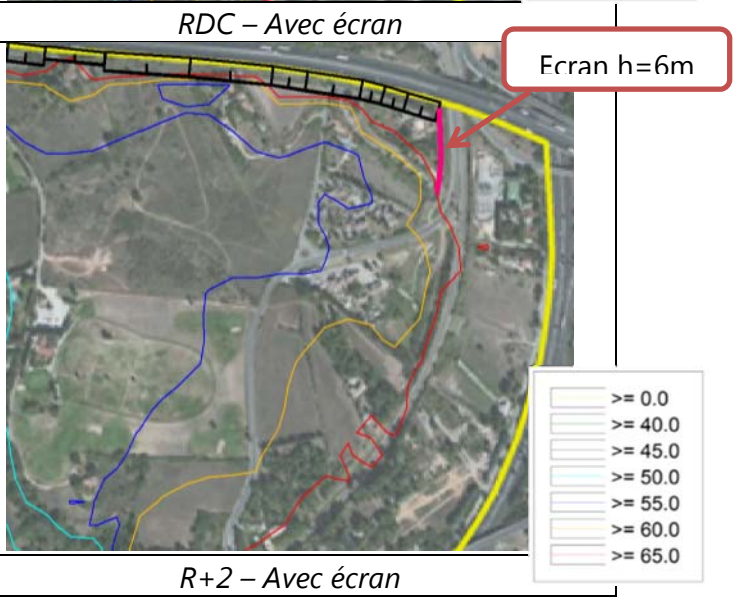
RDC – Sans écran



RDC – Avec écran



R+2 – Sans écran



R+2 – Avec écran

Remarque :

Un abaissement du niveau sonore est observé derrière l'écran.

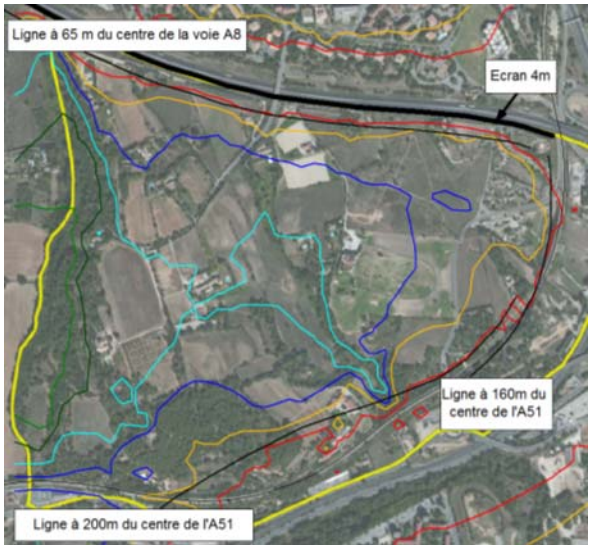
En effet la zone où le niveau sonore est compris entre 50 et 55 dBA est plus importante dans la simulation avec l'écran de 6m. De plus la zone directement derrière l'écran présente des niveaux inférieurs à 65 dBA (voire 60 dBA) au rez-de-chaussée.

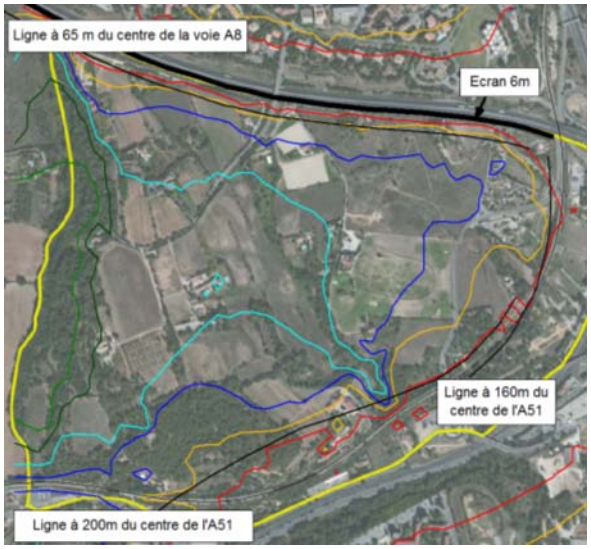
7.6. Comparaison de différents types de protection

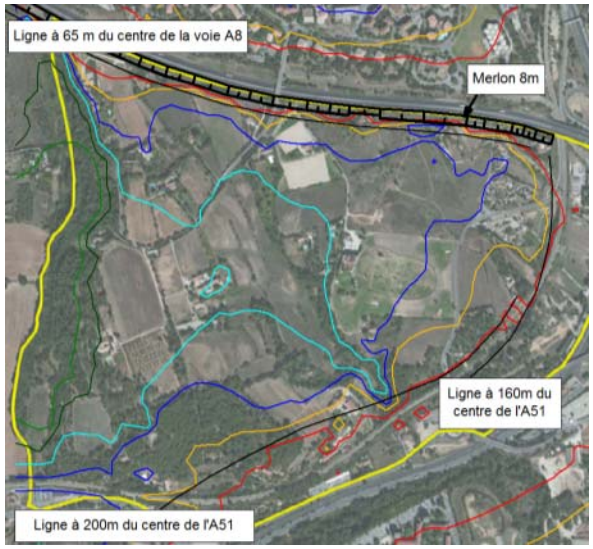
Les cartes de bruit suivantes correspondent aux résultats de calcul de la configuration n°2, au 2ème étage (R+2 à 8 m de hauteur), en période diurne, cas le plus contraignant.

Les cartes présentées visent à étudier les répartitions sonores en fonction des différents types de protection acoustique le long de l'A8 : écran acoustique de 4 mètres de hauteur, écran acoustique de 6 mètres de hauteur, et merlon de 8 mètres de hauteur (présenté précédemment).

Les écrans sont positionnés à une distance de 2m du bord de la voie et présentent une face absorbante côté circulation.







Commentaires :

Les protections proposées le long de l'A8 apportent toutes des résultats satisfaisants.

A proximité immédiate des protections, l'impact sonore de l'autoroute A8 est relativement identique.

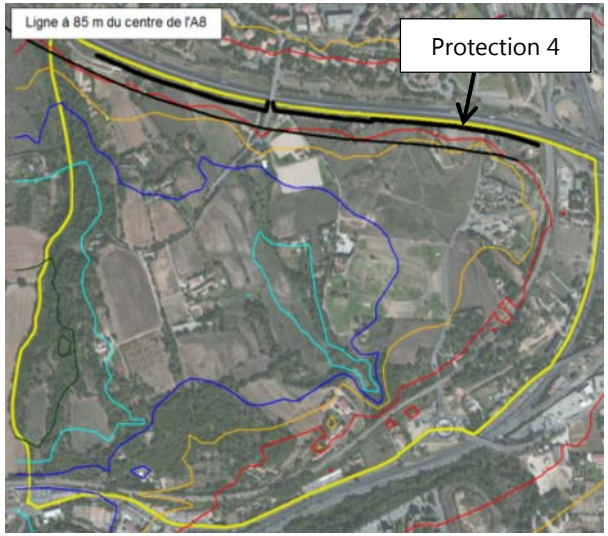
7.7. Cartes avec écran hors de l'emprise ASF

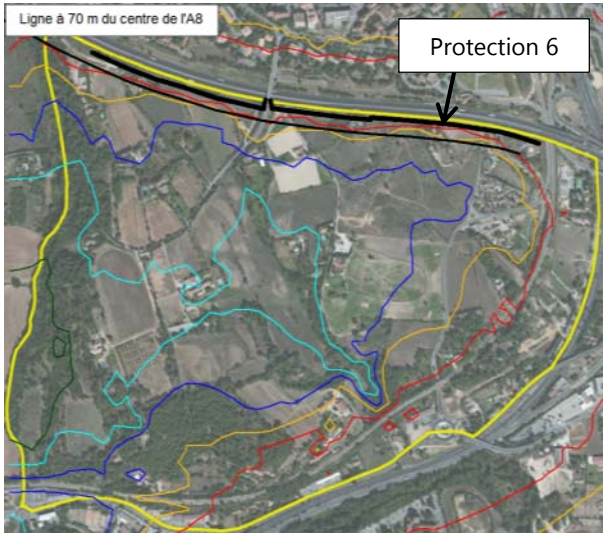
Des zones proches de l'autoroute A8 sont actuellement en possession d'ASF. Une acquisition de ces terrains est envisagée, néanmoins il semble nécessaire de réaliser une configuration supplémentaire où les positions des protections acoustiques sont hors de ces zones. Il en résulte une distance des protections comprise entre 30 et 40 mètres du centre de la voie (40 m côté ouest, 35 m au centre, 30 m à l'est).

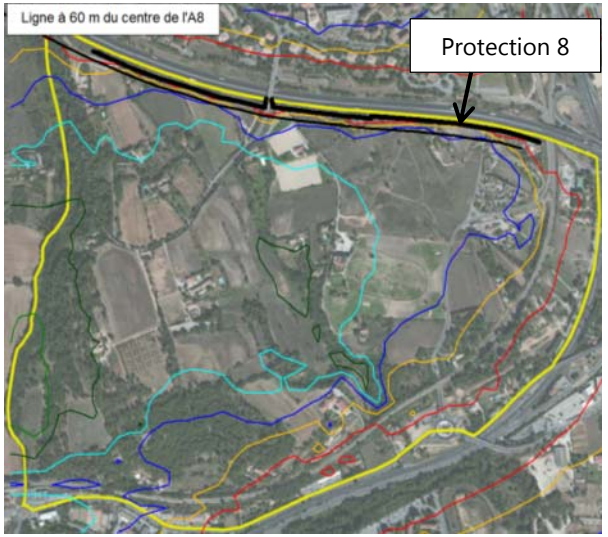
Les cartes de bruit suivantes correspondent aux résultats de calcul de la configuration n°2, au 2ème étage (R+2 à 8 m de hauteur), en période diurne, cas le plus contraignant.

Considérant ces distances protection acoustique / voie, les cartes présentées ci-dessous permettent d'étudier les répartitions sonores en fonction des différents types de protection acoustique le long de l'A8 : écrans acoustiques de 4, 6 et 8 mètres de hauteur.

Les écrans présentent une face absorbante côté circulation.







Commentaires :

Les protections proposées le long de l'A8 apportent toutes des résultats satisfaisants. Les distances de recul minimales sont 85 m, 70 m et 60 m, pour les hauteurs de protection respectives de 4 m, 6 m et 8 m de haut.

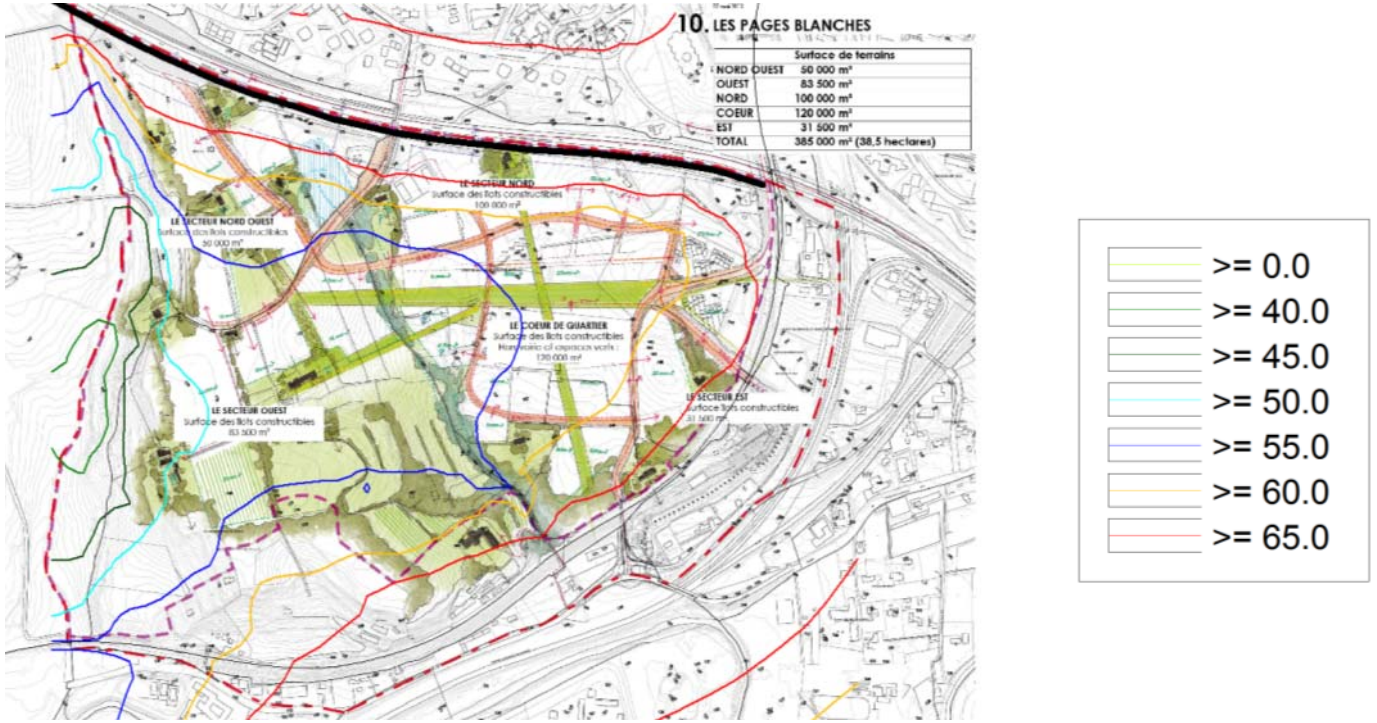
7.8. Cartes de bruit en R+5

Les cartes de bruit suivantes correspondent aux résultats de calcul de la configuration n°2, au 5ième étage (R+5 à 17 m de hauteur).

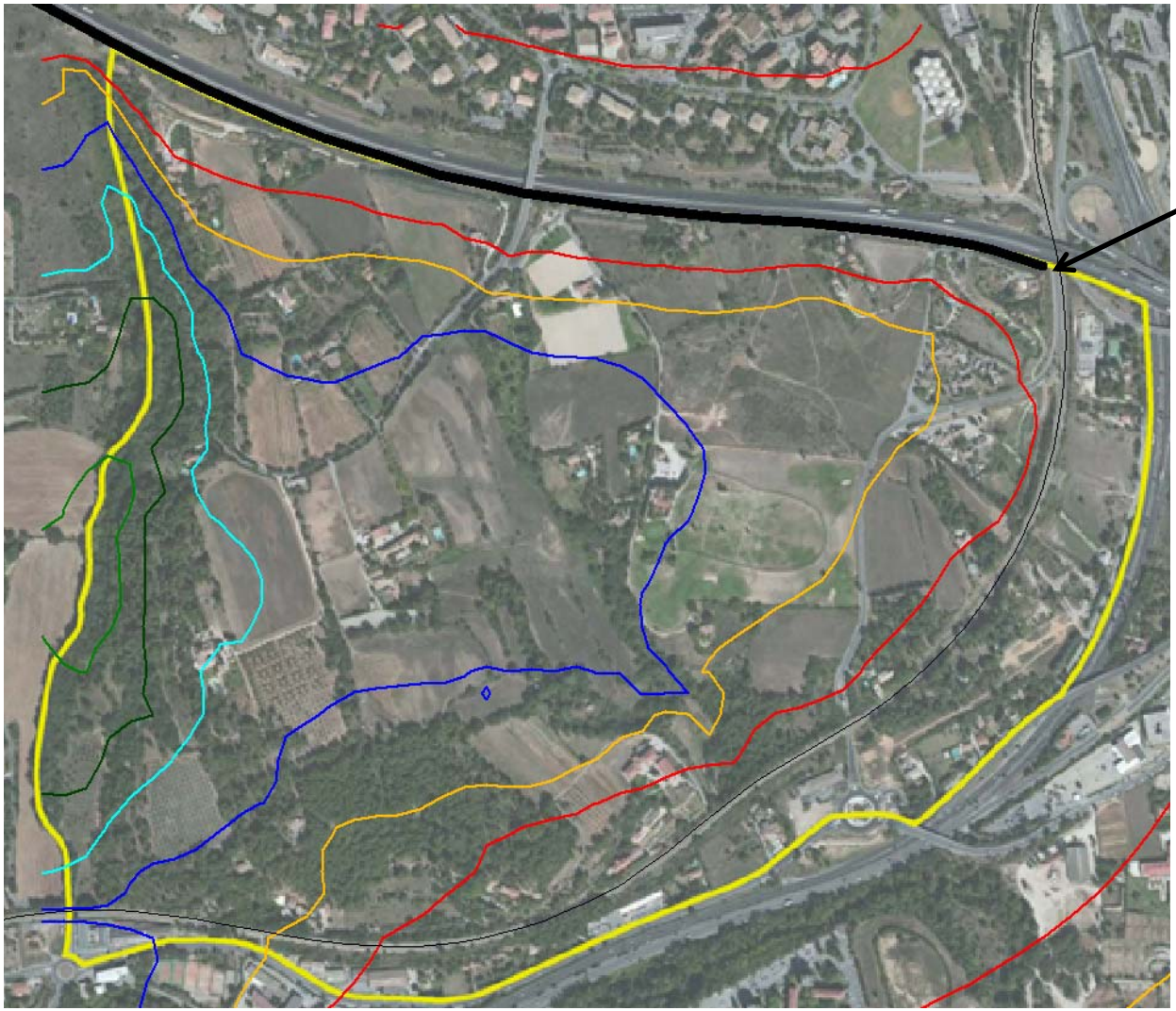
Ces cartes visent à évaluer l'impact des infrastructures au cœur du projet, plus particulièrement sur « Le cœur du quartier ».

Les cartes présentées ci-dessous prennent en compte une protection acoustique le long de l'A8 (écran de 4m – cas le plus conservateur).

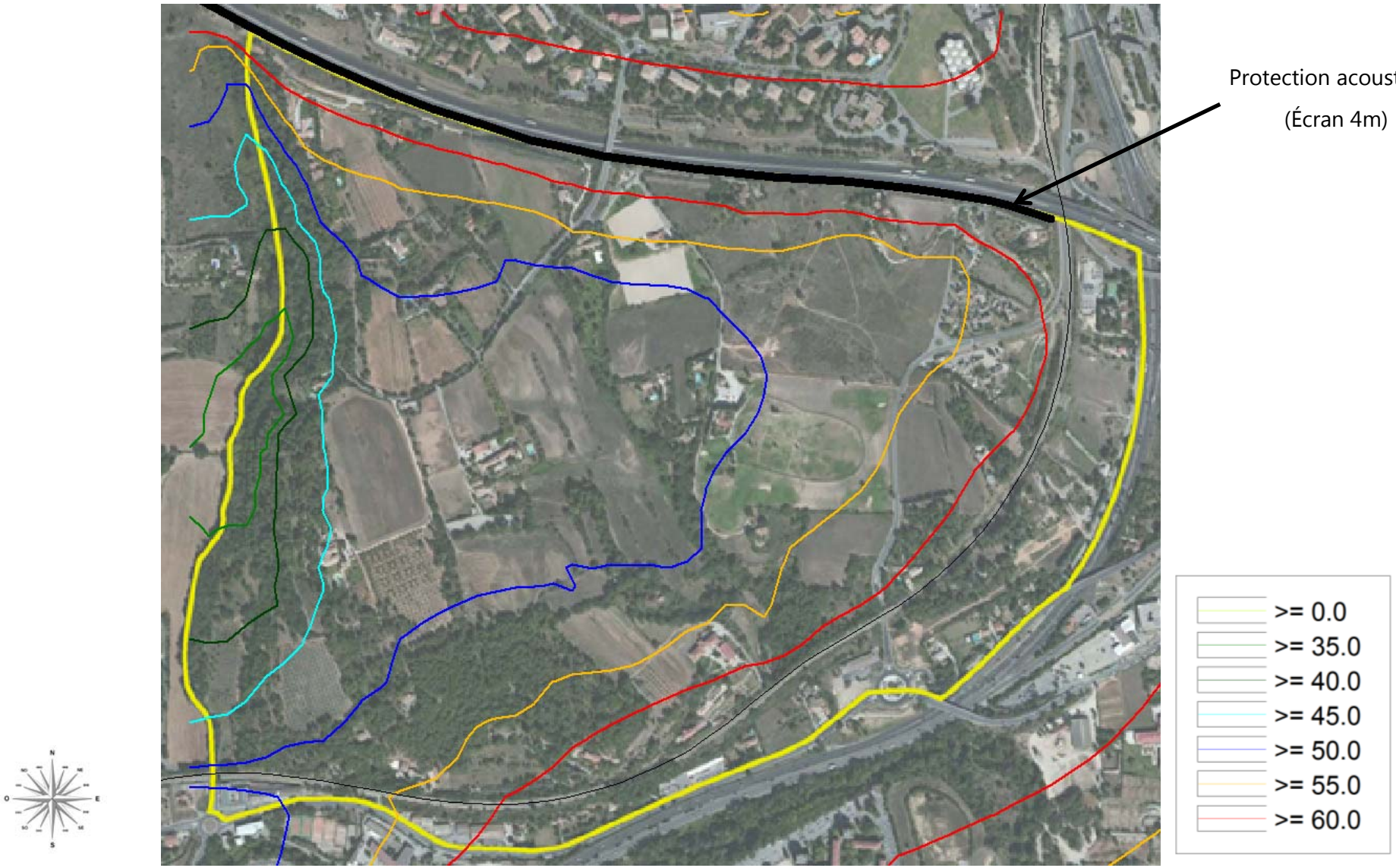
Une première carte de bruit, représentant les isophones par tranches de 5 dBA en période diurne est superposée à une planche du projet. Les cartes isophones diurne et nocturne sur fond de carte aérienne sont reprises ensuite.



Carte de bruit au R+5 (H = 17m) – Configuration n°2 (Protection acoustique sur A8) - Période diurne



Carte de bruit au R+5 (H = 17m) – Configuration n°2 (Protection acoustique sur A8) - Période diurne



Carte de bruit au R+5 (H = 17m) – Configuration n°2 (Protection acoustique sur A8) - Période nocturne

8. CONCLUSION

L'étude acoustique relative à l'aménagement de la ZAC de la Constance à Aix en Provence a permis de définir les préconisations en matière d'impact acoustique.

Cette ZAC comprendra essentiellement des nouveaux bâtiments, pour certains proches des infrastructures autoroutières existantes. Pour rappel des dispositions réglementaires en vigueur se sont les Maîtres d'Ouvrage en charge de la construction des bâtiments qui devront se conformer aux exigences de l'Arrêté du 30 Mai 1996, fixant notamment des valeurs minimales en matière d'isolement acoustique des bâtiments.

Aussi afin de maitriser l'impact sonore sur la zone, de limiter les contraintes acoustiques relatives aux futurs constructions et d'assurer un niveau de confort suffisant pour les futurs habitants, plusieurs préconisations sont définies.

Deux configurations sont retenues et donnent des indications sur les distances de recul minimales, pour les futurs bâtiments, vis-à-vis des infrastructures principales :

Configuration	Protections	Contribution maximale des infrastructures		Distance minimale	
		JOUR	NUIT	Par rapport à A8	Par rapport à A51
N°1	NON	65	60	Ouest : 125m Est : 110m	Nord : 170m Sud : 200m
N°2	OUI sur A8	65	60	65m	Nord : 160m Sud : 200m
N°2 bis	OUI sur A8 Hors emprise ASF	65	60	85m – (Protection H = 4 m) 70m – (Protection H = 6 m) 60m – (Protection H = 8 m)	Nord : 160m Sud : 200m

La protection acoustique prise en compte dans les calculs de la configuration n°2, constituée d'un merlon le long de l'A8, présente une hauteur de 8m et sa crête se situe à une distance au sol de 24m du bord de la voie.

Sa mise en place offre une protection acoustique efficace et permet globalement le positionnement de bâtiments juste après la pente coté intérieur de la ZAC.

Dans la configuration n°2 bis, les calculs sont réalisés en positionnant les protections acoustiques hors des zones ASF, et présentent des distances de recul qui varient selon la hauteur de la protection mise en œuvre.

Le positionnement d'un écran acoustique / mur anti bruit au niveau de l'ancienne maison proche de l'A8 pourrait être plus adapté vis-à-vis du faible encombrement disponible. Une autre solution mixte, où la protection acoustique serait assurée par un merlon de terre en partie basse et un écran acoustique en partie haute, pourra également être retenue.

Une étude comparative des différents types de protection : écran acoustique de 4 et 6 mètres de haut et merlon de 8 mètres de haut, indique que les niveaux sonores à proximité de l'autoroute

restent relativement équivalents jusqu'en R+2. Une fois le choix du type de protection retenu, ses caractéristiques (hauteur, distance à la route) seront affinées afin d'apporter le niveau de protection prévu.

La partie nord-est de la zone, au croisement entre l'A8 et l'A51 constitue un endroit sensible, notamment en raison d'une topographie marquée et élevée, c'est pourquoi la mise en place d'un écran acoustique est préconisée. Il viendrait en complément du merlon et permettrait de faire l'angle avec l'A51, pour une protection renforcée. Une solution visant à effectuer un abaissement du niveau topographique sur cette zone pourrait également permettre de diminuer l'impact en procurant une protection géographique (hauteur relative bâtiment / route).

La réduction des distances déterminées dans le tableau ci-dessus impacterait le confort des futurs occupants. Néanmoins un renforcement de l'isolement acoustique des façades des bâtiments (isolement considéré ici à une valeur standard) permettrait de conserver un certain niveau de confort à l'intérieur des bâtis.

Concernant « Le cœur de quartier », une carte de bruit en R+5 permet de qualifier l'ambiance sonore et définit la zone extérieure à la limite réglementaire.

Autres sources de bruit et futurs bâtiments :

Il est important de rappeler que la présente étude acoustique ne traite que des infrastructures existantes (hypothèses de trafic à horizon + 20ans). La prochaine étape visera à évaluer l'impact en intégrant le nouveau réseau routier ainsi que les futurs bâtis.

Les futurs bâtiments, non implémentés dans le présent modèle numérique, joueront un rôle d'écran acoustique et diminueront ainsi les niveaux sonores dans les zones de second plan. Les cartes de bruit fournies dans le présent rapport constituent donc un cas conservateur, majorant l'impact futur des infrastructures existantes au centre de la ZAC.

Les autres sources de bruits créées par les futurs occupants de la zone (commerces, équipements techniques, activités humaines) ne sont pas imputables à l'aménageur et seront de la responsabilité des concepteurs des bâtiments et/ou des occupants selon les dispositions réglementaires liées aux diverses problématiques de bruit (bruit de voisinage, NRA…).

9. ANNEXES

ANNEXE A : MESURE LONGUE DUREE LD1 56
ANNEXE B : MESURE LONGUE DUREE LD2 58
ANNEXE C : MESURE LONGUE DUREE LD3 60
ANNEXE D : MESURES COURTES DUREES - CD 62
ANNEXE E : TEST DE CONTINUITE DU SIGNAL 69
ANNEXE F : TEST DE REPARTITION GAUSSIENNE DU BRUIT ROUTIER 72
ANNEXE G : TEST DE COHERENCE ENTRE TRAFIC ET NIVEAUX MESURES 76
ANNEXE H : CORRELATIONS ENTRE COURTES ET LONGUES DUREES 83

ANNEXE A : MESURE LONGUE DUREE LD1

Fiche n°1 - longue durée	**Type : Bruit routier**	**LD 1**

Emplacement de la mesure

Adresse : Route de Valcros Aix en Provence

Type de bâtiment : Maison particulier

Sonomètre : Solo 60836

Infrastructure : Autoroute A8

Date : du 19/03/2013 à 09h15

au 21/03/2013 à 10h30

Hauteur de prise de son : H=1,7





Trafic

Date : du 19/03/2013 - 00h00

au 21/03/2013 - 00h00

Durée : 48 H

Vitesse moyenne estimée: 110 km/h autoroute

TMJ pendant mesures :

19/03/2013 :	TMJ : 42 515	%PL : 0,22
20/03/2013 :	TMJ : 45 857	%PL : 0,22
21/03/2013 :	TMJ : 48 935	%PL : 0,20

Conditions

Jour :

Couverture nuageuse : octas 0/8 à 8/8

Humidité : Surface sèche, humide dans la matinée du 20/03

Vitesse de vent : Moyenne

Classe : U4 / T2

Conditions de propagation : Homogènes (Z)

Nuit :

Couverture nuageuse : octas 0/8 à 8/8

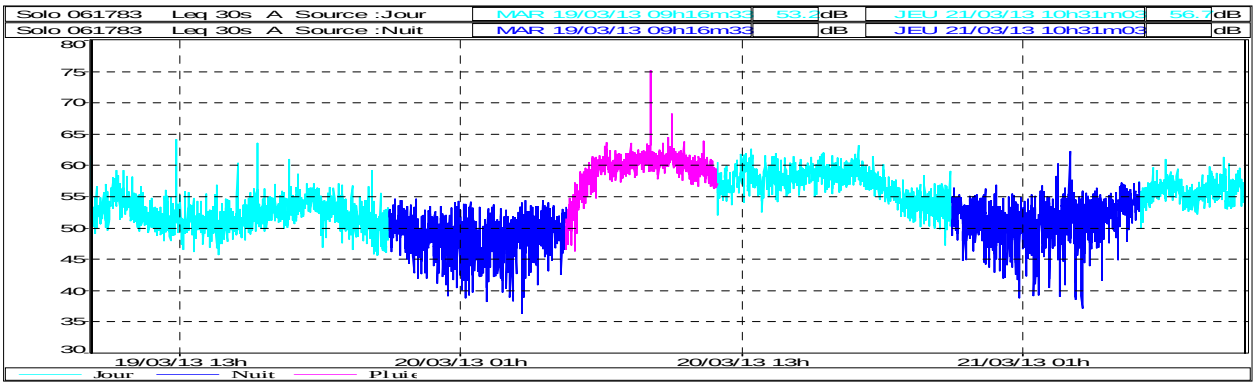
Humidité : Surface sèche, humide dans la nuit du 20/03

Vitesse de vent : Fort à faible

Classe : U4 / T4

Conditions de propagation : Favorable (+)

Évolution temporelle



RESULTATS						Météos	
Journée	**Période**	**Contributions sonores particulières**		**Trafic**		**Force du vent**	**Direction du vent**
		L_{Aeq} Ambiant (dBA)	L_{50} (dBA)	Véhicules légers/h (VL)	Poids Lourds/h (% PL)		
19/03/13	**LAeq Diurne**	53,0	51,5	3804	19	Faible	Nord
	LAeq Nocturne	49,5	47,0	332	35	Faible	Nord
20/03/13	**LAeq Diurne**	57,5	57,0	4068	19	Fort	Nord
	LAeq Nocturne	52,0	50,5	355	36	Fort	Nord-Ouest
21/03/13	**LAeq Diurne**	56,0	55,5	4491	17	Faible	Nord-Ouest

ANNEXE B : MESURE LONGUE DUREE LD2

Fiche n°2 - longue	Type : Bruit routier	LD 2

Emplacement de la mesure

Adresse : Aix en Provence proche golf

Type de bâtiment : Maison particulier

Sonomètre : Solo 61783

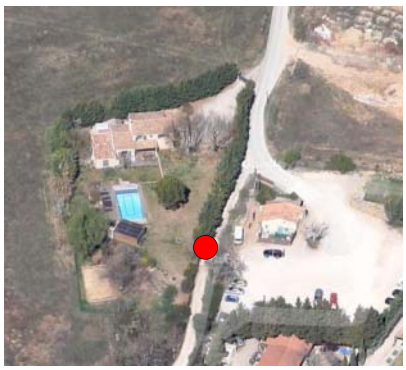
Infrastructure : Autoroute A8

Date : du 19/03/2013 à 09h00

au 20/03/2013 à 18h40

Hauteur de prise de son :H=1.7





Trafic

Date : du 19/03/2013 - 00h00

au 20/03/2013 - 00h00

Durée : 48 H

Vitesse moyenne estimée:

110 km/h autoroute

TMJ pendant mesures :

19/03/2013 : TMJ : 42 515 %PL : 0,22

20/03/2013 : TMJ : 45 857 %PL : 0,22

Conditions

Jour :

Couverture nuageuse : octas 0/8 à 8/8

Humidité : Surface sèche, humide dans la matinée du 20/03

Vitesse de vent : Moyenne

Classe : U4 / T2

Conditions de propagation : Homogènes (Z)

Nuit :

Couverture nuageuse : octas 0/8 à 8/8

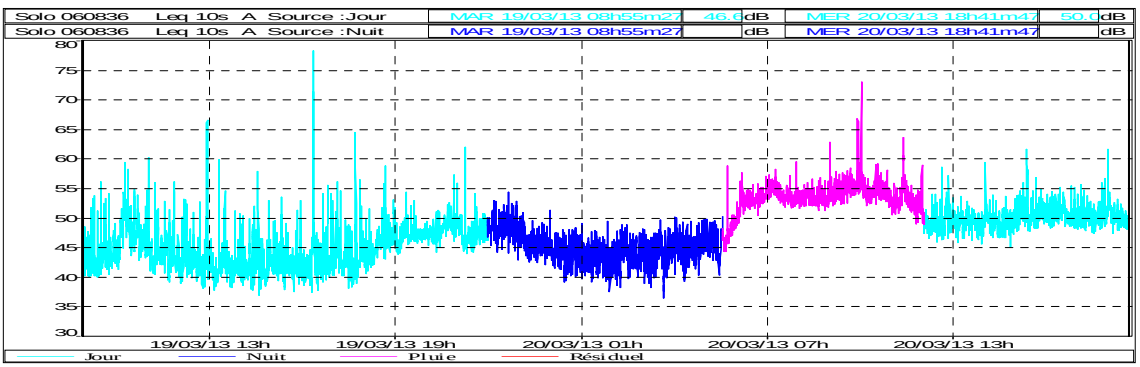
Humidité : Surface sèche, humide dans la nuit du 20/03

Vitesse de vent : *Moyenne à f*aible

Classe : U4 / T4

Conditions de propagation : Favorable (+)

Evolution temporelle



RESULTATS						Météos	
Journée	Période	Contributions sonores particulières		Trafic		Force du vent	Direction du vent
		L_{Aeq} Ambiant (dBA)	L_{50} (dBA)	Véhicules légers/h (VL)	Poids Lourds/h (% PL)		
19/03/13	LAeq Diurne	48,5	43,5	3804	19	Faible	Nord
	$LAeq_{Nocturne}$	45,5	44,5	332	35	Faible	Nord
20/03/13	LAeq Diurne	50,5	49,5	4068	19	Fort	Nord

ANNEXE C : MESURE LONGUE DUREE LD3

Fiche n°3 - Type : Bruit routier	LD 3

Emplacement de la mesure

Adresse : Aix en Provence

Type de bâtiment : Maison particulier

Sonomètre : Solo 61783

Infrastructure : Zone calme – A51 au loin

Date : du 21/03/2013 à 10h15

au 22/03/2013 à 10h00

Hauteur de prise de son :





Trafic

Date : du 21/03/2013 - 00h00

au 23/03/2013 - 00h00

Durée : 24 H

Vitesse moyenne estimée:

90 km/h autoroute

TMJ pendant mesures :

21/03/2013 : TMJ : 75 947 %PL : 3,5

22/03/2013 : TMJ : 75 947 %PL : 3,5

Conditions

Jour :

Couverture nuageuse : octas 0/8 à 7/8

Humidité : Surface sèche

Vitesse de vent : Faible

Classe : U4 / T2

Conditions de propagation : Homogènes (Z)

Nuit :

Couverture nuageuse : octas 0/8 à 8/8

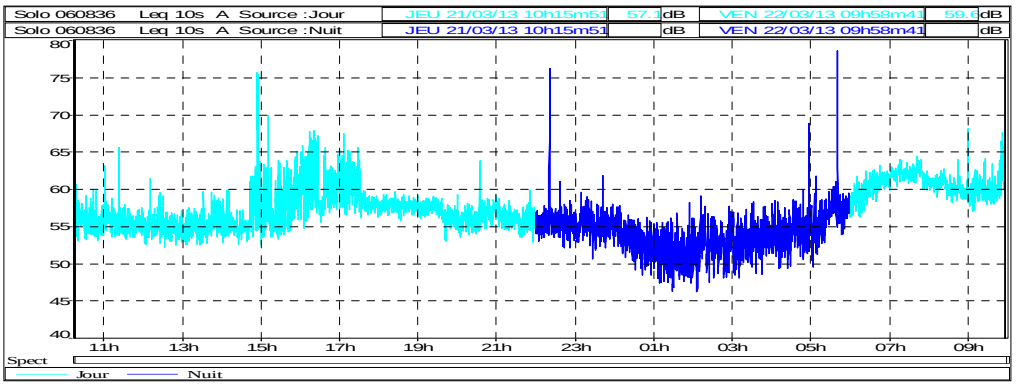
Humidité : Surface sèche

Vitesse de vent : *Moyenne à f*aible

Classe : U2 / T1

Conditions de propagation : Défavorable (--)

Evolution temporelle



RESULTATS						Météos	
Journée	Période	Contributions sonores particulières		Trafic		Force du vent	Direction du vent
		L_{Aeq} Ambiant (dBA)	L_{50} (dBA)	Véhicules légers/h (VL)	Poids Lourds/h (% PL)		
21/03/13	LAeq Diurne	58,0	56,0	24080	3,5	Moyenne	Nord-Ouest
	LAeq Nocturne	55,5	54,0	2657	3,5	Nul	Nord
22/03/13	LAeq Diurne	61,0	60,5	11490	3,5	Moyenne	Nord

ANNEXE D : MESURES COURTES DUREES - CD

Fiche n°4 - courte durée	**Type : Environnement**	**CD 1**
Emplacement de la mesure	**Trafic**	**Conditions**
Adresse : Proche A8 ***Sonomètre :*** Symphonie ***Infrastructure :*** Zone calme ***Date*** : du 19/03/2013 à 09h25 au 19/03/2013 à 09h45 ***Hauteur de prise de son :*** H=1,7 m	***Date :*** 19/03/2013 - 00h00 Au 19/03/2013 - 23h00 ***Durée :*** 24 H ***TMJ pendant mesures :*** 19/03/2013 : TMJ : 42 515 %PL : 0,22 ***Vitesse moyenne estimée:*** 110 km/h autoroute	**Jour :** ***Couverture nuageuse :*** octas 7/8 ***Humidité :*** Surface sèche ***Vitesse de vent :*** Moyenne (2,5 m/s) ***Classe :*** U4 / T2 ***Conditions de propagation :*** Homogènes (Z) ***Direction du vent :*** Nord-Ouest

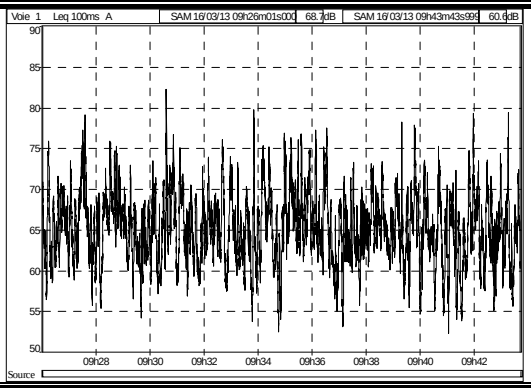
Prise de vue du point de mesure





Niveaux sonores

Évolution temporelle



Résultats

LAeq (dB)	**L50 (dB)**
67,5	**65,0**

Fiche n°5 - courte durée	Type : Environnement	CD 2
Emplacement de la mesure	**Trafic**	**Conditions**
Adresse : Proche A8 ***Sonomètre :*** Solo 60836 ***Infrastructure :*** Zone calme ***Date*** : le 20/03/2013 à 18h50 au 20/03/2013 à 19h35 ***Hauteur de prise de son :*** H=1,7 m	***Date :*** 20/03/2013 - 00h00 au 21/03/2013 - 00h00 ***Durée :*** 24 H ***TMJ pendant mesures :*** 20/03/2013 : TMJ : 45 857 %PL : 0,22 ***Vitesse moyenne estimée:*** 110 km/h autoroute	**Jour :** ***Couverture nuageuse :*** octas 1/8 ***Humidité :*** Surface sèche ***Vitesse de vent :*** Forte (8,0 m/s) ***Classe :*** U3 / T2 ***Conditions de propagation :*** Atténuée (-) ***Direction du vent :*** Nord-Ouest

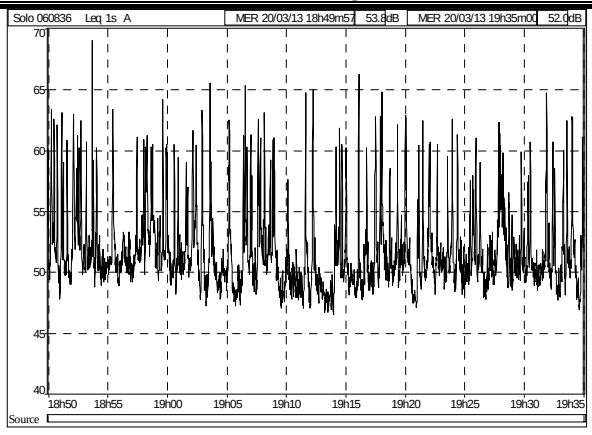
Prise de vue du point de mesure





Niveaux sonores

Évolution temporelle



Résultats

LAeq (dB)	L50 (dB)
53,5	**50,5**

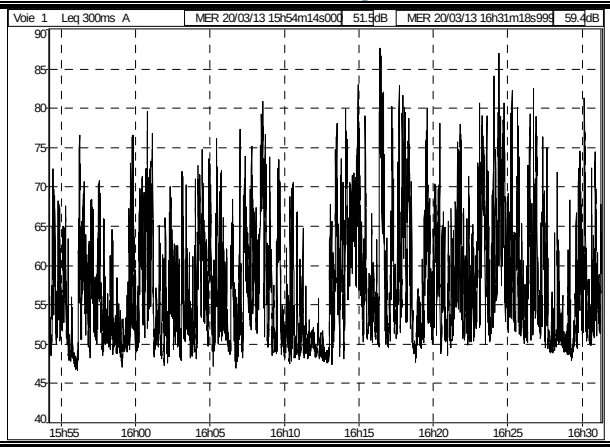
Fiche n°6 - courte durée	Type : Environnement	CD 3
Emplacement de la mesure	**Trafic**	**Conditions**
Adresse : Zone éloigné, proche golf ***Sonomètre :*** Symphonie ***Infrastructure :*** Zone calme ***Date*** : du 20/03/2013 à 15h55 au 20/03/2013 à 16h30 ***Hauteur de prise de son :*** H=1,7 m	***Date :*** 20/03/2013 - 00h00 au 21/03/2013 - 00h00 ***Durée :*** 24 H ***TMJ pendant mesures :*** 20/03/2013 : TMJ : 45 857 %PL : 0,22 ***Vitesse moyenne estimée:*** 110 km/h autoroute	**Jour :** ***Couverture nuageuse :*** octas 1/3 à 7/8 ***Humidité :*** Surface sèche ***Vitesse de vent :*** Forte (8,5 m/s) ***Classe :*** U3 / T2 ***Conditions de propagation :*** Atténuée (-) ***Direction du vent :*** Nord-Ouest

Prise de vue du point de mesure



Niveaux sonores

Évolution temporelle



Résultats

LAeq (dB)	L50 (dB)
66,0	**55,0**

Fiche n°7 - courte durée	Type : Environnement	CD 4
Emplacement de la mesure	**Trafic**	**Conditions**
Adresse : Proche A8 ***Sonomètre :*** Solo 60836 ***Infrastructure :*** Zone calme ***Date*** : du 21/03/2013 à 09h20 au 21/03/2013 à 09h55 ***Hauteur de prise de son :*** H=1,7 m	***Date :*** 21/03/2013 - 00h00 au 22/03/2013 - 00h00 ***Durée :*** 24 H ***TMJ pendant mesures :*** 21/03/2013 : TMJ : 48 935 %PL : 0,20 ***Vitesse moyenne estimée:*** 110 km/h autoroute	**Jour :** ***Couverture nuageuse :*** octas 0/8 ***Humidité :*** Surface sèche ***Vitesse de vent :*** Moyenne (2,0 m/s) ***Classe :*** U3 / T2 ***Conditions de propagation :*** Atténuée (-) ***Direction du vent :*** Nord-Ouest

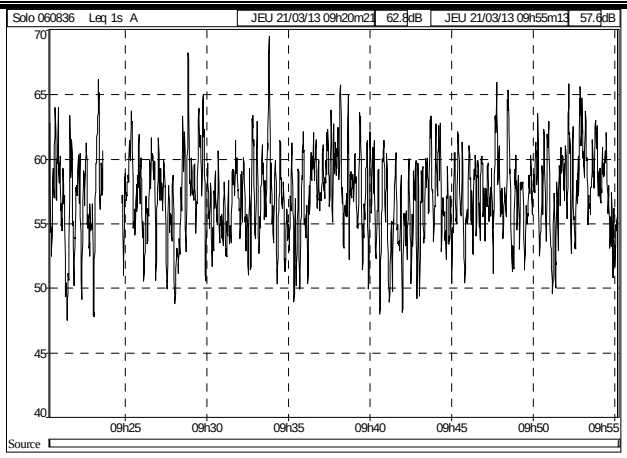
Prise de vue du point de mesure





Niveaux sonores

Évolution temporelle



Résultats

LAeq (dB)	L50 (dB)
58,5	**57,0**

Fiche n°8 - courte durée	Type : Environnement	CD 5
Emplacement de la mesure	**Trafic**	**Conditions**
Adresse : Proche A8 ***Sonomètre :*** Solo 60836 ***Infrastructure :*** Zone calme ***Date*** : du 21/03/2013 à 08h45 au 21/03/2013 à 09h15 ***Hauteur de prise de son :*** H=1,7 m	***Date :*** 21/03/2013 - 00h00 au 22/03/2013 - 00h00 ***Durée :*** 24 H ***TMJ pendant mesures :*** 21/03/2013 : TMJ : 48 935 %PL : 0,20 ***Vitesse moyenne estimée:*** 110 km/h autoroute	**Jour :** ***Couverture nuageuse :*** octas 0/8 ***Humidité :*** Surface sèche ***Vitesse de vent :*** Faible (1,5 m/s) ***Classe :*** U4 / T2 ***Conditions de propagation :*** Homogènes (Z) ***Direction du vent :*** Nord-Ouest

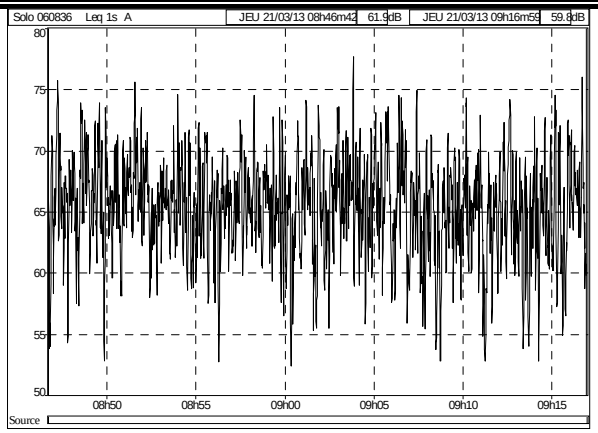
Prise de vue du point de mesure





Niveaux sonores

Évolution temporelle



Résultats

LAeq (dB)	L50 (dB)
67,0	**65,5**

Fiche n°9 - courte durée	Type : Environnement	CD 6
Emplacement de la mesure	**Trafic**	**Conditions**
Adresse : Aix en Provence ***Sonomètre :*** Solo 61783 ***Infrastructure :*** Zone calme ***Date*** : du 21/03/2013 à 10h35 au 21/03/2013 à 11h35 ***Hauteur de prise de son :*** H=1,7 m	***Date :*** 21/03/2013 - 00h00 au 22/03/2013 - 00h00 ***Durée :*** 24 H ***TMJ (2012):*** 21/03/2013 : TMJ : 75 947 %PL : 3,5 ***Vitesse moyenne estimée:*** 90 km/h autoroute	**Jour :** ***Couverture nuageuse :*** octas 1/8 ***Humidité :*** Surface sèche ***Vitesse de vent :*** Moyenne (3,5 m/s) ***Classe :*** U4 / T2 ***Conditions de propagation :*** Homogènes (Z) ***Direction du vent :*** Ouest

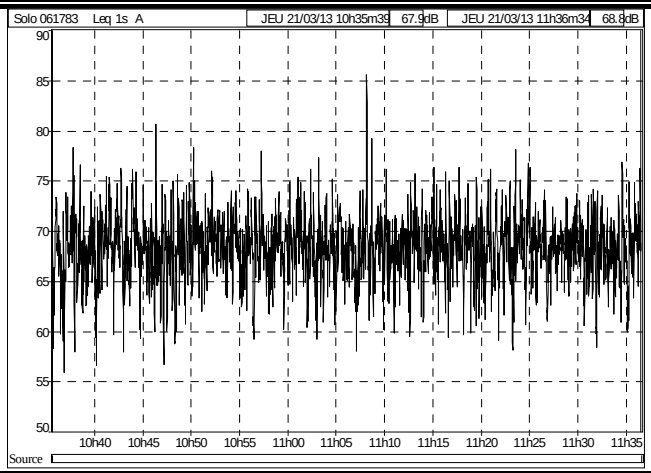
Prise de vue du point de mesure





Niveaux sonores

Évolution temporelle



Résultats

LAeq (dB)	L50 (dB)
69,5	**68,5**

Fiche n°10 - courte durée	Type : Environnement	CD 7
Emplacement de la mesure	**Trafic**	**Conditions**
Adresse : Aix en Provence ***Sonomètre :*** Solo 61783 ***Infrastructure :*** Zone calme ***Date*** : du 21/03/2013 à 14h20 au 21/03/2013 à 15h20 ***Hauteur de prise de son :*** H=1,7 m	***Date :*** 21/03/2013 - 00h00 au 22/03/2013 - 00h00 ***Durée :*** 24 H ***TMJ pendant mesures :*** 21/03/2013 : TMJ : 75 947 %PL : 3,5 ***Vitesse moyenne estimée:*** 110 km/h autoroute	**Jour :** ***Couverture nuageuse :*** octas 1/8 ***Humidité :*** Surface sèche ***Vitesse de vent :*** Fort (4 m/s) ***Classe :*** U4 / T2 ***Conditions de propagation :*** Homogènes (Z) ***Direction du vent :*** Ouest

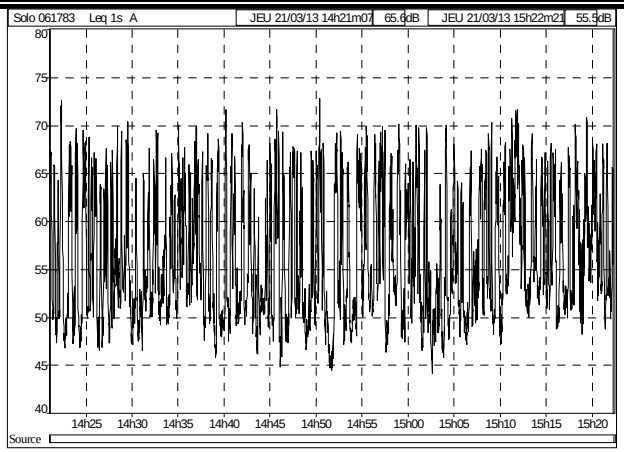
Prise de vue du point de mesure





Niveaux sonores

Évolution temporelle



Résultats

LAeq (dB)	L50 (dB)
61,0	**54,5**

ANNEXE E : Test de continuité du signal

Suivant la norme NF S31-085, nous nous assurons que les niveaux sonores respectent une certaine continuité dans leur évolution temporelle pour être représentatif d'un bruit de trafic routier et éliminer les évènements ponctuels parasites.

Pour ce faire une étude est menée sur les intervalles élémentaires de 1s. La différence des niveaux sonores par seconde ne devant pas excéder une certaine valeur sous peine d'être rejeté :

Tableau 2 — Écarts admissibles en dB(A) entre deux valeurs successives des niveaux sonores sur des intervalles élémentaires de 1 s (en valeur absolue)

Vitesse maximale (km/h)	Distance au bord de voie (m)			
	5 à 10	10 à 30	30 à 100	> 100
inférieure à 70	15	10	5	2
70 à 130	20	15	7	3

Lorsque que le pourcentage d'intervalles élémentaires rejetés dépasse les 20% par heure alors l'intervalle de base considéré est éliminé. Dans le cas contraire les niveaux de base sont recalculés sans les parties éliminées.

Résultats au test de continuité au point LD1 :

Début période	Leq	Continuité < **7**	Laeq trié
19/03/2013 10:00:00	55,3	RAS	55,3
19/03/2013 10:00:01	55,6	RAS	55,6
19/03/2013 10:00:02	55,3	RAS	55,3
19/03/2013 10:00:03	54,4	RAS	54,4
19/03/2013 10:00:04	53,5	RAS	53,5
19/03/2013 10:00:05	54,0	RAS	54,0
19/03/2013 10:00:06	54,7	RAS	54,7
19/03/2013 10:00:07	54,9	RAS	54,9
19/03/2013 10:00:08	54,8	RAS	54,8
19/03/2013 10:00:09	54,0	RAS	54,0
19/03/2013 10:00:10	53,9	RAS	53,9
19/03/2013 10:00:11	53,3	RAS	53,3
19/03/2013 10:00:12	51,7	RAS	51,7
19/03/2013 10:00:13	51,1	RAS	51,1
19/03/2013 10:00:14	52,0	RAS	52,0
19/03/2013 10:00:15	53,1	RAS	53,1
19/03/2013 10:00:16	53,7	RAS	53,7
19/03/2013 10:00:17	53,7	RAS	53,7
19/03/2013 10:00:18	53,8	RAS	53,8
19/03/2013 10:00:19	54,0	RAS	54,0
.....			

Interprétations des résultats :

Dans ce cas, le dépassement à prendre en compte est de 7. Aucun dépassement n'est observé dans l'extrait présenté, de ce fait la continuité du signal est validée.

Résultats au test de continuité au point LD2 :

Début période	Leq	Continuité < **3**	Laeq trié
19/03/2013 09:00:00	47,3	REJET	///
19/03/2013 09:00:01	41,2	RAS	41,2
19/03/2013 09:00:02	41,7	RAS	41,7
19/03/2013 09:00:03	43,3	RAS	43,3
19/03/2013 09:00:04	42,3	REJET	///
19/03/2013 09:00:05	55,4	RAS	55,4
19/03/2013 09:00:06	52,6	REJET	///
19/03/2013 09:00:07	41,2	RAS	41,2
19/03/2013 09:00:08	40,7	RAS	40,7
19/03/2013 09:00:09	40,6	RAS	40,6
19/03/2013 09:00:10	40,4	RAS	40,4
19/03/2013 09:00:11	40,4	RAS	40,4
19/03/2013 09:00:12	40,2	RAS	40,2
19/03/2013 09:00:13	41,3	RAS	41,3
19/03/2013 09:00:14	41,3	RAS	41,3
19/03/2013 09:00:15	41,1	RAS	41,1
19/03/2013 09:00:16	42,6	RAS	42,6
19/03/2013 09:00:17	40,7	RAS	40,7
19/03/2013 09:00:18	40,1	RAS	40,1
19/03/2013 09:00:19	39,7	RAS	39,7
.....			

Interprétations des résultats :

Au point LD2, certains intervalles élémentaires dépassent le seuil des écarts admissibles, ici de 3. Chaque intervalle vérifiant ce test sera supprimé de l'analyse et les niveaux sonores seront recalculés sans ces derniers.

Résultats au test de continuité au point LD3 :

Début période	Leq	Continuité < **3**	Laeq trié
…			
21/03/2013 14:49:00	61,1	REJET	
21/03/2013 14:49:01	54,7	REJET	
21/03/2013 14:49:02	63,3	REJET	
21/03/2013 14:49:03	54,9	REJET	
21/03/2013 14:49:04	64,1	RAS	64,1
21/03/2013 14:49:05	63,5	REJET	
21/03/2013 14:49:06	54,3	REJET	
21/03/2013 14:49:07	64,8	REJET	
21/03/2013 14:49:08	55,5	REJET	
21/03/2013 14:49:09	63,2	REJET	
21/03/2013 14:49:10	56,5	REJET	
21/03/2013 14:49:11	61,1	REJET	
21/03/2013 14:49:12	55,1	REJET	
21/03/2013 14:49:13	64,0	REJET	
21/03/2013 14:49:14	53,8	REJET	
21/03/2013 14:49:15	61,3	RAS	61,3
21/03/2013 14:49:16	62,1	REJET	
21/03/2013 14:49:17	56,3	REJET	
21/03/2013 14:49:18	62,2	RAS	62,2
21/03/2013 14:49:19	61,1	REJET	
…			

Interprétations des résultats :

Au point LD3, des intervalles élémentaires dépassent le seuil des écarts admissibles, ici de 3. Le 21/03/2013 à 15h00 et 16h00 le pourcentage de rejet d'intervalles élémentaires est de 28,22% et 29,42% respectivement. Ces pourcentages étant très élevées, les intervalles de bases ont été rejetés.

ANNEXE F : Test de répartition gaussienne du bruit routier

Suivant la norme NF S31-085, nous vérifions que le bruit mesuré est représentatif d'un bruit routier.

Dans ce but, nous réalisons un test statistique qui permet d'évaluer la répartition gaussienne du bruit routier.

La validation consiste pour un intervalle de base donné, à associer aux résultats, un test statistique simple, en supposant que la répartition des niveaux sonores générés par un trafic routier suit une loi normale (loi de Gauss).

Pour des mesures réalisées en zone dégagée relatives à des trafics réguliers, on définit pour chaque intervalle de base (1h dans notre cas), l'indice :

$$L_{A,eq,\ Gauss} = L_{50} + 0.07\ (L_{10}-L_{50})^2$$

On effectue alors pour chaque intervalle de base la différence suivante :

$$d = L_{A,eq,base} - L_{A,eq,Gauss}$$

Les mesures sont validées comme représentatives du bruit routier si d ≤ 1 dBA (en valeur positive)

Répartition gaussienne au point LD1 :

	jour	nuit
L_{Aeq} (dBA)	55,9	51,2

Intervalle de base Date et heure	LA,eq base	L50	L10	LA,eq Gauss	d=La,eq base-LA,eq gauss	Mesure validée
19/03/2013 10:00	55,2	54,4	57,8	55,2	**0,0**	OUI
19/03/2013 11:00	52,8	52,0	55,2	52,7	**0,1**	OUI
19/03/2013 12:00	52,4	51,1	54,5	51,9	**0,5**	OUI
19/03/2013 13:00	51,5	50,7	54,2	51,6	**0,0**	OUI
19/03/2013 14:00	51,0	49,8	53,7	50,9	**0,1**	OUI
19/03/2013 15:00	51,7	50,6	54,1	51,5	**0,2**	OUI
19/03/2013 16:00	53,0	51,7	55,2	52,6	**0,4**	OUI
19/03/2013 17:00	53,6	52,7	55,8	53,4	**0,2**	OUI
19/03/2013 18:00	54,5	53,9	56,7	54,4	**0,1**	OUI
19/03/2013 19:00	53,2	52,2	55,9	53,2	**0,0**	OUI
19/03/2013 20:00	52,1	50,7	55,1	52,1	**0,0**	OUI
19/03/2013 21:00	51,0	48,9	54,0	50,7	**0,3**	OUI
19/03/2013 22:00	50,8	49,2	54,1	50,9	**-0,1**	NON*
19/03/2013 23:00	49,3	47,0	52,8	49,4	**-0,1**	NON*
20/03/2013 00:00	48,7	45,7	52,8	49,2	**-0,5**	NON*
20/03/2013 01:00	48,6	45,1	52,7	49,1	**-0,5**	NON*
20/03/2013 02:00	48,8	45,7	53,0	49,4	**-0,6**	NON*
20/03/2013 03:00	49,2	46,0	53,3	49,7	**-0,5**	NON*
20/03/2013 04:00	50,2	47,7	54,1	50,6	**-0,4**	NON*
20/03/2013 05:00	51,7	49,8	55,2	51,9	**-0,1**	NON*

20/03/2013 06:00	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE
20/03/2013 07:00	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE
20/03/2013 08:00	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE
20/03/2013 09:00	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE
20/03/2013 10 :00	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE
20/03/2013 11:00	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE
20/03/2013 12:00	57,4	56,9	59,6	57,4	**0,0**	OUI
20/03/2013 13:00	58,4	57,8	60,7	58,4	**0,0**	OUI
20/03/2013 14:00	58,3	57,7	60,6	58,3	**0,0**	OUI
20/03/2013 15:00	58,6	58,1	60,6	58,5	**0,0**	OUI
20/03/2013 16:00	58,9	58,3	61,0	58,8	**0,1**	OUI
20/03/2013 17:00	59,1	58,6	61,1	59,0	**0,1**	OUI
20/03/2013 18:00	58,1	57,7	60,1	58,1	**0,0**	OUI
20/03/2013 19:00	55,8	55,3	57,9	55,8	**0,0**	OUI
20/03/2013 20:00	54,0	53,3	56,2	53,9	**0,1**	OUI
20/03/2013 21:00	53,8	53,0	56,3	53,8	**0,0**	OUI
20/03/2013 22:00	52,4	51,5	55,3	52,5	**-0,1**	NON*
20/03/2013 23 :00	51,6	50,2	54,9	51,7	**-0,2**	NON*
21/03/2013 00 :00	50,6	48,9	54,1	50,8	**-0,2**	NON*
....						

*La norme NF S31-085 impose pour ce test une différence maximale **d** du niveau dit gaussien $\mathbf{L_{eq,Gauss}}$ moins le niveau sonore mesuré $\mathbf{L_{eq}}$, inférieure à 1 dBA, en valeur positive.

Si tel n'est pas le cas, le bruit mesuré pour l'intervalle considéré n'est pas pour autant nécessairement jugé comme non représentatif du bruit de trafic routier de l'A8.

Interprétations des résultats :

Les heures jugées valides ($0 \leq d < 1$), représentatives d'un trafic continu, se situent le matin, le midi et en soirée, lorsque le flux de circulation augmente de manière significative (arrivée au travail, pause déjeuner, départ du travail).

Les résultats du test permettent de qualifier que le bruit est bien imputable au trafic de l'autoroute.

Répartition gaussienne au point LD2 :

	jour	nuit
L_{Aeq} (dBA)	49,3	45,8

Intervalle de base Date et heure	LA,eq base	L50	L10	LA,eq Gauss	d=La,eq base-LA,eq gauss	Mesure validée
19/03/2013 09 :00	44,6	42,4	46,8	43,8	**0,9**	OUI
19/03/2013 10:00	48,3	46,7	50,7	47,8	**0,5**	OUI
19/03/2013 11:00	45,4	43,1	46,8	44,1	**1,4**	NON*
19/03/2013 12:00	46,6	41,8	45,4	42,7	**3,9**	NON*
19/03/2013 13:00	43,2	41,2	44,1	41,8	**1,4**	NON*
19/03/2013 14:00	43,7	41,2	46,4	43,1	**0,6**	OUI
19/03/2013 15:00	43,4	41,7	45,2	42,6	**0,9**	OUI
19/03/2013 16:00	54,9	40,9	45,0	42,1	**12,8**	NON*
19/03/2013 17:00	47,1	42,2	46,4	43,4	**3,6**	NON*
19/03/2013 18:00	46,0	45,0	47,4	45,4	**0,6**	OUI
19/03/2013 19:00	47,0	46,8	48,1	46,9	**0,1**	OUI
19/03/2013 20:00	48,1	47,7	49,8	48,0	**0,1**	OUI
19/03/2013 21:00	48,6	47,3	49,5	47,6	**1,0**	OUI
19/03/2013 22:00	48,6	48,0	50,7	48,5	**0,0**	OUI
19/03/2013 23:00	46,1	45,5	48,1	46,0	**0,1**	OUI
20/03/2013 00:00	44,2	43,6	46,5	44,2	**0,1**	OUI
20/03/2013 01:00	43,5	42,9	45,8	43,5	**0,0**	OUI
20/03/2013 02:00	44,3	43,7	46,8	44,3	**0,0**	OUI
20/03/2013 03:00	44,3	43,5	46,8	44,3	**0,0**	OUI
20/03/2013 04:00	45,4	44,8	47,6	45,3	**0,0**	OUI
20/03/2013 05:00	47,3	46,5	49,2	47,0	**0,3**	OUI
20/03/2013 06:00	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE
20/03/2013 07:00	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE
20/03/2013 08:00	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE
20/03/2013 09:00	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE
20/03/2013 10 :00	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE
20/03/2013 11:00	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE
20/03/2013 12:00	49,6	48,9	51,4	49,3	**0,3**	OUI
20/03/2013 13:00	49,4	49,0	51,1	49,3	**0,1**	OUI
20/03/2013 14:00	49,6	49,0	51,3	49,4	**0,2**	OUI
20/03/2013 15:00	51,3	50,5	53,1	51,0	**0,3**	OUI
20/03/2013 16:00	50,9	50,4	52,6	50,7	**0,2**	OUI
20/03/2013 17:00	50,7	50,1	52,3	50,4	**0,3**	OUI
20/03/2013 18:00	50,6	50,0	52,4	50,4	**0,2**	OUI

Interprétations des résultats :

Les heures jugées valides (0 ≤ d < 1), représentatives d'un trafic continu, se situent le matin, le midi et en soirée, lorsque le flux de circulation augmente de manière significative (arrivée au travail, pause déjeuner, départ du travail).

Les résultats du test permettent de qualifier que le bruit est bien imputable au trafic de l'autoroute.

Répartition gaussienne au point LD3 :

	jour	nuit
L_{Aeq} (dBA)	57,0	55,7

Intervalle de base Date et heure	LA,eq base	L50	L10	LA,eq Gauss	d=La,eq base-LA,eq gauss	Mesure validée
21/03/2013 10 :00	55,9	55,6	57,4	55,8	**0,1**	OUI
21/03/2013 11:00	55,8	55,4	57,2	55,6	**0,2**	OUI
21/03/2013 12:00	55,1	54,7	56,6	55,0	**0,1**	OUI
21/03/2013 13:00	55,3	54,9	57,0	55,2	**0,1**	OUI
21/03/2013 14:00	58,4	55,0	57,4	55,4	**3,0**	NON*
21/03/2013 15:00						REJET
21/03/2013 16:00						REJET
21/03/2013 17:00	59,7	58,1	62,4	59,4	**0,3**	OUI
21/03/2013 18:00	57,7	57,6	58,6	57,7	**0,0**	OUI
21/03/2013 19:00	57,1	57,1	58,3	57,2	**-0,1**	NON*
21/03/2013 20:00	56,4	56,2	57,7	56,4	**0,1**	OUI
21/03/2013 21:00	56,2	56,0	57,5	56,2	**0,0**	OUI
21/03/2013 22:00	58,1	55,4	57,3	55,7	**2,5**	NON*
21/03/2013 23:00	55,4	55,1	57,1	55,4	**0,0**	OUI
22/03/2013 00:00	53,7	53,3	56,0	53,8	**-0,1**	NON*
22/03/2013 01:00	51,7	50,9	54,2	51,7	**0,0**	OUI
22/03/2013 02:00	53,0	52,3	55,5	53,0	**0,0**	OUI
22/03/2013 03:00	53,5	53,0	56,0	53,6	**-0,1**	NON*
22/03/2013 04:00	54,7	53,9	56,8	54,5	**0,2**	OUI
22/03/2013 05:00	59,2	56,5	59,1	57,0	**2,3**	NON*

*La norme NF S31-085 impose pour ce test une différence maximale **d** du niveau dit gaussien $\mathbf{L_{eq,Gauss}}$ moins le niveau sonore mesuré $\mathbf{L_{eq}}$, inférieure à 1 dBA, en valeur positive.

Si tel n'est pas le cas, le bruit mesuré pour l'intervalle considéré n'est pas pour autant nécessairement jugé comme non représentatif du bruit de trafic routier de l'A51.

Interprétations des résultats :

Les heures jugées valides (0 ≤ d < 1), représentatives d'un trafic continu, se situent le matin, le midi et en soirée, lorsque le flux de circulation augmente de manière significative (arrivée au travail, pause déjeuner, départ du travail).

Les résultats du test permettent de qualifier que le bruit est bien imputable au trafic de l'autoroute.

ANNEXE G : Test de cohérence entre trafic et niveaux mesurés

Le principe de ce test est de comparer le niveau de pression acoustique **mesuré** sur un intervalle de base considéré, avec le niveau de pression acoustique **calculé** sur le même intervalle de base.

La méthode de comparaison indiquée par la norme consiste à tracer les courbes de variation temporelle des deux fonctions suivantes décrites par les formules (1) et (2).

$$L_{Aeq,\ mes\ (i)} = L_{Aeq,\ calc\ (i)} \qquad (1)$$

$$L_{Aeq,calc(i)} = L_{Aeq,ref} + 10\ lg\ (\ Q_{eqe(i)} / Q_{eq,ref}) + C_v * lg(V_{m(i)}/V_{m,ref}) \qquad (2)$$

Où :

$L_{Aeq,\ mes\ (i)}$ est le niveau sonore mesuré sur l'intervalle de base *i*.

$L_{Aeq,ref}$ est le niveau mesuré sur l'intervalle de référence considéré.

$Q_{eqe(i)}$ est le débit horaire mesuré sur l'intervalle i, exprimé en v/h.

$Q_{eq,ref}$ est le débit horaire mesuré sur l'intervalle de référence considéré, exprimé en v/h.

Cohérence entre trafics et niveaux mesurés au point LD1 :

	TMJ	% PL	VL/h	PL/h	Qeq	V	LAeq
JOUR	72991	22	2013	557	4100,7	110	55,9
NUIT			304	83	614,4	110	51,2

Début période	$L_{Aeq,mes}$	$L_{Aeq,réf}$	Q_{eq}	$Q_{eq,réf}$	V_m	$V_{m,réf}$	$L_{Aeq,calc}$	$L_{Aeq,mes}$-$L_{Aeq,calc}$	Validité
19/03/2013 10:00	55,2	55,9	3072	4910	110,0	110,0	57,2	2,0	OUI
19/03/2013 11:00	52,8	55,9	3003	4799	110,0	110,0	57,1	4,3	NON
19/03/2013 12:00	52,4	55,9	2577	4119	110,0	110,0	56,4	4,0	NON
19/03/2013 13:00	51,5	55,9	2238	3577	110,0	110,0	55,8	4,3	NON
19/03/2013 14:00	51,0	55,9	2391	3822	110,0	110,0	56,1	5,1	NON
19/03/2013 15:00	51,7	55,9	2679	4281	110,0	110,0	56,6	4,9	NON
19/03/2013 16:00	53,0	55,9	3037	4855	110,0	110,0	57,1	4,1	NON
19/03/2013 17:00	53,6	55,9	3348	5352	110,0	110,0	57,5	3,9	NON
19/03/2013 18:00	54,5	55,9	3089	4937	110,0	110,0	57,2	2,7	OUI
19/03/2013 19:00	53,2	55,9	2249	3594	110,0	110,0	55,8	2,6	OUI
19/03/2013 20:00	52,1	55,9	1331	2127	110,0	110,0	53,5	1,4	OUI
19/03/2013 21:00	51,0	55,9	843	1347	110,0	110,0	51,5	0,6	OUI
19/03/2013 22:00	50,8	51,2	594	950	110,0	110,0	53,1	2,3	OUI
19/03/2013 23:00	49,3	51,2	445	711	110,0	110,0	51,8	2,5	OUI
20/03/2013 00:00	48,7	51,2	338	546	110,0	110,0	50,6	1,9	OUI
20/03/2013 01:00	48,6	51,2	259	418	110,0	110,0	49,5	0,9	OUI
20/03/2013 02:00	48,8	51,2	235	380	110,0	110,0	49,1	0,3	OUI
20/03/2013 03:00	49,2	51,2	261	422	110,0	110,0	49,5	0,3	OUI
20/03/2013 04:00	50,2	51,2	326	527	110,0	110,0	50,5	0,3	OUI
20/03/2013 05:00	51,7	51,2	529	855	110,0	110,0	52,6	0,8	OUI

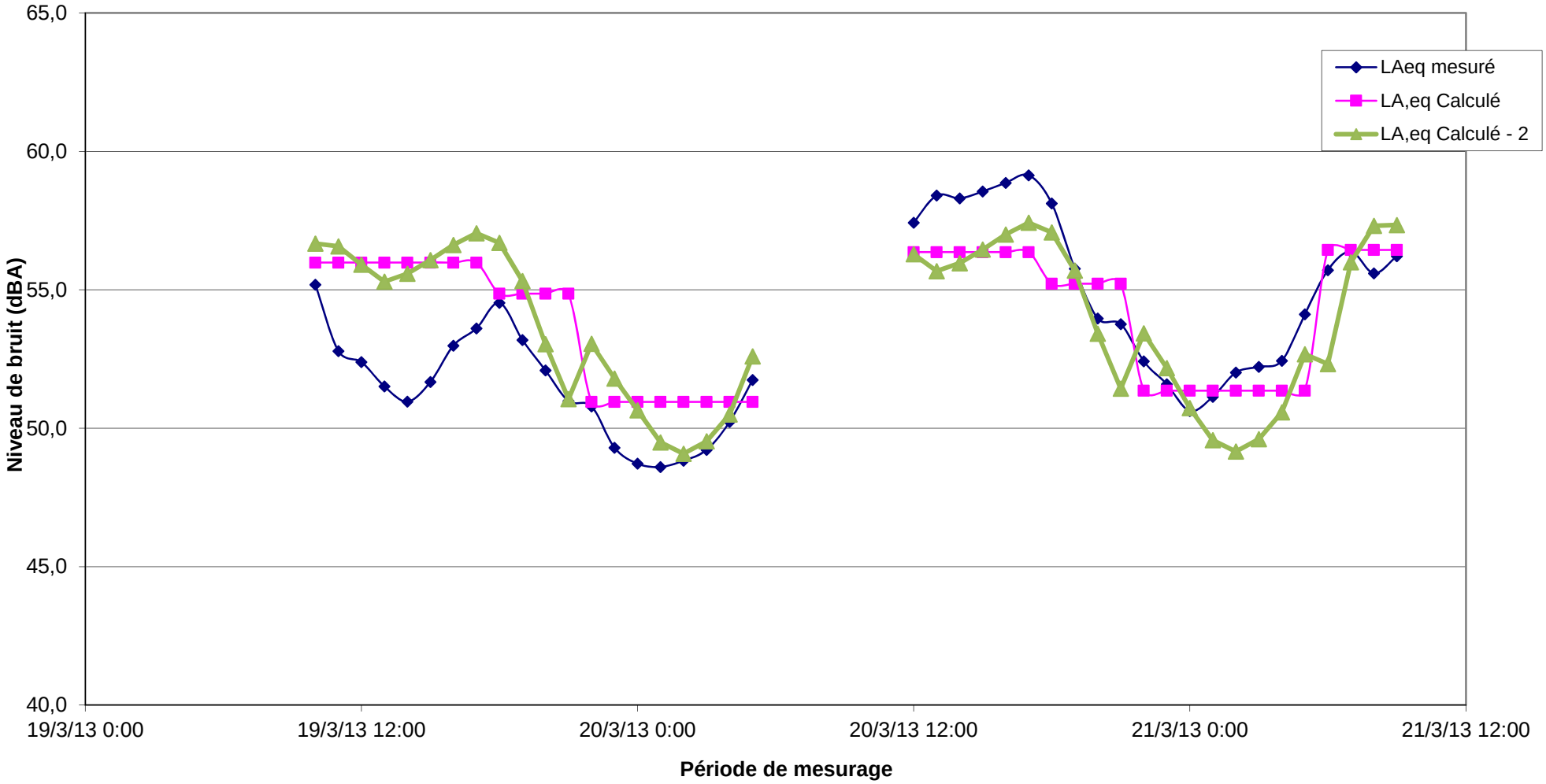
20/03/2013 06:00	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE
20/03/2013 07:00	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE
20/03/2013 08:00	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE
20/03/2013 09:00	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE
20/03/2013 10:00	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE
20/03/2013 11:00	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE
20/03/2013 12:00	57,4	55,9	2780	4494	110,0	110,0	56,8	0,6	OUI
20/03/2013 13:00	58,4	55,9	2414	3903	110,0	110,0	56,2	2,2	OUI
20/03/2013 14:00	58,3	55,9	2579	4170	110,0	110,0	56,5	1,9	OUI
20/03/2013 15:00	58,6	55,9	2889	4671	110,0	110,0	56,9	1,6	OUI
20/03/2013 16:00	58,9	55,9	3276	5296	110,0	110,0	57,5	1,4	OUI
20/03/2013 17:00	59,1	55,9	3612	5839	110,0	110,0	57,9	1,2	OUI
20/03/2013 18:00	58,1	55,9	3332	5387	110,0	110,0	57,6	0,6	OUI
20/03/2013 19:00	55,8	55,9	2426	3921	110,0	110,0	56,2	0,4	OUI
20/03/2013 20:00	54,0	55,9	1435	2320	110,0	110,0	53,9	0,1	OUI
20/03/2013 21:00	53,8	51,2	909	1469	110,0	110,0	51,9	1,8	OUI
20/03/2013 22:00	52,4	51,2	641	1036	110,0	110,0	53,4	1,0	OUI
20/03/2013 23:00	51,6	51,2	480	776	110,0	110,0	52,2	0,6	OUI
21/03/2013 00:00	50,6	51,2	361	556	110,0	110,0	50,7	0,1	OUI
….									

Interprétations :

Quelques écarts de plus de 3 dBA entre $L_{aeq,\ mes\ (i)}$ et $L_{aeq,calc(i)}$ sont constatés.

Dans l'ensemble la mesure de bruit effectuée au point LD1 est donc bien corrélée avec le trafic.

Cohérence entre LAeq et trafic entre chaque intervalle de base



Cohérence entre trafics et niveaux mesurés au point LD2 :

	TMJ	% PL	VL/h	PL/h	Qeq	V	LAeq
JOUR	56953	22,1	2104	549	4162,0	110	49,3
NUIT			291	83	601,3	110	45,8

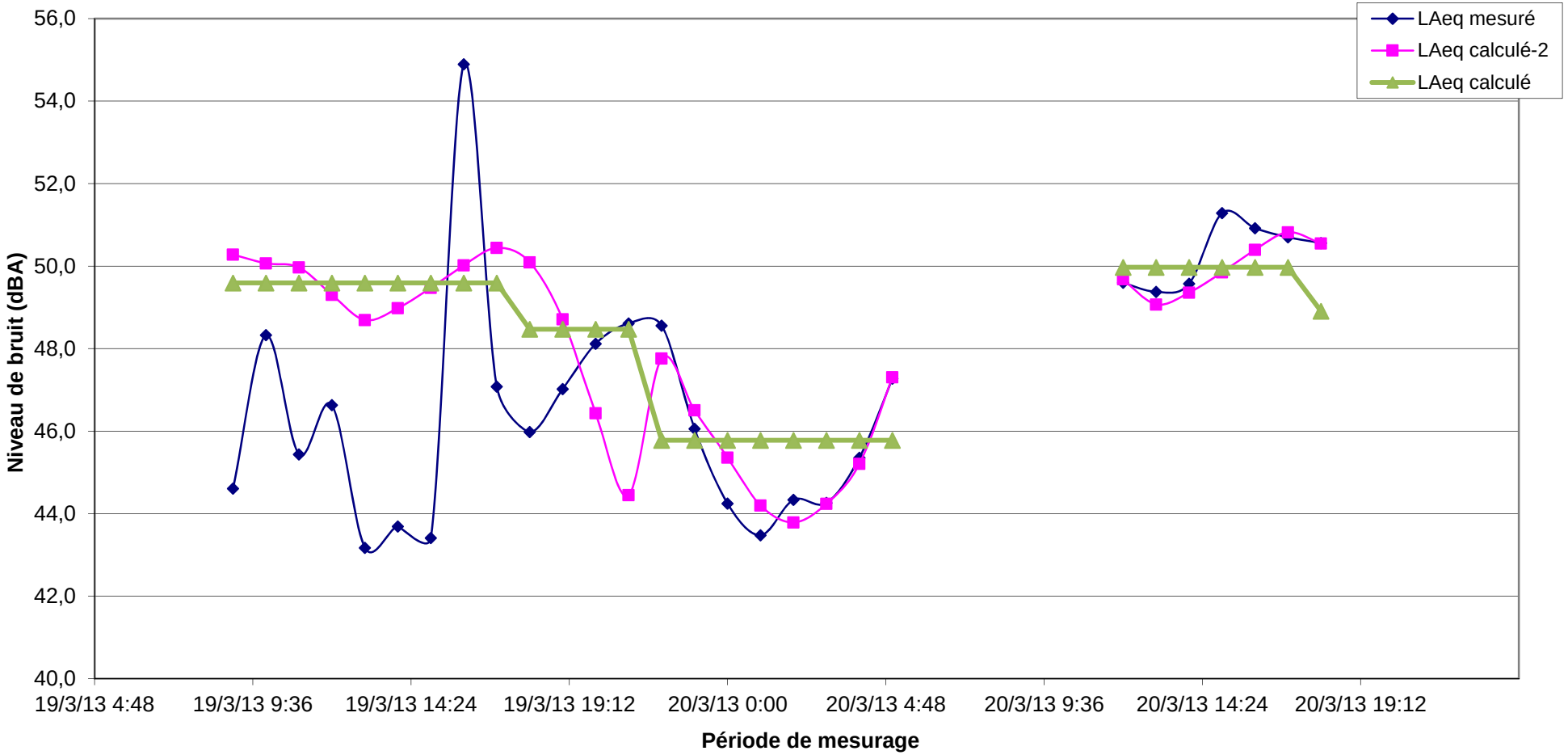
Début période	$L_{Aeq,mes}$	$L_{Aeq,réf}$	Q_{eq}	$Q_{eq,réf}$	V_m	$V_{m,réf}$	$L_{Aeq,calc}$	$L_{Aeq,mes}$-$L_{Aeq,calc}$	Validité
19/03/2013 09:00	44,6	51,0	3225	5155	110,0	110,0	51,8	7,2	NON
19/03/2013 10:00	48,3	51,0	3072	4910	110,0	110,0	51,6	3,3	NON
19/03/2013 12:00	45,4	51,0	3003	4799	110,0	110,0	51,5	6,1	NON
19/03/2013 13:00	46,6	51,0	2577	4119	110,0	110,0	50,8	4,2	NON
19/03/2013 14:00	43,2	51,0	2238	3577	110,0	110,0	50,2	7,0	NON
19/03/2013 15:00	43,7	51,0	2391	3822	110,0	110,0	50,5	6,8	NON
19/03/2013 16:00	43,4	51,0	2679	4281	110,0	110,0	51,0	7,6	NON
19/03/2013 17:00	54,9	51,0	3037	4855	110,0	110,0	51,5	3,4	NON
19/03/2013 18:00	47,1	51,0	3348	5352	110,0	110,0	52,0	4,9	NON
19/03/2013 19:00	46,0	51,0	3089	4937	110,0	110,0	51,6	5,6	NON
19/03/2013 20:00	47,0	51,0	2249	3594	110,0	110,0	50,2	3,2	NON
19/03/2013 21:00	48,1	51,0	1331	2127	110,0	110,0	48,0	0,2	OUI
19/03/2013 22:00	48,6	45,8	843	1347	110,0	110,0	46,0	2,6	OUI
19/03/2013 23:00	48,6	45,8	594	950	110,0	110,0	47,8	0,8	OUI
20/03/2013 00:00	46,1	45,8	445	711	110,0	110,0	46,5	0,4	OUI
20/03/2013 01:00	44,2	45,8	338	546	110,0	110,0	45,4	1,1	OUI
20/03/2013 02:00	43,5	45,8	259	418	110,0	110,0	44,2	0,7	OUI
20/03/2013 03:00	44,3	45,8	235	380	110,0	110,0	43,8	0,5	OUI
20/03/2013 04:00	44,3	45,8	261	422	110,0	110,0	44,2	0,0	OUI
20/03/2013 05:00	45,4	45,8	326	527	110,0	110,0	45,2	0,1	OUI
20/03/2013 06:00	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE
20/03/2013 07:00	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE
20/03/2013 08:00	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE
20/03/2013 09:00	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE
20/03/2013 10:00	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE
20/03/2013 11:00	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE	PLUIE
20/03/2013 12:00	53,4	51,0	3239	5236	110,0	110,0	51,9	1,5	OUI
20/03/2013 13:00	49,6	51,0	2780	4494	110,0	110,0	51,2	1,6	OUI
20/03/2013 14:00	49,4	51,0	2414	3903	110,0	110,0	50,6	1,2	OUI
20/03/2013 15:00	49,6	51,0	2579	4170	110,0	110,0	50,9	1,3	OUI
20/03/2013 16:00	51,3	51,0	2889	4671	110,0	110,0	51,4	0,1	OUI
20/03/2013 17:00	50,9	51,0	3276	5296	110,0	110,0	51,9	1,0	OUI
20/03/2013 18:00	50,7	51,0	3612	5839	110,0	110,0	52,3	1,6	OUI

Interprétations :

Quelques écarts de plus de 3 dBA entre $L_{aeq,\ mes\ (i)}$ et $L_{aeq,calc(i)}$ sont constatés.

Dans l'ensemble la mesure de bruit effectuée au point LD2 est donc bien corrélée avec le trafic.

Cohérence entre LAeq et trafic entre chaque intervalle de base



Cohérence entre trafics et niveaux mesurés au point LD3 :

	TMJ	% PL	VL/h	PL/h	Qeq	V	LAeq
JOUR	22488	3,5	1654	69	2206,6	110	57,0
NUIT			827	12	923,3	110	55,7

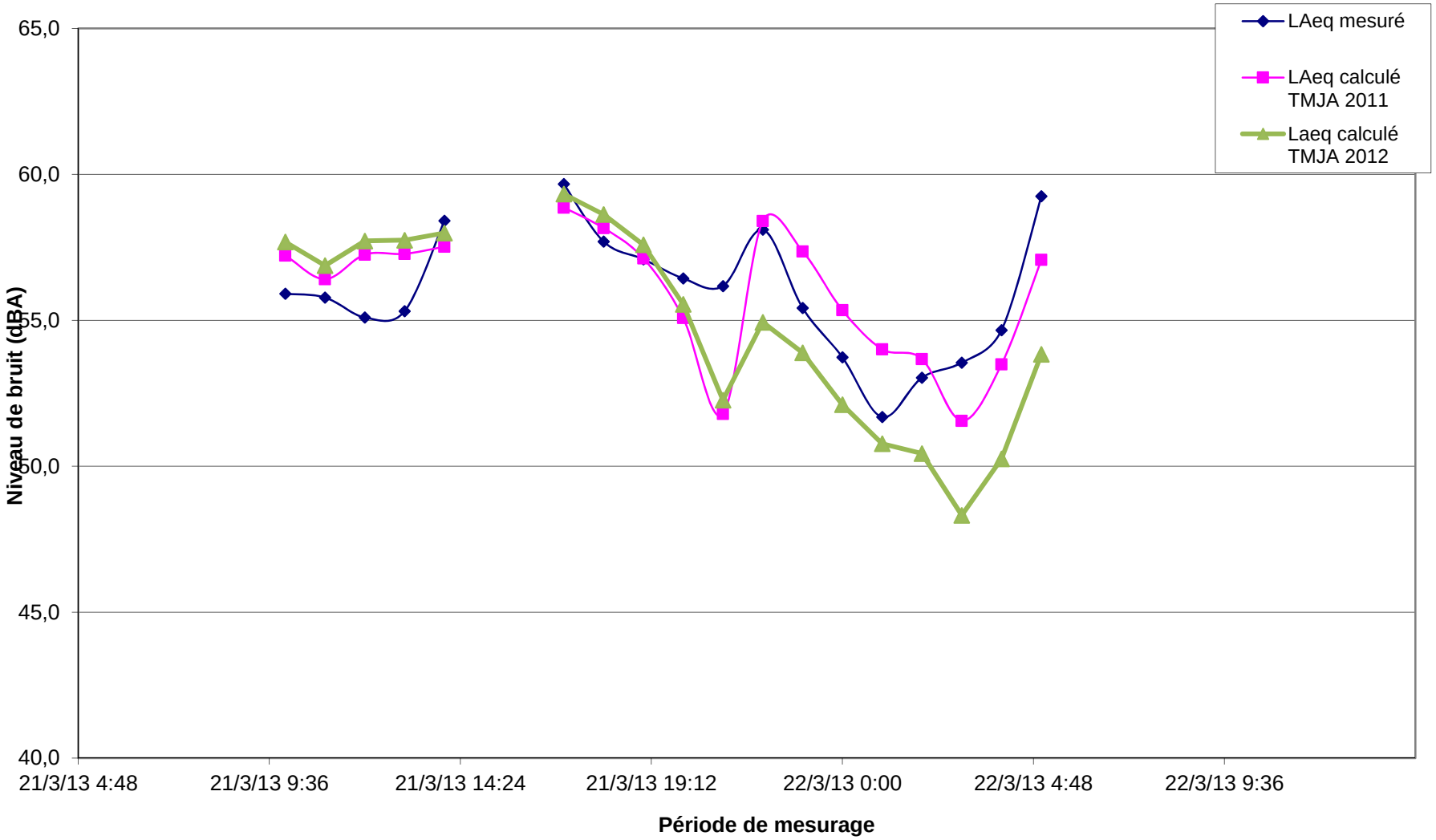
Début période	$L_{Aeq,mes}$	$L_{Aeq,réf}$	Q_{eq}	$Q_{eq,réf}$	V_m	$V_{m,réf}$	$L_{Aeq,calc}$	$L_{Aeq,mes}$-$L_{Aeq,calc}$	Validité
21/03/2013 10:00	55,9	57,0	2077	2586	90,0	90,0	57,7	1,8	OUI
21/03/2013 11:00	55,8	57,0	1724	2146	90,0	90,0	56,9	1,1	OUI
21/03/2013 12:00	55,1	57,0	2093	2606	90,0	90,0	57,7	2,6	OUI
21/03/2013 13:00	55,3	57,0	2105	2621	90,0	90,0	57,7	2,4	OUI
21/03/2013 14:00	58,4	57,0	2228	2774	90,0	90,0	58,0	0,4	OUI
21/03/2013 15:00									REJET
21/03/2013 16:00									REJET
21/03/2013 17:00	59,7	57,0	3031	3774	90,0	90,0	59,3	0,3	OUI
21/03/2013 18:00	57,7	57,0	2580	3212	90,0	90,0	58,6	0,9	OUI
21/03/2013 19:00	57,1	57,0	2031	2529	90,0	90,0	57,6	0,5	OUI
21/03/2013 20:00	56,4	57,0	1270	1581	90,0	90,0	55,5	0,9	OUI
21/03/2013 21:00	56,2	57,0	596	742	90,0	90,0	52,3	3,9	NON
21/03/2013 22:00	58,1	55,7	628	782	90,0	90,0	54,9	3,2	NON
21/03/2013 23:00	55,4	55,7	494	615	90,0	90,0	53,9	1,5	OUI
22/03/2013 00:00	53,7	55,7	328	408	90,0	90,0	52,1	1,6	OUI
22/03/2013 01:00	51,7	55,7	241	300	90,0	90,0	50,8	0,9	OUI
22/03/2013 02:00	53,0	55,7	223	278	90,0	90,0	50,4	2,6	OUI
22/03/2013 03:00	53,5	55,7	137	171	90,0	90,0	48,3	5,2	NON
22/03/2013 04:00	54,7	55,7	214	266	90,0	90,0	50,3	4,4	NON
22/03/2013 05:00	59,2	55,7	488	608	90,0	90,0	53,8	5,4	NON

Interprétations :

Quelques écarts de plus de 3 dBA entre $L_{aeq,\ mes\ (i)}$ et $L_{aeq,calc(i)}$ sont constatés.

Dans l'ensemble la mesure de bruit effectuée au point LD3 est donc bien corrélée avec le trafic.

Cohérence entre LAeq et trafic entre chaque intervalle de base



ANNEXE H : Corrélations entre courtes et longues durées

Suivant la norme NF S31-085, nous effectuons les tests de corrélations entre les courtes et longues durées.

Pour ce faire, la différence entre les LAeq globaux, courte et longue durée, est calculée.

$$\Delta_{base} = L_{Aeq,comp} - L_{Aeq,réf}$$

Un échantillonnage, toutes les 1/5minutes, des intervalles communs est également effectué et la différence des niveaux sonores est calculée pour chaque intervalle.

$$\Delta(j) = L_{Aeq,comp}(j) - L_{Aeq,réf}(j)$$

Les éventuels intervalles de comparaison pour lesquelles la différence Δ(j) s'écarte de plus de 2dBA de la différence $\Delta_{base,}$ sont supprimés.

Corrélation CD1 :

Corrélation entre les niveaux sonores des points CD1 (CD) et LD1 (LD)

LAeq sur la période de mesure du courte durée

LAeq CD	67,5
LAeq LD	55,9
Delta base	11,6

les périodes non cohérentes du CD sont exclues du calcul

$L_{A,eq}$ sur l'intervalle de comparaison (1 minutes)

date et heure	LA,eq CD n°1	LA,eq LD n°1	Delta	**Delta - Delta base**	Mesure validée
16/03/13 09:26:00:000	66,8	54,1	12,7	**1,1**	**OUI**
16/03/13 09:27:00:000	68,6	50,8	17,8	**6,2**	*NON*
16/03/13 09:28:00:000	68,4	52,1	16,3	**4,7**	*NON*
16/03/13 09:29:00:000	65	52,8	12,2	**0,6**	**OUI**
16/03/13 09:30:00:000	68,1	55,1	13,0	**1,4**	**OUI**
16/03/13 09:31:00:000	66,4	53,3	13,1	**1,5**	**OUI**
16/03/13 09:32:00:000	67,7	51,4	16,3	**4,7**	*NON*
16/03/13 09:33:00:000	66,8	52,5	14,3	**2,7**	*NON*
16/03/13 09:34:00:000	67,7	51,4	16,3	**4,7**	*NON*
16/03/13 09:35:00:000	69,3	52,4	16,9	**5,3**	*NON*
16/03/13 09:36:00:000	67,7	52,9	14,8	**3,2**	*NON*
16/03/13 09:37:00:000	65,5	53,2	12,3	**0,7**	**OUI**
16/03/13 09:38:00:000	66,8	52,1	14,7	**3,1**	*NON*
16/03/13 09:39:00:000	67,7	53,4	14,3	**2,7**	*NON*
16/03/13 09:40:00:000	66,3	51,5	14,8	**3,2**	*NON*
16/03/13 09:41:00:000	66,4	51,6	14,8	**3,2**	*NON*
16/03/13 09:42:00:000	66,7	51,4	15,3	**3,7**	*NON*
16/03/13 09:43:00:000	66,8	53,1	13,7	**2,1**	*NON*

Interprétations :

Le point CD1 ne peut être corrélé avec le point LD1 car plus de 70% des intervalles de comparaison sont non cohérents, après un échantillonnage de 1minute. Un calage du LAeq CD nocturne au point CD1 par la mesure longue durée LD1 n'est donc pas envisageable.

Corrélation CD2 :

Corrélation entre les niveaux sonores des points CD2 (CD) et LD1 (LD)

LAeq sur la période de mesure du courte durée

LAeq CD	53,5
LAeq LD	55,9
Delta base	-2,4

les périodes non cohérentes du CD sont exclues du calcul

$L_{A,eq}$ sur l'intervalle de comparaison (5 minutes)

date et heure	LA,eq CD n°1	LA,eq LD n°1	Delta	**Delta - Delta base**	Mesure validée
20/03/2013 18:50	54,7	57	-2,3	**0,1**	**OUI**
20/03/2013 18:55	53,9	56,9	-3,0	**0,6**	**OUI**
20/03/2013 19:00	53,4	57,6	-4,2	**1,8**	**OUI**
20/03/2013 19:05	53,7	56,9	-3,2	**0,8**	**OUI**
20/03/2013 19:10	51,9	56,1	-4,2	**1,8**	**OUI**
20/03/2013 19:15	53,2	55,7	-2,5	**0,1**	**OUI**
20/03/2013 19:20	53	55,4	-2,4	**0,0**	**OUI**
20/03/2013 19:25	53,1	56,2	-3,1	**0,7**	**OUI**
20/03/2013 19:30	53,1	56,5	-3,4	**1,0**	**OUI**
20/03/2013 19:35	52	55,7	-3,7	**1,3**	**OUI**

calage :	
LAeq LD ref jour	55,9
LAeq LD ref nuit	51,2
LAeq CD calé jour	53,5
LAeq CD calé nuit	**48,8**

Interprétations :

Le point CD2 peut être corrélé avec le point LD1 car tous ces intervalles communs sont cohérents. Un calage du LAeq CD nocturne est donc possible.

Corrélation CD3 :

Corrélation entre les niveaux sonores des points CD3 (CD) et LD2 (LD)

LAeq sur la période de mesure du courte durée

LAeq CD	66,0
LAeq LD	49,3
Delta base	16,7

les périodes non cohérentes du CD sont exclues du calcul

$L_{A,eq}$ sur l'intervalle de comparaison (1 minutes)

date et heure	LA,eq CD n°3	LA,eq LD n°2	Delta	**Delta - Delta base**	Mesure validée
20/03/13 15:54:00:000	61,3	51,0	10,3	**6,4**	*NON*
20/03/13 15:55:00:000	56,9	51,7	5,2	**11,5**	*NON*
20/03/13 15:56:00:000	62,6	50,3	12,3	**4,4**	*NON*
20/03/13 15:57:00:000	60,9	50,7	10,2	**6,5**	*NON*
20/03/13 15:58:00:000	53,6	51,0	2,6	**14,1**	*NON*
20/03/13 15:59:00:000	61,9	50,3	11,6	**5,1**	*NON*
20/03/13 16:00:00:000	66,2	50,6	15,6	**1,1**	**OUI**
20/03/13 16:01:00:000	63,2	51,5	11,7	**5,0**	*NON*
20/03/13 16:02:00:000	59,2	51,7	7,5	**9,2**	*NON*
20/03/13 16:03:00:000	59,0	51,5	7,5	**9,2**	*NON*
20/03/13 16:04:00:000	64,9	51,5	13,4	**3,3**	*NON*
20/03/13 16:05:00:000	63,6	50,1	13,5	**3,2**	*NON*
20/03/13 16:06:00:000	57,0	50,7	6,3	**10,4**	*NON*
20/03/13 16:07:00:000	64,3	51,2	13,1	**3,6**	*NON*
20/03/13 16:08:00:000	69,1	50,2	18,9	**2,2**	*NON*
20/03/13 16:09:00:000	62,7	49,1	13,6	**3,1**	*NON*
20/03/13 16:10:00:000	58,8	51,0	7,8	**8,9**	*NON*
20/03/13 16:11:00:000	52,5	51,4	1,1	**15,6**	*NON*
20/03/13 16:12:00:000	49,6	50,4	-0,8	**17,5**	*NON*
20/03/13 16:13:00:000	65,0	50,6	14,4	**2,3**	*NON*
20/03/13 16:14:00:000	70,0	49,3	20,7	**4,0**	*NON*
20/03/13 16:15:00:000	63,9	51,6	12,3	**4,4**	*NON*
20/03/13 16:16:00:000	74,2	52,3	21,9	**5,2**	*NON*
20/03/13 16:17:00:000	69,8	52,9	16,9	**0,2**	**OUI**
20/03/13 16:18:00:000	69,2	51,6	17,6	**0,9**	**OUI**
20/03/13 16:19:00:000	65,5	51,2	14,3	**2,4**	*NON*
20/03/13 16:20:00:000	63,7	51,1	12,6	**4,1**	*NON*
20/03/13 16:21:00:000	65,8	51,4	14,4	**2,3**	*NON*
20/03/13 16:22:00:000	59,7	50,6	9,1	**7,6**	*NON*
20/03/13 16:23:00:000	69,0	52,1	16,9	**0,2**	**OUI**
20/03/13 16:24:00:000	72,5	50,2	22,3	**5,6**	*NON*

20/03/13 16:25:00:000	69,0	51,5	17,5	**0,8**	**OUI**
20/03/13 16:26:00:000	69,0	53,0	16,0	**0,7**	**OUI**
20/03/13 16:27:00:000	62,3	51,2	11,1	**5,6**	*NON*
20/03/13 16:28:00:000	56,5	51,1	5,4	**11,3**	*NON*
20/03/13 16:29:00:000	61,6	50,6	11,0	**5,7**	*NON*
20/03/13 16:30:00:000	65,2	51,2	14,0	**2,7**	*NON*

Interprétations :

Le point CD3 ne peut être corrélé avec le point LD2 car plus de 80% des intervalles de comparaison sont non cohérents. Un calage du LAeq CD nocturne au point CD1 par la mesure longue durée LD2 n'est donc pas envisageable.

Corrélation CD4 :

Corrélation entre les niveaux sonores des points CD4 (CD) et LD1 (LD)

LAeq sur la période de mesure du courte durée

LAeq CD	58,5
LAeq LD	55,9
Delta base	2,6

les périodes non cohérentes du CD sont exclues du calcul

$L_{A,eq}$ sur l'intervalle de comparaison (5 minutes)

date et heure	LA,eq CD n°4	LA,eq LD n°1	Delta	**Delta - Delta base**	Mesure validée
21/03/2013 09:20	58,2	55,8	2,4	**0,2**	**OUI**
21/03/2013 09:25	58,7	56,8	1,9	**0,7**	**OUI**
21/03/2013 09:30	58,1	57,3	0,8	**1,8**	**OUI**
21/03/2013 09:35	58,6	57,2	1,4	**1,2**	**OUI**
21/03/2013 09:40	57,4	55,0	2,4	**0,2**	**OUI**
21/03/2013 09:45	58,1	56,0	2,1	**0,5**	**OUI**
21/03/2013 09:50	59,2	55,6	3,6	**1,0**	**OUI**

calage :	
LAeq LD ref jour	55,9
LAeq LD ref nuit	51,2
LAeq CD calé jour	58,5
LAeq CD calé nuit	**53,8**

Interprétations :

Le point CD4 peut être corrélé avec le point LD1 car tous ces intervalles communs sont cohérents. Un calage du LAeq CD nocturne est donc possible.

Corrélation CD5 :

Corrélation entre les niveaux sonores des points CD5 (CD) et LD1 (LD)

LAeq sur la période de mesure du courte durée

LAeq CD	67,0
LAeq LD	55,9
Delta base	11,1

les périodes non cohérentes du CD sont exclues du calcul

$L_{A,eq}$ sur l'intervalle de comparaison (5 minutes)

date et heure	LA,eq CD n°5	LA,eq LD n°1	Delta	**Delta - Delta base**	Mesure validée
21/03/2013 08:45	67,9	55,9	12,0	**0,9**	**OUI**
21/03/2013 08:50	67,2	56,5	10,7	**0,4**	**OUI**
21/03/2013 08:55	66,8	56,7	10,1	**1,0**	**OUI**
21/03/2013 09:00	67,3	56,2	11,1	**0,0**	**OUI**
21/03/2013 09:05	67,1	56,9	10,2	**0,9**	**OUI**
21/03/2013 09:10	66,5	55,5	11,0	**0,1**	**OUI**
21/03/2013 09:15	67,6	56,1	11,5	**0,4**	**OUI**

calage :	
LAeq LD ref jour	55,9
LAeq LD ref nuit	51,2
LAeq CD calé jour	67,0
LAeq CD calé nuit	62,3

Interprétations :

Le point CD5 peut être corrélé avec le point LD1 car tous ces intervalles communs sont cohérents. Un calage du LAeq CD nocturne est donc possible.

Corrélation CD6 :

Corrélation entre les niveaux sonores des points CD6 (CD) et LD3 (LD)

LAeq sur la période de mesure du courte durée

LAeq CD	69,5
LAeq LD	57,0
Delta base	12,5

les périodes non cohérentes du CD sont exclues du calcul

$L_{A,eq}$ sur l'intervalle de comparaison (5 minutes)

date et heure	LA,eq CD n°6	LA,eq LD n°3	Delta	**Delta - Delta base**	Mesure validée
21/03/2013 10:35	68,8	55,7	13,1	**0,6**	**OUI**
21/03/2013 10:40	69,8	56,2	13,6	**1,1**	**OUI**
21/03/2013 10:45	69,5	56,2	13,3	**0,8**	**OUI**
21/03/2013 10:50	69,9	55,0	14,9	**2,4**	*NON*
21/03/2013 10:55	69,2	55,5	13,7	**1,2**	**OUI**
21/03/2013 11:00	69,6	57,1	12,5	**0,0**	**OUI**
21/03/2013 11:05	70,1	56,7	13,4	**0,9**	**OUI**
21/03/2013 11:10	69,3	56,0	13,3	**0,8**	**OUI**
21/03/2013 11:15	69,5	55,9	13,6	**1,1**	**OUI**
21/03/2013 11:20	69,7	56,5	13,2	**0,7**	**OUI**
21/03/2013 11:25	69,1	55,4	13,7	**1,2**	**OUI**
21/03/2013 11:30	69,0	56,0	13,0	**0,5**	**OUI**
21/03/2013 11:35	69,7	55,4	14,3	**1,8**	**OUI**

calage :	
LAeq LD ref jour	57,0
LAeq LD ref nuit	55,5
LAeq CD calé jour	69,5
LAeq CD calé nuit	**68,0**

Interprétations :

Le point CD6 peut être corrélé avec le point LD3 car seulement un de ces intervalles communs est non cohérent. Un calage du LAeq CD nocturne est donc possible.

Corrélation CD7 :

Corrélation entre les niveaux sonores des points CD7 (CD) et LD3 (LD)

LAeq sur la période de mesure du courte durée

LAeq CD	61,0
LAeq LD	55,5
Delta base	5,5

les périodes non cohérentes du CD sont exclues du calcul

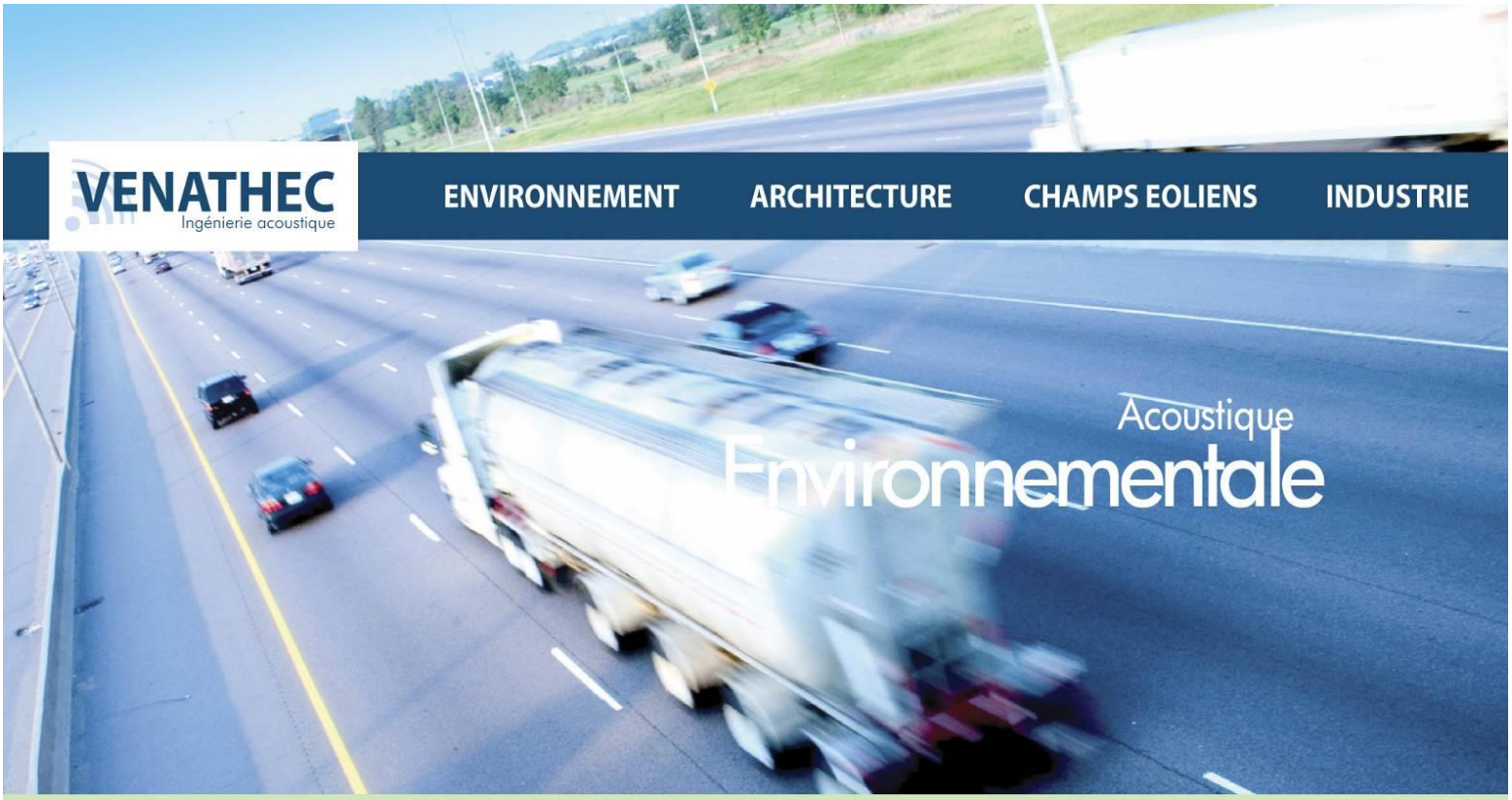
$L_{A,eq}$ sur l'intervalle de comparaison (1 minutes)

date et heure	LA,eq CD n°7	LA,eq LD n°3	Delta	**Delta - Delta base**	Mesure validée
21/03/2013 14:21	61,2	55,1	6,1	**0,6**	**OUI**
21/03/2013 14:22	63,1	55,0	8,1	**2,6**	*NON*
21/03/2013 14:23	62,5	55,3	7,2	**1,7**	**OUI**
21/03/2013 14:24	62,8	55,6	7,2	**1,7**	**OUI**
21/03/2013 14:25	61,2	53,9	7,3	**1,8**	**OUI**
21/03/2013 14:26	59,2	54,1	5,1	**0,4**	**OUI**
21/03/2013 14:27	60,7	54,4	6,3	**0,8**	**OUI**
21/03/2013 14:28	61,2	55,1	6,1	**0,6**	**OUI**
21/03/2013 14:29	61,4	55,8	5,6	**0,1**	**OUI**
21/03/2013 14:30	54,8	55,0	-0,2	**5,7**	*NON*
21/03/2013 14:31	58,8	55,1	3,7	**1,8**	**OUI**
21/03/2013 14:32	61,5	54,8	6,7	**1,2**	**OUI**
21/03/2013 14:33	56,2	56,5	-0,3	**5,8**	*NON*
21/03/2013 14:34	58,6	55,7	2,9	**2,6**	*NON*
21/03/2013 14:35	62,6	54,9	7,7	**2,2**	*NON*
21/03/2013 14:36	60,8	55,1	5,7	**0,2**	**OUI**
21/03/2013 14:37	61,4	54,8	6,6	**1,1**	**OUI**
21/03/2013 14:38	61,9	55,1	6,8	**1,3**	**OUI**
21/03/2013 14:39	59,2	54,3	4,9	**0,6**	**OUI**
21/03/2013 14:40	62,9	54,0	8,9	**3,4**	*NON*
21/03/2013 14:41	59,3	54,0	5,3	**0,2**	**OUI**
21/03/2013 14:42	62,9	55,1	7,8	**2,3**	*NON*
21/03/2013 14:43	54,6	58,6	-4,0	**9,5**	*NON*
21/03/2013 14:44	56,1	59,0	-2,9	**8,4**	*NON*
21/03/2013 14:45	63,8	59,0	4,8	**0,7**	**OUI**
21/03/2013 14:46	58,9	58,7	0,2	**5,3**	*NON*
21/03/2013 14:47	62,8	58,7	4,1	**1,4**	**OUI**
21/03/2013 14:48	57,1	57,7	-0,6	**6,1**	*NON*
21/03/2013 14:49	57,7	59,1	-1,4	**6,9**	*NON*
21/03/2013 14:50	64,1	59,8	4,3	**1,2**	**OUI**
21/03/2013 14:51	47,9	59,4	-11,5	**17,0**	*NON*

21/03/2013 14:52	63,3	61,8	1,5	**4,0**	*NON*
21/03/2013 14:53	56,6	57,7	-1,1	**6,6**	*NON*
21/03/2013 14:54	62,1	58,9	3,2	**2,3**	*NON*
21/03/2013 14:55	62,0	69,2	-7,2	**12,7**	*NON*
21/03/2013 14:56	61,4	70,2	-8,8	**14,3**	*NON*
21/03/2013 14:57	63,2	58,0	5,2	**0,3**	**OUI**
21/03/2013 14:58	61,3	60,7	0,6	**4,9**	*NON*
21/03/2013 14:59	62,0	60,0	2,0	**3,5**	*NON*
21/03/2013 15:00	62,1	58,6	3,5	**2,0**	*NON*
21/03/2013 15:01	60,2	57,9	2,3	**3,2**	*NON*
21/03/2013 15:02	57,3	54,9	2,4	**3,1**	*NON*
21/03/2013 15:03	54,0	54,6	-0,6	**6,1**	*NON*
21/03/2013 15:04	61,0	58,2	2,8	**2,7**	*NON*
21/03/2013 15:05	59,9	61,8	-1,9	**7,4**	*NON*
21/03/2013 15:06	58,1	59,1	-1,0	**6,5**	*NON*
21/03/2013 15:07	59,2	59,0	0,2	**5,3**	*NON*
21/03/2013 15:08	62,7	59,6	3,1	**2,4**	*NON*
21/03/2013 15:09	61,1	60,7	0,4	**5,1**	*NON*
21/03/2013 15:10	59,6	57,6	2,0	**3,5**	*NON*
21/03/2013 15:11	66,1	62,4	3,7	**1,8**	**OUI**
21/03/2013 15:12	62,8	64,5	-1,7	**7,2**	*NON*
21/03/2013 15:13	61,0	55,7	5,3	**0,2**	**OUI**
21/03/2013 15:14	60,0	58,0	2,0	**3,5**	*NON*
21/03/2013 15:15	61,6	59,8	1,8	**3,7**	*NON*
21/03/2013 15:16	59,6	58,9	0,7	**4,8**	*NON*
21/03/2013 15:17	59,1	55,8	3,3	**2,2**	*NON*
21/03/2013 15:18	62,5	55,1	7,4	**1,9**	**OUI**
21/03/2013 15:19	61,4	56,3	5,1	**0,4**	**OUI**
21/03/2013 15:20	62,6	56,0	6,6	**1,1**	**OUI**
21/03/2013 15:21	60,7	55,4	5,3	**0,2**	**OUI**
21/03/2013 15:22	58,2	55,0	3,2	**2,3**	*NON*

Interprétations :

Le point CD7 ne peut être corrélé avec le point LD3 car environ 60% des intervalles de comparaison sont non cohérents, après un échantillonnage de 1minute. Un calage du LAeq CD nocturne au point CD7 par la mesure longue durée LD3 n'est donc pas envisageable.



Rapport n°13-13-60-0042-B-MFA

Etude acoustique dans le cadre de l'aménagement de la ZAC de la Constance Phase 2

Aix en Provence (13)

DOCUMENT EDITE PAR :

AGENCE EST - SIEGE SOCIAL
Centre d'Affaires Les Nations
B.P. 10101 54503 VANDOEUVRE-LES-NANCY

AGENCE ILE-DE-FRANCE NORD
11 rue Jean-Jaurès
95400 ARNOUVILLE

AGENCE ILE-DE-FRANCE SUD
22 rue Descartes
94450 LIMEIL BREVANNES

AGENCE SUD
Centre d'Affaires La Ferme Entreprises
Parc de la Duranne, 225, Avenue Galilée
13857 AIX EN PROVENCE
Courriel : t.legay@venathec.com

INTERVENANTS :

Mickael FAVRE-FELIX
Tanguy LEGAY

Référence du document : 13-13-60-0042-B-MFA



Client	
Société	AIRELE secteur sud (Groupe Auddicé)
Adresse	Centre tertiaire de Lagnes Lieu-dit « La Pousselle » 84800 LAGNES
Tél	06 76 92 82 89
Fax	

Interlocuteur	
Nom	Sabrina MALANGE
Fonction	Ingénieur environnement et écologue
Courriel	sabrina.malange@airele.com

Diffusion	
Copie	1
Papier	
Informatique	X

Révision	
Indice	0
Date	16/10/2013
Rédaction	M. FAVRE-FELIX
Vérification	T. LEGAY
Contrôle qualité	T. LEGAY

La diffusion ou reproduction de ce document n'est autorisée
que sous la forme d'un fac simile comprenant 26 pages

SOMMAIRE

1. OBJET 4
2. REGLEMENTATION ACOUSTIQUE APPLICABLE 5
2.1. Rappels des impératifs réglementaires 5
2.2. Rappel des objectifs fixés 6
3. PRÉSENTATION DU PROJET 7
3.1. Plans du projet d'aménagement 7
3.2. Aménagements principaux prévus 7
4. MODELISATION DE L'ETAT FUTUR 8
4.1. Hypothèses - Infrastructures - Trafics 8
4.2. Hypothèses - Futurs bâtiments 9
5. ESTIMATION DE L'IMPACT DES ROUTES CREEES SUR LES HABITATIONS EXISTANTES 10
5.1. Carte de bruit prévisionnelles état futur - Horizon + 20 ans – Impact de routes créées 12
5.2. Analyse des résultats 13
6. ESTIMATION DE L'IMPACT FUTUR TOTAL 14
6.1. Cartes de bruit état futur - Horizon + 20 ans – Toutes infrastructures – R+2 15
6.2. Cartes de bruit état futur - Horizon + 20 ans – Toutes infrastructures – R+5 16
7. PRECONISATIONS ACOUSTIQUES 17
7.1. Dispositions à prendre lors de la conception des bâtiments 17
7.1.1. Position des bâtiments par rapport aux voies 17
7.1.2. Position des bâtiments entre eux 18
7.1.3. Intégration des bâtiments avec relief 19
7.2. Mise en œuvre d'un enrobé acoustique 19
7.3. Mise en œuvre d'écrans acoustiques 20
7.4. Renforcement acoustique des façades 24
8. EVALUATION DES COUTS RELATIFS AUX PROTECTIONS ACOUSTIQUES 25
9. CONCLUSION 26

1. OBJET

La Ville d'Aix-En-Provence a décidé d'aménager le secteur de la Constance sous forme de ZAC Publique. La SPLA Pays d'Aix Territoires est en charge de la réalisation de cette opération.

La société AIRELE a été missionnée pour la réalisation de l'étude d'impact permettant de constituer le dossier de création de la ZAC.

Le bureau d'étude acoustique VENATHEC, membre de l'équipe technique, est chargé du volet acoustique.

Le présent rapport est ainsi réalisé dans le cadre de l'étude d'impact acoustique relative à l'aménagement de la ZAC de la Constance à Aix en Provence.

Un premier rapport relatif à la caractérisation de l'état initial acoustique, et aux principaux axes de traitements, a été réalisé : *Rapport 13-13-60-0042-4-A-MFA Etude d'impact acoustique – ZAC de la Constance – Aix en Provence (13), daté du 09/09/13.* Ce rapport, relatif à la phase 1 fait partie intégrante du présent document.

Les objectifs cette étude, en phase 2, sont les suivants :

- Modélisation de l'état futur et réalisation de cartes de bruit
- Préconisations en matière de protections acoustiques et d'aménagement de la ZAC

2. REGLEMENTATION ACOUSTIQUE APPLICABLE

2.1. Rappels des impératifs réglementaires

Dans le cadre de la future ZAC de la Constance, deux cas de figures sont à prendre en compte :

- Cas n°1 : Les habitations / bâtiments existants et conservés
- Cas n°2 : Les habitations / bâtiments à construire

Cas n°1 :

Concernant les bâtiments conservés et vérifiant le principe d'antériorité, c'est la Maîtrise d'Ouvrage en charge de la **création des infrastructures**, qui devra s'assurer du respect des exigences réglementaires définies dans les paragraphes précédents.

Cas n°2 :

Concernant les bâtiments à construire, il est probable que leurs permis de construire soient postérieurs aux démarches effectuées pour la création des routes.

De ce fait, **c'est la Maîtrise d'Ouvrage en charge des futurs bâtiments qui devra se conformer aux exigences réglementaires de l'Arrêté du 30 Mai 1996** relatif aux modalités de classement des infrastructures de transports terrestres et à l'isolement acoustique des bâtiments d'habitation dans les secteurs affectés par le bruit. Ce critère concerne également les établissements d'enseignement et de santé.

Selon l'article 7 de l'Arrêté du 30 Mai 1996, « L'application de la réglementation consiste à respecter la valeur d'isolement acoustique minimal, …, **de telle sorte que le niveau de bruit à l'intérieur des pièces principales et cuisines soit égal ou inférieur à 35 dB(A) en période diurne et 30 dB(A) en période nocturne**, ces valeurs étant exprimées en niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A, de 6 heures à 22 heures pour la période diurne, et de 22 heures à 6 heures pour la période nocturne. Cette valeur d'isolement doit être égale ou supérieure à 30 dB(A) ».

Ce critère concerne également les **bâtiments de santé et d'enseignement.**

2.2. Rappel des objectifs fixés

Deux objectifs différents sont fixés :

- Le premier objectif porte sur les **habitations existantes** et conservées. L'impact sonore des **routes créées** ne devra en aucun cas dépasser les seuils fixés.
- Le deuxième concerne les **bâtiments qui seront construits** à proximité des autoroutes (bâtiments tertiaires) et ceux construits au cœur de la zone (logements). Les bâtiments construits seront donc postérieurs à la création des routes et autoroutes, les objectifs ne sont pas réglementés et visent à atteindre un certain niveau de confort. C'est le maître d'ouvrage en charge de la construction des futurs bâtiments qui devra respecter les valeurs réglementaires.

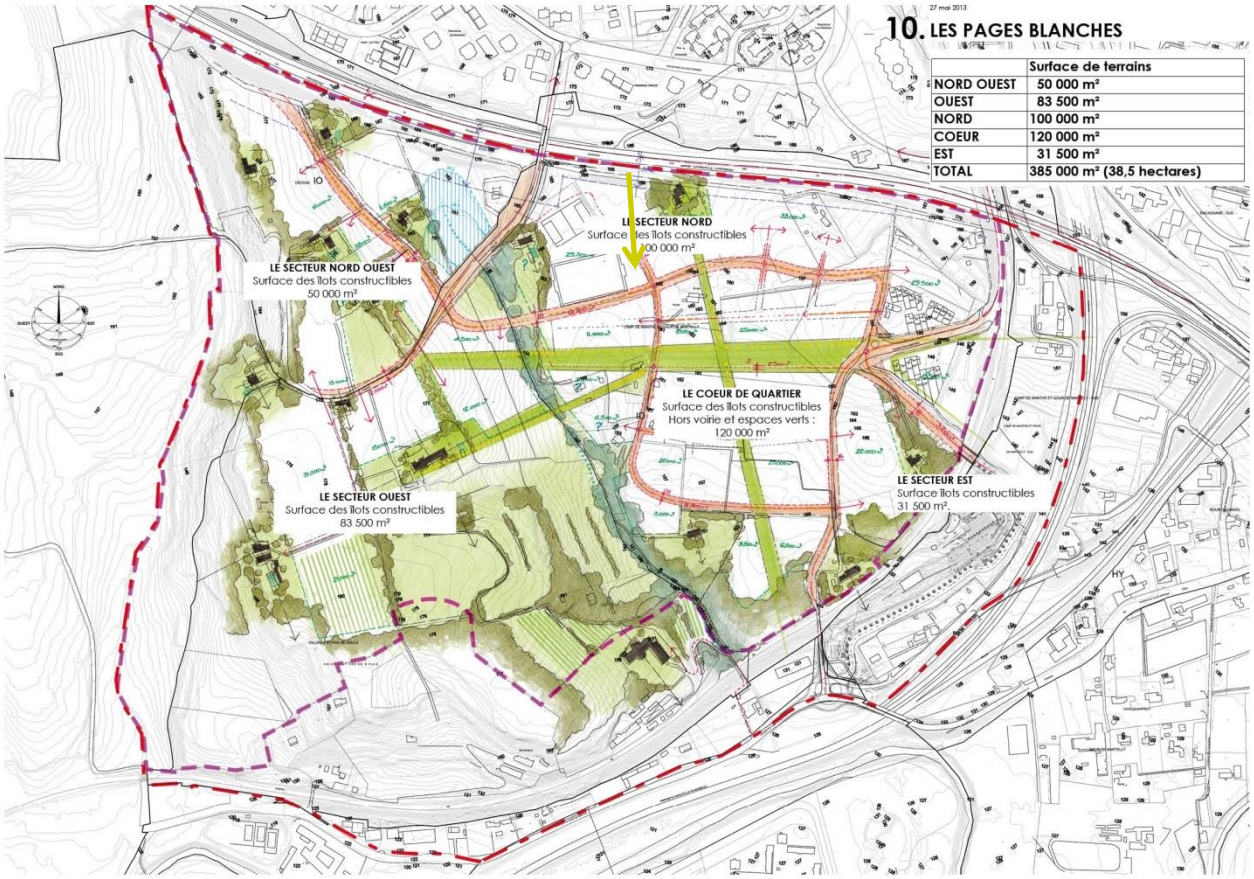
Les objectifs concernent les contributions sonores des infrastructures perçues en façades des bâtiments:

Objectifs bâtiments existants / routes créées		
Usage et nature des locaux	LAeq (6h - 22h)	LAeq (22h - 6h)
Logements en zone d'ambiance sonore préexistante modérée	**60 dBA**	**55 dBA**
Logements en zone d'ambiance sonore préexistante non modérée	65 dBA	60 dBA

Objectifs bâtiments nouveaux / infrastructures existantes et créées		
Usage et nature des locaux	LAeq (6h - 22h)	LAeq (22h - 6h)
Etablissements d'enseignement (à l'exclusion des ateliers bruyants et des locaux sportifs)	60 dBA	Aucune obligation
Logements en zone d'ambiance sonore préexistante modérée	60 dBA	55 dBA
Logements en zone d'ambiance sonore préexistante non modérée	65 dBA	60 dBA
Locaux à usage de bureaux en zone d'ambiance sonore préexistante modérée	**65 dBA**	**Aucune obligation**

3. PRÉSENTATION DU PROJET

3.1. Plans du projet d'aménagement



Vue aérienne de la zone en projet

3.2. Aménagements principaux prévus

Aménagement du quartier :

Type d'activités	Surface (m²)
Activités tertiaires	55 000
Logement social étudiant (CROUS)	18 000
Logement social autre	22 000
Logement accession	200 000
Commerces	20 000
TOTAL	315 000

4. MODELISATION DE L'ETAT FUTUR

Sur la base du modèle numérique créé lors de la phase 1 de l'étude, des simulations de l'état futur sont réalisées.

Ces simulations se basent sur un modèle numérique 3D recalé par l'intermédiaire des mesures in situ, permettant une caractérisation plus fiable des niveaux sonores prévisionnels.

4.1. Hypothèses - Infrastructures - Trafics

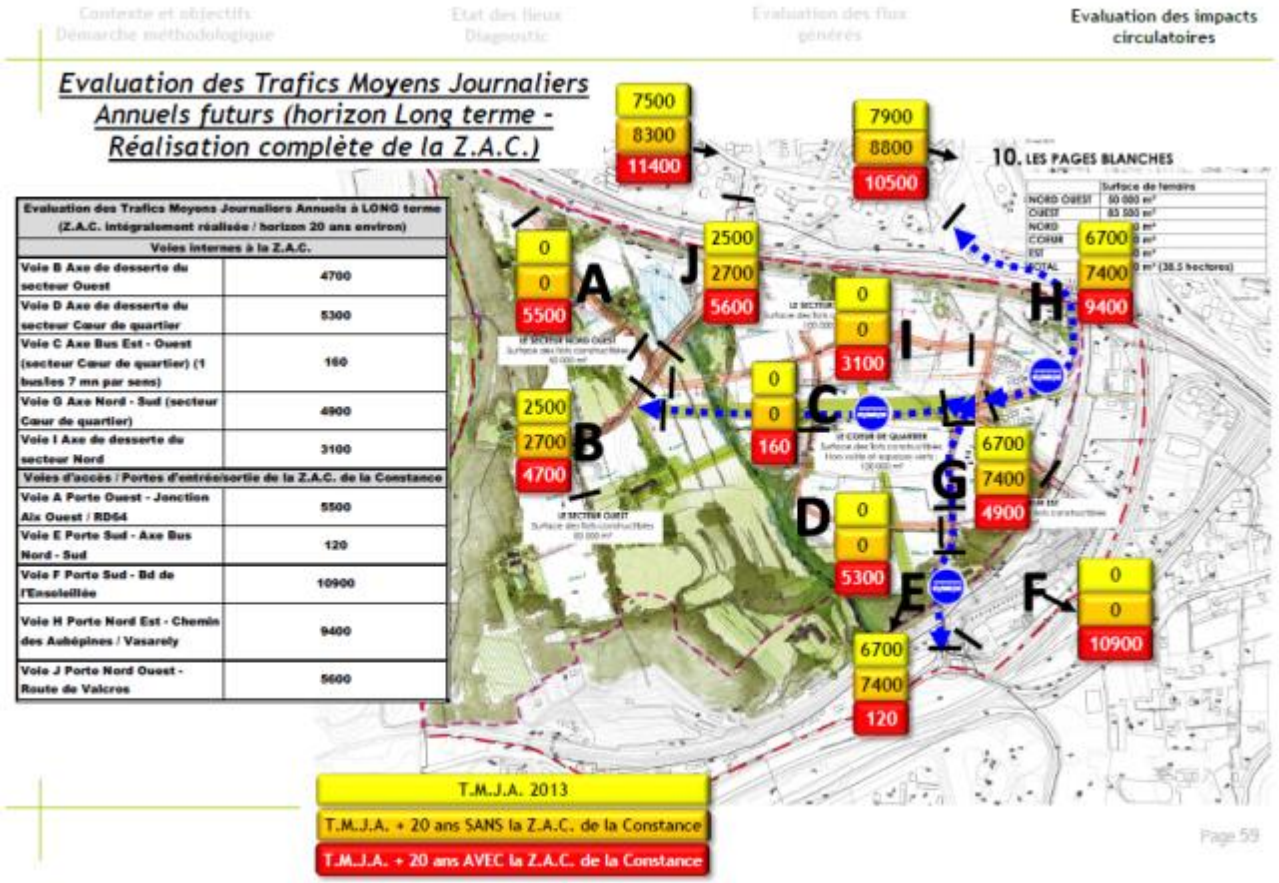
Infrastructures existantes :

Concernant les infrastructures routières, les hypothèses de trafic correspondent aux données actuelles disponibles à partir desquelles une estimation long terme est effectuée.

Les trafics considérés correspondent à l'horizon + 20 ans, soit en 2033, et intègrent la réouverture de la ligne voie ferrée Aix-Rognac.

Les trafics considérés sont présentés dans le rapport phase 1.

Infrastructures créées ou modifiées significativement :



Vitesse :

La vitesse considérée est de 50km/h sur l'ensemble des voiries internes. Elle est abaissée à 30 km/h au centre du projet (voies C, D, G et I).

Enrobé :

Un revêtement de voie de type R2 est considéré dans les calculs. Ce revêtement est un revêtement usuellement utilisé. Pour certaines voies (A, B, F et H), un revêtement de type R1 sera considéré.

4.2. Hypothèses - Futurs bâtiments

Les bâtiments au nord seront de type tertiaire en R+2. Sur le reste des lots ils seront de type logement de R+2 à R+5. Les bâtiments en R+5 sont localisés dans « Le Cœur de Quartier ».

L'implantation des nouveaux bâtiments n'est pas encore définie à ce stade du projet. Une implantation arbitraire est donc considérée dans cette étude.

Une réflexion quant à la forme générale des nouveaux bâtiments devra être menée lors de leur conception. Les formes et orientations des bâtiments devront optimiser le ratio surface de bâti exposées à de fort niveaux / surface de bâti en zone calme.

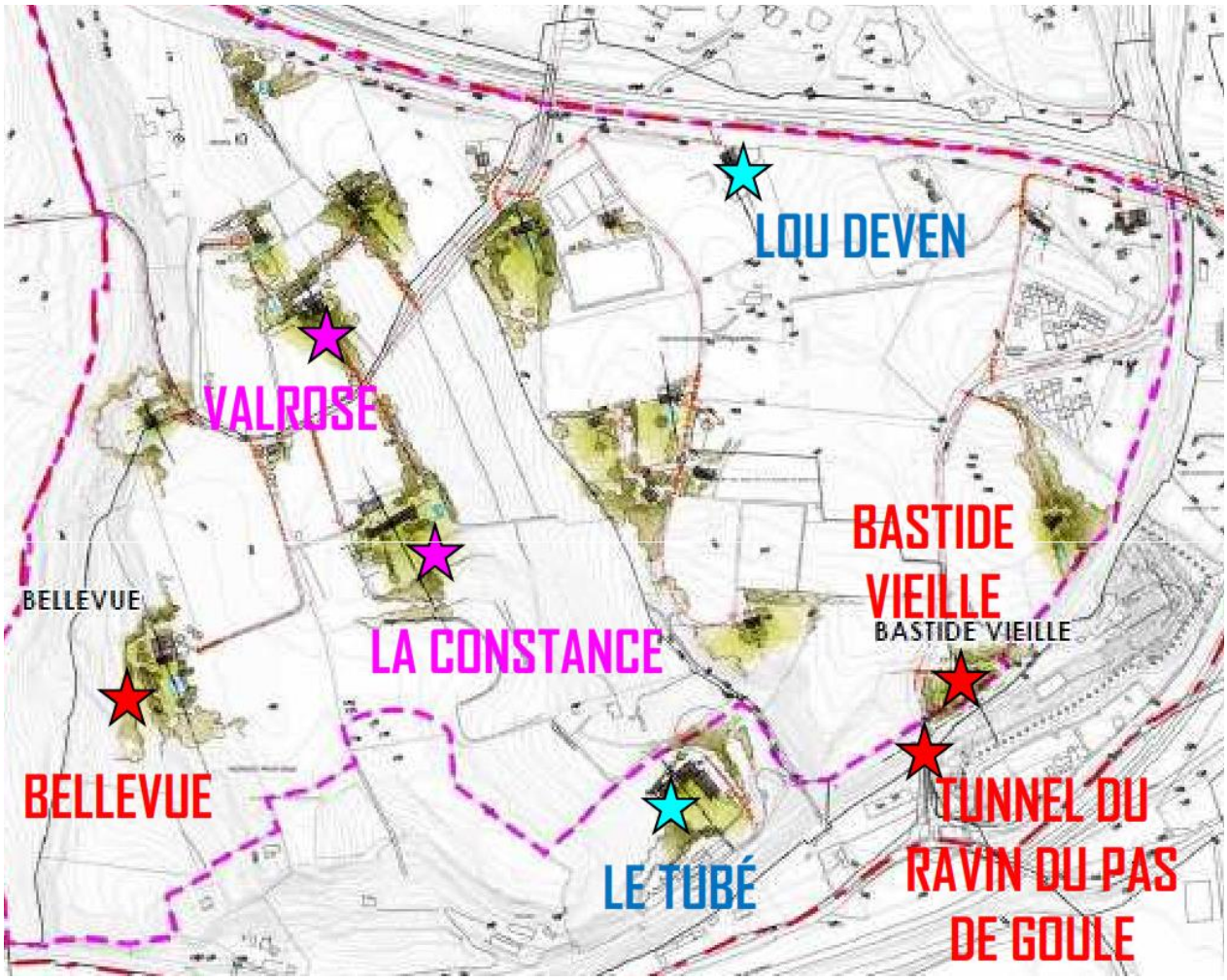
Les principes généraux de disposition des bâtiments par rapport aux voies sont exposés en partie *7 PRECONISATIONS ACOUSTIQUES.*

5. ESTIMATION DE L'IMPACT DES ROUTES CREEES SUR LES HABITATIONS EXISTANTES

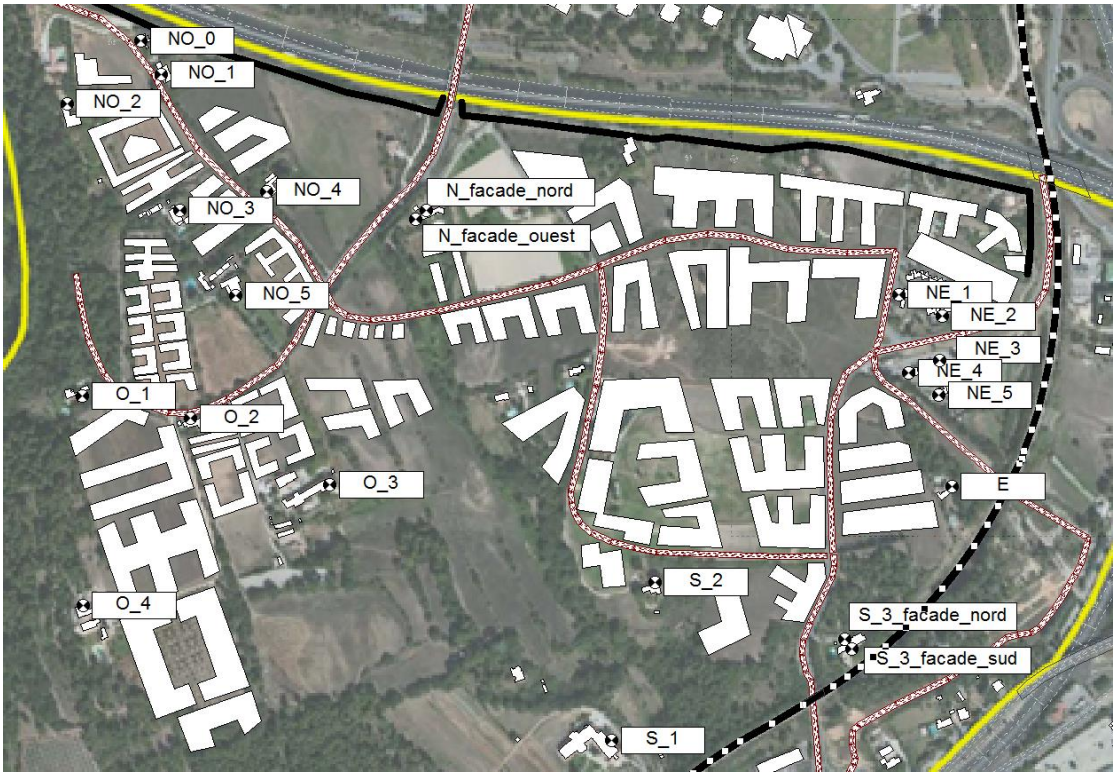
Ici seules les routes créées sont considérées dans les calculs. L'objectif étant de définir l'impact de ces nouvelles routes sur les habitations existantes et conservées.

Les objectifs correspondants sont réglementaires. Ils doivent être respectés.

Les cartes fournies ci-dessous permettent de localiser les habitations existantes et conservées :



Carte – Localisation des habitations existantes et conservées



Carte – Identification des habitations existantes et conservées

Commentaire :

A partir des mesures réalisées en phase 1, **toutes les habitations sont considérées en tant qu'habitation en zone préexistante modérée.**

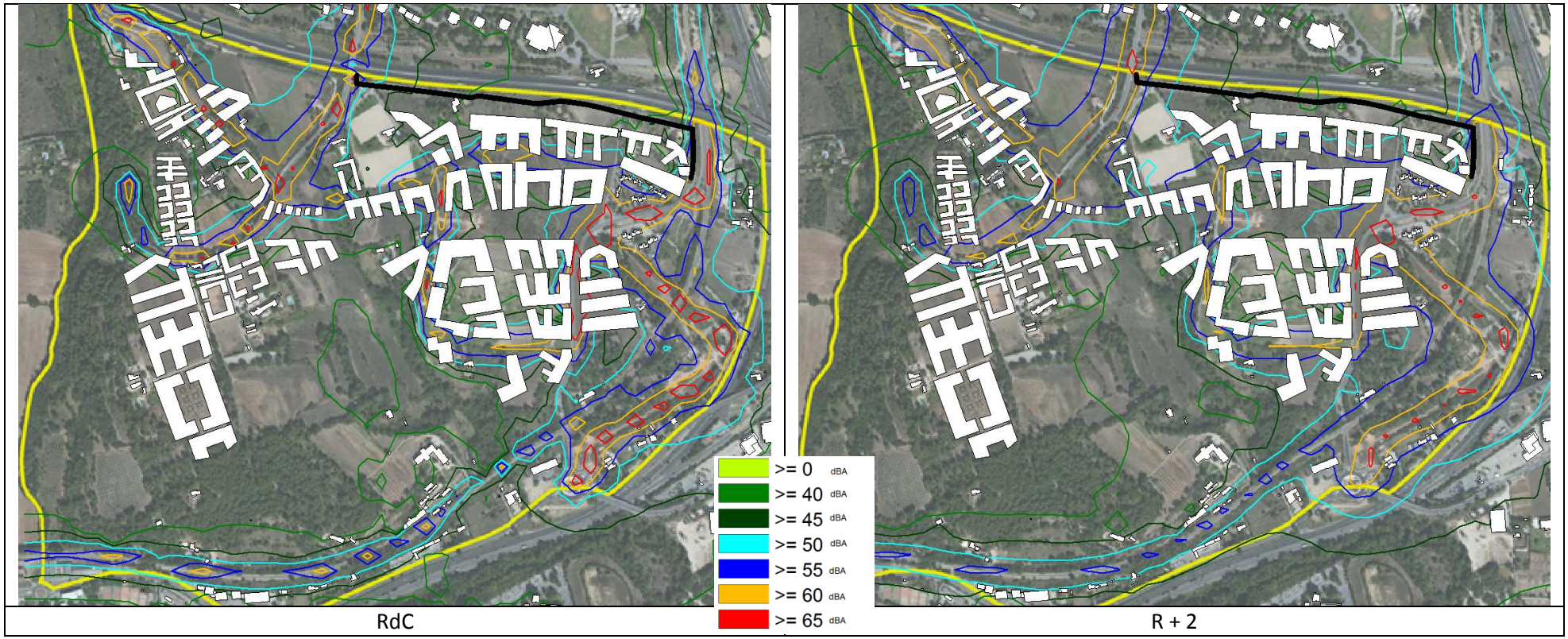
Concernant les habitations identifiées NO_0 et NO_1 : en l'absence de mesure à cet emplacement et compte tenu des différences de résultats obtenus à partir des mesures à proximité (*les résultats de la mesure de courte durée indiquent que la zone est qualifiée en* ***ambiance non modérée*** *alors que les résultats de la mesure de longue durée indiquent que la zone est qualifiée en* ***ambiance modérée***), ces logements sont considérés en tant qu'habitation en zone préexistante modérée. Cette hypothèse est retenue afin de se placer dans un cas conservateur.

En conséquence, l'impact sonore des routes nouvelles ne devra pas dépasser :

Impact sonore des routes nouvelles sur les habitations conservées	
JOUR	NUIT
60 dBA	55 dBA

5.1. Carte de bruit prévisionnelles état futur - Horizon + 20 ans – Impact de routes créées

Carte de bruit état futur – Impact des routes créées :



Cartes de bruit – Période diurne – Etat futur – Routes créées uniquement

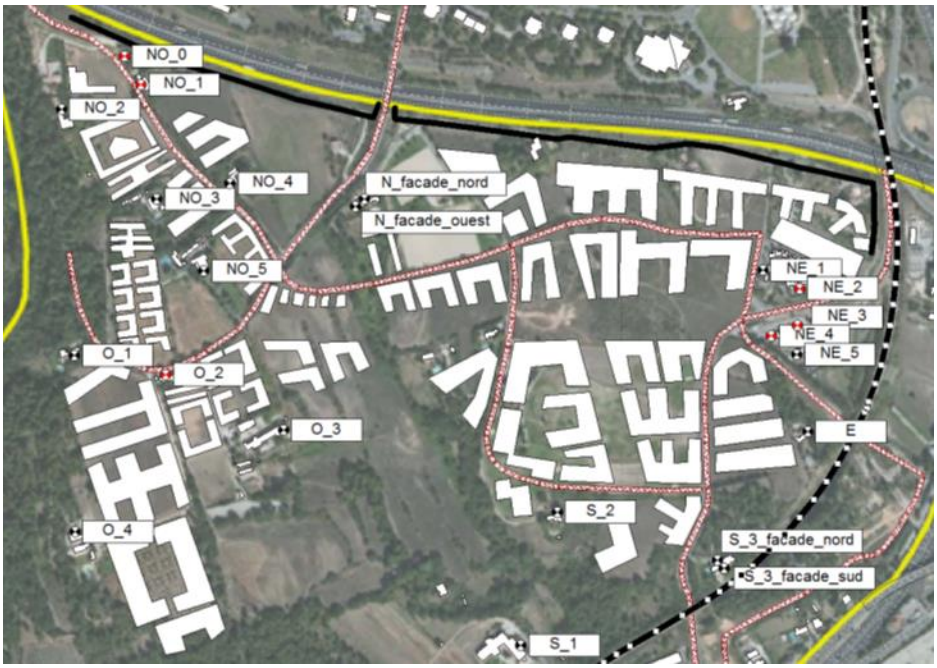
5.2. Analyse des résultats

Seules les cartes de bruit relatives à la période diurne, en RDC (h=2m) et en R+2, sont présentées.

Les cartes montrent que l'impact sonore des routes créées sera globalement faible. Les niveaux sonores seront néanmoins relativement importants à proximité immédiate des voies et en période diurne.

Une attention particulière devra être apportée aux habitations existantes très proches de ces nouvelles voies.

La carte ci-dessous permet de localiser les habitations existantes les plus sensibles par rapport aux objectifs réglementaires (point récepteur rouge ⛑ :



Carte – Identification des habitations sensibles

Commentaires :

En période diurne, le risque de dépassement des seuils est probable aux habitations identifiées : NO_0, NO_1, O_2, NE_2, NE_3 et NE_4.

En période nocturne, le risque de dépassement des seuils est faible.

Pour ces habitations un traitement par mise ne place de protection acoustique ou un renforcement de la façade pourra être réalisé.

Concernant les habitations NO_0, NO_1, NE_2, NE_3 et NE_4, il conviendra de vérifier l'ambiance sonore préexistante.

En effet, compte tenu de la proximité avec l'autoroute, il est probable que cette dernière soit supérieure aux seuils retenus ce qui engendrerait des objectifs plus élevés de 5 dBA.

D'après nos estimations, si ces habitations étaient classées en tant que zone préexistante non modérée, **l'impact des routes créées serait conforme à la réglementation, aussi bien en période diurne que nocturne.**

6. ESTIMATION DE L'IMPACT FUTUR TOTAL

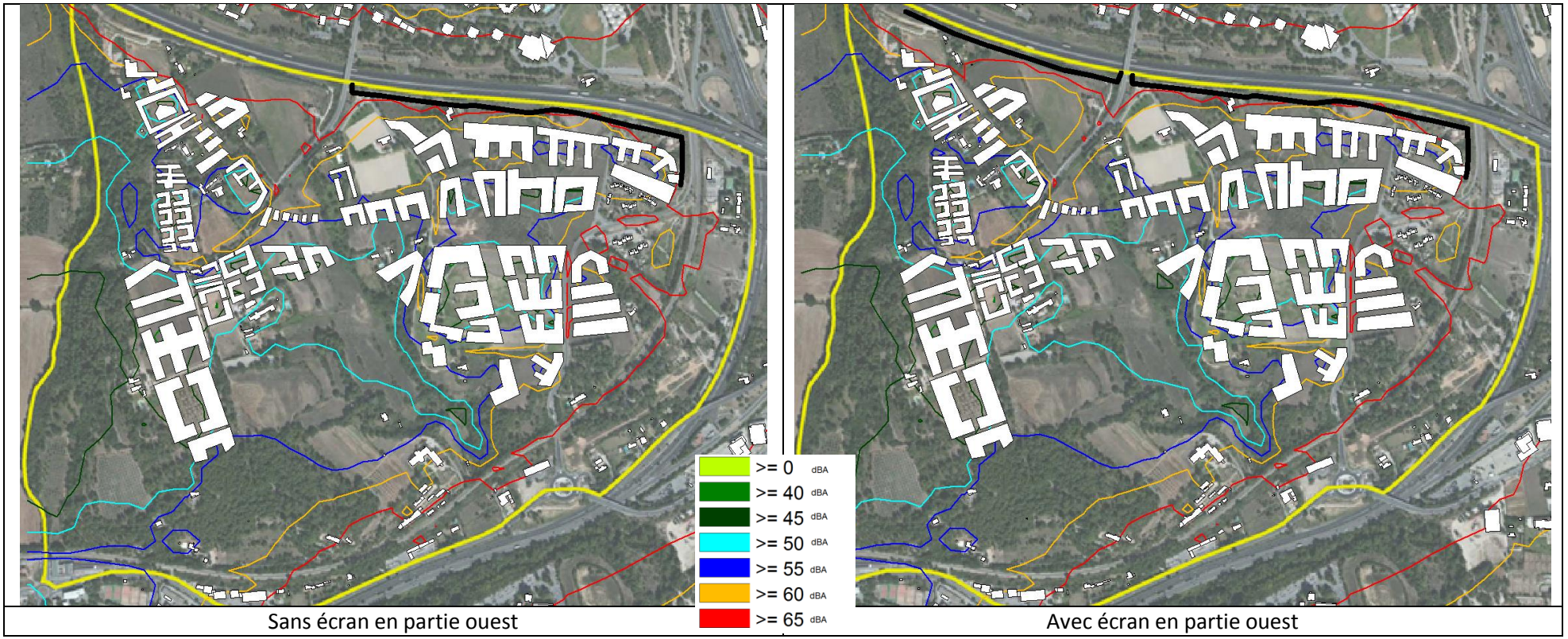
Ici l'ensemble des infrastructures est considéré dans les calculs. L'objectif étant de définir la répartition globale des niveaux sonores sur la zone et de valider les principes établis en phase 1 de l'étude.

Deux hypothèses de calcul sont retenues :

- Ecran acoustique sur toute la longueur de l'A8
- Ecran acoustique uniquement en partie EST de l'A8 (après la route de Valcros)

6.1. Cartes de bruit état futur - Horizon + 20 ans – Toutes infrastructures – R+2

Cartes de bruit à l'état futur – Avec et sans écran acoustique en partie ouest - Période diurne – R+2 :



Sans écran en partie ouest

Avec écran en partie ouest

Analyse des résultats

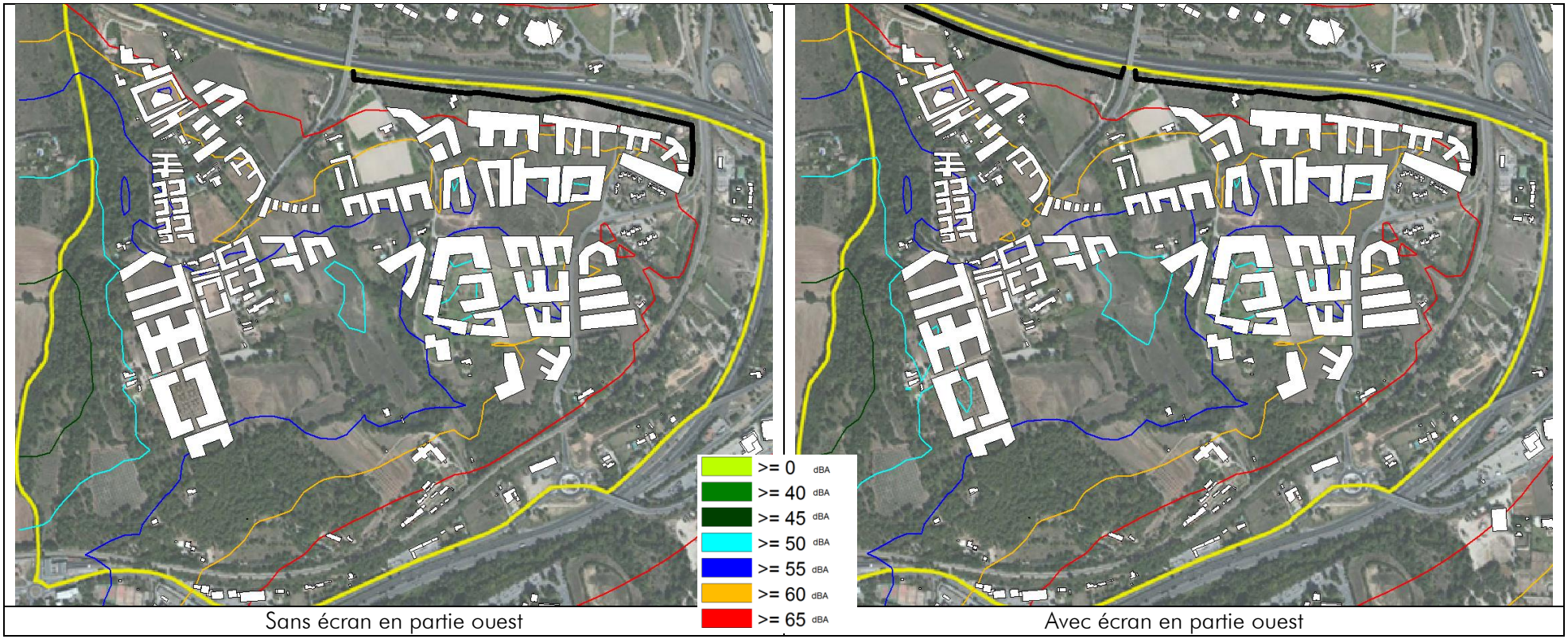
Compte tenu de la limite constructible en partie ouest (100mètres par rapport à la voie), et de la destination de la majeure partie des surfaces proches de l'autoroute, la mise en place d'un écran acoustique sur cette portion semble présenter une efficience modérée.

Pour protéger les nouveaux bâtiments sur cette partie nord-ouest de la zone, les mesures suivantes pourront être retenues :

- Mise en place d'un écran acoustique sur une portion efficace pour les nouveaux bâtiments
- Recul des constructions par rapport à la voie

6.2. Cartes de bruit état futur - Horizon + 20 ans – Toutes infrastructures – R+5

Cartes de bruit à l'état futur – Avec et sans écran acoustique en partie ouest - Période diurne - R+5 :



Sans écran en partie ouest | Avec écran en partie ouest

Analyse des résultats

Les bâtiments de type R+5 au cœur du site présentent des niveaux inférieurs à 65 dBA de jour. De nombreux bâtiments sont exposés à des niveaux inférieurs à 60 dBA.

La présence de l'écran en partie OUEST ne semble pas apporter de gain notable pour les bâtis en R+5.

7. PRECONISATIONS ACOUSTIQUES

Les préconisations visent à maîtriser l'impact sonore sur la zone et sont basées sur les objectifs fixés en partie *2.2 Rappel des objectifs fixés.*

Plusieurs axes de solutions sont proposés :

- Dispositions à prendre lors de la conception des bâtiments
- Mise en place d'un enrobé acoustique
- Mise en place d'écrans acoustiques ou merlon de terre
- Renforcement acoustique de façade

La réalisation d'un renforcement acoustique de façade pour chaque habitation ne sera étudiée qu'en dernier recours, les solutions collectives étant privilégiées pour limiter les nuisances sonores générées par la ZAC.

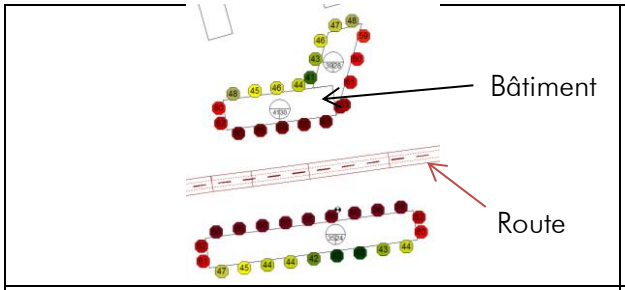
7.1. Dispositions à prendre lors de la conception des bâtiments

7.1.1. Position des bâtiments par rapport aux voies

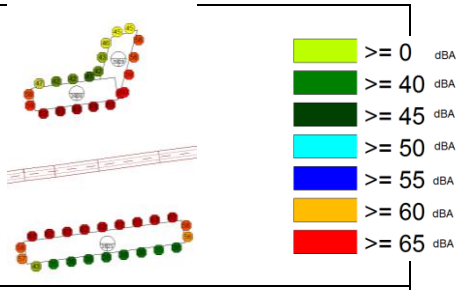
Eloignement par rapport aux voies

Plus les bâtiments sont éloignés de la voie, moins ils seront impactés.

En doublant la distance par rapport à la voie (par exemple : distance initiale de 15 mètres, distance finale de 30 mètres), le gain acoustique est de l'ordre de 3 dBA.



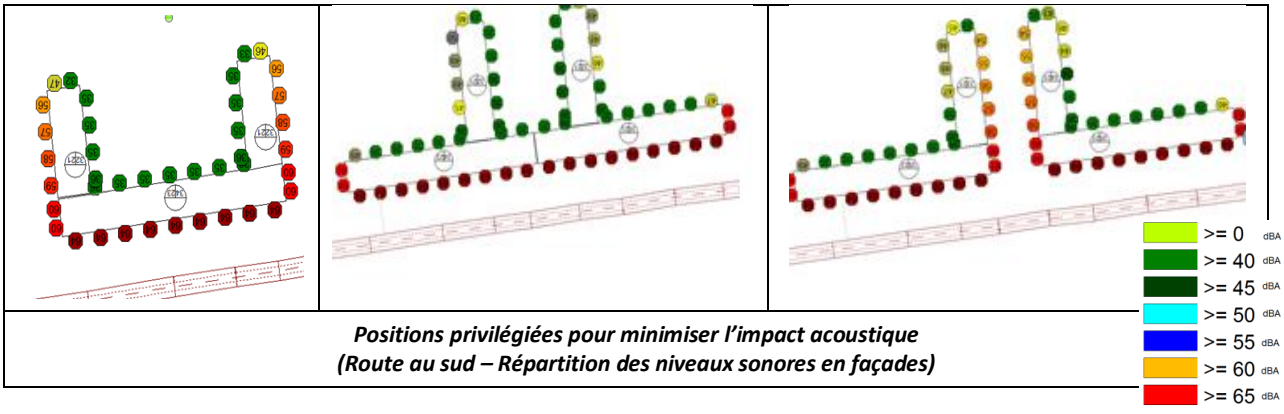
Bâtiments à 15m de la voie



Bâtiments à 30m de la voie

Forme / orientation des bâtiments par rapport aux voies

Indépendamment des considérations thermiques (qui influent généralement sur la position des chambres dans le cas de logement), 3 positions sont à privilégier à proximité d'une voie :

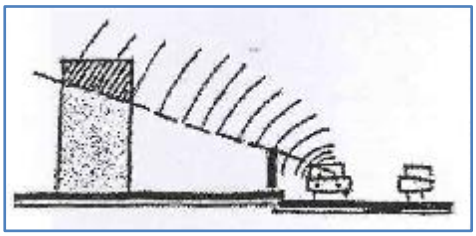


Positions privilégiées pour minimiser l'impact acoustique
(Route au sud – Répartition des niveaux sonores en façades)

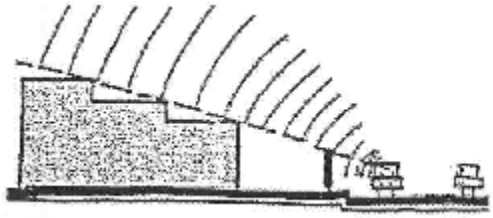
Ces trois positions de bâtiment ont l'avantage de présenter, dans le cas de logements traversants, des zones calmes (contrairement aux bâtiments perpendiculaires à la voie).
Sur ces zones calmes peuvent être positionnées les chambres des logements dans le but d'améliorer le confort des usagers.
Sur la façade la plus exposée, peuvent être positionnées les pièces posant moins de problème en matière de nuisances sonores : cuisine, salles d'eau, salon.
Les bâtiments perpendiculaires derrière un bâtiment parallèle à la voie, permettent la création de « cour intérieure » où le bruit ne s'engouffre pas.

Gabarit du bâtiment par rapport aux voies et aux protections acoustiques

La hauteur des bâtiments à proximité des voies sera limitée. L'objectif sera de concevoir des bâtiments bénéficiant, sur toute leur hauteur, de la protection acoustique de l'écran ou du merlon mis en place.



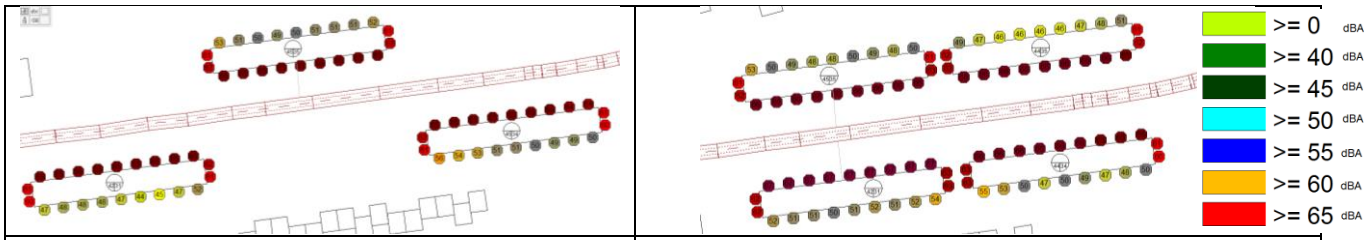
Particulièrement dans le cas de protections acoustiques, les bâtiments en terrasses peuvent constituer une solution satisfaisante en matière de réduction du niveau de bruit ambiant :



7.1.2. Position des bâtiments entre eux

La forme des bâtiments devra également tenir compte des habitations existantes. Les bâtiments créés ne devront pas être à l'origine d'une augmentation sensible du niveau sonore au sein de la propriété voisine, par effet de réflexion du bruit des routes sur les façades.

En effet, on évitera de positionner des grandes façades en face à face, avec une route à fort trafic au centre. La création de tels bâtiments parallèles engendrera des réflexions des ondes sonores et augmentera l'impact de la route au sein des logements.



Bâtiments alternés	Bâtiments face à face

L'exemple montre qu'en évitant de positionner les bâtiments face à face, le niveau de bruit en façade baisse de 1 à 2 dBA.

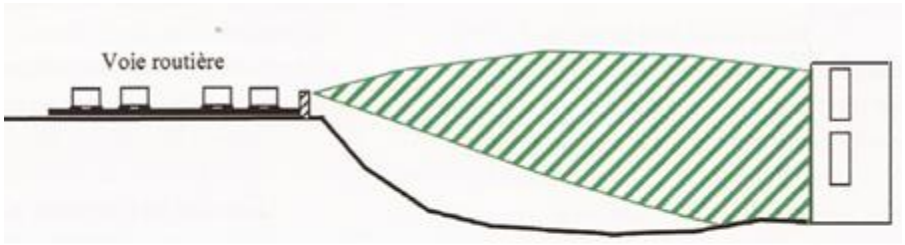
La position des futurs bâtiments pourra être retenue de manière à jouer un rôle d'écran acoustique entre l'autoroute, les voies nouvelles et les logements préexistants. De nouveaux bâtiments seront alors créés entre la route principale et les habitations actuelles. C'est par exemple le cas pour les habitations identifiées NO_2, NO_3, NO_5 et O_4 en partie *5 ESTIMATION DE L'IMPACT DES ROUTES CREEES SUR LES HABITATIONS EXISTANTES.*

7.1.3. Intégration des bâtiments avec relief

Enfin, il est recommandé d'utiliser le relief actuel du site en positionnant les bâtiments en contre-bas par rapport à l'autoroute A8.
En effet, l'utilisation du relief permettra une plus grande protection des futurs bâtis.

Position des bâtis en contre-bas

=> Zone protégée importante



Position des bâtis à la même altitude

=> Zone protégée très faible

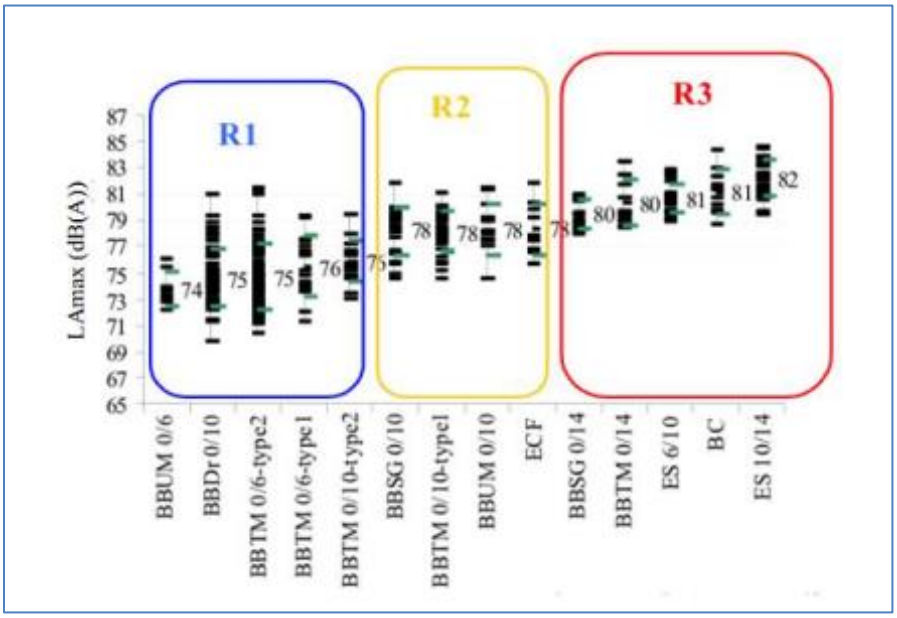


7.2. Mise en œuvre d'un enrobé acoustique

La mise en œuvre d'un enrobé acoustique ou drainant a pour effet de réduire significativement les bruits de roulement (contact pneu /chaussée) qui sont prépondérants à partir de 50 km/h.

Pour une vitesse inférieure ou égale à 50km/h, le bruit du moteur est encore important et l'intérêt de réduire le bruit de roulement est moins évident.

La nouvelle méthode NMPB 2008 permet d'évaluer l'impact acoustique de différents enrobés ou revêtements de chaussée selon 3 catégories principales :



D'après les calculs réalisés, la mise en œuvre d'un enrobé acoustique permettrait néanmoins une baisse du niveau sonore en façade de 1.5 à 2 dBA.

Cette solution sera mise en œuvre prioritairement sera les voies A, B, F et H identifiées dans l'étude de trafic. Elle pourra être élargie à toute la zone pour obtenir un niveau de confort supérieur.

7.3. Mise en œuvre d'écrans acoustiques

Ecrans acoustiques pour les habitations existantes :

Les écrans seront positionnés au plus près possible des voies.

Des écrans pourront être mis en œuvre ponctuellement, au niveau des habitations présentant des impacts sonores supérieurs aux seuils réglementaires : habitations NO_0, NO_1, O_2, NE_2, NE_3 et NE_4.

Lorsque la mise en œuvre des écrans ne sera pas possible, notamment pour des raisons d'encombrement, un renforcement de l'isolement des façades devra être réalisé.

Ecrans acoustiques pour les futurs bâtiments :

Pour réduire les niveaux sonores en façade des futurs bâtiments tertiaires implantés au nord de la zone, la mise en œuvre d'écrans est envisagée.

Les écrans seront positionnés au plus près possible des voies.

L'écran considéré dans la présente étude pourra être remplacé par un merlon de terre. Le merlon devra présenter les mêmes caractéristiques dimensionnantes acoustiquement, à savoir hauteur en crête et distance de la crête par rapport à la voie.

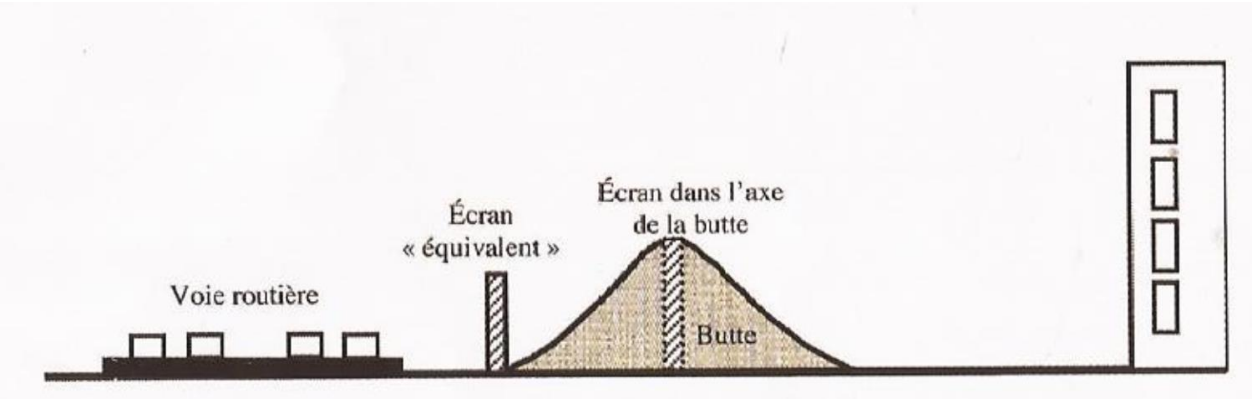


Schéma : équivalence Ecran / Merlon de terre

Une solution mixte : base en merlon de terre et écran en partie supérieure, ou mur de soutènement associé à un côté végétalisé, pourra être retenu.

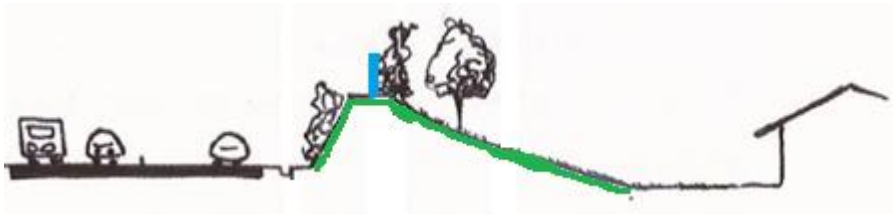


Schéma : solution mixte

<u>Positions des écrans acoustiques :</u>

Les écrans seront créés sur toute la longueur utile vis-à-vis des futurs bâtiments. Un dimensionnement précis sera établi en phase plus avancée du projet.

<u>Type d'écran envisageable :</u>

Les écrans acoustiques peuvent être :

- Hors ouvrage ou sur ouvrage
- Simple ou avec diffracteur
- Verticale ou inclinée
- Réfléchissant, absorbant simple face, absorbant double face
- En béton, béton bois, bois, métal, végétalisée, etc…
- Fondés sur pieux, sur micro-pieux, sur semelles, etc…

Les conceptions d'écrans acoustiques sont très diverses.

Exemples d'écrans acoustiques :

<table>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>Ecran végétalisé</td><td>Ecran translucide</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>Ecran en béton bois</td><td>Ecran en gabions</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>Ecrans métalliques</td><td>Ecrans en bois</td></tr>
</table>

Performance en isolation de l'écran (transmission):

D'ordinaire, on considère que si le bruit transmis à travers l'écran est inférieur de 10 dB aux bruits réfléchis, diffractés et absorbés, ce premier peut être considéré comme négligeable.

En réalité, les fabricants fournissent à peu près tous des écrans dotés de performances isolantes $D_{LR} \geq 25$ dB, ce qui est suffisant pour négliger le phénomène de transmission.

Il sera nécessaire de s'assurer que l'écran est classé dans la catégorie B3 ($DL_R \geq 25$ dB).

Performance en absorption de l'écran :

L'écran préconisé dans la cadre de la présente étude sera **absorbant côté autoroute**, de manière à limiter la réflexion du son de l'écran vers les habitations situées au nord.

Inclinaison :

L'inclinaison des écrans sera déterminée en phase plus avancée du projet.

Autres :

Outre les qualités d'isolation, le choix du type d'écran pourra également porter sur des aspects autres qu'acoustiques :

- Entretien, facilité de réparation
- Nettoyage des graffitis
- Transparence
- Résistance au vent et aux intempéries
- Dépollution
- Système anti-graffiti (produits 100 % biodégradables)

Intégration paysagère de l'écran :

La mise en place d'un écran acoustique le long d'une infrastructure de transport répond à la fonction principale d'atténuer le bruit de la circulation.

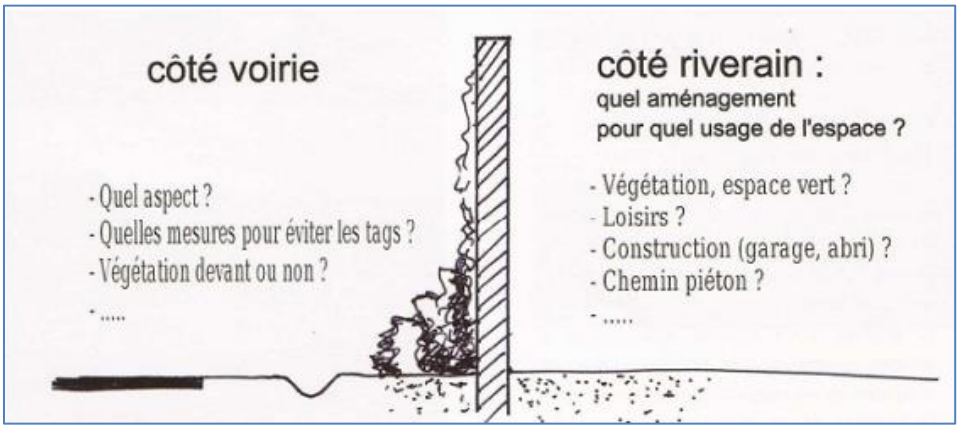
Pour autant, les dispositifs de protection acoustique doivent être conçus en tenant compte du contexte, du territoire, de la morphologie projetée des lieux.

Ces protections phoniques sont susceptibles d'engendrer des impacts visuels et paysagers non négligeables : fermeture visuelle du paysage, effet de coupure, arrière inesthétique de l'écran, etc…

Pour le confort des riverains de cette zone d'aménagement, l'objectif est double assurer une protection vis-à-vis des nuisances sonores tout en assurant une qualité visuelle et paysagère.

De ce constat, découle la nécessité de travailler en relation avec l'équipe de concepteurs et notamment l'équipe en charge de l'aménagement paysager.

En effet, une bonne collaboration entre l'acousticien et le paysagiste permettra de trouver un compromis entre efficacité acoustique et qualité paysagère : le paysagiste pourra travailler sur les formes, les plantations, la végétation, les couleurs alors que l'acousticien va travailler sur le positionnement, la hauteur, la longueur ou et les caractéristiques en affaiblissement acoustique et en absorption.



Croquis issu du document « Les écrans acoustiques – guide de conception et de réalisation » Certu

Cas d'un merlon de terre avec recyclage des matériaux déblayés sur le site (terre issue des chantiers de construction de la ZAC) :

Pour des raisons de recyclage et d'optimisation des matériaux employés pour la réalisation du merlon, il est envisagé de réutiliser les matériaux issus des déblais des constructions au sein de la ZAC. Ce principe est très intéressant d'un point de vue écologique mais certaines mesures devront notamment être prises s'il est retenu.

Lors de ce type d'opération un délai entre l'achèvement du merlon et la livraison des constructions peut être constaté. **Il est important que la protection acoustique soit assurée dès la livraison des bâtiments afin de ne pas créer de période où les riverains ou occupants seraient non protégés.**

En effet cette période pourrait avoir un effet nuisible pour le projet car les futurs occupants auraient plus de mal « à oublier » le bruit des routes.

Dans ce cas de figure il est fortement conseillé de prévoir des solutions de protection provisoire.

7.4. Renforcement acoustique des façades

La mise en œuvre d'une solution de protection acoustique collective (écran acoustique) n'étant pas suffisante pour certaines habitations, il sera nécessaire de réaliser un renforcement acoustique de façade.

L'objectif d'isolement acoustique est calculé de manière à ce que les exigences de l'Arrêté du 30 mai 1996 soient respectées à savoir un niveau de bruit à l'intérieur des pièces principales et cuisines égal ou inférieur à 35 dBA en période diurne et 30 dBA en période nocturne.

L'objectif d'isolement acoustique minimal se calcule en fonction du niveau sonore calculé en façade et du niveau sonore recherché à l'intérieur de l'habitation :

- $D_{nTA,Tr}$ = LAeq (6-22h) - 35 dB
- $D_{nTA,Tr}$ = LAeq (22-6h) - 30 dB

Avec un isolement minimum $D_{nTA,Tr} \geq 30$ dB.

8. EVALUATION DES COUTS RELATIFS AUX PROTECTIONS ACOUSTIQUES

1-Coût de la mise en œuvre de l'écran acoustique :

Le coût moyen de la mise en œuvre d'un écran est de 500 € HT/m², mais ce coût peut varier très fortement en fonction du matériau, des quantités, du type de fondation et des conditions de travaux.

Dimensions de l'écran (partie EST + retour le long de l'A51) : 800 ml pour une hauteur moyenne de 6m soit 4800 m².

Cout prévisionnel de l'écran acoustique : 2 400 000 € HT.

1bis - Coût de la mise en œuvre d'un merlon :

Coût des terrassements avec récupération de matériaux excédentaires (déblais et mise en remblais) : 7 €/m³.

Coût des aménagements paysagers : 9 €/m².

Ces coûts peuvent varier très fortement en fonction des matériaux, des quantités, complexité, type de plantation. Ils ne tiennent pas compte d'une éventuelle d'acquisition foncière.

Dimensions du merlon préconisé (partie EST) : 690 ml pour une hauteur moyenne de 6m, soit 85 000 m³.

Cout prévisionnel du merlon : 657 000 € HT.

2-Coût du renforcement de façade des habitations :

Le coût forfaitaire d'un isolement de façade est évalué à environ 10 000 € HT : il comprend l'ensemble des étapes définies précédemment. Les travaux consistent principalement à changer les menuiseries et redimensionner la ventilation.

Coût prévisionnel (renforcement de 4 habitations) : 40 000 € HT.

3-Coût de la mise en œuvre d'un enrobé acoustique (le cas échéant) :

Le surcout est évalué autour de 20 à 30 % par rapport à un enrobé classique.

Le coût d'un enrobé acoustique est de l'ordre de 10 à 20 €/m² HT : coût variable en fonction de l'enrobé choisi, du type de linéaire ou encore des conditions de mise en œuvre).

Il faut également prévoir un coût d'entretien en complément pour la conservation des performances acoustiques (environ 1€/m²/an).

Coût prévisionnel (surface traitée 13 300m²) : 199 500 € HT.

Surcoût par rapport à un enrobé classique : 49 875 € HT.

9. CONCLUSION

L'étude acoustique relative à l'aménagement de la ZAC de la Constance à Aix en Provence a permis de définir les préconisations générales en matière de maîtrise de l'impact acoustique.

D'après les mesures et calculs prévisionnels réalisés, il en ressort que :

- L'impact sonore des infrastructures créées respectera les seuils réglementaires au sein des habitations préexistantes et conservées. Certaines dispositions, telles que les emplacements et formes des bâtis à construire, le type de revêtement de chaussée, voire la mise en place de protection au droit des habitations les plus sensibles, devront être prises afin de limiter cet impact sonore.
- La construction de bâtiments de type tertiaire (bureaux) au nord de la zone est compatible avec les objectifs de niveaux sonores retenus. Ces bâtiments disposeront d'un gabarit limité en hauteur (R+2) et seront positionnés à une certaine distance de l'autoroute.
- La construction de logements au cœur du site est compatible avec les objectifs de niveaux sonores retenus. Ces bâtiments pourront quant à eux présenter un gabarit plus important (≥R+2).

Le dimensionnement précis des protections acoustiques à mettre en œuvre devra être étudié en phase plus avancée du projet, et tiendra compte des hypothèses finales retenues.

ANNEXE N°7 : ÉTUDE DE LA FLORE ET DES HABITATS

Opération d'aménagement sous forme de ZAC du secteur de la Constance à Aix en Provence

Expertises écologiques sur la flore et les habitats naturels

Endemys
Cabinet d'études et de conseils
Environnement & Développement local

16/12/2013

Contenu

1 Analyse de l'état initial 3

1.1 Situation géographique du site d'étude 3

1.2 Présentation des protocoles d'inventaire floristiques et de cartographie de végétation 3

1.2.1 Flore 3

1.2.2 Cartographie de végétation 4

1.3 Flore et habitats naturels 5

1.3.1 Description des peuplements végétaux 5

1.3.2 Inventaire floristique 8

2 Evaluation de l'impacts du projet 20

3 Proposition de mesure de suppression et réduction d'impact 20

4 Conclusion 21

5 Bibliographie 21

Figure 1. Aire d'étude 3
Figure 2 Cartographie de végétation du site d'étude 7
Figure 3. Localisation des espèces végétales protégées 19

Tableau I. Liste des taxons observés sur la commune d'Aix-en-Provence 9
Tableau II. Liste non exhaustive des principales espèces végétales rencontrées sur le site 12

1 ANALYSE DE L'ÉTAT INITIAL

1.1 Situation géographique du site d'étude

La ville d'Aix-en-Provence a décidé d'aménager le secteur de la Constance situé sur le territoire sous forme de ZAC publique et d'en confier la réalisation à la SPA Pays d'Aix Territoires.

Ce secteur d'une surface de 100 ha environ, situé à proximité immédiate des urbanisations Est de la ville (Jas de Bouffan, Encagnane), a été identifié comme secteur à enjeux majeurs pour la ville qui souhaite y développer une opération d'aménagement significative sous forme d'un quartier durable apportant en particulier une offre d'habitats adaptée à ses besoins.

Le périmètre d'étude est présenté par la Figure 1



Figure 1. Aire d'étude

1.2 Présentation des protocoles d'inventaire floristiques et de cartographie de végétation

1.2.1 Flore

A partir des données recueillies, le croisement entre les espèces patrimoniales potentielles et les types d'habitats optimaux pour ces espèces a permis d'effectuer un premier zonage sur l'orthophotoplan, par photo-interprétation.

Ensuite, l'inventaire a été orienté vers la localisation de stations d'espèces patrimoniales (espèces protégées, espèces d'intérêt communautaire, espèces déterminantes et remarquables pour les ZNIEFF, espèces inscrites en listes rouges).

Pour cela, on a procédé à un échantillonnage systématique qui a consisté à multiplier les parcelles échantillonnées de manière à appréhender l'hétérogénéité du site en fonction des milieux présents et de disposer d'une bonne représentativité du cortège floristique, dans les différentes situations écologiques.

En effet, pour chaque station échantillonnée, l'inventaire a consisté à établir la liste des espèces patrimoniales. De plus, une liste du cortège floristique distincte a été établie pour chacun des différents types de milieux. La surface des relevés a été définie par la notion d'aire minimum : lorsqu'en doublant la surface prospectée, on n'a plus relevé d'espèces nouvelles, on a estimé que l'évaluation de la composition floristique d'un groupement était proche de l'exhaustivité.

Les listes d'espèces relevées ont, ensuite, été confrontées aux listes d'espèces remarquables, protégées ou menacées. En cas de présence d'une espèce remarquable dans les relevés, on a approfondi les investigations de manière à pondérer les enjeux. Ainsi, pour chaque station identifiée, ont été précisées, entre autres : - la localisation précise (points GPS), - les conditions stationnelles, - les limites de la station, - la densité de l'espèce dans l'ensemble de la station, - la densité maximale au m², - l'estimation approximative du nombre de pieds, - les menaces directes et indirectes pesant sur la conservation de la station…

Ces éléments ont permis d'apprécier la représentativité de la station dans l'aire d'étude et dans l'aire d'influence, la place de la station dans l'aire de distribution de l'espèce, ainsi que le niveau d'enjeu de la station pour la conservation de l'espèce.

Nous avons également porté une attention particulière aux espèces invasives. Dans le cas où nous relevions la présence d'une espèce invasive lors de nos inventaires, nous avons précisé la localisation et sa dynamique en cours.

A ce jour, sept prospections terrain ont été effectuées : le 12/03/2013, le 09/04/2013, le 15/05/2013, le 18/06/2013, le 22/08/2013, le 29/10/2013 et le 10/12/2013.

1.2.2 Cartographie de végétation

Tout d'abord, nous avons synthétisé les données existantes concernant le site d'étude. Des cartographies récentes ou anciennes constituent des sources d'informations utiles afin d'apprécier la dynamique des milieux, de réaliser un pré-zonage des habitats, de prévoir les zones à prospecter et de déterminer au mieux la future zone d'étude : fonds cartographique IGN (SCAN25, orthophoto,…) données IFN, Google-Earth, Géoportail ; cartes de végétation locales et cartes des peuplements forestiers (IFN, ONF, …) ; données collectées par les acteurs locaux (associations naturalistes, scientifiques, collectivités, gestionnaires,…).

Il convient de signaler que ces différents supports (suscités ou non) peuvent manquer de précision et doivent être utilisés avec circonspection lors de la délimitation des polygones. En cas de divergence entre les différentes sources, les fonds cartographiques de l'IGN serviront de référence pour déterminer au mieux la future zone d'étude.

Ensuite, on a réalisé, sous ArcView, un pré-zonage des ilots de végétation à partir des documents cartographiques disponibles. Chaque ilot a fait l'objet d'une première définition provisoire en grandes unités selon la typologie CORINE BIOTOPE (exemples : Plage de sable 16.1 ; Cotes rocheuses et falaises maritimes 18.0). En effet, la photo-interprétation a pour objectif de réaliser un premier zonage des habitats à partir des documents cartographiques et d'une reconnaissance de terrain. A partir de ce travail préparatoire, nous avons déterminé la localisation et le calendrier des échantillonnages à

effectuer. En effet, la période de réalisation des relevés floristiques a été entreprise suivant la phénologie des espèces et habitats susceptibles d'être rencontrés.

Après, on a effectué un échantillonnage représentatif de la diversité du site (les zones de transition ou de contact entre plusieurs types de communautés végétales n'ont pas été échantillonnées) ce qui a permis la caractérisation des types de communautés végétales rencontrés sur la zone d'étude. La taille du relevé a été plus ou moins importante en fonction de la taille de la zone homogène de la végétation mais aussi de la diversité floristique. En effet, dans un secteur homogène, on a délimité un carré de 1m2 où l'on a listé les espèces présentes dans ce carré. Puis, on a doublé sa surface (2m2) et on a établi la liste d'espèces nouvelles. Et ainsi de suite, jusqu'à ne plus trouver de nouvelles espèces. Une fois ce résultat obtenu, on a estimé que l'échantillonnage était représentatif de la diversité du site. Une liste floristique des espèces présentes dans le relevé a été dressée pour chaque strate. Les noms des espèces végétales notées ont respecté la nomenclature du référentiel taxonomique du Muséum National d'Histoire Naturel. Et pour chaque relevé, on a noté la date, le lieu précis (cartographie), l'auteur, la surface du relevé, les particularités stationnelles, et le recouvrement total de chaque strate.

Enfin, la caractérisation des différents habitats naturels a été établie le plus précisément possible (exemple le plus précis : Dunes embryonnaires méditerranéennes 16.2112) en fonction de la complexité de l'habitat. On s'est basé donc sur l'analyse de ses échantillonnages en comparant la liste des espèces présentes et des espèces indicatrices de chaque habitat. La typologie utilisée pour la description de la végétation a été basé sur la typologie Corine Biotope et sur la typologie des Cahiers d'Habitats.

A ce jour, sept prospections terrain ont été effectuées : le 12/03/2013, le 09/04/2013, le 15/05/2013, le 18/06/2013, le 22/08/2013, le 29/10/2013 et le 10/12/2013.

1.3 Flore et habitats naturels

1.3.1 Description des peuplements végétaux

Le site d'étude est ancré dans un paysage de type industriel et urbanisé. Il est constitué de six habitats naturels :

→ Bois de chênes blancs eu-méditerranéen (code Corine Biotope : 41.714) : forêts de chênes blancs (*Quercus pubescens*) occupant des stations fraîches à l'intérieur de la zone méso-méditerranéenne, usuellement sur des ubacs ou sur des sols relativement profonds, avec le chêne vert (*Quercus ilex*). On retrouve également quelques chênes kermès (*Quercus coccifera*). Au niveau de la strate herbacée, on constate la présence de l'orchis pourpre (*Orchis purpurea*).

→ Forêts de pins d'Alep (code Corine Biotope : 42.84 et code Cahier Habitat : 9540) : Bois de *Pinus halepensis*, un colonisateur fréquent des formations de matorrals thermo- et méso-méditerranénnes calcicoles. Sur le site, cet habitat est représenté essentiellement par le pin d'Alep. Mais, on rencontre également le cortège habituel de garrigues sclérophylles.

Pour des raisons de clarté, lors de la réalisation de la cartographie de végétation (Figure 2), nous avons regroupé les deux habitats de forêts « Bois de chênes blancs eu-méditerranéen » et « Forêts de pins d'Alep » en un seul habitat : « **Forêts mixtes** ». En effet, ces deux habitats naturels peuvent se trouver sur le site de façons individuelles ou mélangées.

→ Terrains en friches (code Corine Biotope : 87.1) : Ce sont des terrains abandonnés sur des sols perturbés. Ils sont colonisés par de nombreuses plantes pionnières introduites ou nitrophiles. Ils fournissent parfois des habitats qui peuvent être utilisés par des animaux d'espaces ouverts. Sur le site d'étude, les terrains abandonnés sont des anciens vergers et des champs. Cet habitat est colonisé essentiellement par *Asphodelus aestivus, Dittrichia viscosa, Rubia peregrina, Hypericum perforatum, Parentucellia viscosa, Trifolium incarnatum.*

→ Villes, villages et sites industriels (code Corine Biotope : 86) ;

→ Vergers de hautes tiges (code Corine Biotope : 83.1) : Cultures d'arbres de haute tige cultivés pour la production de fruits. Sur le site d'étude, ce sont essentiellement des oliveraies.

→ Jardins (code Corine Biotope : 85.3) : Cet habitat représente des espaces privés entretenus tels que le golf et les jardins attenant aux habitations.

En conclusion, le site est essentiellement caractérisé par l'urbanisation. En effet, il est en majorité composé de propriétés privées, d'activités de loisirs tels que le golf ou l'équitation, de forêts, de vergers et de friches. Cependant, la forêt représente un habitat intéressant de part son intérêt paysager que par son intérêt écologique.

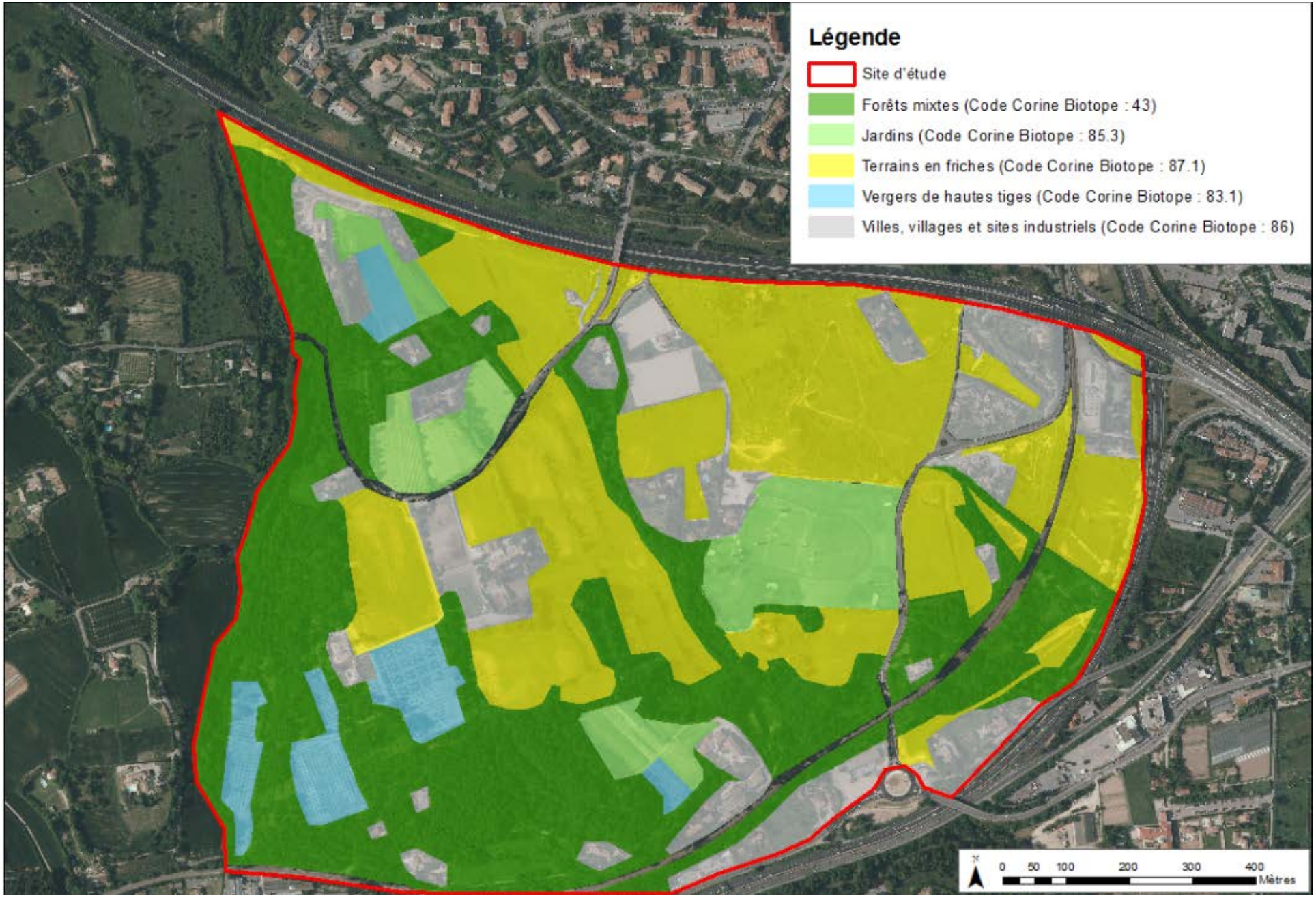


Figure 2 Cartographie de végétation du site d'étude

1.3.2 Inventaire floristique

Selon les données issues du Conservatoire Botanique National Méditerranéen de Porquerolles (CBNMP)[1], 36 espèces protégées ont été inventoriées sur la commune d'Aix-en-Provence (Tableau I)

Lors des sept campagnes de prospections effectuées, on constate une diversité végétale moyenne (Tableau II). En effet, le site d'étude est très dégradé (dépôts d'ordures, dépôt organiques, tas de sables) ce qui peut expliquer la pauvreté floristique.

Lors des différents relevés, **deux espèces protégées** ont été identifiées sur le site d'étude :

→ **Tulipe d'Agens *(Tulipa agenensis)*** : protégée au niveau national (art1) par l'arrêté modifié ministériel du 20 janvier relatif à la liste des espèces végétales protégées sur l'ensemble du territoire. de plus, La *Tulipa agenensis* est inscrite au livre rouge de la flore menacée en France (1995) : tome 1 espèce prioritaire (statut : vulnérable) et sur la liste de la Flore vasculaire de France métropolitaine - 1 (2012) avec un statut « En danger ».

→ **Mauve bisannuelle *(Alcea biennis)*** : protégée au niveau régional en PACA (arrêté du 9 mai 1994).

Les fiches de ces deux espèces protégées sont présentées ci-dessous et leur localisation générale est présentée par la Figure 3.

[1] Données issus du système « Silène » du CBNMP

Tableau I. Liste des taxons observés sur la commune d'Aix-en-Provence (Source : système « Silène » du CBNMP)

Taxons reconnus	Protection nationale[2] ou régionale[3] ou départementale[4]	Liste Rouge (LR)	Convention	Déterminante ou remarquable pour les ZNIEFF PACA
Allium nigrum L.	Régionale	Liste rouge européenne de l'UICN (2012) Liste rouge de la Flore vasculaire de France métropolitaine - 1 (2012)	-	Remarquable
Allium subhirsutum L.	Régionale	Liste rouge européenne de l'UICN (2012)	-	Remarquable
Anemone coronaria L.	Nationale	-	-	Remarquable
Anemone palmata L.	Nationale	Livre rouge de la flore menacée de France - Tome I : espèces prioritaires (1995) Liste rouge de la Flore vasculaire de France métropolitaine - 1 (2012)	-	Déterminante
Bellevalia romana (L.) Rchb.	Nationale	Liste rouge de la Flore vasculaire de France métropolitaine - 1 (2012) Livre rouge de la flore menacée de France (Tome I)	-	Déterminante
Bombycilaena discolor (Pers.) Lainz	Régionale	-	-	Remarquable
Carduus acicularis Bertol.	Régionale	Liste rouge de la Flore vasculaire de France métropolitaine - 1 (2012)	-	Déterminante
Cephalaria syriaca (L.) Schrad. ex Roem. & Schult.	Nationale	-	-	-
Convolvulus lineatus L.	Régionale	-	-	Remarquable
Crepis dioscoridis L.	Régionale	-	-	Déterminante
Cutandia maritima (L.) Barbey	Régionale	-	-	Déterminante
Delphinium staphisagria L.	Nationale	Liste rouge de la Flore vasculaire de France métropolitaine - 1 (2012) Livre rouge de la flore menacée de France (Tome I)	-	Déterminante
Euphorbia graminifolia Vill.	Nationale	-	-	Déterminante
Gagea villosa (M.Bieb.) Sweet	Nationale	-	-	Remarquable

[2] Arrêté modifié du 20 janvier 1982 relatif à la liste des espèces végétales protégées sur l'ensemble du territoire
[3] Arrêté du 9 mai 1994 relatif à la liste des espèces végétales protégées en région Provence-Alpes-Côte d'Azur
[4] Arrêté du 9 mai 1994 relatif à la liste des espèces végétales protégées en région Provence-Alpes-Côte d'Azur

Taxons reconnus	Protection nationale[2] ou régionale[3] ou départementale[4]	Liste Rouge (LR)	Convention	Déterminante ou remarquable pour les ZNIEFF PACA
Garidella nigellastrum L.	Nationale	Liste rouge de la Flore vasculaire de France métropolitaine - 1 (2012) Livre rouge de la flore menacée de France (Tome I)	-	Déterminante
Inula bifrons (L.) L.	Nationale	-	-	Déterminante
Inula helenioides DC.	Nationale	Liste rouge de la Flore vasculaire de France métropolitaine - 1 (2012) Livre rouge de la flore menacée de France (Tome I)	-	Déterminante
Lavatera maritima Gouan	Nationale	-	-	Remarquable
Lavatera trimestris L.	-	Liste rouge de la Flore vasculaire de France métropolitaine - 1 (2012)	-	-
Lythrum thymifolium L.	Nationale	Liste rouge de la Flore vasculaire de France métropolitaine - 1 (2012) Livre rouge de la flore menacée de France (Tome I) Liste rouge européenne de l'UICN (2012)	-	Déterminante
Nigella gallica Jord.	Nationale	Liste rouge de la Flore vasculaire de France métropolitaine - 1 (2012) Livre rouge de la flore menacée de France (Tome I) Liste rouge européenne -del'UICN (2012)	-	Déterminante
Ophioglossum vulgatum L.	Régionale	-	-	Déterminante
Ophrys aurelia P.Delforge & Devillers-Tersch.	Nationale	Liste rouge des orchidées de France métropolitaine (2009)	Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction	Déterminante
Ophrys provincialis (Baumann & Künkele) Paulus	Régionale	Liste rouge des orchidées de France métropolitaine (2009)	Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction	Remarquable
Orchis laxiflora Lam. subsp. laxiflora	Régionale	-	Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction	Déterminante
Phalaris aquatica L.	Régionale	Liste rouge européenne del'UICN (2012)	-	Remarquable
Phalaris paradoxa L.	Régionale	-	-	Remarquable

Taxons reconnus	Protection nationale[2] ou régionale[3] ou départementale[4]	Liste Rouge (LR)	Convention	Déterminante ou remarquable pour les ZNIEFF PACA
Scilla hyacinthoides L.	Nationale	-	-	Remarquable
Silene muscipula L.	Régionale	Liste rouge de la Flore vasculaire de France métropolitaine - 1 (2012)	-	Déterminante
Stipa capensis Thunb.	Régionale	-	-	Déterminante
Tulipa agenensis DC.	Nationale	Liste rouge de la Flore vasculaire de France métropolitaine - 1 (2012) Livre rouge de la flore menacée de France (Tome I) Liste rouge européenne de l'UICN (2012)	-	Déterminante
Tulipa clusiana DC.	Nationale	Liste rouge de la Flore vasculaire de France métropolitaine - 1 (2012) Livre rouge de la flore menacée de France (Tome I) Liste rouge européenne de l'UICN (2012)	-	Déterminante
Tulipa raddii Reboul	Nationale	Liste rouge de la Flore vasculaire de France métropolitaine - 1 (2012) Livre rouge de la flore menacée de France (Tome I) Liste rouge européenne de l'UICN (2012)	Convention relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe	Déterminante
Tulipa sylvestris L. subsp. sylvestris	Nationale	-	-	Remarquable
Vitis vinifera L. subsp. sylvestris (C.C.Gmel.) Hegi	Nationale	-	-	Remarquable
Vulpiella tenuis (Tineo) Kerguélen	Régionale	-	-	Remarquable

Tableau II. Liste non exhaustive des principales espèces végétales rencontrées sur le site

Nom latin	*Nom commun*
Alcea biennis	**mauve bisanuelle**
Allium commutatum	ail des îles
Anacamptis pyramidalis	orchis pyramidal
Arum italicum	arum d'Italie
Aspaltium bituminosum	psoralée à odeur de bitume
Asparagus acutifolius	Asperge sauvage
Avena barbata	avoine barbue
Campanula rapunculus	campanule raiponce
Cardamine hirsuta	cardamine hérisée
Cephalanthera damasonium	céphalanthère de Damas
Cercis siliquastrum	arbre de Judée
Cichorium intybus	chicorée amère
Consolida regalis	dauphinelle consoude
Diplotaxis erucoides	diplotaxis fausse roquette
Echium asperrimum	vipérine des Pyrénées
Echium vulgare	vipérine commune
Fumaria officinalis	fumeterre officinale
Gladiolus italicus	glaïeul d'Italie
Hedera helix	lierre commun
Himantoglossum robertianum	orchis à longues bractées
Hypericum perforatum	millepertuis perforé
Jacobaea vulgare	jacobée commune
Kickxia spuria subsp. spuria	kickxia bâtarde
Lamium amplexicaule	lamier amplexicaule
Lavatera trimestris	lavatère à grandes fleurs
Limodorum abortivum	limodore à feuilles avortées
Muscari neglectum	muscari à grappe
Ophrys apifera	ophrys abeille
Orchis purpurea	orchis pourpre
Ornithogalum angustifolium	ornithogale à feuilles étroites
Ornithogalum narbonense	ornithogale de Narbonne
Papaver rhoeas	coquelicot
Pistacia lentiscus	pistachier lentisque
Quercus coccifera	chêne kermes
Quercus humilis	chêne pubescent
Quercus ilex	chêne vert
Ranunculus ficaria	ficaire fausse renoncule
Rhaponticum coniferum	leuzée conifère
Sanguisorba minor	pimprenelle mineure
Sixalix atropurpurea	scabieuse des jardins
Smilax aspera	salsepareille
Tragopogon porrifolius	salsifis cultivé
Tulipa agenensis	**tulipe d'Agens**
Urospermum dalechampii	urosperme de Daléchamps
Veronica cymbalaria	véronique cymbalaire

Tulipe d’Agens (*Tulipa agenensis*)

Taxonomie

Règne : Plantae

Classe : Equisetopsida

Ordre : Liliales

Famille : Liliaceae



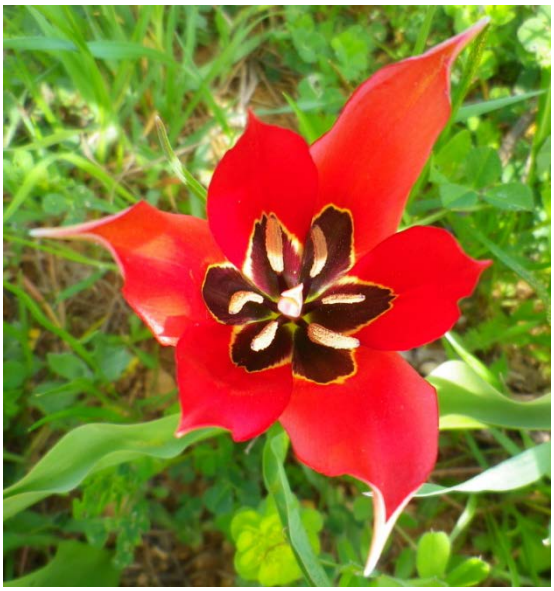


Photo 1 Tulipa agenensis (source : Lair, E., ENDEMYS, avril 2013)

Biologie de l’espèce

Sa hauteur varie de 20 à 50 cm. Les feuilles, au nombre de 3 ou 4, sont très allongées, aiguës au sommet, assez larges, ondulées sur les bords, et atteignent ou dépassent la fleur. Les sépales et les pétales sont aigus, (ces derniers un peu plus courts) d'un rouge vineux en dehors, d'un rouge vif en dedans et marqués au milieu, dans le tiers inférieur, d'une longue tache noire bordée de jaune. Les étamines, à filets sans poils, ne sont qu'un peu plus longues que le pistil. C'est une plante vivace par son bulbe qui est enveloppé de tuniques brunâtres pourvues de poils laineux en dedans; le bulbe est gros (environ 3 cm. de diamètre) et émet des rejets terminés par de petits bulbes. Sa période de floraison varie d’avril à mai.

Écologie des espèces

C’est une plante qui croit dans les champs cultivés et les endroits incultes.

Statut de protection

Cette espèce est protégée au niveau national (art1) par l'arrêté modifié ministériel du 20 janvier relatif à la liste des espèces végétales protégées sur l'ensemble du territoire. Elle est considérée comme déterminante pour les ZNIEFF PACA.

Par ailleurs, bien que ce ne soit pas une protection légale, il est à signaler qu'elle est inscrite au livre rouge de la flore menacée en France (1995) : tome 1 espèce prioritaire (statut : vulnérable) et sur la liste de la Flore vasculaire de France métropolitaine - 1 (2012) avec un statut « En danger ».

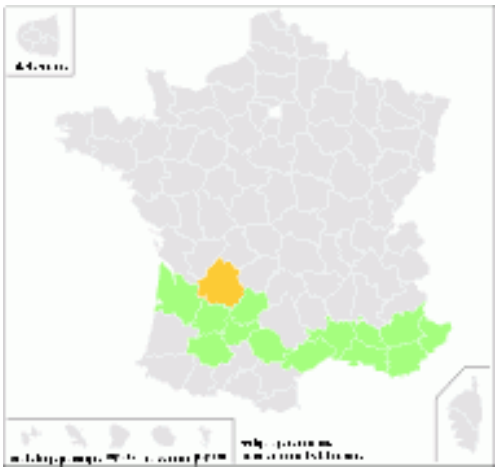
Répartition géographiques et information sur l'état de conservation aux niveaux international, national, régional et local

Répartition internationale

L'espèce est présente en Italie ; en Palestine ; en Syrie et en Lycie.

Répartition nationale

Introduite au XVIIe siècle en France où elle est naturalisée. Elle est rare ou très rare et on la retrouve en Provence et Alpes-Maritimes ; en Languedoc et dans le Sud-ouest où il s'étend vers le Nord jusque dans le Lot, la Dordogne et la Gironde.



Carte 1. Répartition nationale de la tulipe d'Agens (Source : TELA-BOTANICA)

Répartition sur la zone d'étude

L'espèce a été relevée en bordure d'un champ qui longue le chemin des Aubépines. Il est important de noter que la date de prospection correspondait au début de la période de floraison de cette espèce. Seuls trois pieds ont été comptés mais une bande potentielle a été représentée sur la carte ci-dessous. En effet, au moment du relevé, certaines espèces étaient toujours en boutons et ne permettaient pas une détermination précise.

Elle évolue dans les champs cultivés et les endroits incultes. L'espèce étant rare et en danger de disparition en France, l'importance des zones d'étude pour la conservation de l'espèce au niveau local, régional et national est importante.

Menaces pesant sur l'espèce et impacts du projet sur sa conservation

En régression considérable et au seuil de l'extinction dans la plupart des régions à l'exception de Sud-ouest.

Menaces

Les menaces de l'espèce sont dues à :

- Déprise agricole (abandon des modes de cultures traditionnels, embroussaillement, ...).
- Intensification des techniques culturales (emploi de désherbants et d'engins, labours de printemps, …).
- Urbanisation.
- Prélèvement des bulbes ou des fleurs.

Impacts du projet

- Dégradation des habitats favorables à cette espèce.
- Destruction de l'espèce

Mesures de conservation existant aux niveaux international, national, régional et local[2]

Cette tulipe est classée **en taxon en situation précaire** c'est-à-dire en forte régression. Ce taxon a disparu après 1990 de plus de la moitié des départements dans lesquels elle était citée avant 1970.

C'est pour cela que la *Tulipa agenensis* entre dans **Plan national d'actions 2012-2017 en faveur des plantes messicoles**.

[2] Plan National d'Actions 2012-2017 en faveur des plantes messicoles. Direction générale de l'aménagement du logement et de la nature. Brochure 182 p.

Mauve bisannuelle (Alcea biennis)

Taxonomie

Règne : Plantae

Classe : Equisetopsida

Ordre : Malvales

Famille : Malvaceae





Photo 2 Alcea biennis (source : Lair, E., ENDEMYS, aout 2013)

Biologie de l'espèce

Plante bisannuelle ou vivace, hispide, à poils étoiles ; tige de 1 à 2 mètres, simple, robuste ; feuilles vertes, mollement velues, suborbiculaires, superficiellement lobées, les florales ovales-lancéolées ; fleurs d'un rose vif, très grandes, subsessiles, en longue grappe lâche, feuillée à la base, nue au sommet ; calicule et calice à peu près égaux, à lobes triangulaires-aigus, striés ; corolle 2-3 fois plus longue que le calice, à pétales bilobés ; carpelles sub-biloculaires, ridés, velus et canaliculés sur le dos, à bords ailés-membraneux. Sa période de floraison est de juin à août.

Écologie des espèces

Elle évolue dans les bois et bords des champs.

Statut de protection

La mauve bisannuelle est protégée au niveau régional en PACA (arrêté du 9 mai 1994).

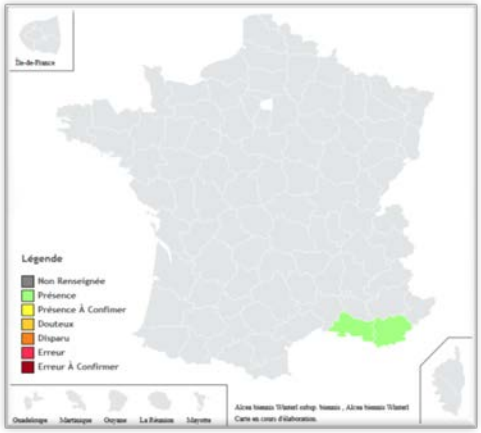
Répartition géographiques et information sur l'état de conservation aux niveaux international, national, régional et local

Répartition internationale

Cette espèce présente une aire de répartition très vaste, qui couvre une grande partie de l'Europe méridionale.

Répartition nationale

En revanche, elle n'est présente en France que dans le secteur occidental du centre Var, où elle est localement très abondante.



Carte 2. Répartition nationale de la mauve bisannuelle (Source : TELA-BOTANICA)

Répartition sur la zone d'étude

L'espèce a été relevée dans un terrain en friche qui se situe entre le terrain de golf et la route de Valcros. Elle évolue dans les terrains en friches.

Lors du relevé du 10 décembre 2013, de nouvelles dégradations ont été constatées. En effet, l'habitat « terrain en friche » a été en partie dégradé. Même si cet habitat est banal, la destruction de celui-ci peut entrainer une modification écologique pour cette espèce. Même si l'unique pied observé est toujours en place la modification de son milieu pourrait entraîner sa disparition.

L'espèce étant rare l'importance des zones d'étude pour la conservation de l'espèce au niveau local, régional et national est importante.

Menaces pesant sur l'espèce et impacts du projet sur sa conservation

Menaces

En France et en Europe, la mauve bisannuelle est rare dans l'ensemble de son aire et souvent menacée par la dégradation de ses biotopes. Elle est liée à des stations ouvertes.

Cette espèce est abondante dans les lieux qui lui conviennent mais reste vulnérable du à sa répartition très restreinte en France. Les menaces de l'espèce sont dues à :

- la fermeture du milieu (formation de maquis),
- la destruction de son habitat (débroussaillage, artificialisation des lisières forestières, urbanisation),
- la régression et la disparition de pollinisateur (insecte, oiseau, chauve-souris).

Impacts du projet

- Dégradation des habitats favorables à cette espèce.
- Destruction de l'espèce

Mesures de conservation existant aux niveaux international, national, régional et local

Sans objet.



Figure 3. Localisation des espèces végétales protégées

2 EVALUATION DE L'IMPACTS DU PROJET

Nous identifions un impact possible durant la phase des travaux :

→ **la destruction d'espèces végétales protégées**.

La destruction des stations floristiques durant les travaux est irréversible. Par contre, l'exploitation du projet n'engendrera aucun impact supplémentaire notable.

3 PROPOSITION DE MESURE DE SUPPRESSION ET RÉDUCTION D'IMPACT

La mise en œuvre des mesures suivantes permettraient de supprimer les impacts du projet sur la flore.

Intitulé	**Evitement des stations floristiques.**
Objectif	Préserver les milieux favorables aux espèces protégées et éviter la destruction d'espèces protégées.
Protocole	Cette mesure est en partie mise en œuvre en amont du projet par la définition des aménagements permettant une intégration douce des infrastructures au sein des milieux naturels ou subnaturel. Cette mesure s'accompagne d'un balisage des stations floristiques protégées avant le commencement des travaux dans le but de délimiter les différentes stations qui pourront être évités. Il faudra donc interdire toute intervention sur ces stations (accès des engins, le dépôt de matériaux, défrichements,…). Cette mesure consiste également à définir une emprise du chantier la plus faible possible et des aménagements et des pratiques de travaux les moins invasifs possibles.

Intitulé	**Suivi chantier par un écologue.**
Objectif	L'objectif est double : • Accompagner les entreprises de travaux, les maîtres d'ouvrage et d'œuvre durant la phase travaux pour s'assurer de la bonne mise en œuvre des mesures d'atténuation des impacts ; • Tenir informer les services de l'État de la bonne mise en œuvre des mesures d'atténuation des impacts.
Protocole	La mission de l'écologue reposera sur : • des visites de chantiers adaptées à chaque phase : des préparations (repérage des espèces protégées et remarquables), contrôles (Suivi environnemental du chantier, procédure d'alertes), avis (respects des engagements environnementaux) ; • une mise en place d'un balisage des stations d'espèces patrimoniales : • la participation aux réunions de chantier regroupant les différents acteurs ; • des séances d'information pour les entreprises de travaux, les maîtres d'ouvrage et d'œuvre sur les aspects et enjeux environnementaux du chantier. Des comptes-rendus trimestriels de suivi du chantier seront transmis au maître d'ouvrage et aux services de l'État concernés (la DREAL en particulier).

Intitulé	**Gestion durable des espaces « nature ».**
Objectif	Eviter toutes pollutions des milieux et destruction d'espèces
Protocole	Proscrire toute utilisation de produits chimiques (herbicides, pesticides, engrais) dans la gestion des espaces verts. Entretenir la végétation de manière manuelle et hors période de reproduction des espèces animales. Mettre en protection les stations d'espèces végétales remarquables et éviter toute intervention sur ces stations.

4 CONCLUSION

L'état du site est mauvais en général. En effet, le site a subit beaucoup d'altération du fait de son artificialisation. Seules les forêts restent encore naturelles et relativement bien conservées.

Cependant, le site présente un intérêt écologique relativement intéressant de part la présence des deux espèces protégées (*Tulipa agenensis* et *Alcea biennis*) et par les forêts encore naturelles.

5 BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie

Dusak F. & Prat D. (CORDS), 2010. Atlas des orchidées de France. Biotope, Mèze (collection Parthénope) ; muséum national d'histoire naturelle, paris, 400 p.

Galland J-P., 2004. La diversité biologique en France programme d'action pour la faune et la flore. Ministère de l'envionnement. 326p.

Plan National d'Actions 2012-2017 en faveur des plantes messicoles. Direction générale de l'aménagement du logement et de la nature. Brochure 182 p.

Webographie

Système « Silène » du Conservatoire Botanique National Méditerranéen de Porquerolles : http://flore.silene.eu/index.php?cont=accueil

Inventaire National du Patrimoine Naturel : www.inpn.mnhn.fr

Tela-botanica : www.tela-botanica.org

Flore des Bouches-du-Rhône : http://etienne.aspord.free.fr/

DREAL PACA : http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr/

Conservatoire Botanique National Méditerranéen de Porquerolles : http://www.cbnmed.fr/pres/index.php

ANNEXE N°8 : ÉTUDE DE LA FAUNE

Compte rendu et expertises de terrain 1 concernant l'avifaune , l'entomofaune et les mammifères
Domaine de la Constance
Volet « oiseaux et invertébrés »



Rapport préliminaire – 20 AVRIL 2013

ECOTONIA - CAP AVENTURE Biodiversité
Siège Social : 47 Bd RABATAU 13008 Marseille RCS MARSEILLE B 433 405 248 Siret 433 405 248 00017 Code APE 804D

SOMMAIRE

I. CONTEXTE DE L'ÉTUDE 3

II. NOTE TECHNIQUE 4

1 Méthodologie des inventaires 3

1.1 Protocole d'inventaire entomologique 4

1.2 Dates de prospection et période biologique des espèces recherchées 4

2/ Résultats de l'inventaire 5

2.1 *Les insectes* 5

2.1.1 Tableau synthétique des espèces observées 5

2.2 Les oiseaux 9

2.2.1 Tableau synthétique des espèces observées 11

2.3 Les mammifères 13

3 Autres observations 14



I. CONTEXTE DE L'ÉTUDE

Notre cabinet Ecotonia, à procédé à une série d'inventaires entomologiques sur le plateau de la Constance, commune d'Aix en Provence.

Trois passages ont été effectués pendant une période allant du 20 mars 2013 au 7 avril 2013.

- Ces 3 passages ont été consacrés à l'entomofaune, aux mammifères et à l'avifaune ont mis en évidence le recensement de 51 espèces au total, soit 14 rhopalocères, 1 hyménoptère, 2 coléoptères, 28 oiseaux et 6 mammifères.
- Parmi ces 51 espèces, 1 seule est considérée comme patrimoniale, La Chouette Hulotte
- Pour les invertébrés qui ont été déterminés à ce jour, ils ne révèlent aucun enjeu particulier et ne font l'objet d'aucune protection particulière. La recherche a été pourtant axée sur les espèces patrimoniales.

Le premier constat a révélé un faune restreinte et pauvre en invertébrés, suite à des conditions climatiques difficiles, pour un début de saison printanière assez froid.

II. NOTE TECHNIQUE

1 Méthodologie des inventaires

1.1 Protocole d'inventaire

Les familles ciblées pour l'objectif de cette étude sont:

- ✓ Lépidoptères : ***Rhopalocères*** **toutes familles***: Hesperiidae, Lycaenidae, Nymphalidae nymphalinae, Nymphalidae satyrinae, Nymphalidae heliconinae, Nymphalidae apaturinae et limenitinae, Papilionidae, Pieridae….*
- ✓ Lépidoptères : ***Héterocères toutes familles*** *: Zygaenidae, Arctiidae, Sphyngidae, Gelichiidae, Tortricidae, Hepialidae,Cossidae….*
- ✓ Les coléoptères *: cerambycidae, buprestidae et cétonidae.*
- ✓ Les orthoptères *: Tettigonidae, et toutes autres familles.*
- ✓ Les odonates *: Zygoptères et Anisoptères*

Les ordres taxonomiques qui ont été observés seront étudiés sur le site sont :

- ✓ Les coléoptères / 2 espèces ont été recensées ;
- ✓ Les lépidoptères rhopalocères 13 espèces ont été recensées ;
- ✓ Les lépidoptères hétérocères 1 espèces ont été recensées ;
- ✓ les odonates (hors saison)
- ✓ les hyménoptères / 1 espèce a été recensée;
- ✓ les orthoptères (hors saison)

Méthodologie pour les insectes:

- ❖ Un premier travail à consister à recueillir et analyser les données existantes.
- ❖ Un second travail porte sur les prospections de terrain afin d'inventorier les stations biologiques éventuelles des lépidoptères sensibles dans les différents sites d'étude. Les campagnes de terrain s'effectueront de la manière suivante:
  - ✓ Chasse au filet à insectes pour observation, identification des espèces.
  - ✓ Quadrillage du terrain et des zones végétales, observation.
  - ✓ Méthode des transects , le long des prairies, ripisylve et milieux boisés.
  - ✓ Cartographie des écotones divers sur le pourtour du milieu étudié ainsi qu'aux alentours directs.
    (Zones de friches, milieux herbacés, broussailles et haies, mares éventuelles et milieux humides).

- ✓ Identification des milieux par espèce d'insectes à valeur patrimoniale.
- ✓ Piégeages non destructeurs ; techniques de piégeages appropriés.
- ✓ Fiches d'inventaire : description de l'espèce, biologie, habitat, vol, température…
- ✓ Fiches de gestion par espèce

1.2 Dates de prospection et période biologique des espèces recherchées

A ce jour, 3 passages ont été effectués : 20 mars, 2 avril et 7 avril 2013.

Les passages préconisés pour 2013 :

- ✓ Fin mars à mi avril 2013 (plusieurs passages)
- ✓ 10 mai au 25 mai 2013 (plusieurs passages)
- ✓ 10 juin au 25 juin 2013 (plusieurs passages)
- ✓ Juillet –aout (plusieurs passages)

Les espèces déterminantes ou patrimoniales recherchées et leurs plantes nourricières:

Lépidoptères :

- ✓ *Zeryntia rumina » La Proserpine »*
- ✓ *Zeryntia polyxena « La Diane »*
- ✓ *Euphydryas aurinia « Le Damier de la sucisse »*

Coléoptères

- ✓ Cerambyx cerdo ,
- ✓ Lucanus cervus

Les espèces d'oiseaux contactées : toute espèce

2/ Résultats des inventaires

2.1 Les insectes

N°	Classe Insecta famille	Nom scientifique	Nom vernaculaire	Niveau de protection	DH	Liste rouge UICN	Liste rouge FR métropolitaine	Convention de Bern	Statut déterminant
7	*Pieridae*	*Pieris napi*	Piéride du navet		-	-	-	-	-
8	*Pieridae*	*Pontia daplidice*	Le Marbré-vert		-	-	-	-	-
9	*Pieridae*	*Colias crocea*	Souci		-	-	-	-	-
	Pieridae	*Gonepteryx cleopatra*	L'Aurore de Provence		-	-	-	-	-
12	*Pieridae*	*Pieris brassicae*	Piéride du chou		-	-	-	-	-
13	*Lycaenidae*	*Lycaena phlaeas*	Le Cuivré commun		-	-	-	-	-
14	*Lycaenidae*	*Aricia agestis*	Le Collier de corail		-	-	-	-	-
15	*Nymphalidae*	*Vanessa cardui*	Belle Dame		-	-	-	-	-
17	*Nymphalidae*	*Aglais urticae*	La Petite Tortue		-	-	-	-	
19	*Nymphalidae*	*Nymphalis polychloros*	La Grande tortue		-	-	**LC**	-	
22	*Nymphalidae*	*Vanessa atalanta*	Vulcain		-	-	-	-	-
23	*Nymphalidae*	*Polygonia c-album*	Robert le Diable		-	-	**LC**	-	-
24	*Shyngidae*	*Macroglossum stellaratum*	Le Moro-sphynx		-	-	-	-	-
25	*N.satyridae*	*Pararge aegeria*	Le Tircis		-	-	-	-	-

2.1.1 Tableau synthétique des espèces de rhopalocères et hétérocères observées sur la Constance

Conclusion provisoire :

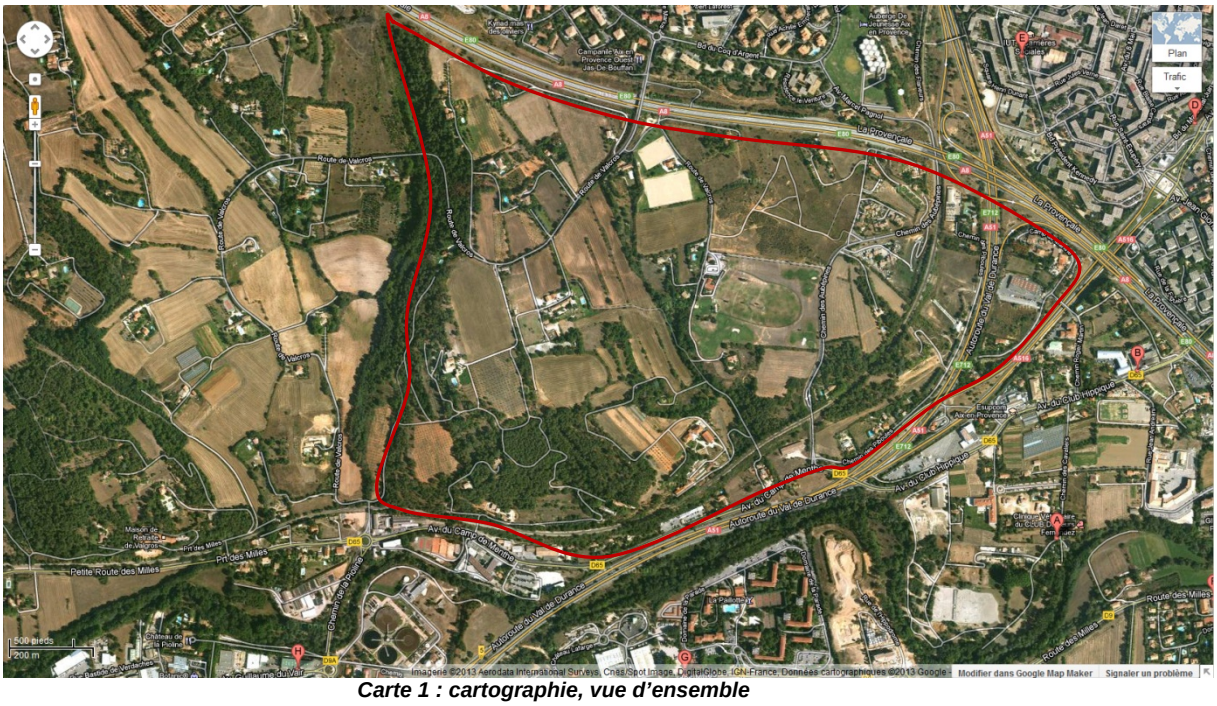
Le milieu étudié, dans les parties broussailleuses et dans la ripisylve, est propice aux insectes notamment aux rhopalocères. Parmi les treize espèces citées de papillons diurnes, deux d'entre elles sont évaluées sur la Liste rouge des espèces de France métropolitaine, en tant que taxon dont la préoccupation est mineure (LC). La première a été contactée sur la partie Nord du ruisseau de la Thumine, dans un milieu humide bordé de Peupliers, l'autre aux abords de la ruine sur le côté sud de La Constance.
Cependant aucune espèce patrimoniale à ce jour n'a été recensée.

Description des milieux

Le milieu encastré entre deux axes routiers majeurs est hétérogène :

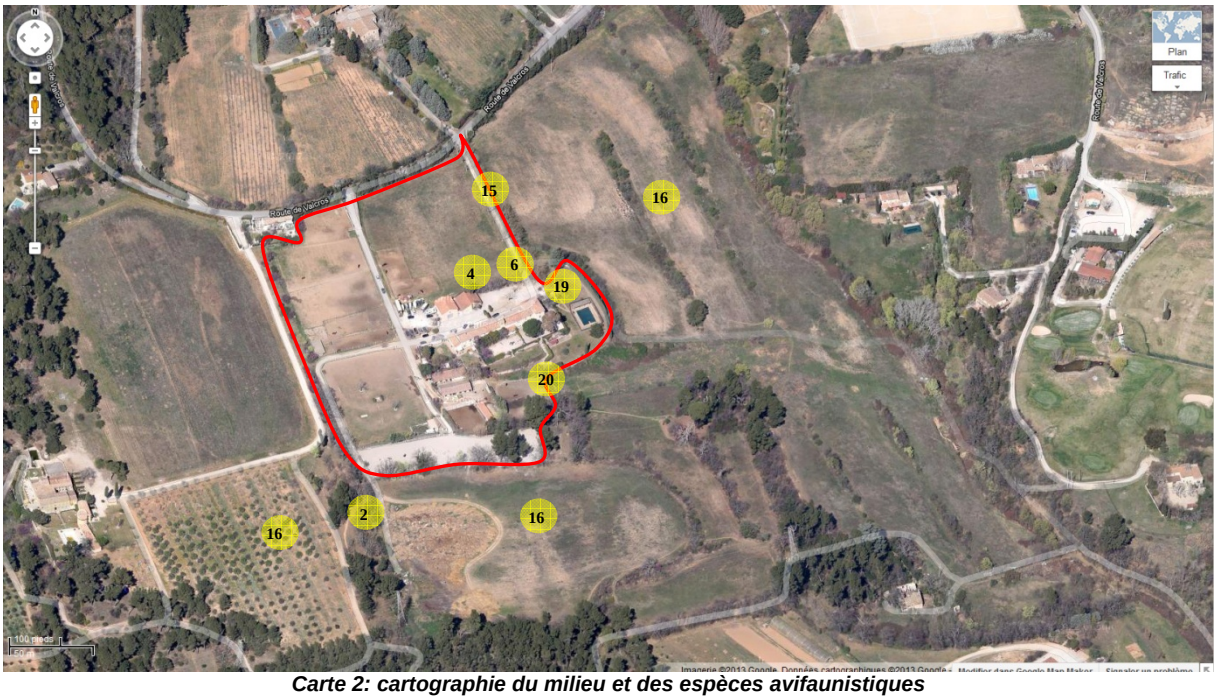
- Un plateau avec une vue sur la montagne Sainte Victoire
- Une oliveraie
- Une forêt de feuillus et conifères dont le versant sud subit d'importantes nuisances sonores
- Des terrains en friche sur pente
- Deux cours d'eau de petite importance
- Un centre équestre avec des rejets liés à l'activité d'élevage
- Une habitation en ruine à l'orée du bois

Remarque : vu la situation (altitude et exposition), la végétation était plus en retard que sur les autres parties de la campagne environnante. Il est possible que certaines espèces ne se soient pas encore installées pour la période de reproduction alors qu'elles seraient arrivées ailleurs.



Carte 1 : cartographie, vue d'ensemble

Détail des observations par ensemble et milieux d'espèces



Carte 2: cartographie du milieu et des espèces avifaunistiques

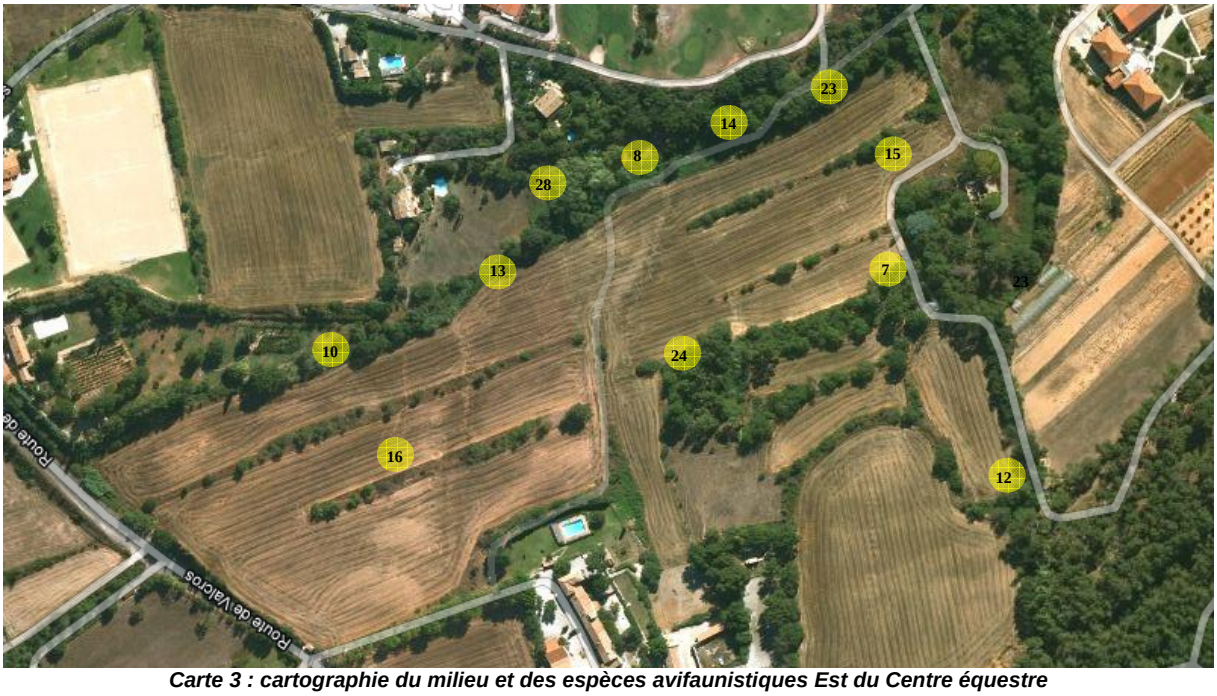
Le centre équestre se situe bien au centre du plateau. Un petit cours d'eau sépare le domaine du club de golf. L'activité du centre attire des oiseaux facilement rencontrés autour des fermes :

- ✓ **Pigeon biset,** *(Columba livia) ; N°20*
- ✓ **Pie,** *(Pica pica) ; N°19*
- ✓ **Corneille noire** *(Corvus corone) ; N°6*
- ✓ **Chouca des tours** *(Corvus monedula). N°4*

L'allée de platanes servant anciennement d'entrée principale possède de nombreux trous d'arbres pour le plus grand plaisir des **Mésanges charbonnières**, *(Parus major) : N°15.*

Sur le grand plateau aride à l'arrière du centre sont déposés les fumiers et crottins de chevaux côté ouest et laissé en repos côté est. La décomposition du fumier permet aux insectes de se développer et ces derniers d'attirer des oiseaux insectivores en nombre qu'on retrouvera tout autour.

Le plateau aride ainsi que l'oliveraie à l'Ouest sont des terrains privilégiés pour les « ***phasianidés »*** tels que les **Perdrix rouge**. (*Alectoris rufa) : N°16.* Elles ont été aperçues également à l'Est de la bâtisse de la Constance.
Compte tenu de l'espace ouvert et de l'attraction du lieu, une **Buse variable** (*Buteo buteo) : N°2,* semble en avoir fait son terrain de chasse favori. Un couple a été aperçu à plusieurs reprises.



Carte 3 : cartographie du milieu et des espèces avifaunistiques Est du Centre équestre

Le terrain à l'Est du centre équestre se présente sous la forme d'un terrain en pente avec un ruisseau marquant la délimitation avec le terrain de golf. Ce terrain est séparé par des lignes de haies peu fournies. Les oiseaux font de réguliers passages entre les haies et le ruisseau. Y ont été répertoriés :

- ✓ **Pouillots véloce,** *(PHylloscopus collybita): N°23*
- ✓ **Mésanges charbonnière,** *(Parus major) : N°15*
- ✓ **Mésanges bleue,** *(Parus caeruleus) : N°14*
- ✓ **Rouge gorge familier**, *(Anthacus rubecula) : N°24*
- ✓ **Gobe mouche noir,** *(Ficedula hypoleuca) : N°10*
- ✓ **Luscinioles à moustache,** *(Acrocephalus melanopogon) : N°12*
- ✓ **Fauvettes à lunette,** *(Sylvia conspicillata) : N°7*
- ✓ **Fauvettes à tête noire,** *(Sylvia atricapilla) : N°8*
- ✓ **Merles noir**, *(Turdus merula) : N°13*

L'espace ouvert est pour sa part fréquenté par des **Perdrix rouge** (*Alectoris rufa) : N°16*, en nombre relativement important. Il a été possible d'entendre le chant du **Verdier d'Europe** (*Carduellis chloris) : N°28*, dans les haies formant le bord nord du terrain.

La ruine au sud du terrain agricole est fréquentée pour sa part par des **Grimperau des bois** (*Certhia brachydactyla) : N°11*, et un tronc d'arbre de sa cour montre des traces importantes de trous laissés par des **Pics**.

D'autres arbres creux ont aussi été trouvés à proximité immédiate dont un particulièrement, qui représente un gîte favorable aux chauves-souris..
Ps : point GPS relevé.

La forêt de conifère abrite :

- ✓ **Pigeons ramier,** *(Colomba palumbus), N°21*,
- ✓ **Pouillots véloce,** *(Phylloscopus collybita), N°23*,
- ✓ **Geais des chênes** *(garrulus glandarius), N°9*,

- ✓ **Pics** dont l'espèce n'a pu être déterminée (possiblement **Pic épeiche,** *(Dendrocopos major), N°17,*



Carte 4: cartographie du milieu et des espèces avifaunistiques ruisseau de la Thumine

Un ruisseau dénommé « la Thumine » sépare nettement le domaine de la Constance et le reste de la campagne ouest. Ce ruisseau est bien arboré avec au nord un petit espace marécageux, des nombreux buissons bas et des grands peupliers dégagés. Au sud de la route de Valcros, la végétation dense se laisse difficilement pénétrer.
Présents un peu partout le long du ruisseau :

- ✓ **Rouge-gorge familier**, *(Enthacus rubecula), N°24*;
- ✓ **Merles noir**, *(Turdus merula) : N°13 ;*
- ✓ **Pinson des arbres**, *(Fringilla coelebs) : N°22.*

La partie nord au-delà de la Route de Valcros héberge de nombreuses **Fauvettes à tête noire,** *(Sylvia atricapilla), N°8,* ainsi que des **Mésanges charbonnières,** *(Parus major) : N°15,* et **Mésanges bleue**. *(Parus caeruleus) : N°14.*
Plusieurs **Pigeons biset**, *(Columba livia) ; N°20***,** et **Pigeons ramier** *(Colomba palumbus), N°21,* ont été observés en plein vol.

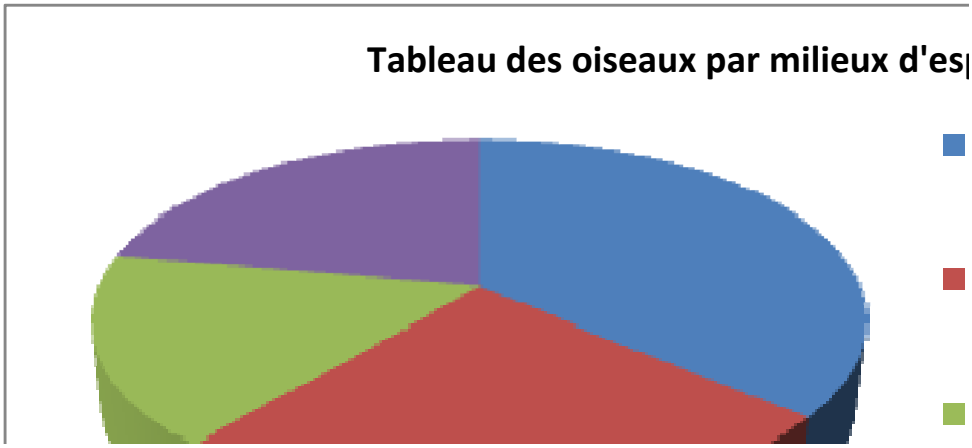
Le terrain ouvert rive ouest abrite des :

- ✓ **Chardonnerets élégant**, *(Carduelis carduelis), N°3 ;*
- ✓ **Serins cini,** *(Serinus serinus), N°25 ;*
- ✓ **Verdiers d'Europe.** *(Carduelis chloris), N°28 ;*
- ✓ **Un Busard Saint-Martin** *(Colomba palumbus), N°1,* est resté quelques instants en observation à la cime des peupliers de cette partie marécageuse.

Plus dense, la partie sud est le lieu de résidence en outre de :

- ✓ **Pigeons ramier,** *(Colomba palumbus), N°21 ;*
- ✓ **Pics épeiche,** *(Dendrocopos major), N°17 ;*
- ✓ **Pic vert,** *(Picus viridis), N°18,*
- ✓ **Pinsons des arbres** *(Fringilla coelebs) : N°22 ;*
- ✓ **Sittelles torchepot**, *(Suta europea) : N°26.*

La présence d'un rapace nocturne a été signalée mais non constatée. Considérant le milieu forestier et partiellement humide, il est probable que ce soit le territoire de **Chouettes hulotte** *(Strix aluco) : N°5*.



Conclusion provisoire :

Le milieu étudié est particulièrement propice aux oiseaux insectivores ce qui démontre une bonne conservation de l'écosystème.

Il met en évidence un certain nombre d'espèces patrimoniales dont la majorité a été contactée dans le secteur de la Thumine, le long de la ripisylve qui représente à elle seule près de 50% des espèces recensées.

2.2.1 Tableau synthétique des espèces contactées les XX février, 9 et 11 avril 2013 sur le site de La Constance ainsi que leur statut de protection

N°	Nom scientifique	Nom vernaculaire	Famille	Vulnérabilité pour la population française nicheuse	SPEC	Vulnérabilité pour la population française hivernante	Protection Nationale	Directive Oiseaux	Convention De Berne	Convention De Bonn	Espèces patrimoniales
1	**Busard Saint Martin**	Circus cyaneus	*Accipitridés*	En déclin	1	sédentaire	oui	Annexe I	Annexe II	Indéterminé	Non
2	**Buse variable**	*Buteo buteo*	*Accipitridae*	à surveiller	2	indéterminé	oui	-	annexe II	annexe II	
3	**Chardonneret élégant**	*Carduelis carduelis*	*Fringillidae*	indéterminé	5	indéterminé	oui	indéterminé	annexe II	-	Non
4	**Choucas des tours**	*Corvus monedula*	*Corvidae*	indéterminé	8	indéterminé	oui	annexe II	-	-	Non
5	**Chouette hulotte**	Strix aluco	*Strigidés*	indéterminé	2	sédentaire	oui		Annexe II	Indéterminé	Non
6	**Corneille noire**	*Corvus corone*	*Corvidae*	indéterminé	4	indéterminé	Chassable et nuisible	annexe II		-	Non
7	**Fauvette à lunettes**	Sylvia conspicillata	*Sylviidés*	indéterminé	2	indéterminé	oui		Annexe II	Indéterminé	oui
8	**Fauvette à tête noire**	*Sylvia atricapilla*	*Sylviidae*	indéterminé	20	indéterminé	X	-	annexe II	annexe II	
9	**Geai des chênes**	*Garrulus glandarius*	*Corvidae*	indéterminé	3	indéterminé	Chassable et nuisible	annexe II	indéterminé	indéterminé	Non
10	**Gobe-mouche noir**	*Ficedula hypoleuca*	*Muscicapidés*	indéterminé	2	sédentaire	oui			Indéterminé	Non
11	**Grimpereau des bois**	Certhia brachydactyla	*Certhiidés*	indéterminé	2	sédentaire	oui		Annexe II	Indéterminé	Non
12	**Lusciniole à moustache**	Acrocephalus melanopogon	*Sylviidés*	En déclin	1	sédentaire	oui			Indéterminé	Non
13	**Merle noir**	*Turdus merula*	*Turdidae*	indéterminé	6	Sédentaire	Chassable	-	annexe II		Non
14	**Mésange bleue**	*Parus caeruleus*	*Paridae*	indéterminé	10	Sédentaire	oui	-			Non
15	**Mésange charbonnière**	Parus major	*Paridae*	indéterminé	15	indéterminé	oui	-	annexe III		Non

	Nom scientifique	Nom vernaculaire	Famille	Vulnérabilité pour la population française nicheuse	SPEC	Vulnérabilité pour la population française hivernante	Protection Nationale	Directive Oiseaux	Convention De Berne	Convention De Bonn	Espèces patrimoniales
16	**Perdrix rouge**	*Alectoris rufa*	*Phasianidae*	En déclin	6	Sédentaire	indéterminé	annexe II & III	annexe III	indéterminé	oui
17	**Pic épeiche**	Dendrocopos major	*Picidés*	indéterminé	4	sédentaire	oui		Annexe II	Indéterminé	non
18	**Pic vert**	*Picus viridis*	*Picidae*	à surveiller	2	Sédentaire	oui	indéterminé	annexe II	indéterminé	oui
19	**Pie bavarde**	*Pica pica*	*Corvidae*	indéterminé	6	indéterminé	Chassable et nuisible	annexe II	indéterminé	indéterminé	non
20	**Pigeon biset**	*Columba livia*	*Columbidae*		20			annexe II			
21	**Pigeon ramier**	*Columba palumbus*	*Columbidae*	indéterminé	8	indéterminé	Chassable et nuisible	annexe II & III	indéterminé	indéterminé	non
22	**Pinson des arbres**	*Fringilla coelebs*	*Fringillidae*	indéterminé	6	indéterminé	oui	-	annexe III	Indéterminé	oui
23	**Pouillot véloce**	*Phylloscopus collybita*	*Sylviidés*	indéterminé	10	sédentaire	oui			Indéterminé	non
24	**Rougegorge familier**	*Enthacus rubecula*	*Muscicapidae*	indéterminé	10	indéterminé	oui	-	annexe II	indéterminé	
25	**Serin cini**	Serinus Serinus	*Fringillidés*	indéterminé	2	sédentaire	oui		Annexe II	Indéterminé	non
26	**Sittèle torchepot**	Sitta europaea	*Sittidés*	indéterminé	2	sédentaire	oui		Annexe II	Indéterminé	non
27	**Tourterelle turque**	*Streptopelia decaocto*	*Columbidae*	indéterminé	6	indéterminé	indéterminé	annexe II	annexe III	Indéterminé	non
28	**Verdier d'Europe**	Carduelis chloris	*Fringillidés*	indéterminé	4	sédentaire	oui		Annexe II	Indéterminé	non

Indice de vulnérabilité pour la population française nicheuse :
Directive des oiseaux : n°79/409 /CCE du conseil du 02/04/79 concernant la conservation des oiseaux sauvage
LR / LISTE ROUGE : oiseaux menacés en France

Convention de Berne : du 19/09/79 relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel d'Europe
- LO/ LISTE FOND ORANGE : oiseaux moins vulnérable mais avec une préoccupation à long terme
- **Convention de Bonn** du 23/06/79 relative à la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage
- LB/ LISTE FOND BLEU : oiseaux au statut non défavorable

SPEC : espèces concernées par une protection européenne
- **Niveau 1 :** menacées à l'échelle mondiale
- **Niveau 2 :** statut défavorable (population mondiale concentrée en majorité en Europe)
- **Niveau 3 :** statut défavorable (population mondiale concentrée en majorité hors d'Europe)
- **Niveau 4 :** statut non défavorable (population mondiale concentrée en majorité en Europe)
- **Niveau 5 :** statut non défavorable (population mondiale concentrée en majorité hors Europe)

Protection nationale : Arrêté du 29/10/2009 fixant la liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités (JORF 5 décembre 2009, p.21056).

- **Chassable :** Arrêté du 26/06/1997 fixant la liste des espèces de gibier dont la chasse est autorisée.
- **Nuisible** : Arrêté du 30/09/1998 fixant la liste des animaux susceptibles d'être chassés
- nuisibles par le préfet

- **Tir :** Arrêté du 12/11/96 autorisant la destruction par tir des spécimens de l'espèce Erismature rousse

2.3 Les mammifères

Quelques mammifères ont laissés des traces ou on été contactés sur le site d'étude à savoir :

- ✓ **Sanglier** *(Sus scrofa) ;*
- ✓ **Lapin de garenne** (*Oryctolagus cuniculus*) ;
- ✓ **Ecureuil roux** *(Sciurus vulgaris) ;*
- ✓ **Rats** *(Rattus norvegicus) ;*
- ✓ **Surmulots ;**
- ✓ **Renard roux** *(Vulpes vulpes).*

Conclusion générale :

Le secteur de l'étude représenté par la ripisylve de la Thumine s'avère d'or et déjà comme un secteur à enjeu fort concernant la faune et la flore. Pour le reste des investigations supplémentaires seront nécessaires.

Opération d'aménagement sous forme de ZAC du secteur de la Constance à Aix en Provence

RAPPORT D'ETAPE AOUT 2013

OBJET : …Etude entomologique et batracologique

FICHE DE TERRAIN ET OBSERVATIONS n°04-05-06 du 11et 27/07/2013 et du 31 aout 2013



Bloom de *Lemna mineur* L. dans une mare creusée sur le site.

ECOTONIA - CAP AVENTURE Biodiversité Siège Social : 47 Bd RABATAU 13008 Marseille
RCS MARSEILLE B 433 405 248 - Siret 433 405 248 00017 - Code APE 804D
Tel. (33) 04 42 63 30 93 / (33) 06 61 715 888

Intervenant	Spécialité	Dates de visites	Heures	Temps	Température
Gérard FILIPPI	Entomologiste	01 /05/2013	9h à 16h00	Temps couvert froid	15°c
Pierre Channoy	Ornithologue	24/05/ 2013	9h30 à 17h00	Temps couvert froid	17°c
Gérard FILIPPI		02/06/2013	9h30 à 18h30	Vent et fraîcheur	19°c
Gérard FILIPPI		12 /06/2013	10h00 à 17h00	Chaud soleil	23°c
		11/7/2013	9h30 à 18h30	Chaud soleil	26°c
Gérard FILIPPI		27/07/2013	13h30 à 17h00	Chaud	31°c
Rémy Poncet	Amphibiens	31/08/ 2013	17h00 à 00h00	Chaud nuit	25°à21°c

Sommaire

1 LE CONTEXTE DE L'ETUDE ____ *3*

1.1 Contexte de l'étude : ____ **3**

1.2 Situation géographique du Projet ____ **4**

1.3 Carte de l'aire d'étude ____ **5**

2 CADRE REGLEMENTAIRE ____ **5**

3 RESULTATS DES INVENTAIRES ____ *6*

3.1 Relevé terrain au 31 aout ____ **6**

3.1.1 **INVENTAIRES BATRACOLOGIQUES RESULTATS AU 31 AOUT 2013** ____ **6**

Bilan des enjeux batracologiques ____ 8

3.1.2 **INVENTAIRES ENTOMOLOGIQUES RESULTATS AU 31 AOUT 2013:** ____ **10**

Tableau synthétique des espèces d'insectes ____ 13

Bilan des enjeux entomologiques ____ 17

3.1.3 **INVENTAIRE MAMMIFERES HORS CHIROPTERES AU 31 AOUT 2013:** ____ **21**

3.1.4 **INVENTAIRE AVIFAUNISTIQUE AU 31 AOUT 2013:** ____ **21**

Tableau synthétiques des espèces d'oiseaux ____ 22

Cartographie par milieux d'espèce ____ 24

Bilan des enjeux avifaunistiques ____ 26

3.2 Conclusions et note de synthèse (enjeux faibles, modérés, moyens et forts) ____ **27**

1 LE CONTEXTE DE L'ETUDE

Juillet 2013- Aout 2013

1.1 Contexte de l'étude :

Objectifs

- Inventaire reptiles et amphibiens : le passage prévu fin juillet a été effectué.
  Il a été consacré à l'ensemble de la Thumine, du Nord au Sud.

- Un autre passage pour les amphibiens a été mené sur les mares humides près du golf, et le petit ruisseau en contrebas du golf, à été fouillé.

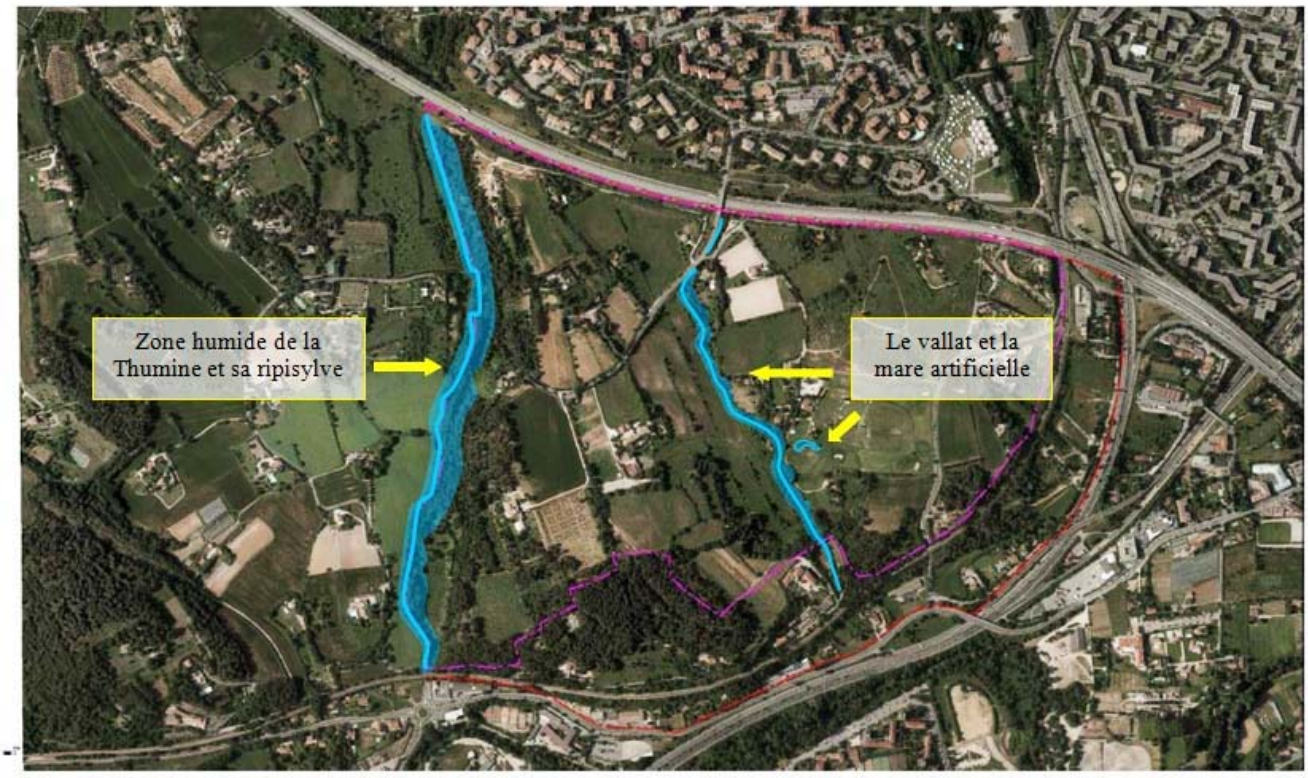
- Recherche de stations d'espèces entomologiques patrimoniales potentielles ;

- Inventaires insectes et identifications ;

- Un inventaire sur l'avifaune migratrice sera effectué fin aout, début septembre 2013.

Premiers constat : les amphibiens et les reptiles

Il s'agit de réaliser un inventaire des amphibiens présents sur le ruisseau de la Constance, zone attenante à celle pressentie pour le projet d'aménagement, ainsi que sur les quelques zones humides et mare artificielle près du golf de la Constance. Les conditions écologiques sont bonnes en termes de propreté et de richesse des habitats humides présents sur le site.
Les reptiles sont quand à eux recherchés aussi dans les zones plus sèches de friches et de forêts.



Carte 1 : représentation des milieux humides sensibles de la Constance.

Constats : les insectes

Ces passages du mois de juillet et aout ont permis de contacter un nombre plus important de taxons et de compléter le nombre de papillons et insectes divers, ce qui monte la quantité d'espèces à 49. Quelques autres ordres se sont rajoutés comme celui des odonates (libellules), des homoptères (cigales), et celui des orthoptères (sauterelles et criquets) avec quelques représentants.



Photo 2 : Sympétrum sanguineum, le Sympétrum sanguin

Constats : les mammifères

Mammifères hors chiroptères

- Des empreintes et des souilles de sangliers (*Sus scropha* L.) ont également été trouvées aux abords du ruisseau de la Constance.



Photo 3 : empreintes de sanglier

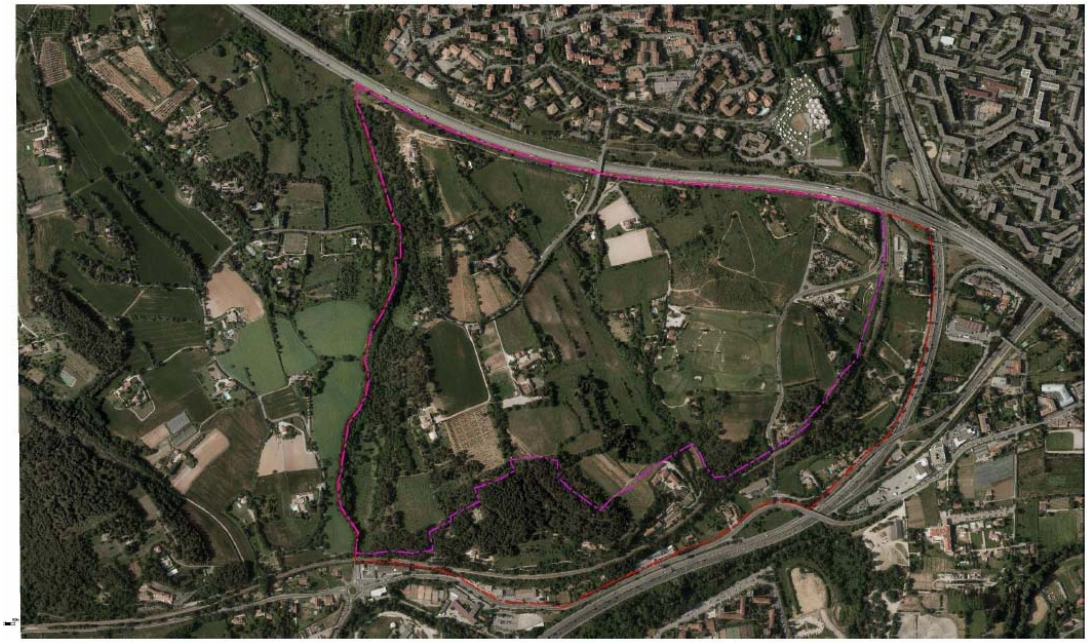
Constats : les oiseaux

- Un inventaire sur l'avifaune migratrice sera effectué fin aout, début septembre 2013. A ce jour quelques nouvelles espèces ont fait leur apparition sur l'aire d'étude.

1.2 Situation géographique du Projet rappel

La zone d'étude finalement retenue

1.3 Carte de l'aire d'étude



Carte 2 : Périmètre d'étude

2 CADRE REGLEMENTAIRE



Carte n° 3: ZNIEFF I et II en vert et zone Natura 2000 en jaune. *Situation du projet*

3 RESULTATS DES INVENTAIRES :

batracologiques & herpétologiques, entomologiques, mammifères hors chiroptères et avifaunistiques.



3.1 Relevé terrain au 31 aout 2013

3.1.1 INVENTAIRES BATRACOLOGIQUES RESULTATS AU 31 AOUT 2013 :

- Le premier milieu, le ruisseau de la Thumine, conserve une couverture végétale très dense et diversifiée, composée de grands peupliers, et d'essences d'arbres très variée, avec une multitude de plantes et arbustes de milieux mésophiles. Le débit est relativement faible, mais le fond du ruisseau regorge de plantes aquatiques, de pierrées, de cachettes en tout genre qui facilitent la vie des amphibiens. L'accès a été relativement difficile et il est largement obstrué dans son ensemble, par les ronciers, ce qui rend l'anthropisation potentielle et son cortège de pollutions, presque inexistante.



Photo 4 : Milieu humide du ruisseau de La Thumine

Au total, trois espèces d'amphibiens ont été contactées sur le site :

- *Pelophylax kl. Grafi* Crochet, Dubois & Ohler & Tunner, 1995



Photo 5 : Grenouille de Graf

- *Pelophylax perezi,* Seoane, 1885



Photo 6 : Grenouille de Perez

- *Petrophylax ridibunda* Pallas, 1771



Photo 7 : Grenouille rieuse

Statuts de Protection

Les trois espèces de grenouille contactées sur le ruisseau de la Constance sont citées dans l'annexe V de la Directive Habitat (92/43/CEE), ce qui leur confère un statut de patrimonialité relativement élevé. Par ailleurs ces trois espèces d'amphibiens sont annotées *à surveiller* dans le livre rouge des vertébrés de France.

A noter, la grenouille de Pérez et la grenouille de Graf sont regroupées sous le même nom de taxon dans la Directive Habitats de 1992 puisque l'isolement de ces espèces est ultérieur à la publication du référentiel.

- Le milieu suivant, relativement important par sa taille, est la grande mare artificielle proche du golf, dans une propriété privée, traversée de part et d'autre par un petit vallat qui descend selon un axe Nord-Sud. Les caractéristiques végétales et écologiques de ce milieu ressemblent un peu à celles du ruisseau de la Thumine, à une plus petite échelle.



Photo 8 : mare artificielle et Grenouille rieuse

Trois espèces ont été contactées au niveau de ce milieu humide. Il s'agit de la Grenouille rieuse que l'on retrouve sur cette mare artificielle ainsi que sur le vallat, le Lézard vert et le Crapaud commun.



Photo 9: Grenouille rieuse

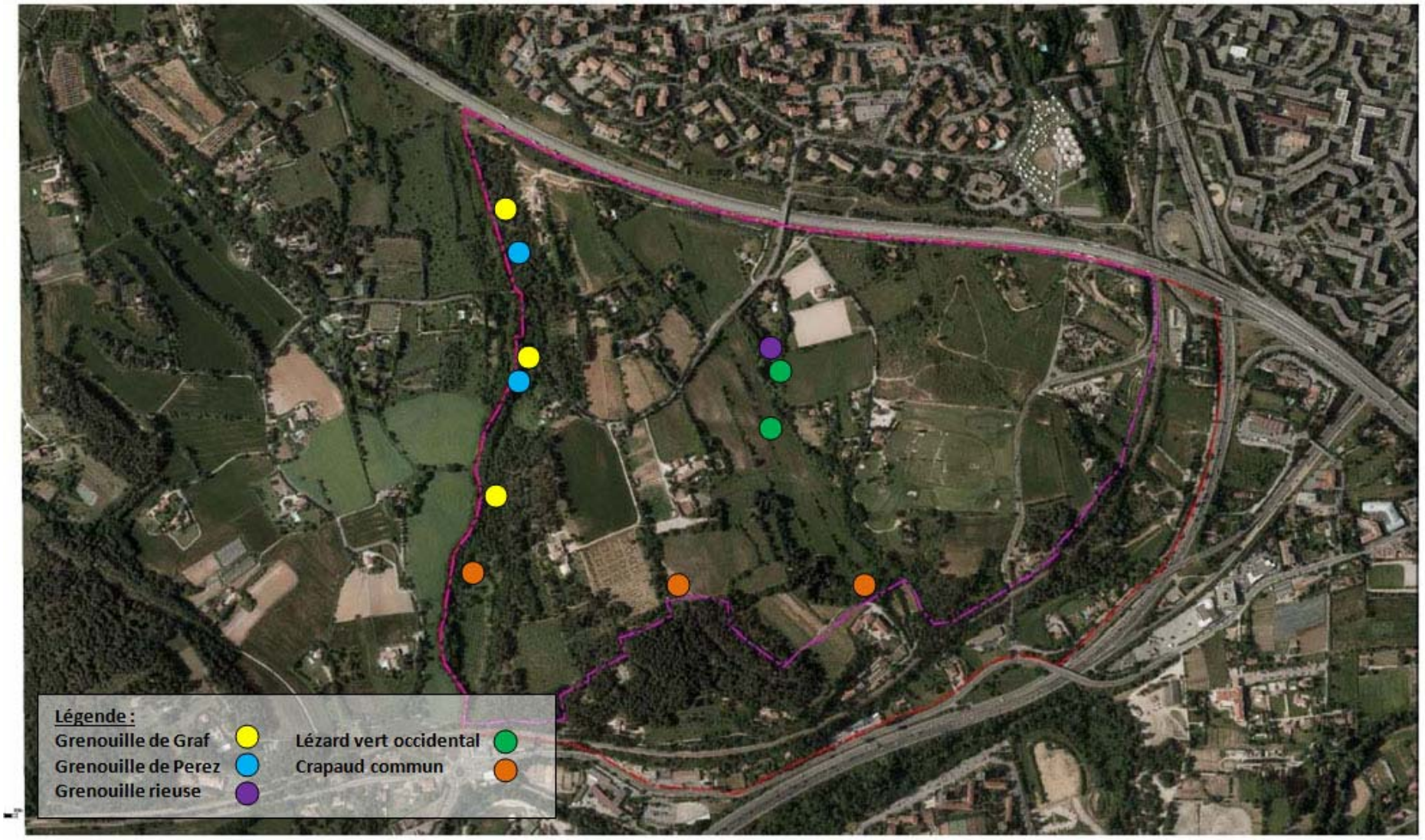
- *Petrophylax ridibunda* Pallas, 1771 : abondante sur la mare artificielle
- *Lacerta bilineata*, Daudin, 1802 : un seul individu sur la mare, mais il a déjà été vu aux abords de la zone humine en plein champ.
- Bufo bufo spinosus, Daudin, 1803. Contacté à plusieurs endroits sur le site.

Bilan des enjeux batracologiques et reptiles

Taxons	Habitats	Présence sur l'aire d'étude	Statuts de protection	Listes Rouges UICN	Abondance sur le site	Enjeu local de conservation
Grenouille de Graf *Pelophylax kl. grafi*	mares, étangs, lacs, canaux	contacté	19/11/2007 art.3 **Conv Bern** Ann.III	**NT** Europe **NT** Monde **DD** France	Assez abondante Thumine	modéré
Grenouille de Perez *Pelophylax perezi*	lagunes, marais littoraux, canaux, mares, cours d'eau	contacté	19/11/2007 art.3 **DHFF** Ann.V	**LC** Europe **LC** Monde **NT** France	Assez abondante Thumine	modéré
Grenouille rieuse *Petrophylax ridibunda*	grandes rivières, étangs, tourbières	contacté	19/11/2007 art.3 **DHFF** Ann.V **Conv Bern** Ann.III	**LC** Europe **NT** Monde **NT** France	Assez abondante roselière	modéré
Lézard vert occidental *Lacerta bilineata*	buissons, murgers, milieux ensoleillés	contacté	19/11/2007 art.2 **DHFF** Ann.IV **Conv Bern** Ann.III	**LC** Europe **LC** Monde **LC** France	Peu abondant Roselière et friches	faible
Crapaud commun *Bufo bufo*	Plaines, forêts, milieux humides	contacté	19/11/2007 art.2 **DHFF** Ann.IV **Conv Bern** Ann.III	**LC** Europe **LC** Monde **LC** France	Assez abondant Friches, vallat	faible

Légende :
(NT) *quasi menacée* **(DD)** *données insuffisantes* **(LC)** *Préoccupation mineure*
(DHFF) : *Directive Habitats Faune et Flore*
19/11/2007 art.3 et 2*: Arrêté du 19 novembre 2007, fixant la liste des amphibiens et reptiles protégés sur l'ensemble du territoire national.*
Enjeux local de conservation :
Fort modéré faible nul

Cartographie des espèces patrimoniales amphibiens et reptiles



Carte 4 : carte des espèces patrimoniales d'amphibiens et reptiles

3.1.2 INVENTAIRES ENTOMOLOGIQUES RESULTATS AU 31 AOUT 2013:

Au 31 aout 2013 un certain nombre de taxons entomologiques supplémentaires ont été rajoutés à la liste des espèces contactées :

Données supplémentaires, quelques insectes et papillons…

- La Lichénée rouge (*Catocala nupta* L.) a été trouvée sur le site, sur le ruisseau de la Thumine. Cet hétérocère ne représente aucun enjeu de conservation. L'espèce n'est pas protégée.



Photo 10 : Lichénée rouge

- L'Aeschne velue printanière (*Brachytron pratense, Mülller, 1764)*
  Cet odonate est présent sur le ruisseau de la Thumine au mois de juillet en quantité importante. Il est visé sur la Liste Rouge Européenne « LC », préoccupation mineure et ne représente pas non plus d'enjeu de conservation.

- Le Sympetrum sanguin**, (***Sympetrum sanguineum, Müller,1764)*
  Un autre odonate, contacté aux abords et sur la roselière du golf. Son statut de protection UICN est plus étendu que le précédent, mais est également visé sur la Liste Rouge Européenne et mondiale, « LC », préoccupation mineure et ne représente pas non plus d'enjeu de conservation.

- Le Bombyx du Chêne, (*Lasiocampa quercus*, Linnaeus, 1758), un autre hétérocère, présent sur la roselière, ne présente lui non plus aucun statut de protection.

- Concernant les rhopalocères (papillons de jour), 3 espèces se sont rajoutées durant les inventaires de juillet et aout, sur les différentes parties de l'aire d'étude à savoir :
  - Le Tabac d'Espagne, *Argynnis paphia*
  - Le Petit Nacré, *Issoria lathonia*
  - Le Paon du jour, *Inachis io*

  <u>Conclusion : aucune espèce protégée, supplémentaires pour les inventaires de juillet et aout 2013.</u>

RAPPEL :

- Ce relevé RT 04 ET RT 05 tient compte des inventaires effectués précédemment.
  Les cortèges d'espèces bio-indicatrices sont maintenant présents sur l'ensemble de l'aire d'étude de la Constance.

- Une attention toute particulière a été portée sur les espèces patrimoniales ou protégées ainsi que leur plantes nourricières. La proximité de la ZNIEFF 13-11-100 Plateau d'Arbois- Chaîne de Vitrolles- Plaine des Milles donne également quelques indications à ce sujet.
  La comparaison avec ce type de milieu naturel ne correspond pas, sauf peut-être pour la ripisylve de la Thumine qui pourrait représenter un enjeu assez fort.

- La recherche de ces espèces réputées induisant des enjeux à valeur forte, comme le Damier de la succise *(Euphydryas aurinia),* La Proserpine (*Zerynthia rumina)* ou La Diane *(Zerynthia polyxena)*, a été menée.
  Les abords de la ripisylve, bordés par des prairies fleuries ont été inspectés. La première espèce n'a pas été contactée même si le milieu pourrait être propice, en raison de la présence de knauties, une des plantes hôte probable de l'espèce, mais qui n'est pas la principale.
  Quand aux deux autres, l'absence d'aristoloches constatée, et l'inexistence de milieux de garrigue sur l'aire d'étude, ne laissent aucun doute sur l'absence des deux espèces de *Zerynthia*. Les inventaires se poursuivent et devraient confirmer ce constat.

- une roselière à sec se situant non loin du golf et bordant le petit vallat à fait aussi l'objet d'une attention particulière.



Photo 11 : milieu humide, roselière

TABLEAU SYNTETIQUE DES INSECTES AU 31 AOUT 2013

N°	Insecta Rhopalocera famille	Nom scientifique	Nom vernaculaire	Dates	DH	LR France UICN	LR Europe UICN	LR monde UICN	Statut déterminant
1	*Papilionidae Papilioninae*	*Iphiclides podalirius podalirius*	Le Flambé	(1), (2),		**LC**	**LC**		
2	*Papilionidae Papilioninae*	*Papilio machaon machaon*	Le Machaon	(1), (2),		**LC**	**LC**		
3	*Pieridae Pierinae*	*Pieris napi*	La Piéride du navet	(1), (2),		**LC**	**LC**		
4	*Pieridae Pierinae*	*Pieris rapae*	La Piéride la rave	(1), (2),		**LC**	**LC**		
5	*Pieridae Coliadinae*	*Colias crocea*	Le Souci	(1), (2),		**LC**	**LC**		
6	*Pieridae Coliadinae*	*Gonepteryx cleopatra*	Le citron de Provence	(2)		**LC**	**LC**		
7	*Pieridae Coliadinae*	*Gonepteryx rhamni*	Le citron	(2)		**LC**	**LC**		
8	*Pieridae Pierinae*	*Pieris brassicae*	La piéride du chou	(1), (2), (5)		**LC**	**LC**		
9	*Pieridae Dismorphiinae*	*Piéris sinapis*	Piéride de la moutarde	(1), (2),		**LC**	**LC**		
10	*Pieridae Pierinae*	*Aporia crataegi*	Le Gazé	(2)		**LC**	**LC**		
11	*Pieridae Pierinae*	*Pontia daplidice*	Le marbré de vert	(1), (2)		**LC**	**LC**	**LC**	
12	*Pieridae Pierinae*	*Anthocharis cardamines*	L'Aurore de Provence	(1)		**LC**	**LC**		
13	*Nymphalidae Limenitinae*	*Limenitis reducta*	Le Sylvain azuré	(1), (2),(5)		**LC**	**LC**		
14	*Nymphalidae Danaidae*	*Pararge aegeria*	Le Tircis	(2)		**LC**	**LC**		
15	*Nymphalidae Nymphalinae*	*Vanessa cardui*	La belle dame	(1), (2)		**LC**	**Réunion LC**		
16	*Nymphalidae Satyrinae*	*Brintesia circe*	Le Silène	(3),(4)		**LC**	**LC**		
17	*Nymphalidae Satyrinae*	*Lasiommata megera*	La Mégère	(2)		**LC**	**LC**		
18	*Nymphalidae Satyrinae*	*Coenonympha pamphilus*	Le fadet commun	(2)		**LC**	**LC**		
19	*Nymphalidae Satyrinae*	*Pyronia cecilia*	L'Ocellé de la canche	(2)		**LC**	**LC**		
20	*Nymphalidae Satyrinae*	*Maniola jurtina*	Le Myrtil	(2)		**LC**	**LC**		
21	*Nymphalidae Satyrinae*	*Melanargia galathea*	Le demi-deuil	(2)		**LC**	**LC**		
22	*Nymphalidae Nymphalinae*	*Vanessa atalanta*	Le Vulcain	(1)		**LC**			
23	*Nymphalidae Nymphalinae*	*Nymphalis polychloros*	La Grande tortue	(1)		**LC**	**LC**		
24	*Nymphalidae Nymphalinae*	*Aglais urticae*	La petite tortue	(2)		**LC**	**LC**		
25	*Nymphalidae Nymphalinae*	*Polygonia c-album*	Le Robert le diable	(1)		**LC**	**LC**		
26	*Nymphalidae Nymphalinae*	*Melitaea didyma*	La mélitée orangée	(2)		**LC**	**LC**		
27	*Nymphalidae Heliconinae*	*Issoria lathonia*	Le Petit Nacré	(4)		**LC**	**LC**		
28	*Nymphalidae Heliconinae*	*Argynnis paphia*	Le Tabac d'Espagne	(4)		**LC**	**LC**		
29	*Nymphalidae Nymphalinae*	*Inachis io*	Le Paon du jour	(4)		**LC**	**LC**		

Légende : Dates (1) mai2013, (2) juin 2013, (3) début juillet
LC/ préoccupation mineure **Ann. II** : Directive Habitats Faune flore
Esp. rglt : Règlementée non en PACA

30	*Lycaenidae Lycaeninae*	*Lycaena phlaeas*	Le Cuivré commun	(1)		**LC**	**LC**		
31	*Lycaenidae Lycaeninae*	*Callophrys rubi*	L'Argus vert	(1)		**LC**	**LC**		
32	*Lycaenidae Polyomnatinae*	*Aricia agestis*	Le Collier de Corail	(1)		**LC**	**LC**		
33	*Lycaenidae Polyomnatinae*	*Polyommatus icarus*	L'Argus bleu	(1)		**LC**	**LC**		
34	*Hesperidae hesperiinae*	*Thymelicus lineola*	L'Hespérie du dactyle	(3)		**LC**	**LC**		
	Insecta Heterocera								
35	*Sphingidae*	*Macroglossum stellatarum*	Le Moro-sphinx	(1)		*esp.rglt.*			
36	*Sphingidae*	*Agrius convolvuli*	Le Sphinx du liseron	(2)		*esp.rglt.*			
37	*Arctiidae*	***Euplagia quadripunctaria***	L'Ecaille chinée	(3)	**An. II**	*esp.rglt.*			
38	*Zygaenidae*	*Zygaena romeo*	Le Zygène des vesces	(2)		*esp.rglt.*			
39	*Zygaenidae*	*Adscita statices*	La Turquoise	(2)		*esp.rglt.*			
40	*Noctuidae*	*Catocala nupta*	La Lichénée rouge	(5)		*esp.rglt.*			
41	*Lasiocampidae*	*Lasiocampa quercus*	Le Bombyx du Chêne	(5)		*esp.rglt*			
	Insecta Orthoptera								
42	*Tettigonidae Tettigoniinae*	*Tettigonia viridissima*	La Grande sauterelle verte	(2),		*esp.rglt.*			-
43	*Tettigonidae Decticinae*	*Decticus albifrons*	Le Dectique à front blanc	(2)		*esp.rglt.*			
	Insecta Odonata								
44	*Anisoptère Aeschnidae*	*Sympetrum sanguineum*	Sympetrum sanguin	(2), (5)			**LC**	**LC**	
45	*Anisoptère Aeschnidae*	*Brachytron pratense*	Aeschne velue printanière	(4)			**LC**		
	Insecta Hemiptera								
46	*Cicadidae*	*Ciacada orni*	La cigale grise	(2)		*esp.rglt.*			
47	*Cicacidae*	*Cicadatra atra*	La cigale noire	(2)		*esp.rglt.*			
48	*Cicacidae*	*Lyristes plebejus*	La cigale lyre	(2)		*esp.rglt.*			
	Insecta Neuroptera								
49	*Ascalaphidae*	*Libelloides coccajus*	L'Ascalaphe soufré	(3)		*esp.rglt.*			

Légende : Dates (1) mai2013, (2) juin 2013, (3) début juillet
LC/ préoccupation mineure **Ann. II** : Directive Habitats Faune flore
Esp. rglt : Règlementée non en PACA

RESULTATS : 1 espèce protégée

- 49 espèces d'insectes ont été répertoriés, dont 34 rhopalocères, (papillon de jour), 7 hétérocères (papillon de nuit), 2 orthoptères (sauterelle), 2 odonate (libellule), 3 hémiptères (cigales) et 1 névroptère (Ascalaphe).

- 48 sur 49 ne sont pas protégées au 31 aout 2013 ;

Ce premier constat met en évidence, qu'une seule espèce bénéficie d'un régime de protection. Elle est visée à l'annexe II de la Directive Habitats Faune Flore : il s'agit de L'Ecaille chinée, *Euplagia quadripunctaria,* un hétérocère *« Arctiidae »* (papillon de nuit), contacté dans la ripisylve de la Thumine, en bordure du projet d'aménagement.

Espèces protégées (listes rouges, directive habitats)

- Les 34 espèces de rhopalocères contactés sur l'ensemble du site, sont listés sur la Liste rouge UICN de France métropolitaine et Européenne avec le code LC « préoccupation mineure », donc **non en danger**.

- 6 hétérocères (papillons de nuit) sur 7 ne bénéficient d'**aucun régime de protection** ainsi que 7 autres insectes appartenant à des familles diverses.

- 2 odonates (libellules), *Sympetrum sanguineum,* sont listés sur la Liste rouge UICN européenne et mondiale, avec le code LC « **préoccupation mineure** », également. **Pas de protection**.

- **1 espèce protégée** : *Euplagia quadripunctaria,* L'Ecaille chinée. Nous l'avons contacté dans la partie Nord du ruisseau de la Thumine, le 11 juillet 2013 au milieu des grands arbres.

Description : **<u>l'Ecaille chinée, ou le Callimorphe</u>**



Photo 12: L'Ecaille chinée

- **Phénologie**

C'est une espèce univoltine. On la rencontre sur une période allant de juillet à septembre.

- **Répartition :**

On la trouve en Europe jusqu'en Asie mineure. Présente dans tous les milieux et partout en France. Elle affectionne même les zones urbanisées.

- **Le statut de protection :** <u>Directive Habitats-Faune-Flore : Annexe II.</u>

Elle est actuellement l'unique représentante du genre *Euplagia* en France. Même si c'est une espèce commune et relativement abondante sur le territoire national, elle figure parmi les espèces prioritaires, avant certaines espèces, et dont le statut de protection est considéré comme fort en termes d'enjeu. C'est une « espèce prioritaire » d'intérêt patrimonial.

- **Ecologie rappel** :

Les femelles d'Ecaille chinée pondent vers la fin de l'été sur diverses plantes basses, principalement des herbacées comme les orties, les plantains, les pissenlits ou les lamiers. Des arbres ou arbustes caducifoliés (les Sureaux ou les Noisetiers par exemple) peuvent également faire partie des plantes nourricières. Un seul spécimen de l'espèce *Euplagia quadripunctaria* a été observé au Nord du ruisseau de la Thumine. Des massifs d'orties, *Urtica dioïca*, sont d'ailleurs présents en quantités à cet endroit et représentent une source potentielle comme plante hôte pour la chenille.

<u>En France cette espèce de nécessite pas la mise en œuvre de mesures de gestion.</u>

Espèces patrimoniales (ZNIEFF, déterminantes ou remarquables)

Parmi les 49 espèces d'insectes papillons contactés sur l'aire d'étude :

- 1 seule est considérée comme patrimoniale : *Euplagia quadripunctaria,* L'Ecaille chinée.

Bilan des enjeux entomologiques par milieux naturels

Taxons patrimoniaux	Habitats naturels sur l'aire d'étude	Présence sur l'aire d'étude	Statuts de protection	Listes Rouges UICN	Abondance sur le site	Enjeu local de conservation
Ecaille chinée *Euplagia quadripunctaria*	**Ripisylve Thumine**	contacté	**DHFF** Ann.II		Assez abondante Thumine	**Faible à modéré**
Quantités de taxons non protégées par milieux						
5	**Vallat et roselière**	contacté	**aucun**	**LC** Europe **LC** France	Peu abondants	**faible**
32	**Prairies et friches**	contacté	**aucun**	**LC** Europe **LC** France	Abondants	**faible**
9	**Forêt**	contacté	**aucun**	**LC** Europe **LC** France	Peu abondants	**faible**
5	**Ripisylve Thumine**	contacté	**aucun**	**LC** Europe **LC** France	Peu abondants	**faible**
Autres espèces patrimoniales recherchées	**Habitats de prédilection**	**Présence des plantes hôtes**	**Statuts de protection**	**Listes Rouges UICN**	**Aperçus sur l'aire d'étude**	**Enjeu local de conservation**
Zerynthia rumina La Proserpine	Garrigues et maquis ouvert	Aristoloches **non**	Espèce protégée 23 avril 2007 art 3	**LC** Europe **V** France	**non**	**fort**
Zerynthia polyxena La Diane	Prairies, pelouses, landes ouvertes	Aristoloches **non**	DHFF ANN IV BERNE ANN II Esp protégée 23 04 2007 art 3	**LC** Europe **V** France	**non**	**Très fort**
Euphydryas aurinia Le Damier de la succise	Pelouses maigres lisières et tourbières	Scabieuse colombaire **non**	DHFF ANN IV BERNE ANN II Esp protégée 23 04 2007 art 3	**LC** Europe **E** France	**non**	**Très fort**
Saga pedo Magicienne dentelée	Garrigue	Nourriture orthoptères **oui**	DHFF ANN IV BERNE ANN II Esp protégée 23 04 2007 art 2	**VU** Monde **I** France	**non**	**Très fort**
Megascolia maculata flavifrons	Forêts conifères, feuillus	Nourriture larves d'oryctes **Oui potentiel**	Patrimoniale Espèce règlementée		**non**	**modéré**

Légende :
(NT) *quasi menacée* **(DD)** *données insuffisantes* **(LC)** *Préoccupation mineure* **(V)** espèce vulnérable **(E)** en danger
(DHFF) : *Directive Habitats Faune et Flore* ***BERNE*** *: Convention de Bern*
19/11/2007 art.3 et 2*: Arrêté du 19 novembre 2007, fixant la liste des amphibiens et reptiles protégés sur l'ensemble du territoire national.*
Enjeux local de conservation :
Fort modéré faible nul très fort

Espèces bio-indicatrices ou caractérisant un habitat naturel



Photo 13 : Decticus albifrons

Les inventaires se poursuivent pour le mois de juillet 2013. De nombreux orthoptères font leur apparition sur les prairies ou friches agricoles. La plupart sont encore au stade larvaire, mais de nombreux Dectique à front blanc, *Decticus albifrons*, espèce non protégée font leur apparition. C'est également le cas de la Grande sauterelle verte, *Tettigonia viridissima*.

- Le Dectique à front blanc est une espèce typiquement méditerranéenne inféodée aux endroits chauds et secs. Il fréquente les pelouses xériques, les garrigues, les fructicées basses et autres milieux naturels ouverts. Elle caractérise parfaitement ces milieux de friches à graminées, nourriture essentiel des jeunes, qui passeront rapidement à un régime omnivore.

Autres observations : arbre à chiroptères



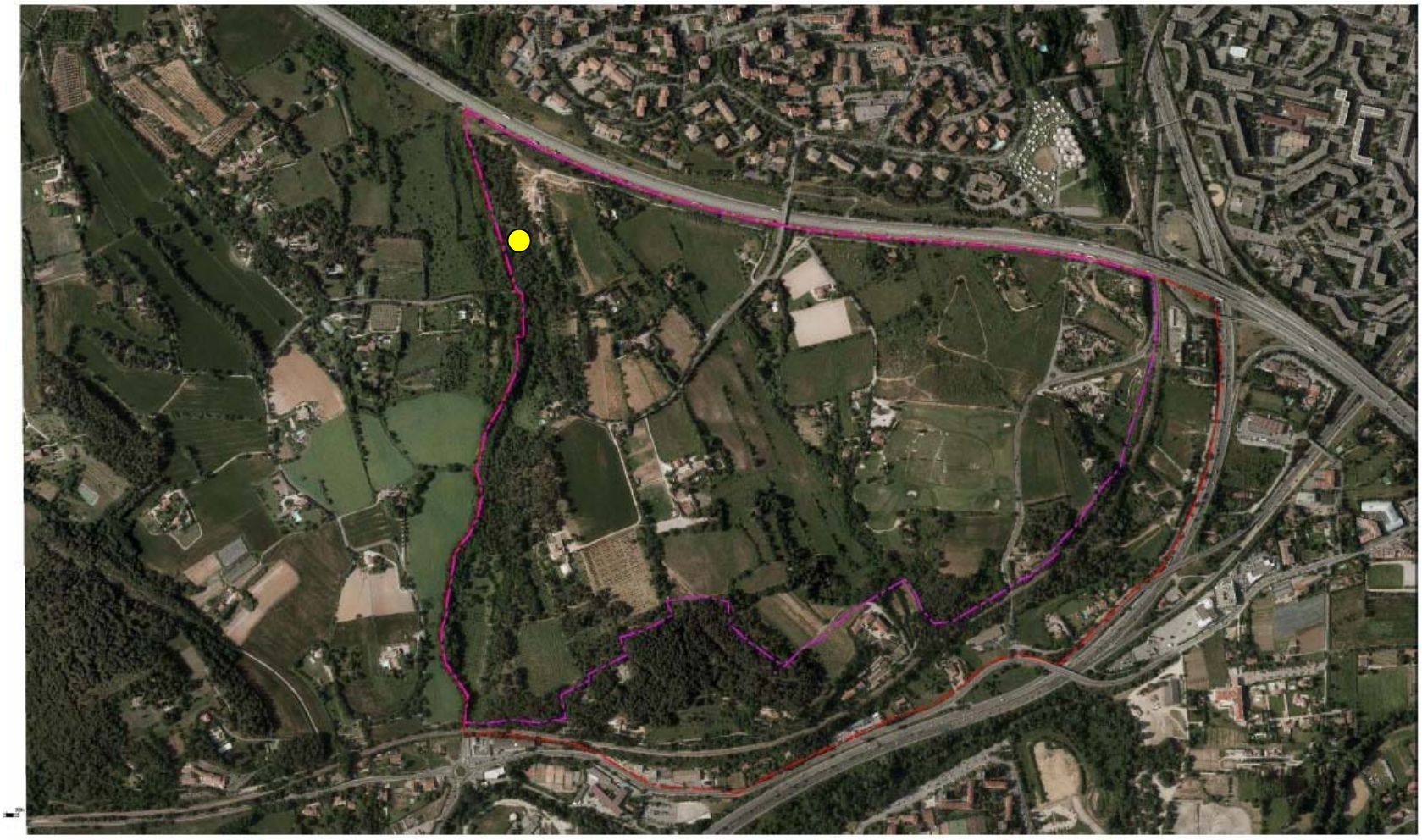
Photo 14 : arbre mort présentant des cavités et trous de pics

En contrebas de l'aire d'étude, au Sud-est, près d'une ruine se trouve un arbre mort sur pied présentant des trous de Pics, et qui pourrait être un gite potentiel à chiroptères. Le point GPS est le 43°30'50.37'' N.



Carte 5 : Ancienne ruine : arbre à chiroptères.

3.1.7 Cartographie des espèces patrimoniales au 31 aout 2013



Carte 6 : Cartographie des espèces d'insectes patrimoniaux

● *Euplagia quadripunctaria,* L'Ecaille chinée

3.1.3 INVENTAIRE MAMMIFERES HORS CHIROPTERES AU 31 AOUT 2013:

- A ce jour la liste des mammifères reste inchangée :
  Sanglier (*Sus scrofa)*, Lapin de garenne (*Oryctolagus cuniculus)*, Ecureuil roux, (*Sciurus vulgaris)*, Rats (*Rattus norvegicus*), Surmulots et Renard Roux (*Vulpes vulpes*).

Bilan des enjeux mammifères (hors chiroptères)

Taxons	Habitats	Présence sur l'aire d'étude	Statuts de protection	Listes Rouges UICN	Abondance sur le site	Enjeu local de conservation
Sanglier *Sus scrofa*	Divers Thumine	Traces Contacté	Autorisation de chasse	**LC** Europe **LC** Monde **LC** France	Peu abondant Thumine	faible
Lapin de garenne *Oryctolagus cuniculus*	Divers	Contacté Friches	Autorisation de chasse	**NT** Europe **NT** Monde **NT** France	Peu abondant prairies	faible
Ecureuil roux *Sciurus vulgaris*	Forêts, lisières prairies , parc	Contacté Lisières arbres	Berne Ann III Espèce protégée 23 avril 2007 art 2	**LC** Europe **NT** Monde **NT** France	Peu abondant lisière	modéré
Rats *Rattus norvegicus*	buissons, zone à crotins de chevaux	contacté	**NA** France	**LC** Europe **LC** Monde **LC** France	Peu abondants Roselière et friches	nul
Surmulots	Divers champs, habitations	contacté traces		**LC** Europe **LC** Monde **LC** France	Peu abondants Friches, vallat	nul
Renard Roux *Vulpes vulpes*	Divers champs, forêts	contacté	Autorisation de chasse	**LC** Europe **LC** Monde **LC** France	Peu abondant lisière Thumine	faible

Légende :
(NT) *quasi menacée* **(DD)** *données insuffisantes* **(LC)** *Préoccupation mineure* **(V)** espèce vulnérable **(E)** en danger
(DHFF) : *Directive Habitats Faune et Flore* ***BERNE*** *: Convention de Bern* **(NA)** introduction interdite
19/11/2007 art.3 et 2*: Arrêté du 19 novembre 2007, fixant la liste des amphibiens et reptiles protégés sur l'ensemble du territoire national.*
Enjeux local de conservation :
Fort modéré faible nul très fort

3.1.4 INVENTAIRE AVIFAUNISTIQUE AU 31 AOUT 2013:

- Un inventaire sur l'avifaune migratrice sera effectué fin aout, début septembre 2013.
  A ce jour quelques nouvelles espèces ont fait leur apparition sur l'aire d'étude et viendront compléter les prochaines données sur le prochain rapport.

TABLEAU SYNTETIQUE DES ESPECES D'OISEAUX AU 31 AOUT 2013

N°	Nom scientifique	Nom vernaculaire	Famille	Vulnérabilité pour la population française nicheuse	Qté sur le site	Vulnérabilité pour la population française hivernante	Protection Nationale	Directive Oiseaux	Convention De Berne	Convention De Bonn	Espèces patrimoniales
1	**Busard Saint Martin**	Circus cyanus	Accipitridés	En déclin	1	sédentaire	Oui	Annexe I	Annexe II	Indéterminé	Non
2	**Buse variable**	*Buteo buteo*	Accipitridae	à surveiller	2	indéterminé	OUI	-	Annexe II	annexe II	
3	**Chardonneret élégant**	*Carduelis carduelis*	Fringillidae	indéterminé	5	indéterminé	OUI	indéterminé	Annexe II	-	Non
4	**Choucas des tours**	*Corvus monedula*	Corvidae	indéterminé	8	indéterminé	OUI	annexe II	-	-	Non
5	**Chouette hulotte**	Strix aluco	Strigidés	indéterminé	2	sédentaire	Oui		Annexe II	Indéterminé	Non
6	**Corneille noire**	*Corvus corone*	Corvidae	indéterminé	4	indéterminé	Chassable et nuisible	annexe II		-	Non
7	**Fauvette à lunettes**	Sylvia conspicillata	Sylviidés	indéterminé	2	indéterminé	OUI		Annexe II	Indéterminé	Oui
8	**Fauvette à tête noire**	*Sylvia atricapilla*	Sylviidae	indéterminé	20	indéterminé	X	-	Annexe II	annexe II	
9	**Geai des chênes**	*Garrulus glandarius*	Corvidae	indéterminé	3	indéterminé	Chassable et nuisible	annexe II	indéterminé	indéterminé	Non
10	**Gobe-mouche noir**	*Ficedula hypoleuca*	Muscicapidés	indéterminé	2	sédentaire	OUI			Indéterminé	Non
11	**Grimpereau des bois**	Certhia Brachydactyla	Certhiidés	indéterminé	2	sédentaire	OUI		Annexe II	Indéterminé	Non
12	**Lusciniole à moustache**	Acrocephalus melanopogon	Sylviidés	En déclin	1	Sédentaire	OUI			Indéterminé	Non
13	**Merle noir**	*Turdus merula*	Turdidae	indéterminé	**6**	Sédentaire	Chassable	-	Annexe II		Non
14	**Mésange bleue**	*Parus caeruleus*	Paridae	indéterminé	**10**	Sédentaire	OUI	-			Non
15	**Mésange charbonnière**	*Parus major*	Paridae	indéterminé	15	indéterminé	OUI	-	Annexe III		Non
16	**Perdrix rouge**	*Alectoris rufa*	Phasianidae	En déclin	6	Sédentaire	indéterminé	annexe II & III	Annexe III	indéterminé	Oui
17	**Pic épeiche**	Dendrocopos major	Picidés	indéterminé	4	sédentaire	OUI		Annexe II	Indéterminé	Non
18	**Pic vert**	*Picus viridis*	Picidae	à surveiller	2	Sédentaire	OUI	indéterminé	annexe II	indéterminé	Oui
19	**Pie bavarde**	*Pica pica*	Corvidae	indéterminé	6	indéterminé	Chassable et nuisible	annexe II	indéterminé	indéterminé	Non
20	**Pigeon biset**	*Columba livia*	Columbidae		20			annexe II			

21	**Pigeon ramier**	*Columba palumbus*	Columbidae	indéterminé	8	indéterminé	Chassable et nuisible	annexe II & III	indéterminé	indéterminé	Non
22	**Pinson des arbres**	*Fringilla coelebs*	Fringillidae	indéterminé	6	indéterminé	OUI	-	annexe III	Indéterminé	OUI
23	**Pouillot véloce**	*Phylloscopus collybita*	Sylviidés	indéterminé	10	sédentaire	OUI			Indéterminé	Non
24	**Rougegorge familier**	*Enthacus rubecula*	Muscicapidae	indéterminé	10	indéterminé	OUI	-	annexe II	indéterminé	
25	**Serin cini**	Serinus Serinus	Fringillidés	indéterminé	2	sédentaire	OUI		Annexe II	Indéterminé	Non
26	**Sittèle torchepot**	Sitta europea	Sittidés	indéterminé	2	sédentaire	OUI		Annexe II	Indéterminé	Non
27	**Tourterelle turque**	*Streptopelia decaocto*	Columbidae	indéterminé	6	indéterminé	indéterminé	annexe II	annexe III	Indéterminé	Non
28	**Verdier d'Europe**	Carduelis chloris	Fringillidés	indéterminé	4	sédentaire	OUI		Annexe II	Indéterminé	Non

- **Indice de vulnérabilité pour la population française nicheuse** :
- **Directive des oiseaux : n**°79/409 /CCE du conseil du 02/04/79 concernant la conservation des oiseaux sauvage
- **LR** / LISTE ROUGE : oiseaux menacés en France

- **Convention de Berne** : du 19/09/79 relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel d'Europe
- **Convention de Bonn** du 23/06/79 relative à la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage
- **Protection nationale :** Arrêté du 29/10/2009 fixant la liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités (JORF 5 décembre 2009, p.21056).

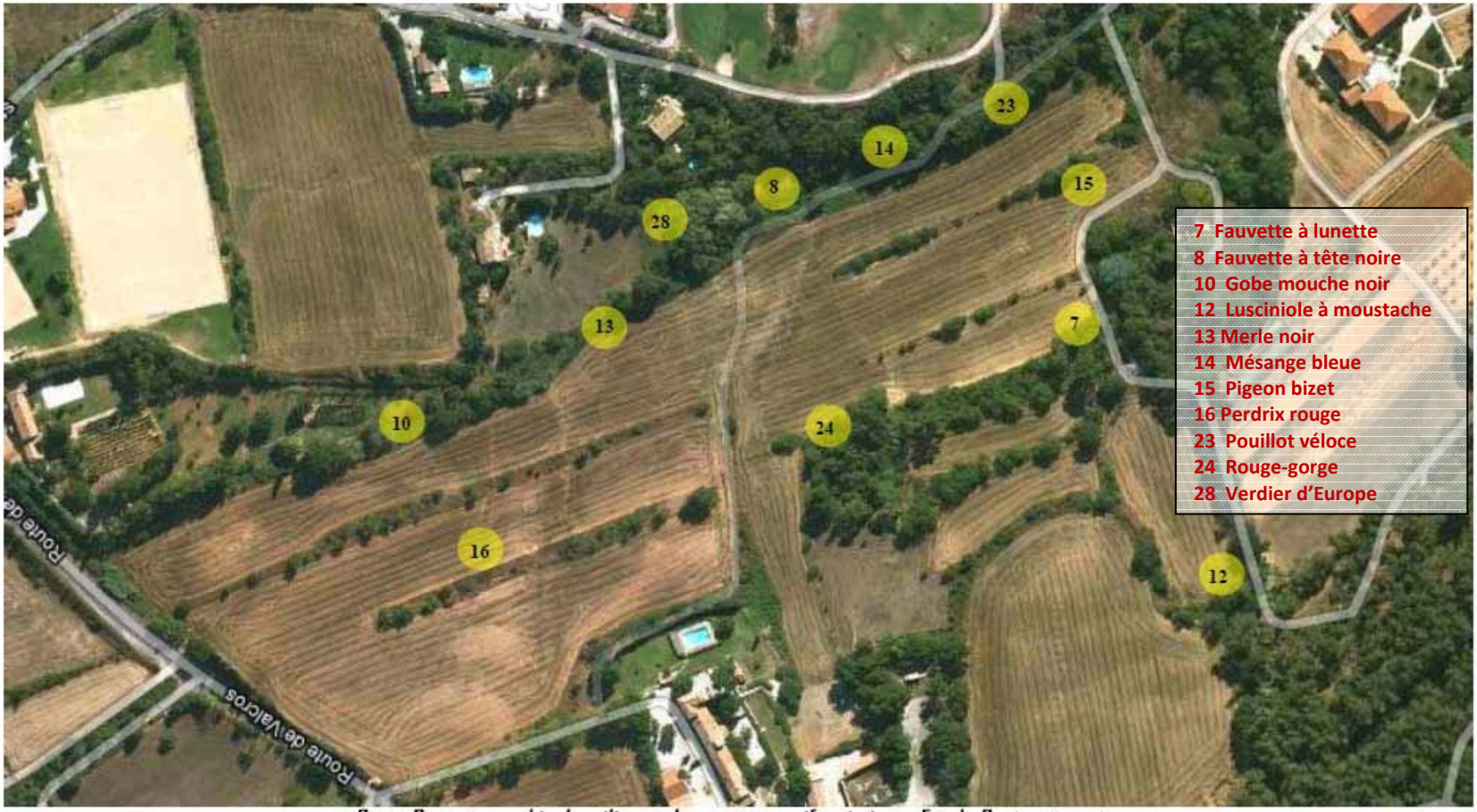
- **Chassable :** Arrêté du 26/06/1997 fixant la liste des espèces de gibier dont la chasse est autorisée.
- **Nuisible** : Arrêté du 30/09/1998 fixant la liste des animaux susceptibles d'être chassés
- **Tir :** Arrêté du 12/11/96 autorisant la destruction par tir des spécimens de l'espèce Erismature rousse

RAPPEL DES CARTOGRAPHIES PAR MILIEUX D ESPECES



Carte 2: cartographie du milieu et des espèces avifaunistiques

Le centre équestre se situe bien au centre du plateau. Un petit cours d'eau sépare le domaine du club de golf. L'activité du centre attire des oiseaux facilement rencontrés autour des fermes :



Carte 3 : cartographie du milieu et des espèces avifaunistiques Est du Centre équestre

Le terrain à l'Est du centre équestre se présente sous la forme d'un terrain en pente avec un ruisseau marquant la délimitation avec le terrain de golf. Ce terrain est séparé par des lignes de haies peu fournies. Les oiseaux font de réguliers passages entre les haies et le ruisseau. Y ont été répertoriés :



Carte 4: cartographie du milieu et des espèces avifaunistiques ruisseau de la Thumine

Un ruisseau dénommé « la Thumine » sépare nettement le domaine de la Constance et le reste de la campagne ouest. Ce ruisseau est bien arboré avec au nord un petit espace marécageux, des nombreux buissons bas et des grands peupliers dégagés. Au sud de la route de Valcros, la végétation dense se laisse difficilement pénétrer.
Présents un peu partout le long du ruisseau :

Bilan des enjeux avifaunistiques par milieux d'espèces

Taxons	Habitats sur le site	Présence sur l'aire d'étude	Protection nationale		Abondance sur le site	Enjeu local de conservation
7 espèces	**Centre équestre et alentours**	oui				
2 Buse variable **4 Choucas des tours** **6 Corneille noire** **15 Mésange charbonnière** **16 Perdrix rouge** **19 Pie bavarde** **20 Pigeon bizet**	milieu ouvert arbres hameau arbres hameau platanes champs friches hameau hameau		oui oui oui		non Abondant Abondant non Assez non abondant	**faible**
9 espèces	**Vallat golf**	oui				
7 Fauvette à lunette **8 Fauvette à tête noire** **10 Gobe mouche noir** **12 Lusciniole à moustache** **13 Merle noir** **14 Mésange bleue** **23 Pouillot véloce** **24 Rouge-gorge** **28 Verdier d'Europe**	lisière vallat vallat lisière vallat vallat vallat lisière vallat		oui oui oui oui oui oui oui		non abondant non non assez assez assez assez non	**Modéré à fort**
2 espèces	**friches**	oui				
15 Pigeon bizet **16 Perdrix rouge**	lisière friches friches		oui		abondant assez	
11 espèces	**La Thumine ruisseau**	oui				
1 Busard St Martin **3 Chardonneret élégant** **5 Chouette hulotte** **17 Pic épeiche** **18 Pic vert** **21 Pigeon ramier** **22 Pinson des arbres** **25 Serin cini** **26 Sittèle torchepot** **28 Verdier d'Europe** **27 Toutrelle Turque**	ripisylve ripisylve ripisylve ripisylve ripisylve ripisylve ripisylve ripisylve ripisylve ripisylve ripisylve		oui oui oui oui oui oui oui oui oui		non assez non assez non abondant assez non non non assez	**Très fort**
2 espèces	**Ruine et forêt**					
9 Geai des Chênes **11 Grimpereau des bois**	forêt ruine		oui		non non	**Modéré**

Légende :

(NT) *quasi menacée* **(DD)** *données insuffisantes* **(LC)** *Préoccupation mineure* **(V)** espèce vulnérable **(E)** en danger

(DHFF) : *Directive Habitats Faune et Flore* ***BERNE*** *: Convention de Bern* **(NA)** introduction interdite

19/11/2007 art.3 et 2*: Arrêté du 19 novembre 2007, fixant la liste des amphibiens et reptiles protégés sur l'ensemble du territoire national.*

Enjeux local de conservation :

Fort modéré faible nul très fort

3.2 *Conclusions provisoires et note de synthèse (enjeux faibles, modérés, moyens et forts)*

- A ce point de d'investigations au 31 aout 2013, les résultats restent relativement pauvres en matière d'invertébrés. Malgré un retour des conditions climatiques à la normal, les résultats ne montrent qu'un faible potentiel de l'aire d'étude concernant les insectes patrimoniaux.

- Certaines entités ou milieux naturels présentent quant à elles des enjeux forts, en termes de conservation pour les espèces sensibles.

    - C'est le cas du ruisseau de la Thumine, dont la très belle ripisylve abrite dans sa globalité, un nombre important d'espèces protégées, que ce soient pour les amphibiens, les oiseaux et les insectes.

    - C'est également le cas du petit vallat qui jouxte un autre milieu humide, un peu plus au sud avec une mare artificielle, qui elle aussi abrite une espèce d'amphibien, la Grenouille rieuse. Ici les enjeux de conservation semblent modérés.

Opération d'aménagement sous forme de ZAC du secteur de la Constance à Aix en Provence

RAPPORT octobre 2013

OBJET : ...Etude entomologique et avifaunistique



Mare du golf.

FICHE DE TERRAIN ET OBSERVATIONS n°07 et n°08 du 18 septembre et 13 octobre 2013

ECOTONIA - CAP AVENTURE Biodiversité Siège Social : 47 Bd RABATAU 13008 Marseille
RCS MARSEILLE B 433 405 248 - Siret 433 405 248 00017 - Code APE 804D
Tel. (33) 04 42 63 30 93 / (33) 06 61 715 888

Sommaire

1 LE CONTEXTE DE L'ETUDE ____ *3*

1.1 Contexte de l'étude : ____ **3**

2 RESULTATS DES INVENTAIRES ____ *4*

2.1 Relevé terrain au 13 octobre ____ **4**

2.1.1 **INVENTAIRE AVIFAUNISTIQUE** ____ 4

2.1.2 **INVENTAIRES ENTOMOLOGIQUES RESULTATS** ____ **11**

2.1.3 Tableau synthétique des espèces d'insectes ____ **12**

3 *NOTE DE CONCLUSION* ____ 15

Calendrier des derniers inventaires

Intervenant	Spécialité	Dates de visites	Heures	Temps	Température
Gérard FILIPPI	Entomologiste	18/09/2013	9h à 16h00	Ensoleillé	25°c
Pierre Channoy	Ornithologue	18 septembre et 13/10/ 2013	9h30 à 17h00	Soleil nuages	22°c

1 LE CONTEXTE DE L'ETUDE

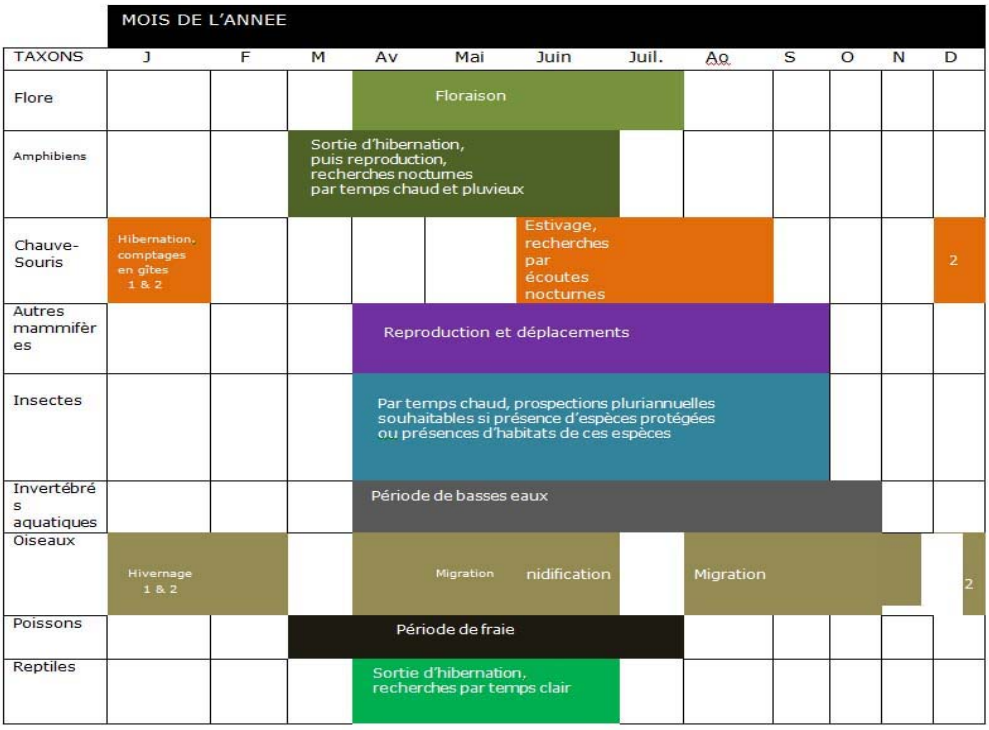
Septembre 2013 fin des expertises entomologiques
Septembre / Octobre 2013 : étude avifaunistique période de migration.

1.1 Contexte de l'étude :

Objectifs

- Recherche d'espèces entomologiques de milieux humides; 18 septembre
- Inventaires insectes et identifications ;
- Inventaire sur l'avifaune migratrice 18 septembre 2013.
- Rappel du calendrier faunistique

Un tableau standard de prospection et d'inventaire proposé par le Ministère de l'Ecologie servira de base de travail et pour répartir les périodes d'inventaire et les adapter aux fluctuations de saisons propres à Thorame Haute.



Constat : les oiseaux

Cet inventaire du 18 septembre à eu pour objectif de cibler les espèces migratrices et de relever leur présence éventuelle. 16 espèces supplémentaires ont été contactées.

Constats : les insectes

Ce passage du mois de septembre a permis de contacter 4 taxons taxons supplémentaires, principalement des odonates, dans les secteurs humides de la mare artificielle du golf, ce qui monte la liste d'espèces d'insectes contactés sur le secteur de Valcros/ Constance à 51.
La quantité d'espèces protégées ou patrimoniales n'a pas changé.

2 RESULTATS DES INVENTAIRES :

entomologiques et avifaunistiques.

2.1 Relevé terrain au 13 octobre 2013

2.1.1 INVENTAIRES AVIFAUNISTIQUES RESULTATS :

Rapport avifaunistique valcros – Constance au 13 Octobre 2013.

Description du milieu (suite)

[Je ne reprendrai pas la description des milieux faite dans le premier pré-rapport ainsi que les familles d'espèces qui s'y rapportent]

Deux terrains jouxtent la route de Valcros au niveau du parc de golf :

- Le terrain ouest est composé de deux parcelles de champs en friche. Le pourtour est arboré de haies et d'arbustes permettant à l'avifaune de se développer. Au centre des friches poussent de hautes herbes de plus de 50 centimètres rendant difficile l'observation d'espèces terrestres.

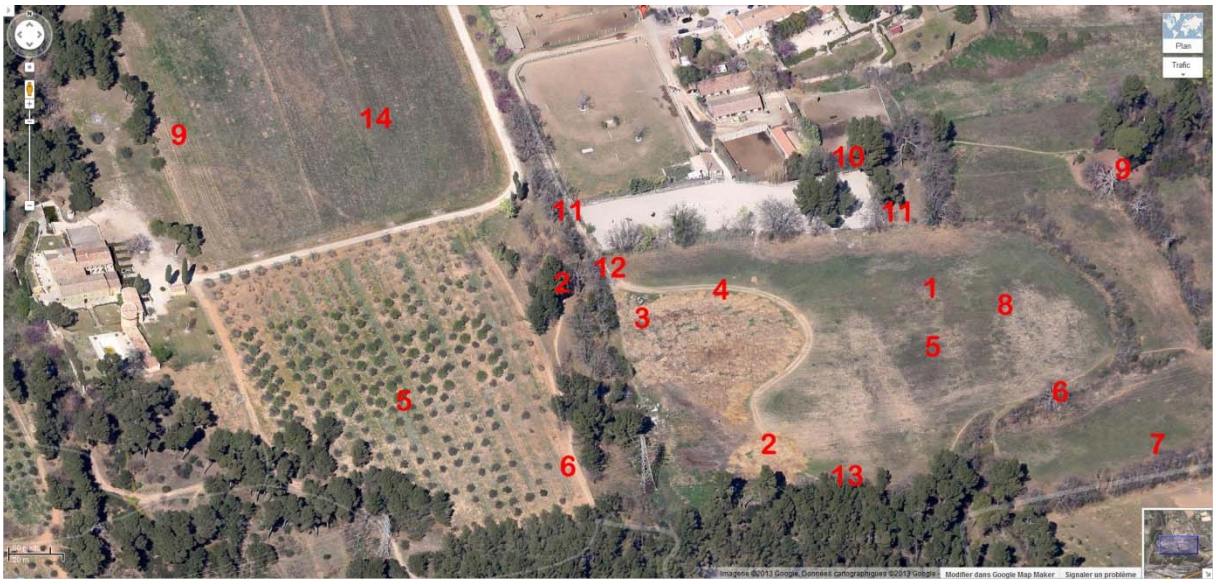
- Le terrain est consiste en un terrain vague où ont été déposés au fur des années des gravas et terre de remblais. Les grosses mottes centrales forment deux îlots où poussent des arbustes de faible hauteur et des genêts.



Carte 1 : Ci-dessus, vue d'ensemble

Détail des observations par ensemble

Le Centre Equestre :



Carte 2 : centre équestre

Le centre équestre se situe bien au centre du plateau. Un petit cours d'eau sépare le domaine du club de golf.
On été rencontrées :

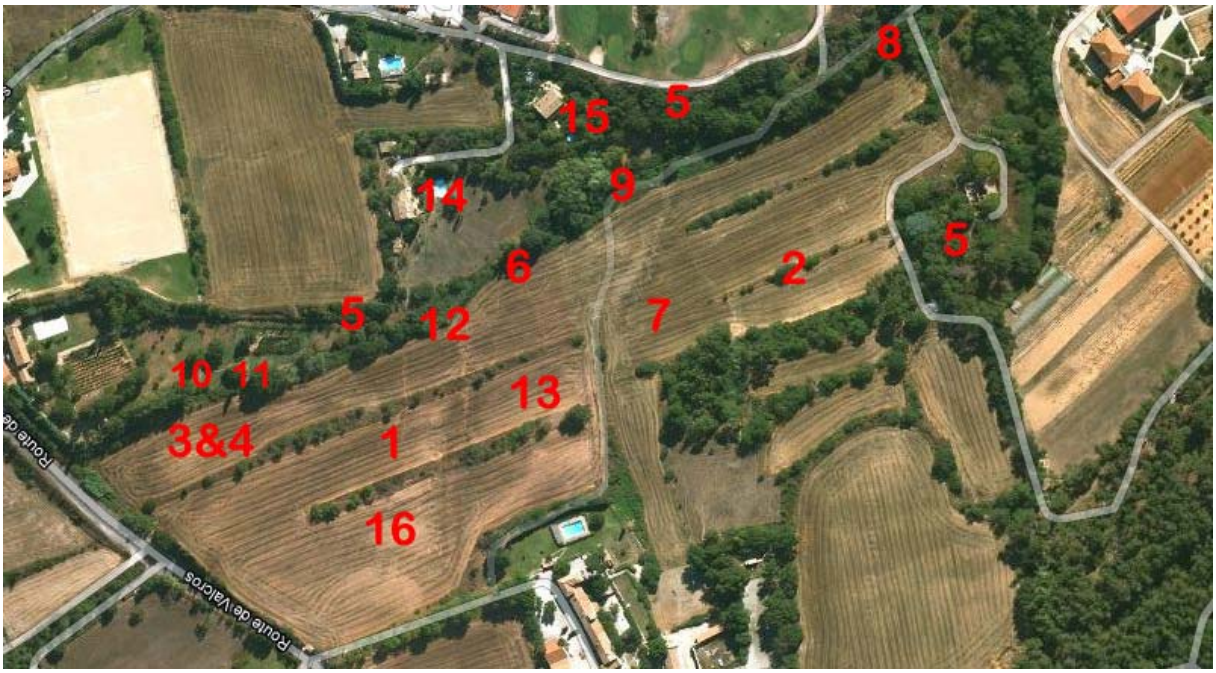
- de nombreuses Corneilles noire (1) en vol,
- des Pigeons ramier (2) perchés sur les fils électriques en limite de forêt,
- quelques Pie bavardes (3) et Choucas (4) des tours en vol.
- Les Perdrix rouge (5) moins nombreuses qu'à la première visite étaient plus visibles dans l'oliveraie.
- Les Mésanges bleues (6) également plus discrètes occupent les écotones entourant la parcelle aride.
- En contrebas, un Faisan Colchide (7) possiblement relâché pour la chasse se laisse repérer à son chant rauque.
- Ci et là des Cailles des blés (8) laissent entendre leur gloussement sans se laisser voir.
- Les Pigeons biset domestiques (9) volent depuis la ville vers le centre équestre et se posent sur un vieil arbre mort. Un groupe relativement important sera trouvé glanant des graines au sol au nord de l'oliveraie.
- Un Bruant jaune (10) se laisse découvrir dans une des haies bordant le centre équestre.
- Les Mésanges charbonnière (11) restent à proximité des habitations alors que l
- Gobe-mouche noir (12) occupe la haie délimitant l'oliveraie.

A noter également la présence d'un arbre mort servant de nid à des Pics vert (13) à l'orée de la forêt. Des Tourterelles turques passent au-delà du domaine sans donner signe de vouloir s'y arrêter (14).



Photo 1 : Vue sur la Montagne Sainte Victoire depuis le plateau

A l'est du centre équestre



Carte 3 : partie Est

Le terrain à l'est du centre équestre se présente sous la forme d'un terrain en pente avec un ruisseau marquant la délimitation avec le terrain de golf. Ce terrain est séparé par des lignes de haies peu fournies.

Les espèces observées :

Depuis les champs en limite sud du ruisseau :

- de nombreux Choucas des tours (1) sont visibles en vol.
- Quelques Fauvettes des jardins (2) se faufilent dans les buissons centraux.
- Un couple de Buses variable (3) s'exerce à la chasse en plein vol sur un groupe de Pigeons biset domestique (4).
- Une population importante de Geais des chênes (5) est visible contrairement à la première visite.
- Dans les bosquets de canne de Provence plusieurs Bouscarles de Cetti (6) lancent des chants tonitruants.
- Là encore des Pigeons ramiers (7) survolent l'espace de l'étude.
- Plus discret qu'au printemps, on perçoit à peine encore quelques Rouge-gorges (8) familier depuis les grands arbres.
- Le chant du Rossignol Philomèle (9) se fait également entendre le long du ruisseau.
- Des Rousserolles effarvatte (10) et Phragmites des joncs (11) sembles également s'être arrêtés en cours de migration.
- Un Gobe mouche gris (12) effectue des va-et-vient incessants entre sont point d'observation et ses proies.
- La grande étendue d'herbes sauvages attire les Hirondelles de fenêtre (13) et les Perdrix rouge (16) alors qu'on entend venir des grands arbres des propriétés voisines le chant du Merle noir (14) et les cris des Mésanges charbonnières (15).

La route de Valcros



Carte 4 : abords de la route de Valcros

La route de Valcros délimite deux milieux bien différents.

- A l'ouest, le terrain en friche avec ses herbes hautes est un terrain favorable aux phasianidés tels que les Perdrix rouge (1).

- Les haies clairsemées délimitant ces parcelles constituent un milieu propice aux sylviidés et muscicapidés. Ont d'ailleurs pu y être observées des Fauvettes des jardins (2) et des Grimpereaux des Jardins (3) à proximités des habitations.

- Des Pies bavardes (4) occupent les rares grands arbres en fond de parcelle. Un groupe de Choucas des tours (5) a été observé traversant en vol la parcelle.



Photo 2 : terrain bordant la route de valcros

- A l'est, les gravats et le terrain vague favorise des espèces nécessitant peu de végétation telle que les sylviidés et généralement des familles d'oiseaux terrestres tels que les phasianidés et les alaudidés et embérézidés.
  Peu d'espèces ont pu être répertoriées :
  - quelques Fauvettes mélanocephales (6) dans les genêts,
  - Bruant ortolan (7) et Alouette lulu (8) de passage cherchant leur nourriture au sol.
  - Dans le ciel, des Hirondelles rustiques (9) chassaient en ballet aérien les insectes redescendus suite à l'arrivée des nuages.

Il est à noter que l'installation du camp de « Roms » a du modifier la répartition des espèces sur le terrain, repoussant les oiseaux plus vers le golf et le fond du terrain.



Photo 3 : a l'Est de la route de Valcros, Champ à genêts



Photo 4 : gravas et terrain dénaturé

Espèces contactées le 18 septembre 2013, leur évolution en PACA et niveau de sensibilité
16 espèces nouvelles (en caractère gras)

Nom vernaculaire	*Nom scientifique*	*Famille*	Effectifs	Sensibilité	Quantité
Alouette lulu	*Lullula arborea*	*Alaudidés*	=	3	4
Bouscarle de Cetti	*Cettia cetti*	*Cettidés*	=	3	4
Bruant jaune	*Emberiza citrinella*	*Emberizidés*	=	3	1
Bruant ortolan	*Emberiza hortulana*	*Emberizidés*	/	2	1
Buse variable	*Buteo buteo*	*Accipitridés*	/	3	2
Caille des blés	*Coturnix coturnix*	*Phasianidés*	/	4	5
Choucas des tours	*Corvus monedula*	*Corvidés*	=	3	22
Corneille noire	*Corvus corone*	*Corvidés*	=	4	12
Etourneau sansonnet	*Sturnus vulgaris*	*Sturnidés*	+	4	2
Faisan de Colchide	*Phasianus colchicus*	*Phasianidés*	=	4	1
Fauvette des jardins	*Sylvia borin*	*Sylvidés*	=	3	12
Fauvette mélanocéphale	*Sylvia melanocephala*	*Sylvidés*	=	3	2
Geai des chênes	*Garrulus glandarius*	*Corvidés*	=	4	8
Gobe-mouche gris	*Muscicapa striata*	*Muscicapidés*	/	3	1
Gobe-mouche noir	*Ficedula hypoleuca*	*Muscicapidés*	/	3	2
Grimpereau des jardins	*Certhia brachydactyla*	*Certhiidés*	=	3	2
Grimpereau des bois	*Certhia familiaris*	*Certhiidés*	=	3	2
Hirondelle des fenêtres	*Delichon urbica*	*Hirundinidés*	+/-	3	8
Hirondelle rustique	*Hirundo rustica*	*Hirundinidés*	=	3	4
Merle noir	*Turdus merula*	*Turdidés*	=	4	1
Mésange bleue	*Parus caeruleus*	*Aegithalidés*	=	3	4
Mésange charbonnière	*Parus major*	*Aegithalidés*	=	3	11
Perdrix rouge	*Alectoris rufa*	*Phasianidés*	-	4	12
Phragmite des joncs	*Acrocephalus schoenobaenus*	*Acrocephalidés*	/	3	1
Pic épeiche	*Dendrocopos major*	*Picidés*	=	3	4
Pic vert	*Picus viridis*	*Picidés*	+/-	3	2
Pie bavarde	*Pica pica*	*Corvidés*	+	4	12
Pigeon biset domestique	*Columbia livia*	*Columbidés*	+/-	4	40
Pigeon ramier	*Columba palumbus*	*Columbidés*	=	4	30
Rossignol philomèle	*Luscinia megarhynchos*	*Muscicapidés*	=	3	1
Rougegorge familier	*Erithacus rubecula*	*Muscicapidés*	=	3	6
Rousserole effarvatte	*Acrocephalus scirpaceus*	*Acrocephalidés*	+	3	1
Tourterelle turque	*Streptopelia decaocto*	*Columbidés*	=	4	2

- + : En Progression : tendance supérieure à 0 et statistiquement significative.
- = : Stable, tendance comprise entre 0 et -20% et statistiquement non significative ou tendance supérieure à 0 et statistiquement non significative.
- +/- : A Surveiller : tendance comprise entre 0 et -20% et statistiquement significative ou tendance inférieure à - 20 % et statistiquement non significative.
- : En Déclin : tendance inférieure à -20% et statistiquement significative.
  (Source : Suivi temporel des Oiseaux communs en PACA – Bilan 2006)
- Niveau 1 (rouge) : sensibilité maximale sous protection nationale et européenne (Directive oiseau annexe 1) et considérées comme espèces déterminantes ZNIEFF PACA

Conclusion :

Sur les 16 espèces nouvelles contactées d'oiseaux, ce qui porte le nombre total à 42, quelques espèces migratrices ont été découvertes sur le milieu d'étude ce qui indique qu'il s'agit d'un lieu d'arrêt pour ces dernières. La fréquentation de ce site reste néanmoins assez faible pour ce genre de milieu.
Il est à noter 2 espèces sensibles telles que les Bruants ortolan et jaune et l'Alouette lulu.

2.1.2 INVENTAIRES ENTOMOLOGIQUES RESULTATS AU 18 SEPTEMBRE 2013:

Au 18 septembre 2013 quelques taxons entomologiques supplémentaires ont été rajoutés à la liste des espèces contactées. Il s'agit surtout d'un complément d'expertise en milieu humide, la mare du Golf, et par conséquent l'identification de quelques odonates (libellules) supplémentaires :

Données supplémentaires, quelques odonates …

Il s'agit de quatre espèces dont deux uniquement sont nouvellement décrites sur le site :

- L'Anax empereur (*Anax imperator , Leach, 1801)*
  Cet odonate est présent sur la mare du golf en cette période de l'année et a été observée à 2 exemplaires. Il est visé sur la Liste Rouge Mondiale et Européenne « LC », préoccupation mineure et ne représente pas d'enjeu de conservation. Cette espèce n'est pas protégée.

- L'ischnure naine**, (***Ischnura pumilio, charpentier,1825)*
  Un autre odonate, contacté aux abords et sur la roselière du golf et sur la mare est présent à quelque individus (10). Son statut de protection UICN : Liste Rouge Européenne et « LC », préoccupation mineure et ne représente pas non plus d'enjeu de conservation.
  Cette espèce bénéficie uniquement d'un statut de protection en Ile de France mais pas en région PACA.

Conclusion : aucune espèce protégée, supplémentaires pour les inventaires de SEPTEMBRE 2013.

2.1.3 TABLEAU SYNTETIQUE MIS A JOUR AU DES INSECTES AU 18 SEPTEMBRE 2013

N°	Insecta Rhopalocera famille	Nom scientifique	Nom vernaculaire	Dates	DH	LR France UICN	LR Europe UICN	LR monde UICN	Statut déterminant
1	*Papilionidae Papilioninae*	*Iphiclides podalirius podalirius*	Le Flambé	(1), (2),		**LC**	**LC**		
2	*Papilionidae Papilioninae*	*Papilio machaon machaon*	Le Machaon	(1), (2),		**LC**	**LC**		
3	*Pieridae Pierinae*	*Pieris napi*	La Piéride du navet	(1), (2),		**LC**	**LC**		
4	*Pieridae Pierinae*	*Pieris rapae*	La Piéride la rave	(1), (2),		**LC**	**LC**		
5	*Pieridae Coliadinae*	*Colias crocea*	Le Souci	(1), (2),		**LC**	**LC**		
6	*Pieridae Coliadinae*	*Gonepteryx cleopatra*	Le citron de Provence	(2)		**LC**	**LC**		
7	*Pieridae Coliadinae*	*Gonepteryx rhamni*	Le citron	(2)		**LC**	**LC**		
8	*Pieridae Pierinae*	*Pieris brassicae*	La piéride du chou	(1), (2), (5)		**LC**	**LC**		
9	*Pieridae Dismorphiinae*	*Piéris sinapis*	Piéride de la moutarde	(1), (2),		**LC**	**LC**		
10	*Pieridae Pierinae*	*Aporia crataegi*	Le Gazé	(2)		**LC**	**LC**		
11	*Pieridae Pierinae*	*Pontia daplidice*	Le marbré de vert	(1), (2)		**LC**	**LC**	**LC**	
12	*Pieridae Pierinae*	*Anthocharis cardamines*	L'Aurore de Provence	(1)		**LC**	**LC**		
13	*Nymphalidae Limenitinae*	*Limenitis reducta*	Le Sylvain azuré	(1), (2),(5)		**LC**	**LC**		
14	*Nymphalidae Danaidae*	*Pararge aegeria*	Le Tircis	(2)		**LC**	**LC**		
15	*Nymphalidae Nymphalinae*	*Vanessa cardui*	La belle dame	(1), (2)		**LC**	**Réunion LC**		
16	*Nymphalidae Satyrinae*	*Brintesia circe*	Le Silène	(3),(4)		**LC**	**LC**		
17	*Nymphalidae Satyrinae*	*Lasiommata megera*	La Mégère	(2)		**LC**	**LC**		
18	*Nymphalidae Satyrinae*	*Coenonympha pamphilus*	Le fadet commun	(2)		**LC**	**LC**		
19	*Nymphalidae Satyrinae*	*Pyronia cecilia*	L'Ocellé de la canche	(2)		**LC**	**LC**		
20	*Nymphalidae Satyrinae*	*Maniola jurtina*	Le Myrtil	(2)		**LC**	**LC**		
21	*Nymphalidae Satyrinae*	*Melanargia galathea*	Le demi-deuil	(2)		**LC**	**LC**		
22	*Nymphalidae Nymphalinae*	*Vanessa atalanta*	Le Vulcain	(1)		**LC**			
23	*Nymphalidae Nymphalinae*	*Nymphalis polychloros*	La Grande tortue	(1)		**LC**	**LC**		
24	*Nymphalidae Nymphalinae*	*Aglais urticae*	La petite tortue	(2)		**LC**	**LC**		
25	*Nymphalidae Nymphalinae*	*Polygonia c-album*	Le Robert le diable	(1)		**LC**	**LC**		
26	*Nymphalidae Nymphalinae*	*Melitaea didyma*	La mélitée orangée	(2)		**LC**	**LC**		
27	*Nymphalidae Heliconinae*	*Issoria lathonia*	Le Petit Nacré	(4)		**LC**	**LC**		
28	*Nymphalidae Heliconinae*	*Argynnis paphia*	Le Tabac d'Espagne	(4)		**LC**	**LC**		
29	*Nymphalidae Nymphalinae*	*Inachis io*	Le Paon du jour	(4)		**LC**	**LC**		

Légende : Dates (1) mai2013, (2) juin 2013, (3) début juillet
LC/ préoccupation mineure **Ann. II** : Directive Habitats Faune flore
Esp. rglt : Règlementée non en PACA

30	*Lycaenidae Lycaeninae*	*Lycaena phlaeas*	Le Cuivré commun	(1)		**LC**	**LC**		
31	*Lycaenidae Lycaeninae*	*Callophrys rubi*	L'Argus vert	(1)		**LC**	**LC**		
32	*Lycaenidae Polyomnatinae*	*Aricia agestis*	Le Collier de Corail	(1)		**LC**	**LC**		
33	*Lycaenidae Polyomnatinae*	*Polyommatus icarus*	L'Argus bleu	(1)		**LC**	**LC**		
34	*Hesperidae hesperiinae*	*Thymelicus lineola*	L'Hespérie du dactyle	(3)		**LC**	**LC**		
	Insecta Heterocera								
35	*Sphingidae*	*Macroglossum stellatarum*	Le Moro-sphinx	(1)		*esp.rglt.*			
36	*Sphingidae*	*Agrius convolvuli*	Le Sphinx du liseron	(2)		*esp.rglt.*			
37	*Arctiidae*	***Euplagia quadripunctaria***	L'Ecaille chinée	(3)	**An. II**	*esp.rglt.*			
38	*Zygaenidae*	*Zygaena romeo*	Le Zygène des vesces	(2)		*esp.rglt.*			
39	*Zygaenidae*	*Adscita statices*	La Turquoise	(2)		*esp.rglt.*			
40	*Noctuidae*	*Catocala nupta*	La Lichénée rouge	(5)		*esp.rglt.*			
41	*Lasiocampidae*	*Lasiocampa quercus*	Le Bombyx du Chêne	(5)		*esp.rglt*			
	Insecta Orthoptera								
42	*Tettigonidae Tettigoniinae*	*Tettigonia viridissima*	La Grande sauterelle verte	(2),		*esp.rglt.*			-
43	*Tettigonidae Decticinae*	*Decticus albifrons*	Le Dectique à front blanc	(2)		*esp.rglt.*			
	Insecta Odonata								
44	*Anisoptère Aeschnidae*	*Sympetrum sanguineum*	Sympetrum sanguin	(2), (5)			**LC**	**LC**	
45	*Anisoptère Aeschnidae*	*Brachytron pratense*	Aeschne velue printanière	(4)			**LC**		
46	*Anisoptère Aeschnidae*	*Anax imperator*	Anax empereur	(6)			**LC**	**LC**	
47	*Zygoptère Coenagrionidae*	*Ischnura pumilio*	Ischnure naine	(6)			**LC**		
	Insecta Hemiptera								
48	*Cicadidae*	*Ciacada orni*	La cigale grise	(2)		*esp.rglt.*			
49	*Cicacidae*	*Cicadatra atra*	La cigale noire	(2)		*esp.rglt.*			
50	*Cicacidae*	*Lyristes plebejus*	La cigale lyre	(2)		*esp.rglt.*			
	Insecta Neuroptera								
51	*Ascalaphidae*	*Libelloides coccajus*	L'Ascalaphe soufré	(3)		*esp.rglt.*			

Légende : Dates (1) mai2013, (2) juin 2013, (3) début juillet
LC/ préoccupation mineure **Ann. II** : Directive Habitats Faune flore
Esp. rglt : Règlementée non en PACA

RAPPEL

RESULTATS : 1 espèce protégée

- 51espèces d'insectes ont été répertoriés, dont 34 rhopalocères, (papillon de jour), 7 hétérocères (papillon de nuit), 2 orthoptères (sauterelle), 4 odonates (libellule), 3 hémiptères (cigales) et 1 névroptère (Ascalaphe).
- 50 sur 51ne sont pas protégées au 18 septembre 2013 ;

Ce dernier constat met en évidence, qu'une seule espèce bénéficie d'un régime de protection. Elle est visée à l'annexe II de la Directive Habitats Faune Flore : il s'agit de L'Ecaille chinée, *Euplagia quadripunctaria,* un hétérocère *« Arctiidae »* (papillon de nuit), contacté dans la ripisylve de la Thumine, en bordure du projet d'aménagement.

Espèces protégées (listes rouges, directive habitats)

- Les 34 espèces de rhopalocères contactés sur l'ensemble du site, sont listés sur la Liste rouge UICN de France métropolitaine et Européenne avec le code LC « préoccupation mineure », donc **non en danger**.
- 6 hétérocères (papillons de nuit) sur 7 ne bénéficient d'**aucun régime de protection** ainsi que 7 autres insectes appartenant à des familles diverses.
- 4 odonates (libellules), *Sympetrum sanguineum,* sont listés sur la Liste rouge UICN européenne et mondiale, avec le code LC « **préoccupation mineure** », également. **Pas de protection**.
- **1 espèce protégée** : *Euplagia quadripunctaria,* L'Ecaille chinée. Nous l'avons contacté dans la partie Nord du ruisseau de la Thumine, le 11 juillet 2013 au milieu des grands arbres.

3 NOTE DE CONCLUSION

- La fin des expertises au 13 octobre 2013 semblent confirmer résultats précédents. La faune reste relativement pauvre en matière d'invertébrés. Les résultats affichent toujours 1 seule espèce protégée : *Euplagia quadripunctaria*, l'Ecaille chinée.

- Pour l'avifaune, malgré des résultats assez faibles dans l'ensemble. Les enjeux restent modérés à fort pour certaines espèces.

- Concernant les mammifères le bilan des résultats restent très modéré également. Les enjeux n'ont pas changé.

- Pour les batraciens et les reptiles les enjeux restent inchangés.

- Certains milieux naturels restent quant à eux des enjeux forts, en termes de conservation pour les espèces sensibles.

  - C'est le cas du ruisseau de la Thumine, dont la très belle ripisylve abrite dans sa globalité, un nombre important d'espèces protégées, que ce soient pour les amphibiens, les oiseaux et les insectes.

  - C'est également le cas du petit vallat qui jouxte un autre milieu humide, un peu plus au sud avec une mare artificielle, qui elle aussi abrite une espèce d'amphibien, la Grenouille rieuse. Ici les enjeux de conservation semblent modérés.

Ecotonia

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PRÉFECTURE DE LA RÉGION PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR

FORMULAIRE D'EVALUATION SIMPLIFIEE OU PRELIMINAIRE DES INCIDENCES NATURA2000	NATURA 2000

Pourquoi ?
Le présent document peut être utilisé comme suggestion de présentation pour une évaluation des incidences simplifiée. Il peut aussi être utilisé pour réaliser l'évaluation préliminaire d'un projet afin de savoir si un dossier plus approfondi sera nécessaire.

Evaluation simplifiée ou dossier approfondi ?
***Dans tous les cas, l'évaluation des incidences doit être conforme au contenu visé à l'article R414.23 du code de l'environnement**.*
Le choix de la réalisation d'une évaluation simplifiée ou plus approfondie dépend des incidences potentielles du projet sur un site Natura 2000. Si le projet n'est pas susceptible d'avoir une quelconque incidence sur un site, alors l'évaluation pourra être simplifiée. Inversement, si des incidences sont pressenties ou découvertes à l'occasion de la réalisation de l'évaluation simplifiée, il conviendra de mener une évaluation approfondie.
Le formulaire d'évaluation préliminaire correspond au R414-23-I du code de l'environnement et le « canevas dossier incidences » au R414-23-II et III et IV de ce même code.

Par qui ?
*Ce formulaire peut être utilisé par le **porteur du projet**, en fonction des informations dont il dispose (cf. p. 9 : » ou trouver l'info sur Natura 2000? »). Lorsque le ou les sites Natura 2000 disposent d'un DOCOB et d'un animateur Natura 2000, le porteur de projet est invité à le contacter, si besoin, pour obtenir des informations sur les enjeux en présence. Toutefois, lorsqu'un renseignement demandé par le formulaire n'est pas connu, il est possible de mettre un point d'interrogation.*

Pour qui ?
*Ce formulaire permet au **service administratif instruisant le projet** de fournir l'autorisation requise ou, dans le cas contraire, de demander de plus amples précisions sur certains points particuliers.*

Définition :
*L'évaluation des incidences est avant tout une **démarche d'intégration des enjeux Natura 2000 dès la conception du plan ou projet**. Le dossier d'évaluation des incidences doit être conclusif sur la potentialité que le projet ait ou pas une incidence significative sur un site Natura 2000.*

Coordonnées du porteur de projet :

Nom (personne morale ou physique) : SPLA Pays d'Aix Territoire
Commune et département) : Département des Bouches-du-Rhône
Adresse : 2 rue Lapierre BP 80251 13 608 AIX-EN-PROVENCE
Téléphone : 04 42 16 04 04

Nom du projet : Réalisation du projet de création de la ZAC de la Constance à Aix-en-Provence (13)

A quel titre le projet est-il soumis à évaluation des incidences (ex : dossier soumis à notice d'impact, ou : dossier soumis à autorisation d'occupation temporaire du domaine public) ?

Dossier soumis à étude d'impact sur l'environnement

1 Description du projet, de la manifestation ou de l'intervention

a. Nature du projet, de la manifestation ou de l'intervention

Préciser le type d'aménagement envisagé (exemple : canalisation d'eau, création d'un pont, mise en place de grillages, curage d'un fossé, drainage, création de digue, abattage d'arbres, création d'un sentier, manifestation sportive, etc.).

* Un périmètre proposé pour la ZAC de 98 hectares environ,
avec environ 60% de ce territoire traité
en ESPACES PUBLICS ET ESPACES VERTS COMMUNS.

* Un programme (à 15 ans environ, par cohérence avec le PLU) :
- 240 000 m² de surface de plancher, logements,
soit 3 600 logements environ.
- 5 000 m² de commerces et services.
- 70 000 m² d'activités tertiaires.

Des équipements publics de superstructure induits par l'opération :
groupe scolaire, crèche, équipements sportifs et de loisir,
maison de quartier.
Un équipement public à rayonnement à l'échelle intercommunale : la SMAC.
Une réserve foncière pour des équipements publics à rayonnement communal ou intercommunal (enseignement supérieur lié au pôle numérique par exemple).

b. Localisation du projet par rapport au(x) site(s) Natura 2000 et cartographie

*Joindre dans tous les cas une **carte de localisation** précise du projet (emprises temporaires, chantier, accès et définitives…) par rapport au(x) site(s) Natura 2000 sur une photocopie de carte IGN au 1/25 000e.*

Le projet est situé :

Nom de la commune : AIX-EN-PROVENCE N° Département : 13
Lieu-dit : CONSTANCE

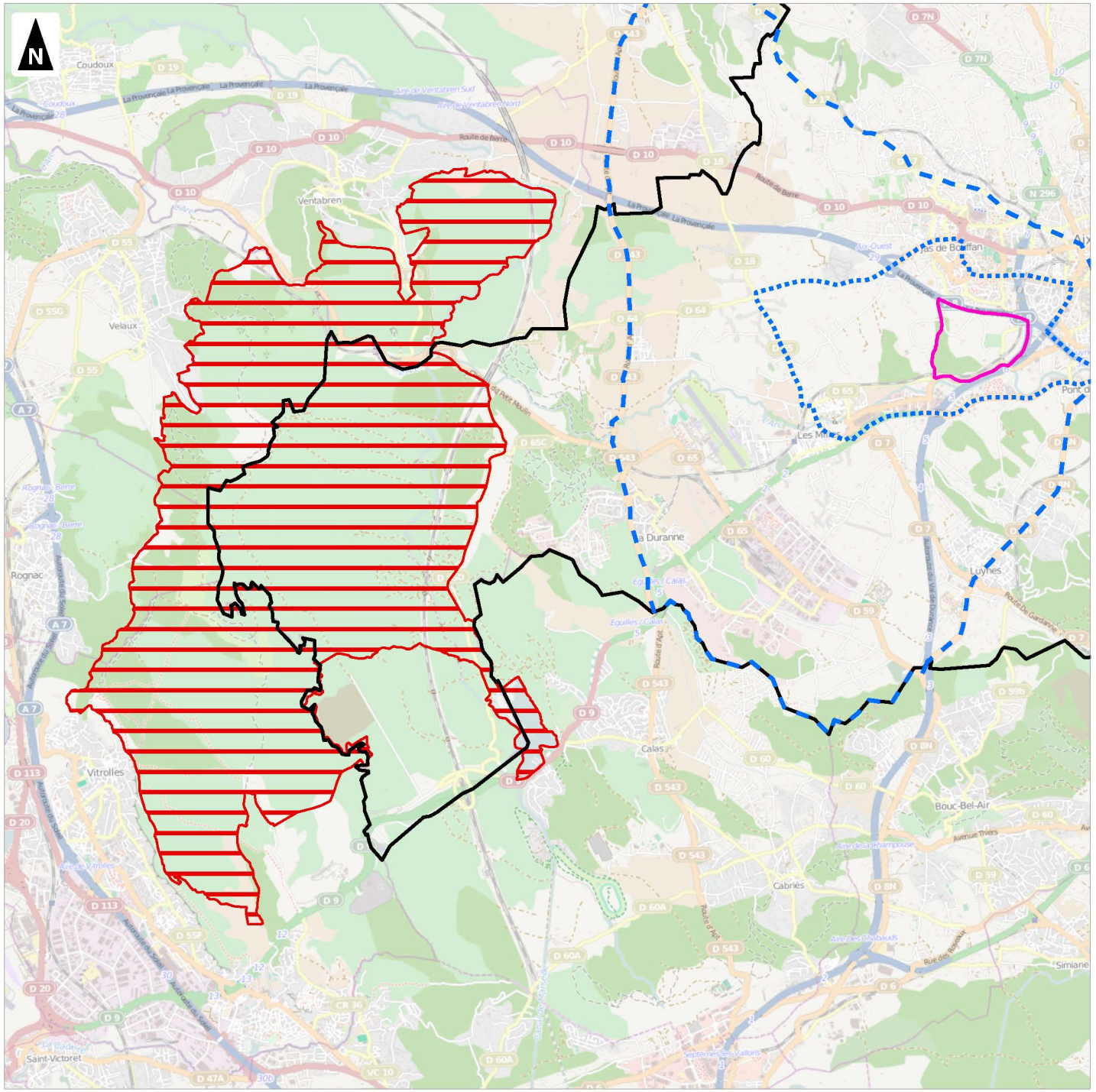
AIX EN PROVENCE
LA VILLE

PAYS d'AIX Territoires
Société Publique Locale d'Aménagement

La Constance
Aix-en-Provence

Réseau Natura 2000 : Localisation de la ZPS "Plateau de l'Arbois" par rapport au périmètre d'étude

- Périmètre d'étude
- Périmètre intermédiaire
- Périmètre éloigné
- Ville d'Aix-en-Provence
- ZPS "Plateau de l'Arbois"



0 3 6
Kilomètres

Groupe auddicé

1:90 000
(Pour une impression sur format A4 sans réduction de taille)

Réalisation : AIRELE - 2013
Source de fond de carte : OSM
Sources de données : DREAL - SPLA - AIRELE, 2013

- Hors site(s) Natura 2000 ☑ A quelle distance ?

A 6,5 Km du site n° de site(s) : PLATEAU DE L'ARBOIS (**FR9312009**)

c. Étendue / emprise du projet, de la manifestation ou de l'intervention

Emprises au sol temporaire et permanente de l'implantation ou de la manifestation (si connue) : …… (m2) ou classe de surface approximative (cocher la case correspondante) :

☐ < 100 m²

☐ 100 à 1 000 m²

☐1 000 à 10 000 m² (1 ha)

☑ > 10 000 m² (> 1 ha)

- Longueur (si linéaire impacté) : …… (m.)

- Emprises en phase chantier : …… (m.)

d. Durée prévisible et période envisagée des travaux, de la manifestation ou de l'intervention :

- Projet, manifestation :

☑ diurne

☐ nocturne

- Durée précise si connue : …….. (jours, mois)

Ou durée approximative en cochant la case correspondante :

☐ < 1 mois

☐ 1 mois à 1 an

☐ 1 an à 5 ans

☑ > 5 ans

- Fréquence :

☐ chaque année

☐ chaque mois

☐ autre (préciser) : En fonction des besoins par phasage

e. Entretien / fonctionnement / rejet

Préciser si le projet ou la manifestation générera des interventions ou rejets sur le milieu durant sa phase d'exploitation (exemple : traitement chimique, débroussaillage mécanique, curage, rejet d'eau pluviale, pistes, zones de chantier, raccordement réseaux...). Si oui, les décrire succinctement (fréquence, ampleur, etc.).

Les eaux de ruissellement des voies sont collectées dans des noues paysagères ou par des canalisations en béton. Les eaux de ruissellement des zones imperméabilisées autre que les voiries seront stockées pour partie en toiture et pour partie dirigée vers les parkings filtrants ou les noues paysagères. Les eaux sont rejetées pour l'essentiel dans les bassins de rétention des Martelly existant dont la capacité sera augmentée.

f. Budget

Coût approximatif (cocher la case correspondante) :

☐ < 5 000 €

☐ de 5 000 à 20 000 €

☐ de 20 000 € à 100 000 €

☑ > à 100 000 €

2 Définition et cartographie de la zone d'influence du projet

La zone d'influence est fonction de la nature du projet et des milieux naturels environnants. Les incidences d'un projet sur son environnement peuvent être plus ou moins étendues (poussières, bruit, rejets dans le milieu aquatique…).

La zone d'influence est plus grande que la zone d'implantation. Pour aider à définir cette zone, il convient de se poser les questions suivantes :

Cocher les cases concernées

☐ Rejets dans le milieu aquatique

☐ Pistes de chantier, circulation

☐ Rupture de corridors écologiques (rupture de continuité écologique pour les espèces)

☐ Poussières, vibrations

☐ Pollutions possibles

☐ Perturbation d'une espèce en dehors de la zone d'implantation

☐ Bruits

☐ Autres incidences ……

3 État des lieux de la zone d'influence

Cet état des lieux écologique de la zone d'influence (zone pouvant être impactée par le projet) permettra de déterminer les incidences que peut avoir le projet ou manifestation sur cette zone.

PROTECTIONS :

Le projet est situé en :

☐ Réserve Naturelle Nationale

☐ Réserve Naturelle Régionale

☐ Parc National

☐ Arrêté de protection de biotope

☐ Site classé

☐ Site inscrit

☐ PIG (projet d'intérêt général) de protection

☐ Parc Naturel Régional

☐ ZNIEFF (zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique)

☐ Réserve de biosphère

☐ Site RAMSAR

USAGES :

Cocher les cases correspondantes pour indiquer succinctement quels sont les usages actuels et historiques de la zone d'influence.

☐ Aucun

☐ Pâturage / fauche

☐ Chasse

☐ Pêche

☐ Sport & Loisirs (VTT, 4x4, quads, escalade, vol libre…)

☐ Agriculture

☐ Sylviculture

☐ Décharge sauvage

☐ Perturbations diverses (inondation, incendie…)

☐ Cabanisation

☑ Construite, non naturelle : au cœur de l'urbanisation aixoise

☑ Autre (préciser l'usage) : majorité de terrains en friche herbacée/boisements préservés

Commentaires : suite à des prospections de terrain et aux résultats des études écologiques sur un cycle complet d'Endemys et Ecotonia sur l'année 2013, les écologues d'AIRELE jugent le secteur sans enjeu significatif pour les espèces avifaunistiques de la ZPS PLATEAU DE L'ARBOIS et la fonctionnalité du réseau écologique ; aucune connexion écologique entre le site d'étude et le réseau Natura 2000 : la Constance est un secteur encré dans l'urbanisation dense d'Aix-en-Provence.

MILIEUX NATURELS ET ESPECES :

TABLEAU MILIEUX NATURELS :

TYPE D'HABITAT NATUREL		**Cocher si présent**	**Commentaires**
Milieux ouverts ou semi-ouverts	pelouse pelouse semi-boisée lande garrigue / maquis autre : ……		
Milieux forestiers	forêt de résineux forêt de feuillus forêt mixte plantation autre : Boisement en mélange	☑	**Habitat préservé – faune et flore intéressante**
Milieux rocheux	falaise affleurement rocheux éboulis blocs autre : ……		

Zones humides	fossé cours d'eau étang tourbière gravière prairie humide autre : ……		
Milieux littoraux et marins	Falaises et récifs Grottes Herbiers Plages et bancs de sables Lagunes autre : ……		
Autre type de milieu	Friche herbacée ……	☑	**Faune et flore commune**

TABLEAU ESPECES FAUNE, FLORE :

Remplissez en fonction de vos connaissances :

GROUPES D'ESPECES	**Nom de l'espèce**	**Cocher si présente ou potentielle**	**Autres informations** (statut de l'espèce, nombre d'individus, type d'utilisation de la zone d'étude par l'espèce…)
Amphibiens, reptiles			
Crustacés			
Insectes			
Mammifères marins			
Mammifères terrestres			
Oiseaux			
Plantes			
Poissons			

4 Incidences du projet

Destruction ou détérioration d'habitat (= milieu naturel) ou habitat d'espèce (type d'habitat et surface) : aucune incidence significative sur les habitats d'intérêt communautaire et habitats d'espèce de la ZPS PLATEAU DE L'ARBOIS

Destruction ou perturbation d'espèces (lesquelles et nombre d'individus) : aucune incidence significative sur les habitats et les espèces de la ZPS PLATEAU DE L'ARBOIS

Perturbations possibles des espèces dans leurs fonctions vitales (reproduction, repos, alimentation…): site d'étude en zone urbaine/périurbaine fortement anthropisé ; aucune incidence significative sur les habitats d'espèce de la ZPS PLATEAU DE L'ARBOIS, ni sur les fonctionnalités du réseau écologique ; aucune connexion écologique entre le site d'étude et le réseau Natura 2000

5 Conclusion

Il est de la responsabilité du porteur de projet de conclure sur l'absence ou non d'incidences de son projet.
A titre d'information, le projet est susceptible d'avoir une incidence lorsque :
- Une surface relativement importante ou un milieu d'intérêt communautaire ou un habitat d'espèce est détruit ou dégradé à l'échelle du site Natura 2000
- Une espèce d'intérêt communautaire est détruite ou perturbée dans la réalisation de son cycle vital

Le projet est-il susceptible d'avoir une incidence ?

☑ **NON** : ce formulaire, accompagné de ses pièces, est joint à la demande d'autorisation ou à la déclaration, et remis au service instructeur.

Exposé sommaire des raisons pour lesquelles le projet n'a pas d'incidences :
Suite à des prospections de terrain sur un cycle complet, aucun individu des espèces ayant permis la désignation de la ZPS PLATEAU DE L'ARBOIS n'a été observé sur le site d'étude. De plus, aucun corridor fonctionnel ne relie le site d'étude à la ZPS PLATEAU DE L'ARBOIS située à plus de 6 kilomètres, ainsi aucune incidence significative n'est à prévoir sur le site Natura 2000 ZPS PLATEAU DE L'ARBOIS, ni sur le réseau Natura 2000. Le projet, identifié en amont au sein du SCOT du Pays d'Aix et du futur PLU d'Aix-en-Provence, s'inscrit dans un contexte anthropique très marqué, au cœur de l'urbanisation dense d'Aix-en-Provence et bordé par les autoroutes A8 et A51. De plus, le projet se veut respectueux de la biodiversité et de l'environnement en général (plantation d'essences végétales locales, réalisation de mares et points d'eau, luminaires avec halos lumineux dirigé vers le bas, …). Ainsi, aucune incidence significative n'est à prévoir sur la ZPS PLATEAU DE L'ARBOIS.

☐ **OUI** : l'évaluation d'incidences doit se poursuivre. Un dossier plus poussé doit être réalisé. Ce dossier sera joint à la demande d'autorisation ou à la déclaration, et remis au service instructeur.

A (lieu) : AIX-EN-PROVENCE Signature :

Le (date) : 07/03/2013

Ou trouver l'information sur Natura 2000 ?

*- Dans l' « **Indispensable livret sur l'évaluation des incidences Natura 2000** » :*

Sur le site internet de la DREAL :
http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr *(Biodiversité - Eau - Paysages > Biodiversité > Natura 2000 > Publications)*

*- Information cartographique **GeoIDE-carto :***

Sur le site internet de la DREAL :
http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr *(Accès directs > Données / Cartographies > Cartographie interactive)*

*- Dans les **fiches de sites région PACA :***

Sur le site internet du ministère :
http://www.developpement-durable.gouv.fr *(Eau et Biodiversité > Espaces et milieux naturels terrestres > **Natura 2000**)*

*- Dans le **DOCOB** (document d'objectifs) lorsqu'il est élaboré :*

Sur le site internet de la DREAL :
http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr *(Biodiversité - Eau - Paysages > Biodiversité > Natura 2000 > DOCOB en PACA)*

*- Dans le **Formulaire Standard de Données** du site :*

Sur le site internet de l'INPN :
http://inpn.mnhn.fr *(Programmes > Recherche de données Natura 2000)*

*- Auprès de l'**animateur** du site :*

Sur le site internet de la DREAL :
http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr *(Biodiversité - Eau - Paysages > Biodiversité > Natura 2000 > Le réseau > En PACA > Les sites Natura 2000)*

*- Auprès de la **Direction Départementale des Territoires (et de la Mer)** du département concerné :*

Voir la liste des DDT dans l' «Indispensable livret sur l'évaluation des incidences Natura 2000»

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PRÉFECTURE DE LA RÉGION PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR

FORMULAIRE D'EVALUATION SIMPLIFIEE OU PRELIMINAIRE DES INCIDENCES NATURA2000	NATURA 2000

Pourquoi ?
Le présent document peut être utilisé comme suggestion de présentation pour une évaluation des incidences simplifiée. Il peut aussi être utilisé pour réaliser l'évaluation préliminaire d'un projet afin de savoir si un dossier plus approfondi sera nécessaire.

Evaluation simplifiée ou dossier approfondi ?
***Dans tous les cas, l'évaluation des incidences doit être conforme au contenu visé à l'article R414.23 du code de l'environnement**.*
Le choix de la réalisation d'une évaluation simplifiée ou plus approfondie dépend des incidences potentielles du projet sur un site Natura 2000. Si le projet n'est pas susceptible d'avoir une quelconque incidence sur un site, alors l'évaluation pourra être simplifiée. Inversement, si des incidences sont pressenties ou découvertes à l'occasion de la réalisation de l'évaluation simplifiée, il conviendra de mener une évaluation approfondie.
Le formulaire d'évaluation préliminaire correspond au R414-23-I du code de l'environnement et le « canevas dossier incidences » au R414-23-II et III et IV de ce même code.

Par qui ?
*Ce formulaire peut être utilisé par le **porteur du projet**, en fonction des informations dont il dispose (cf. p. 9 : » ou trouver l'info sur Natura 2000? »). Lorsque le ou les sites Natura 2000 disposent d'un DOCOB et d'un animateur Natura 2000, le porteur de projet est invité à le contacter, si besoin, pour obtenir des informations sur les enjeux en présence. Toutefois, lorsqu'un renseignement demandé par le formulaire n'est pas connu, il est possible de mettre un point d'interrogation.*

Pour qui ?
*Ce formulaire permet au **service administratif instruisant le projet** de fournir l'autorisation requise ou, dans le cas contraire, de demander de plus amples précisions sur certains points particuliers.*

Définition :
*L'évaluation des incidences est avant tout une **démarche d'intégration des enjeux Natura 2000 dès la conception du plan ou projet**. Le dossier d'évaluation des incidences doit être conclusif sur la potentialité que le projet ait ou pas une incidence significative sur un site Natura 2000.*

Coordonnées du porteur de projet :

Nom (personne morale ou physique) : SPLA Pays d'Aix Territoire
Commune et département) : Département des Bouches-du-Rhône
Adresse : 2 rue Lapierre BP 80251 13 608 AIX-EN-PROVENCE
Téléphone : 04 42 16 04 04

Nom du projet : Réalisation du projet de création de la ZAC de la Constance à Aix-en-Provence (13)

A quel titre le projet est-il soumis à évaluation des incidences (ex : dossier soumis à notice d'impact, ou : dossier soumis à autorisation d'occupation temporaire du domaine public) ?

Dossier soumis à étude d'impact sur l'environnement

1 Description du projet, de la manifestation ou de l'intervention

a. Nature du projet, de la manifestation ou de l'intervention

Préciser le type d'aménagement envisagé (exemple : canalisation d'eau, création d'un pont, mise en place de grillages, curage d'un fossé, drainage, création de digue, abattage d'arbres, création d'un sentier, manifestation sportive, etc.).

* Un périmètre proposé pour la ZAC de 98 hectares environ,
avec environ 60% de ce territoire traité
en ESPACES PUBLICS ET ESPACES VERTS COMMUNS.

* Un programme (à 15 ans environ, par cohérence avec le PLU) :
- 240 000 m² de surface de plancher, logements,
soit 3 600 logements environ.
- 5 000 m² de commerces et services.
- 70 000 m² d'activités tertiaires.

Des équipements publics de superstructure induits par l'opération :
groupe scolaire, crèche, équipements sportifs et de loisir,
maison de quartier.
Un équipement public à rayonnement à l'échelle intercommunale : la SMAC.
Une réserve foncière pour des équipements publics à rayonnement communal ou intercommunal (enseignement supérieur lié au pôle numérique par exemple).

b. Localisation du projet par rapport au(x) site(s) Natura 2000 et cartographie

*Joindre dans tous les cas une **carte de localisation** précise du projet (emprises temporaires, chantier, accès et définitives…) par rapport au(x) site(s) Natura 2000 sur une photocopie de carte IGN au 1/25 000e.*

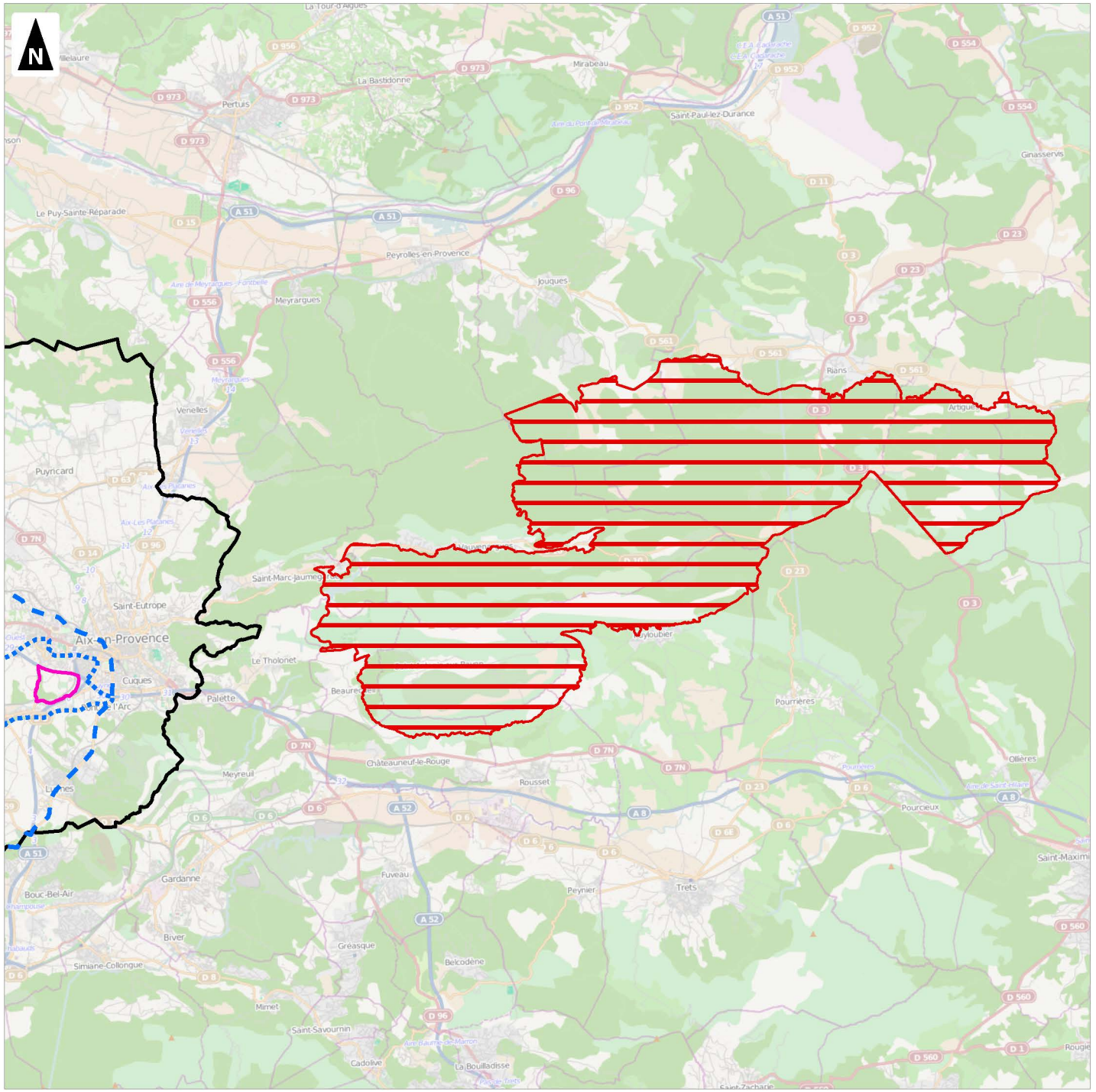
Le projet est situé :

Nom de la commune : AIX-EN-PROVENCE N° Département : 13
Lieu-dit : CONSTANCE

La Constance
Aix-en-Provence

Réseau Natura 2000 : Localisation de la ZPS "Montagne Sainte Victoire" par rapport au périmètre d'étude

- Périmètre d'étude
- Périmètre intermédiaire
- Périmètre éloigné
- Ville d'Aix-en-Provence
- ZPS "Montagne Sainte Victoire"



0 5 10
Kilomètres

1:200 000
(Pour une impression sur format A4 sans réduction de taille)

Réalisation : AIRELE - 2013
Source de fond de carte : OSM
Sources de données : DREAL - SPLA - AIRELE, 2013

- Hors site(s) Natura 2000 ☑ A quelle distance ?
- A 8,42 Km du site n° de site(s) : Montagne Sainte-Victoire (**FR9310067**)

c. Étendue / emprise du projet, de la manifestation ou de l'intervention

Emprises au sol temporaire et permanente de l'implantation ou de la manifestation (si connue) : …… (m2) ou classe de surface approximative (cocher la case correspondante) :

☐ < 100 m²
☐ 100 à 1 000 m²
☐1 000 à 10 000 m² (1 ha)
☑ > 10 000 m² (> 1 ha)

- Longueur (si linéaire impacté) : …… (m.)

- Emprises en phase chantier : …… (m.)

d. Durée prévisible et période envisagée des travaux, de la manifestation ou de l'intervention :

- Projet, manifestation :
☑ diurne
☐ nocturne

- Durée précise si connue : …….. (jours, mois)
Ou durée approximative en cochant la case correspondante :

☐ < 1 mois
☐ 1 mois à 1 an
☐ 1 an à 5 ans
☑ > 5 ans

- Fréquence :
☐ chaque année
☐ chaque mois
☐ autre (préciser) : En fonction des besoins par phasage

e. Entretien / fonctionnement / rejet

Préciser si le projet ou la manifestation générera des interventions ou rejets sur le milieu durant sa phase d'exploitation (exemple : traitement chimique, débroussaillage mécanique, curage, rejet d'eau pluviale, pistes, zones de chantier, raccordement réseaux...). Si oui, les décrire succinctement (fréquence, ampleur, etc.).

Les eaux de ruissellement des voies sont collectées dans des noues paysagères ou par des canalisations en béton. Les eaux de ruissellement des zones imperméabilisées autre que les voiries seront stockées pour partie en toiture et pour partie dirigée vers les parkings filtrants ou les noues paysagères. Les eaux sont rejetées pour l'essentiel dans les bassins de rétention des Martelly existant dont la capacité sera augmentée.

f. Budget

Coût approximatif (cocher la case correspondante) :

☐ < 5 000 €
☐ de 5 000 à 20 000 €
☐ de 20 000 € à 100 000 €
☑ > à 100 000 €

2 Définition et cartographie de la zone d'influence du projet

La zone d'influence est fonction de la nature du projet et des milieux naturels environnants. Les incidences d'un projet sur son environnement peuvent être plus ou moins étendues (poussières, bruit, rejets dans le milieu aquatique…).

La zone d'influence est plus grande que la zone d'implantation. Pour aider à définir cette zone, il convient de se poser les questions suivantes :

Cocher les cases concernées

☐ Rejets dans le milieu aquatique

☐ Pistes de chantier, circulation

☐ Rupture de corridors écologiques (rupture de continuité écologique pour les espèces)

☐ Poussières, vibrations

☐ Pollutions possibles

☐ Perturbation d'une espèce en dehors de la zone d'implantation

☐ Bruits

☐ Autres incidences ……

3 État des lieux de la zone d'influence

Cet état des lieux écologique de la zone d'influence (zone pouvant être impactée par le projet) permettra de déterminer les incidences que peut avoir le projet ou manifestation sur cette zone.

PROTECTIONS :

Le projet est situé en :

☐ Réserve Naturelle Nationale

☐ Réserve Naturelle Régionale

☐ Parc National

☐ Arrêté de protection de biotope

☐ Site classé

☐ Site inscrit

☐ PIG (projet d'intérêt général) de protection

☐ Parc Naturel Régional

☐ ZNIEFF (zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique)

☐ Réserve de biosphère

☐ Site RAMSAR

USAGES :

Cocher les cases correspondantes pour indiquer succinctement quels sont les usages actuels et historiques de la zone d'influence.

☐ Aucun

☐ Pâturage / fauche

☐ Chasse

☐ Pêche

☐ Sport & Loisirs (VTT, 4x4, quads, escalade, vol libre…)

☐ Agriculture

☐ Sylviculture

☐ Décharge sauvage

☐ Perturbations diverses (inondation, incendie…)

☐ Cabanisation

☑ Construite, non naturelle : au cœur de l'urbanisation aixoise

☑ Autre (préciser l'usage) : majorité de terrains en friche herbacée/boisements préservés

Commentaires : suite à des prospections de terrain et aux résultats des études écologiques sur un cycle complet d'Endemys et Ecotonia sur l'année 2013, les écologues d'AIRELE jugent le secteur sans enjeu significatif pour les espèces avifaunistiques de la ZPS MONTAGNE SAINTE-VICTOIRE et la fonctionnalité du réseau écologique ; aucune connexion écologique entre le site d'étude et le réseau Natura 2000 : la Constance est un secteur encré dans l'urbanisation dense d'Aix-en-Provence.

MILIEUX NATURELS ET ESPECES :

TABLEAU MILIEUX NATURELS :

TYPE D'HABITAT NATUREL		**Cocher si présent**	**Commentaires**
Milieux ouverts ou semi-ouverts	pelouse pelouse semi-boisée lande garrigue / maquis autre : ……		
Milieux forestiers	forêt de résineux forêt de feuillus forêt mixte plantation autre : Boisement en mélange	☑	**Habitat préservé – faune et flore intéressante**
Milieux rocheux	falaise affleurement rocheux éboulis blocs autre : ……		

Zones humides	fossé cours d'eau étang tourbière gravière prairie humide autre : ……		
Milieux littoraux et marins	Falaises et récifs Grottes Herbiers Plages et bancs de sables Lagunes autre : ……		
Autre type de milieu	Friche herbacée ……	☑	**Faune et flore commune**

TABLEAU ESPECES FAUNE, FLORE :

Remplissez en fonction de vos connaissances :

GROUPES D'ESPECES	**Nom de l'espèce**	**Cocher si présente ou potentielle**	**Autres informations** (statut de l'espèce, nombre d'individus, type d'utilisation de la zone d'étude par l'espèce…)
Amphibiens, reptiles			
Crustacés			
Insectes			
Mammifères marins			
Mammifères terrestres			
Oiseaux			
Plantes			
Poissons			

4 Incidences du projet

Destruction ou détérioration d'habitat (= milieu naturel) ou habitat d'espèce (type d'habitat et surface) : aucune incidence significative sur les habitats d'intérêt communautaire et habitats d'espèce de la ZPS MONTAGNE SAINTE-VICTOIRE

Destruction ou perturbation d'espèces (lesquelles et nombre d'individus) : aucune incidence significative sur les habitats et les espèces de la ZPS MONTAGNE SAINTE-VICTOIRE

Perturbations possibles des espèces dans leurs fonctions vitales (reproduction, repos, alimentation…): site d'étude en zone urbaine/périurbaine fortement anthropisé ; aucune incidence significative sur les habitats d'espèce de la ZPS MONTAGNE SAINTE-VICTOIRE, ni sur les fonctionnalités du réseau écologique ; aucune connexion écologique entre le site d'étude et le réseau Natura 2000

5 Conclusion

Il est de la responsabilité du porteur de projet de conclure sur l'absence ou non d'incidences de son projet.
A titre d'information, le projet est susceptible d'avoir une incidence lorsque :
- Une surface relativement importante ou un milieu d'intérêt communautaire ou un habitat d'espèce est détruit ou dégradé à l'échelle du site Natura 2000
- Une espèce d'intérêt communautaire est détruite ou perturbée dans la réalisation de son cycle vital

Le projet est-il susceptible d'avoir une incidence ?

☑ **NON** : ce formulaire, accompagné de ses pièces, est joint à la demande d'autorisation ou à la déclaration, et remis au service instructeur.

Exposé sommaire des raisons pour lesquelles le projet n'a pas d'incidences :
Suite à des prospections de terrain sur un cycle complet, aucun individu des espèces ayant permis la désignation de la ZPS MONTAGNE SAINTE-VICTOIRE n'a été observé sur le site d'étude. De plus, aucun corridor fonctionnel ne relie le site d'étude à la ZPS MONTAGNE SAINTE-VICTOIRE située à plus de 8 kilomètres, ainsi aucune incidence significative n'est à prévoir sur le site Natura 2000 ZPS MONTAGNE SAINTE-VICTOIRE, ni sur le réseau Natura 2000. Le projet, identifié en amont au sein du SCOT du Pays d'Aix et du futur PLU d'Aix-en-Provence, s'inscrit dans un contexte anthropique très marqué, au cœur de l'urbanisation dense d'Aix-en-Provence et bordé par les autoroutes A8 et A51. De plus, le projet se veut respectueux de la biodiversité et de l'environnement en général (plantation d'essences végétales locales, réalisation de mares et points d'eau, luminaires avec halos lumineux dirigé vers le bas, …). Ainsi, aucune incidence significative n'est à prévoir sur la ZPS MONTAGNE SAINTE-VICTOIRE.

☐ **OUI** : l'évaluation d'incidences doit se poursuivre. Un dossier plus poussé doit être réalisé. Ce dossier sera joint à la demande d'autorisation ou à la déclaration, et remis au service instructeur.

A (lieu) : AIX-EN-PROVENCE Signature :

Le (date) : 07/03/2013

Ou trouver l'information sur Natura 2000 ?

*- Dans l' « **Indispensable livret sur l'évaluation des incidences Natura 2000** » :*

Sur le site internet de la DREAL :
http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr *(Biodiversité - Eau - Paysages > Biodiversité > Natura 2000 > Publications)*

*- Information cartographique **GeoIDE-carto :***

Sur le site internet de la DREAL :
http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr *(Accès directs > Données / Cartographies > Cartographie interactive)*

*- Dans les **fiches de sites région PACA :***

Sur le site internet du ministère :
http://www.developpement-durable.gouv.fr *(Eau et Biodiversité > Espaces et milieux naturels terrestres > **Natura 2000**)*

*- Dans le **DOCOB** (document d'objectifs) lorsqu'il est élaboré :*

Sur le site internet de la DREAL :
http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr *(Biodiversité - Eau - Paysages > Biodiversité > Natura 2000 > DOCOB en PACA)*

*- Dans le **Formulaire Standard de Données** du site :*

Sur le site internet de l'INPN :
http://inpn.mnhn.fr *(Programmes > Recherche de données Natura 2000)*

*- Auprès de l'**animateur** du site :*

Sur le site internet de la DREAL :
http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr *(Biodiversité - Eau - Paysages > Biodiversité > Natura 2000 > Le réseau > En PACA > Les sites Natura 2000)*

*- Auprès de la **Direction Départementale des Territoires (et de la Mer)** du département concerné :*

Voir la liste des DDT dans l' «Indispensable livret sur l'évaluation des incidences Natura 2000»

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PRÉFECTURE DE LA RÉGION PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR

FORMULAIRE D'EVALUATION SIMPLIFIEE OU PRELIMINAIRE DES INCIDENCES NATURA2000

NATURA 2000

Pourquoi ?
Le présent document peut être utilisé comme suggestion de présentation pour une évaluation des incidences simplifiée. Il peut aussi être utilisé pour réaliser l'évaluation préliminaire d'un projet afin de savoir si un dossier plus approfondi sera nécessaire.

Evaluation simplifiée ou dossier approfondi ?
***Dans tous les cas, l'évaluation des incidences doit être conforme au contenu visé à l'article R414.23 du code de l'environnement**.*
Le choix de la réalisation d'une évaluation simplifiée ou plus approfondie dépend des incidences potentielles du projet sur un site Natura 2000. Si le projet n'est pas susceptible d'avoir une quelconque incidence sur un site, alors l'évaluation pourra être simplifiée. Inversement, si des incidences sont pressenties ou découvertes à l'occasion de la réalisation de l'évaluation simplifiée, il conviendra de mener une évaluation approfondie.
Le formulaire d'évaluation préliminaire correspond au R414-23-I du code de l'environnement et le « canevas dossier incidences » au R414-23-II et III et IV de ce même code.

Par qui ?
*Ce formulaire peut être utilisé par le **porteur du projet**, en fonction des informations dont il dispose (cf. p. 9 : » ou trouver l'info sur Natura 2000? »). Lorsque le ou les sites Natura 2000 disposent d'un DOCOB et d'un animateur Natura 2000, le porteur de projet est invité à le contacter, si besoin, pour obtenir des informations sur les enjeux en présence. Toutefois, lorsqu'un renseignement demandé par le formulaire n'est pas connu, il est possible de mettre un point d'interrogation.*

Pour qui ?
*Ce formulaire permet au **service administratif instruisant le projet** de fournir l'autorisation requise ou, dans le cas contraire, de demander de plus amples précisions sur certains points particuliers.*

Définition :
*L'évaluation des incidences est avant tout une **démarche d'intégration des enjeux Natura 2000 dès la conception du plan ou projet**. Le dossier d'évaluation des incidences doit être conclusif sur la potentialité que le projet ait ou pas une incidence significative sur un site Natura 2000.*

Coordonnées du porteur de projet :

Nom (personne morale ou physique) : SPLA Pays d'Aix Territoire
Commune et département) : Département des Bouches-du-Rhône
Adresse : 2 rue Lapierre BP 80251 13 608 AIX-EN-PROVENCE
Téléphone : 04 42 16 04 04

Nom du projet : Réalisation du projet de création de la ZAC de la Constance à Aix-en-Provence (13)

A quel titre le projet est-il soumis à évaluation des incidences (ex : dossier soumis à notice d'impact, ou : dossier soumis à autorisation d'occupation temporaire du domaine public) ?

Dossier soumis à étude d'impact sur l'environnement

1 Description du projet, de la manifestation ou de l'intervention

a. Nature du projet, de la manifestation ou de l'intervention

Préciser le type d'aménagement envisagé (exemple : canalisation d'eau, création d'un pont, mise en place de grillages, curage d'un fossé, drainage, création de digue, abattage d'arbres, création d'un sentier, manifestation sportive, etc.).

* Un périmètre proposé pour la ZAC d'une centaine d'hectares, avec environ 60% de ce territoire traité en ESPACES PUBLICS ET ESPACES VERTS COMMUNS.

* Un programme (à 15 ans environ, par cohérence avec le PLU) :
  - 240 000 m² de logements, soit 3 500 logements environ dont 25% de logts sociaux.
  - 8 000 m² de commerces et services.
  - 67 000 m² d'activités tertiaires.

Des équipements publics de superstructure induits par l'opération : groupe scolaire, crèche, équipements sportifs et de loisir, maison de quartier.
Un équipement public à rayonnement à l'échelle intercommunale : la SMAC. Une réserve foncière pour des équipements publics à rayonnement communal ou intercommunal (enseignement supérieur lié au pôle numérique par exemple).

b. Localisation du projet par rapport au(x) site(s) Natura 2000 et cartographie

*Joindre dans tous les cas une **carte de localisation** précise du projet (emprises temporaires, chantier, accès et définitives…) par rapport au(x) site(s) Natura 2000 sur une photocopie de carte IGN au 1/25 000e.*

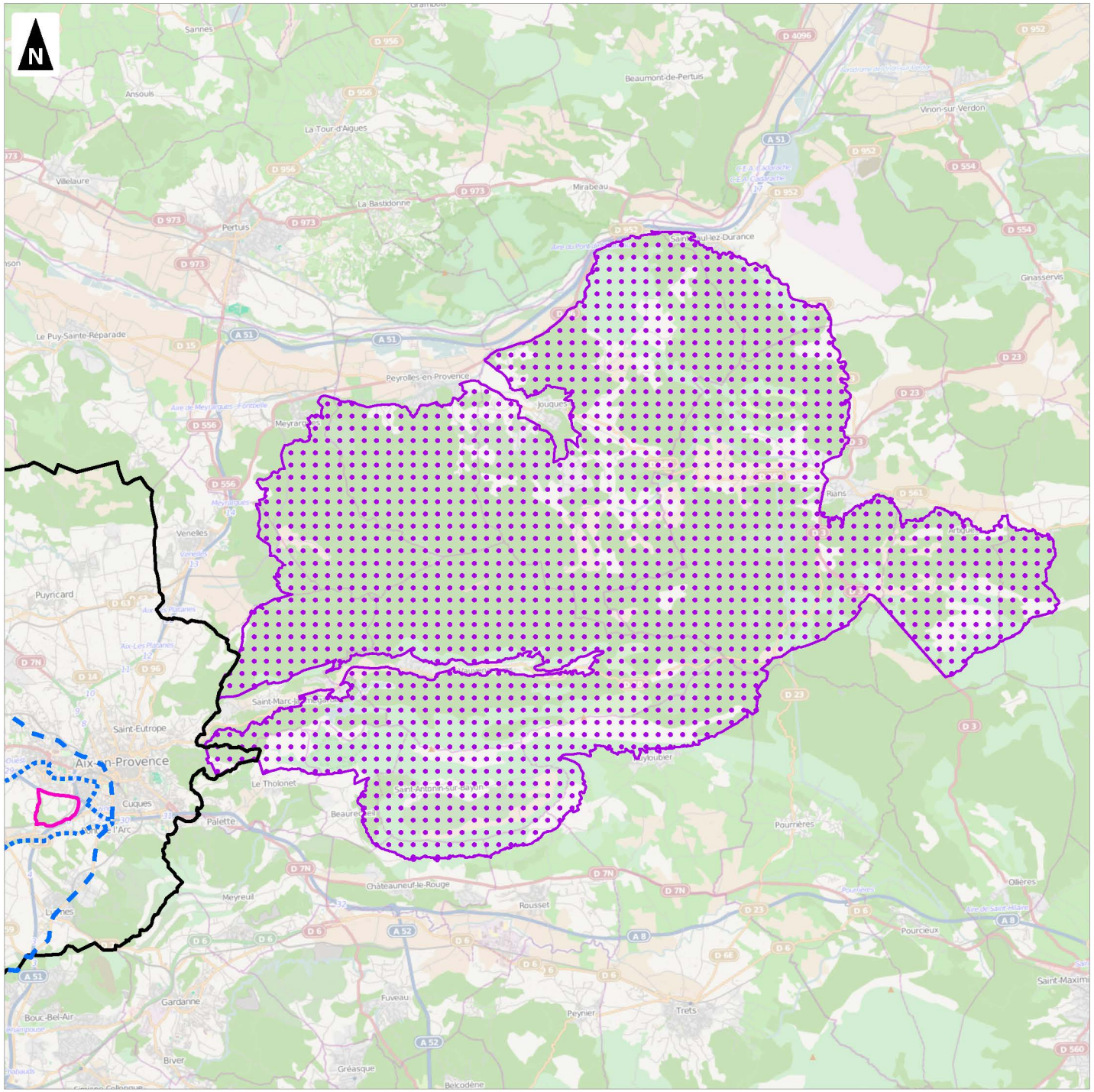
Le projet est situé :

Nom de la commune : AIX-EN-PROVENCE N° Département : 13
Lieu-dit : CONSTANCE

La Constance
Aix-en-Provence

Réseau Natura 2000 : Localisation de la ZSC "Montagne Sainte Victoire" par rapport au périmètre d'étude

- Périmètre d'étude
- Périmètre intermédiaire
- Périmètre éloigné
- Ville d'Aix-en-Provence
- ZSC "Montagne Sainte Victoire"



0 5 10
Kilomètres

1:200 000
(Pour une impression sur format A4 sans réduction de taille)

Réalisation : AIRELE - 2013
Source de fond de carte : OSM
Sources de données : DREAL - SPLA - AIRELE, 2013

- Hors site(s) Natura 2000 ☑ A quelle distance ?
- A 5,26 Km du site n° de site(s) : Montagne Sainte-Victoire (**FR9301605**)

c. Étendue / emprise du projet, de la manifestation ou de l'intervention

Emprises au sol temporaire et permanente de l'implantation ou de la manifestation (si connue) : …… (m2) ou classe de surface approximative (cocher la case correspondante) :

☐ < 100 m²
☐ 100 à 1 000 m²
☐1 000 à 10 000 m² (1 ha)
☑ > 10 000 m² (> 1 ha)

- Longueur (si linéaire impacté) : …… (m.)

- Emprises en phase chantier : …… (m.)

d. Durée prévisible et période envisagée des travaux, de la manifestation ou de l'intervention :

- Projet, manifestation :
☑ diurne
☐ nocturne

- Durée précise si connue : …….. (jours, mois)
Ou durée approximative en cochant la case correspondante :

☐ < 1 mois
☐ 1 mois à 1 an
☐ 1 an à 5 ans
☑ > 5 ans

- Fréquence :
☐ chaque année
☐ chaque mois
☐ autre (préciser) : En fonction des besoins par phasage

e. Entretien / fonctionnement / rejet

Préciser si le projet ou la manifestation générera des interventions ou rejets sur le milieu durant sa phase d'exploitation (exemple : traitement chimique, débroussaillage mécanique, curage, rejet d'eau pluviale, pistes, zones de chantier, raccordement réseaux...). Si oui, les décrire succinctement (fréquence, ampleur, etc.).

Les eaux de ruissellement des voies sont collectées dans des noues paysagères ou par des canalisations en béton. Les eaux de ruissellement des zones imperméabilisées autre que les voiries seront stockées pour partie en toiture et pour partie dirigée vers les parkings filtrants ou les noues paysagères. Les eaux sont rejetées pour l'essentiel dans les bassins de rétention des Martelly existant dont la capacité sera augmentée.

f. Budget

Coût approximatif (cocher la case correspondante) :

☐ < 5 000 €
☐ de 5 000 à 20 000 €
☐ de 20 000 € à 100 000 €
☑ > à 100 000 €

2 Définition et cartographie de la zone d'influence du projet

La zone d'influence est fonction de la nature du projet et des milieux naturels environnants. Les incidences d'un projet sur son environnement peuvent être plus ou moins étendues (poussières, bruit, rejets dans le milieu aquatique…).

La zone d'influence est plus grande que la zone d'implantation. Pour aider à définir cette zone, il convient de se poser les questions suivantes :

Cocher les cases concernées

☐ Rejets dans le milieu aquatique

☐ Pistes de chantier, circulation

☐ Rupture de corridors écologiques (rupture de continuité écologique pour les espèces)

☐ Poussières, vibrations

☐ Pollutions possibles

☐ Perturbation d'une espèce en dehors de la zone d'implantation

☐ Bruits

☐ Autres incidences ……

3 État des lieux de la zone d'influence

Cet état des lieux écologique de la zone d'influence (zone pouvant être impactée par le projet) permettra de déterminer les incidences que peut avoir le projet ou manifestation sur cette zone.

PROTECTIONS :

Le projet est situé en :

☐ Réserve Naturelle Nationale

☐ Réserve Naturelle Régionale

☐ Parc National

☐ Arrêté de protection de biotope

☐ Site classé

☐ Site inscrit

☐ PIG (projet d'intérêt général) de protection

☐ Parc Naturel Régional

☐ ZNIEFF (zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique)

☐ Réserve de biosphère

☐ Site RAMSAR

USAGES :

Cocher les cases correspondantes pour indiquer succinctement quels sont les usages actuels et historiques de la zone d'influence.

☐ Aucun

☐ Pâturage / fauche

☐ Chasse

☐ Pêche

☐ Sport & Loisirs (VTT, 4x4, quads, escalade, vol libre…)

☐ Agriculture

☐ Sylviculture

☐ Décharge sauvage

☐ Perturbations diverses (inondation, incendie…)

☐ Cabanisation

☑ Construite, non naturelle : au cœur de l'urbanisation aixoise

☑ Autre (préciser l'usage) : majorité de terrains en friche herbacée/boisements préservés

Commentaires : suite à des prospections de terrain et aux résultats des études écologiques sur un cycle complet d'Endemys et Ecotonia sur l'année 2013, les écologues d'AIRELE jugent le secteur sans enjeu significatif pour les espèces avifaunistiques du SIC Montagne Sainte-Victoire et la fonctionnalité du réseau écologique ; aucune connexion écologique entre le site d'étude et le réseau Natura 2000 : la Constance est un secteur encré dans l'urbanisation dense d'Aix-en-Provence.

MILIEUX NATURELS ET ESPECES :

TABLEAU MILIEUX NATURELS :

TYPE D'HABITAT NATUREL		**Cocher si présent**	**Commentaires**
Milieux ouverts ou semi-ouverts	pelouse pelouse semi-boisée lande garrigue / maquis autre : ……		
Milieux forestiers	forêt de résineux forêt de feuillus forêt mixte plantation autre : Boisement en mélange	☑	**Habitat préservé – faune et flore intéressante**
Milieux rocheux	falaise affleurement rocheux éboulis blocs autre : ……		

Zones humides	fossé cours d'eau étang tourbière gravière prairie humide autre : ……		
Milieux littoraux et marins	Falaises et récifs Grottes Herbiers Plages et bancs de sables Lagunes autre : ……		
Autre type de milieu	Friche herbacée ……	☑	**Faune et flore commune**

TABLEAU ESPECES FAUNE, FLORE :

Remplissez en fonction de vos connaissances :

GROUPES D'ESPECES	**Nom de l'espèce**	**Cocher si présente ou potentielle**	**Autres informations** (statut de l'espèce, nombre d'individus, type d'utilisation de la zone d'étude par l'espèce…)
Amphibiens, reptiles			
Crustacés			
Insectes			
Mammifères marins			
Mammifères terrestres			
Oiseaux			
Plantes			
Poissons			

4 Incidences du projet

Destruction ou détérioration d'habitat (= milieu naturel) ou habitat d'espèce (type d'habitat et surface) : aucune incidence significative sur les habitats d'intérêt communautaire et habitats d'espèce du SIC Montagne Sainte-Victoire

Destruction ou perturbation d'espèces (lesquelles et nombre d'individus) : aucune incidence significative sur les habitats et les espèces du SIC Montagne Sainte-Victoire

Perturbations possibles des espèces dans leurs fonctions vitales (reproduction, repos, alimentation…): site d'étude en zone urbaine/périurbaine fortement anthropisé ; aucune incidence significative sur les habitats d'espèce du SIC Montagne Sainte-Victoire, ni sur les fonctionnalités du réseau écologique ; aucune connexion écologique entre le site d'étude et le réseau Natura 2000

5 Conclusion

Il est de la responsabilité du porteur de projet de conclure sur l'absence ou non d'incidences de son projet.
A titre d'information, le projet est susceptible d'avoir une incidence lorsque :
- Une surface relativement importante ou un milieu d'intérêt communautaire ou un habitat d'espèce est détruit ou dégradé à l'échelle du site Natura 2000
- Une espèce d'intérêt communautaire est détruite ou perturbée dans la réalisation de son cycle vital

Le projet est-il susceptible d'avoir une incidence ?

☑ **NON** : ce formulaire, accompagné de ses pièces, est joint à la demande d'autorisation ou à la déclaration, et remis au service instructeur.

Exposé sommaire des raisons pour lesquelles le projet n'a pas d'incidences :
Suite à des prospections de terrain sur un cycle complet, aucun individu des espèces ayant permis la désignation du SIC Montagne Sainte-Victoire n'a été observé sur le site d'étude. De plus, aucun corridor fonctionnel ne relie le site d'étude au SIC Montagne Sainte-Victoire situé à plus de 5 kilomètres, ainsi aucune incidence significative n'est à prévoir sur le site Natura 2000 SIC Montagne Sainte-Victoire, ni sur le réseau Natura 2000. Le projet, identifié en amont au sein du SCOT du Pays d'Aix et du futur PLU d'Aix-en-Provence, s'inscrit dans un contexte anthropique très marqué, au cœur de l'urbanisation dense d'Aix-en-Provence et bordé par les autoroutes A8 et A51. De plus, le projet se veut respectueux de la biodiversité et de l'environnement en général (plantation d'essences végétales locales, réalisation de mares et points d'eau, luminaires avec halos lumineux dirigé vers le bas, …). Ainsi, aucune incidence significative n'est à prévoir sur le SIC Montagne Sainte-Victoire.

☐ **OUI** : l'évaluation d'incidences doit se poursuivre. Un dossier plus poussé doit être réalisé. Ce dossier sera joint à la demande d'autorisation ou à la déclaration, et remis au service instructeur.

A (lieu) : AIX-EN-PROVENCE Signature :

Le (date) : 07/03/2013

Ou trouver l'information sur Natura 2000 ?

*- Dans l' « **Indispensable livret sur l'évaluation des incidences Natura 2000** » :*

Sur le site internet de la DREAL :
http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr *(Biodiversité - Eau - Paysages > Biodiversité > Natura 2000 > Publications)*

*- Information cartographique **GeoIDE-carto :***

Sur le site internet de la DREAL :
http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr *(Accès directs > Données / Cartographies > Cartographie interactive)*

*- Dans les **fiches de sites région PACA :***

Sur le site internet du ministère :
http://www.developpement-durable.gouv.fr *(Eau et Biodiversité > Espaces et milieux naturels terrestres > **Natura 2000**)*

*- Dans le **DOCOB** (document d'objectifs) lorsqu'il est élaboré :*

Sur le site internet de la DREAL :
http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr *(Biodiversité - Eau - Paysages > Biodiversité > Natura 2000 > DOCOB en PACA)*

*- Dans le **Formulaire Standard de Données** du site :*

Sur le site internet de l'INPN :
http://inpn.mnhn.fr *(Programmes > Recherche de données Natura 2000)*

*- Auprès de l'**animateur** du site :*

Sur le site internet de la DREAL :
http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr *(Biodiversité - Eau - Paysages > Biodiversité > Natura 2000 > Le réseau > En PACA > Les sites Natura 2000)*

*- Auprès de la **Direction Départementale des Territoires (et de la Mer)** du département concerné :*

Voir la liste des DDT dans l' «Indispensable livret sur l'évaluation des incidences Natura 2000»

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PRÉFECTURE DE LA RÉGION PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR

FORMULAIRE D'EVALUATION SIMPLIFIEE OU PRELIMINAIRE DES INCIDENCES NATURA2000	NATURA 2000

Pourquoi ?
Le présent document peut être utilisé comme suggestion de présentation pour une évaluation des incidences simplifiée. Il peut aussi être utilisé pour réaliser l'évaluation préliminaire d'un projet afin de savoir si un dossier plus approfondi sera nécessaire.

Evaluation simplifiée ou dossier approfondi ?
***Dans tous les cas, l'évaluation des incidences doit être conforme au contenu visé à l'article R414.23 du code de l'environnement**.*
Le choix de la réalisation d'une évaluation simplifiée ou plus approfondie dépend des incidences potentielles du projet sur un site Natura 2000. Si le projet n'est pas susceptible d'avoir une quelconque incidence sur un site, alors l'évaluation pourra être simplifiée. Inversement, si des incidences sont pressenties ou découvertes à l'occasion de la réalisation de l'évaluation simplifiée, il conviendra de mener une évaluation approfondie.
Le formulaire d'évaluation préliminaire correspond au R414-23-I du code de l'environnement et le « canevas dossier incidences » au R414-23-II et III et IV de ce même code.

Par qui ?
*Ce formulaire peut être utilisé par le **porteur du projet**, en fonction des informations dont il dispose (cf. p. 9 : » ou trouver l'info sur Natura 2000? »). Lorsque le ou les sites Natura 2000 disposent d'un DOCOB et d'un animateur Natura 2000, le porteur de projet est invité à le contacter, si besoin, pour obtenir des informations sur les enjeux en présence. Toutefois, lorsqu'un renseignement demandé par le formulaire n'est pas connu, il est possible de mettre un point d'interrogation.*

Pour qui ?
*Ce formulaire permet au **service administratif instruisant le projet** de fournir l'autorisation requise ou, dans le cas contraire, de demander de plus amples précisions sur certains points particuliers.*

Définition :
*L'évaluation des incidences est avant tout une **démarche d'intégration des enjeux Natura 2000 dès la conception du plan ou projet**. Le dossier d'évaluation des incidences doit être conclusif sur la potentialité que le projet ait ou pas une incidence significative sur un site Natura 2000.*

Coordonnées du porteur de projet :

Nom (personne morale ou physique) : SPLA Pays d'Aix Territoire
Commune et département) : Département des Bouches-du-Rhône
Adresse : 2 rue Lapierre BP 80251 13 608 AIX-EN-PROVENCE
Téléphone : 04 42 16 04 04

Nom du projet : Réalisation du projet de création de la ZAC de la Constance à Aix-en-Provence (13)

A quel titre le projet est-il soumis à évaluation des incidences (ex : dossier soumis à notice d'impact, ou : dossier soumis à autorisation d'occupation temporaire du domaine public) ?

Dossier soumis à étude d'impact sur l'environnement

1 Description du projet, de la manifestation ou de l'intervention

a. Nature du projet, de la manifestation ou de l'intervention

Préciser le type d'aménagement envisagé (exemple : canalisation d'eau, création d'un pont, mise en place de grillages, curage d'un fossé, drainage, création de digue, abattage d'arbres, création d'un sentier, manifestation sportive, etc.).

* Un périmètre proposé pour la ZAC de 98 hectares environ,
avec environ 60% de ce territoire traité
en ESPACES PUBLICS ET ESPACES VERTS COMMUNS.

* Un programme (à 15 ans environ, par cohérence avec le PLU) :
- 240 000 m² de surface de plancher, logements,
soit 3 600 logements environ.
- 5 000 m² de commerces et services.
- 70 000 m² d'activités tertiaires.

Des équipements publics de superstructure induits par l'opération :
groupe scolaire, crèche, équipements sportifs et de loisir,
maison de quartier.
Un équipement public à rayonnement à l'échelle intercommunale : la SMAC.
Une réserve foncière pour des équipements publics à rayonnement communal ou intercommunal (enseignement supérieur lié au pôle numérique par exemple).

b. Localisation du projet par rapport au(x) site(s) Natura 2000 et cartographie

*Joindre dans tous les cas une **carte de localisation** précise du projet (emprises temporaires, chantier, accès et définitives…) par rapport au(x) site(s) Natura 2000 sur une photocopie de carte IGN au 1/25 000e.*

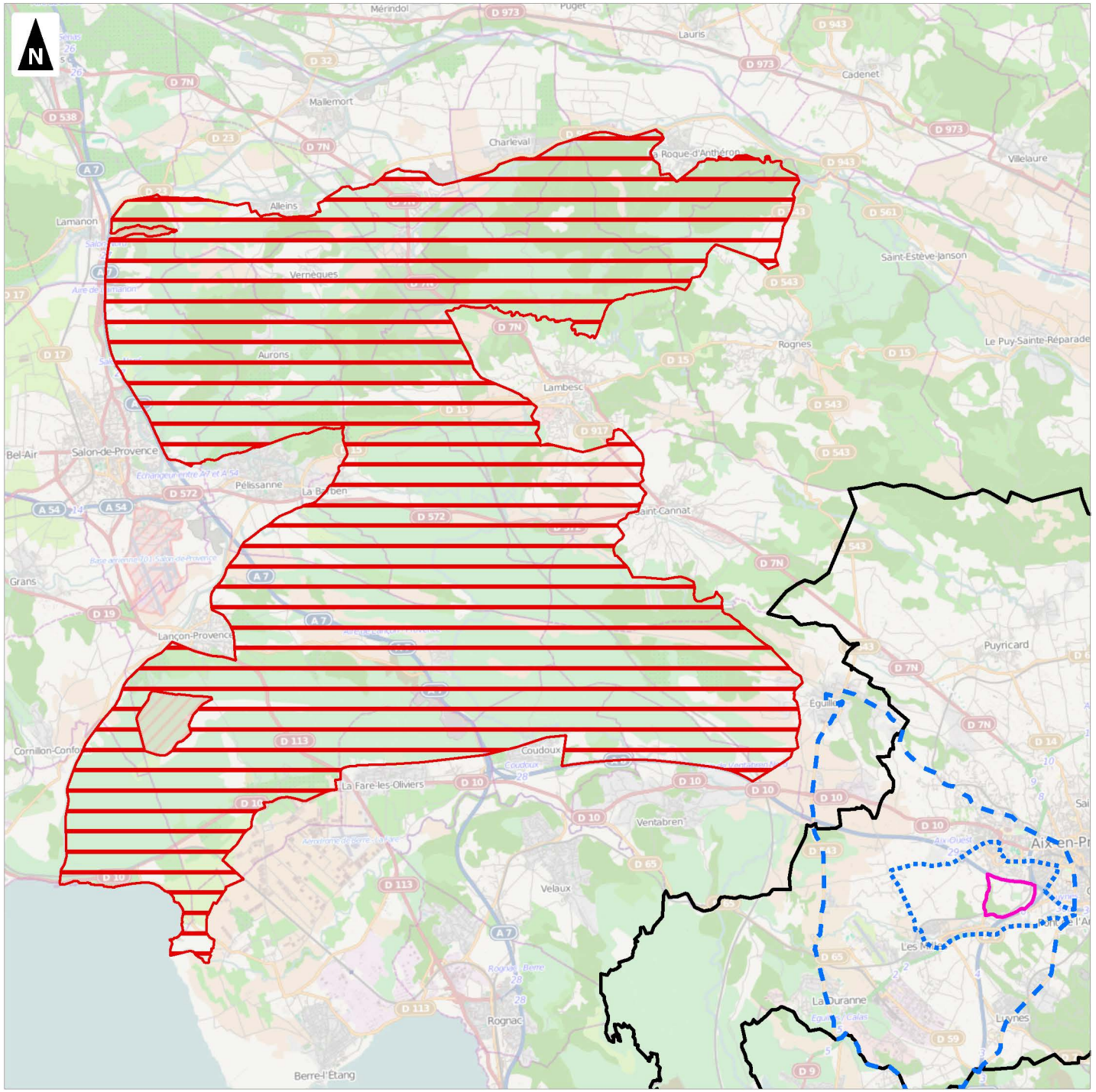
Le projet est situé :

Nom de la commune : AIX-EN-PROVENCE N° Département : 13
Lieu-dit : CONSTANCE

La Constance
Aix-en-Provence

Réseau Natura 2000 : Localisation de la ZPS "Garrigues de Lançon et Chaines alentour" par rapport au périmètre d'étude

- Périmètre d'étude
- Périmètre intermédiaire
- Périmètre éloigné
- Ville d'Aix-en-Provence
- ZPS "Garrigues de Lançon et Chaines alentour"



0 5 10
Kilomètres

1:170 000
(Pour une impression sur format A4 sans réduction de taille)

Réalisation : AIRELE - 2013
Source de fond de carte : OSM
Sources de données : DREAL - SPLA - AIRELE, 2013

- Hors site(s) Natura 2000 ☑ A quelle distance ?
- A 9,21 Km du site n° de site(s) : Garrigues de Lançon (**FR9310069**)

c. Étendue / emprise du projet, de la manifestation ou de l'intervention

Emprises au sol temporaire et permanente de l'implantation ou de la manifestation (si connue) : …… (m2) ou classe de surface approximative (cocher la case correspondante) :

☐ < 100 m²
☐ 100 à 1 000 m²
☐1 000 à 10 000 m² (1 ha)
☑ > 10 000 m² (> 1 ha)

- Longueur (si linéaire impacté) : …… (m.)

- Emprises en phase chantier : …… (m.)

d. Durée prévisible et période envisagée des travaux, de la manifestation ou de l'intervention :

- Projet, manifestation :
☑ diurne
☐ nocturne

- Durée précise si connue : …….. (jours, mois)
Ou durée approximative en cochant la case correspondante :

☐ < 1 mois
☐ 1 mois à 1 an
☐ 1 an à 5 ans
☑ > 5 ans

- Fréquence :
☐ chaque année
☐ chaque mois
☐ autre (préciser) : En fonction des besoins par phasage

e. Entretien / fonctionnement / rejet

Préciser si le projet ou la manifestation générera des interventions ou rejets sur le milieu durant sa phase d'exploitation (exemple : traitement chimique, débroussaillage mécanique, curage, rejet d'eau pluviale, pistes, zones de chantier, raccordement réseaux...). Si oui, les décrire succinctement (fréquence, ampleur, etc.).

Les eaux de ruissellement des voies sont collectées dans des noues paysagères ou par des canalisations en béton. Les eaux de ruissellement des zones imperméabilisées autre que les voiries seront stockées pour partie en toiture et pour partie dirigée vers les parkings filtrants ou les noues paysagères. Les eaux sont rejetées pour l'essentiel dans les bassins de rétention des Martelly existant dont la capacité sera augmentée.

f. Budget

Coût approximatif (cocher la case correspondante) :

☐ < 5 000 €
☐ de 5 000 à 20 000 €
☐ de 20 000 € à 100 000 €
☑ > à 100 000 €

2 Définition et cartographie de la zone d'influence du projet

La zone d'influence est fonction de la nature du projet et des milieux naturels environnants. Les incidences d'un projet sur son environnement peuvent être plus ou moins étendues (poussières, bruit, rejets dans le milieu aquatique…).

La zone d'influence est plus grande que la zone d'implantation. Pour aider à définir cette zone, il convient de se poser les questions suivantes :

Cocher les cases concernées

☐ Rejets dans le milieu aquatique

☐ Pistes de chantier, circulation

☐ Rupture de corridors écologiques (rupture de continuité écologique pour les espèces)

☐ Poussières, vibrations

☐ Pollutions possibles

☐ Perturbation d'une espèce en dehors de la zone d'implantation

☐ Bruits

☐ Autres incidences ……

3 État des lieux de la zone d'influence

Cet état des lieux écologique de la zone d'influence (zone pouvant être impactée par le projet) permettra de déterminer les incidences que peut avoir le projet ou manifestation sur cette zone.

PROTECTIONS :

Le projet est situé en :

☐ Réserve Naturelle Nationale

☐ Réserve Naturelle Régionale

☐ Parc National

☐ Arrêté de protection de biotope

☐ Site classé

☐ Site inscrit

☐ PIG (projet d'intérêt général) de protection

☐ Parc Naturel Régional

☐ ZNIEFF (zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique)

☐ Réserve de biosphère

☐ Site RAMSAR

USAGES :

Cocher les cases correspondantes pour indiquer succinctement quels sont les usages actuels et historiques de la zone d'influence.

☐ Aucun

☐ Pâturage / fauche

☐ Chasse

☐ Pêche

☐ Sport & Loisirs (VTT, 4x4, quads, escalade, vol libre…)

☐ Agriculture

☐ Sylviculture

☐ Décharge sauvage

☐ Perturbations diverses (inondation, incendie…)

☐ Cabanisation

☑ Construite, non naturelle : au cœur de l'urbanisation aixoise

☑ Autre (préciser l'usage) : majorité de terrains en friche herbacée/boisements préservés

Commentaires : suite à des prospections de terrain et aux résultats des études écologiques sur un cycle complet d'Endemys et Ecotonia sur l'année 2013, les écologues d'AIRELE jugent le secteur sans enjeu significatif pour les espèces avifaunistiques de la ZPS GARRIGUES DE LANCON et la fonctionnalité du réseau écologique ; aucune connexion écologique entre le site d'étude et le réseau Natura 2000 : la Constance est un secteur encré dans l'urbanisation dense d'Aix-en-Provence.

MILIEUX NATURELS ET ESPECES :

TABLEAU MILIEUX NATURELS :

TYPE D'HABITAT NATUREL		**Cocher si présent**	**Commentaires**
Milieux ouverts ou semi-ouverts	pelouse pelouse semi-boisée lande garrigue / maquis autre : ……		
Milieux forestiers	forêt de résineux forêt de feuillus forêt mixte plantation autre : Boisement en mélange	☑	**Habitat préservé – faune et flore intéressante**
Milieux rocheux	falaise affleurement rocheux éboulis blocs autre : ……		

Zones humides	fossé cours d'eau étang tourbière gravière prairie humide autre : ……		
Milieux littoraux et marins	Falaises et récifs Grottes Herbiers Plages et bancs de sables Lagunes autre : ……		
Autre type de milieu	Friche herbacée ……	☑	**Faune et flore commune**

TABLEAU ESPECES FAUNE, FLORE :

Remplissez en fonction de vos connaissances :

GROUPES D'ESPECES	**Nom de l'espèce**	**Cocher si présente ou potentielle**	**Autres informations** (statut de l'espèce, nombre d'individus, type d'utilisation de la zone d'étude par l'espèce…)
Amphibiens, reptiles			
Crustacés			
Insectes			
Mammifères marins			
Mammifères terrestres			
Oiseaux			
Plantes			
Poissons			

4 Incidences du projet

Destruction ou détérioration d'habitat (= milieu naturel) ou habitat d'espèce (type d'habitat et surface) : aucune incidence significative sur les habitats d'intérêt communautaire et habitats d'espèce de la ZPS GARRIGUES DE LANCON

Destruction ou perturbation d'espèces (lesquelles et nombre d'individus) : aucune incidence significative sur les habitats et les espèces de la ZPS GARRIGUES DE LANCON

Perturbations possibles des espèces dans leurs fonctions vitales (reproduction, repos, alimentation…): site d'étude en zone urbaine/périurbaine fortement anthropisé ; aucune incidence significative sur les habitats d'espèce de la ZPS GARRIGUES DE LANCON, ni sur les fonctionnalités du réseau écologique ; aucune connexion écologique entre le site d'étude et le réseau Natura 2000

5 Conclusion

Il est de la responsabilité du porteur de projet de conclure sur l'absence ou non d'incidences de son projet.
A titre d'information, le projet est susceptible d'avoir une incidence lorsque :
- Une surface relativement importante ou un milieu d'intérêt communautaire ou un habitat d'espèce est détruit ou dégradé à l'échelle du site Natura 2000
- Une espèce d'intérêt communautaire est détruite ou perturbée dans la réalisation de son cycle vital

Le projet est-il susceptible d'avoir une incidence ?

☑ **NON** : ce formulaire, accompagné de ses pièces, est joint à la demande d'autorisation ou à la déclaration, et remis au service instructeur.

Exposé sommaire des raisons pour lesquelles le projet n'a pas d'incidences :
Suite à des prospections de terrain sur un cycle complet, aucun individu des espèces ayant permis la désignation de la ZPS GARRIGUES DE LANCON n'a été observé sur le site d'étude. De plus, aucun corridor fonctionnel ne relie le site d'étude à la ZPS GARRIGUES DE LANCON située à plus de 9 kilomètres, ainsi aucune incidence significative n'est à prévoir sur le site Natura 2000 ZPS GARRIGUES DE LANCON, ni sur le réseau Natura 2000. Le projet, identifié en amont au sein du SCOT du Pays d'Aix et du futur PLU d'Aix-en-Provence, s'inscrit dans un contexte anthropique très marqué, au cœur de l'urbanisation dense d'Aix-en-Provence et bordé par les autoroutes A8 et A51. De plus, le projet se veut respectueux de la biodiversité et de l'environnement en général (plantation d'essences végétales locales, réalisation de mares et points d'eau, luminaires avec halos lumineux dirigé vers le bas, …). Ainsi, aucune incidence significative n'est à prévoir sur la ZPS GARRIGUES DE LANCON.

☐ **OUI** : l'évaluation d'incidences doit se poursuivre. Un dossier plus poussé doit être réalisé. Ce dossier sera joint à la demande d'autorisation ou à la déclaration, et remis au service instructeur.

A (lieu) : AIX-EN-PROVENCE Signature :

Le (date) : 07/03/2013

Ou trouver l'information sur Natura 2000 ?

*- Dans l' « **Indispensable livret sur l'évaluation des incidences Natura 2000** » :*

Sur le site internet de la DREAL :
http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr *(Biodiversité - Eau - Paysages > Biodiversité > Natura 2000 > Publications)*

*- Information cartographique **GeoIDE-carto :***

Sur le site internet de la DREAL :
http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr *(Accès directs > Données / Cartographies > Cartographie interactive)*

*- Dans les **fiches de sites région PACA :***

Sur le site internet du ministère :
http://www.developpement-durable.gouv.fr *(Eau et Biodiversité > Espaces et milieux naturels terrestres > **Natura 2000**)*

*- Dans le **DOCOB** (document d'objectifs) lorsqu'il est élaboré :*

Sur le site internet de la DREAL :
http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr *(Biodiversité - Eau - Paysages > Biodiversité > Natura 2000 > DOCOB en PACA)*

*- Dans le **Formulaire Standard de Données** du site :*

Sur le site internet de l'INPN :
http://inpn.mnhn.fr *(Programmes > Recherche de données Natura 2000)*

*- Auprès de l'**animateur** du site :*

Sur le site internet de la DREAL :
http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr *(Biodiversité - Eau - Paysages > Biodiversité > Natura 2000 > Le réseau > En PACA > Les sites Natura 2000)*

*- Auprès de la **Direction Départementale des Territoires (et de la Mer)** du département concerné :*

Voir la liste des DDT dans l' «Indispensable livret sur l'évaluation des incidences Natura 2000»

ANNEXE N°9 : PRÉSENTATION DU PATRIMOINE AUTOUR DE LA CONSTANCE

Le patrimoine de La Constance

Etat des lieux et enjeux
Sauvegarde et valorisation de l'identité du site



Reproduction interdite sans autorisation de la SPLA Pays d'Aix Territoires.
Droits réservés - Copyright juillet 2013

Sommaire



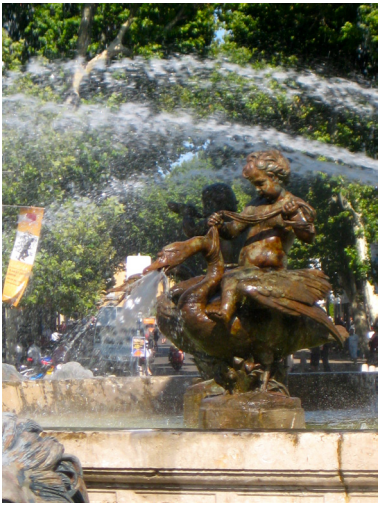
1. *La prise en compte et la préservation progressive du patrimoine aixois dans les politiques publiques p.5*

2. *La sauvegarde du patrimoine aixois dans les récentes opérations d'aménagement des quartiers ouest p. 9*

3. *L'état des lieux du patrimoine naturel sur La Constance p. 13*

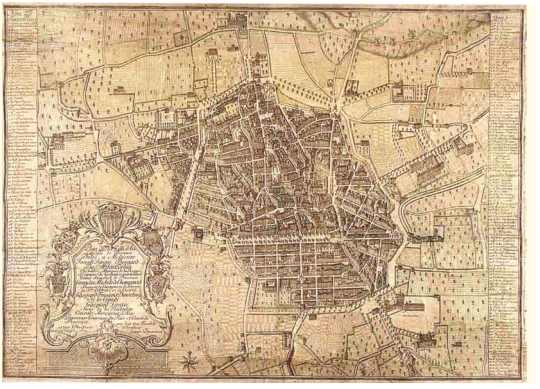
4. *L'état des lieux du patrimoine architectural sur La Constance p. 15*
a) Trois constructions et sites majeurs - p. 16
b) Deux autres bastides du 18ème - p.20
c) Deux maisons de la fin 19ème - p. 20











1. *La préservation progressive du patrimoine aixois dans les politiques publiques*

Durant des décennies, l'agrandissement de la ville d'Aix-en-Provence s'est effectué de façon lente, au fur et à mesure des besoins d'une ville de province, ancienne capitale de Provence devenue sous-préfecture de taille moyenne. Durant la première moitié du XXème siècle, Aix ne connaît pas de modification majeure de son environnement urbain. La ville ne dispose pas d'un important tissu industriel, d'activités économiques majeures et d'une politique touristique ambitieuse. La création de petits lotissements, le maintien d'habitations basses au milieu de jardins suffit à répondre aux besoins nouveaux de logements. La ville s'étend en petits cercles concentriques, entrecoupés de champs, d'oliveraies et de pinèdes.

Après-guerre, l'histoire d'Aix va s'accélérer. Le Festival d'art lyrique, le développement du tourisme, la connaissance de l'oeuvre de Cézanne, le rayonnement universitaire associés au baby-boom créent une attractivité nouvelle et de nouveaux besoins urbains. Il faut désormais envisager la création d'ensembles à forte densité de population et les équipements publics les accompagnant. Au début des années 60, l'arrivée massive des rapatriés d'Afrique du Nord renforce les besoins en logements. Dans le même temps, afin de mieux contrôler le développement de la ville et de prévenir les dérives liées à quelques opérations immobilières privées ou émanant de bailleurs sociaux, la ville d'Aix se dote d'une société d'économie mixte, outil d'aménagement et de mise en musique de la cohérence urbaine portée par les équipes municipales successives. Depuis sa création en 1961, la SEMEVA, devenue Groupe SEMEPA/ SPLA a eu en charge, pour le compte de la Ville d'Aix-en-Provence, la réalisation de la ZUP d'Encagnane, des ZAC du Jas de Bouffan, de Saint-Jean de Luynes, des Deux Ormes, de Brédasque, de Ravanas, de La Duranne et de Sextius-Mirabeau notamment qui, au fil des cinq dernières décennies, ont permis de répondre aux besoins croissants en logements (20 000) et équipements publics d'une ville désormais parmi les plus attractives de France.
Du seuil des années 60 à aujourd'hui, Aix-en-Provence est passée de 70 000 à 150 000 habitants, sans perdre sa qualité de vie et son harmonie urbaine, sans avoir non plus à déplorer l'existence de quartiers inhumains, de cités anxiogènes et de secteurs urbains marginalisés.

L'évolution d'Aix, le caractère exceptionnel de son patrimoine architectural et artistique ont posé dans le même temps la question de la préservation de l'héritage des anciens dans un contexte d'adaptation rapide aux besoins de la modernité issue des Trente Glorieuses. La prise de conscience, ici comme partout en France, a été progressive. Elle a néanmoins évité les grands dom-

mages irréversibles connus par certaines grandes villes de France et d'Europe.
On le sait la prise de conscience de la valeur du patrimoine et la réponse publique face aux menaces pesant sur sa préservation ont résulté en France de deux époques troublées : la Révolution et son cortège iconoclaste de destructions, puis la séparation de l'Eglise et de l'Etat qui a confié à l'Etat et aux collectivités la responsabilité des édifices cultuels (construits avant la promulgation de la loi de séparation). Mais jusqu'aux années 60, le patrimoine, affaire de spécialistes, se limite bien souvent aux seuls Monuments historiques. En 1962, la Loi Malraux sur les secteurs sauvegardés étend aux ensembles urbains historiques la notion de patrimoine et permet de gérer ceux-ci au moyen d'un «plan de sauvegarde et de mise en valeur». Aix entre dans cette logique et commence à s'intéresser à la préservation et à la mise en valeur de son patrimoine de proximité.

Avec les lois de décentralisation de 1983, les collectivités locales sont associées à la gestion du patrimoine, elles renforcent la prise en compte de patrimoines locaux, tant matériels qu'immatériels. À Aix-en-Provence, en soulignant le rôle joué par certains acteurs privés et associatifs (Association pour la protection des demeures anciennes et paysages aixois etc.), on retiendra la prise en compte du patrimoine du secteur sauvegardé du centre ancien, la politique de ravalement des façades et la réhabilitation de la plupart des hôtels particuliers de la ville, mais aussi la dynamique patrimoniale liée au partenariat exemplaire noué par la SEMEPA avec la Direction de l'Archéologie de la Ville qui a permis la préservation et la valorisation d'un patrimoine antique et médiéval exceptionnel, ainsi que les relations fructueuses entretenues avec l'Atelier du Patrimoine.

Depuis une dizaine d'années, la Ville d'Aix a souhaité renforcer les interventions publiques en faveur de la préservation et de la mise en valeur du patrimoine architectural urbain autour de plusieurs principes développés dans l'élaboration du futur Plan Local d'Urbanisme (PLU) :
- assurer la mise en valeur du patrimoine remarquable du centre ancien dans le cadre du Plan de Sauvegarde et de Mise en Valeur,
- mettre en valeur les châteaux et bastides, mais également les immeubles ou ensembles remarquables du début du XXème siècle présents dans le centre urbain, ainsi que le «petit patrimoine» (fontaines, allées plantées, jardins, ...) caractéristique de la ville et de la campagne aixoises,
- mettre en valeur le patrimoine archéologique (néolithique, celtoligure, romain...) notamment le site d'Entremont, le théâtre romain de la Seds, les traces romaines du centre-ville...
- promouvoir une architecture contemporaine de qualité, sans pastiche, pour constituer le patrimoine de demain.

- définir des limites à l'urbanisation et recomposer les secteurs de franges et les entrées de ville,
- traiter qualitativement les franges des espaces urbanisés en affirmant les coupures d'urbanisation entre les quartiers, et en exploitant les espaces fonciers résiduels.
- aménager un quartier durable sur le plateau Valcros Constance, pour renouveler l'image dynamique de la commune, faire émerger un projet d'ensemble innovant et cohérent, optimiser l'utilisation de l'espace en promouvant des formes urbaines diversifiées et une offre d'habitat adaptée aux besoins (logement intermédiaire en particulier), développer l'insertion urbaine du futur quartier, concevoir la trame paysagère du futur quartier avec une prise en compte explicite des structures paysagères pré-existantes et de son patrimoine remarquable.

Dans le cas de La Constance, zone d'immédiate périphérie urbaine, la volonté publique vise à accompagner l'évolution de l'espace rural aixois, une campagne habitée, autrefois façonnée par les domaines agricoles, les bastides et les maisons de campagne, parcelles cultivées et possédées par les agriculteurs et la haute bourgeoisie aixoise des 18ème et 19ème siècles.
Les objectifs poursuivis par cette politique visent à préserver une cohérence globale, un esprit d'aménagement en refusant les positions nostalgiques stériles et en refusant de voir pétrifier les espaces nécessaires au développement de la ville d'Aix. Il s'agit donc, dans le respect du passé, de reconduire des principes d'organisation qui ont fait l'unité, la valeur et l'originalité de la campagne aixoise : affirmation du caractère rural quand il est envisageable, équilibre et continuité entre bâti et végétation, orientation issue des conditions climatiques, volumes simples, matériaux provenant des extractions et des productions régionales etc...

Depuis cinq décennies, la Ville d'Aix-en-Provence développe une forte politique de sauvegarde et de valorisation du bâti remarquable sur l'ensemble de la commune, politique renforcée au cours des dix dernières années.
Elle pose un regard qualitatif sur les projets d'aménagement, de modification ou d'adaptation du bâti, d'aménagement et d'usage de l'espace public et sur la protection des paysages. Attendue depuis les années 60, la mise en œuvre du Plan de Sauvegarde et de Mise en Valeur du centre-ancien (PSMV) est l'un des symboles forts les plus récents de l'engagement de la Ville. Son implication en amont dans les nécessaires opérations d'aménagement marque une autre volonté appelée à perdurer. L'avenir et le développement d'Aix s'effectuent dans le respect du patrimoine légué par les générations précédentes.







2. *La sauvegarde du patrimoine aixois dans les récentes opérations d'aménagement des quartiers ouest*

La conscience de la nécessité de sauvegarde et de valorisation du patrimoine s'est progressivement renforcée partout en France au lendemain de la promulgation de la loi Malraux de 1962, puis de différents autres textes renforçant la protection des monuments, des sites et du patrimoine archéologique.
Dès cette époque, la Ville a confié à sa société d'économie mixte d'aménagement le soin de sauvegarder chaque fois que possible, chaque fois que nécessaire, les éléments de patrimoine reliant les nouveaux quartiers à leur histoire.

ZUP – ENCAGNANE : Sauvegarde au cœur du projet urbain de la **bastide de La Mareschale**, transformation en espace culturel (1974-1976) avec parc public attenant. Sauvegarde et valorisation progressive de **la Bastide Corsy**, propriété de la famille de Paul Cézanne (1859), des différents éléments de patrimoine et du parc attenant.

ZAC JAS DE BOUFFAN : Prise en compte par l'urbaniste des spécificités du paysage, du vallonnement du site, au travers du Parc de 5 ha (1978) avec son lac et son théâtre de Verdure ouvert vers la Sainte-Victoire. Sauvegarde de plusieurs bastides et maisons anciennes, **La Verdière, Bastide Valcros, Bastide de Pauliny, Jas du Vallon, Grande Bastide, Maison de la Croix rouge**, mais aussi tout particulièrement la **Maison de maître de Saint-Mitre** (1875), et son parc avec serres et vieux lavoir acquis par la Ville en 1978, **La Campagne Roure**, valorisée en 2003 comme annexe du Conservatoire, **La bâtisse de la Mairie annexe**, ou encore la belle bastide dite **Château de l'Horloge** récemment restaurée, transformée en maison de quartier et qui accueille aujourd'hui la Concertation.

ZAC DE LA DURANNE - ARBOIS : Préservation des bâtiments de l'ancien **Sanatorium** (1930), de **deux bastides**, de l'**Oratoire de la Vierge,** du **Pigeonnier de Lagremeuse,** du **Petit pont romain,** du **hameau historique de Saint-Pons** et de son **pont sur l'Arc** d'origine médiévale, remanié au 18ème siècle. L'aménagement a en outre permis la création d'**espaces boisés classés** et protégés.

ZAC DE SEXTIUS-MIRABEAU-EUROPE : Préservation et réhabilitation de l'**usine d'allumettes**, transformée en 1987-1989 en Cité du Livre. Sauvegarde et valorisation du **Logis du Bras d'Or (1695), Maison de Darius Milhaud.** Elle devait initialement être détruite, dans les premiers plans du quartier Sextius-Mirabeau dessinés par l'architecte Oriol Bohigas.. En 2001, la nouvelle municipalité décide de remettre en cause la conception de l'îlot A du projet. La Maison de Darius Milhaud, entièrement restaurée, abrite désormais le Centre culturel Arcade.







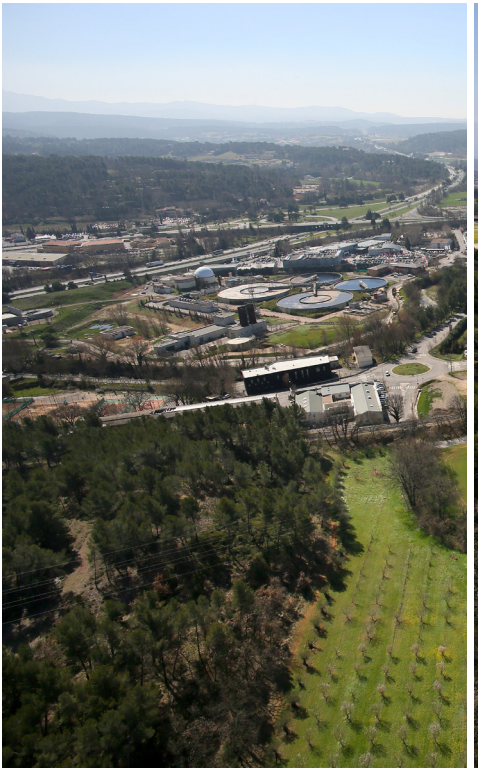


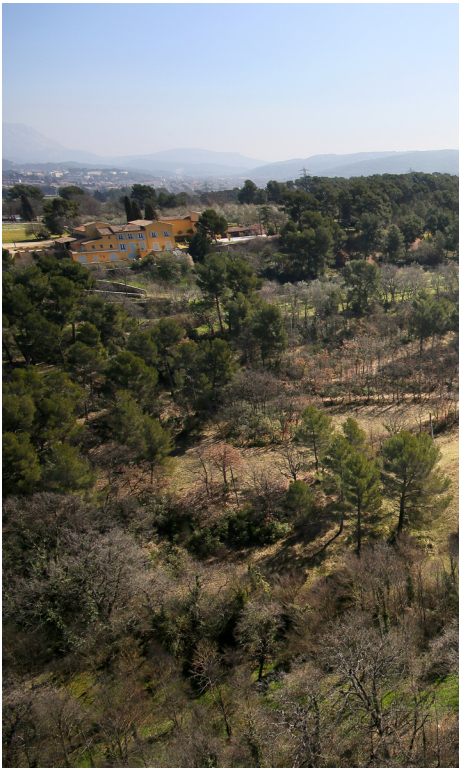





MAIRIE ANNEXE







3. *L'état des lieux du patrimoine naturel sur La Constance*

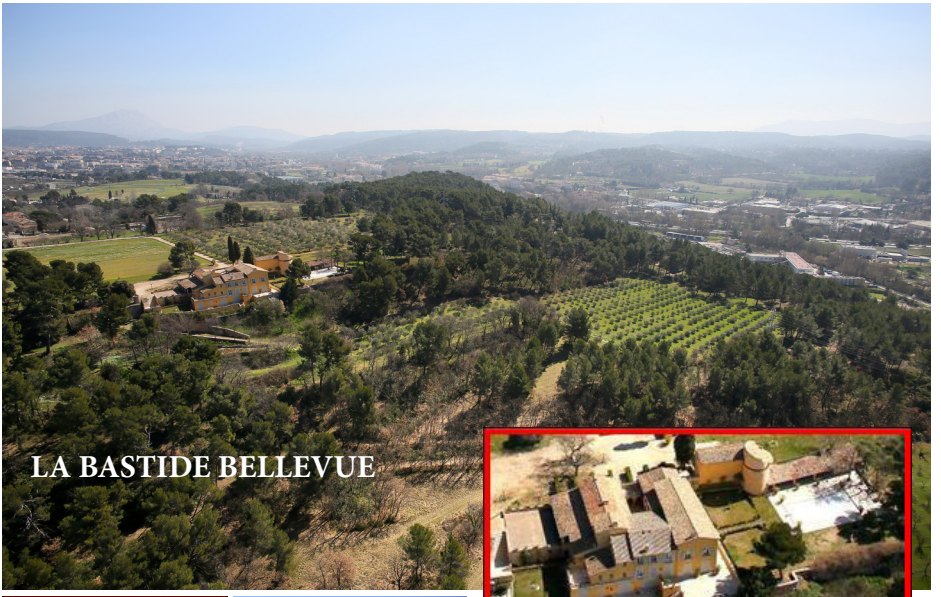
Le patrimoine, ce n'est pas seulement les demeures historiques, et les lieux de vie. Parmi ses autres composantes, il y a les arbres.
Ils se sont développés, au fil des ans, ils ponctuent les paysages. Ils racontent l'histoire des lieux, les usages passés. Les arbres accueillent aussi les oiseaux, la vie. Le plateau de La Constance est entouré de bois et bosquets. Ils contribuent à la spécificité même du site, à son identité, dont témoignent les propriétés de Bellevue et de Bastide Vieille, dont les grands arbres ont été peints autrefois par Cézanne.

De même pour les cours d'eau, et notamment pour la ripisylve du ruisseau de La Thumine, forte de son patrimoine végétal et animal diversifié et relativement préservé, elle marque une césure sur le plateau et la limite ouest du périmètre d'étude. Le vallon est sensible et précieux pour l'écosystème.

Les éléments constituant la mémoire des siècles passés sont essentiels, le patrimoine naturel y concourt.
Mais, il y a également, quelques lieux disséminés où les gens vivent.
Le secteur de la Constance n'est pas un désert, Vivre, avec un certain art, dans un lieu, lui confère une valeur, amplifiée, année après année. Avec un « dedans » (la maison) mais aussi un « dehors » (la terrasse et les jardins), car nous sommes dans le Midi, et les lieux de vie sont autant intérieurs qu'extérieurs.

Ces lieux de vie sont un patrimoine, même si les constructions sont parfois récentes. Chacun de ces espaces est porteur d'un potentiel humain et naturel.

Ces ensembles habités, maisons + jardins, ont fait l'objet d'un recensement et la volonté du futur aménagement est d'en préserver l'essentiel. Certains ont un intérêt indéniable et méritent une attention particulière, pour l'harmonie future du quartier.



LA BASTIDE BELLEVUE







LE TUNNEL FERROVIAIRE



LA BASTIDE VIEILLE

4. *L'état des lieux du patrimoine architectural sur La Constance*

Le périmètre opérationnel de La Constance-Valcros ne possède aucun monument historique.Il est en revanche à proximité du Château de La Pioline, de la Bastide du Jas de Bouffan ou de la Fondation Vasarely inscrits au titre des monuments historiques.

Sur le plateau de Valcros, le site de La Constance a retenu l'attention de plusieurs historiens de l'art et experts reconnus de l'architecture régionale et des paysages. Nerte Dautier, René Borricand ont ainsi dans leurs ouvrages de référence sur les châteaux et bastides du Pays d'Aix retenu deux domaines caractéristiques du 18ème siècle aixois : Bellevue et Bastide Vieille. Ces mêmes propriétés ont fait l'objet des études des spécialistes reconnus de l'oeuvre de Paul Cézanne, au premier rang desquels John Rewald, Denis Coutagne ou Bruno Ely.

La Direction des Musées et du Patrimoine culturel de la Ville d'Aix-en-Provence a, pour sa part, sous la conduite de Michel-Edouard Bellet, Conservateur en chef du Patrimoine, effectué un inventaire du patrimoine non protégé existant sur le plateau de Valcros, dans le périmètre d'étude de la ZAC de La Constance. Elle y a recensé deux sites majeurs et leurs bastides du 18ème siècle, **Bellevue et Bastide Vieille**, parfaitement restaurées, un **Tunnel ferroviaire** remarquable au titre du génie civil, réalisé lors du percement de la voie des Alpes, mais aussi deux bastides du 18ème profondément remaniées par la suite (Val Rose et La Constance) et enfin deux maisons de la fin du 19ème siècle (Le Tubé et Lou Deven, en partie ruinée).

Si le plateau ne recèle pas un intérêt patrimonial exceptionnel, il est dans les mémoires pour les perspectives et l'inspiration qu'y a trouvées Paul Cézanne, peignant le Pigeonnier de Bellevue, La Bastide Vieille ou Sainte-Victoire. Le patrimoine ne se conçoit pas uniquement comme un monument à sauvegarder des altérations du temps, mais comme un cadre de vie familiale, sociale, économique, sociétale à faire vivre dans toute son actualité sans le fossiliser.

a) Les trois constructions et sites majeurs de La Constance

Bastide BELLEVUE

Fort niveau d'intérêt patrimonial. 18ème siècle. Colombier, puits, portail, fontaine, ferme, cave voutée en pierre, pierre de moulinage.

Située en position dominante du plateau de Valcros, la Bastide a été construite au 18ème siècle. Récemment rénové et étendu, le bâti s'articule autour d'un patio et dispose de plusieurs dépendances dont le fameux pigeonnier peint par Paul Cézanne. Les abords des constructions sont traités en larges terrasses dallées en pierre, aménagées avec fontaines, puits (dont un ancien puits-noria)et petits espaces verts bordés de murets.Ses perspectives et ses vues sont bien dégagées vers l'ouest et le sud-ouest, ainsi qu'à l'est vers Sainte-Victoire. De grands arbres (pins et cèdres) protègent des regards la propriété.

La propriété de Bellevue est acquise en 1886 par Rose Cézanne-Conil, soeur cadette de Paul Cézanne.
Sur la propriété de Bellevue, Paul Cézanne a peint huit tableaux, à l'huile et à l'aquarelle, entre 1880 et 1890, dont ***Le Pigeonnier de Bellevue****, 1894-1896, Cleveland Museum of art*. Quelques années auparavant, il avait écrit à son ami Emile Zola : *« En passant par le chemin de fer près de la campagne d'Alexis, un motif étourdissant se développe du côté du Levant : Sainte-Victoire et ses rochers qui dominent Beaurecueil».* Cézanne va peindre alors à de nombreuses reprises depuis les reliefs du plateau de La Constance les perspectives qui s'ouvrent vers Sainte-Victoire ou la Chaîne de l'Etoile. En 1889, Renoir rejoint Cézanne à Bellevue. Les deux artistes peignent côte à côte, la Sainte-Victoire et la bastide qui les abrite dont la notoriété auprès des amateurs d'art est aujourd'hui internationale.
«Sur les tableaux, un bosquet d'arbres se trouve en contrebas de la maison avec des champs au premier plan. Les photos de Rewald dans les années 1930 permettent une meilleure vision des bâtiments car ce bosquet n'existe presque plus. Aujourd'hui, outre le remaniement profond de la maison, la pinède a envahi tout le flanc ouest de la colline. En suivant le chemin rural qui permettait aux paysans de circuler à travers champs et que l'on voit sur les précédents tableaux, Cézanne arrivait à la maison Bellevue par le nord. D'anciennes écuries accolées à la façade septentrionale de la maison, un complexe d'escaliers et de terrasses à droite, sur un fond de pinède, composent le tableau du Musée d'art et d'histoire de Genève (cf illustration ndlr). Négligeant les façades principales,

le peintre retient l'imbrication des volumes et de plans à l'arrière du bâtiment. La complication formelle du sujet lui donne l'occasion d'une composition particulièrement dynamique, à la limite de l'instabilité. Outre l'inclinaison des rampes d'accès, des murets de pierre, les volumes des bâtiments ont des arrêtes légèrement obliques. Le choix du cadrage a su naturellement équilibrer les très nombreux éléments du motif et les forces en présence. Les ouvertures, fenêtres, fentes sur les murs, scandent la composition de points d'ombre stabilisateurs. Paradoxalement, les arbres se géométrisent, semblent définir , par rapport aux architectures, les vraies verticales. La photo de Rewald, prise légèrement plus en hauteur, montre la fidélité au motif de la part du peintre et, en même temps, sa capacité à transcender un sujet. Le pittoresque de la charette sur la photographie est absent sur le tableau. Nulle présence humaine. Au lieu de choisir l'axe principal d'accès au domaine, préférant rester à l'abri des regards indiscrets, Cézanne privilégie des vues du sud, autour du motif principal du pigeonnier. A la base cylindrique parfaite, cet élément de l'architecture provençale allie la simplification de la forme aux effets colorés de l'ocre très clair du mur, à celui plus soutenu de la double toiture et aux carreaux de faïence qui le ceinturent à mi-hauteur. Il est une forme à la fois synthétique et sophistiquée qui se projette en avant. Dès la photographie prise par Loran dans les années 1920, un corps de bâtiment est venu se coller au pigeonnier, modifiant ainsi notablement la perspective cézannienne.»

Bruno Ely

La Bastide Bellevue a connu au cours des deux siècles de son existence bien des recompositions et plusieurs ajouts de bâtis. Elle a néanmoins conservé son harmonie et plusieurs de ses éléments d'origine. Fortement dégradée au cours des dernières décennies après avoir été squattée dix années durant, Bellevue a été rachetée en 1995 et entièrement restaurée. Le bâtiment principal, la maison de gardien et le pigeonnier ont de ce fait retrouvé leur beauté passée. Des aménagements autour des bâtiments ont renforcé la mise en valeur de l'ensemble.

Bastide VIEILLE (Bastide Barlatier - Borricand)

Fort niveau d'intérêt patrimonial. 18ème siècle. Bassin, mur de soutènement, fontaine, canal, puits, réservoir, écuries.

La Bastide Barlatier devenue Bastide Vieille, date sans doute de la fin du 16ème siècle et depuis quatre siècles son unité foncière a été conservée. La bâti tel qu'il existe aujourd'hui, récemment labellisé par la Fondation du Patrimoine date du

18ème siècle. La Bastide est de belle qualité architecturale et caractéristique des proportions et de l'ordonnancement des bastides du 18ème en Pays d'Aix.

En 1605, Suffren Rolland, ménager aixois, achète au Camp de Manthe, une bastide et son tènement de terres d'une superficie de 9 hectares au prix de 1770 livres. En 1750, Jean-Baptiste Rolland, arrière petit-fils du précédent, bourgeois de la Ville d'Aix, vend à Melchior Isnard, la bastide et son tènement de terres de plus de 10 hectares. Au cours du 19ème siècle, la bastide et ses terres passeront entre plusieurs mains, dont celles de la famille Barlatier, avant d'être achetés aux héritiers Barlatier, le 12 septembre 1857, en présence de Maître Brémond, notaire à Aix, par Jules Beinet, Greffier en chef du Tribunal d'Aix-en-Provence et ancêtre des actuels propriétaires. Après l'expropriation d'une partie des terres par la Compagnie de chemin de fer Aix-Rognac, la superficie de la propriété était de 8 hectares, 76 ares pour un prix d'achat de 17 000 Francs. Le domaine était anciennement contigu avant d'être traversé au sud par le chemin de fer. Il est symbolique des paysages d'autrefois de La Constance. *«Un domaine rural composé d'un bâtiment de maître, de bâtiments pour l'exploitation de terres labourables plantées de vignes, oliviers, amandiers et autres arbres à fruits, ainsi que de terres incultes agrégées de quelques bois de pins, situés au terroir d'Aix, quartier du Camp de Manthe et quartier Gour de Martelly. Le domaine confronte au levant le nommé Decanis, au couchant M. de Tournadre, au midi le petit chemin des Milles et au nord Léon Audemard»* précise le document notarié.

L'intérêt historique de la propriété est renforcé par sa présence avérée sur trois tableaux peints par Cézanne, dont ***La Montagne Sainte-Victoire au grand pin***, 1886-1887, Philips collection, Washington.
*«Ce que la photo de Rewald (1930) ne peut plus montrer, perdu dans les frondaisons du premier plan, c'est notamment, la ligne de chemin de fer, traînée oblique qui passe devant la bastide, volumes réguliers, en bas à gauche de la composition (**La Montagne Sainte-Victoire au grand pin**, Metropolitan Museum). Son axe est démultiplié par les autres chemins, petites routes des Milles, marquant un point de fuite perspectif, bien éloigné des règles de la Renaissance, creusant l'espace du paysage moderne dont Cézanne est en train d'élaborer le modèle».* Bruno Ely.

Propriété d'une même famille depuis 1857, la Bastide Vieille a fait l'objet d'une attention constante des générations successives. Les propriétaires actuels ont entrepris d'importants travaux de restauration en s'appuyant sur les métiers de l'art et avec le contrôle et le soutien de la Fondation du Patrimoine et de l'Architecte des Bâtiments de France. Calade, terrasse, bassin, dallages, salons

intérieurs ont déjà faits l'objet d'interventions délicates et respectueuses des savoir-faire anciens. Un double label (2011 et 2012) a été accordé à ces titres par la Fondation du Patrimoine, reconnue d'utilité publique pour son action en faveur du patrimoine rural non protégé.

TUNNEL FERROVIAIRE DU RAVIN DU PAS DE GOULE

Fort niveau d'intérêt patrimonial, génie civil. 19ème siècle.

Le plateau de Valcros-La Constance est bordé sur son versant sud par une ligne de chemin de fer. Celle-ci est traversée en tunnel à deux reprises laissant passer la route de Valcros et le Chemin des Aubépines. C'est ici que se situe le court et très étroit tunnel ferroviaire, porte d'entrée vers La Constance, qui a été remarqué comme bâti digne d'intérêt historique et architectural (selon les critères du Thésaurus Mérimée).

La section de ligne Rognac-Aix a été achevée en 1856. Le tunnel du Ravin a été réalisé à cette époque. Plus au nord, la section Aix-Meyrargues, partie de la ligne des Alpes, Marseille-Briançon, a été ouverte en janvier 1870. La liaison Marseille-Briançon elle-même a été achevée en 1884. C'est pour cette ligne qu'a été réalisé, à Aix-en-Provence, le Viaduc de l'Arc (long de 435 mètres), rendu célèbre pour figurer sur plusieurs tableaux de Paul Cézanne, dont certains peints depuis la partie sud du plateau de Valcros, depuis Bellevue ou Le Tubet (***Sainte-Victoire*** 1885 Courtauld Institute of art, Londres, ou ***Mont Sainte-Victoire au grand pin*** 1887, The Phillips collection, Washington, et ***La Montagne Sainte-Victoire***, Barnes Fondation, Philadelphie, ***L'Aqueduc***, 1887, Musée des Beaux Arts, Moscou).

« Construit au début des années 1870, le viaduc de chemin de fer, à droite de la composition (La Montagne Sainte-Victoire vue de Bellevue, Metropolitan Museum), avait frappé les esprits aixois par l'ampleur du chantier qu'il représentait. Plus encore que le symbole de la modernité triomphante, il peut être lu comme l'équivalent plastique des aqueducs romains de Nicolas Poussin. Mais par-dessus tout, il était là devant les yeux du peintre, contrastant par son horizontalité marquée avec la verticalité du tronc des arbres. Le réseau de routes ou de chemins, des voies de chemin de fer ou des cours d'eau, structurent toujours, de manière plus ou moins visible, les compositions cézaniennes.»

Bruno Ely.

A l'occasion de l'aménagement et de la réalisation du secteur de L'Ensoleillée,

la Ville d'Aix a posé comme un acte essentiel la préservation de cet important élément patrimonial du génie civil, contemporain des bouleversements provoqués par l'arrivée du chemin de fer à Aix, en 1856.

b) Les deux autres constructions et sites intéressants issus du 18ème

Bastide LA CONSTANCE

Niveau moyen d'intérêt patrimonial. 18ème siècle.
Rocaille, puits, pigeonnier, écuries, escalier, dépendance.

Propriété des bailleurs sociaux SACOGIVA/ERILIA, la Bastide de La Constance, de part sa position centrale, a donné sa belle dénomination à l'ensemble du plateau de Valcros et au projet d'aménagement envisagé en 1996. Le bâti du 18ème siècle a été renforcé au fil des décennies par des bâtiments agricoles qui sont aujourd'hui occupés par un centre équestre et ses écuries. La propriété possède notamment un puits couvert de tuiles vernissées de couleur noire, sans doute contemporain de la bastide elle-même.

Bastide VAL ROSE

Niveau moyen d'intérêt patrimonial. 18ème siècle.

Une petite bastide du 18ème siècle, sans doute au centre d'une ancienne propriété agricole, recomposée, remaniée mais conservée en excellent état, non loin du chemin de Valcros et de la ripisylve de La Thumine..

c) Deux maisons de la fin du 19ème

Maison LE TUBET (Bastide Dupérier)

Niveau moyen d'intérêt patrimonial. 19ème siècle. Oratoire, fontaine, bassin, cimetière, abri sous roche.

Le Tubet, ou Thubet, est une grande bâtisse construite à la fin du 19ème siècle, sans doute postérieurement au tracé de la voie de chemin de fer qui passe en

contrebas de l'éperon. Remaniée, elle est propriété de l'Archevêché d'Aix et Arles qui la confie, en 1940, à Soeur Magdeleine (Magdeleine Hutin), disciple de Charles de Foucauld, afin de fonder en métropole une communauté de la Fraternité des Soeurs de Jésus susceptible de venir en aide aux réfugiés et de former des religieuses avant leur départ pour le Sahara et le monde musulman. Après-guerre, avec le soutien de Mgr de Provenchères, la communauté du Tubet va se consacrer à l'accompagnement des ouvriers, des ruraux, des gitans de Camargue. Puis elle se met au service des églises d'Orient et des églises clandestines du Bloc de l'Est. Le bâtiment est au coeur même d'une communauté qui a essaimé à travers le monde.

Maison LOU DEVEN (Campagne Mon Repos)

Etat de ruine. 19ème siècle. Lavoir, poste de chasse, bassin, canal d'irrigation.

Cette maison de campagne a été construite à la fin du 19ème siècle par M. Désiré Bonnet, maçon de Marseille soucieux d'éloigner sa famille de l'épidémie de choléra sévissant dans la cité phocéenne en 1884.
M. Bonnet avait une fille, Marie.
Marie Bonnet a épousé Joseph Milon (1868-1947), avocat avant de devenir avoué et peintre (Joseph Milon est répertorié parmi *«les petits maîtres d'Aix-en-Provence»*, cf. Franck Baille, *A Aix, autour de Cézanne*, 1998).

Joseph Milon et Paul Cézanne, tous deux peintres et contemporains, ne s'appréciaient guère. Du fait de leur différence d'âge, il convient de préciser que Milon a commencé à peindre quand Cézanne arrivait au faite de son art. Cézanne ne s'est sans doute jamais rendu chez les Bonnet, dont la maison était d'ailleurs en cours de construction au moment même où Cézanne peignait à Bellevue ; contrairement à une rumeur colportée et à nombre d'approximations, Cézanne n'a donc jamais peint la bâtisse de *Mon Repos* ou fréquenté Joseph Milon qui, avec son épouse, n'est devenu propriétaire de la maison qu'en 1899.
Joseph Milon et Marie Bonnet auront 4 enfants : Claire, Rose, Marcel et Bruno.
C'est Marcel Milon qui hérite de cette propriété et son épouse lui donne un nouveau nom dans les années 1960 : *Lou Deven*, Le Défends.
Maurice Milon hérite à son tour de son père Marcel, mais la propriété est pour partie expropriée lors du percement de l'autoroute du Sud au début des années 70.
La maison de campagne perd de son attrait et se dégrade à quatre mètres à peine



LA CONSTANCE

VAL ROSE





LE TUBET



LOU DEVEN

de cet axe international majeur de circulation ! En 2010, son propriétaire souhaite la vente du reste de la propriété et trouve preneur. Cependant comme elle l'a fait antérieurement la Ville se porte acquéreur par exercice de son droit de préemption, dans le contexte de l'adoption antérieure de la ZAD de Valcros-La Constance.
Cette ancienne maison de campagne ne peut cependant se prévaloir de la terminologie de « bastide». Une bastide, selon la définition qui fait référence établie notamment par Nerte Fustier-Dautier dans *Bastides et jardins de Provence* (1995), est une vaste propriété de campagne construite au XVII ou XVIIIème siècle, elle comporte une entrée monumentale, un pigeonnier, une chapelle, une façade en pierre de taille, et ne peut avoir en façade de crépis à base de ciment. *Lou Deven* ne répond à aucun des critères d'une bastide historique. C'est une bâtisse, une maison de campagne ou une maison de maître qui servait de résidence d'été à la famille. Un couple de gardiens, Louis et Marie Biondi, y exerça sur place sa fonction une bonne partie du siècle dernier.
Lou Deven ne figure dans aucun des inventaires de référence des châteaux, bastides et bâtiments remarquables du Pays d'Aix recensés par René Borricand, François-Charles de Cormis, Nerthe Dautier. En revanche, le promontoire occupé par la propriété se révèle être l'un des plus symboliques points de vue du plateau, notamment pour son dégagement vers le sud et la Chaîne de l'Etoile.

Hors périmètre

Bastide d'ORCEL

Monument historique. 18ème siècle. Façades et toiture de la bastide, jardin en terrasse avec son mur orné de vases, portail d'entrée et sa fontaine, fontaine du vestibule à l'intérieur de la bastide, salle à manger avec son décor (cad.IV 118), inscription par arrêté du 21 déc. 1984.

Bastide LA DURANE

Niveau moyen d'intérêt patrimonial. 18ème siècle. Ferme.

Bastide MONTBRIAND

Niveau moyen d'intérêt patrimonial. 18ème - 19ème siècles. Rocaille, bassin, fabrique de jardin, fabrique en belvédère, fontaine, écuries.

Achetée par Maxime Conil et son épouse Rose Conil-Cézanne en 1884, quelques années après leur mariage, la Bastide de Montbriand est un authentique témoignage architectural des bastides du Pays d'Aix. Construite en 1715, elle possède une façade en arc de cercle et de belles ferroneries d'art. Masquée par un écran de pins, elle domine l'Arc et la voie ferrée. Paul Cézanne y a souvent été invité par sa soeur et aimait à se baigner non loin de là, au Gour de Martelly. A la mort de son père, Rose Cézanne va choisir d'acheter la propriété voisine, Bellevue, plus grande, plus dégagée et d'en faire son cher lieu de villégiature.

Bois et rocaille de L'ENSOLEILLÉE

Au coeur d'un massif boisé classé, se dresse une rocaille, sorte de concrétion typique du savoir-faire des maçons italiens de la fin du 19ème siècle, reproduisant des amas de rochers à partir de ciment. Construite sans doute, non loin de l'ancienne Bastide de L'Ensoleillée, pour servir d'abri de jardin et d'élément de décor, la rocaille pourrait avoir été source d'inspiration pour un tableau de Paul Cézanne : *La Femme étranglée*. Cependant cette hypothèse n'est confirmée par aucun des grands experts cézanniens. Mais compte tenu de cette éventualité et de l'environnement boisé du site, la Ville d'Aix a souhaité acheter la parcelle et la placer sous sauvegarde publique en créant un futur lieu de détente et de valorisation au coeur du nouveau quartier tertiaire à haute qualité environnementale de L'Ensoleillée, le long de la voie ferrée qui borde au sud le périmètre de La Constance.

Le Patrimoine disparu

Le plateau de Valcros, comme tous les secteurs de l'agglomération aixoise, a connu des remembrements de propriétés, des constructions nouvelles et des destructions d'anciens bâtis, souvent menaçant ruine. Certaines bastides ou maisons anciennes mentionnées sur les cadastres du début du 19ème siècle ont ainsi disparu.Les paysages du plateau ont eux-aussi évolué avec le temps, et au cours du siècle dernier comme auparavant. Des bosquets d'arbres sont apparus qui n'existaient pas du temps de Paul Cézanne, des routes ont été élargies, des propriétés ont été créées, des champs sont devenus garrigues.

Au cours des années 70, avec la proximité du Jas de Bouffan, la Ville d'Aix s'est intéressé aux espaces situés en bordure de l'autoroute. Elle a ainsi fait l'acquisition des propriétés Lescallet et Guien, mitoyennes de la propriété Milon

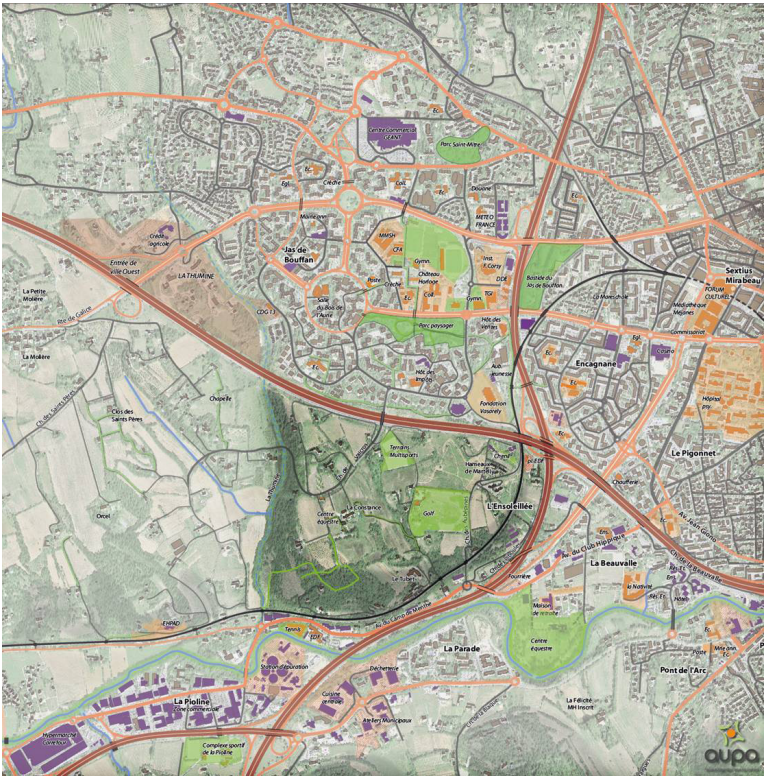
par usage de son droit de préemption.
Par la suite, sur Lescallet, une petite ferme et sur Guien, une grande ferme ancienne ont été démolies. Auparavant l'ancienne bastide de Barberoux avait été la victime du tracé d'intérêt national de l'autoroute A7.

En limite du périmètre, sur le secteur de *L'Ensoleillée*, une ancienne bastide délabrée, ayant autrefois abrité des activités réprouvées par la morale publique, a été démolie au cours des années 1990. Compte tenu de son caractère architectural, elle aurait sans doute mérité de survivre mais son état ne l'aurait que difficilement permis. Ce fut également le cas d'une autre grande maison dégradée par le temps, La Générale, située non loin de la bastide de La Constance.

Reste que fort heureusement les réels éléments patrimoniaux de valeur ont survécus aux vicissitudes des temps et que les vues les plus emblématiques des tableaux de Cézanne ont été préservées et le seront demain dans le cadre strict de l'urbanisation de La Constance, tel qu'il a été confié aux urbanistes et aux aménageurs par la Ville d'Aix.



Le pigeonnier de Bellevue, ici peint par Paul Cézanne, a été restauré à l'identique par les propriétaires actuels de l'ensemble de la bastide et de ses dépendances, symbole même du patrimoine remarquable et préservé du plateau de La Constance


Les de Bouffan
LA THUMINE
Encagnane
Le Pigonnet
L'Ensoleillée
La Beauvalle
La Parade
Pont de l'Arc
Sextius Mirabeau
Parc Saint-Mitre
Parc paysager
Golf
Tennis
Complexe sportif de la Pioline
Centre équestre
Terrain Multisports
Fondation Vasarely
Hôtel des impôts
Hôtel des Sports
Centre commercial Cézanne
Entrée de Ville Ouest
Cité des Saints Pères
Chapelle
Oxcel
Mairie de Proximité
Piscine
Cimetière
Commissariat
Hôpital
Forum Culturel
Aubanel
Aix-en-Provence
Marseille
Rocade L2
Rocade L3
Rocade L4
Voie de Liaison
Voie de Contournement
Voie de Desserte
Voie Ferrée
Voie Verte
Voie Cyclable
Voie Piétonne
Voie Privée
Voie Communale
Voie Départementale
Voie Nationale
Voie Autoroutière

Bibliographie et références

Ouvrages :

■ Franck Baille, *A Aix, autour de Cézanne*, 1998
■ Michel-Edouard Bellet, Marc Heller, *Plans de ville, Aix-en-Provence*, EHM, 2009
■ René Borricand, *Châteaux et bastides d'Aix-en-Provence et de ses environs*, EB, 1973
■ René Borricand, *Les châteaux et bastides du Pays d'Aix à la Belle-Epoque*, EB, 1986
■ Jean Boyer, *Architecture et urbanisme à Aix-en-Provence au 17è et 18è siècles*, Jean Boyer, Ed Ville d'Aix, 2004
■ Guy Cogeval, Marie-Paule Vial, Le Paysage en Provence, du classicisme à la modernité (1750-1920), Ed. Snoeck
■ Collectif, *Deux siècles d'Aix-en-Provence,* Académie d'Aix, 2008
■ sd. Philippe Conisbee et Denis Coutagne, *Cézanne en Provence*, RMN, 2006
■ Nerte Dautier, Noel Coulet, Yves Dautier, Raymond Jean, *Guide d'Aix-en-Provence et du Pays d'Aix,* La Manufacture, 1988
■ Nerte Fustier-Dautier, *Bastides et jardins de Provence*, Ed. Parenthèses, 2012
■ Georges Vindry, *40 ans de combats*, Protection des demeures anciennes et paysages aixois, 1994
■ John Rewald, Les Aquarelles de Cézanne, Ed. Arts et métiers graphiques, 1984
■ Société Paul Cézanne, sd. Pavel Machotka, *Cézanne, les sites provençaux*, Editions Crès, 2005

DVD vidéo :

■ Bénédicte Sire et Isabelle Dalmau, *Voyage avec Paul Cézanne*, Muséo films & Image Son et compagnie, 2006

Archives des familles Borricand, Sidi Saïd et Milon :

■ Actes notariés. Expertises des biens. Témoignages.

Autres :

■ sd. Didier Bonfort, *Paysages de Cézanne*, photo reportage, 2013

Etude Patrimoine - Foncier
SPLA Pays d'Aix Territoires

Document en consultation dans le cadre de la Concertation publique de création de la ZAC de La Duranne - Mai-Décembre 2013

Crédit photo : SEMEPA, Ville d'Aix, DR, Studio Ely, Mydrone

AIX EN PROVENCE
LA VILLE

PAYS d'AIX Territoires
Société Publique Locale d'Aménagement

ANNEXE N°10 : COURRIER DU SERVICE ARCHÉOLOGIQUE DE LA COMMUNE D'AIX-EN-PROVENCE

Ville d'Aix-en-Provence
Station Thermale et Climatique

Aix-en-Provence, le 18 décembre 2013

Monsieur ROUCOLE
SPLA

Direction Générale des Services Techniques
Direction Générale Adjointe des Services Techniques
Direction Adjointe des Services Techniques
Bâtiments et Grands Equipements
Direction Archéologie
Tel. : 04.42.91.89.55.
Fax : 04.42.91.92.84.
ninn@mairie-aixenprovence.fr

Réf. : 2013/567
Aff. suiv. par N.N.

SPLA
PAYS D'AIX TERRITOIRES
Reçu le
24 DEC. 2013
N° 2338

Objet : ZAC de la CONSTANCE : étude sur le potentiel archéologique et préconisations d'intervention

Vous avez récemment sollicité mon avis sur le potentiel archéologique des terrains concernés par le projet de création de la ZAC de la Constance.

Vous trouverez ci-joint une note assortie de deux plans sur le sujet, dans laquelle j'ai fait le point sur les découvertes faites alentour de l'emprise aujourd'hui pressentie et développé les problématiques attendues.

Compte tenu de la superficie des terrains concernés, près de 90 ha, ces problématiques sont diversifiées et les probabilités de découverte très élevées.

J'ai également proposé quelques pistes permettant d'anticiper le traitement de la donne archéologique, dans la perspective de l'instruction future du dossier par les services d'Etat (DRAC), l'objectif visant à profiter de la longue phase d'étude du projet, pour avoir la vision la plus précise possible sur les vestiges possiblement conservés en sous-sol.

Je reste à votre disposition pour tout complément d'information et vous prie de croire, Monsieur, à l'expression de mes meilleures salutations.

Núria NIN
Conservateur en chef du Patrimoine
Directeur

AIX-EN-PROVENCE

ZAC DE LA CONSTANCE

Note sur le potentiel archéologique et préconisations sur les modalités de gestion de la donne archéologique

1. Localisation du site

Située à l'ouest d'Aix-en-Provence, entre les autoroutes A8 et A51 et le chemin de Valcros, l'emprise de la future ZAC de la Constance occupe la partie orientale du plateau de Valcros qui surplombe et longe, au nord, la plaine de l'Arc.
La surface ondulée de ce replat est aujourd'hui entaillée par des vallons secs ou empruntés par des cours d'eau temporaires comme le ruisseau de la Thumine.

2. Les sources de l'étude

Comme le montre la carte fournie en figure 1, nous disposons de très peu d'informations directes pour renseigner l'occupation ancienne dans l'emprise des terrains concernés par la future ZAC, celle-ci n'ayant fait l'objet d'aucune opération archéologique. Les données connues les plus proches sont issues d'interventions réalisées sur le site de la Thumine, au nord-ouest, et, au sud-est, sur des terrains situés au Chemin des Piboules, à l'extrémité sud-est du quartier de l'Ensoleillée (parcelles HY 238 à HY 248), ainsi que dans le quartier de la Parade.

Afin de cerner au mieux l'épaisseur des dépôts non géologiques et leur nature, les données issues de ces trois opérations ont été complétées par les résultats recueillies lors d'une vingtaine d'interventions archéologiques réalisées plus en amont, à l'ouest de la ville antique et dans le quartier du Jas de Bouffan qui se trouve au sein d'un contexte morphologique similaire à celui de la zone d'étude (Sillano 1990 ; Voyez *et al.* 2004 ; Voyez, Bouttevin 2005 ; Voyez, Leal 2006 et 2007 ; Rouvière, Bonnet 2008, Belgodère, Bonnet 2009, Bonnet, Nin 2011).

Bien qu'ils témoignent d'une dense occupation, notamment au cours de la période gallo-romaine, nous n'avons pas pris en compte les sites ou indices de sites découverts au sud du fleuve Arc. On retiendra cependant pour mémoire les principaux ensembles qui y ont été mis au jour :

- pour le Néolithique : chemin de la Plaine des Dés
- pour l'age du Bronze : Les Bornes
- pour la période antique : La Parade, la Félicité, La Blaque, le domaine de la Grassie, Les Bornes, Pont-de-l'Arc
- pour la période médiévale, les rives de l'Arc où sont mentionnés plusieurs moulins

Les sites pris en compte pour la présente étude sont donc, depuis l'ouest vers l'est : la Petite Molière (découverte d'une inscription antique), la Thumine (vestiges de l'exploitation des sols antiques), le Parc de la Chapelle, le Parc de Galice, les 22, 22b et 1 route de Galice (occupations néolithique, protohistorique et antique), l'IEP (ancien couvent des Petites Soeurs des Pauvres : tesson néolithique), la Seds (fosse néolithique moyen), le 8 rue des Boeufs (vestiges néolithiques, protohistoriques et antiques), la ZAC Sextius Mirabeau (vestiges néolithiques, protohistoriques et antiques), la gare SNCF (résultats négatifs), les Hespérides du Roy René (drain indéterminé), le collège Mignet (vestiges néolithiques, protohistoriques et antiques), le 24 bd, Charrier (résultats négatifs), le 21 rue de la Poudrière (résultats négatifs), Montperrin (mention ancienne d'oboles de l'âge du fer), la rue Montmajour (fosse-silo du Néolithique moyen), le 245 avenue Gaston-Berger et le Chemin des Piboules (résultats négatifs). Soit au total une vingtaine d'opérations ou points de découverte.

3. Les données géomorphologiques et archéologiques

Les formations superficielles visibles à l'ouest d'Aix-en-Provence reposent sur une succession de bancs de poudingue et de strates calcaires et argileuses datant de l'Oligocène. Le sommet des collines et la partie haute de leurs versants, recouverts par des colluvions excédant rarement 1,50 m d'épaisseur, ont été entaillés par de nombreuses ravines qui ont été colmatées dans un second temps. Présentant généralement une forme en "V" et des dimensions très variées allant de moins d'un mètre à 7 m de large pour 0,30 à 1,5 m de profondeur, ces dépressions proviennent de la concentration des écoulements au sein d'un milieu vraisemblablement peu végétalisé et donc propice au ravinement (Boissinot 2002 ; Voyez, Bouttevin 2004 ; Rouvière, Bonnet 2008 ; Belgodère, Bonnet 2009 ; Bonnet, Nin 2011).
Les vallons et les pieds de pentes sont, quant à eux, nappés par une sédimentation au sein de laquelle s'imbriquent des lentilles colluvionnaires et des dépôts de cours d'eau (Boissinot 2002 ; Voyez *et al.* 2004 ; Voyez, Leal 2006 et 2007). Ces formations d'origine mixte peuvent atteindre plus de 10 m de profondeur comme cela a été démontré par les prospections géotechniques réalisées par la société Sol-essai en 1990 et 2011, dans le quartier de l'Ensoleillée.

La découverte, dans le quartier du Jas de Bouffan et à l'est de ce dernier, de nombreux tessons néolithiques et protohistoriques dans des couches plus récentes, témoigne d'une fréquentation des versants durant ces deux périodes, mais illustre également le remaniement et le démantèlement d'une partie au moins de cette occupation et des sédiments associés (Belgodère, Bonnet 2008) (fig. 2). Plusieurs sites ont toutefois livré des vestiges néolithiques en place, qu'il est encore difficile de caractériser : empierrement et fosses au 22 et 22b, route de Galice, empierrements structurés aux 1 route de Galice et au 8 rue des Boeufs, fosses sur le site de la Seds, au collège Mignet, rue Montmajour, site de taille sur l'îlot A de la ZAC Sextius Mirabeau. S'ils restent ténus pris individuellement, ces vestiges rendent malgré tout compte d'une zone d'occupation très large, cantonnée en bas de pente et, semble-t-il, à proximité de paléo-vallons, qui indique la présence de plusieurs communautés dont les sites d'occupation stricto sens restent à découvrir.
Il faut également citer, pour la Protohistoire, la présence d'une zone funéraire de l'âge du Bronze récent (sconde moitié du XIIIe s. av. J.-C. : îlot F de la ZAC Sextius Mirabeau-conservatoire de musique), bien identifiée qui oblige à restituer à ses abords, un habitat et, pour le premier âge du fer, plusieurs fosses à galets chauffés qui supposent également un ou des habitats de plaine (ZAC Ravanas, 8, rue des Boeufs). On a ainsi retrouvé sur la ZAC de Ravanas un matériel analogue à celui qui a été découvert dans des tombes à crémation du site de Bigaron, au sud de l'agglomération (armilles à décor incisé). Reste ici posée la question d'une occupation de ce terroir au cours du second âge du fer dont quelques indices commencent à sortir de terre ailleurs sur la commune (site de Bigaron sud).

Les niveaux antiques semblent, pour leur part, beaucoup moins érodés, comme le souligne le bon état de conservation des structures et des niveaux de sol de cette période (Voyez, Leal 2006 et 2007 ; Belgodère, Bonnet 2008). Les différents sites explorés au nord de la zone d'étude (la Thumine, Zac Ravanas, Parc de Galice, route de Galice) ont tous livré des vestiges se rapportant à la structuration et l'exploitation des sols : fossés, drains, traces de culture. La fouille préventive conduite sur la ZAC Ravanas, en 2005, a notamment mis au jour un chemin, ainsi que plusieurs parcelles aménagées en terrasses et sur lesquelles la viticulture a été pratiquée à grande échelle. Sur ce site, les fouilleurs ont relevé le remarquable état de conservation des traces agraires et les grandes dimensions des parcelles mises en culture, qu'il faut sans doute associer à des domaines agricoles importants ; on retrouve des vignobles tout aussi étendus plus au nord (quartier de la Bosque d'Antonelle) et à l'ouest (quartier de Subreville).
Datables du milieu du Ier s. à la fin du IIe s. apr. J.-C., ces vestiges revêtent ici non seulement beaucoup d'intérêt pour la connaissance des modes d'exploitation des terrains situés dans les environs de l'agglomération (en l'occurrence, un mode cultural privilégiant la plantation en tranchées continues, ce qui suppose une certaine standardisation des pratiques agricoles), mais ils permettent aussi d'aborder la question de la cadastration du territoire de la cité d'Aix, qui est très mal connue. Ont été mises en évidence, antérieurement (Soyer 1973), des traces parcellaires pouvant correspondre à deux centuriations, l'une orientée à NL 9,45° Ouest, soit selon une orientation assez similaire à celle de la ville antique (Chouquer 1993: 97) et l'autre à NL 3° Est. C'est à cette seconde orientation que semblent appartenir les vestiges mis au jour sur la ZAC Ravanas. On comprend dès lors tout l'intérêt de rechercher en d'autres points de la commune de telles traces parcellaires dont la connaissance repose encore presque exclusivement sur la photo-interprétation.
La proximité des terrains constituant l'emprise de la ZAC de la Constance avec l'agglomération d'Aix antique, offre ainsi l'opportunité d'aborder la question de la structuration de l'espace péri-urbain sur une ample superficie.

Les vestiges relatifs au Moyen Age sont très rares et généralement pas en place (tessons épars dans des couches), excepté aux abords de la ville. A partir de l'époque moderne, une importante couche de colluvions s'est développée dans les zones basses, rendant ainsi compte d'un important décapage des sols sur la partie haute des versants. On y lit régulièrement des traces de mise en culture.

La quartier du Jas de Bouffan, et par extrapolation le plateau de Valcros, ont globalement connu le même type de dynamiques hydrosédimentaires. Ce secteur a connu une succession de phases de colluvionnements entrecoupées de périodes de stabilité durant lesquelles se mettent en place des sols colluviaux, pauvres mais témoins de périodes d'accalmie des processus érosifs. Cette cinématique binaire de l'évolution du paysage peut être complexifiée dans le fond des vallons avec l'apparition de divers dépôts alluviaux.

4. Préconisations en matière d'intervention archéologique

La superficie de la zone concernée par le projet de création de la ZAC de la Constance, près de 90 ha, et sa localisation en site de plaine constituent deux facteurs favorables à la présence de vestiges archéologiques.
Les données recueillies tant aux abords de la zone d'étude qu'en d'autres points de la commune, offrant des conditions géographiques et géomorphologiques analogues, laissent d'autre part très ouverte la question de la diversité du potentiel archéologique.
Celui-ci peut en effet recouvrir une large période comprise entre le Néolithique et l'Antiquité tout particulièrement. La question de l'archéologie doit donc être prise en compte sur la totalité du projet.

A cette étape de l'instruction du dossier (phase de création de ZAC), et sans études de sols disponibles, il est impossible de préciser la nature de ce potentiel.
Toutefois, les modalités d'occupation actuelles des terrains et la part que recouvre le foncier appartenant à la ville d'Aix-en-Provence (environ 20 ha), permettent d'envisager très rapidement plusieurs types d'intervention sur les terrains d''ores et déjà accessibles :

- la prospection terrestre et aérienne ;
- la mise en œuvre d'une campagne de diagnostic, dans le cadre d'une procédure d'autosaisine
- le cas échéant, une prospection géo-physique. Celle-ci risque cependant d'avoir peu d'effet en fonction de l'épaisseur des dépôts sédimentaires.

4.1. La prospection terrestre et/ou aérienne

Non intrusive, la prospection terrestre peut permettre la détection de sites archéologique à partir des artefacts (fragments de céramiques ou d'éléments de construction) visibles à la surface des terrains. Cependant, pour être véritablement efficace, elle nécessite normalement d'être réalisée sur des terres fraîchement labourées.
Sa réalisation est possible à tout moment et sans impact financier puisqu'elle requiert simplement la mobilisation de quelques agents pour arpenter le terrain selon un quadrillage régulier, à partir duquel sont pointés et quantifiés les artefacts anciens présents sur site. Les résultats fournis par la prospection pédestre constituent toutefois de simples indices de site. Ils ne permettent pas toujours d'en caractériser la nature, l'état de conservation, ni le niveau d'enfouissement. Ils ne révèlent par ailleurs que la présence de sites livrant un mobilier significatif. Une campagne de prospection terrestre ne peut donc se substituer à une campagne de diagnostic ultérieure. Elle constitue seulement une étape intermédiaire dans l'amélioration des connaissances.

Plus coûteuse puisqu'elle nécessite la location d'un avion et de son pilote, la prospection aérienne est également envisageable, mais ses résultats pourraient être contrariés en raison de l'absence de mise en culture. Sa réalisation est, en effet, en général tributaire des types de cultures réalisées et de la période de leur maturation qui est la plus susceptible d'être révélatrice d'éléments enfouis (murs, fossés etc...).

4.2. Le diagnostic

Relevant du dispositif d'archéologie préventive, le diagnostic apparaît comme une méthode efficace, permettant :

1. la détection des vestiges
2. l'appréciation de leur nature, de leur état de conservation et leur niveau d'enfouissement

La mise en œuvre d'une campagne de diagnostic peut être diligentée à tout moment par le propriétaire des terrains ou par la personne intéressée par leur aménagement futur. Elle nécessite simplement une demande préalable (autosaisine) auprès du Service Régional de l'Archéologie de PACA. Les résultats qui en sont issus,

permettent de savoir immédiatement si les terrains peuvent être libérés de toute hypothèque archéologique ou s'il doivent faire l'objet d'une fouille ultérieure.

La procédure d'autosaisine constitue, dans le cas présent, la meilleure façon de traiter la question archéologique. Elle donne toute liberté dans la gestion des délais et des conditions d'intervention, puisqu'elle peut être mise en œuvre à la demande, selon la disponibilité des terrains et les calendriers envisagés. Elle peut être couplée avec les études de sols motivées par les projets à venir.
Ses résultats peuvent d'autre part infléchir les modalités de sa réalisation.

En cas de découverte de sites justifiant la mise en œuvre d'une fouille préventive, elle peut permettre d'aborder la question de la fouille selon des angles différents, en fonction des délais : fouille préventive ou fouille programmée.

Enfin, outre les questions de maîtrise des délais, elle permet aussi, en cas de découverte de sites archéologiques justifiant une fouille, la prise en compte du coût des fouilles dans le budget général de l'opération.

Le 18 décembre 2013

Stéphane Bonnet et Núria Nin
Direction Archéologie de la ville d'Aix-en-Provence

Sources documentaires

Auburtin dir. 2008 : Auburtin (C.), 8, rue des Boeufs, rapport de fouille préventive. Aix-en-Provence, M.A.A., 2008,.

Belgodère, Bonnet 2009 : J. Belgodère, S. Bonnet, *La Grande Thumine*, Rapport final d'opération-diagnostic, Mission Archéologie (archives S.R.A. P.A.C.A et M. A. Aix).,25 p.

Boissinot 2002 : Boissinot (Ph.), 22b route de Galice. Rapport de diagnostic, Aix-en-Provence, INRAP, 2002.

Bonnet, Nin 2011 : S. Bonnet, N. Nin, *L'ensoleillée, Chemin des Piboules*, Rapport final d'opération-diagnostic, Direction Archéologie (archives S.R.A. P.A.C.A et D. A. Aix), 24 p.

Chouquer 1993 : Chouquer (G.), Répertoire topo-bibliographique des centuriations de Narbonnaise. Revue Archéologique de Narbonnaise, 26, 1993, 87-98.

Hasler 2008 : Hasler (A.), Les niveaux néolithiques de l'îlot A, ZAC Sextius Mirabeau. Rapport de fouille préventive. Aix-en-Provencce, 2008.

Nin dir. 2004 : Nin (N.) dir. *Aix-en-Provence, La Seds. Campagne de fouille, 15 août 2004-20 décembre 2004 (archives S.R.A. P.A.C.A et D. A. Aix), 6 vol.*

Nin 2006 : NIN (N.), Pré-inventaire de la commune d'Aix-en-Provence. *In* : Mocci (F.), Nin (N.), Carte archéologique d'Aix , du Pays d'Aix et du Val de Durance. CAG 13/4. Paris, Académie des Belles Lettres, 2006, p. 169-493.

Rouvière, Bonnet 2008 : C. Rouvière, S. Bonnet, *ZAC Ravanas, 2ème Tranche, Aix-en-Provence (Bouches-du-Rhône)*, Rapport final d'opération-diagnostic, Mission Archéologie (archives S.R.A. P.A.C.A et M. A. Aix).,30 p.

Sillano 1990 : B. Sillano, *Parc de Galice*, Rapport d'expertise archéologique, ville d'Aix-en-Provence, (archives S.R.A. P.A.C.A et M. A. Aix), 9 p.

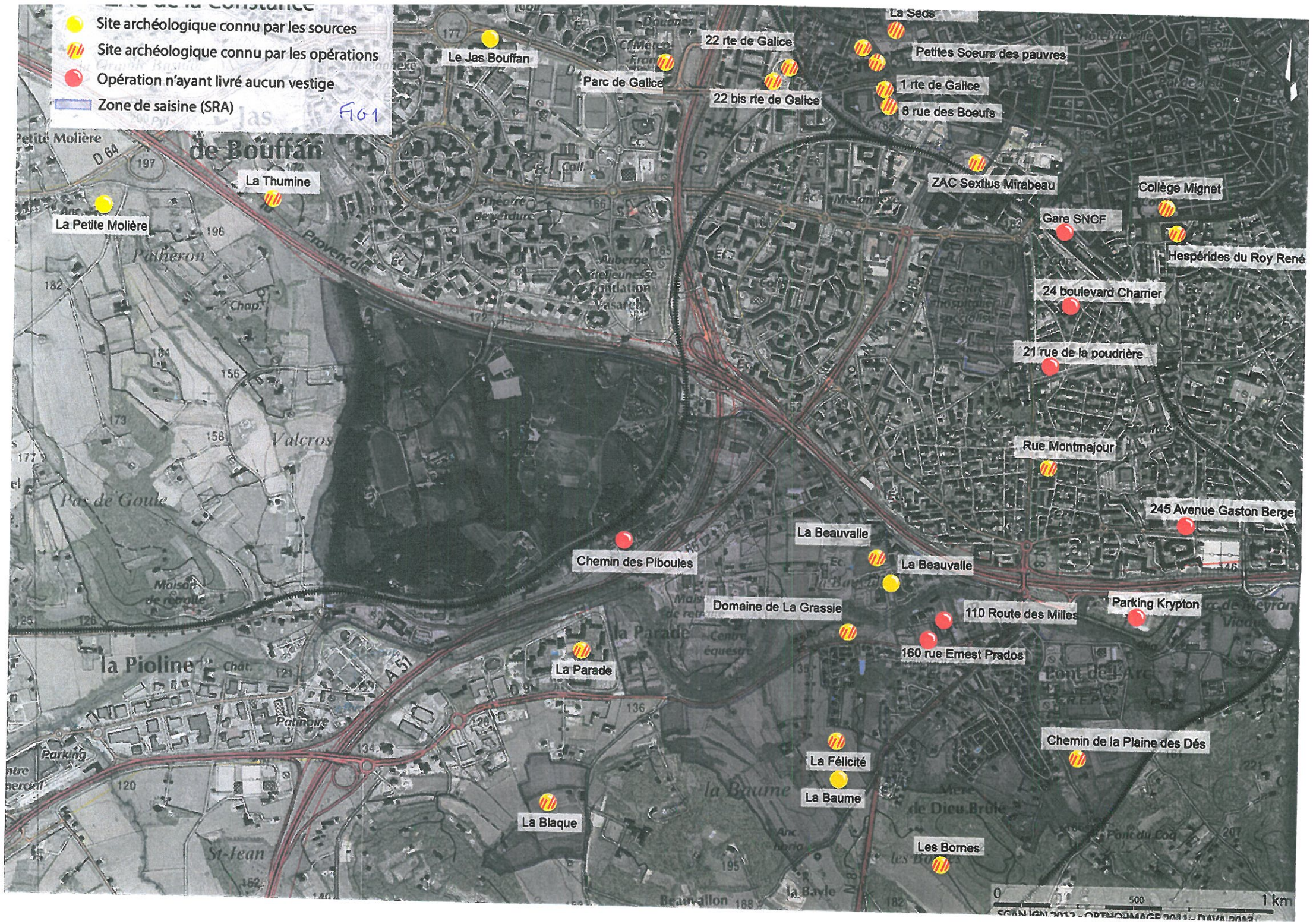
Soyer 1973 : Soyer (J.), Les centuriations de Provence. Revue Archéologique de Narbonnaise, 6,n 1973, p. 198-232.

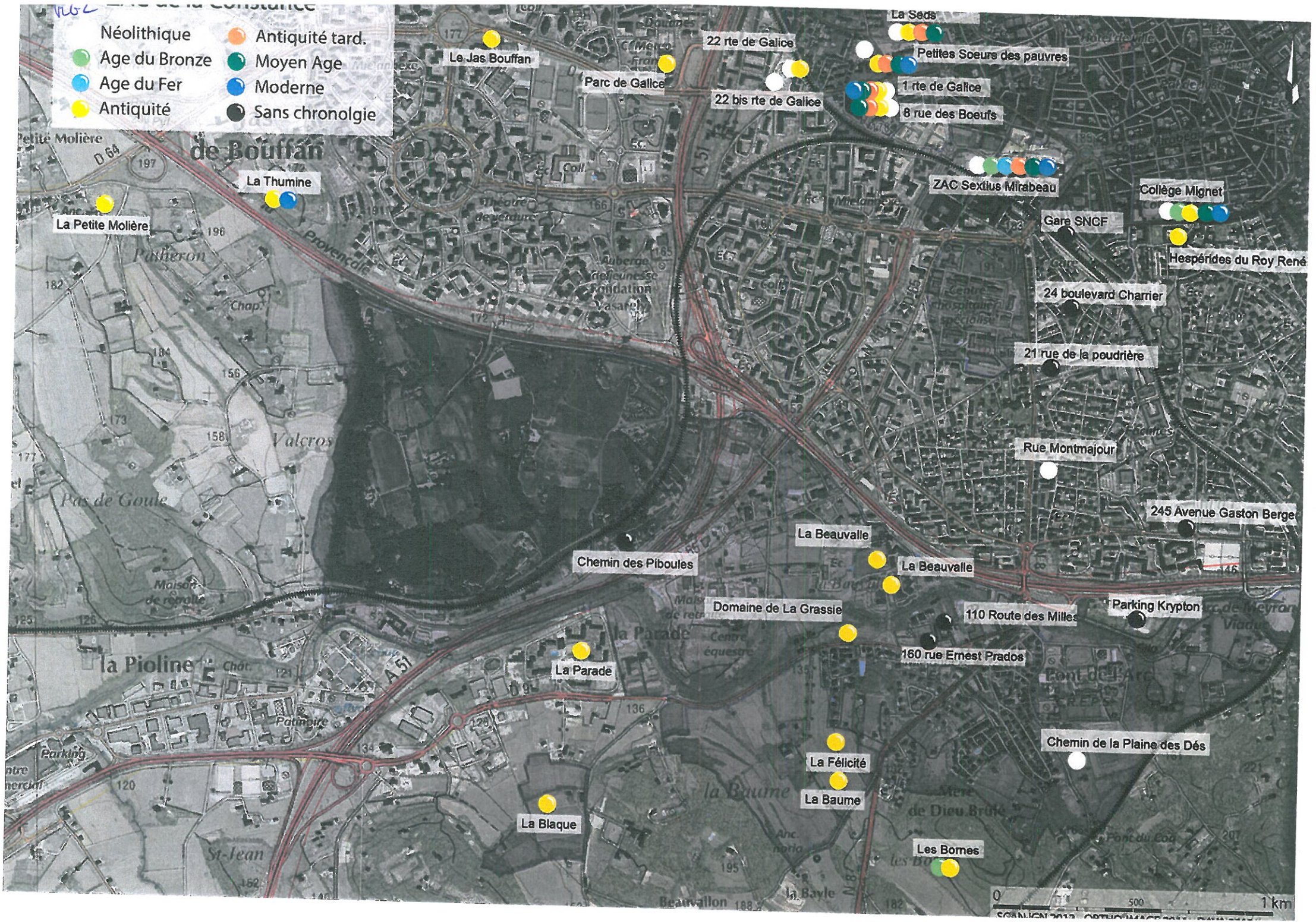
Voyez et al. 2004 : Ch. Voyez, E. Léal, L. Duval, *ZAC de Ravanas*, Rapport final d'opération-diagnostic, INRAP, (archives S.R.A. P.A.C.A et M. A. Aix), 57 p.

Voyez, Bouttevin 2005 : Ch. Voyez, C. Bouttevin, *Parc de la chapelle - Lot 7*, Rapport final d'opération-diagnostic, INRAP, (archives S.R.A. P.A.C.A et M. A. Aix), 13 p.

Voyez, Léal 2006 : Ch. Voyez, E. Léal, *115 avenue de Brédasque*, Rapport final d'opération-diagnostic, INRAP, (archives S.R.A. P.A.C.A et M. A. Aix), 19 p.

Voyez, Léal 2007 : Ch. Voyez, E. Léal, *Avenue Jean-Monnet, quartier Jas de Bouffan*, Rapport final d'opération-fouille, INRAP, (archives S.R.A. P.A.C.A et M. A. Aix), 125 p.


Site archéologique connu par les sources
Site archéologique connu par les opérations
Opération n'ayant livré aucun vestige
Zone de saisine (SRA)
Fig 1
Le Jas Bouffan
Parc de Galice
22 rte de Galice
22 bis rte de Galice
La Seds
Petites Soeurs des pauvres
1 rte de Galice
8 rue des Boeufs
ZAC Sextius Mirabeau
Collège Mignet
Gare SNCF
Hespérides du Roy René
24 boulevard Charrier
21 rue de la poudrière
Rue Montmajour
245 Avenue Gaston Berger
La Thumine
La Petite Molière
Chemin des Piboules
La Beauvalle
La Beauvalle
Domaine de La Grassie
110 Route des Milles
Parking Krypton
160 rue Ernest Prados
La Parade
Chemin de la Plaine des Dés
La Félicité
La Baume
La Blaque
Les Bornes
0
500
1 km


Néolithique
Age du Bronze
Age du Fer
Antiquité
Antiquité tard.
Moyen Age
Moderne
Sans chronolgie
Le Jas Bouffan
Parc de Galice
22 rte de Galice
22 bis rte de Galice
La Seds
Petites Soeurs des pauvres
1 rte de Galice
8 rue des Boeufs
ZAC Sextius Mirabeau
Collège Mignet
Gare SNCF
Hespérides du Roy René
24 boulevard Charrier
21 rue de la poudrière
Rue Montmajour
245 Avenue Gaston Berger
La Thumine
La Petite Molière
Chemin des Piboules
La Beauvalle
La Beauvalle
Domaine de La Grassie
110 Route des Milles
Parking Krypton
160 rue Ernest Prados
La Parade
La Félicité
La Baume
Chemin de la Plaine des Dés
La Blaque
Les Bornes
0
500
1 km