

Document public



AIGRETTE

Synthèse des résultats et plan d'actions à l'échelle du territoire du SAN OUEST Provence

BRGM/RP-57415-FR
juin 2009



Document public



AIGRETTE

Synthèse des résultats et plan d'actions à l'échelle du territoire du SAN OUEST Provence

Rapport final,

BRGM/RP-57415-FR
juin 2009

F. Blanchard, D. Hube, D. Salquebre, D. Allier,
A.S. Saffre, J.L. Lambeaux, V. Raymond



Vérificateur :
Nom : F. COTTARD
Date : 18/06/2009
Signature :

Approbateur :
Nom : H. GABORIAU
Date : 23/06/09
Signature :

En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique, l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.



Mots clés : Gestion environnementale, Sols, Sédiments, Air, Eau, Pollutions, SAN Ouest Provence, SIG, Risques, Faune, Flore.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Blanchard F., Hube D., Salquebre D., Allier D., Saffre A.S., Lambeaux J.L., Raymond V. (2009) - AIGRETTE. Synthèse des résultats et plan d'actions à l'échelle du territoire du SAN OUEST Provence. Rapport final. BRGM/RP-57415-FR. 91 p., 15 fig., 1 tabl.

Sommaire

1. Contexte et objectifs du projet	9
2. Le diagnostic des données existantes	11
3. Le compartiment sol, interactions, résultats, actions et recommandations	13
3.1. CONTEXTE	13
3.2. INVESTIGATIONS RÉALISÉES.....	15
3.3. RÉSULTATS.....	17
3.3.1. L'absence de contamination généralisée des sols de surface à l'échelle du territoire du SAN Ouest Provence	19
3.3.2. La présence de zones anomaliques circonscrites et de faible extension	19
3.3.3. L'absence d'indices de contamination à grande échelle du milieu souterrain par des hydrocarbures.....	22
3.4. RECOMMANDATIONS ET PLAN D' ACTIONS SOLS.....	23
4. Le compartiment air, interactions, résultats, actions et recommandations	27
4.1. CONTEXTE	27
4.2. CARACTÉRISTIQUES DU TERRITOIRE AU NIVEAU DU COMPARTIMENT « AIR ».....	27
4.2.1. Un territoire pluriel et complexe au niveau des sources émettant à l'atmosphère	27
4.2.2. Des conditions atmosphériques favorables à la dispersion.....	28
4.3. INVESTIGATIONS FAITES SUR LE TERRAIN	29
4.4. RÉSULTATS.....	31
5. Le compartiment eau, interactions, résultats, actions et recommandations	37
5.1. CONTEXTE	37
5.2. RÉSULTATS DES INVESTIGATIONS	38
5.3. IDENTIFICATION DES SECTEURS À ENJEUX ET PISTES D' ACTIONS	42

6. Le compartiment faune flore, interactions, résultats, actions et recommandations	49
6.1. CONTEXTE ET MÉTHODOLOGIE « VOLET FAUNE, FLORE »	49
6.1.1. Rappels du contexte et démarche globale	49
6.1.2. Éléments méthodologiques pour la réalisation de « l'état initial écologique »	49
6.2. SYNTHÈSE DES RÉSULTATS « VOLET FAUNE, FLORE »	52
6.3. PLAN D' ACTIONS « FAUNE – FLORE »	58
6.3.1. Poursuite du suivi écologique	58
6.3.2. Collecte des données	59
6.3.3. Fréquence et durée globale du suivi	60
7. Outils d'aide à la décision, via un Système d'Information Géographique	61
7.1. INTRODUCTION	61
7.2. BASE DE DONNÉES DE L'OUTIL D'AIDE À LA DÉCISION	62
7.2.1. PHASE 1 : Données « historiques »	62
7.2.2. PHASES 2, 3, 4 et 5 : Acquisition des données	62
7.2.3. Structure de la base de données	63
7.2.4. Gestion des métadonnées	64
7.3. LE SYSTÈME D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE DANS LE PROCESSUS DÉCISIONNEL	66
7.3.1. Objectifs de l'outil	66
7.3.2. Interface de l'outil de gestion des données	68
7.3.3. Mise à jour de l'outil et potentialités futures	69
8. Conclusions	71

Liste des illustrations

Figure 1 : Interactions entre compartiments de l'environnement ; schéma de principe	14
Figure 2 : Localisation des points de suivi ainsi que les substances suivies lors des deux campagnes du projet AIGRETTE.	30
Figure 3 : Qualité des eaux souterraines – principales problématiques.	40
Figure 4 : Qualité des eaux de surface – principales problématiques.	41
Figure 5 : Localisation des placettes écologiques de référence.	50
Figure 6 : Repérage sur photo-aérienne des placettes écologiques de référence	51

Figure 7 : Aperçu de l'outil d'aide à la décision AIGRETTE	61
Figure 8 : Aperçu de la base de données AIGRETTE.....	62
Figure 9 : Structure de la base de données géographique	63
Figure 10 : Accès aux métadonnées sous ArcCatalog.....	64
Figure 11 : Accès aux métadonnées via des pages en .html	65
Figure 12 : Éditeur de métadonnées	66
Figure 13 : Carte des teneurs mesurées sur les sols sur Fos-sur-Mer, en HAP, hydrocarbures et dioxine.	67
Figure 14 : Outil de communication	68
Figure 15 : Interface de l'outil d'aide à la décision AIGRETTE.....	69
Tableau 1 : Récapitulatif des enjeux pour la qualité des eaux et les pistes d'actions proposées	48
Annexes	75

1. Contexte et objectifs du projet

L'objectif principal du projet **AIGRETTE** (ou « Approche Intégrée de la **G**estion des **R**isques **E**nvironnementaux à l'échelle d'un **T**erri**T**oir**E** ») est l'élaboration et la mise en œuvre d'une approche expérimentale innovante sur l'évaluation environnementale d'un territoire. Cette approche s'appuie sur la méthodologie d'un outil d'aide à la décision pour un plan d'actions concertées avec les différents acteurs (collectivités, entreprises, services de l'État, associations...), intégrant la prise en compte d'un **état « zéro » des pollutions et de l'environnement** et permettant un suivi et la mise en place de mesures de gestion sur le moyen et le long terme.

Pour mener à bien ce projet avec le SAN Ouest Provence, le BRGM participe à son financement et pilote un groupement de partenaires scientifiques dont les membres ont des compétences complémentaires aux siennes. Ces partenaires sont :

- **ARIA Technologies** pour l'air et la pollution atmosphérique ;
- **ECO-MED** pour les milieux naturels ;
- et la **SAEM 13 Développement** pour les aspects sols et communication.

Si aujourd'hui, la politique nationale sur les sites et sols pollués requiert l'application d'un certain nombre d'outils d'évaluation et de gestion des risques environnementaux à l'échelle des sites industriels, il apparaît nécessaire dans de nombreux cas de changer d'échelle et de travailler au niveau de régions ou de bassins versants.

Une approche macroscopique régionale en matière de pollutions et de risques environnementaux est en effet rendue de plus en plus nécessaire pour répondre aux besoins des acteurs locaux comme des responsables des politiques nationales. Elle a donc comme principal avantage d'offrir la possibilité d'identifier rapidement **les sites à risques et/ou enjeux**, à l'intérieur de la région définie, et de hiérarchiser et planifier les actions de gestion qui peuvent être proposées et mises en œuvre aujourd'hui comme dans le futur grâce à l'actualisation du Système d'Information Géographique (SIG) et des modules associés.

Le développement de cette approche implique de disposer de la meilleure connaissance possible :

- des différents compartiments de l'environnement du territoire Ouest Provence (compartiment environnementaux air, eaux souterraines/superficielles, sols, faune et flore) ;
- des activités actuelles et passées polluantes ou susceptibles de l'être ;
- des usages actuels ou envisagés des différents milieux ;
- des pollutions ou contaminations actuelles de ces milieux (de façon qualitative et quantitative), en partant de la définition d'un état « zéro » des pollutions et de l'environnement sur leur territoire.

Le projet AIGRETTE est novateur en ce sens qu'il donne, dans le cadre d'une action totalement volontaire, une image la plus complète et la plus exhaustive possible de la qualité des milieux à l'échelle du territoire Ouest Provence au moment de l'étude. En effet, la connaissance environnementale (caractéristiques, usages et interactions des différents compartiments de l'environnement -air, eaux et sols-) du territoire Ouest Provence a été pour la première fois compilée puis géo-référencée à l'aide d'un SIG. L'objectif du projet AIGRETTE est *in fine* de doter le SAN Ouest Provence d'un plan d'actions concertées actualisable, en vue de suivre et gérer les impacts et les risques chroniques éventuels sur l'environnement du territoire.

L'intégration des différentes phases d'investigations dans un programme cohérent répondant à plusieurs axes de recherche (évaluation, gestion et communication sur les risques régionaux liés aux pollutions au moyen d'un outil d'aide à la décision fiable, acquisition de données multi-milieux mettant en œuvre des techniques nouvelles), constitue la principale innovation de ce projet.

Les résultats complets du projet ont fait l'objet de rapports thématiques (sols, air, eau et faune flore) dont les références sont les suivantes :

- BRGM/RP-55568-FR : « Diagnostic préalable du territoire du SAN OUEST PROVENCE. Phase 1 du projet AIGRETTE » ;
- BRGM/RP-56329-FR : « Aigrette Phase 2 – Investigations et résultats relatifs à la qualité des sols de surface au droit du territoire du SAN OUEST PROVENCE » ;
- BRGM/RP-57277-FR : « Aigrette Phase 3 – Investigations et résultats relatifs à la qualité de l'air sur le territoire du SAN OUEST PROVENCE » ;
- BRGM/RP-57278-FR : « Aigrette Phase 4 – Investigations et résultats relatifs à la qualité des eaux sur le territoire du SAN OUEST PROVENCE » ;
- BRGM/RP-57276-FR : « Aigrette Phase 5 – Investigations sur la faune et la flore sur le territoire du SAN OUEST PROVENCE ».

2. Le diagnostic des données existantes

La **première phase du projet** correspond au « diagnostic préliminaire ». Il s'agit de recenser, trier, valider et organiser toute l'information à caractère environnemental actuellement disponible sur le territoire Ouest Provence, en utilisant un système de gestion de données.

Le premier constat qui s'est imposé à l'issue de cette phase est que de très nombreuses études environnementales ont été réalisées (plus d'une centaine a été recensée) et ce, par de multiples organismes en charge à titre privé ou institutionnel, de la gestion ou surveillance environnementale de certaines parties du territoire ou de certains compartiments de son environnement (air, eaux, sédiments, sols).

Ce diagnostic a souligné l'hétérogénéité des données ou informations issues de ces études (par exemple, rareté de données quantifiées et précises ou au contraire données précises mais très ponctuelles et portant sur un secteur réduit). Ce constat traduit toute la difficulté rencontrée pour rendre exploitables les informations collectées à une échelle d'investigation régionale.

Enfin, il est apparu que si beaucoup de ces études se révèlent être de qualité, elles abordent les différents compartiments de l'environnement (air, sols, eaux et sédiments, faune et flore) de façon cloisonnée et sans lien apparent, contribuant ainsi à la fragmentation et à l'hétérogénéité de l'information. Ce constat confirme le bien fondé d'une approche intégrée prenant en compte les diverses interactions entre les milieux.

L'approche multidisciplinaire et globale mise en œuvre dans le projet AIGRETTE, a permis à l'issue de cette première phase :

- **de mettre en cohérence l'ensemble des données disponibles** correspondant aux différents compartiments (ou milieux) de l'environnement (eaux, air, sols, faune et flore) du territoire du SAN Ouest Provence ;
- **de valider** un certain nombre de ces données **afin de les rendre exploitables**, à partir de notre avis d'expert portant sur l'existence ou non de critères de qualité de l'information recueillie tels qu'homogénéité, géoréférencement, unité d'analyse correcte, cohérence avec d'autres données, normes et référentiels ;
- de comprendre et, la plupart du temps de confirmer **le fonctionnement des grands systèmes** en relation avec les différents compartiments environnementaux du territoire, et à titre d'exemple nous citerons la compréhension dans le détail :
 - du système hydrogéologique (caractéristiques hydrauliques, écoulements) du territoire, composé de la nappe de la Crau et de ses relations avec le biseau salé proche du littoral en basse Crau d'une part (« laurons ») et, des aquifères localisés appartenant au bassin versant de la Touloubre d'autre part,

- du bassin hydrographique « déversant » de la plaine de la Crau malgré la complexité des systèmes de canaux d'irrigation et d'assainissement qui le composent ainsi que du bassin versant plus simple de la Touloubre,
- du bassin aéraulique (météorologique) existant en fonction des saisons prévalant sur le territoire ;
- **de définir des enjeux** en termes d'objectifs à atteindre pour la gestion du territoire en fonction de l'utilisation des milieux (milieux ou ressources à protéger, protection sanitaire, futurs projets de développement) ;
- de restituer les résultats sous forme cartographique à partir du traitement et du croisement à l'aide du SIG des informations spatiales et thématiques ;
- de réaliser les premières **synthèses cartographiques** concernant les données connues sur **les milieux naturels** comme par exemple la carte des écorégions du SAN, la carte du cumul des périmètres à statut ou la carte des dix sous-ensembles spatiaux des milieux naturels du territoire ;
- **d'identifier les lacunes et données manquantes** en relation avec chaque milieu en vue de réaliser au terme du projet un point zéro complet de la situation environnementale du territoire ;
- de proposer pour chaque milieu, **un programme nécessaire pour l'acquisition de données nouvelles** et qui sera réalisé dans les phases suivantes du projet.

Les résultats de la phase 1 ont fait l'objet du rapport BRGM n° RP-55568-FR de juin 2007.

Les phases suivantes correspondent à la définition et la réalisation d'un programme d'acquisition de données complémentaires ou manquantes sur les sols de surface et les autres compartiments de l'environnement (air/eaux de surface, souterraines et marines/faune, la flore et les habitats), à l'interprétation des résultats en termes d'impacts et de risques à partir de laquelle a été élaboré le plan de recommandations et d'actions.

3. Le compartiment sol, interactions, résultats, actions et recommandations

3.1. CONTEXTE

Les investigations et échantillonnages concernant les sols s'appliquent à un vaste territoire de 350 km², de surcroît très hétérogène en ce qui concerne l'habitat, les milieux naturels et le tissu industriel. Les investigations réalisées donnent des informations ponctuelles et discontinues sur la qualité des sols de surface. Des choix se sont donc imposés en ce qui concerne le nombre et la localisation des investigations.

En effet les sols constituent un milieu complexe, dynamique, voire vivant, à l'interface de plusieurs compartiments de l'environnement : les sols se situent notamment entre l'hydrosphère (eau atmosphérique, eaux de surface) et les eaux souterraines, entre la lithosphère (substratum rocheux) et la biosphère. Les sols renferment de l'air du sol en relation plus au moins étroite avec l'air atmosphérique. Les sols peuvent par leur érosion (par les vents et/ou le ruissellement, par l'altération chimique), alimenter la sédimentation dans les eaux superficielles, voire les eaux marines. Enfin, eu égard aux pollutions, les sols peuvent :

- constituer un milieu dit « tampon », freinant la migration et/ou atténuant des pollutions issues de la surface (déversement de produits, infiltration d'eau polluée, etc.) ; **les sols peuvent être des milieux de protection pour les eaux souterraines si ils sont très peu perméables** ;
- constituer un milieu qui, par sa porosité, est susceptible de piéger et de stocker d'importantes quantités de polluants pouvant ensuite être émis vers l'air, les eaux, les végétaux, etc. **Les sols peuvent donc renfermer des sources de pollutions** ;
- constituer des milieux avec lesquels des usagers fréquentant les sols peuvent entrer en contact avec des polluants ; les sols de surface peuvent **constituer des milieux dits « d'exposition »**, notamment dans le cas de scénarios résidentiels pour lequel le porté main-bouche des jeunes enfants peut se traduire par une ingestion accidentelle de particules.

Les relations entre le milieu sol, les polluants qu'il renferme et les autres compartiments de l'environnement sont illustrées par la figure suivante.

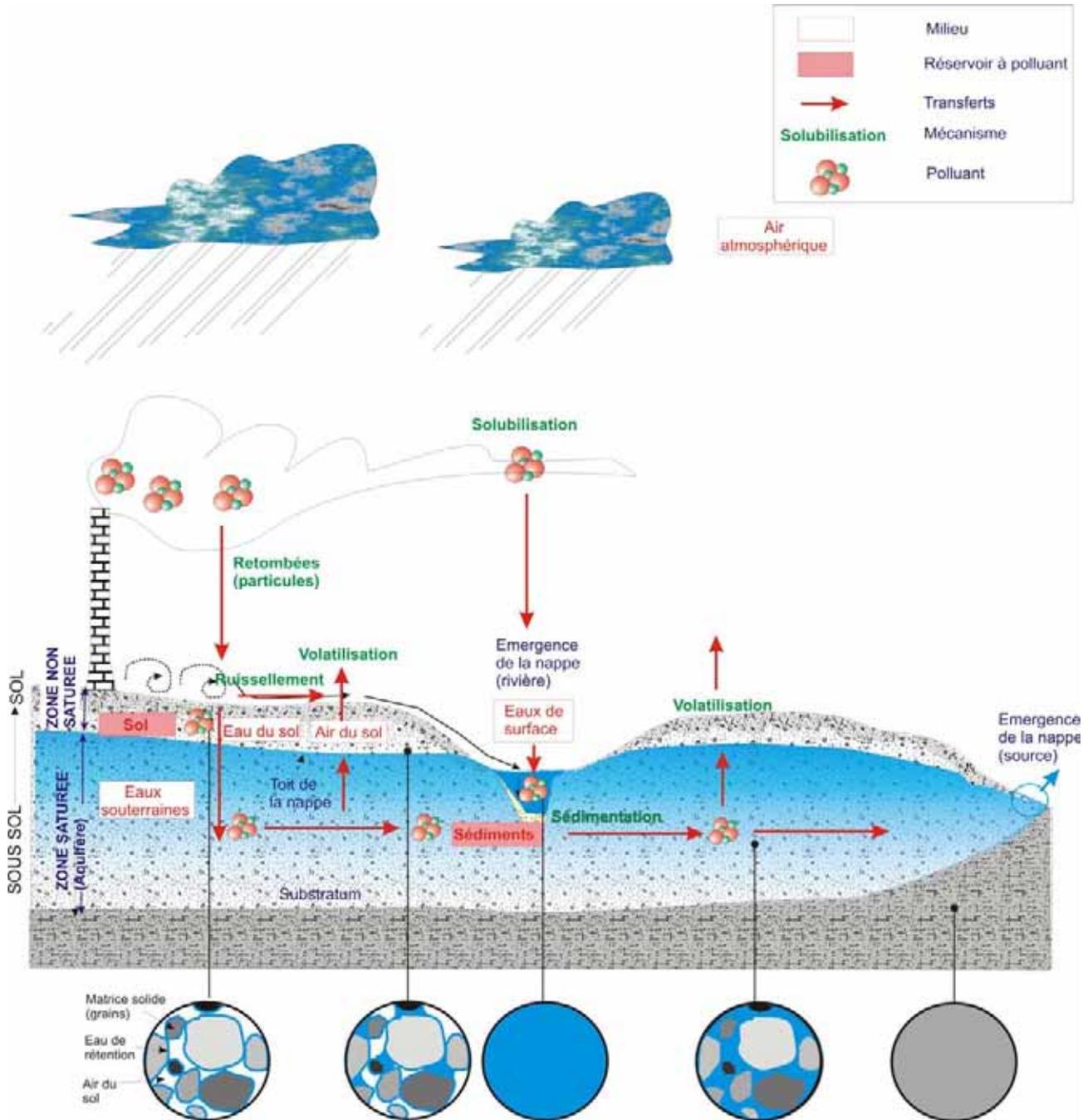


Figure 1 : Interactions entre compartiments de l'environnement ; schéma de principe.

3.2. INVESTIGATIONS RÉALISÉES

Les données recueillies à l'issue de la phase documentaire avaient mis en évidence les faits suivants :

- les principaux paramètres connus étaient les métaux et métalloïdes : Arsenic, Cadmium, Chrome, Cuivre, Cobalt, Fer, Manganèse, Nickel, Plomb, Mercure, Zinc, etc. ;
- la gamme de composés organiques connue était standard mais inévitablement restreinte¹ au regard de la diversité des productions et activités industrielles au droit du territoire Ouest Provence : sidérurgie, métallurgie, raffinage, transports et stockage d'hydrocarbures pétroliers, chimie de synthèse, etc. Seuls les hydrocarbures totaux (HCT), les HAP² et en moindre mesure les BTEX³ et l'indice phénol⁴ avaient été recherchés (de façon non systématique). Certaines substances « exotiques⁵ » étant recherchées ponctuellement (site AREVA à Istres/Miramas) ;
- les données disponibles étaient très hétérogènes en ce qui concerne la distribution des points de prélèvements au niveau des différentes activités polluantes ou potentiellement polluantes. Les données concernaient certaines ICPE essentiellement regroupées à Port-Saint-Louis-du-Rhône, au niveau de la Zone industrialo-portuaire de Fos-sur-Mer (ZIF) et au niveau du site d'AREVA à Istres/Miramas. Aucune donnée n'avait pu être obtenue concernant la qualité des sols au droit de certaines activités traditionnellement potentiellement polluantes (chimie, activités militaires, etc.).

Les investigations réalisées avaient donc pour objectif de compléter l'information disponible à l'issue de la phase de diagnostic initial sur les sols de surface du territoire du SAN Ouest Provence.

Ces compléments ont été de deux ordres :

- compléter la connaissance de la qualité des sols de surface sur l'ensemble du territoire du SAN Ouest Provence, par un échantillonnage et des investigations en dehors des secteurs pour lesquels des données sont déjà disponibles à l'issue de la phase 1 du projet, c'est-à-dire en général en dehors des anciennes friches et/ou

¹ La diversité des activités, notamment industrielles, sur le territoire Ouest Provence est source d'une grande variété de procédés (actuels et/ou passés) faisant appel à une vaste gamme de produits et composés. L'identification de tous ces composés, d'une part, et leur analyse exhaustive systématique dans les sols, d'autres part, sont freinés par des considérations techniques (analytiques, accès à l'information) et financières. La liste des molécules standards permet toutefois d'identifier par analyse les « traceurs » d'éventuelles pollutions complexes et « exotiques ».

² Abréviation pour « Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques », constituants majeurs des brais et goudrons de houille.

³ Abréviation pour « Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylènes ».

⁴ Méthode analytique permettant d'apprécier les teneurs/concentrations globale en phénols totaux.

⁵ Composés rencontrés de façon exceptionnelle et n'entrant pas dans les programmes analytiques standards.

ICPE⁶ (en activité ou arrêtées) ayant fait l'objet de diagnostics de sol et de rapports à accès publics ;

- compléter la connaissance de la qualité des sols de surface sur l'ensemble du territoire du SAN Ouest Provence en appliquant aux échantillons réalisés un programme analytique plus complet et exhaustif que celui couramment mis en œuvre dans les différents diagnostics prenant également en compte la localisation des zones à enjeux de développement et d'aménagement du SAN Ouest Provence, les contraintes d'autorisation, etc.

Les investigations concernent les six communes du SAN Ouest Provence, à savoir, du nord au sud, Grans, Cornillon-Confoux, Miramas, Istres/Entressen, Fos-sur-Mer et Port-Saint-Louis-du-Rhône. La densité des investigations par commune est proportionnée aux enjeux locaux (relations entre projets d'aménagement et degré d'anthropisation/industrialisation des communes).

Dans le cadre du plan d'échantillonnage des sols, **seuls ont été pris en compte directement et qualitativement, les sols de surface**, c'est-à-dire les sols considérés comme milieux d'exposition (un sol de surface correspondant à la tranche de terrain [0-5 cm] pour les sols non remaniés et [0-30 cm] pour les sols agricoles remaniés). Les sols de la zone non saturée (« sols de subsurface » ou dits de « profondeur »), et pouvant renfermer une source de pollution (source d'émissions vers les eaux et/ou l'air ambiant), ont été investigués ponctuellement de façon indirecte.

L'articulation de la phase sol en deux étapes vise à optimiser le plan d'investigations en capitalisant l'information disponible et, en orientant de façon la plus précise possible l'implantation d'échantillons et d'investigations et en ciblant au mieux le programme analytique appliqué.

Les deux étapes sont les suivantes :

- **une étape dite de criblage ou « screening »** dont l'objectif est d'identifier les secteurs susceptibles de présenter des anomalies et identifier les polluants en présence ; le screening met en œuvre des moyens de mesures de terrain novateurs, rapides, simples à mettre en œuvre, et à lecture directe, couplés à un nombre limité d'échantillons pour analyses différées au laboratoire. Ces techniques de terrain sont directes (échantillonnage avec analyses ciblées, mesures sur site des teneurs en métaux) ou indirectes (mesures des gaz du sol issus de la dégradation des pollutions organiques, mesures géophysiques de la conductivité électrique des sols et de leur susceptibilité magnétique). 224 mesures des teneurs pour 22 composés inorganiques (dont des métaux, des métalloïdes et des éléments majeurs) ont été réalisées à l'aide d'un spectromètre de fluorescence X portable (NITON[®] XLt792WY), 267 mesures des gaz du sol (5 paramètres) ont été effectuées auxquelles il faut ajouter 11 parcelles investiguées en géophysique, 10 échantillons pour analyses au laboratoire des polluants persistants les plus courants et 12 échantillons pour analyses au laboratoire des dioxines & furanes ;

⁶ Installation Classée pour la Protection de l'Environnement.

- **une étape dite de « resserrement »** visant d'une part à circonscrire les anomalies détectées durant le screening et d'autre part à compléter l'information sur la qualité des sols de surface dans des secteurs exempts de données. Elle a vu la réalisation de 68 échantillons pour analyses au laboratoire d'un pack de 195 éléments et composés (polluants les plus couramment rencontrés) et de 22 échantillons pour l'analyse au laboratoire des dioxines, furanes et PCB⁷ apparentés dit de type dioxine (« PCB *dioxin-like* » acronyme PCB-DL).

Le plan d'échantillonnage ciblé dioxines & furanes s'est basé sur les résultats de la phase de diagnostic, du screening ainsi que sur les simulations de la dispersion atmosphérique et des retombées des rejets industriels effectuées par le bureau d'études ARIA partenaire dans le projet.

Les données de cette phase sol complètent les données existantes compilées durant la phase de diagnostic initial correspondant à 3 617 résultats analytiques de prélèvements de sols issus de sondages et surtout de prélèvements de sols de surface (à 5 ou 30 cm).

La mise en œuvre des différentes méthodes d'investigation des sols a confirmé les spécificités des paramètres des sols et des eaux souterraines des différentes zones du territoire qui régissent la distribution et l'évolution des pollutions. Ces paramètres ont conditionné le degré d'efficacité de la mise en œuvre des méthodes géophysiques géoélectriques ou susceptibilité magnétique utilisées ainsi que la mise en œuvre de la technique de mesure des gaz du sol.

3.3. RÉSULTATS

L'interprétation des résultats analytiques a été effectuée en cohérence avec les recommandations de la note ministérielle du 07 février 2008 du MEEDDAT⁸ relative à la refonte de la stratégie française en matière de gestion des sites et sols pollués (<http://www.sites-pollues.ecologie.gouv.fr/>). La démarche suivie dans le cadre du programme AIGRETTE s'apparente à une Interprétation de l'État des Milieux (IEM).

L'appréciation de la qualité des sols nécessite l'utilisation de référentiels qui sont, en l'absence de valeurs de référence génériques, le bruit de fond (mesurés et/ou appréciés sur des bases bibliographiques) et les teneurs maximales admissibles issues d'un calcul de type EQRS⁹. Le calcul d'EQRS, et les inévitables incertitudes inhérentes aux paramètres du calcul, est un des outils permettant d'apprécier la qualité

⁷ PolyChloroBiphényles.

⁸ Abréviation pour « Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du Territoire ».

⁹ Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires : il s'agit d'un outil visant à quantifier les expositions (dose journalière d'exposition DJE) sur la base de scénarios suffisamment sécuritaires et réalistes (« worst reasonable scenario ») et à apprécier les effets néfastes sur la santé engendrés par ces expositions. Les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) sont utilisées pour faire le lien entre les DJE et les effets (toxiques ou cancérogènes).

des sols de surface au regard des usages constatés qui en sont faits. La présente étude AIGRETTE ne se substitue pas à la réalisation d'IEM¹⁰ (au sens du MEEDDAT, note ministérielle du 8 février 2007) sur certains secteurs particuliers, ni à la réalisation de diagnostic de sols ciblés dans le cadre de la gestion des sites et sols pollués et/ou cessation/création d'activité ICPE (pour les sites industriels).

Les informations et interprétations fournies dans la présente note de synthèse et le rapport de la phase sol (réf. BRGM/RP-56329-FR) donnent les lignes directrices et orientent le SAN Ouest Provence sur les moyens à mettre en œuvre afin de gérer au mieux les choix des futurs aménagements dans certains secteurs du territoire fortement anthropisés.

Le recueil des données existantes et nouvellement acquises constitue un état « 0 » instantané de la qualité des sols de surface sur le territoire du SAN. Cette connaissance non exhaustive de la qualité des sols de surface du territoire Ouest Provence est susceptible d'évoluer et de progresser par l'acquisition de nouvelles données recherchées ou rendues publiques, qui pourront être intégrées dans le Système d'Information Géographique établi dans le cadre de ce projet.

En l'absence de valeurs génériques réglementant le milieu sol, deux référentiels ont été retenus afin d'apprécier la qualité des sols de surface :

- **le bruit de fond, qui est la teneur moyenne des sols de surface en métaux à l'échelle du territoire** ; le bruit de fond est la somme du fond géochimique naturelle (teneur naturelle des sols en éléments constitutifs) et d'apports diffus d'origine humaine (apports dits « anthropiques »). Dans le cas du projet AIGRETTE, le bruit de fond a été déterminé spécifiquement par des mesures, complétées de données bibliographiques. La comparaison des teneurs mesurées au bruit de fond permet de mettre en évidence des anomalies ;
- **les teneurs maximales admissibles déterminées à partir d'un calcul déduit de l'Évaluation Quantifiée des Risques Sanitaires (EQRS)**. Il s'agit des teneurs ou gammes des teneurs des sols de surface à partir desquelles des nuisances sur la santé humaine sont susceptibles d'apparaître pour des expositions chroniques (répétées sur 6 à 30 ans pour l'enfant et l'adulte). Ces calculs de première approche des risques sanitaires sont basés sur les connaissances toxicologiques du moment et sur des scénarios considérés comme raisonnables, réalistes et suffisamment sécuritaires : activité de jardinage de l'adulte au niveau de potagers reconnus, activité de jeu d'un enfant sur les parcelles ouvertes en bordure de zones résidentielles. Cette première approche d'aide à la décision est importante mais ne se substitue pas à une EQRS qui pourra être effectuée spécifiquement dans le cadre de l'IEM au sens de la Circulaire du 08 février 2007. Cette dernière constituant une étude complète et spécifique, afin d'établir la compatibilité ou non entre la qualité d'un site et ses usages, et qui n'entre donc pas dans le cadre de ce projet dont l'approche se fait à l'échelle du territoire. L'EQRS est en effet un des

¹⁰ Interprétation de l'État des Milieux : outil visant à apprécier la compatibilité de l'état d'un milieu avec les usages constatés qui en sont faits.

outils d'aide à la décision permettant de juger de la compatibilité d'un sol de surface avec ses usages et des éventuelles actions à mener pour améliorer l'état de ce milieu.

La synthèse des résultats des analyses existantes ou réalisées dans le cadre de ce projet montrent les faits suivants.

3.3.1. L'absence de contamination généralisée des sols de surface à l'échelle du territoire du SAN Ouest Provence

Ce constat a été évidemment établi au moment des prélèvements, pour l'échantillonnage réalisé, le programme analytique retenu et les limites de quantification appliquées par les laboratoires. Un bruit de fond géochimique¹¹ a pu être caractérisé à l'échelle du territoire pour les composés inorganiques. Certains composés organiques comme les hydrocarbures lourds (nombre de carbone dans la molécule d'hydrocarbure supérieur à 20) et les HAP sont très fréquemment détectés par analyses dans les sols de surface et semblent définir un **bruit de fond anthropisé**¹². Ces bruits de fond constituent les référentiels à partir desquels sont révélées certaines anomalies ponctuelles.

3.3.2. La présence de zones anomaliques circonscrites et de faible extension

Les anomalies ont été définies par émergence, par rapport aux valeurs maximales du bruit de fond des sols de surface déterminé spécifiquement sur le territoire Ouest Provence (métaux, HAP, hydrocarbures, dioxines & furanes, PCB) et validé par des données documentaires et bibliographiques (valeurs moyennes des sols naturels) :

- **Pollutions ponctuelles sur le site de certaines ICPE de la Zone Industriello-portuaire de Fos-sur-Mer (ZIF)**, essentiellement par les métaux (Plomb, Zinc, Chrome, Nickel essentiellement) et les hydrocarbures (usine métallurgique, port méthanier, raffineries et stockages d'hydrocarbures). Les HAP ont été reconnus à de fortes teneurs en certaines zones du site complexe sidérurgique de Fos-sur-Mer. L'ancienne aire d'épandage des boues de la station de traitement final de la raffinerie à **Fos-sur-Mer** contaminée ponctuellement par le Zinc et les hydrocarbures. Cette zone est difficile d'accès (marécages) et ne fait l'objet d'aucun usage permanent (zone de chasse). S'agissant de pollution des sols au sein du périmètre d'ICPE sans influence apparente actuelle sur l'extérieur de ce site, la gestion de cette pollution relève de la responsabilité de l'exploitant et sort du cadre du projet AIGRETTE.

¹¹ Bruit de fond = fond géochimique naturel + apports anthropiques diffus.

¹² Les HAP sont très rarement présents dans les terrains naturels affleurants et absents des formations rocheuses rencontrées en surface au niveau du territoire Ouest Provence. Le bruit de fond en HAP du SAN Ouest Provence peut trouver son origine dans les émissions liées aux activités humaines (combustions des moteurs, industries, etc.) et/ou des suies générées par les incendies de forêt.

Les sites ICPE du territoire du SAN Ouest Provence, au droit desquels des pollutions avérées ont été constatées et pour lesquels des données publiques sont disponibles à ce jour, ne constituent pas des zones à enjeux vis-à-vis des projets d'aménagement et de développement du SAN au sens de la stratégie du MEEDDAT en matière de gestion des sites et sols pollués car :

En effet, l'exploitant est responsable d'une part de la maîtrise des éventuelles sources de pollution au droit de son site et d'autre part du transfert de ces éventuelles pollutions hors site (surveillance environnementale), et doit prendre toutes les mesures nécessaires en concertation avec l'administration en cas de menaces pour l'environnement.

Enfin, les polluants éventuellement renfermés dans les zones sources historiques de ces ICPE (métaux et composés organiques peu mobiles) ne peuvent être émis (du fait de leur localisation et/ou de leur gestion au titre de la réglementation sur les ICPE) vers les sols et usages des zones à enjeux appartenant au SAN Ouest Provence.

- **Pollution par les métaux (mercure notamment) et les PCB et plus ponctuellement par les composés nitropolyaromatiques au droit respectivement des secteurs Est AREVA et Ouest AREVA à Istres/Miramas.** S'agissant de pollution des sols au sein du périmètre d'ICPE sans influence apparente actuellement sur l'extérieur, la gestion de cette pollution relève de la responsabilité de l'exploitant et sort du cadre du projet AIGRETTE.
- HAP, hydrocarbures, métaux (Plomb, Zinc Chrome) et fluorures au niveau de la **presqu'île du Mazet à Port-Saint-Louis-du -Rhône**. HAP et hydrocarbures au niveau du secteur de **Malebarge/Petite Vitesse à Port-Saint-Louis-du-Rhône**. Ces contaminations sont attribuables à la présence d'une part, de résidus goudronneux finement disséminés dans les sols de surface (ancienne industrie des goudrons et bitumes) et d'autre part, de remblais sidérurgiques (laitiers de haut fourneau). Localement (ancienne voie ferrée et docks de la presqu'île du Mazet), les résidus goudronneux constellent voire recouvrent le sol.

Ces secteurs sont actuellement faciles d'accès et ne font pas l'objet d'un usage spécifique et permanent. Cette zone anomalique par rapport au bruit de fond géochimique, présente des teneurs des sols de surface en composés potentiellement toxiques et cancérigènes. Compte tenu de l'absence d'usages actuels constatés de ces parcelles et donc de la très faible probabilité d'exposition de population avec ces résidus goudronneux, la situation n'appelle aucune mesure de gestion de ces pollutions pouvant présenter un caractère d'urgence. Cependant, des mesures simples de gestion sont proposées plus avant. Cette situation devra être reconsidérée si un changement d'usage de ces sols est prévu.

- Métaux (Plomb, Zinc, Cuivre, Arsenic, Chrome), HAP, hydrocarbures, dioxines & furanes **aux abords immédiats de la friche de l'usine de Rassuen à Istres**. Cette contamination est attribuable à la présence de scories et résidus de grillage de la pyrite qui entrait dans le procédé de l'usine de Rassuen et aussi probablement à des dépôts atmosphériques liés aux procédés thermiques. Les investigations géophysiques et les mesures sur le terrain ont démontré que ces résidus étaient

répartis **au Sud de l'emprise du site de l'usine** en deux dépôts dont un sous un couvert de 50 cm environ de remblais blanc pulvérulents et homogènes (sulfates, carbonates de calcium). Le second dépôt est exposé et libre d'accès. Une activité ponctuelle de type motocross, opportuniste et non autorisée, est pratiquée au niveau de ce dépôt. Cette zone anomalique par rapport au bruit de fond géochimique, présente des teneurs des sols de surface en composés potentiellement toxiques et cancérigènes. Les données historiques, observations de terrain et mesures sur site ont par ailleurs montré que la zone située **au Nord de l'emprise du site de l'usine** présentait à l'affleurement des résidus industriels riches en métaux correspondant à un crassier tabulaire le long et sous le RN 569 et à deux anciens bassins de décantation comblés par des matériaux pollués. Cette zone, libre d'accès, fait l'objet d'usages actuels constatés et sensible (potagers, résidentiels). Une partie du site de l'usine et du crassier avait fait l'objet d'investigations et de travaux de réhabilitation partiels dans le cadre de la cessation d'activité, dans les années 1990.

Compte tenu des teneurs mesurées dans les sols de surface, du cortège de polluants identifié et des usages actuels constatés des parcelles (potagers, parcelles ouvertes dans une zone résidentielle), les calculs de risque de première approche montrent qu'il existait une probabilité d'excès de risque sur la santé liée aux expositions de population avec les résidus métalliques riches en dioxines & furanes. Ces constats appelaient donc d'une part, la réalisation de mesures de gestion proportionnées afin de supprimer ou réduire les expositions considérées dans la présente étude et d'autre part, la réalisation d'une étude spécifique sur les végétaux des potagers dans le but d'affiner l'analyse des risques et les éventuelles mesures de gestion¹³. Compte tenu des premiers résultats concernant la qualité des sols un programme d'études complémentaires a été proposé et réalisé à la demande du SAN. Ces études complémentaires ont permis de préciser les risques et de proposer des mesures de gestion (cf. chapitre plan d'actions) Il faut également signaler l'existence de l'ancien site industriel du Plan d'Arenc à Fos-sur-Mer qui possède un historique, des procédés analogue à celui du site de Rassuen et donc peut poser à terme les mêmes problématiques environnementales (bien qu'étant moins sensible du fait de son isolement). Cependant aucune information relative à ce site n'a pu être recueillie à l'issue de la phase sols.

- Le site de **l'ancienne Poste à Miramas** contaminé par les métaux (Plomb, Zinc, Cuivre), les HAP et les hydrocarbures. Cette contamination est liée à l'incendie d'un ancien stockage de piles et batteries ayant appartenu à l'Armée. Le site de petite dimension (moins de 50 x 50 m) est clôturé par une clôture très endommagée Les teneurs observées ne sont pas susceptibles d'induire des excès de risque pour la santé même en considérant le cas d'exposition le plus sécuritaire, c'est-à-dire un usage du site de type résidentiel. Compte tenu des gammes de teneurs rencontrées, de la nature des composés et de l'usage du site, et du caractère conservatoire des calculs de risques effectués, ces teneurs ne sont pas susceptibles de générer des

¹³ Ce type d'approche, de mesure aux points d'exposition, est approprié et conforme au positionnement actuel du MEEDDAT en ce qui concerne la gestion des sites et sols pollués. Cette mesure dépasse de cadre du projet AIGRETTE et doit s'inscrire dans une Interprétation de l'État des Milieux (IEM) au sens du MEEDDAT et de la circulaire de février 2007.

nuisances et aléas chez les populations riveraines de ce site. Aussi, cette situation n'appelle aucune action corrective pour l'usage actuel et les connaissances du moment.

- **L'occurrence ponctuelle de polluants organiques en traces.** Ces occurrences concernent essentiellement les PCB (zone des Lys de mer à Fos-sur-Mer), le Bis-(2-ethylhexyl)-phthalate (Guignonnet à Fos-sur-Mer), les pesticides organochlorés (DDT et dérivés, hexachlorocyclohexane à l'ancienne Poudrerie à Miramas-le-Vieux), les pesticides dérivés de l'urée substituée (Diuron du secteur de l'Ecole de police à Fos-sur-Mer), et des composés monoaromatiques chlorés de haut poids moléculaires (tetra- penta et hexachlorobenzène à Rassuen et dans le secteur des Lys de mer). Le DDT¹⁴ et ses dérivés (DDE¹⁵ et DDD¹⁶) ont été détectés en plusieurs points sur les communes de Port Saint Louis du Rhône (Malebarge et les salins (Ouest de la commune)), de Miramas, et de Fos/Mer (Guignonnet, « Lys de mer »). Il s'agit d'un puissant insecticide interdit en France dès le début des années 1970 pour sa dangerosité vis-à-vis des écosystèmes et sa rémanence. Il fut largement employé pour la démoustication. Les teneurs en ces composés sont majoritairement proches ou égales à leurs limites inférieures de quantification (composés dits « traces »). Aussi, il convient de rester prudent quant à la précision de ces mesures. La contamination par les PCB, l'hexachlorocyclohexane et le DDT est historique.

3.3.3. L'absence d'indices de contamination à grande échelle du milieu souterrain par des hydrocarbures

Cette absence de contamination à grande échelle a été établie grâce aux mesures des gaz du sol effectuées durant la phase des screening, sur les parcelles investiguées. Des indices apparaissent ponctuellement à proximité de stockage d'hydrocarbures (Fos-sur-Mer Nord, Fos-sur-Mer ESSO, Essence des Armées à Port-Saint-Louis du Rhône) et au niveau de l'ancienne décharge de Bayanne à Istres. Les analyses des échantillons de gaz du sol prélevés au sein de la décharge de Bayanne n'ont pas permis de caractériser le signal en hydrocarbure observé lors des mesures sur site.

La présence de concentrations en méthane CH₄ et en gaz carbonique CO₂ non corrélées entre elles et non corrélées aux concentrations en hydrocarbures/composés volatils (indices « *Total Petroleum* » TP et PID¹⁷ de l'appareillage de mesure utilisé) tend à prouver l'origine naturelle de ces gaz : en effet, les sols riches en matière organique et à tendance marécageuse, comme ceux rencontrés dans certains secteurs du territoire Ouest Provence peuvent produire naturellement du méthane CH₄ et du gaz carbonique CO₂.

Par ailleurs, on peut conclure, au regard des investigations réalisées à l'absence d'anomalies géoélectriques et magnétiques sur les parcelles investiguées à

¹⁴ Abréviation pour « DichloroDiphénylTrichloréthane ».

¹⁵ Abréviation pour « DichloroDiphénylDichloréthylène ».

¹⁶ Abréviation pour « DichloroDiphénylDichloréthane ».

¹⁷ Abréviation pour « *Photo Ionisation Detector* ».

l'exception du site de Rassuen (Istres) et du site de la Poste à Miramas. La mise en œuvre de techniques d'investigation indirecte par géophysique sur le territoire du SAN Ouest Provence a montré son efficacité pour la détection de pollutions ponctuelles et métalliques.

Sur la base des informations disponibles et nouvellement acquises, la qualité des sols de surface constatée, hors périmètre ICPE, n'appelle aucune action corrective immédiate ou mesure de gestion visant à maîtriser des risques et assurer la pérennité de la libre jouissance des usages fixés des sols, à l'exception du proche environnement de l'ancien site industriel de Rassuen et de la zone du Mazet. Cependant, compte tenu du contexte très anthropisé du territoire, des mesures de surveillance sont proposés ci-après.

3.4. RECOMMANDATIONS ET PLAN D' ACTIONS SOLS

À l'échelle du territoire Ouest Provence, il est recommandé :

- la surveillance périodique du bruit de fond anthropisé en hydrocarbures et HAP ; cette surveillance apparaît pertinente notamment eu égard à la poursuite du développement urbain et industriel de ce territoire. Cette surveillance peut se concrétiser par la réalisation périodique d'un échantillonnage moyen sur des placettes formellement identifiées, puis des analyses au laboratoire, selon un protocole rigoureux et reproductible. Ces placettes seraient situées en milieu urbain, industriel ou agricole, permettant ainsi, par ces différences de localisation, de discerner les différentes influences sur les teneurs de bruit de fond ;
- la communication des données de bruit de fond afin de les mettre à disposition des principaux acteurs de l'environnement du territoire Ouest Provence (industriels, bureaux d'études, collectivités et décideurs, aménageurs, etc.). Il s'agit d'apporter aux gestionnaires du territoire des indicateurs tangibles de l'évolution globale des milieux en s'appuyant sur le milieu intégrateur « sols » et ainsi d'orienter les éventuelles actions correctives ou limitatives sur les émissions à l'origine du bruit de fond.

Concernant la situation singulière du site de **Rassuen** et par devoir de conseil, le BRGM a recommandé dans le cadre du projet AIGRETTE :

- **des mesures visant à identifier et quantifier les risques :**
 - les premiers résultats sur le site ont montré des teneurs préoccupantes en plusieurs composés dans les sols de surface, il a donc été proposé au SAN un programme complémentaire avec mesure directe des teneurs en dioxines & furanes, métaux notamment au niveau des points d'exposition, à savoir les végétaux autoproduits et consommés. Cette mesure permettant de se soustraire aux inévitables incertitudes liées aux modèles de transfert sols → végétaux. Ces teneurs ont été comparés aux valeurs de qualité sanitaire des aliments comme recommandé par le MEEDDAT quand ces valeurs existaient (Plomb, Cadmium) et par un calcul EQRS (HAP, dioxines et Furanes), As à partir de données statistiques des habitudes alimentaires et d'autoconsommation en région PACA (source : CIBLEX). En cas de teneurs inacceptables avérées (sur divers végétaux

aériens et racinaires et une série appropriée de mesures), des mesures de gestion doivent être contractées afin de gérer et maîtriser ces impacts. Une contamination des végétaux comestibles, aériens comme racinaires, a ainsi été mise en évidence. Les teneurs mesurées sont susceptibles d'être à l'origine d'excès de risque inacceptables par ingestion,

- de même il a été proposé la réalisation de prélèvements de sols de surface complémentaires pour l'analyse des dioxines & furanes, PCB-DL, COT et métaux afin de circonscrire au nord les anomalies constatées aux abords immédiats des sites de l'usine et du crassier, et pouvoir conserver *a minima* la mémoire de ces anomalies. La pollution des sols de surface par les dioxines & furanes a donc été circonscrite par des éléments de diagnostic complémentaire : cette contamination est restreinte dans un périmètre inférieur à 300 m au nord et au sud de l'ancien site industriel, avec une extension maximale vers le nord,
- au niveau de la zone motocross, l'envol de poussière et le taux d'inhalation de poussières restent à quantifier (une éventuelle analyse de risque pourrait alors être réalisée de façon réaliste par l'acquisition de mesures de retombées). De façon plus pragmatique, compte tenu de la configuration de la zone et des dépôts, la mesure la plus simple, comme détaillé ci-après, étant de prévenir toutes intrusions sur ce site ;
- **sur la base des mesures et constats ci-avant, ou de façon pro active, la réalisation de mesures simples de gestion visant à maîtriser les risques et impacts** : *a minima* supprimer toute possibilité de contact des populations riveraines avec les composés polluants des sols de surface au niveau notamment de la zone motocross et des parcelles situées entre le site de l'usine, l'église évangélique, la mosquée et le boulodrome ; informer les propriétaires des potagers contaminés de la présence, dans les sols et les végétaux cultivés, de substances potentiellement dangereuses, et suspendre les usages de ces parcelles.

Les mesures visant à supprimer les possibilités d'exposition des populations avec les polluants peuvent se décliner de diverses manières : pose d'une clôture (généralement non pérenne), recouvrement des sols pollués par 50 cm de matériaux et/ou terre saine, assortis de servitudes, enlèvement par terrassement superficiel des sols et matériaux pollués puis confinement sur site (sur le crassier par exemple) ou évacuation vers une filière techniquement et économiquement appropriée.

Ces recommandations de mesures de gestion à courts terme, ont été présentées par le BRGM en sous-préfecture d'Istres en présence des services compétents de l'État, de la Mairie d'Istres et du SAN Ouest Provence.

La situation du site de Rassuen et de son passif environnemental, mis en exergue dans le cadre du projet AIGRETTE est à replacer dans un contexte plus général de redéveloppement global envisagé par le SAN Ouest Provence.

En effet, le quartier de Rassuen est un espace complexe, s'ouvrant vers le sud vers le pôle économique de la ZIF, qui pourrait offrir un potentiel de développement économique et d'attractivité pour la commune d'Istres. L'importance de l'assiette foncière concernée et la typologie variée offrent une large palette d'usages possibles :

logements neufs en habitations collectives et semi-collectives, activités tertiaires et de commerce, espaces et équipements publics, avec mise en valeur patrimoniale et paysagère du site... Enfin, 200 ans d'activité industrielle sur le site de Rassuen ont marqué la mémoire collective des habitants d'Istres ; la valorisation des patrimoines industriel, architectural et historique associés à la friche de Rassuen mérite d'être intégrée au projet de reconversion de ce secteur ; il s'agit de renverser l'image (souvent dégradée) de terrain comme ceux de friches industrielles, en impliquant les décideurs et populations locales afin qu'ils se réapproprient le site.

L'enjeu pour l'avenir du quartier et de la friche de Rassuen est d'associer toutes ces dimensions (environnementales, sanitaires, économiques, socio-politiques, urbanistiques, paysagères, architecturales, historiques, etc.) dans un programme de reconquête de cet espace dégradé. Dans un tel contexte, une approche décousue dans sa stratégie de programmation, fragmentée dans son périmètre physique ou démesurée dans ces ambitions hypothèquerait toute reconversion réussie et concourrait plus généralement au mitage urbain.

Ainsi, les premières actions d'urgence de mise en sécurité des abords du site préconisées par le groupe d'experts AIGRETTE (clôture, recouvrement de terre partiel, information...) pourraient constituer l'amorce d'un processus permettant d'inscrire la démarche dans un véritable Plan de Gestion Intégré (PGI) de reconversion du site.

Ce PGI oriente et dimensionne le projet de reconversion en cherchant des lignes de convergences et des synergies entre toutes les dimensions associées au site : environnementales, écologiques, économiques, foncières, urbanistiques, architecturales, socio politiques, réglementaires, paysagères. Traduisant ainsi les volontés politiques souhaitées, ce plan global de gestion, donnera les orientations réalistes et pérennes de re-développement multifonctionnel du site compatibles avec les contraintes environnementales et sanitaires, tout en restant économiquement et socio politiquement supportables. Il permettra au SAN de disposer d'un programme opérationnel d'actions optimisées, chiffrées et hiérarchisées.

Enfin, en ce qui concerne la **presqu'île du Mazet** et la présence de dérivés goudronneux, le BRGM préconise, dans l'optique et/ou le cadre d'un réaménagement de la zone à des fins résidentielles, de décaper les terres de surface renfermant les résidus, puis de les rassembler en vue d'un confinement ou leur enlèvement vers une filière appropriée à définir (centre de stockage, traitement, incinération, etc.).

Bien que la gestion environnementale du **site d'AREVA à Miramas et de ses pollutions** incombe à l'exploitant et/ou au futur repreneur du site, il est nécessaire de le mentionner ici du fait de sa position stratégique en amont hydrogéologique des captages d'Alimentation en Eau Potable. Les sols de surface et de subsurface ont été investigués en différentes phases par les exploitants, antérieurement au projet AIGRETTE. Ces données ont été compilées et exploitées dans le cadre de la phase 1 du projet AIGRETTE. La densité des sondages et la nature des composés recherchés sont variables d'un secteur à l'autre du site industriel contrôlé au titre des ICPE. Dans la partie Est du site AREVA (« triangle ANTARGAZ » commune de Miramas), les teneurs observées en Arsenic, Plomb, Zinc, Cobalt, et Mercure sont supérieures aux

gammes de teneurs du Bruit de Fond (BF) des sols de surface mesurées dans le cadre du projet AIGRETTE à l'échelle du territoire Ouest Provence. On note aussi la présence dans les sols de subsurface de traces d'hydrocarbures et de PCB. Dans la partie Ouest et centrale du site AREVA (commune d'Istres), les teneurs observées en Arsenic, Plomb, Zinc, Manganèse et Mercure sont également supérieures aux gammes de teneurs du bruit de fond des sols. On note aussi la présence de teneurs localement élevées dans les sols de subsurface en composés nitropolyaromatiques. Parmi ces composés, les composés organiques recherchés à l'échelle du site, les composés nitropolyaromatiques sont les plus solubles et par conséquent ceux possédant un potentiel d'émission hors site (via la nappe de la Crau) le plus élevé. Il faudra donc durant les travaux de dépollution de ce site prendre particulièrement garde à ne pas induire de pollutions accidentelles de la nappe souterraine qui pourrait par voie de conséquence menacer l'alimentation en eau potable du territoire.

4. Le compartiment air, interactions, résultats, actions et recommandations

4.1. CONTEXTE

Le milieu air est un milieu important car c'est un vecteur des pollutions, un milieu intégrateur et dynamique, un réceptacle des émissions polluantes intra et extraterritoriales et un milieu d'exposition incontournable en particulier par inhalation (on peut empêcher le contact avec un sol pollué, l'ingestion d'eau et/ou de végétaux pollués mais on est contraint et forcé de respirer

À la lumière des objectifs généraux du projet AIGRETTE, le milieu « Air » est un donc vecteur de pollution susceptible de mettre en relation les sources émettrices de polluants avec les récepteurs existants sur le territoire.

Partant de ce constat, les phases 1 et 3 du projet AIGRETTE ont donc eu pour objectif de :

- réaliser un « diagnostic préliminaire » du compartiment air :
 - recensement des données disponibles au niveau : des conditions météorologiques enregistrées sur le territoire ; des sources, présentes sur le territoire et en bordure de ce dernier, et émettant à l'atmosphère ; des données disponibles au niveau de la qualité de l'air,
 - estimations des zones de retombées les plus importantes à l'aide d'une modélisation,
 - analyse de ces données,
 - alimentation du système de gestion de données avec les informations recensées et validées ;
- apporter des informations supplémentaires pour améliorer la connaissance de la qualité de l'air sur le Territoire par la réalisation de campagnes de mesures couvrant l'ensemble du Territoire.

4.2. CARACTÉRISTIQUES DU TERRITOIRE AU NIVEAU DU COMPARTIMENT « AIR »

4.2.1. Un territoire pluriel et complexe au niveau des sources émettant à l'atmosphère

Le territoire du SAN Ouest Provence est un territoire pluriel et complexe au niveau des sources émettant à l'atmosphère. Se côtoient sur ce territoire des sources industrielles, des sources liées au transport (routier, maritime, ferroviaire), des sources liées aux secteurs résidentiel et tertiaire.

La majeure partie des rejets industriels se trouve sur la ZIF, au sud du territoire. Les rejets se font soit sous forme canalisée (cheminées...), soit sous forme surfacique (respiration des bassins de stockage d'hydrocarbures par exemple), soit diffuse (rejets au niveau des toitures...).

De grands axes routiers traversent le territoire et génèrent de la pollution atmosphérique : autoroute A54 au nord, nationales à fort trafic pour desservir la ZIF au sud.

Les émissions liées aux secteurs résidentiel et tertiaire sont recensées au niveau des zones peuplées (centre ville...). Elles regroupent les émissions liées aux consommations d'énergies pour le chauffage des logements, des locaux, des équipements publics, des locaux commerciaux, ainsi que la production d'eau chaude sanitaire, la cuisson et l'utilisation de solvants domestiques. Ces émissions sont recensées au niveau des zones peuplées (centre ville...).

De part son importance au niveau national, le trafic maritime situé autour de la zone de Fos/Mer a également un impact sur l'environnement aérien.

Les émissions liées aux secteurs agriculture et sylviculture se retrouvent quant à elles principalement au nord du territoire du SAN Ouest Provence et en limite nord-ouest de la commune de Port-Saint-Louis-du-Rhône.

D'autres sources émettrices sont présentes sur le territoire du SAN Ouest Provence mais, faute d'informations disponibles, n'ont pu être quantifiées : nous pouvons citer la base aérienne d'Istres (la plus grande de France), les émissions de pesticides/herbicides associées aux traitements agricoles (arbres fruitiers par exemple).

Le territoire du SAN Ouest Provence est également sous l'influence des retombées de sources situées en bordure du domaine du SAN Ouest Provence comme par exemple la zone industrielle de Port-de-Bouc/Martigues, ZIP de Berre ou l'aéroport de Marignane.

4.2.2. Des conditions atmosphériques favorables à la dispersion

La majorité du territoire est exposée à des vents de secteur nord-ouest (vents descendant de la vallée du Rhône) et dans une moindre mesure, à des vents de secteur sud-est (vents en provenance de la mer surtout observés l'été). Fos-sur-Mer se trouve également sous l'influence des vents en provenance de l'étang de Berre.

A contrario, la plaine de la Crau (extrême-ouest du territoire du SAN Ouest Provence) est soumise à des vents de secteur nord/nord-est : il s'agit des vents descendants de la vallée du Rhône qui sont non canalisés du fait de l'absence de relief.

Les conditions météorologiques sont plutôt favorables à la dispersion de la pollution atmosphérique. En effet, les vents, soufflant du nord vers le sud, ont tendance à emporter et disperser assez régulièrement des polluants atmosphériques vers la mer, d'autant plus que les principaux émetteurs se situent vers l'aval du territoire (méga-site de la ZIF).

4.3. INVESTIGATIONS FAITES SUR LE TERRAIN

Le projet AIGRETTE a permis d'améliorer les connaissances sur les niveaux de polluants réglementés et « émergents » sur le territoire du SAN Ouest Provence par la réalisation de deux campagnes de mesures. Ces deux campagnes ont permis :

- de couvrir toutes les communes du territoire : douze points de suivi (en plus des points du réseau AIRFOBEP) ;
- de réaliser des mesures supplémentaires par rapport au réseau AIRFOBEP portant sur :
 - des composés réglementés au niveau de la qualité de l'air en France : dioxyde d'azote (NO₂), particules PM10, dioxyde de soufre (SO₂), benzène, benzo(a)pyrène (BaP),
 - des composés non réglementés au niveau de la qualité de l'air en France mais en cours de réglementation : particules PM2,5,
 - des composés non réglementés : TEX (toluène, éthylbenzène et xylènes), ammoniac (NH₃), dioxines & furanes, 12 métalloïdes et métaux¹⁸ (Arsenic (As), Plomb (Pb), Cadmium (Cd), Chrome (Cr), Cobalt (Co), Cuivre (Cu), Nickel (Ni), Thallium (Tl), Vanadium (V), Mercure (Hg), Manganèse (Mn) et Antimoine (Sb)).

La phase 3 du projet AIGRETTE s'est donc caractérisée par :

- deux campagnes réalisées : une en hiver (février/mars 2008), une en été (juillet/août 2008) ;
- 23 espèces mesurées en concentration ou en dépôts ;
- 12 points de suivi (en plus des points du réseau AIRFOBEP).

La carte ci-après présente la localisation des points de suivi, ainsi que les substances suivies lors des deux campagnes du projet AIGRETTE.

¹⁸ À noter que certains métaux sont réglementés au niveau des concentrations dans l'air (plomb, arsenic, cadmium, nickel) mais seuls les niveaux de dépôts dans les poussières sédimentables -non réglementés- ont fait l'objet de mesures lors du projet AIGRETTE.



Figure 2 : Localisation des points de suivi ainsi que les substances suivies lors des deux campagnes du projet AIGRETTE.

Le tableau ci-dessous permet d'un seul coup d'œil d'évaluer la situation au niveau qualité de l'air sur l'ensemble du territoire du SAN Ouest.

		Substances	Port Saint Louis	Fos/mer	Istres	Miramas	Cornillon-Corfoix	Grans
Polluants réglementés au niveau français	et historiquement suivis par AIRFOBEP	SO2						
		NO2						
		PM10						
		Benzène						
	récemment (novembre 2008) non encore suivi par AIRFOBEP	BaP						
Polluants en cours de réglementation		PM2,5						
Autres polluants non réglementés		toluène						
		éthylbenzène						
		xylènes						
		Ammoniac						
		Dioxines/Furanes						
		Eléments traces						
		Dépassement du seuil retenu						
		concentrations proches du seuil retenu mais inférieur à ce seuil (entre 80% et 100% de ce seuil)						
		Concentrations faibles (< à 80% du seuil choisi)						
		Pas de mesure						

Les seuils retenus pour les substances suivies sont récapitulés dans le tableau ci-après.

	Substances	Valeur	Définition	Source
Seuil retenu par substance	SO2	20 µg/m3	Valeur limite pour la protection des écosystèmes	Décret n°2002-213
	NO2	40 µg/m3	Objectif de qualité	Décret n°2002-213
	PM10	30 µg/m3	Objectif de qualité	Décret n°2002-213
	Benzène	2 µg/m3	Objectif de qualité	Décret n°2002-213
	BaP	1 ng/m3	Valeur cible à compter du 31 décembre 2012	décret n° 2008-1152
	PM2,5	25 µg/m3	Valeur cible au 1er janvier 2010	directive n° 2008/50/CE
	toluène	10 µg/m3	Valeur toxicologique de référence (santé)	EPA, 2005
	éthylbenzène	300 µg/m3	Valeur toxicologique de référence (santé)	EPA, 1991
	xylènes	300 µg/m3	Valeur toxicologique de référence (santé)	EPA, 2003
	Ammoniac	100 µg/m3	Valeur toxicologique de référence (santé)	EPA, 1991
Dioxines/Furanes	10-85 pg I-TEQ/m2/j	concentration typique de dioxines et furanes dans des collecteurs de précipitations	INERIS, 2001	

4.4. RÉSULTATS

Pour l'ensemble des 23 polluants étudiés, il n'a pas été détecté d'anomalie importante de la qualité de l'air sur le territoire du SAN Ouest Provence, excepté pour quelques paramètres, notamment les poussières (PM10 et PM2,5).

Les méthodes analytiques mises en œuvre lors du projet AIGRETTE ne sont pas identiques à celles utilisées en routine par le réseau AIRFOBEP pour les substances suivies en continue (SO₂, NO₂, PM10). Cependant, les concentrations mesurées lors des campagnes AIGRETTE sont du même ordre de grandeur que les concentrations mesurées en parallèle par AIRFOBEP. Cela vient conforter donc la fiabilité des concentrations fournies par le réseau. Fos-sur-Mer, compte tenu de la proximité du mégasite industriel et portuaire de la ZIF, est la commune la plus vulnérable au niveau de la qualité de l'air, notamment la partie sud de la commune, vers la Pointe Saint-Gervais et la plage du Cavaou. Pour les substances caractéristiques des émissions industrielles, c'est-à-dire dioxyde de soufre SO₂, benzène, xylènes, toluène et ethylbenzène, les concentrations les plus importantes enregistrées pendant les campagnes de mesure se trouvent sur Fos/Mer. Cependant, pour les substances réglementées (SO₂, benzène), les concentrations mesurées sont inférieures aux objectifs de qualité.

Inversement, Miramas et Grans ont enregistré les concentrations en dioxyde d'azote NO₂ les plus élevées, suivis par Fos-sur-Mer. En effet, Miramas et Grans étant en amont du méga-site de la ZIF (au nord alors que les vents sont majoritairement de secteur nord et ont donc tendance à disperser la pollution vers la mer), elles sont moins sensibles aux sources industrielles mais sont sous l'influence du trafic routier dont le dioxyde d'azote est un polluant traceur.

Poussières

Les concentrations en poussières sont élevées au niveau de tous les points de mesure (supérieures à l'objectif de qualité¹⁹ mais inférieures à la valeur limite²⁰ en moyenne annuelle) aussi bien pour les points AIGRETTE que pour les points du réseau AIRFOBEP. Nous attirons cependant l'attention du lecteur sur le fait que les valeurs guides réglementaires sont établies pour des moyennes annuelles et que, pour être considérées comme représentative d'une situation annuelle, les mesures ponctuelles doivent porter sur huit semaines de mesure harmonieusement réparties sur une année. Dans le cadre de cette étude, la moyenne annuelle est estimée à partir de deux semaines de mesures (une en saison froide et une en saison chaude). Cependant, afin de se ramener à une moyenne annuelle, nous avons utilisé une méthodologie classiquement utilisée par AIRPARIF quand les mesures de campagne ne couvrent pas les huit semaines préconisées. Par ailleurs, il est à noter que de fortes variations journalières ont été enregistrées avec des pointes de concentration très élevées, notamment sur Port-Saint-Louis.

¹⁹ Objectif de qualité : un niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère à atteindre à long terme, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble.

²⁰ Valeur limite : un niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère fixé sur la base des connaissances scientifiques à ne pas dépasser dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble.

Il est également à noter que les concentrations en poussières constatées sur le terrain sont très supérieures à celles prévues par la modélisation, que ce soit la modélisation réalisée dans le cadre de la phase 1 du projet AIGRETTE ou celle réalisée par BURGEAP dans le cadre de l'étude d'Evaluation des Risques Sanitaires (ERS) réalisée sur la zone industrielle de Fos-sur-Mer. Cela s'explique par le fait que les poussières ont plusieurs origines :

- les particules primaires qui proviennent soit des sources naturelles (érosion des sols...), soit des sources anthropiques (émissions liées aux activités humaines : industries, chauffage...);
- les particules secondaires : elles sont d'origine physico-chimique et résultent de la transformation des polluants gazeux présents dans l'atmosphère, tels que le dioxyde d'azote NO₂, le dioxyde de soufre (SO₂), l'ammoniac (NH₃) et les Composés Organiques Volatils (COV)²¹. Cette source de particules est difficilement quantifiable. Elle constitue néanmoins une source importante de particules. Elle peut en particulier donner lieu à des transports continentaux de particules et contribuer fortement aux dépassements de la valeur limite journalière ;
- la remise en suspension sous l'action du vent (en zone urbaine, ce phénomène s'effectue sous l'action du trafic routier par exemple). Comme les particules secondaires, c'est une source difficilement quantifiable.

Sur la région de Fos-sur-Mer, selon les travaux de l'EMEP^{22 23}, les particules primaires ne représentent que 50 % des particules mesurées dans l'air.

La difficulté d'estimation des émissions en poussières secondaires et certaines poussières primaires (érosion des sols) explique les différences observées entre la modélisation et les mesures réelles sur le terrain.

Ammoniac

L'ammoniac a fait l'objet de mesures en deux points : Fos-sur-Mer (Pointe Saint-Gervais) et Cornillon-Corfoix (point « témoin » hors de l'influence industrielle). Les concentrations mesurées au niveau des deux points sont du même ordre de grandeur et très inférieures aux concentrations pouvant avoir un impact sur la santé des riverains (concentrations environ 50 fois plus faibles). Il n'y a donc *a priori* pas d'influence notable des sources industrielles. À noter que l'ammoniac n'est réglementé au niveau de la qualité de l'air ni en France ni en Europe.

²¹ Les vapeurs gazeuses émises dans l'atmosphère se condensent et forment des particules de très petite taille, qui grossissent par coagulation ou fixation de la vapeur d'eau (source : AIRPARIF, synthèse des connaissances sur les particules en suspension dans l'air et des travaux d'AirPARif sur ces polluants, Octobre 2008).

²² EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme) est un programme scientifique de coopération internationale portant sur la pollution atmosphérique transfrontalière à grande échelle.

²³ Source : http://webdab.emep.int/Unified_Model_Results/AN/

Benzo(a)pyrène

Le benzo(a)pyrène ayant fait l'objet d'un suivi en un seul point (Fos-sur-Mer, les Salins), il est difficile d'extrapoler pour l'ensemble du territoire. Notons que, lorsque les vents viennent de la terre (conditions hivernales), la concentration mesurée est plus élevée que lorsque les vents viennent du large (conditions estivales). En effet, les vents de mer sont peu ou pas chargés en pollution alors que les vents de terre sont chargés en polluants émis notamment par la zone industrielle de Fos-sur-Mer et les voies routières²⁴. En moyenne, sur les deux périodes, la concentration en B(a)P respecte la réglementation européenne (absence de réglementation française).

Dioxines & furanes

Les dioxines & furanes ne sont pas des substances suivies par les réseaux de surveillance et elles ne sont réglementées au niveau de la qualité de l'air ni en France ni en Europe. La phase 3 du projet AIGRETTE a donc été l'occasion de réaliser des mesures de concentration en dioxines & furanes dans les dépôts de poussières au niveau de six zones : Fos-sur-Mer (Pointe Saint-Gervais et Mas de la Fossette), Port-Saint-Louis (Caserne des pompiers), Miramas (Mas de la Combe), Cornillon, Istres (Trigeance). Les concentrations les plus importantes ont été mesurées au niveau de la pointe Saint-Gervais, c'est-à-dire au niveau du point le plus impacté par les rejets industriels, notamment par vents de secteur nord-ouest, majoritairement enregistrés pendant les deux périodes de mesures. Au vu de nos deux campagnes, ces concentrations restent cependant faibles au regard des concentrations habituellement rencontrées dans l'environnement (cf. valeurs INERIS²⁵). Ailleurs sur le territoire, les concentrations rencontrées au niveau des points de mesure sont environ deux fois plus faibles.

À noter que, selon les estimations réalisées par l'EMEP²⁶, environ 50 % des retombées en dioxines & furanes sur la zone de l'étang de Berre sont dues à des émissions locales (les 50 % restant sont liées aux émissions anthropiques émis hors du territoire français et transportées jusque là (transport transfrontalier)). Ce pourcentage est plus élevé que sur le reste du territoire français où seuls 10 % des retombées en dioxines/furanes sont liés aux sources locales.

Éléments traces (métaux lourds et métalloïdes : arsenic, cadmium, plomb...)

Comme les dioxines & furanes, les concentrations en métaux lourds dans les dépôts de poussières ne sont pas réglementées. D'une manière générale, les concentrations

²⁴ Sur le Territoire du SAN Ouest Provence, les émissions du trafic routier représentent 76 % des émissions en B(a)P et les émissions industrielles 26 %.

²⁵ INERIS, 2001, « Méthode de surveillance des retombées des dioxines et des furanes autour d'une UIOM ».

²⁶ <http://www.msceast.org/countries/France/index.html>.

les plus élevées sont mesurées à Port-Saint-Louis et Fos-sur-Mer (pointe Saint-Gervais), c'est-à-dire à proximité des sources industrielles. *A contrario*, à Cornillon-Corfoix et Grans, zones plus éloignées des sources émettrices, les concentrations sont beaucoup plus faibles.

Parmi les éléments traces mesurés, il est à noter que les niveaux en arsenic enregistrés au niveau de la Pointe Saint-Gervais sont beaucoup plus élevés que les niveaux enregistrés aux autres points. Ces valeurs sont à confirmer (cf. plan d'action). Un rapide calcul de risque montrerait un risque potentiel pour la santé si les riverains cultivaient et consommaient leurs légumes et viande.

5. Le compartiment eau, interactions, résultats, actions et recommandations

5.1. CONTEXTE

Le programme d'**échantillonnage** et d'analyses des eaux souterraines, des eaux de surface et des sédiments a été élaboré au vu des informations capitalisées durant la phase 1 ; les échantillons sont ainsi distribués :

- sur les secteurs à enjeux (usages des eaux et ressources soumis à une forte pression urbaine, industrielle et/ou agricole) ;
- et les secteurs peu connus, en complément des données disponibles en phase initiale,

afin d'évaluer, sur la base des informations disponibles, l'état des milieux et d'y déceler les éventuels signes de dégradation de la qualité des eaux.

Deux campagnes d'échantillonnage ont été effectuées correspondant aux deux situations extrêmes des eaux souterraines : en hautes eaux en 2008 puis en basses eaux en 2008. Pour chaque campagne, un ensemble de onze échantillons d'eau souterraine, onze échantillons d'eau de surface (étang et canaux), a ainsi été réalisé. Parallèlement un ensemble de quatorze échantillons de sédiments (étangs, canaux et Golfe de Fos) a été prélevé en 2008. Les échantillons ont tous été analysés selon un même protocole : 195 composés et molécules rassemblant l'essentiel des principales familles polluantes couramment rencontrées (métaux et métalloïdes, sels, hydrocarbures et dérivés, composés de synthèse dont les PCB, les solvants chlorés, les pesticides, etc.). Les dioxines et furanes ont été recherchés en sus dans les sédiments.

L'état zéro de la qualité des milieux se veut ainsi aussi complet que possible, et le grand nombre d'analyses réalisées (et la multitude de paramètres différents analysés), ont permis d'identifier des impacts, dont la nature et les conséquences ont été présentés dans le rapport BRGM/RP-55568-FR.

La position des points de prélèvements est présentée par les cartes jointes à la présente synthèse, pour les eaux souterraines et les eaux de surface.

L'interprétation des données de qualité des eaux a été effectuée selon les caractéristiques spécifiques à chaque secteur, pour les eaux souterraines (nappe de Crau), les eaux de surface (canaux, étangs) et les sédiments associés. La spécificité de l'approche AIGRETTE réside dans une interprétation intégrée des résultats des milieux eaux et sédiments à la lumière de toutes leurs relations possibles avec les autres milieux pris en compte dans le projet, à savoir l'air, le sol et les écosystèmes.

Les données sur la qualité des eaux ont ainsi été appréciées en les intégrant autant que faire se peut dans le fonctionnement hydrogéologique et hydrologique du territoire Ouest Provence ; ce modèle de fonctionnement (masses d'eau en présence, leurs écoulements et leurs relations avec les eaux superficielles, etc.) ont été pris en compte dans le dimensionnement des campagnes de mesures. Il ressort de ce travail de synthèse la spécificité du territoire Ouest Provence : le trait marquant est la position relative singulière d'une part des principales activités potentiellement polluantes pour les eaux et d'autre part des masses d'eau à enjeux : les secteurs industriels de Fos-sur-Mer et de Port-Saint-Louis se situent en position aval des principaux écoulements d'eaux souterraines (nappe de Crau) et d'eaux de surface du territoire.

Ces sources potentielles de pollutions industrielles, eu égard aux eaux souterraines, coïncident aussi avec les principales sources émettrices de polluants atmosphériques ; comme pour les eaux, ces sources se situent le plus souvent en aval aéraulique du territoire (vents dominant nord/sud). D'autres influences potentielles sur la qualité des eaux, bien que plus diffuses et réparties sur la grande majorité du territoire, coexistent avec ces éventuelles sources ponctuelles et industrielles du sud du territoire : rejets agricoles (engrais, pesticides, etc.) et urbains (métaux, hydrocarbures des transports, etc.).

Deux caractéristiques du territoire doivent être mentionnées : 1) la vulnérabilité de la **nappe de Crau** aux pollutions ; en effet cette nappe constitue la principale ressource en eaux souterraines du territoire, exploitée dans l'axe nord-sud (Miramas-Istres-Fos) par une série de pompages AEP (Alimentation Eau Potable). Cette vulnérabilité tient aussi au fait que la nappe de la Crau accueille dans sa partie amont l'ensemble industriel et urbain dense de Miramas (gare de triage, AREVA, etc.) et d'Istres (base aérienne, etc.), sources potentielles de pollutions ; 2) le Golfe de Fos et le milieu marin constituent les exutoires finaux des éventuelles pollutions transférées par les milieux air, eaux superficielles et eaux souterraines ; ce Golfe est enfin sous des influences aériennes (Industries du pourtour de l'étang de Berre, de Martigues, Lavera, Port de Bouc) et hydrologiques (via le Rhône) extraterritoriales.

Les eaux du territoire Ouest Provence présentent au vu des résultats du diagnostic initial, une bonne qualité (nappe de la Crau, canaux). Il s'agissait ici d'établir un état des lieux le plus exhaustif possible de la qualité du milieu eau et de « cibler » les signes de dégradation, afin de proposer ensuite des pistes d'actions. De façon plus générale, cet état « zéro » établi dans le cadre du projet AIGRETTE permettra de suivre les tendances en termes de qualité des eaux dans le futur et donc d'agir pour prévenir d'éventuels risques mais également de mettre en place des solutions de gestions aux coûts proportionnés aux enjeux.

5.2. RÉSULTATS DES INVESTIGATIONS

Les **principaux résultats** de cet état des lieux qualitatif réalisé en 2008 sont les suivants :

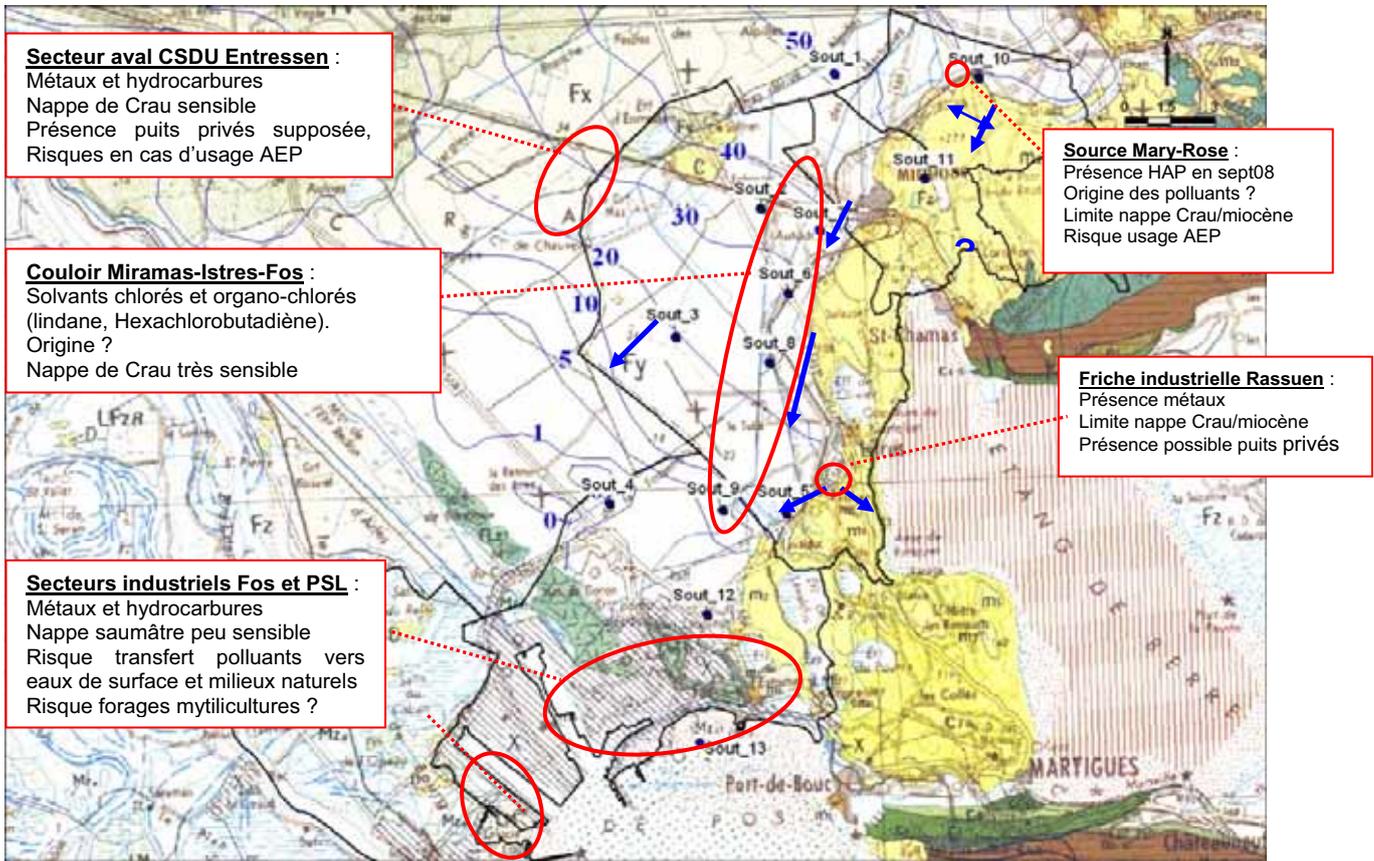
1. l'absence de pollution généralisée des eaux et une bonne qualité générale de la masse d'eau à l'échelle du territoire ;

2. la présence locale de quelques anomalies :

- la présence de traces de **lindane**, un insecticide détecté dans les captages d'eau potable d'Istres et de Fos-sur-Mer, à une concentration proche des limites inférieures de quantification (LIQ) du laboratoire et supérieure à la limite de potabilité,
- dans les secteurs industriels, en particulier la zone industrielle de Fos-sur-Mer, la présence de polluants d'origine industrielle a été mise en évidence dans les **eaux de surface** et les sédiments des canaux. Les polluants sont essentiellement des métaux et des substances de type hydrocarbures. Même si les enjeux sont « faibles » dans ce secteur, en l'absence d'usages sensibles de l'eau des canaux, les flux de polluants dans cette zone transitent vers le golfe de Fos, lequel constitue l'exutoire final des eaux issues du territoire,
- la présence à des concentrations traces (proches des Limites Inférieures de Quantification) de solvants chlorés (trichloréthylène, tetrachloréthylène) au niveau des puits AEP captant la nappe de la Crau. Les concentrations observées en 2008 sont inférieures aux limites de potabilité mais, compte tenu des débits annuels pompés au niveau de ces ouvrages, reflètent de l'occurrence de masses de solvants au sein de la nappe,
- la présence d'hydrocarbures aromatiques (alpha-méthylstyrène) et polycycliques (phénanthrène) à la source AEP de Mary-Rose, laquelle alimente la commune de Grans en eau potable.

L'interprétation des données d'analyses montre que certains milieux, ou « masses d'eau », présentent une qualité non-conforme aux objectifs de la Directive Cadre européenne sur l'Eau (DCE), soit par voie de conséquence un risque fort de non-atteinte du bon état chimique des eaux en 2015. C'est le cas des eaux marines littorales du golfe de Fos, en raison notamment de la présence de métaux et de polluants de type organique. La Touloubre et l'étang d'Entressen risquent également de ne pas atteindre le bon état en raison de phénomènes d'eutrophisation.

Les principales problématiques de qualité sont présentées par les cartes ci-après pour les eaux souterraines et les eaux de surface.



Fond de carte géologique BRGM à 1/250 000

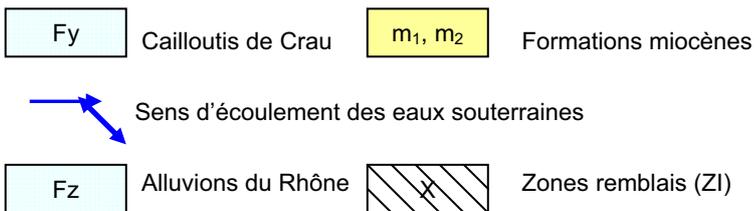


Figure 3 : Qualité des eaux souterraines – principales problématiques.

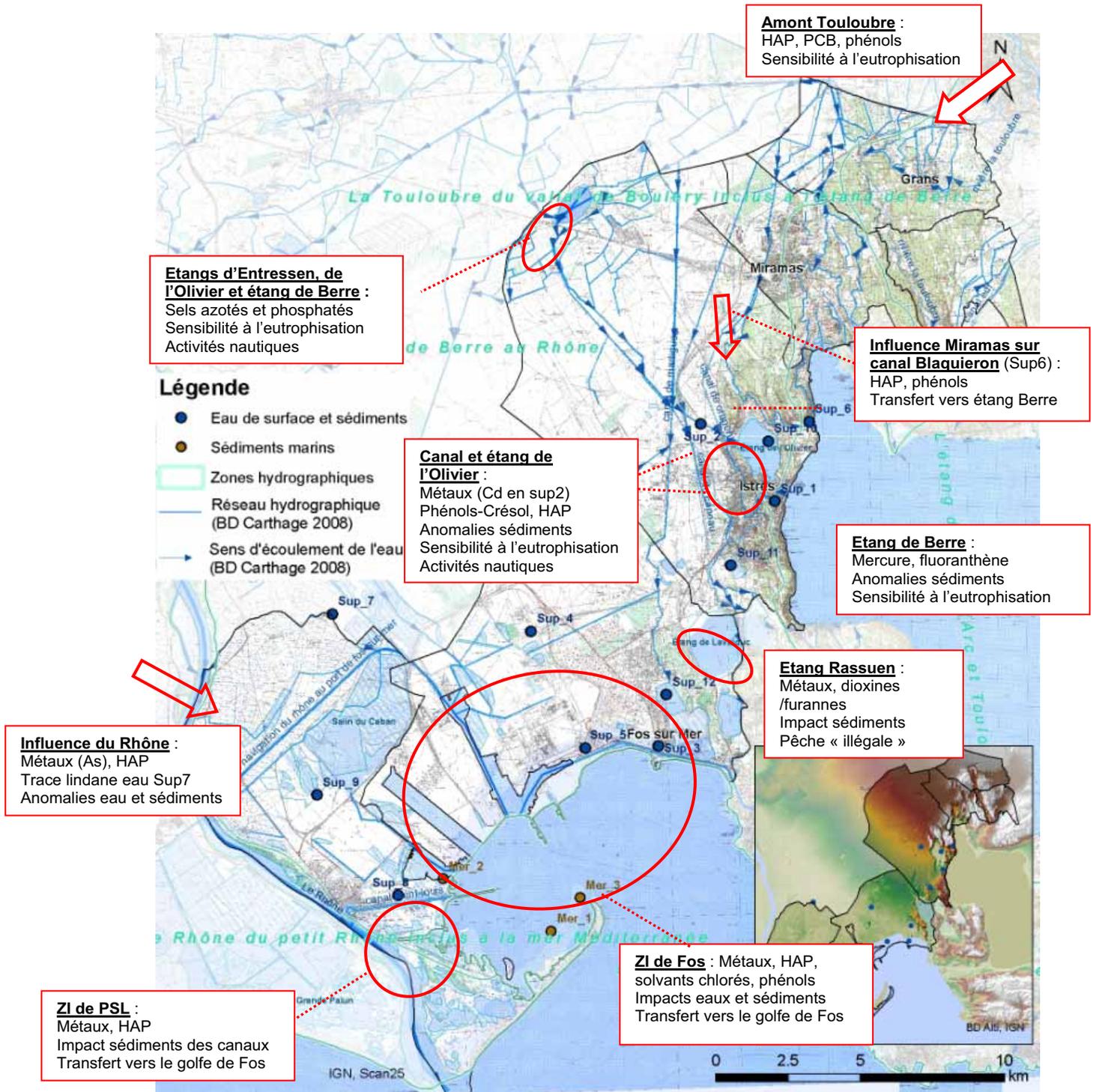


Figure 4 : Qualité des eaux de surface – principales problématiques.

5.3. IDENTIFICATION DES SECTEURS À ENJEUX ET PISTES D' ACTIONS

Compte tenu des relations étroites entre les compartiments eaux souterraines, eaux de surface, eaux littorales et sédiments, les enjeux relatifs à chacun de ces milieux sont intimement liés comme par exemple dans le cas de la nappe de Crau qui est alimentée par les pertes des canaux d'irrigation et les pratiques d'irrigation du foin de Crau, ou encore le drainage des eaux de la nappe dans sa partie avale, par la tranchée drainante de la zone industrielle de Fos.

Les pistes d'actions proposées ci-après sont présentées par secteurs géographiques. Le tableau présenté page 48 récapitule les résultats, recommandations et propositions d'actions.

Secteur n° 1 : Secteurs des Zones Industrielles de Fos-sur-Mer et de Port-Saint-Louis-du-Rhône - transferts de polluants vers les eaux littorales et sédiments du Golfe de Fos

Les secteurs industriels de Fos-sur-Mer et de Port-Saint-Louis-du-Rhône présentent des similitudes en ce qui concerne les milieux aquatiques : ils reposent sur une « nappe saumâtre » peu profonde, en équilibre avec les eaux marines, et les eaux de surface s'écoulent directement vers le golfe de Fos (et les canaux de navigation).

Dans les zones pavillonnaires de Fos-sur-Mer, des puits domestiques captent les eaux souterraines. Ils se trouvent en position d'amont hydraulique par rapport à la majorité des sites industriels de la Zone industrielle portuaire de Fos (ZIF) (sauf le dépôt pétrolier du terminal de Crau). Ils sont donc peu vulnérables à d'éventuelles pollutions. Les analyses réalisées sur l'un de ces puits (Sout12) confirment l'absence d'impacts.

Les impacts sur les **eaux souterraines** sont le plus souvent constatés au droit des sites industriels. Un suivi de la qualité des eaux souterraines au droit de la majorité des ICPE²⁷ est assuré par les services d'état (DRIRE/DREAL) : auto surveillance au titre des autorisations d'exploiter avec rapport annuel.

Il est en effet important de suivre les mouvements des polluants dans les eaux car les eaux souterraines ont le potentiel de véhiculer les polluants vers les eaux de surface, lesquels sont transférés *in fine* vers le golfe de Fos via les canaux. De plus le passage des eaux douces souterraines aux eaux saumâtres puis marines peut être complexe car il dépend du contexte hydrogéologique et des équilibres (dus en particulier aux différences de densité) entre ces différents types d'eaux.

Les **eaux de surface** sont localement impactées par les rejets directs des sites industriels, pour les substances suivantes : métaux et hydrocarbures (HAP²⁸), phénols, avec des dépassements des valeurs seuils retenues dans le cadre du projet (SEQ-

²⁷ Installation Classées pour la Protection de l'Environnement.

²⁸ Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques, constituant des suies, goudrons et bitumes.

Eau²⁹). Pour certains paramètres (métaux), les valeurs mesurées dépassent les seuils de qualité fixés par la DCE (NQE³⁰).

Le canal de Fos apparaît fortement pollué au vu des résultats d'analyses d'eaux et de sédiments de 2008. Deux principales sources potentielles de pollution, susceptibles d'être à l'origine de ces pollutions, peuvent être *a priori* identifiées dans ce secteur : les rejets de la raffinerie ESSO et le rejet de la STEP de Fos-sur-Mer.

À la suite de ce constat, des investigations complémentaires doivent être envisagées, les **pistes d'actions** suivantes sont proposées :

- une meilleure compréhension et connaissance des émissions à l'origine de la dégradation de la qualité des eaux, pour les métaux, hydrocarbures (HAP) et phénols qui passe par la mise en œuvre d'un suivi régulier de la qualité des eaux des canaux permettant d'appréhender leur évolution sur le long terme ;
- par ailleurs, les polluants étant présents majoritairement dans les sédiments, des précautions devront être prises lors de toutes actions sur les canaux, en particulier lors de curage. Les aspects de sécurisation environnementale des travaux (risques de remobilisation par mise en suspension de polluants, etc.) et de gestion des matériaux pollués curés devront pris en compte préalablement aux curages.

Les enjeux liés à ces impacts sont essentiellement les risques de dégradation de l'**exutoire final**, à savoir le **Golfe de Fos**, dont la qualité physico-chimique des eaux est moyenne pour les matières organiques et oxydables, les métaux lourds, les pesticides et autres polluants organiques, avec un risque fort de non-atteinte du bon état en 2015 (DCE).

Par ailleurs, les données d'aérologie (phase AIR du projet AIGRETTE) montrent que les retombées atmosphériques des panaches de fumées issues du territoire Ouest Provence se font préférentiellement vers le Sud, donc vers le milieu marin.

Les analyses des **sédiments** marins réalisées dans le cadre d'AIGRETTE apportent des éléments qui confirment que le golfe constitue bel et bien un des récepteurs majeurs du territoire. Les sédiments analysés, témoins d'une quarantaine d'années de pratique industrielle (sous réserve que les zones investiguées n'ont pas fait l'objet de curages ou d'opérations de clapage) sont effectivement marqués notamment par les métaux lourds et les dioxines.

D'après les suivis réalisés notamment par l'IFREMER sur la qualité des eaux du golfe, il apparaît que celui-ci bénéficie d'une courantologie (complexe et stratifiée) favorable à l'évacuation, la dilution et la dispersion des polluants vers le large et la mer Méditerranée ; avec une circulation des eaux liée aux vents dominants (vents du nord) générant un renouvellement des eaux, les eaux douces de surface sont dans ce cas

²⁹ SEQ-eau : Système d'Evaluation de la Qualité des eaux.

³⁰ Normes de Qualité des Eaux.

évacuées vers le large. Il est à noter que la zone du Golfe de Fos comprend cinq Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Floristique et Faunistique marine (ZNIEFF).

Le diagnostic de la qualité environnementale du Golfe de Fos est complexe, et ne fait pas partie du cadre du projet AIGRETTE. Toutefois, du fait de la présence de dioxines dans les sédiments marins, il apparaît que certaines substances, non analysées actuellement dans le cadre de la surveillance régulière du littoral méditerranéen, mériteraient d'être analysés ponctuellement dans le cadre d'une ou plusieurs campagne(s) d'analyses au minimum à titre de contrôle.

Il serait par exemple approprié d'analyser un grand nombre de composés d'origine industrielle (dont les phénols, dioxines/furanes...), dans la chair des moules et/ou tout autre organisme benthique pouvant accumuler dans ses chairs des composés organiques lipophiles de ce type (poissons gras, etc.), compléments qui pourraient réaliser dans le cadre du suivi assuré par Ifremer.

Secteur n° 2 : Plaine de Crau - vulnérabilité des forages AEP

La nappe de la Crau constitue la principale ressource en eau souterraine du territoire Ouest Provence. L'aquifère couvre l'ensemble de la plaine de Crau, et les eaux de la nappe s'écoulent en direction du Sud/Sud-ouest. La ZIF se trouve donc en aval de la nappe et ne constitue pas une menace potentielle pour la qualité de ses eaux.

Cette nappe phréatique est très vulnérable puisqu'elle est peu profonde et que les sols caillouteux de la plaine de Crau qui la recouvre sont très perméables (absence de protection naturelle de la nappe vis-à-vis des pollutions de surface).

Plusieurs puits et forages captent la nappe de Crau pour l'**Alimentation en Eau Potable (AEP)** des communes d'Ouest Provence et de Port-de-Bouc, dans un « couloir hydrogéologique » allant de Miramas à Fos-sur-Mer. L'ensemble des résultats d'analyses (suivi sanitaire de la DDASS, AIGRETTE...) montre une bonne qualité des eaux, respectant la réglementation en matière de distribution publique d'eau potable.

Par ailleurs, la qualité de la nappe est conforme à l'objectif de bon état chimique demandé par la DCE pour 2015 (sauf pour le lindane³¹), au niveau des captages AEP et des puits échantillonnés dans le cadre d'AIGRETTE.

Toutefois, quelques signes de dégradation de la qualité de la nappe ont été mis en évidence dans le cadre du projet :

- la présence de traces d'un pesticide organochloré (**lindane**) à une concentration supérieure à la limite de potabilité aux forages d'Istres Caspienne et de Fos Fanfarigoule, ainsi qu'en amont du territoire ; cet insecticide (également présent dans les produits de traitement des bois) est interdit en France depuis 1998 ;

³¹ L'impact lié au lindane doit être confirmé par de nouvelles analyses, dans la mesure où c'est la 1^{ère} fois que cet insecticide est détecté au droit des forages AEP (analyses réalisées deux fois/an par les services de la DDASS).

- la présence d'**hydrocarbures aromatiques** (alpha-méthylstyrène) et polycycliques (phénanthrène) à la source AEP de Mary-Rose, laquelle alimente la commune de Grans en eau potable ;
- des traces de **solvants chlorés**, à des concentrations très faibles, mais présentes de manière récurrente, sur les forages d'Istres Caspienne et de Fos Fanfarigoule. Par le passé, des solvants ont été décelés également au forage AEP de Miramas Sulauze. On retient par ailleurs la forte vulnérabilité du captage AEP de Miramas, en raison de sa position en aval direct de zones industrielles présentant des sols pollués ou potentiellement pollués (AREVA, Ateliers de Provence, gare de triage SNCF...) d'après les résultats du diagnostic initial ;
- la problématique des sels nutritifs (nitrates, phosphates) affecte peu la nappe de Crau, même si la teneur en nitrates est plus élevée dans la partie aval de la plaine, indiquant des apports d'azote depuis les sols et les eaux de surface.

Lindane, hydrocarbures et solvants chlorés ont été détectés en 2008 à l'état de traces (ordre de grandeur du dixième au µg/l), à des concentrations proches des limites inférieures de quantification appliquées par le laboratoire.

Il est nécessaire de valider ce constat par des analyses de contrôle, puis, le cas échéant de s'assurer de l'absence de risques sanitaires et de prendre des mesures pour la préservation de la ressource. D'ores et déjà, les services de la DDASS ont été informés de la présence de lindane mesuré à une concentration supérieure à la limite de potabilité en septembre 2008, au droit des deux captages AEP d'Istres et de Fos-sur-Mer.

Parmi les **actions proposées**, un suivi plus fréquent du lindane (et de ses isomères) est nécessaire afin de vérifier si cet insecticide est à nouveau détecté, pour les forages de la plaine de Crau, ainsi que les hydrocarbures aromatiques et polycycliques pour la source Mary-Rose.

Si le lindane est à nouveau détecté, des solutions devront être trouvées en concertation avec les services de la DDASS (études de recherche des sources de pollution, mise en œuvre de techniques de traitement...). Il est possible que la présence de lindane soit liée à sa persistance dans les sols, et à son utilisation de par le passé dans les secteurs agricoles/arboricoles.

La présence de solvants chlorés n'appelle aucune action corrective particulière tant que les concentrations respectent les critères réglementant la qualité de l'eau potable ; toutefois, la présence de ces composés de synthèse dans les eaux de puits en pompage (dilué du fait, d'un appel de l'eau vers le forage de toutes les eaux autour du forage y compris les eaux pollués en provenance de secteurs particuliers (inconnus à ce jour), pose le problème de la qualité, à terme, de la ressource dans l'environnement de ces puits.

Ces nouveaux éléments d'information seront à prendre en compte dans le cadre de la réflexion engagée par Ouest Provence pour la sécurisation des captages d'eau potable existants ou la création de nouveaux captages.

En limite du territoire, la qualité de la nappe de Crau est impactée au droit et en aval direct du **centre de stockage de déchets d'Entressen**, malgré des travaux de dépollution engagés en 2000 par l'exploitant. Ce secteur se trouve en limite ouest du territoire, la nappe s'écoule en direction du Sud-Ouest, et n'influence donc pas la qualité des eaux du « couloir hydrogéologique » Miramas-Fos où se trouvent les captages publics d'eau potable. Toutefois, compte-tenu de la présence de quelques puits domestiques dans ce secteur, et d'un usage potentiel pour l'alimentation en eau potable, des actions d'information sont nécessaires (Mas d'Amphoux et de Chauvet notamment).

Enfin, une étude hydrogéologique est réalisée actuellement sous maîtrise d'ouvrage du SYMCRAU³². Il s'agit d'un diagnostic qualitatif et quantitatif de la nappe sur l'ensemble de la plaine de Crau (jusqu'à Arles). Cette étude devrait conduire à la mise en œuvre d'un réseau piézométrique de contrôle patrimonial de la qualité de l'ensemble de la nappe.

Dans le cadre de ce futur **suivi de la qualité de la nappe**, il serait nécessaire d'implanter plusieurs piézomètres de contrôle dans le « couloir hydrogéologique » qui s'étend de Miramas à Fos, notamment entre et en amont des forages AEP. Cette recommandation est importante du fait du rôle stratégique de cet aquifère.

Secteur n° 3 : Bassin versant de l'étang de Berre - phénomènes d'eutrophisation

Compte tenu de l'existence de suivis environnementaux spécifiques prenant en compte notamment la qualité biologique des eaux, les phénomènes d'eutrophisation ont été peu abordés dans le cadre du projet AIGRETTE. Ces actions spécifiques sont coordonnées par les collectivités, à savoir le SIAT³³ (Touloubre) et le GIPREB³⁴ (étang de Berre).

Il est toutefois nécessaire de rappeler ici l'importance de cette problématique qui concerne les étangs d'Entressen et de l'Olivier, où le développement de **cyanobactéries** potentiellement **hépatotoxiques** a été constaté en 2008. Cette problématique concerne également la Touloubre, soumise à une forte pression anthropique (rejets d'assainissement) en amont du territoire Ouest Provence, et l'étang de Berre et l'ensemble de ses affluents d'une manière générale.

Par ailleurs, la qualité de la Touloubre est soumise à d'autres impacts liés à la présence de solvants chlorés et d'hydrocarbures (sédiments).

Nous rappelons enfin l'existence de branchements « sauvages » de rejets d'eaux pluviales, voire d'assainissement, vers les canaux d'irrigation. L'attention des

³² Syndicat Mixte d'étude et de gestion des eaux de la nappe de la Crau.

³³ Syndicat intercommunal d'aménagement de la Touloubre.

³⁴ Groupement d'intérêt public pour réhabiliter l'étang de Berre.

collectivités est attirée sur ce problème, qui peut accentuer les phénomènes d'eutrophisation et présenter un risque sur la qualité des eaux pour d'autres paramètres (métaux, hydrocarbures).

Secteur n° 4 : Rassuen

L'ancien site industriel (de production d'engrais) de Rassuen se trouve en limite de la nappe de Crau et des formations miocènes entre Crau et étang de Berre.

La contamination des sols connues depuis le début des années 1990, et ayant déjà fait l'objet de travaux de dépollution et de confinement (1994-1995) a été précisée par les investigations et mesurées réalisées dans le cadre de la phase Sols du projet AIGRETTE ; les compléments apportés concernent l'extension (hors emprise du site de l'usine), et la nature des dépôts et pollutions. Une pollution des sols de surface dans l'environnement de la friche, par des dioxines et furanes a ainsi été identifiée et circonscrite. Ces pollutions résultent en grande partie de la présence de résidus de grillage de pyrite qui entrait dans le procédé de l'usine de Rassuen : métaux, HAP, sels dioxines & furanes.

Les données d'analyses rassemblées en phase diagnostic du projet indiquent une dégradation de la qualité des eaux souterraines au droit du site par les **métaux** (arsenic, manganèse, plomb) et les sels solubles (sulfates, chlorures, fluorures, phosphates, etc.) dont les **composés azotés** (nitrates et ammonium). Ces composés dissouts dans les eaux sont attribuables aux anciennes activités industrielles du site de Rassuen (fabrication d'acide sulfurique, chlorhydrique, d'engrais superphosphatés, etc.) Le contexte hydrogéologique du site montrerait qu'une partie de ces eaux se déverserait vers le sud-est dans l'étang de Rassuen et qu'une autre partie se déverserait vers l'ouest et le sud-ouest vers la nappe de Crau, ressource en eau du secteur. Par ailleurs, les analyses réalisées dans le cadre d'AIGRETTE (étang de Rassuen) ont montré des teneurs élevées en métaux et en dioxines & furanes dans les sédiments de l'étang.

Sur la base de cet état des lieux, les **pistes actions** proposées sont :

- poursuite de la surveillance des eaux souterraines au droit et en aval du site (suivi ICPE arrêté en 2001), dans les formations miocènes d'une part, et dans la nappe de Crau en aval du crassier ;
- vérification de la présence éventuelle (ou de l'absence) de puits domestiques dans les habitations du quartier (formations miocènes) ;
- mise en œuvre éventuellement de restriction d'usage dans un périmètre au sein duquel la qualité des eaux aura été dégradée pour des usages donnés ;
- affichage des interdictions de baignade et de pêche dans l'étang de Rassuen et pièces d'eaux adjacentes. Cette restriction d'usage pourra être assujettie aux résultats d'analyses complémentaires des eaux, des sédiments et des chairs des poissons de l'étang de Rassuen.

Secteurs à enjeux	Type de milieu	Entité	Impacts constatés ou suspectés	Enjeux	Pistes d'actions proposées
Secteur n° 1 : ZI Fos et PSL (Transfert de polluants vers le golfe de Fos)	Eaux souterraines	Nappe Crau	Dépôt pétrolier terminal de Crau	Puits domestiques de Fos-sur-Mer	Surveillance piézométrie
		Nappe saumâtre	Solvants chlorés, hydrocarbures	Transfert vers le golfe de Fos	Contrôle suivi ICPE site Basell Localiser éventuelles anciennes décharges secteur Fossette
	Eaux de surface	Canaux	Métaux, hydrocarbures (HAP), phénols dans les eaux et sédiments	Transfert vers le golfe de Fos	Contrôle rejets raffinerie Esso et STEP Fos Précautions en cas de curage des canaux Mise en place d'un suivi qualité des eaux des canaux
		Golfe Fos	Composés non analysés par le réseau de surveillance littoral	Qualité du golfe de Fos Risque de non-atteinte du bon état en 2015 (DCE)	Analyses multi-paramètres (dont phénols et dioxines) - chair des moules Autres actions en concertation MISE
Secteur n° 2 : Plaine de Crau (Vulnérabilité forages AEP)	Eaux souterraines	Nappe Crau - couloir hydro. Miramas - Fos	Lindane Solvants chlorés	AEP	Surveillance qualité Actions adaptées si rémanence lindane
		Source Mary-Rose	Hydrocarbures	AEP	Surveillance/Vérification risque sanitaire Actions en cas de rémanence
		Nappe de Crau – aval CSDU Entressen	Métaux Hydrocarbures	Puits domestiques	Actions d'information auprès des habitants
Secteur n° 3 : BV Etang de Berre (Eutrophisation)	Eaux de surface	Étangs d'Entressen et de l'Olivier	Eutrophisation/ Développement de cyanobactéries	Risque sanitaire loisirs nautiques Risque non-atteinte du bon état en 2015 (Entressen)	Actions en cours de discussion avec les autorités sanitaires (DDASS)
		Ensemble des affluents de l'étang de Berre (dont la Touloubre)	Eutrophisation	Impacts sur la faune et la flore	Suivi et actions coordonnées par le SIAT et le GIPREB
		Canaux d'irrigation	Qualité générale Eutrophisation	Irrigation cultures/jardins potagers Transfert vers l'étang de Berre	Contrôle des « branchements sauvages » par les collectivités
Secteur n° 4 : Rassuen	Eaux souterraines	Secteur Rassuen : Nappe de Crau Calcarénites miocènes	Métaux Composés azotés	Risques sanitaires si prélèvements puits Transfert vers l'étang de Rassuen	Suivi qualité au droit du site Vérification absence puits domestiques
	Eaux de surface	Étang de Rassuen	Métaux Dioxines	Sensibilité des milieux naturels Risques sanitaires en cas de pêche et de consommation des poissons	Analyses complémentaires, notamment sur la chair des poissons
Divers	Eaux de surface	Étang de l'Estomac	Présence d'arsenic	Qualité de l'étang / milieux naturels	Analyses complémentaires arsenic Si nécessaire, recherche de son origine

Tableau 1 : Récapitulatif des enjeux pour la qualité des eaux et les pistes d'actions proposées

6. Le compartiment faune flore, interactions, résultats, actions et recommandations

6.1. CONTEXTE ET MÉTHODOLOGIE « VOLET FAUNE, FLORE »

6.1.1. Rappels du contexte et démarche globale

À la lumière des objectifs généraux du projet AIGRETTE, les milieux naturels ont été identifiés comme « *cibles potentielles sur lesquelles une ou des pollutions peuvent porter préjudice à leur qualité* ». Ils sont donc considérés comme une entité physique et environnementale pouvant être soumise à un danger ou un risque potentiel.

Partant de ce constat, la phase « Faune - Flore » du projet AIGRETTE a donc eu pour objectif de :

- **définir un protocole standardisé** d'observation des milieux naturels représentatifs du territoire du SAN Ouest Provence, permettant d'établir un véritable « **état initial écologique** » à partir d'inventaires écologiques ciblés et opérationnels ;
- proposer la **méthode de suivi standardisé** permettant **l'évaluation sur les moyens et longs termes des modifications de position des stations et des évolutions écologiques** de ces milieux naturels.

Ce suivi écologique des milieux naturels du territoire du SAN Ouest Provence permettra de répondre à l'hypothèse de départ : *Y'a-t-il un changement significatif au cours du temps dans la composition, la structure et la diversité des communautés végétales et animales des milieux naturels du territoire du SAN Ouest Provence ? Si oui, quelles sont les interprétations possibles, donc les facteurs induisant ce changement ?*

6.1.2. Éléments méthodologiques pour la réalisation de « l'état initial écologique »

Choix de stations écologiques de référence

Expertiser l'ensemble des milieux naturels à l'échelle du territoire du SAN Ouest Provence (six communes) pour en définir un « état écologique initial » nécessiterait un investissement très lourd sur cette seule thématique, aussi bien au niveau humain, matériel et financier. La méthode proposée s'est donc basée sur un **échantillonnage des grands types de milieux naturels** du territoire du SAN Ouest Provence, en déterminant des stations écologiques de référence représentatives de ces milieux. Ainsi, **trois stations écologiques par type de milieu naturel** (reproductivité des placettes de référence) **d'une surface d'échelle micro-locale de 1 ha**, géoréférencées et matérialisées sur le terrain, ont été définies pour les types de

milieux naturels suivants : la Crau sèche, les garrigues et pelouses, les zones humides d'eau salée et saumâtre, les zones humides d'eau douce.

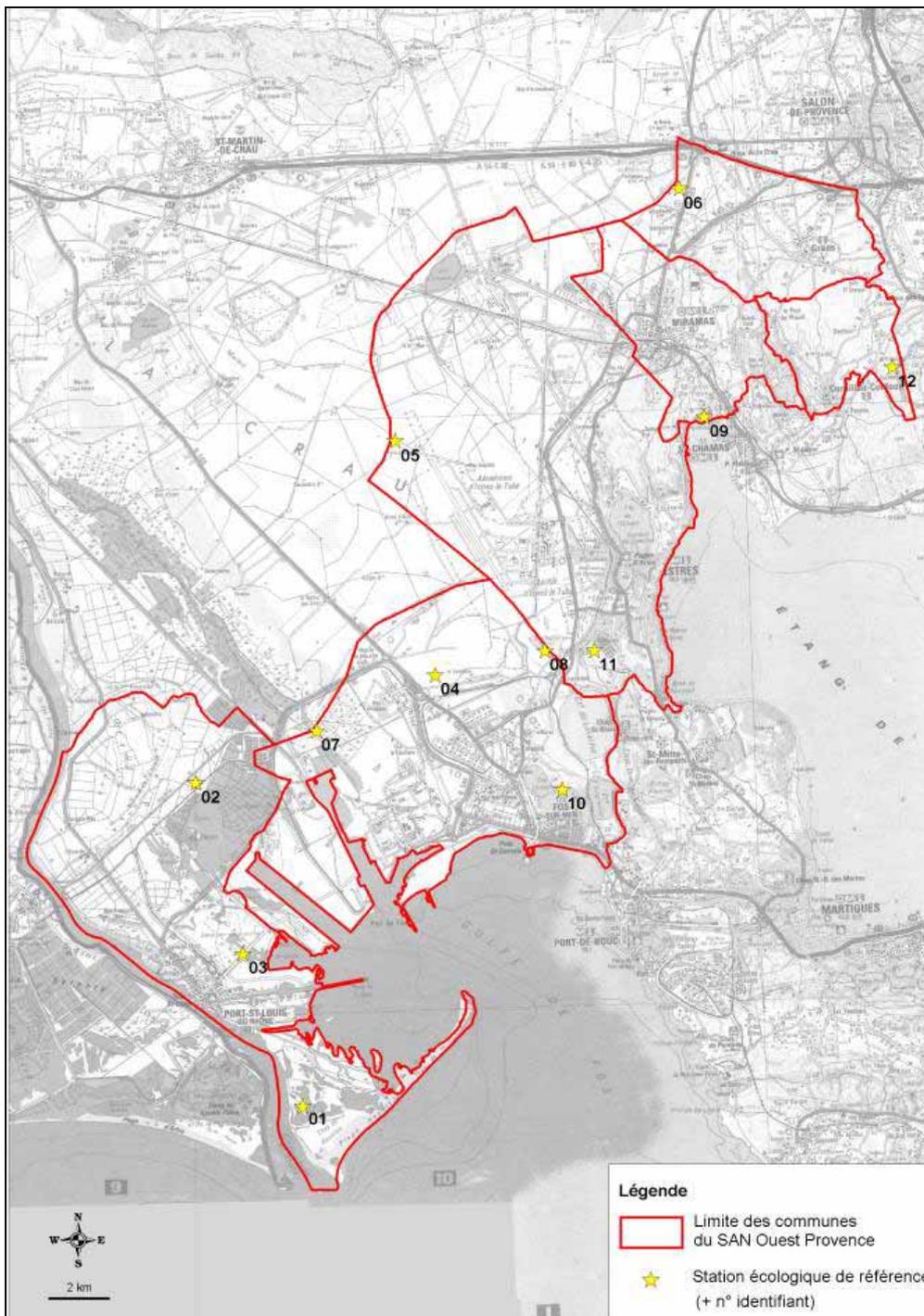


Figure 5 : Localisation des placettes écologiques de référence.
Fond : SCAN25©IGN – Réalisation : V.RAYMOND, ECO-MED, 08/2008

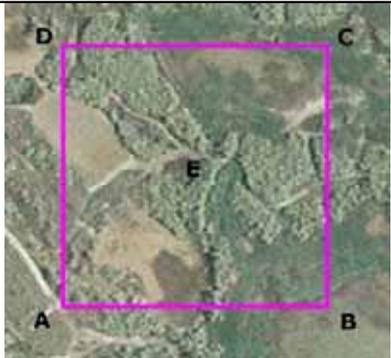
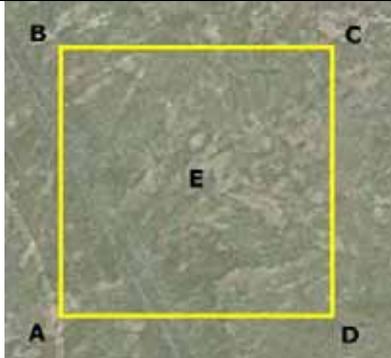
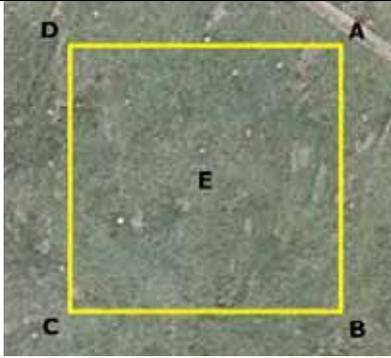
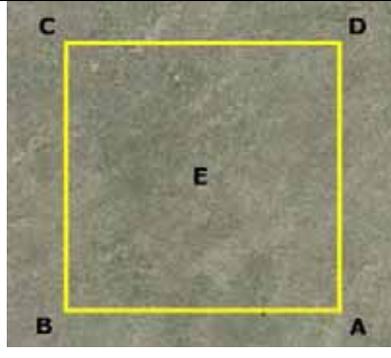
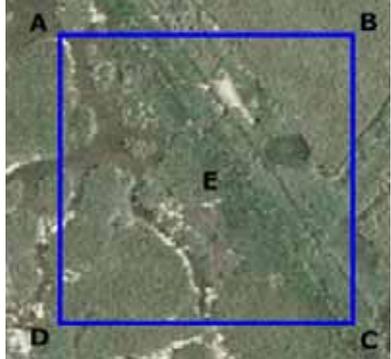
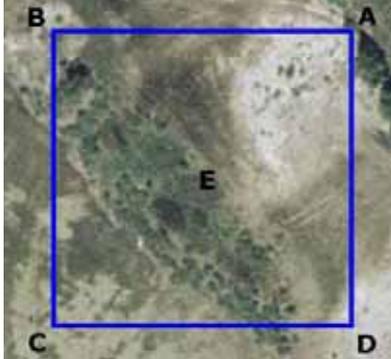
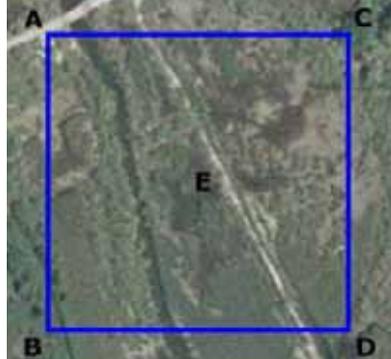
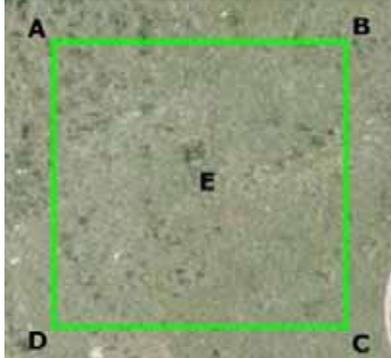
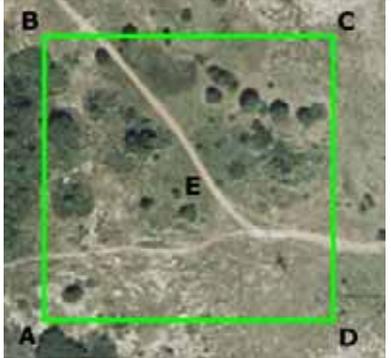
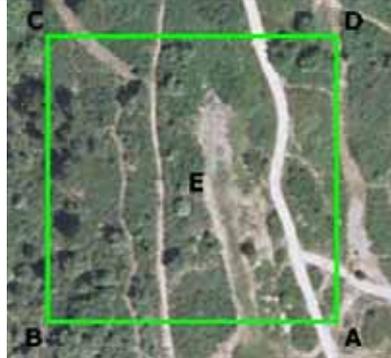
Zones humides d'eau salée et saumâtre	Placette 01	Placette 02	Placette 03
			
	Placette 04	Placette 05	Placette 06
Crau sèche			
	Placette 07	Placette 08	Placette 09
zones humides d'eau douce			
	Placette 10	Placette 11	Placette 12
Garrigues et pelouses			

Figure 6 : Repérage sur photo-aérienne des placettes écologiques de référence.
(Source : BDORTHO®IGN)

Méthodologie d'inventaires

La méthode générale mise en application pour le projet AIGRETTE se base sur :

- des inventaires écologiques quantitatifs et qualitatifs, ciblés sur les compartiments biologiques suivants :
 - **habitats naturels et flore vasculaire** (espèces végétales), avec la réalisation d'inventaires de type Braun-Blanquet à différentes échelles (placette et infra-stationnelle – quadrats),
 - **insectes**, avec la réalisation d'inventaires (passages diurnes de type transect aléatoire) ciblés sur certains groupes d'espèces qualifiées de bio-indicatrices,
 - **amphibiens**, avec la réalisation de points d'écoutes nocturnes au niveau des stations en zone humide et de dénombrement par classes d'abondance,
 - **reptiles**, avec des inventaires basés sur la technique des abris artificiels (pour les stations en zone humide) relevés à intervalles réguliers et des observations directes des individus par le biais de passage diurne de type transect,
 - **oiseaux**, par la réalisation d'inventaire des passereaux nicheurs *via* la technique des Indices Ponctuels d'Abondance (IPA), et de prospections complémentaires *via* la technique des transects et points d'observation ;
- **des relevés de variables environnementales** : pour chaque station écologique, les facteurs de milieu (permettant la caractérisation physique et biologique globale de la placette) et les facteurs de perturbations (correspondant aux paramètres entraînant et/ou pouvant entraîner la modification des caractéristiques et fonctions spécifiques d'un milieu naturel) sont identifiés, localisés et qualifiés à dire d'expert (en fonction des données disponibles) ;
- **des relevés photographiques** : pour chaque station écologique, un relevé photographique à repères fixes a été élaboré permettant d'évaluer la vitesse et la nature de l'évolution des milieux naturels.

6.2. SYNTHÈSE DES RÉSULTATS « VOLET FAUNE, FLORE »

L'ensemble des données d'inventaires écologiques et des relevés des variables environnementales et photographiques ont été regroupées au sein d'une fiche type standardisée, pour chaque placette écologique. Ces fiches permettent d'avoir un aperçu de l'ensemble des résultats obtenus dans le cadre de l'élaboration de l'« état initial écologique » pour chaque placette, à l'instant T0 (année 2008 en l'occurrence). Elles constituent ainsi un véritable outil de référence et d'analyse pour chaque placette écologique.

Le tableau ci-dessous dresse une synthèse succincte des principaux éléments d'analyse concernant cet état initial écologique, en fonction des différentes placettes.

Zones humides d'eau salée et saumâtre	PL01		<p>Mosaïque de sansouïres et de roselières semi-boisées par le Tamaris de France (<i>Tamarix gallica</i>), globalement caractéristique mais pauvre en diversité floristique. Présence d'espèces d'insectes à fort enjeu (spécialisation – espèces rares) et très forte diversité en oiseaux.</p> <p>Occupation importante du Sénéçon en arbre (<i>Baccharis halimifolia</i>), espèce exotique à forte capacité de colonisation, dégradant l'habitat de la plupart des espèces caractéristiques de ce milieu.</p> <p>Station écologique de référence inscrite dans un secteur géographique faisant l'objet d'une exploitation de la roselière et de l'activité de chasse, bénéficiant par ailleurs de mesures de protection (Conservatoire du Littoral, site Natura 2000).</p>
	PL02		<p>Sansouïre assez caractéristique et en bon état de conservation lié à son hétérogénéité (mosaïque de micro-habitats), spécialisation des espèces (insectes notamment), richesse remarquable en oiseaux.</p> <p>Problématique liée à la présence de nombreuses éoliennes et infrastructures (canaux, chemin de fer, pistes) situées à proximité influant sur la fonctionnalité globale du secteur (en particulier pour les oiseaux).</p> <p>Station écologique de référence inscrite dans un secteur géographique faisant l'objet d'un pâturage par les chevaux, bénéficiant par ailleurs de mesures de protection (site Natura 2000).</p>
	PL03		<p>Sansouïre présentant une bonne typicité, mais enfrichée sur sa partie nord. Faible diversité en espèces animales et végétales (milieux alentours hétérogènes peu favorables, limitant la fonctionnalité globale de la placette).</p> <p>Fort enjeu fonctionnel car dernière continuité écologique naturelle entre le bord de mer et l'intérieur des terres.</p> <p>Route à fort trafic située à proximité de la station, passage de véhicules motorisés au sein de la station.</p>

Crau sèche	PL04		<p>Coussoul typique et en bon état de conservation, présentant une richesse spécifique végétale importante liée à un cortège d'annuelles diversifié. Par contre, faible diversité au niveau des espèces animales (liée à la forte spécificité de l'habitat dominant), mais présence d'espèces emblématiques à fort enjeu de conservation (Lézard ocellé, Ganga cata, Outarde canepetière).</p> <p>Secteur de coussoul fonctionnel, faisant l'objet d'un pâturage ovin, bénéficiant d'une protection réglementaire forte (Réserve Naturelle des Coussouls de Crau).</p>
	PL05		<p>Coussoul typique et en bon état de conservation, présentant une richesse spécifique végétale importante liée à un cortège d'annuelles diversifié. Par contre, faible diversité au niveau des espèces animales (liée à la forte spécificité de l'habitat dominant). Nombreux gîtes pour le Lézard ocellé. Avifaune typique et emblématique du coussoul (Ganga cata, Outarde canepetière, Oedicnème criard, Alouette calandre, Alouette calandrelle).</p> <p>Secteur particulièrement fonctionnel puisque situé en pleine Crau. Station écologique de référence faisant l'objet d'un pâturage ovin, bénéficiant par ailleurs de mesures de protection (sites Natura 2000). Aéroport militaire à 600 m de la station, engendrant un fort trafic aérien.</p>
	PL06		<p>Coussoul typique et en bon état de conservation, présentant une richesse spécifique végétale importante liée à un cortège d'annuelles diversifié. Plus grande diversité d'insectes, liée à la présence d'onopordons, grand chardon dont le nectar attire les insectes. Absence de vastes surfaces de coussouls en continuité directe avec cette placette entraînant une composition avifaunistique particulière (espèces non exclusives de cet habitat) en provenance des milieux périphériques.</p> <p>Plusieurs infrastructures situées à proximité de la station (route, canal, centre d'essais automobiles). Station bénéficiant par ailleurs de mesures de protections (sites Natura 2000, Réserve Naturelle Régionale de la Poitevine).</p>

zones humides d'eau douce	PL07		<p>Roselière-jonchaie typique, mais présentant une faible richesse végétale spécifique (car les espèces dominantes sont très recouvrantes). Présence de plusieurs espèces animales caractéristiques et à très fort enjeu (telle que la Cistude d'Europe). Avifaune révélatrice des milieux humides, avec la présence notable de plusieurs espèces à fort enjeu (dont la Nette rousse et le Héron pourpré).</p> <p>Cette station fait l'objet d'un pâturage (sur les zones hors eau) et d'une activité de chasse.</p>
	PL08		<p>Friche humide en mauvais état de conservation en lien avec son assèchement (présence d'un certain nombre d'espèces xérophiles, caractéristiques des friches, et présence de l'Herbe de la Pampa, espèce exotique invasive).</p> <p>Fonctionnalité écologique réduite des habitats, induisant un nombre moyen d'espèces animales, non caractéristiques du type d'habitat de zones humides.</p> <p>Cette station est située au niveau d'une ancienne carrière, où les remontées d'eau (nappe) et/ou le ruissellement pluviale participent à sa mise en eau temporaire. Fort trafic aérien au-dessus de cette station.</p>
	PL09		<p>Mosaïque de roselière-jonchaies caractéristiques et de pièces d'eau en très bon état de conservation. Forte richesse spécifique au niveau des espèces animales, en particulier les oiseaux, liée au fait que la placette soit située sur un écotone entre eau libre et zone terrestre. Présence d'espèces à fort enjeu (dont la Cistude d'Europe, le Flamant rose, le Rollier d'Europe).</p> <p>Station écologique de référence inscrite dans un secteur géographique ayant fait l'objet d'une exploitation (poudrerie, traces d'aménagement tels que les digues, canaux, etc.). Ce secteur bénéficie par ailleurs de mesures de protection (site Natura 2000, CELRL, Réserve Naturelle de Saint-Chamas).</p>

Garrigues et pelouses	PL10		<p>Garrigue à Ciste de Montpellier installée après le passage du feu, peu diversifiée en espèces végétales et animales, en raison notamment du recouvrement très important du Chêne kermès et du Ciste de Montpellier. Physionomie de l'habitat peu propice à l'installation d'espèces faunistiques.</p> <p>La contrainte engendrée par le recouvrement du Chêne kermès et du Ciste de Montpellier est susceptible de ralentir le développement du Chêne vert, régulièrement présent à l'état de semis, et de tendre vers une dynamique naturelle de boisement clair.</p> <p>Station située à proximité de zones humides (étang de l'Estomac, marais salants), sillonnée par plusieurs pistes et sentiers (de DFCI ?). Passage d'un incendie sur la totalité du secteur (5 à 10 ans) et forte présence de lapins.</p>
	PL11		<p>Pelouse sèche à Brachypode rameux typique (richesse en espèces annuelles) et relativement hétérogène sur le plan structural (faciès d'embroussaillage). Habitats favorables à plusieurs espèces animales méditerranéennes (forte diversité spécifique), notamment des espèces localisées ou rares à fort enjeu (Lézard ocellé, Bupreste de Crau, Oedipode occitane)</p> <p>Habitat très ouvert étroitement lié à l'activité humaine passée (agro-pastoralisme) dont le faciès s'est maintenu grâce à une dynamique végétale très lente liée à la présence d'affleurements rocheux.</p> <p>Station située à proximité d'un dépôt de sels et d'une ligne électrique, sillonnée par plusieurs pistes et sentiers (randonnée, sports motorisés, chasse).</p>
	PL12		<p>Garrigue à Chêne kermès, ouverte à la faveur notamment de pistes et de cultures à gibiers. Richesses spécifiques végétales variables en fonction des faciès de végétation (garrigue fermée ou secteurs ouverts). Habitat abritant plusieurs espèces animales, dont certaines caractéristiques et à enjeu de conservation (notamment Arcyptère provençale, Magicienne dentelée, Psammodrome d'Edwards).</p> <p>Les milieux ouverts sont actuellement entretenus par des campagnes de débroussaillage (DFCI et activité cynégétique) qui permettent le maintien de certaines espèces autrefois liées à une activité humaine séculaire mais actuellement révolue localement : l'agro-pastoralisme extensif.</p>

Il n'est pas aisé d'extrapoler les premiers résultats de l'état initial écologique effectué à partir de douze placettes échantillonnées pour l'ensemble des milieux naturels du territoire du SAN Ouest Provence, cependant certaines grandes lignes sur l'état des milieux naturels de ce territoire peuvent ressortir.

D'une manière générale, le territoire du SAN Ouest Provence est inclus dans le grand delta du Rhône, en interface avec l'arc méditerranéen. Il se situe en transition entre de vastes espaces naturels remarquables tels que la plaine de la Crau, la Camargue, le littoral méditerranéen, l'étang de Berre et la chaîne de la Nerthe. Ceci lui confère une **grande diversité de milieux, ainsi qu'un rôle fonctionnel clé de carrefour et de zone d'échanges.**

Les milieux naturels de ce territoire sont ainsi multiples, contrastés et diversifiés. Il propose une **grande variété de contextes écologiques** et, de ce fait, une multitude d'habitats naturels (dont les plus emblématiques tels que les coussouls de Crau, les pelouses sèches, les marais d'eau douce, saumâtres et salins, les sansouires (prés salés), les reliquats de littoral sableux et les cordons dunaires). Cette multitude de biotopes riches, parfois relictuels, et disposés en mosaïque permet à ce territoire d'héberger un **cortège d'espèces floristiques et faunistiques exceptionnel**, se traduisant par une **importante biodiversité** et une **forte valeur patrimoniale**.

Par ailleurs, il est utile de constater que certaines activités anthropiques (activités pastorales, forestières, etc.) et dans une moindre mesure, certains aménagements (canaux d'irrigation, salins, etc.), ont permis et permettent encore le développement, la présence et le maintien de plusieurs biotopes et biocénoses d'une grande richesse biologique sur ce territoire.

Toutefois, à travers l'expertise menée, il est clairement mis en avant que ces milieux naturels, aux rôles fonctionnels de premier ordre en tant que corridors biologiques, potentiels de biodiversité, espaces paysagers et de loisirs appropriés par les habitants, sont soumis à de **nombreuses pressions, d'ordre anthropiques principalement.**

Ainsi, on remarque que les espaces naturels du territoire du SAN Ouest Provence, dans leur globalité, ont progressivement (à des vitesses différentes) **régressé et ont été fortement fragmentés et mités suite au développement des activités agricoles** (création de vergers, de cultures légumières ou maraîchères), **industrielles et urbaines** (implantation et extension de sites industriels, expansion urbaine diffuse, etc.).

Le développement du tissu industriel et urbain s'est accompagné d'un **renforcement des infrastructures de transports** (routiers, ferroviaires, gazoducs, etc.), entraînant une **perturbation supplémentaire au fonctionnement écologique global de ces espaces naturels, en constituant notamment un nombre croissant de barrières écologiques.**

Les importants flux anthropiques (par la mer et par la terre) localisés sur ce territoire ainsi que les nombreux remaniements de certains secteurs (et en particulier ceux du Golfe de Fos) ont entraîné **l'arrivée, le maintien et l'extension de plusieurs espaces**

invasifs, menaçant les milieux naturels, déjà fragilisés par la réduction et la fragmentation de leurs habitats.

En outre, certains milieux peuvent aujourd'hui être **menacés par des changements écologiques brutaux dus aux modifications des pratiques agricoles**, tant au niveau de l'**intensification des pratiques** qu'au niveau de l'**abandon des activités traditionnelles** (comme l'agro-pastoralisme).

Enfin, bien qu'il soit difficile, au stade actuel de nos connaissances, de statuer sur la causalité entre « l'état écologique » des milieux naturels étudiés et leur niveau de contamination à une ou des pollutions, il est important de **prendre en compte les différents effets de ces pollutions à long terme sur les milieux naturels**, et ceci en particulier au niveau des **zones marines du Golfe de Fos**, principales zones réceptacles des pollutions du territoire.

6.3. PLAN D' ACTIONS « FAUNE – FLORE »

La campagne de collecte de données menée dans le cadre du projet AIGRETTE a permis de **fournir des connaissances de base sur les habitats naturels, la flore, la faune ainsi que les facteurs de milieu et de perturbation pour chacune des douze placettes écologiques de référence** étudiées et ceci pour l'année 2008, marquant le démarrage de cet état initial.

Le suivi scientifique sur le long terme de l'évolution des placettes écologiques de référence est le seul dispositif cohérent permettant de répondre à l'hypothèse de départ « *Y'a-t-il un changement significatif dans la composition, la structure et la diversité des communautés végétales et animales des milieux naturels du territoire du SAN Ouest Provence ? - Si oui, quelles sont les interprétations possibles, donc les facteurs induisant ce changement ?* ». Il est aussi **fondamental de prendre en compte, dans la poursuite de la mise en œuvre du protocole, certains ajustements méthodologiques** identifiés suite à cette première année d'application du protocole (permettant en l'occurrence de le tester – cf. limites rencontrées pour la mise en place du protocole en 2008 dans le rapport final « Faune-Flore »).

Le plan d'actions pour le volet « Faune-Flore » consiste alors à poursuivre le suivi écologique, tout en apportant des ajustements au protocole de base.

6.3.1. Poursuite du suivi écologique

Compléter l'état initial écologique tout en intégrant les ajustements méthodologiques :

- **multiplier le nombre de placettes par type de milieu** pour tous les groupes étudiés afin d'obtenir un échantillonnage plus représentatif de chaque type de milieu étudié et de limiter les variabilités du fait de l'hétérogénéité des habitats ;

- **réaliser des relevés complémentaires à l'échelle infra-stationnelle pour le « suivi flore »** au niveau des placettes actuelles de milieux humides, ciblés en priorité sur les sansouires, les roselières et les jonchaies ;
- **supprimer certains relevés à l'échelle infra-stationnelle du « suivi flore »** ne correspondant pas à des habitats humides caractéristiques (pelouses à cypéracées de la placette 07, pelouses humides des placettes 07 et 09, les friches de la placette 08, le secteur de sédiments nus et les pelouses sèches de la placette 03, l'étang de la placette 01) ;
- **intégrer un suivi écologique sur les lichens et les mousses.** En effet, ces organismes sont les marqueurs biologiques les plus pertinents des changements de conditions environnementales, notamment par la sensibilité de certaines espèces aux pollutions atmosphériques. **La poursuite du suivi devra impérativement intégrer ces marqueurs** qui apporteront des réponses certainement plus rapides, plus fiables et cohérentes, par rapport à la problématique de pollutions, que certains compartiments biologiques étudiés actuellement. Ainsi, par souci d'économie d'échelle, il pourra être envisagé de remplacer le suivi des oiseaux, des reptiles et des amphibiens par le suivi écologique sur les lichens et les mousses.

Compléter la description de l'état initial écologique sur plusieurs années (*a minima* cinq ans) afin de prendre en compte les variations cycliques (variations inter-annuelles) des milieux naturels (notamment déterminées par les conditions météorologiques, conditions exacerbées en milieux méditerranéens).

6.3.2. Collecte des données

Afin de suivre les modifications des différentes placettes de référence écologique, et donc d'apporter des éléments de réponse à l'hypothèse de départ, une **méthode de suivi standardisé doit être mise en place.**

Ce suivi, abordant ainsi la question générale du changement ou de l'absence de changement dans le temps, est alors établi pour détecter des tendances présumées dans l'évolution des milieux, des espèces et des facteurs écologiques. La méthode à mettre en place dans le cadre du projet AIGRETTE consiste donc à suivre les différentes placettes écologiques de référence (actuelles et complémentaires) en collectant les données d'une manière répétée dans le temps et sur la base du protocole d'inventaires écologiques effectué durant les années de référence pour la description de l'état initial, après ajustements.

Outre les inventaires des habitats naturels, de la flore et de la faune, les facteurs de milieu et de perturbation seront notés avec précision (comme lors de l'inventaire de 2008) et ceci afin de faire le lien avec les éventuelles modifications des placettes écologiques. À noter que la **causalité** entre la composition d'un milieu naturel (présence ou absence d'une espèce), sa diversité, sa fonctionnalité propre et son niveau de contamination à une pollution à un « instant t » n'est pas simple à mettre en évidence. En effet, un écosystème est une structure en évolution permanente, aux multiples relations internes et externes, notamment en région méditerranéenne où les

conditions météorologiques (déterminantes pour la flore et la faune) se montrent extrêmement variables.

Il est donc très difficile voire impensable, par une seule approche écologique et sans avoir recours à des **analyses écotoxicologiques parfois croisées**, d'attribuer à l'état d'un écosystème que l'on observe, tel ou tel facteur perturbateur précis ; et ce, à plus forte raison s'il s'agit d'une exposition dans le temps à des pollutions cumulatives (atmosphériques par exemple).

Une attention particulière sera donc portée sur les autres facteurs éventuels de perturbation, et tout particulièrement les **problématiques d'urbanisation** (destruction d'habitats, fragmentation des milieux, etc.), de **colonisation des espèces exotiques invasives**, de **fréquentation** (perturbations, dérangements) et de **gestion anthropique** (DFCI, niveaux d'eau, etc.).

Un **suivi précis des espèces invasives** (au niveau quantitatif) est à préconiser afin d'appréhender la dynamique de colonisation de ces espèces.

6.3.3. Fréquence et durée globale du suivi

D'une manière générale, l'analyse des résultats du suivi est dépendante de la fréquence des sessions de suivi (fréquence pluriannuelle ou pas de temps entre deux campagnes de suivi) et la durée totale du suivi. En effet, **de la fréquence des observations dépend l'interprétation des données.**

Afin de comprendre les phénomènes régissant l'évolution de la dynamique des populations et/ou des habitats, **l'optimum serait de réaliser un suivi annuel** (pas de temps d'une année entre deux campagnes de suivis) **sur le long terme** (durée du suivi sur plusieurs décennies). Cette fréquence et cette durée dans la réalisation du suivi permettent d'appréhender les grandes tendances de l'évolution du « paysage » (fragmentation, morcellement, modification d'occupation des sols, etc.) en tenant compte des phénomènes transitoires susceptibles d'influencer les écosystèmes à court terme (inondations, incendies, pics de pollution, fluctuations interannuelles de population en fonction des aléas climatiques...). **Toutefois, un suivi annuel sur le long terme nécessite la mise en place de moyens financiers et humains significatifs.**

Il est important de noter que le facteur limitant à une analyse pertinente est le nombre de sessions de suivi effectué. La durée globale du suivi conditionnera la mise en évidence d'éventuels changements dans la composition, la structure et la diversité des communautés végétales et animales des milieux naturels étudiés.

7. Outils d'aide à la décision, via un Système d'Information Géographique

7.1. INTRODUCTION

L'outil d'aide à la décision est destiné à utiliser de manière dynamique le diagnostic environnemental réalisé sur le territoire du SAN Ouest Provence.

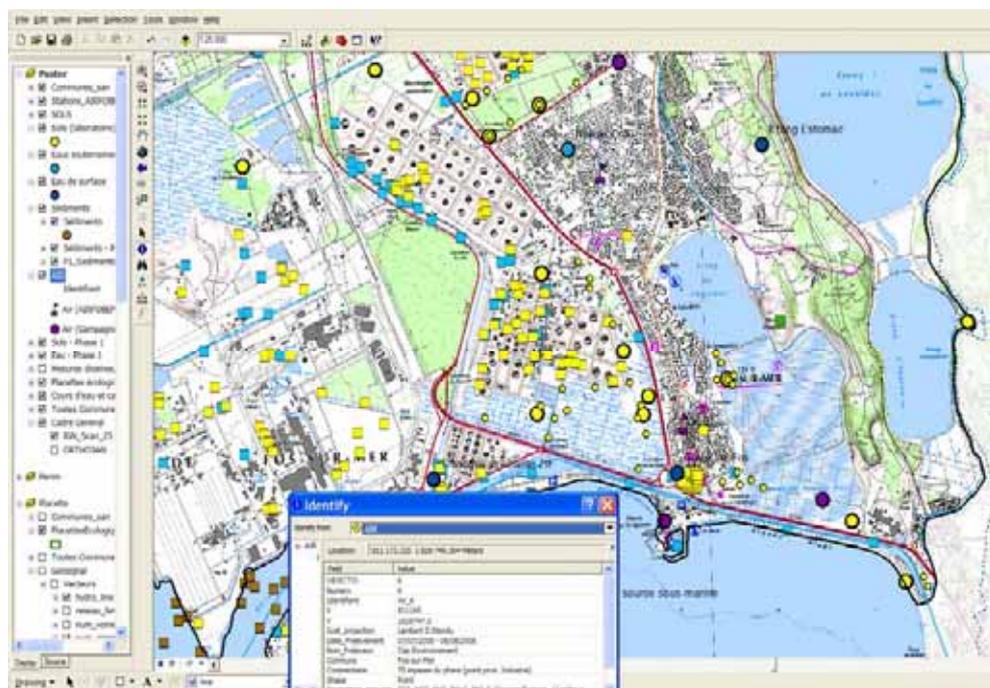


Figure 7 : Aperçu de l'outil d'aide à la décision AIGRETTE.

Il s'appuie sur un fond documentaire réuni lors des six phases de l'étude et organisé dans une base de données unique. Cette base de données rassemble les informations issues de la collecte des données historiques et celles acquises lors du projet AIGRETTE, structurées de manière à simplifier leur traitement. L'ensemble des données cartographiques et non cartographiques a été porté dans une base de données géographique au format ArcDesktop®.

L'outil d'aide à la décision est intégré à un système d'information géographique (SIG), lié à la base de données, sous ArcGis®. L'interface cartographique permet de visualiser toutes les données géo-référencées du projet et d'accéder facilement aux informations utilisées pour le diagnostic. L'outil d'aide à la décision comporte toutes les fonctionnalités classiques d'un SIG et des fonctionnalités spécifiques, conçues spécialement pour AIGRETTE.

7.2. BASE DE DONNÉES DE L'OUTIL D'AIDE À LA DÉCISION

La base de données de l'outil compile de nombreuses données préexistantes (eaux, air, sol, écosystèmes) et nouvellement acquises pour obtenir un inventaire complet de la situation environnementale sur le territoire du SAN Ouest Provence.

Vu l'hétérogénéité des données liée à la diversité des milieux étudiés, il importe aussi de connaître avec précisions l'origine, la source et la date de création de chaque information : c'est le rôle des métadonnées.

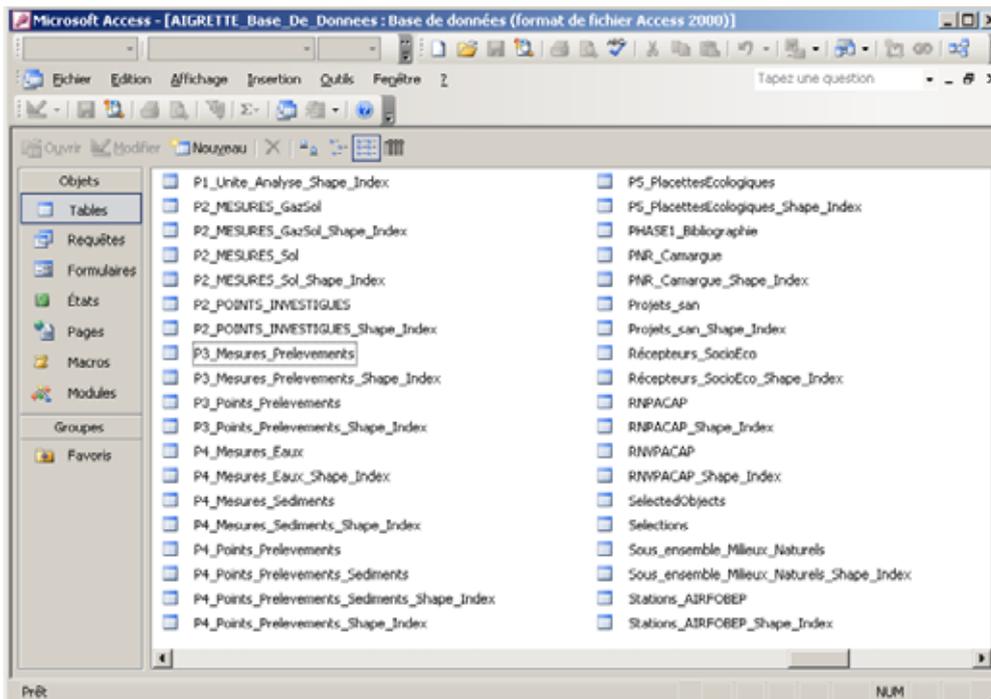


Figure 8 : Aperçu de la base de données AIGRETTE.

7.2.1. PHASE 1 : Données « historiques »

Lors de la phase 1 du projet AIGRETTE, l'information déjà disponible sur le territoire du SAN Ouest Provence a été recensée, triée, validée et organisée grâce à un système de gestion de données et dans l'optique « risque environnemental ».

7.2.2. PHASES 2, 3, 4 et 5 : Acquisition des données

Puis les phases 2 à 5 ont été réalisées en parallèle sur la définition et réalisation d'un programme d'acquisition de données complémentaires sur les sols, l'air, les eaux, la faune et la flore. Toutes les données acquises lors de ces programmes d'acquisition ont été ajoutées, organisées dans la base de données, en renseignant précisément les métadonnées.

7.2.3. Structure de la base de données

La base de données est une geodatabase³⁵ au format ArcDesktop®. Il s'agit d'un format de données comportant un modèle de donnée **unifié** au sein duquel ArcDesktop conserve les informations nécessaires à la gestion des données spatialisées ou non.

Autrement dit, la geodatabase est une base de données unique, qui peut intégrer des objets cartographiques et non cartographiques. Il s'agit d'une base de données au format Microsoft® ACCESS et la gestion des données est réalisée pour part sous un environnement bureautique et d'autre part sous ArcGis pour les entités géoréférencées.

La gestion des données thématiques est ainsi accessible via le système de gestion de bases de données relationnelles MS Access 2000. Les fonctionnalités liées à la géoréférence des données qui sont implémentées par le logiciel ArcGis Desktop ne sont accessibles qu'à travers les outils ArcGis.

Les données géographiques sont regroupées par milieu (Air, Eau, Ecosystèmes, Sédiments et Sols), comme le montre la figure ci-dessous.

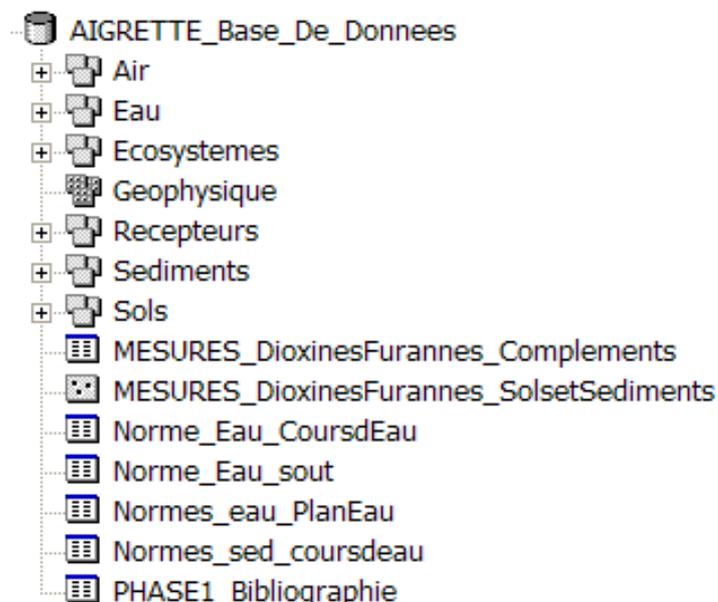


Figure 9 : Structure de la base de données géographique.

³⁵ Contraction de Geographic DataBase.

7.2.4. Gestion des métadonnées

Les **métadonnées** sont des informations décrivant les données utilisées. Elles permettent aux utilisateurs des données de connaître leurs caractéristiques : leur validité, leur dernière date de mise à jour, leur projection, leur créateur, les conditions d'utilisation, le résumé et l'historique de la donnée, etc.

Toutes les informations collectées tout au long du projet AIGRETTE, qui ont été intégrées à la base de données, ont fait l'objet d'une gestion systématique des métadonnées. Celles-ci sont accessibles :

- soit directement sur le logiciel SIG ArcGis en cliquant sur la donnée (figure 10) ;
- soit sous la forme d'un catalogue .html, via un index récapitulant toutes les métadonnées existantes (figure 11).

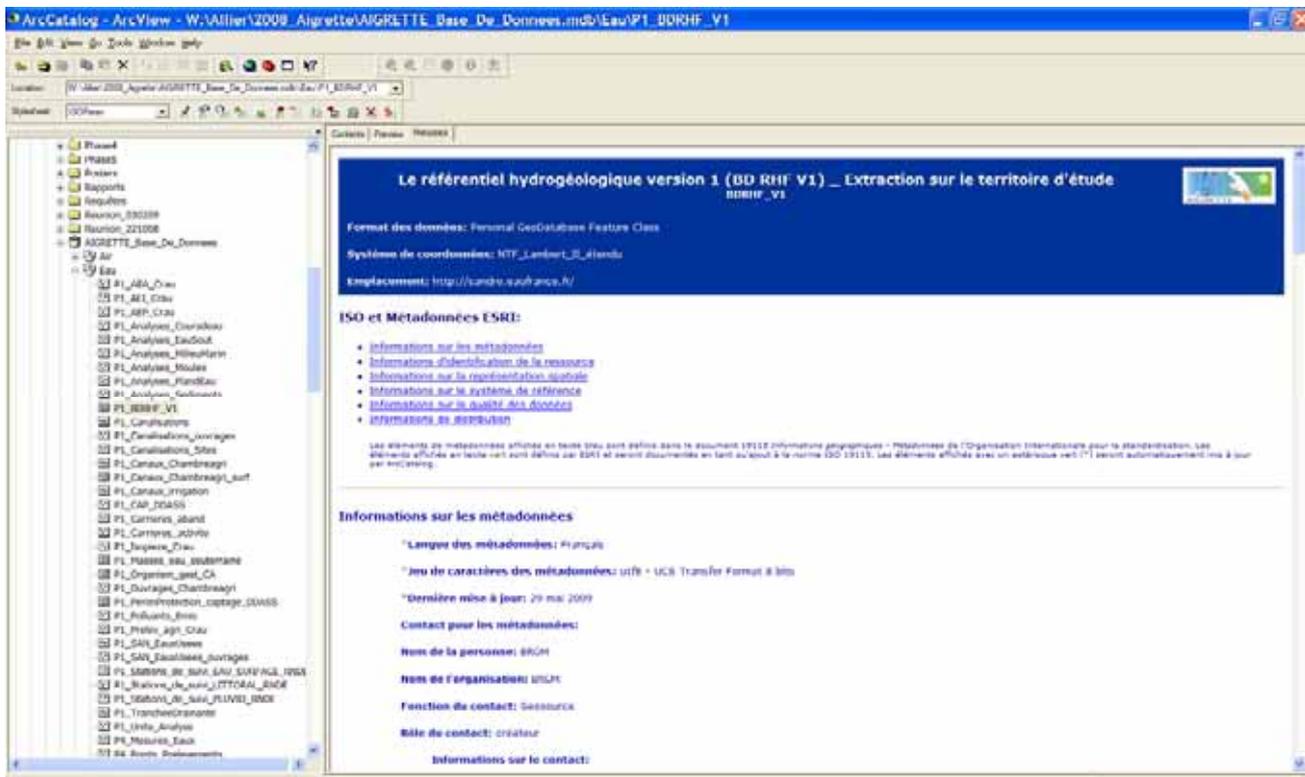


Figure 10 : Accès aux métadonnées sous ArcCatalog.

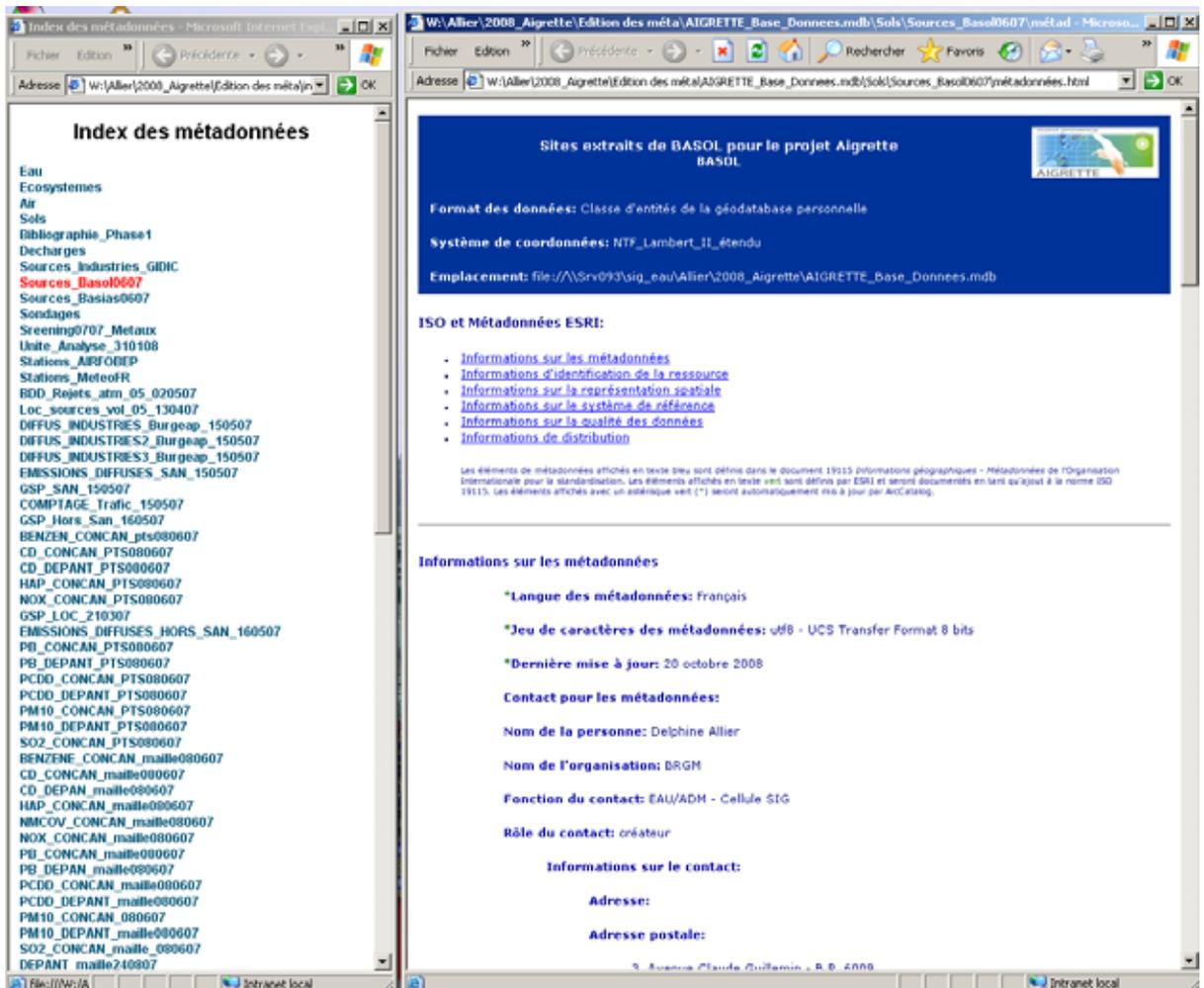


Figure 11 : Accès aux métadonnées via des pages en .html.

Les métadonnées ont été renseignées, selon la norme ISO 19115, qui est une norme de référence pour l'information géographique dans le domaine des métadonnées, via un éditeur ISO Metadata Wizard (figure 12). La normalisation des métadonnées de la base AIGRETTE facilite l'interopérabilité, la recherche et les échanges des informations, mais aussi la mise à jour future des données.

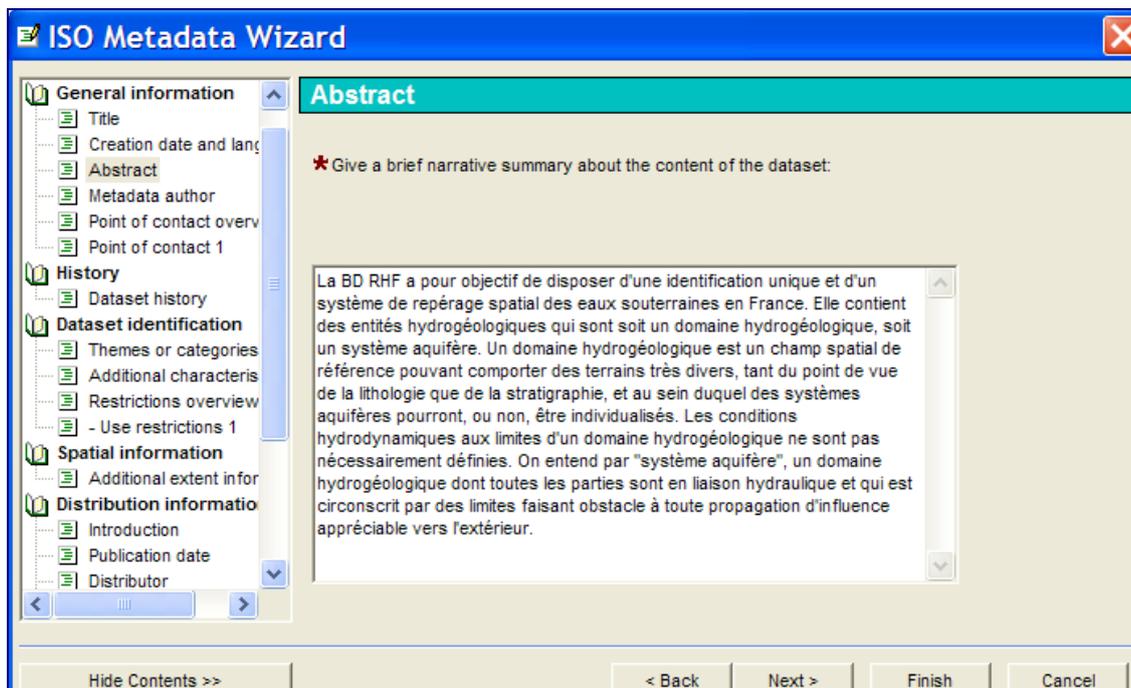


Figure 12 : Éditeur de métadonnées.

7.3. LE SYSTÈME D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE DANS LE PROCESSUS DÉCISIONNEL

7.3.1. Objectifs de l'outil

Le SIG et l'organisation des données dans une base de données unique a permis de **collecter** des données précises et d'une manière optimale, avec une gestion des métadonnées, facilitant sa mise à jour.

L'outil cartographique a permis l'**identification des enjeux** et des zones sur lesquelles des campagnes de mesure complémentaires ont été réalisées.

L'outil d'aide à la décision facilite le **traitement et la gestion des données**, grâce à la production de cartes thématique (cf. figure 13) et à une boîte à outils « AIGRETTE » permettant d'interroger la base de données dans le cadre de projets futurs d'aménagement localisés. Un aménageur peut ainsi en cliquant sur un point sur la carte, connaître les analyses existantes (sol, eaux) à proximité du point pour les paramètres choisis.

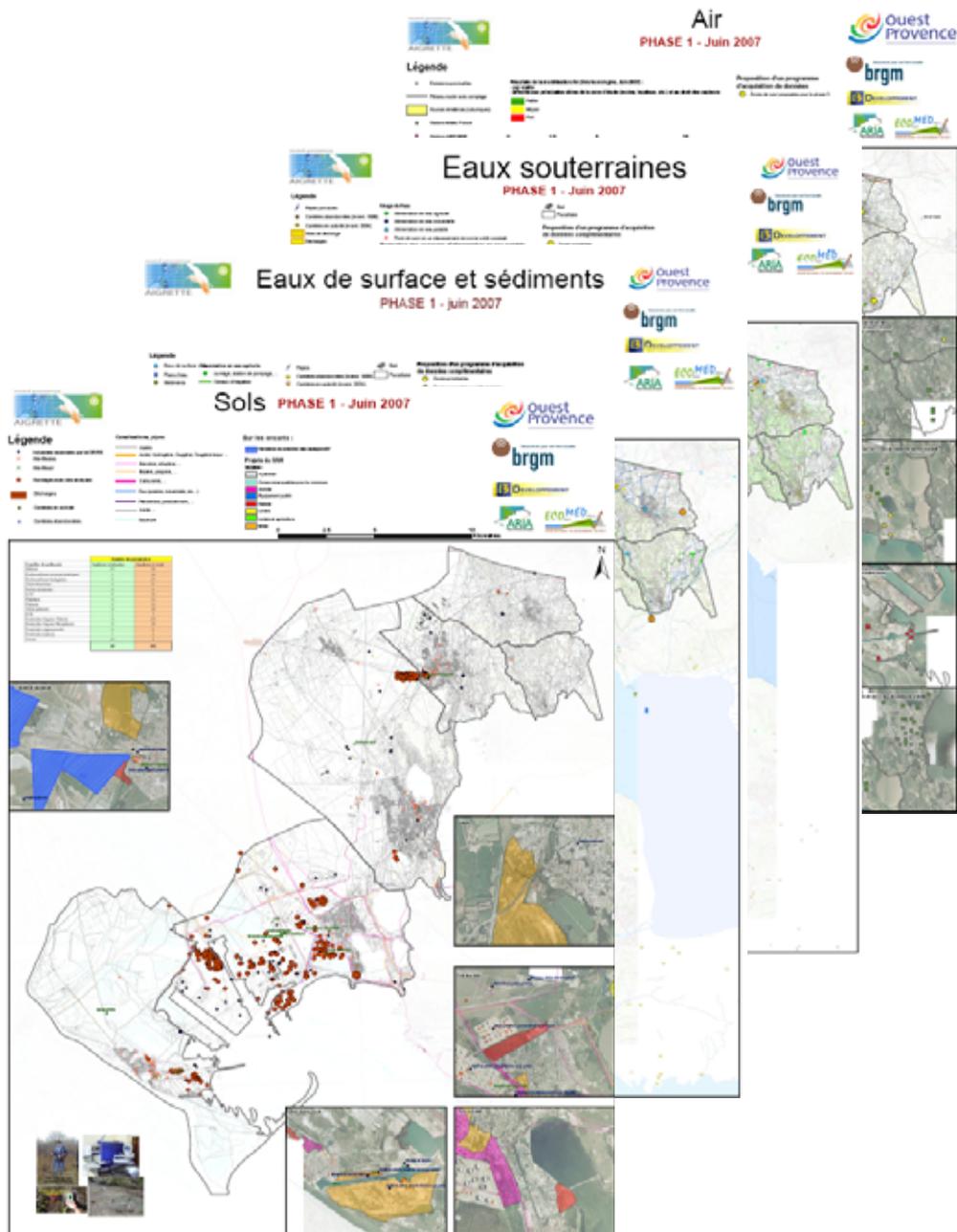


Figure 14 : Outil de communication.

7.3.2. Interface de l'outil de gestion des données

Une barre d'outils **Aigrette** est disponible sous ArcMap (ESRI), elle compose l'outil de gestion des données conçu pour le projet. Le mode opératoire est détaillé dans une vidéo conçue pour ce projet et une journée de formation est organisée au SAN Ouest Provence.

La boîte à outils « AIGRETTE » permet entre autres, d'interroger la base de données dans le cadre de projets futurs d'aménagement localisés. Un aménageur peut ainsi en cliquant sur un point sur la carte, connaître les analyses existantes (sol, eaux) à proximité du point pour les paramètres choisis. L'utilisateur peut aussi en cliquant directement sur un point de prélèvement, accéder au tableau des analyses.

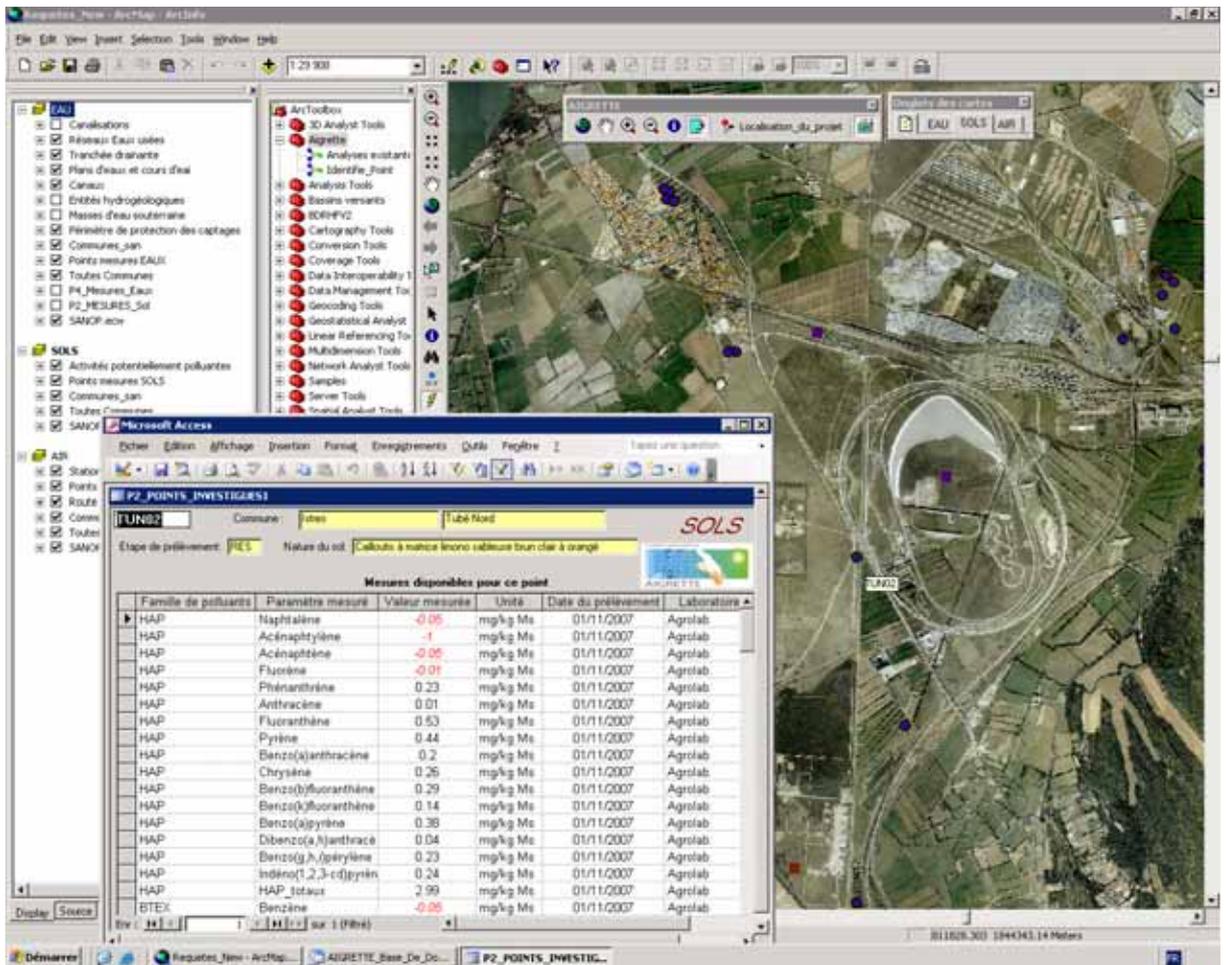


Figure 15 : Interface de l'outil d'aide à la décision AIGRETTE.

7.3.3. Mise à jour de l'outil et potentialités futures

L'outil développé lors du projet AIGRETTE est évolutif : sans modifier la structure de la base de données, il est possible de mettre à jour toutes les informations, notamment les nouvelles analyses sur les eaux, sols et air.

Une session de formation est organisée par le BRGM pour transmettre au SAN Ouest Provence la gestion de l'outil d'aide à la décision.

Les données relatives à la compréhension des milieux pourront elles-aussi être mises à jour : ainsi la campagne piézométrique en cours sur la nappe de la Crau va permettre de connaître avec plus de précisions le contour des isopièzes, les directions d'écoulement. Il sera utile d'intégrer à la base de données ce type d'information et d'utiliser ces nouvelles connaissances pour faire évoluer l'outil. Ainsi, si le modèle hydrodynamique de la Crau était mis à jour, il pourrait être intégré dans l'outil d'aide à la décision pour cartographier les zones vulnérables, les panaches de pollution, etc. De même, les modélisations des dépôts et concentrations dans l'air peuvent être actualisées en fonction des conditions météorologiques et des rejets futurs.

8. Conclusions

L'approche du projet AIGRETTE, de gestion des risques environnementaux, par l'intermédiaire d'une démarche intégrée d'investigation qui a porté en parallèle sur tous les milieux environnementaux, était et est innovante et ambitieuse ; en effet elle a été réalisée à l'échelle d'un territoire de 350 km² avec six communes regroupant près de 100 000 habitants et comportant une grande diversité de milieux naturels (avec une importante biodiversité et valeur patrimoniale) et des activités humaines très variées.

Ce projet de recherche et développement s'est articulé avec la stratégie foncière définie par le SAN Ouest Provence qui connaît un certain nombre de contraintes liées à tout aménagement du territoire en relation avec la présence de zones industrielles, espaces naturels fragiles, zones agricoles et urbaines. Cette initiative aura donc un impact sur la stratégie de gestion et développement du territoire, mais du fait de son approche intégrée intéresse potentiellement tous les acteurs institutionnels, industriels ou associatifs du territoire.

Compte tenu des enjeux potentiels, il était requis de mettre en place une organisation de projet facilitant l'appropriation par les acteurs des méthodologies et des résultats. La composante -information et communication- a donc été intégrée dès le montage du projet et les résultats intermédiaires et finaux concernant tous les aspects environnementaux ont été partagés avec les différentes instances représentatives et le public. De plus, les équipes scientifiques ont consultés les acteurs locaux qui du fait de leur connaissance de leur territoire ont contribué à cerner les différents enjeux et contribuer au mieux aux plans d'échantillonnage.

D'un point de vue méthodologique ce projet a également été l'occasion d'appliquer une stratégie innovante et progressive d'investigations de terrain et d'analyse afin d'optimiser le rapport coût/efficacité de ces dernières.

Le point précis sur la situation environnementale du territoire a donc été réalisé en intégrant tous les compartiments eaux, air, sols, sédiments, et milieux naturels (qui sont en interaction permanente) par l'intermédiaire d'une analyse des données existantes disponibles et de la mise en œuvre des nouveaux programmes d'acquisition dans les zones considérées comme lacunaires et/ou à enjeux. En effet Il existait un nombre important de données parcellaires, concernant l'environnement du territoire, qui étaient dispersées ; le premier travail considérable de ce projet a été de rechercher les données existantes, de les valider, puis de les consolider avant de les intégrer, après référencement dans une base de données unique et actualisable, dans le futur, par le SAN Ouest Provence.

Toutes ces données ont permis d'établir un état « zéro » de l'environnement du territoire, cependant il faut préciser qu' un état « zéro » n'est pas un aboutissement, mais représente une étape dans la connaissance de l'environnement pour pouvoir, sur le court terme, prendre des mesures de gestion et de prévention (recommandations

pour réduire ou prévenir certains impacts et risques pour l'homme ou/et les milieux naturels), et sur le long terme servir de référence pour suivre les évolutions positives ou les dégradations de la qualité des milieux.

Les interactions entre les différents milieux, l'identification des enjeux et les actions et recommandations proposées au niveau du territoire et des communes sont rassemblés dans une série d'illustrations annexée au présent rapport :

- occupation du sol simplifiée sur le territoire du SAN Ouest Provence ;
- écoulements des eaux et circulation des vents sur le territoire du SAN Ouest Provence ;
- milieux et substances à enjeux ;
- plans d'actions ;
- Port-Saint-Louis du Rhône : secteurs à enjeux, nécessitant un plan de gestion ;
- Fos-sur-Mer : secteurs à enjeux, nécessitant un plan de gestion ;
- Miramas, Grans et Cornillon-Confoux : secteurs à enjeux, nécessitant un plan de gestion ;
- Istres : secteurs à enjeux, nécessitant un plan de gestion ;
- l'outil d'aide à la décision d'AIGRETTE.

Tous les résultats existants et acquis ont été organisés et couplés à un outil d'aide à la décision basé sur un Système d'Information Géographique (SIG) dont le SAN Ouest Provence s'est approprié les modalités de fonctionnement à travers des sessions de formation. L'outil est un outil dynamique, vivant et donc actualisable ; cette actualisation par le SAN Ouest Provence se fera au fur et à mesure de la disponibilité de nouvelles informations, par exemple dans le cas du développement de projets impliquant des études environnementales détaillées à l'échelle de la parcelle. Des potentialités supplémentaires pourront être exploitées dans le futur ; ainsi lorsque le nouveau modèle hydrogéologique de la nappe de la Crau sera disponible, il pourra être intégré dans l'outil existant permettant ainsi de faire de la gestion plus fine des eaux souterraines en permettant de prédire des situations à risque et en cas de contamination d'un secteur de la nappe d'aider à la prise de décision échelonné dans le temps grâce à la connaissance de la vitesse de migration d'une pollution des eaux souterraines, par exemple vers un captage d'eau potable.

Un autre aspect important concerne la visualisation interactive des différentes couches d'informations (analyses, zonages, projets...) qui sont présentes dans le système.

L'approche globale du projet AIGRETTE a non seulement permis de préciser les interactions entre les différents compartiments environnementaux mais également de mettre en avant les particularités du Territoire Ouest Provence :

- des activités industrielles lourdes et traditionnellement polluantes (pétrochimie, sidérurgie, chimie de synthèse, etc.) situées pour l'essentiel à l'exutoire final du système hydrogéologique, hydrologique et aéraulique du territoire ;

- les eaux souterraines, les eaux de surface, et l'air atmosphérique convergent en effet vers le Golfe de Fos qui réceptionne les pollutions (au niveau des sédiments, et vraisemblablement de la biomasse) avec cependant une courantologie favorisant le transfert des eaux douces superficielles vers le large durant une grande partie de l'année ;
- un régime aéraulique favorable à la dispersion atmosphérique des pollutions aériennes ponctuelles et diffuses ;
- des sols (cailloutis, sables calcaires, etc.) très pauvres en matière organique donc très peu propices à piéger les pollutions persistantes.

Toutes ces particularités cadrent le fonctionnement du territoire et expliquent les variations de qualité des différents milieux dans l'espace identifiés lors de la mise en œuvre des études du projet AIGRETTE.

Les connaissances sols qui étaient jusqu'à présent limitées à l'emprise des sites industriels et des sites a été complétée. Un grand nombre de lacunes concernant la qualité des sols dans des zones à enjeux environnementaux ont été en effet comblées dans les six communes du territoire. Elle a permis la mise en évidence de pollutions ponctuelles avec des enjeux d'aménagement et environnementaux locaux passées au travers des mailles des approches traditionnelles (Rassuen / Istres, Mazet / Port-Saint-Louis-du-Rhône).

Ces investigations ont conduit à l'identification d'un bruit de fond des sols de surface à l'échelle d'un territoire, valorisable dans le cadre de l'approche nationale de la gestion des sites et sols pollués ; le bruit de fond est réalisé à une échelle, avec une densité de points de mesures et un nombre de paramètres (organiques et inorganiques) qui dépassent le degré d'approfondissement des rares réalisations locales sur territoire français. Ce référentiel permettra de mettre en perspective les résultats des nouvelles investigations qui seront effectuées dans le futur et d'identifier des anomalies.

Le programme d'analyses sur un nombre de substances considérable (proche de 200), nécessaire à ce stade, compte tenu des activités variées sur le territoire, a permis de vérifier l'absence de contamination généralisée (crainte liée au développement du territoire dans les quarante dernières années) mais d'identifier des pollutions circonscrites, des zones à surveiller et des actions à mettre en œuvre pour réduire les risques identifiés ou pressentis.

Les campagnes de mesures de la qualité de l'air et des poussières ont montré que les objectifs de qualité de l'air étaient respectés (avec cependant des valeurs élevées pour certains paramètres en corrélation avec l'influence des sources industrielles, voies routières et aérodrome), mais que par contre les taux de poussières ne respectaient pas les valeurs réglementaires ou en cours de réglementation (PM 2,5) en tous les points de mesure. La production d'aérosols de particules très fines (l'efficacité de pénétration dans les poumons est fonction de nombreux paramètres physiques et physiologiques mais en général elle croît lorsque la dimension des particules décroît) est significative sur le territoire comme l'ont montré, par exemple, les valeurs élevées du bruit de fond en hydrocarbures qui correspondent aux retombées sur les sols et

dans les sédiments). Un suivi complémentaire, à celui existant, des particules fines est donc nécessaire à l'échelle du territoire. D'autre part en ce qui concerne les composés non réglementés comme les dioxines et métaux dans les retombées, les valeurs les plus élevées se trouvent à proximité des sources industrielles. Une surveillance spécifique est donc nécessaire pour ces composés pour les secteurs les plus exposés.

L'appréciation de la qualité des eaux souterraines, eaux de surface et sédiments réalisée en parallèle des autres compartiments de l'environnement que sont les sols, l'air et les milieux naturels (données anciennes et nouvellement acquises dans le cadre de ce projet) a permis d'identifier à l'échelle du territoire les secteurs à problèmes et de proposer des mesures de réduction des risques, de suivi environnemental pour confirmer la présence de polluants qui pourraient menacer à terme la qualité des milieux et la santé humaine (eau et air) et de recommandations concernant les réseaux de surveillance (eau et air) avec la prise en compte de nouveaux composés dans ces suivis.

Les caractéristiques du milieu naturel du territoire ont été confirmées lors des investigations avec une multitude de biotopes traduisant une importante biodiversité et une forte valeur patrimoniale. Les activités humaines sont à l'origine d'une fragmentation et d'un mitage de ces espaces naturels. Les études réalisées à travers la mise en place de sites de référence représentent l'état initial. Afin de pouvoir identifier les causes de changements significatifs de la composition et diversité des communautés dans le futur, un système de suivi écologique devra être mis en place.

L'approche innovante du projet AIGRETTE, de par :

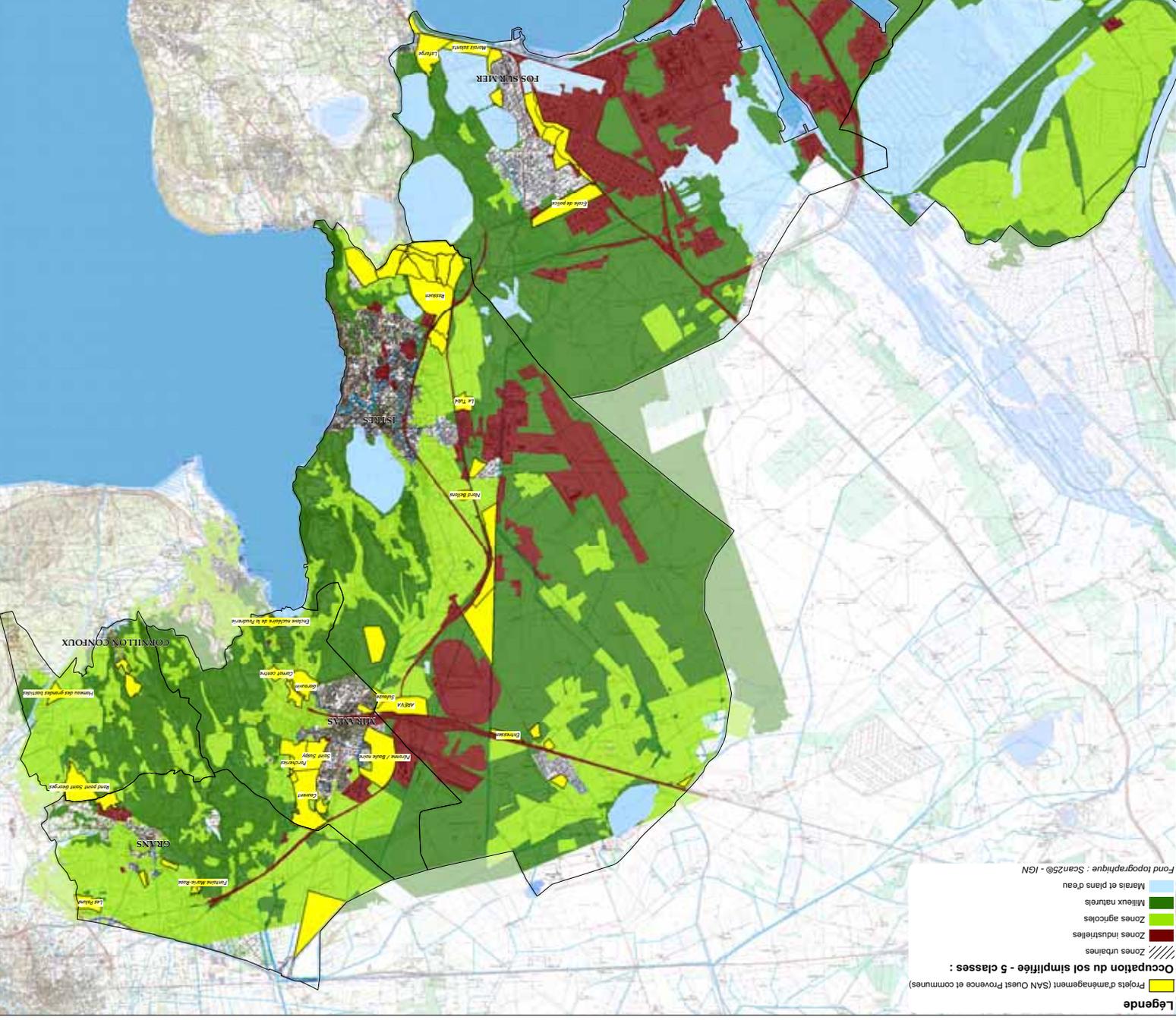
- la prise en compte intégrées des différents compartiments de l'environnement à l'échelle d'un territoire ;
- le degré d'approfondissement et la densité des données collectées et acquises ;
- les méthodes et moyens mis en œuvre pour les acquérir ;
- l'implication des divers acteurs du territoire Ouest Provence ;
- l'élaboration d'un outil d'aide à la décision et gestion du territoire qui sera actualisé et utilisé par les équipes techniques du SAN Ouest Provence ;

est exemplaire et a montré son intérêt pour la compréhension de la situation environnementale d'un territoire à un instant donné, du fonctionnement de celui-ci par la mise en perspective des interactions entre les compartiments air, sols, eaux et sédiments et milieu naturel et constitue un exemple au niveau national en ce qui concerne la gestion des territoires et de la qualité de son environnement.

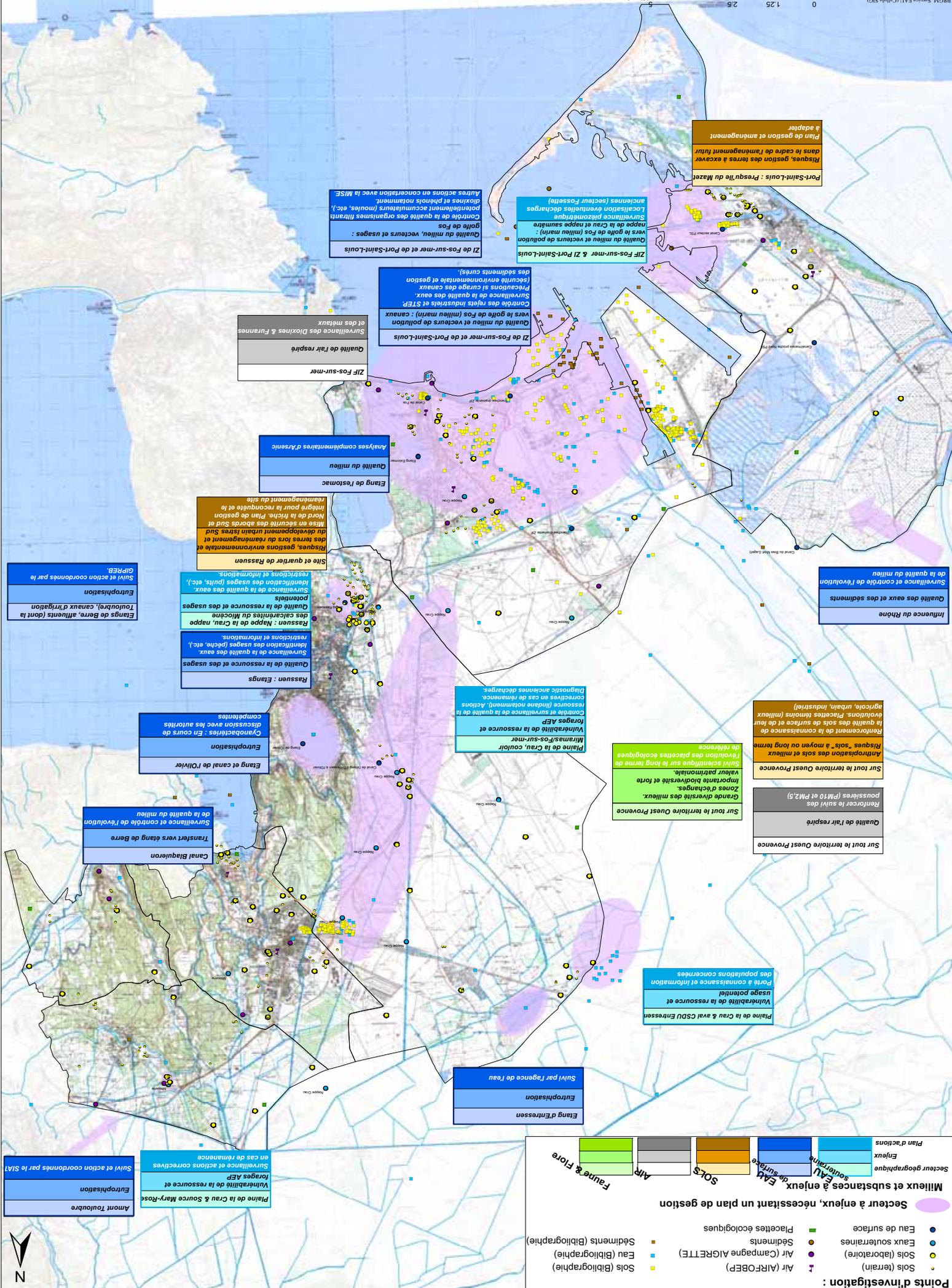
Annexes



BRGM, Service EAU (cellule SIG)
14/03/06/2009



- Légende**
- Projets d'aménagement (SAN Ouest Provence et communes)
 - Zones urbaines
 - Zones agricoles
 - Milieux naturels
 - Mairies et plans d'eau
- Occupation du sol simplifiée - 5 classes :**
- Fond topographique : Scan25® - IGN



Points d'investigation :

- Eau de surface
- Eau souterraine
- Soils (terrain)
- Air (AIRFOBEF)
- Air (Campagne AIGRETTE)
- Eau (Bibliographie)
- Soils (Bibliographie)
- Sédiments (Bibliographie)

Secteur à enjeux, nécessitant un plan de gestion

Milieux et substances à enjeux

- Plan d'actions
- Secteur géographique
- Enjeux
- Eau de surface
- Sols
- Air
- Faune & Flore

Amont Touloubre

Vulnérabilité de la ressource et Eutrophisation

Surveillance et actions correctives en cas de renouveau

Surveillance et action coordonnées par le SIAT

Canal Blaqueron

Transfert vers étang de Berre

Surveillance et contrôle de l'évolution de la qualité du milieu

Etang et canal de l'olivier

Eutrophisation

Cyanobactéries : En cours de discussion avec les autorités compétentes

Rasson : Etangs

Qualité de la ressource et des usages

Surveillance de la qualité des eaux, identification des usages (pêche, etc.), restrictions et informations.

Rasson : nappe de la Crau, nappe des calcaires du Miocène

Qualité de la ressource et des usages potentiels

Identification des usages (puits, etc.), restrictions et informations.

Site et quartier de Rasson

Risques, gestions environnementale et des terres lors du réaménagement et développement urbain.

Mise en sécurité des abords Sud et Nord de la riche, Plan de gestion intégré pour la reconquête et le réaménagement du site

Etang de l'estomac

Qualité du milieu

Analyses complémentaires d'Arsenic

ZI Fos-sur-mer

Qualité de l'air respire

Surveillance des Dioxines & Furannes et des métaux

ZI de Fos-sur-mer et de Port-Saint-Louis

Qualité du milieu, vecteurs et usages : goëlle de Fos

Surveillance biogéochimique

Localisation éventuelles décharges anciennes (secteur Fossetto)

ZI de Fos-sur-mer & ZI Port-Saint-Louis

Qualité du milieu et vecteurs de pollution vers le goëlle de Fos (milieu marin) : canaux

Contrôle des rejets industriels et CTEP

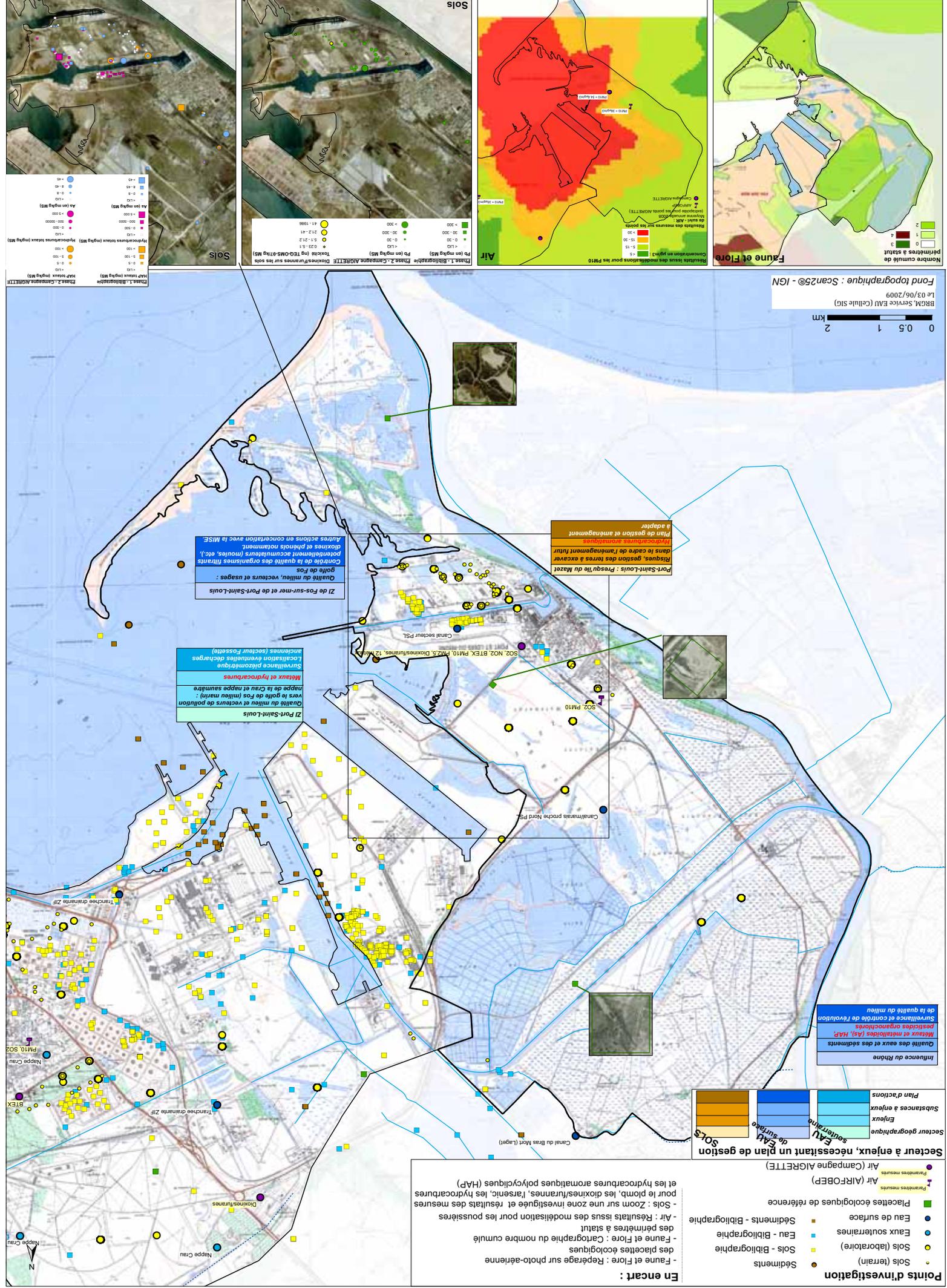
Surveillance de la qualité des eaux

Précautions si curage des canaux (sécurité environnementale et gestion des sédiments curés).

Port-Saint-Louis : Presqu'île du Mazet

Risques, gestion des terres à excaver dans le cadre de l'aménagement futur

Plan de gestion et aménagement à adapter



Points d'investigation

- Sédiments
- Soils (terrain)
- Soils (laboratoire)
- Eau - Bibliographie
- Eau souterraines
- Eau de surface
- Placettes écologiques de référence
- Placettes écologiques de référence
- Air (AIRFOEBP)
- Air (CAMPAGNE AIGRETTE)
- Primitives mesurées
- Primitives mesurées

Secteur géographique

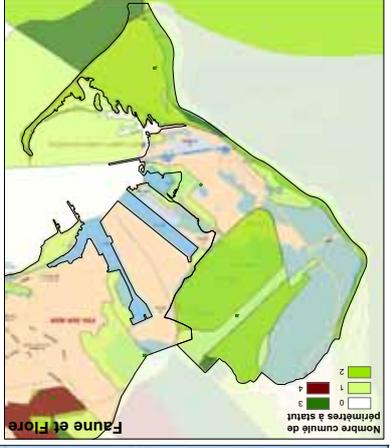
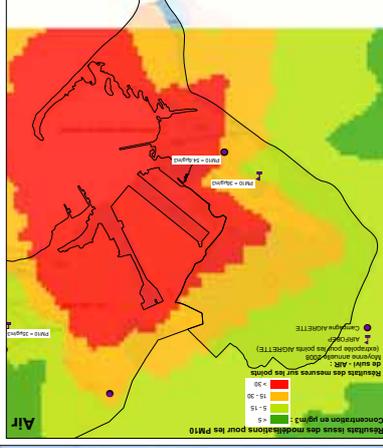
- Eau souterraine
- Eau de surface
- Sédiments

Plan de gestion

- Eau de surface
- Eau souterraine
- Sédiments

En encart :

- Faune et flore : Réperçage sur photo-aérienne des placettes écologiques
- Faune et flore : Cartographie du nombre cumulé des pernitères à statut
- Air : Résultats issus des modélisations pour les poussières
- Soils : Zoom sur une zone investiguée et résultats des mesures pour le plomb, les dioxines/furanes, l'arsenic, les hydrocarbures et les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)



ZI de Fos-sur-mer et de Port-Saint-Louis

Qualité du milieu, vecteurs et usages :

Controle de la qualité des organismes filtrants (potentiellement accumuleurs (moules, etc.)), dioxines et phénols notamment.

autres actions en concertation avec la MISE

ZI Port-Saint-Louis

Qualité du milieu et vecteurs de pollution vers le golfe de Fos (milieu marin) :

Nappe de la Crau et nappe saumâtre

Métaux et hydrocarbures

Surveillance pluriannuelle

Localisation éventuelles décharges anciennes (secteur Fossette)

Port-Saint-Louis - Presqu'île du Mazot

risques, gestion des terres à excaver dans le cadre de l'aménagement futur

Hydrocarbures aromatiques

Plan de gestion et aménagement à adapter

Qualité des eaux et des sédiments

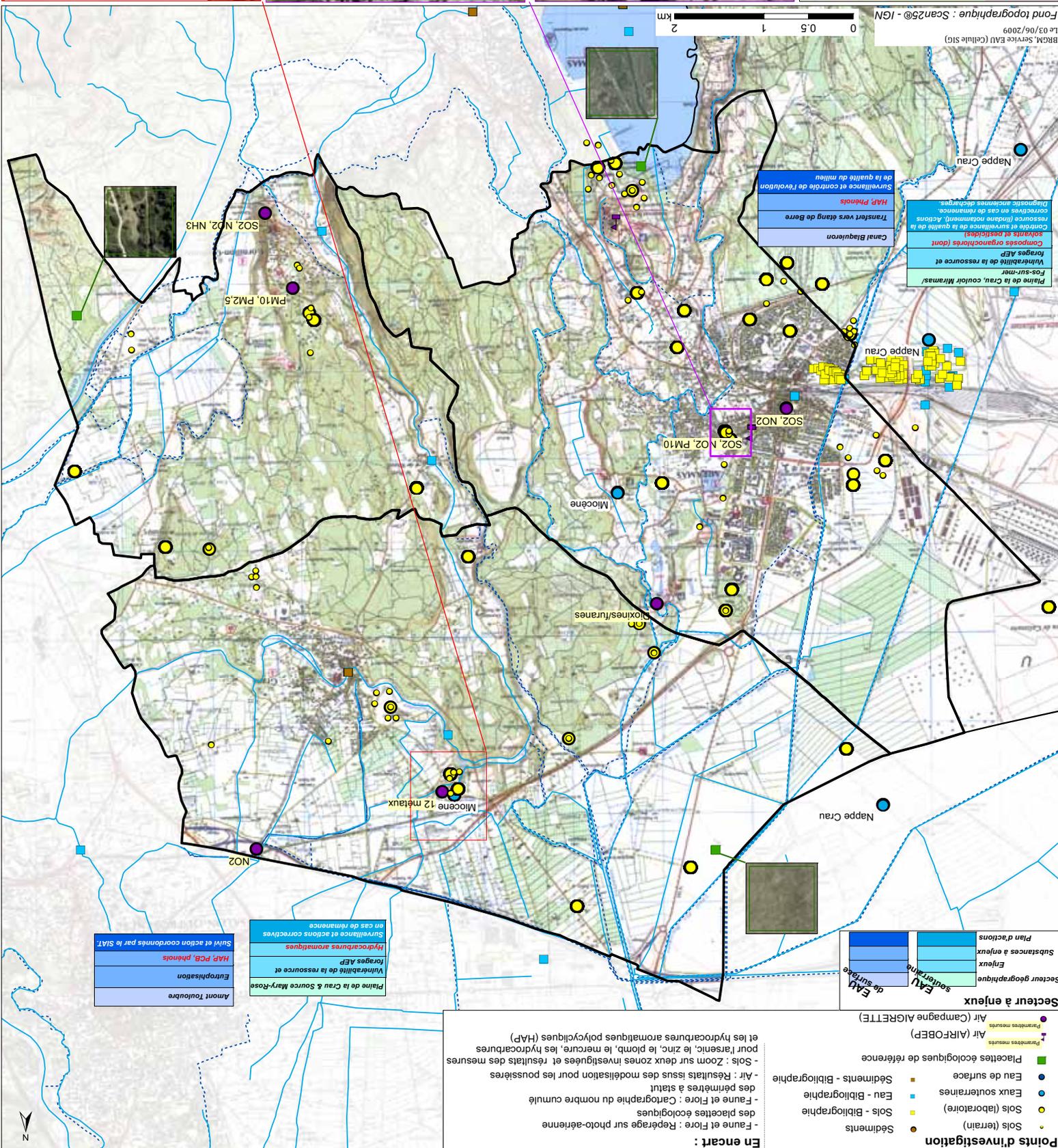
Influence du Rhône

Qualité des eaux (As, HAP, métaux organochlorés)

Surveillance et contrôle de l'évolution de la qualité du milieu

Secteurs à enjeux, Grans et Cornillon-Contoux

Secteurs à enjeux, Grans et Cornillon-Contoux, nécessitant un plan de gestion



BRGM, Service Eau (Cellule SIG)
 Lc 03/06/2009
 Fond topographique : Scanz56® - IGN

Plaine de la Crau, couloir Miramas/ Fos-sur-Mer
 Vulnérabilité de la ressource et forages AEP
Corpus aromatiques (dont solaires et résiduels)
 Contrôle et surveillance de qualité de la ressource (indicateur notamment) : Actions correctives en cas de dérive.
Digues anciennes délaissées.

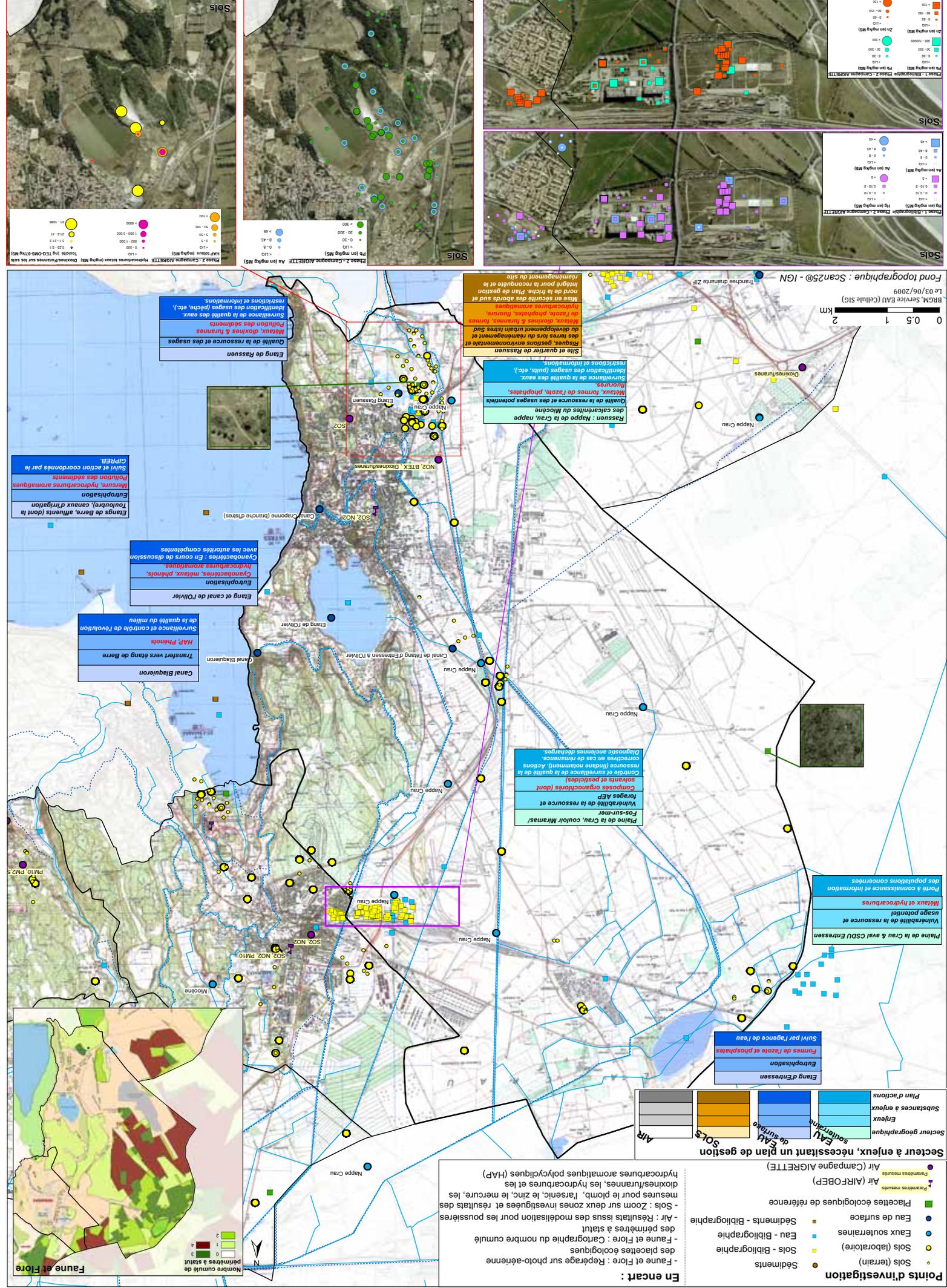
Canal Biqueron
 Transfert vers étang de Berre
HAP Phénols
 Surveillance et contrôle de l'évolution de la qualité du milieu

Plaine de la Crau & Source Mary-Rose
 Vulnérabilité de la ressource et forages AEP
Hydrocarbures aromatiques
 Surveillance et actions correctives en cas de rémanence

Amont Toulouse
 Eutrophisation
HAP, PCB, phénols
 Suivi et action coordonnées par le SIAT

Points d'investigation
 Sédiments (●)
 Soils (terrain) (●)
 Soils (laboratoire) (●)
 Eaux souterraines (●)
 Eau - Bibliographie (●)
 Sédiments - Bibliographie (●)
 Eau de surface (●)
 Placettes écologiques de référence (■)
 Air (AIRFOBEP) (●)
 Air (AIRFOBEP) (●)
 Air (CAMPAGNE AIGRETTE) (●)
Secteur à enjeux
 Eau de surface (■)
 Eau souterraine (■)
 Substances à enjeux (■)
 Plan d'actions (■)

En encart :
 - Faune et Flore : repérage sur photo-aérienne des placettes écologiques
 - Faune et Flore : Cartographie du nombre cumulé des papillons à statut
 - Air : Résultats issus des modélisations pour les poussières
 - Soils : Zoom sur deux zones investiguées et résultats des mesures pour l'arsenic, le zinc, le plomb, le mercure, les hydrocarbures et les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)



Points d'investigation

- Sédiments
- Soils (terran)
- Soils (laboratoire)
- Eaux souterraines
- Eau - Bibliographie
- Sédiments - Bibliographie
- Placettes écologiques de référence
- Placettes mesurées
- Paramètres mesurés

En encart :

- Faune et Flore : Réperçage sur photo-aérienne des placettes écologiques
- Faune et Flore : Cartographie du nombre cumulé des perméètres à statut
- Soils : Zoom sur deux zones investiguées et résultats des mesures pour le plomb, l'arsenic, le zinc, le mercure, les dioxines/furanes, les hydrocarbures et les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Secteur à enjeux, nécessitant un plan de gestion

- Plan d'actions
- Souterrains à enjeux
- Eaux
- Eau souterraine
- Eau de surface
- Air
- SOILS

Plaine de la Crau à aval CSDU Entressen

- Vulnérabilité de la ressource et usages potentiels
- Métaux et hydrocarbures
- Porte à connaissance et information des populations concernées

Plaine de la Crau, couleur Miramas/ Fos-sur-Mer

- Vulnérabilité de la ressource et forages AEP
- Composites organochlorés (dont solvants et pesticides)
- Contrôle et surveillance de la qualité de la ressource (limite notamment)
- Diagnostic antérieurs déchargés
- corrective en cas de rémanence

Etang et canal de l'olivier

- Eutrophisation
- Cyanobactéries, métaux, phénols, hydrocarbures aromatiques
- Opacités: En cours de discussion
- avec les autorités compétentes

Canal Biquarion

- Transport vers l'étang de Berre
- HAP, phénols
- Surveillance et contrôle de l'évolution de la qualité du milieu

Etang de Berre, affluents (dont la Touloire), canaux d'irrigation

- Eutrophisation
- Métaux, hydrocarbures aromatiques
- Pollution des sédiments
- Suivi et action coordonnées par le GIREB.

Etang de Rassoun

- Qualité de la ressource et des usages
- Métaux, dioxines & furanes
- Pollution des sédiments
- Surveillance de la qualité des eaux
- Identification des usages (pêche, etc.)
- restrictions et informations

Rassoun : Nappe de la Crau, nappe des calcarenites du Miocène

- Qualité de la ressource et des usages potentiels
- Métaux, formes de l'azote, phosphates, nitrates, gestions environnementales et de développement urbain (travaux de terrassement, etc.)
- restrictions et informations
- Surveillance de la qualité des eaux
- Identification des usages (puits, etc.)

Site et quartier de Rassoun

- Risques, gestions environnementales et de développement urbain (travaux de terrassement, etc.)
- Métaux, dioxines & furanes, formes de l'azote, phosphates
- Mise en sécurité des abords sud et nord de la triche; Plan de gestion intégré pour la reconnaissance et le réaménagement du site





Centre scientifique et technique
Service environnement industriel et procédés innovants
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34