

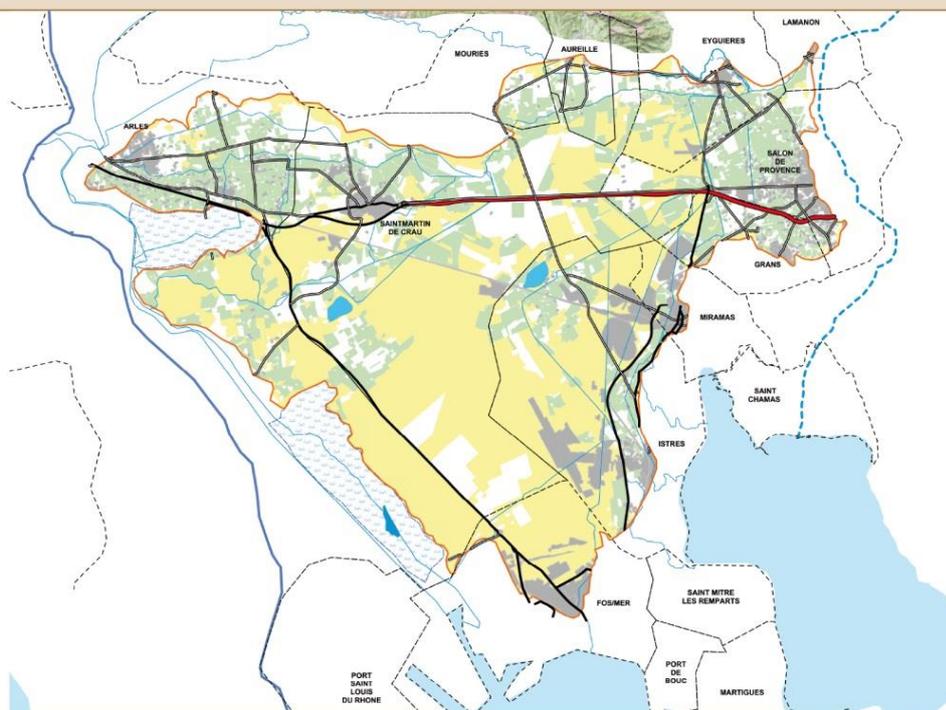
# Étude ressource stratégique (ERS) de l'aquifère des cailloutis de la Crau



Contrat  
de **nappe** Crau  
Etude Ressource en  
eau Stratégique

Rapport TECHNIQUE - Phase n° 1 :

## Pré-identification des zones de sauvegarde de la ressource en eau potable pour l'avenir du territoire de la Crau



Décembre 2015

Sous la maîtrise d'ouvrage :



Partenaires techniques et financiers :



Étude réalisée par le groupement de bureaux d'études :





## SOMMAIRE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. PREAMBULE .....</b>   | <b>7</b>  |
| Contexte administratif .....  | 7         |
| Objectifs généraux .....  | 9         |
| Périmètre de l'étude .....  | 10        |
| Objectifs de phase 1 .....  | 12        |
| <br>  |           |
| <b>2. QUE SAIT-ON DES EAUX SOUTERRAINES ? .....</b>                               | <b>13</b> |
| <b>2.1 QUELLE EST LA STRUCTURE DE L'AQUIFERE ? .....</b>                          | <b>13</b> |
| Une « nappe » de galets très étendue .....  | 13        |
| Mais des réservoirs bien différenciés.....  | 15        |
| Que sait-on de la nappe ? .....   | 18        |
| <b>2.2 D'OU PROVIENT L'EAU DES NAPPES ? .....</b>                                 | <b>20</b> |
| L'infiltration des eaux de pluie .....  | 20        |
| Les infiltrations des hydro systèmes superficiels.....                            | 21        |
| Les venues sous-alluviales par les encaissements aquifères.....                   | 22        |
| <b>2.3 OU VA NATURELLEMENT L'EAU DE LA NAPPE ?.....</b>                           | <b>23</b> |
| L'alimentation des zones humides .....  | 25        |
| Les retours vers les cours d'eau .....  | 27        |
| Le drainage de la nappe .....   | 28        |
| <b>2.4 CONNAIT-ON LE DEBIT D'ECOULEMENT DE LA NAPPE ?.....</b>                    | <b>29</b> |
| Estimations passées .....   | 29        |
| Estimation actuelle.....  | 30        |
| <b>2.5 L'EAU DES NAPPES EST ELLE VULNERABLE AUX POLLUTIONS DE SURFACE ? .....</b> | <b>31</b> |
| Couche protectrice de surface .....   | 31        |
| Infiltration des eaux superficielles .....  | 35        |
| Epaisseur de la zone non saturée.....   | 36        |
| <b>2.6. QUELLES SONT LES RISQUES DE POLLUTION DE LA NAPPE ? .....</b>             | <b>38</b> |
| Aménagement de la plaine de la Crau .....   | 39        |
| Risques de pollution liés aux activités industrielles .....                       | 42        |
| Risques de pollution liés aux activités agricoles .....                           | 45        |
| Quels sont les secteurs peu menacés aujourd'hui ? .....                           | 48        |
| <b>2.7 QUELLE EST LA QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES ?.....</b>                     | <b>50</b> |
| Qualité des eaux avant 2008.....  | 52        |
| Qualité des eaux après 2007 .....   | 54        |
| <br>  |           |
| <b>3. QUELLE PRESSION SUR LA RESSOURCE EN EAU SOUTERRAINE ? .....</b>             | <b>57</b> |
| <b>3.1 LES PRELEVEMENTS ACTUELS.....</b>  | <b>57</b> |
| Prélèvements pour l'industrie et pour l'agriculture.....                          | 57        |
| Prélèvements pour l'alimentation en eau potable .....                             | 59        |

|   |            |
|---|------------|
| <b>3.2 LES BESOINS FUTURS EN EAU POTABLE .....</b>                    | <b>78</b>  |
| Besoins liés à une croissance de la demande .....                     | 78         |
| Besoins liés à des exports hors plaine de Crau .....                  | 85         |
| <b>4. QUELLES RESSOURCES FAUT-IL PRESERVER POUR LE FUTUR ? .....</b>  | <b>87</b>  |
| <b>4.1 PROPOSITION DE SECTEURS A SAUVEGARDER .....</b>                | <b>87</b>  |
| Des champs captants nombreux et suffisants à un horizon 2030 .....    | 88         |
| Des nappes comme des « tubes » d'écoulement .....                     | 90         |
| Une nappe vulnérable et menacée .....                                 | 91         |
| Proposition d'une stratégie globale .....                             | 94         |
| <b>4.2 COMPATIBILITES DES ZONES DE SAUVEGARDE .....</b>               | <b>106</b> |
| Contraintes liés aux milieux naturels .....                           | 110        |
| Contraintes liés à une gestion raisonnée de la ressource en eau ..... | 111        |
| <b>5 BIBLIOGRAPHIE .....</b>  | <b>113</b> |

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

|   |    |
|---|----|
| Figure 1 : Périmètre de l'étude.....  | 11 |
| Figure 2 : Contexte géologique (extrait de la carte géologique du BRGM au 1 : 250 000). .....   | 14 |
| Figure 3 : Carte synthétique des différentes unités de la Crau (d'après Guieu et al. 1996). .....   | 15 |
| Figure 4 : Epaisseur des dépôts de cailloutis (d'après carte de Roure, 2004). .....   | 17 |
| Figure 5 : Carte piézométrique d'étiage. ....   | 19 |
| Figure 6 : Protection réglementaire des zones écologiques remarquables de la plaine de Crau. ....   | 24 |
| Figure 7 : Proposition de bilan pour la nappe des alluvions de la Crau. ....  | 30 |
| Figure 8 : Cartographie des éléments explicatifs de la nature des sols en plaine de Crau. ....  | 32 |
| Figure 9 : Cartographie des classes de vulnérabilité en fonction de la présence d'horizons protecteurs. ....  | 34 |
| Figure 10 : Localisation et ordres de grandeur des flux d'alimentation des eaux d'irrigation (Astuce & TIC).<br>.....                                   | 35 |
| Figure 11 : Cartographie schématique des épaisseurs de la zone non saturée. ....  | 37 |
| Figure 12 : Infrastructures de la plaine de Crau. ....  | 40 |
| Figure 13 : Sites de stockages, actuels et anciens, de priorité 1 en termes de protection de la nappe de la<br>Crau (GINGER, 2009). ....                | 41 |
| Figure 14 : Sites industriels en activité (GINGER, 2009). ....  | 42 |
| Figure 15 : Sites industriels à haut potentiel de dangerosité pour la nappe (GINGER, 2009). ....  | 43 |
| Figure 16 : Localisation des sites industriels (GINGER, 2009). ....   | 44 |
| Figure 17 : Cultures et phytosanitaires (GINGER, 2009). ....  | 46 |
| Figure 18 : Distribution des vergers « industriels » en Crau (Astuce&TICS). ....  | 47 |
| Figure 19 : Délimitation approximative de secteurs de nappe peu menacés par les usages aux sols<br>actuels.....   | 49 |
| Figure 20 : Evolution de la limite du front salé entre 1996 et 2006 (GINGER, 2009). ....  | 51 |
| Figure 21 : Synthèse des pollutions observées sur les captages AEP entre 1997 et 2007 (GINGER, 2009).<br>.....  | 53 |
| Figure 22 : Concentration, par point, en pesticides totaux sur les 7 campagnes de mesures réalisées par<br>le SYMCRAU (rapport 2015). ....              | 54 |
| Figure 23 : Concentration en micropolluant organiques totaux (en µg/L) sur la période 2012-2015 pour le<br>réseau du SYMCRAU (rapport 2015). ....       | 56 |
| Figure 24 : Concentration en micropolluant organiques totaux (en µg/L) sur la période 2012-2015 sur les<br>stations de pompage AEP (rapport 2015). .... | 56 |
| Figure 25 : Carte de localisation des forages agricoles. ....   | 58 |
| Figure 26 : Carte de localisation des captages AEP. ....  | 59 |
| Figure 27 : Prélèvements annuels du captage de St Hippolyte (Données Agence de l'Eau). ....   | 61 |
| Figure 28 : Prélèvements annuels du captage de Mas Thibert (Données Agence de l'Eau). ....  | 62 |
| Figure 29 : Prélèvements annuels du captage du Lion d'Or (Données Agence de l'Eau). ....  | 63 |
| Figure 30 : Prélèvements annuels du captage de Valboisé (Données Agence de l'Eau). ....   | 64 |
| Figure 31 : Prélèvements annuels du captage de la ZAC de la Crau (Données Agence de l'Eau). ....  | 66 |

|   |     |
|---|-----|
| Figure 32 : Prélèvements annuels du captage des Fiolles (Données Agence de l'Eau).....  | 67  |
| Figure 33 : Prélèvements annuels du captage de Marie-Rose (Données Agence de l'Eau).....  | 68  |
| Figure 34 : Prélèvements annuels du captage de la Caspienne (Données Agence de l'Eau).....  | 69  |
| Figure 35 : Prélèvements annuels du captage des Canaux Jumeaux (Données Agence de l'Eau).....   | 70  |
| Figure 36 : Prélèvements annuels du captage de Sulauze (Données Agence de l'Eau).....   | 71  |
| Figure 37 : Prélèvements annuels du captage de l'autodrome (Données Agence de l'Eau).....   | 72  |
| Figure 38 : Prélèvements annuels du captage de Ventillon (Données Agence de l'Eau).....   | 73  |
| Figure 39 : Prélèvements annuels du captage de Fanfarigoule (Données Agence de l'Eau).....  | 74  |
| Figure 40 : Prélèvements annuels du captage des Tapies (Données Agence de l'Eau).....   | 75  |
| Figure 41 : Prélèvements annuels du captage de la Pissarotte (Données Agence de l'Eau).....   | 76  |
| Figure 42 : Populations en 2007 et 2011 pour les communes alimentées par l'eau de Crau (données INSEE).....   | 81  |
| Figure 43 : Perspectives d'évolution de la population dépendante de l'eau de Crau pour 2030.....  | 82  |
| Figure 44 : Evolutions démographiques et des besoins en AEP des communes prélevant actuellement des eaux de la nappe de la Crau (horizon 2030)..... | 83  |
| Figure 45 : Evolutions du besoin AEP des communes prélevant actuellement des eaux de Crau (horizon 2030).....                                       | 84  |
| Figure 46 : Débits autorisés, capacités et évolution de champs captant en Crau (horizon 2030).....  | 85  |
| Figure 47 : Localisation des champs captants et de leurs périmètres de protection.....  | 88  |
| Figure 48 : Débits autorisés, capacités et évolution de champs captant en Crau (horizon 2030).....  | 89  |
| Figure 49 : Simulation de propagation de polluants dans la nappe-Sillon de Miramas (Daum, 1996).....  | 90  |
| Figure 50 : Croisement entre productivité, éléments de vulnérabilité structurelle de l'aquifère et menaces liées aux activités anthropiques.....    | 92  |
| Figure 51 : Stratégie globale de distribution des ZS (limites approximatives).....  | 98  |
| Figure 52 : Secteur de la ZSE de St Hippolyte (limites approximatives).....   | 99  |
| Figure 53 : Secteur de la ZSE et ZNSEA de St Martin de Crau (limites approximatives).....   | 100 |
| Figure 54 : Secteur des ZSE et ZNSEA de Miramas (limites approximatives).....   | 101 |
| Figure 55 : Secteur de la ZSE de Super Ventillon (limites approximatives).....  | 102 |
| Figure 56 : Secteur de la ZNSEA du Mas Thibert (limites approximatives).....  | 103 |
| Figure 57 : Secteur de la ZNSEA d'Aureille (limites approximatives).....  | 104 |
| Figure 58 : Secteur de la ZNSEA de Salon en Provence (limites approximatives).....  | 105 |
| Figure 59 : Etat des lieux des documents d'urbanisme en vigueur sur la plaine de la Crau (POS et PLU).....  | 106 |
| Figure 60 : Etat des lieux schémas de cohérence territoriale sur la plaine de la Crau.....  | 107 |
| Figure 61 : Secteur des ZS et contraintes liées à la protection réglementaire des milieux naturels. .   | 110 |

## 1 . PREAMBULE

### CONTEXTE ADMINISTRATIF

**L'étude de détermination des ressources stratégiques de la Crau est portée par le SYMCRAU qui a pour vocation de mettre en œuvre une politique de gestion durable de la ressource en eau souterraine en Crau.**

Le SYMCRAU a été créé le 13 février 2006. Il regroupe à la fois des collectivités territoriales de la Crau (Communes d'Aureille et de Mouriès, le SAN Ouest Provence, la Communauté d'Agglomération du Pays de Martigues, la Communauté d'Agglomération Arles Crau Camargue Montagnette et la Communauté d'Agglomération Agglopoles Provence) mais aussi la Chambre d'Agriculture des Bouches-du-Rhône et des établissements publics concernés par la ressource en eau souterraine (le Grand Port Maritime de Marseille et l'Union du Canal Commun Boisgelin-Craponne, représentant des canaux d'irrigation).

La préservation de cette ressource en eau souterraine est un enjeu majeur à la fois d'un point de vue patrimonial, écologique (préservation des milieux humides associés) et paysager mais aussi pour l'alimentation en eau du territoire et des villes voisines (270 000 habitants), puisqu'aucun réseau hydrographique naturel ne traverse la plaine de la Crau. L'évolution du territoire dans un contexte de révision générale des PLU et des SCoTs prévue en 2015-2016, la vulnérabilité de la nappe liée à ses caractéristiques (nappe libre et côtière) et son fonctionnement particulier (recharge liée à une activité anthropique et économique), combinées à son importance stratégique, déterminent la nécessité de sécuriser la ressource en eau souterraine pour les besoins actuels et futurs en eau potable.

Pour répondre à cet enjeu de sécurisation de la ressource en eau souterraine, il apparaît aujourd'hui nécessaire de réaliser une Etude Ressource Stratégique (ERS). Elle doit permettre d'identifier, au sein de cette ressource stratégique, les Zones de Sauvegarde pour le Futur (ZSNEA) à préserver et de définir un programme d'actions à mettre en œuvre. Il est entendu que la mise en œuvre du programme d'actions ne fait pas partie de la présente étude.

**Précisons que cette étude doit satisfaire un objectif réglementaire. La Directive Cadre sur l'Eau demande que les Etats membres désignent dans chaque district hydrographique les masses d'eau utilisées pour l'eau potable ou destinées, pour le futur, à un tel usage et en assure leur préservation.**

L'arrêté du 17 mars 2006 relatif au contenu du SDAGE demande de présenter «une carte des zones à préserver en vue de leur utilisation dans le futur pour des captages d'eau destinés à la consommation humaine ».

Cette obligation s'est traduite dans le SDAGE Rhône-Méditerranée qui, dans son orientation fondamentale 5E, a recensé 94 masses d'eau dans lesquelles sont à identifier les zones à préserver pour l'AEP actuelle et future. Ainsi, dans son orientation fondamentale n°5E, le SDAGE Rhône-Méditerranée prévoit des dispositions particulières pour protéger la qualité de la ressource destinée à la consommation humaine :

- ✓ Identifier et caractériser les ressources majeures à préserver pour l'alimentation en eau potable actuelle ou future ;
- ✓ Engager des actions de restauration et de protection dans les aires d'alimentation des captages d'eau potable affectées par des pollutions diffuses ;
- ✓ Mobiliser les outils réglementaires pour protéger les ressources majeures à préserver pour l'alimentation en eau potable actuelle et future ;
- ✓ Achever la mise en place des périmètres de protection réglementaire des captages et adapter leur contenu ;
- ✓ Mobiliser les outils foncier, agri-environnementaux et de planification dans les aires d'alimentation de captage et les ressources à préserver ;
- ✓ Réorienter progressivement les actions pour privilégier la prévention.

**L'objectif affiché par le SDAGE est d'identifier précisément les zones à préserver pour assurer l'alimentation en eau potable actuelle et future et protéger la ressource sur le long terme. La définition des dispositions à prendre en faveur de la préservation de ces ressources stratégiques pour l'alimentation en eau potable doit conduire à assurer le maintien de ces ressources à travers les aspects qualitatifs et quantitatifs.**

Ces zones seront ensuite intégrées dans le registre des zones protégées et pourront figurer dans le prochain SDAGE en tant que « zones de sauvegarde de la ressource AEP».

La disposition 5E-01 du SDAGE préconise, pour ces masses d'eau, d'identifier et caractériser les ressources majeures à préserver pour l'alimentation en eau potable actuelle ou future. La désignation de zones dites stratégiques pour l'AEP doit permettre, sur ces secteurs, de définir et de mettre en œuvre de manière efficace des programmes d'actions spécifiques, d'interdire ou de réglementer certaines activités pour maintenir une qualité de l'eau compatible avec la production d'eau potable sans recourir à des traitements lourds et de garantir l'équilibre entre prélèvements et recharge naturelle ou volume disponible.

**Rappelons que le SDAGE bénéficie d'une portée juridique : non opposable aux tiers, il est opposable à l'administration.**

Ainsi, les programmes et décisions administratives dans le domaine de l'eau devront être compatibles ou rendus compatibles avec les dispositions du SDAGE.

A titre d'exemple, les documents suivants doivent être compatibles avec le SDAGE (liste non exhaustive) :

- ✓ Le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE),
- ✓ Le Schéma Régional d'Aménagement et de Développement Durable du Territoire (SRADDT),
- ✓ Le Schéma Départemental des Carrières (SDC),
- ✓ Les documents d'urbanisme que sont les Schémas de Cohérence Territoriaux (SCOT) et les Plans Locaux d'Urbanisme(PLU) /Plans d'Occupation des Sols (POS). Ces documents doivent être mis à jour dans un délai de trois ans une fois le SDAGE approuvé.

C'est donc dans ce cadre général que s'inscrit la présente étude.

## OBJECTIFS GENERAUX

La présente étude, dans la perspective d'assurer un approvisionnement en eau potable durable dans le temps pour la zone étudiée, a les objectifs suivants :

- Identifier et délimiter sur l'ensemble de la zone étudiée les Zones de Sauvegarde (ZS), c'est-à-dire les secteurs à faire valoir comme stratégiques pour l'alimentation en eau potable (AEP) sur le long terme, en distinguant d'une part les zones identifiées comme étant intéressantes pour l'AEP future et qui sont déjà utilisées pour l'AEP (Zones de Sauvegarde Exploitées, ZSE) et d'autre part, les zones identifiées comme étant intéressantes pour l'AEP future mais qui ne sont pas utilisées actuellement pour l'AEP (Zones de Sauvegarde Non Exploitées Actuellement, ZSNEA).
- Etablir, pour chaque zone de sauvegarde et suivant les données existantes, un bilan de leur situation en termes de potentialité, qualité, vulnérabilité, risques en fonction de l'évolution des pressions d'usages et de l'occupation des sols mais aussi de leur statut actuel par rapport aux documents de planification, d'aménagement du territoire et d'urbanisme (schémas directeurs d'alimentation en eau potable, SCOTs, PLUs, ...).
- Proposer les études ou analyses complémentaires à réaliser lorsqu'un déficit de connaissance est constaté.
- Proposer les stratégies d'intervention adaptées pour la préservation des zones de sauvegarde identifiées (élaboration d'un programme d'actions de préservation des ressources stratégiques) ;
- Pour chaque zone de sauvegarde, proposer d'une part une délimitation précise et cohérente à l'échelle parcellaire et d'autre part des préconisations qui puissent être transposées dans les documents d'urbanisme (PLUs et SCoTs).

**L'atteinte de ce dernier objectif implique une concertation large et active avec les élus et services de l'aménagement du territoire en charge de l'élaboration ou de la révision de chacun des PLUs et SCoTs des collectivités.**

Etant donné l'objectif d'intégration des résultats aux PLUs et SCoTs en cours de révision, il est clairement attendu que les recommandations et prescriptions issues de cette étude soient directement intégrables dans les documents d'urbanisme (PLUs et SCoTs). En d'autres termes, les préconisations formulées devront (1) tenir compte des enjeux locaux de l'urbanisme, (2) faire appel à une terminologie adaptée au domaine de l'urbanisme réglementaire et (3) se situer dans une échelle de précision adaptée aux échelles d'intervention des SCoTs et des PLUs.

**Pour atteindre ces objectifs, le travail doit être organisé en trois phases chronologiques et/ou concomitantes explicitées dans le CCTP :**

- Phase 1 : Pré-identification des secteurs alluviaux stratégiques pour l'alimentation en eau potable. Il s'agit d'identifier et de délimiter dans les alluvions, les secteurs alluviaux à faire valoir comme majeurs pour l'alimentation en eau potable (ressources déjà exploitées et ressources à préserver en raison de leur potentialité, de leur qualité et de leur situation pour les usages futurs) ;
- Phase 2 : Caractérisation des zones pré-identifiées comme stratégiques et validation des zonages. Il s'agit, sur chaque secteur identifié et suivant les données existantes, de réaliser un bilan de leur situation en termes de potentialité, qualité, vulnérabilité, risques en fonction de l'évolution des pressions d'usage et de l'occupation des sols, mais aussi de leur statut actuel par rapport aux documents de planification et d'urbanisme (schémas directeurs d'alimentation en eau potable, schéma d'orientation des carrières, S.C.O.T., PLU, ...) ; Puis, il sera proposé, suivant les situations rencontrées et le niveau des connaissances, de réaliser des études ou analyses complémentaires.
- Phase 3 : Proposition de dispositions de protection et d'actions à engager pour la préservation des ressources désignées et identification des porteurs de projet pour leur mise en œuvre. Dans cette dernière phase, les outils réglementaires, conventionnels, financiers... pour la préservation des ressources en eau

seront listés et des porteurs de projets (collectivités, usagers, services de l'Etat) qui pourront intervenir dans un deuxième temps pour la mise en œuvre d'études complémentaires et d'actions de préservation pourront être proposés.

**Le présent rapport constitue le rendu de la phase 1.**

---

## PERIMETRE DE L'ETUDE

**Le secteur à investiguer correspond au bassin hydrogéologique de la nappe libre de l'aquifère des cailloutis de la Crau.**

L'étude ne couvre pas la zone de la masse d'eau sous-couverture située au-delà des marais (bordure Ouest), sauf éléments mis en évidence durant l'ERS et justifiant sa prise en compte. En effet, on considère que le caractère captif de la nappe dans ce secteur la protège des contaminations depuis la surface et que, par ailleurs, le risque d'intrusion saline l'exclut des zones significativement exploitables pour l'AEP.

D'un point de vue administratif, l'étude intéresse 14 communes (cf. figure ci-dessous).

Certaines d'entre elles présentent une portion de leur territoire faisant partie de la plaine de la Crau.

Citons :

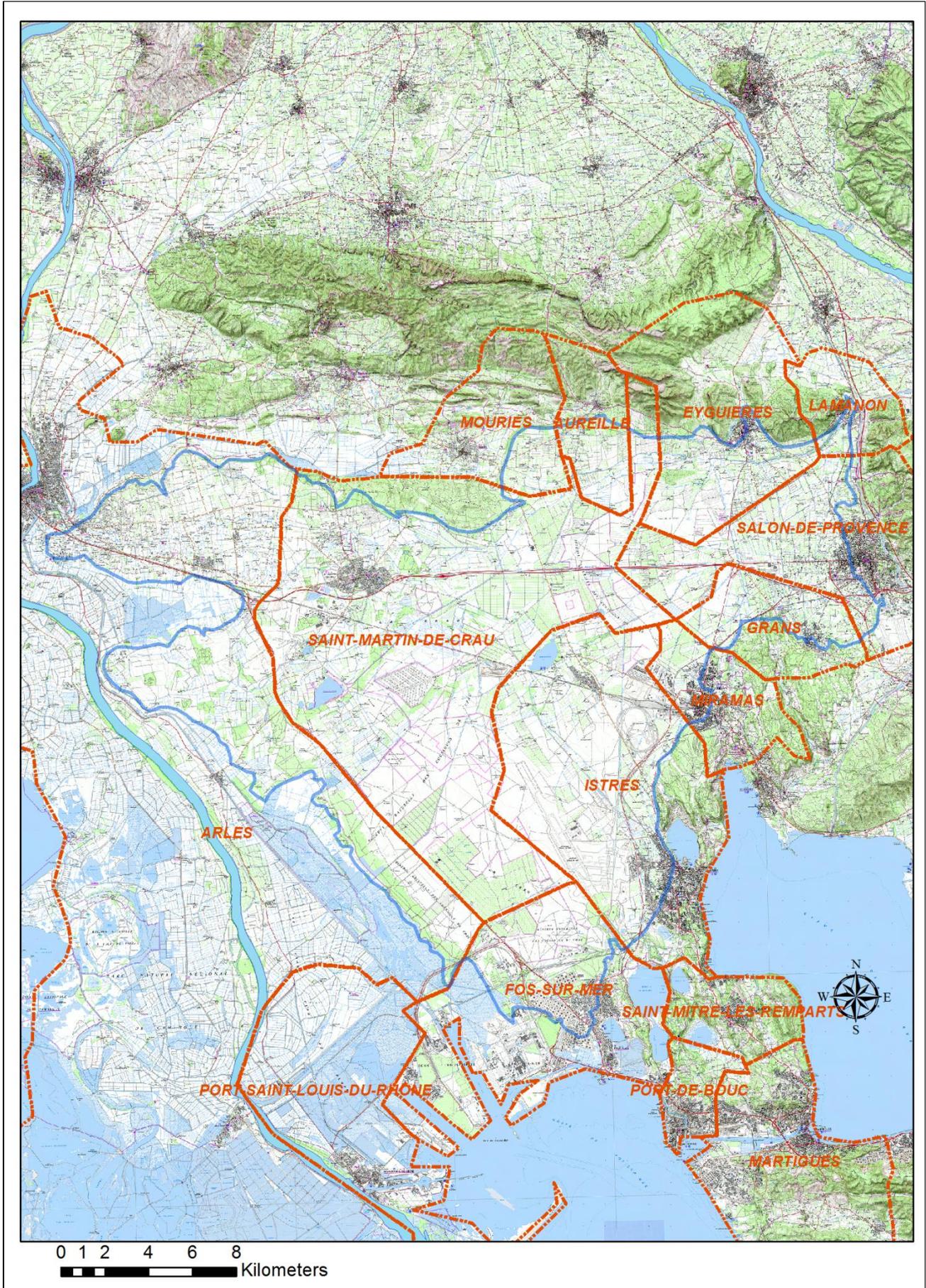
- Arles.
- St Martin-de-Crau.
- Mouriès.
- Aureille.
- Lamanon.
- Eyguières.
- Salon-de-Provence.
- Grans.
- Miramas.
- Istres.
- Fos-sur-Mer.

Et certaines de celles-ci, mais aussi d'autres situées hors du périmètre de la nappe, dépendent de l'eau de la nappe pour l'alimentation en eau potable, partielle ou totale, de leur population.

Citons :

- Arles.
- St Martin- de-Crau.
- Aureille.
- Salon-de-Provence
- Grans.
- Istres.
- Fos sur Mer.
- Martigues.
- St Chamas.
- Port de Bouc.
- Port- St- Louis-du-Rhône.

Figure 1 : Périmètre de l'étude.



## OBJECTIFS DE PHASE 1

Cette phase consiste à prédéfinir les zones indispensables pour la satisfaction des besoins en eau potable actuels et futurs. Un grand nombre de données sont existantes sur cette thématique et sur le secteur, le travail consiste donc en une synthèse bibliographique et une analyse de ces données.

L'enjeu de cette phase est d'aboutir à une vision partagée sur la structure des prélèvements AEP à moyen et long terme : vision conservatrice ou nouveau schéma prospectif ? De cette vision dépendra la distribution des zones de sauvegarde.

**L'analyse a été conduite autour de deux grandes thématiques :**

- ✓ **Que sait-on de l'aquifère et de la nappe ? Quelle est la ressource en eau souterraine ?**
- ✓ **Que connaît-on des prélèvements actuels et à venir ? Quelle est et quelle sera la pression sur cette ressource en eau ?**

C'est sur le croisement des besoins actuels et à venir (2030), et de la ressource disponible, que sont finalement proposés des secteurs susceptibles d'accueillir les zones de sauvegarde.

Dans le cadre de cette étude, certaines personnes ont accepté de nous recevoir pour partager leurs connaissances sur le territoire :

- M. Pecault (ACCM).
- Mme Morel et M. Sergent (CA13).
- M. Bailleux et M. Villesseche (SYMCRUA).

D'autres nous ont fourni des rapports et/ou des données, et aussi des informations lors d'entretiens téléphoniques :

- Mme Gleize-Matet (SAN Ouest Provence).
- M. Morland (ARS).
- Mme Belloni (Agglopolo Provence).
- M. Chazel (DDTM 13).
- Mme Trezzy (CD13).
- Mme Pascale et M. Mulnet (Mairie d'Aureille).

Nous tenons ici à les en remercier.

De plus, ce travail a été aussi alimenté par le travail de concertation du 5 novembre 2015. La concertation proposée aux élus, services urbanisme et environnement des collectivités, acteurs du monde agricole, associations... vise à définir collectivement la stratégie de préservation de l'eau potable à l'horizon 2030 sur la Crau.

La stratégie collective a été élaborée à partir de trois ateliers thématiques : pressions, ressource, prospectives. Les participants répartis en atelier de 8-10 personnes ont débattu sur la thématique de leur groupe. Le fruit de leurs échanges a été matérialisé par des pictogrammes collés sur une carte transparente du territoire de la Crau. La production de l'ensemble des ateliers a ensuite été croisée en superposant les cartes transparentes afin de visualiser les positionnements dans les 3 thématiques et de faire émerger la stratégie et les potentielles zones de sauvegarde.

Ces ateliers ont permis des échanges riches sur les enjeux de l'étude et un partage efficace d'informations sur de nombreuses thématiques. Nous remercions ici tous les participants à ces ateliers.

## 2 . QUE SAIT-ON DES EAUX SOUTERRAINES ?

Nous avons récolté de nombreuses études, très utiles pour comprendre la structure du réservoir, son comportement hydrogéologique et sa productivité potentielle.

**Le contexte hydrogéologique des alluvions de la Crau a fait l'objet de nombreuses études et investigations et on peut considérer cet aquifère et sa nappe comme très bien décrits à ce jour.**

Nous n'avons pas la prétention d'apporter des éléments nouveaux à la description de cette nappe. Notre travail a principalement consisté en une reprise des rapports et étude existants. Nous nous contenterons donc ici de rappeler les éléments de connaissance indispensables à la bonne compréhension de la problématique et nous nous attarderons sur ceux qui sont de première importance quant à la détermination des zones de sauvegardes.

### 2.1 QUELLE EST LA STRUCTURE DE L'AQUIFERE ?

#### UNE « NAPPE » DE GALETS TRÈS ÉTENDUE

La fiche descriptive de la masse d'eau (référentiel Agence de l'Eau) propose une description assez complète de la géologie de cet aquifère.

*« La masse d'eau correspond à un réservoir unique constitué de dépôts de cailloutis du Plio-quaternaire, déposés par la Durance (delta fossile). Trois principaux épisodes d'épandages conglomératiques peuvent être distingués, constituant de vastes plans inclinés s'abaissant du Nord-Est vers le Sud-Ouest :*

*- la Crau d'Arles, ou Vieille Crau à l'Ouest, centrée sur Saint-Martin de Crau, et drainée vers la dépression des marais de Meyranne. Elle date du Villafranchien (Pliocène supérieur et Pléistocène inférieur) et est constituée de cailloutis et galets à éléments en grande majorité quartzitiques, et conglomérats à éléments calcaires. Ils sont souvent cimentés en poudingues. Son épaisseur est variable : de 10 à 40 m.*

*- la Crau du Luquier, située à l'Est de la Crau d'Arles, et séparée de cette dernière par une ligne de partage des eaux correspondant à une ligne de crête du substratum, allant du signal de Mourières au lieu dit La Dynamite. La Crau du Luquier est datée du Quaternaire récent (Riss) ; les dépôts sont de faible épaisseur (moins de 10 m).*

*- la Crau de Miramas à l'Est couvre environ 2/3 de la superficie de la masse d'eau et date également du Quaternaire récent (Würm). Elle correspond à un ancien cône de déjection de la Durance (20 à 30 m d'épaisseur). Elle est constituée de cailloutis, galets et conglomérats à éléments dominants de quartzites, mais comprennent aussi des roches métamorphiques, du granite, des roches éruptives (variolites) et des calcaires. Ces cailloutis sont souvent cimentés.*

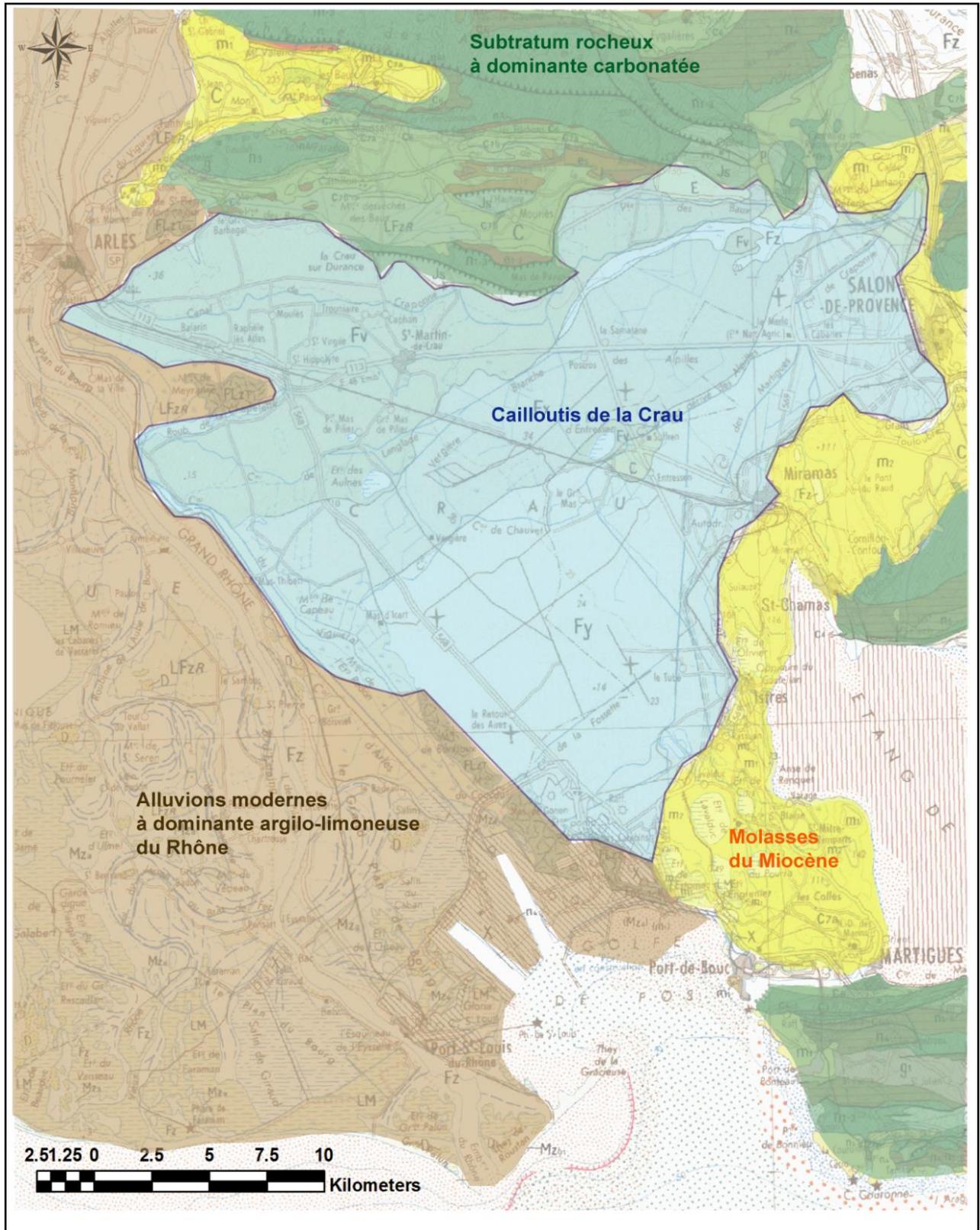
*Les cailloutis de la Crau affleurent sur l'ensemble de la masse d'eau souterraine. Ils sont parfois cimentés en poudingues compacts, localement discontinus et fissurés.*

*Le substratum des cailloutis de la Crau possède une topographie accidentée : on distingue deux sillons, Est-Ouest dans le secteur d'Arles et Nord-Est/Sud-Ouest dans celui de Miramas. Ce substratum est constitué par des formations globalement assez peu perméables : Pliocène argileux ou grés-marneux sur la plus grande partie, et Miocène marneux et localement gréseux sur la partie orientale. Le Pliocène affleure sur les bordures des étangs des Aulnes et d'Entressen.*

*L'épaisseur des formations de la Crau est en moyenne de 15 à 20 m mais peut atteindre plus de 50 m localement, en fonction de la topographie du substratum. Les épaisseurs les plus importantes se trouvent dans les couloirs de Miramas à Fos et d'Arles.*

*Les cailloutis de la Crau se prolongent sous la Camargue, en s'épaississant, formant une partie sous couverture. De plus, les argiles bleues du Pliocène inférieur en constituent partiellement le soubassement (partie Ouest).»*

Figure 2 : Contexte géologique (extrait de la carte géologique du BRGM au 1 : 250 000).



## MAIS DES RESERVOIRS BIEN DIFFERENCIES

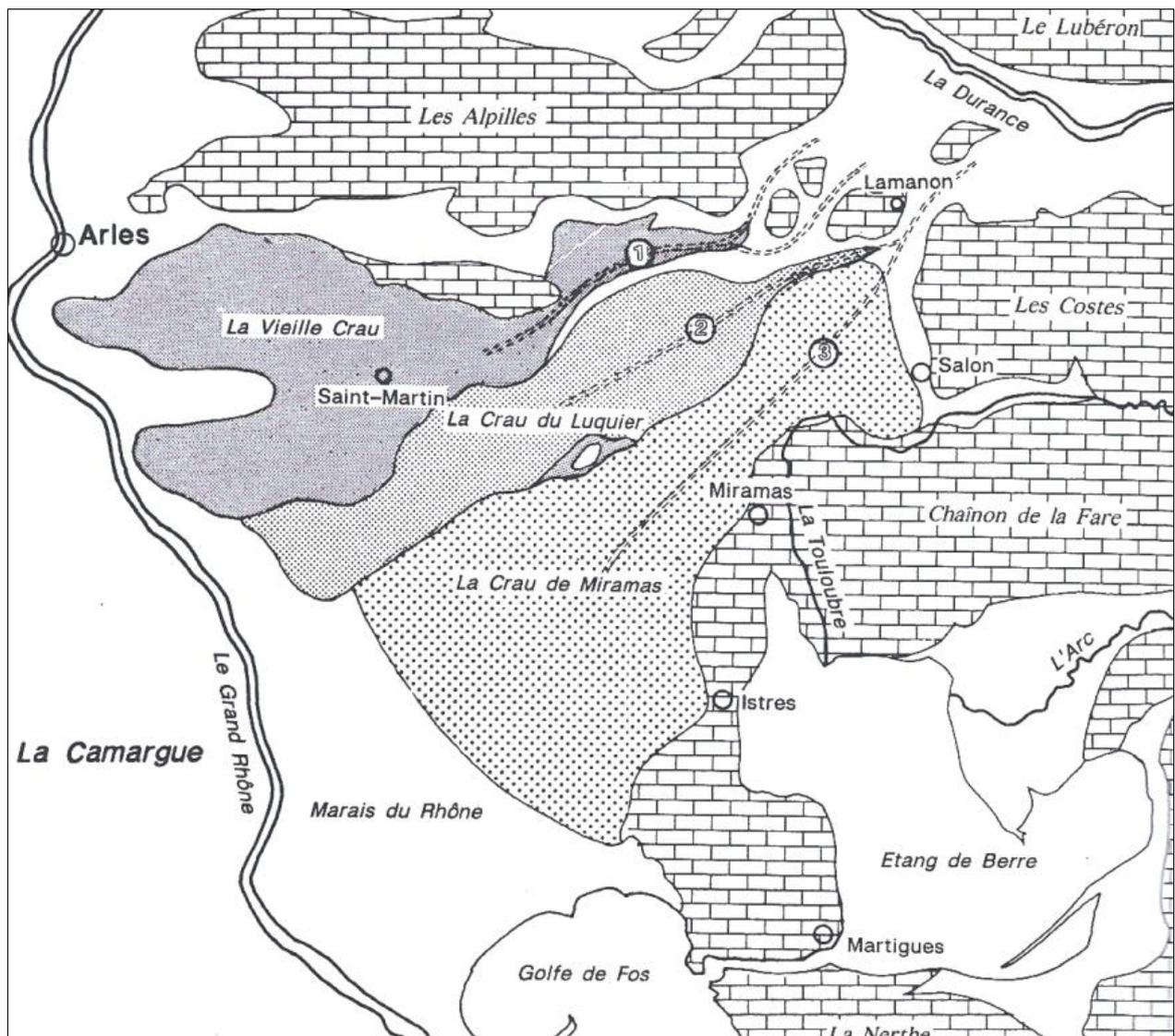
Il est aujourd'hui reconnu que cet épandage de cailloutis présente des caractéristiques qui conduisent à sa différenciation en plusieurs réservoirs.

Dans le détail, la description structurale et sédimentaire la plus aboutie est celle proposée par Roure et al. (2004). Ce travail est basé sur la reprise des données disponibles (rapports, logs de forage et diagraphies). Ils proposent, sur la base de critères chronologiques, de distinguer différents épandements alluviaux duranciens :

- La vieille Crau qui est constituée de la Crau d'Arles et de la Crau de St Pierre.
- La jeune Crau qui regroupe la Crau de Luquier et la Crau de Miramas.

La figure ci-dessous précise les limites de ces ensembles géologiques.

Figure 3 : Carte synthétique des différentes unités de la Crau (d'après Guieu et al. 1996).



Citons Guieu et al. (1996), repris par Roure et al. (2004) :

« On peut résumer l'histoire géologique de la Crau, indissociable de celle de la Durance, en quatre points :

1. Au début du quaternaire, empruntant le défilé d'Eyguières, puis celui de Saint-Pierre-de-Vence, la paléo Durance accumule ses alluvions jusqu'à Arles.
2. Au Riss, la paléo Durance se détourne par le seuil de Lamanon et son cours s'établit au sud du précédent.
3. Au début du Würm, le fleuve emprunte toujours le seuil de Lamanon mais déplace encore l'axe de son cours vers le Sud-Est.
4. Avant la fin du Würm, un petit affluent du Rhône réussit par érosion régressive à ouvrir le pertuis d'Orgon entre le Lubéron et les Alpilles. Il s'ensuit un phénomène typique de capture : désormais le cours inférieur de la Durance est celui que nous connaissons aujourd'hui.»

**On a donc trois principaux réservoirs de cailloutis qui ont été construits à des époques différentes et avec des dynamiques différentes.**

#### DES DIFFERENCES DE GRANULOMETRIE !

Roure et al. (2004) proposent une description détaillée de la stratigraphie de séries rattachées à ces ensembles, que l'on trouve aussi présentée de façon très pédagogique par Guieu et al. (1996) :

- La Crau d'Arles est composée de galets dont la taille n'excède pas 10 à 15 cm ; ils sont assez isométriques. Les cailloutis sont agglomérés par un véritable ciment grés-sableux de couleur jaunâtre. Dans le détail, Roure et al. (2004) différencie un dépôt basal épais à base de cailloutis cimentés qui constitue les horizons principaux, d'une couche de marnes (3 à 5 m d'épaisseur), localement recouverte par des cailloutis récents, que l'on observe uniquement dans la partie la plus aval du dépôt (Sud du Mas de la Chapelette).

- La Crau de Luquier est caractérisée par sa faible épaisseur (<10 m) et par une taille des galets (20 à 30 cm) qui témoigne d'un régime hydraulique d'épanchement plus torrentiel. On observe la présence d'une matrice sablo-argileuse.

- La Crau de Miramas est composée majoritairement de galets de roche que l'on ne trouve pas en Basse Provence : quartzites, faciès triasiques, granites et roches vertes originaires du Queyras ou du Pelvoux. On y trouve aussi des calcaires ou des grès du flysch de l'Embrunais ; les roches en provenance des massifs provençaux peuvent aussi trouver dans des proportions notables. La matrice sablo-argileuse est rare ou absente.

**On retiendra donc que la texture des terrains est d'autant moins favorable aux écoulements que le dépôt est ancien : présence de « ciments » entre les galets pour la Crau d'Arles, d'argiles et/ou de sables pour la Crau de Luquier, vides entre les galets pour la Crau de Miramas.**

#### DES DIFFERENCES D'ÉPAISSEUR !

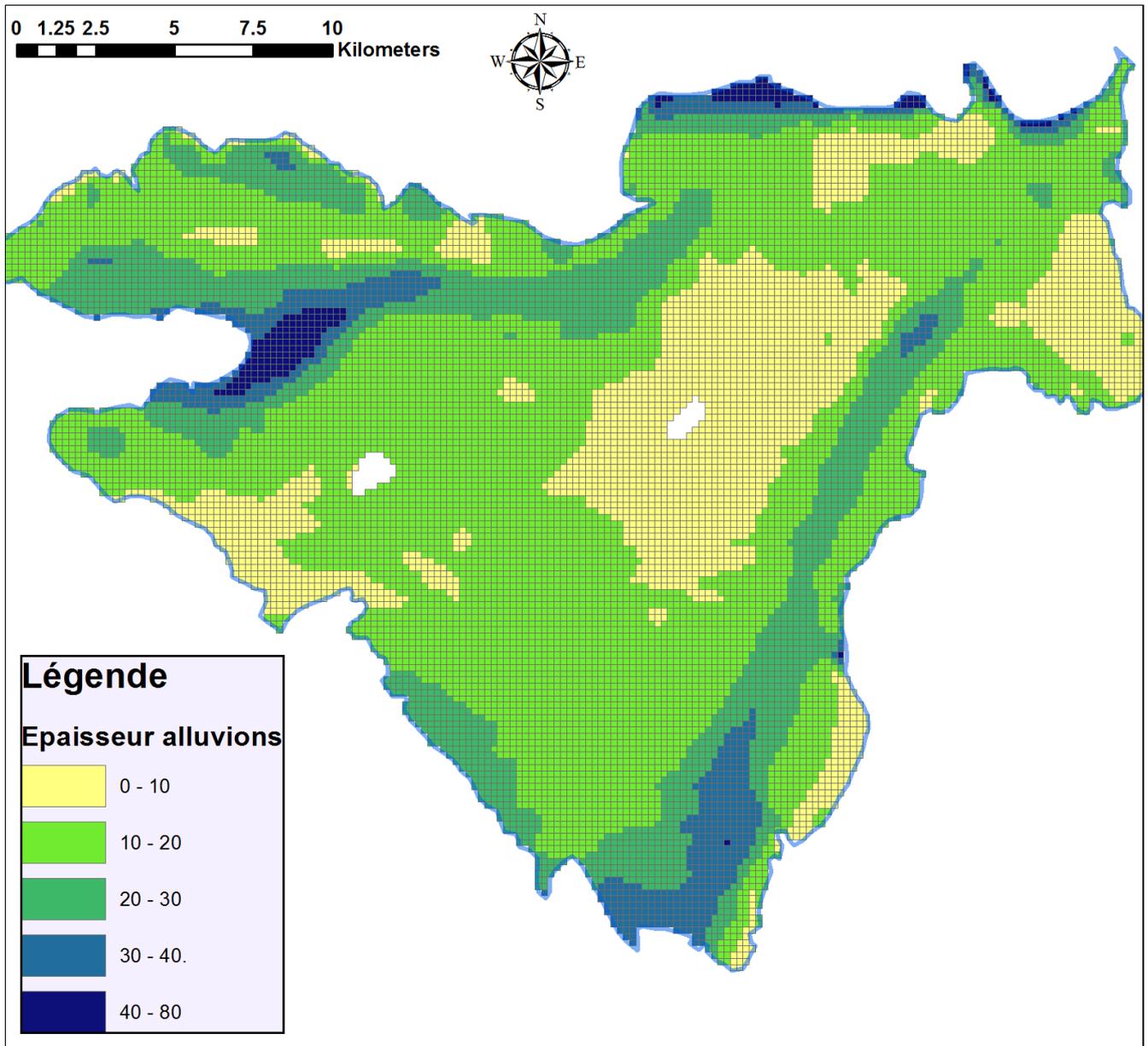
Un autre paramètre explicatif de première importance pour la productivité de la nappe est l'épaisseur des alluvions.

L'exploitation systématique des données de forage permet à Roure et al. (2004) de proposer une carte actualisée des épaisseurs d'alluvions. Elles sont très variables : de 0 m autour des étangs en bordure Sud, jusqu'à plus de 50 m à l'Ouest de St Martin-de-Crau. Sur la plaine, les épaisseurs varient généralement entre 10 et 20 mètres mais on note la présence de deux axes d'accumulation privilégiés :

- Un axe Est-Ouest passant par St Martin-de-Crau en direction d'Arles, appelé sillon d'Arles.
- Un axe globalement Nord-Sud selon une ligne Eyguieres-Fos sur Mer, appelé sillon de Miramas.

C'est cette cartographie qui sera prise comme référence dans notre étude.

Figure 4 : Epaisseur des dépôts de cailloutis (d'après carte de Roure, 2004).



#### DES PROPRIETES HYDRODYNAMIQUES DIFFERENTES ?

Ces grands éléments structuraux qui permettent de distinguer trois réservoirs à petite échelle, ne doivent pas masquer le manque de connaissance à plus grande échelle.

Une interprétation hâtive pourrait nous conduire à écrire les éléments :

- L'épaisseur des cailloutis de la Crau d'Arles est plus forte que celle de la Crau de Miramas que celle de la Crau du Luquier.
- Les perméabilités des cailloutis sont plus élevées dans la Crau de Miramas que dans la Crau du Luquier que dans la Crau d'Arles.

C'est en « moyenne » vrai mais ce n'est pas exact ; il serait plus juste de formuler « il est plus probable ... ».

En effet, chaque réservoir est lui-même très hétérogène : il présente localement des surépaisseurs qui ne figurent pas sur la carte ci-dessus qui présente les grandes vallées du paléo relief mais pas les petits vallons. On trouve aussi localement soit des passées plus indurées (donc moins perméables) soit des passées non

consolidées et sans matrice sableuse (même en Crau d'Arles). Mais il est vrai que les passées très perméables sont statistiquement plus fréquentes en Crau de Miramas qu'en Crau d'Arles.

Il faut abandonner la représentation d'un réservoir homogène avec des cailloutis de même nature sur toute la verticale d'un forage ou d'un puits. Toutes les données de forage disponibles montrent la complexité du réservoir avec une alternance de galets cimentés, de cailloutis enrobés dans une matrice sableuse plus ou moins argileuse et de passées avec cailloutis sans matrice. C'est en général dans ces derniers horizons que se concentrent les écoulements.

C'est un point important.

Cela confirme certes qu'il sera plus facile de trouver des forages productifs en Crau de Miramas qu'en Crau d'Arles. Mais cela signifie aussi par exemple que l'on peut espérer trouver des zones favorables aussi en Crau de Luquier, au droit d'une surépaisseur de second ordre avec une accumulation de « beaux cailloutis ». C'est d'ailleurs le cas du forage du Mas Thibert en Crau de Luquier (Conrad, 1989), qui serait capable de soutenir des débits de 500 m<sup>3</sup>/h (soit presque l'équivalent de la zone la plus productive du sillon de Miramas, dans le secteur du Ventillon).

---

## QUE SAIT-ON DE LA NAPPE ?

La nappe de la Crau est une nappe très surveillée et bien décrite dans sa dynamique de recharge, d'écoulements et de vidange.

Par le passé, EDF, dans le cadre de l'aménagement hydroélectrique de la Durance, avait réalisé de nombreux piézomètres, ce qui avait permis d'éditer des cartes piézométriques très précises (Bossy, 1965).

La consultation de la Base de Données du Sous-Sol, entretenue par le BRGM permet de constater les éléments suivants :

- Existence de plusieurs dizaines d'ouvrages avec des renseignements d'ordre géologique et de points d'eau, recensés sur la nappe et dont les caractéristiques sont disponibles dans cette base de données.
- Suivi piézométrique sur environ de 30 points.
- 137 qualitomètres qui présentent des analyses de la qualité des eaux souterraines.

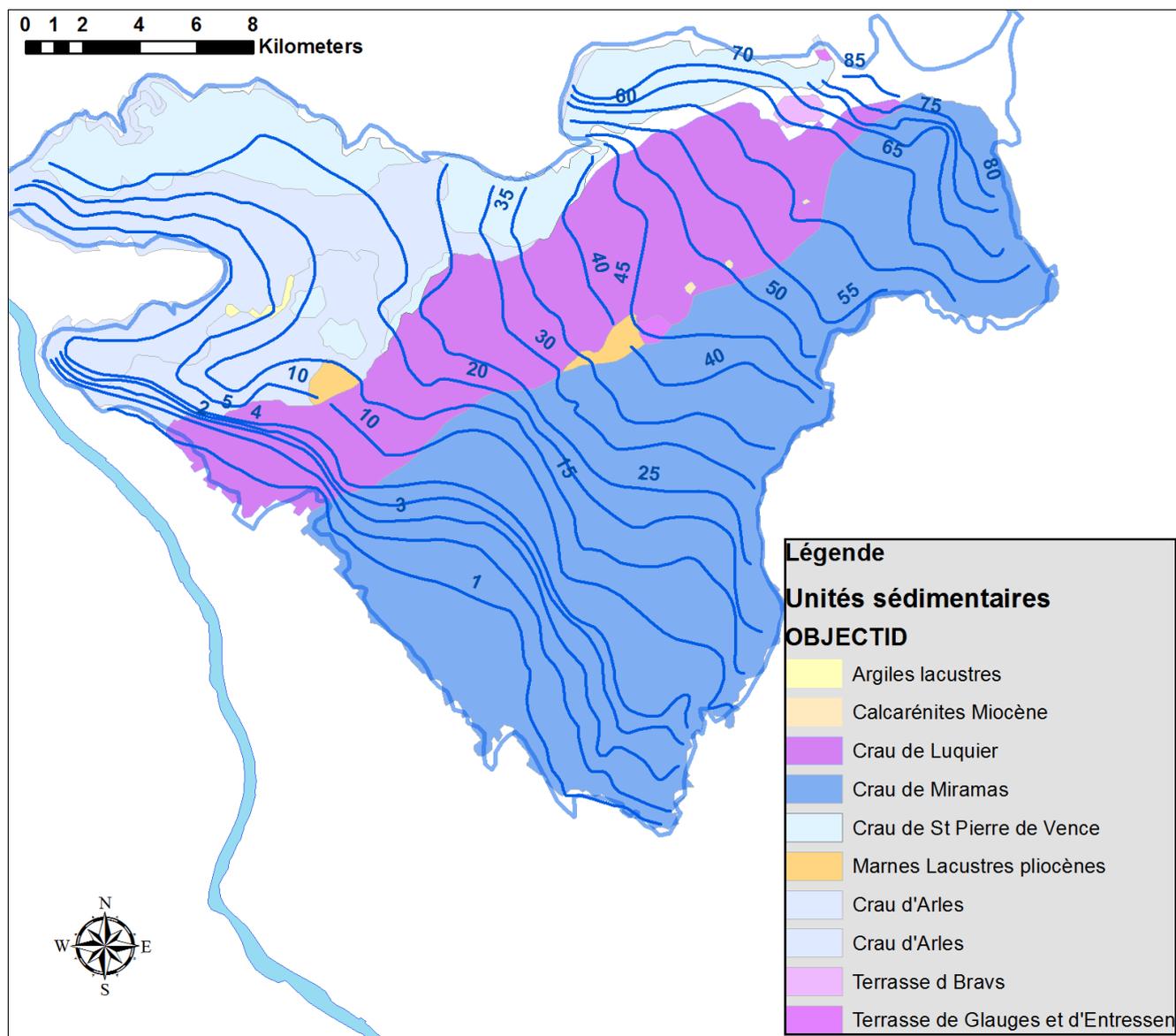
Précisons que le SYMCRAU a installé entre avril 2012 et mars 2013 un réseau de 23 piézomètres permettant de suivre en continu le niveau de la nappe phréatique. Celui-ci vient compléter le réseau de la base de données nationale des eaux souterraine ADES, qui comporte 8 piézomètres en Crau. En outre, le SYMCRAU effectue depuis octobre 2011 un suivi patrimonial de la qualité de la nappe sur 17 points avec une périodicité semestrielle (hautes eaux - basses eaux).

**Les cartes piézométriques disponibles montrent qu'une divergence des écoulements sépare un sous-bassin occidental correspondant à la Crau d'Arles d'un sous-bassin oriental correspondant à la Crau de Miramas (cf. carte piézométrique ci-dessous).**

Selon Albinet et al. (1968), la limite hydrogéologique entre le sous-bassin d'Arles et celui de Miramas est relativement stable dans le temps. C'est un constat que l'on peut partager au regard des nombreuses cartes piézométriques consultées.

Le régime des fluctuations des niveaux piézométriques de la nappe est très bien connu, notamment grâce aux observations mensuelles des niveaux d'eau effectués par EDF dans 240 puits entre 1954 et 1968. Les données de suivi collectées par le SYMCRAU confirment les observations passées.

Figure 5 : Carte piézométrique d'été.



Ce régime est variable dans l'espace et dépend des précipitations et des irrigations :

- Dans les zones irriguées, on observe une périodicité marquée avec un maximum en septembre-octobre et un minimum en hiver. Les amplitudes y sont importantes et peuvent être pluri métriques. La variabilité inter annuelle apparaît peu accentuée.
- Hors de ces zones, l'influence des précipitations est plus visible : périodicité moins régulière, hautes eaux hivernales, amplitudes infra-métriques et variabilité inter-annuelle plus importante

## 2.2 D'OU PROVIENT L'EAU DES NAPPES ?

### L'INFILTRATION DES EAUX DE PLUIE

Nous disposons de plusieurs estimations de la pluie et de la pluie efficace.

Rappelons que la pluie efficace est la proportion de l'eau de pluie qui n'est pas consommée par la végétation par évapotranspiration ; c'est la part de l'eau qui va soit nourrir les cours d'eau par ruissellement, soit alimenter les nappes par infiltration.

Si on considère les moyennes annuelles, la hauteur annuelle moyenne des pluies est comprise entre 500 et 600 mm, pour une évapotranspiration estimée entre 450 et 500 mm/an (Albinet et al., 1970). Les auteurs estiment un ruissellement nul et montrent que la recharge est centrée sur quelques mois : de décembre à mars inclus. Cette hypothèse du non ruissellement mérite d'être discutée. Albinet et al. (1970) rappellent, de façon contradictoire, que l'on peut observer une part d'alimentation par ruissellement des lacs et étangs de la Crau ; ils notent la présence d'importants réseaux de drainage.

GINGER (2009b) propose des données plus précises sur la lame d'eau infiltrée. Ils étudient les données hydro météorologiques de 1997 à 2007 (en moyennes mensuelles) de quatre stations météorologique (Arles, Istres, Port-de-Bouc et Salon-de-Provence) qu'ils analysent à l'aide d'un modèle de type P-Q pour déterminer la lame d'eau infiltrée. Cette lame d'eau se répartit avec des moyennes mensuelles comprises entre 10 et 60 mm entre octobre et février, avec des cumuls annuels qui varient entre 30 et 140 mm/an. On observe ainsi 7 mois dans l'année caractérisés par l'absence de pluie efficace. Notons l'année 2007 comme exceptionnelle : elle est caractérisée par l'absence de pluies efficaces !

Lors de la révision de la description technique des masses d'eau de la région PACA (Fénart et al., 2012), un travail spécifique d'analyse des données SAFRAN (données hydrométéorologiques distribuées, définies par simulation par METEO France) avait été réalisé pour estimer la pluie efficace annuelle à partir des séries mensuelles reconstituées sur 30 ans. La pluie efficace annuelle était alors estimée à environ 160 mm /an. L'écart avec l'estimation de GINGER s'explique par une meilleure prise en compte de la distribution spatiale de la pluie, une prise en compte de séries chronologiques plus longues (30 ans contre 10 ans pour GINGER). Le modèle SAFRAN donne en effet des moyennes annuelles de pluie efficace de l'ordre de 80 mm en partie centrale et Sud de la plaine. Mais il montre aussi que sur les contreforts des Alpilles, les précipitations sont plus élevées.

En moyenne, sur la plaine de la Crau, on retiendra donc que la pluie efficace annuelle est comprise entre 80 et 160 mm : soit une moyenne qui varie entre 80 et 160 l/m<sup>2</sup> et par an, qui vont contribuer soit au débit des cours d'eau, soit qui vont s'infiltrer vers les nappes. C'est un flux relativement faible : en France, la pluie efficace est en moyenne proche de 300 mm.

On peut ainsi estimer un flux d'alimentation vers les nappes, en posant une hypothèse sur la valeur du coefficient d'infiltration. Nous proposons de prendre un coefficient d'infiltration de l'ordre de 90%.

**Ce qui implique une recharge comprise entre 70 et 140 l/m<sup>2</sup> et par an. Soit entre 30 et 60 Mm<sup>3</sup>/an de recharge par infiltration des eaux de pluie sur un impluvium de 550 km<sup>2</sup>. A noter que la recharge se fait préférentiellement sur la partie Nord de la plaine de Crau.**

## LES INFILTRATIONS DES HYDRO SYSTEMES SUPERFICIELS

### DES COURS D'EAU TEMPORAIRES ?

La problématique de la spatialisation de l'infiltration des eaux de pluie reste à être déterminée.

- Pour des pluies de faible intensité, il est raisonnable de postuler que l'infiltration se fait de façon homogène sur l'impluvium. Et encore, sur certains secteurs, on observe des accumulations limoneuses susceptibles de déplacer l'infiltration par rapport à la précipitation ; mais ces phénomènes sont difficiles à comprendre et à décrire sans des données fiables sur les systèmes de drains agricoles très répandus en Crau.

- Pour des pluies de forte intensité, on peut penser que l'infiltration risque d'être retardée, déplacée et concentrée au droit de certains thalwegs dans la plaine. Les observations de terrain en effet montrent que la plaine n'est pas strictement plane mais présente des ondulations pluri métriques. Ceci étant, en l'absence de données topographiques très précises de type LIDAR, il n'est pas possible d'essayer de déterminer ces zones d'infiltration préférentielle.

A noter que l'on a une problématique similaire, bien que plus complexe, pour le réseau de drainage de la plaine. D'étendue inconnue (de 165 à 450 km en cumulé selon les sources), le réseau de drainage est en eau de manière plus variable dans le temps.

Quand il est en eau, il joue son rôle de drainage de la nappe qui est alors en situation de hautes eaux. Inversement, quand, il est sec (période de basses eaux pour la nappe), ces drains peuvent être le lieu d'infiltration privilégié des eaux de pluie vers la nappe. En termes d'apport à la nappe, aucune étude de caractérisation du réseau et de mesure des débits entre tronçon ne semble avoir été effectuée sur un quelconque secteur du territoire de Crau.

Ceci étant, GINGER (2009) rappelle les éléments suivants :

- L'essentiel des drains sont en terre et souvent colmatés,
- Les évacuations des eaux sont irrégulières (tant quantitativement que temporellement),
- Les eaux évacuées sont souvent chargées de limons,

Ils en déduisent que la part d'eau s'infiltrant jusqu'à la nappe, en période normale, paraît très faible en comparaison des volumes d'eau alimentant la ressource via les pratiques d'irrigation.

Nous partageons cet avis mais nous soulignons le rôle important que peuvent jouer ces drains en termes de vecteurs privilégiés d'éventuelles pollutions de sub-surface.

### L'ALIMENTATION PAR INFILTRATION DES EAUX D'IRRIGATION

Jusque dans les années 1960, les usages agricoles étaient tels que seule la technique d'irrigation gravitaire était pratiquée. Depuis, d'autres méthodes se sont développées bien que leur recours reste limité en Crau : l'irrigation par aspersion, l'irrigation localisée ou le goutte à goutte.

Les consommations en eau par hectare correspondantes étaient estimées en 2006 de l'ordre de (GINGER, 2009) :

- 15 000 à 20 000 m<sup>3</sup>/an pour l'irrigation gravitaire
- 3 000 à 5 000 m<sup>3</sup>/an pour l'irrigation par aspersion,
- 2 000 à 3 000 m<sup>3</sup>/an pour le goutte à goutte.

**L'estimation des volumes de recharge de la nappe par excès d'irrigation gravitaire a fait l'objet de multiples études et recherches. Les apports sont colossaux et varient d'une année sur l'autre : entre 100 et 170 Mm<sup>3</sup>/an selon les années et les méthodes estimatives (GINGER, 2009). Oliosio et al. (2013) proposent même une moyenne autour de 200 Mm<sup>3</sup>/an.**

---

## LES VENUES SOUS-ALLUVIALES PAR LES ENCAISSANTS AQUIFERES

Les formations aquifères constitutives de la nappe de la Crau sont géographiquement limitées :

- Au Nord, par les marais des Baux, le massif du Signal de Mourières, le pied des massifs des Opiès et de Défens, le seuil de Lamanon ;
- A l'Est, par le massif de Vernègues, le bassin de la Touloubre et les collines d'Istres ;
- Au Sud-Ouest, par les marécages qui longent le canal d'Arles à Port-de-Bouc.

Parmi ces limites, certaines formations de contact sont aquifères et peuvent alimenter la nappe de la Crau par des venues sous-alluviales. C'est le cas pour les formations suivantes :

- Calcaires et mollasses miocènes du Défens, à cheval sur les communes de Lamanon et d'Eyguières.
- Massif calcaire urgonien des Costes à l'Est de la commune de Salon-de-Provence.

Ceci étant, il est très délicat de quantifier ces venues d'eau masquées. Il faut des méthodes d'investigations lourdes à mettre en œuvre et coûteuses (traçages, implantation de triplets piézométriques, analyses géochimiques, ...) et nous n'avons trouvé aucune étude qui se prête à cet exercice difficile.

La seule quantification disponible est indirecte. Elle résulte du calage de modèles numériques censés reproduire la piézométrie observée. Le modèle MARTCRAU fournissait un chiffre de 22 Mm<sup>3</sup>/an, chiffre déduit des autres données entrantes, considérant que le bilan hydrique était alors équilibré. C'est l'ordre de grandeur actuellement retenu dans les bilans de nappe.

## 2.3 OU VA NATURELLEMENT L'EAU DE LA NAPPE ?

Les données consultées montrent que les exutoires principaux de la nappe sont les zones de marais : ligne de source en bordure des marais des Baux au Nord (Santa Fé, Joyeuse garde, étang de Conte), de Meyranne à l'Ouest, et les Laurons du Vigueirat (résurgences naturelles au Sud).

Cependant, la Touloubre est présente en limite Est sur une longueur très limitée et il y a des échanges peu importants avec la masse d'eau. En effet, si le cours d'eau de la Touloubre ne recoupe pas stricto sensu les cailloutis de Crau, la piézométrie montre des infiltrations en provenance de la Crau qui viendrait localement (entre Pelissanne et Miramas) suralimenter ce cours d'eau via les séries perméables du Miocène.

Dans le golfe de Fos, une source sous-marine avait été signalée sur la carte hydrogéologique éditée en 1969. Dans le cadre d'une étude conduite en 2008 par le BRGM, une reconnaissance par plongeur a été réalisée (mesures de conductivité) mais n'a pas permis de retrouver cette émergence.

Pour les rapports, sources des données présentées ici, citons :

- Rapport de synthèse des études portant sur le système Vigueirat – Canal d'Arles à Bouc (Syndicat mixte de gestion des associations syndicales du pays d'Arles).
- Diagnostic qualitatif /quantitatif et analyse de l'évolution des risques sur la nappe de la Crau. Phase 1 : Diagnostic général de la Crau – Bilan quantitatif (GINGER, 2009).
- Réserve naturelle des Coussouls de Crau. Plan de gestion 2009-2013. Section A : Diagnostic et enjeux (CEEP, 2008).
- Sites Natura 2000 de la Crau --- « Crau » FR9310064 et « Crau centrale-Crau sèche » FR9301595. Volet n°1- Habitats Naturels (CEN PACA, 2012).
- DOCOB Sites Natura 2000 de la Crau --- « Crau » FR9310064 et « Crau centrale-Crau sèche » FR9301595. Volet n°1- Habitats Naturels (Comité de Foin, 2002).

Notons que la plaine de la Crau présente une forte protection réglementaire de milieux écologiques remarquables :

- Réserve Naturelle Nationale des Coussouls de Crau.
- Zone NATURA 2000 « Crau » FR9310064 (site de la Directive Oiseaux).
- Zone NATURA 2000 « Crau centrale-Crau sèche » FR9301595 (site de la Directive « Habitats, faune, Flore »).

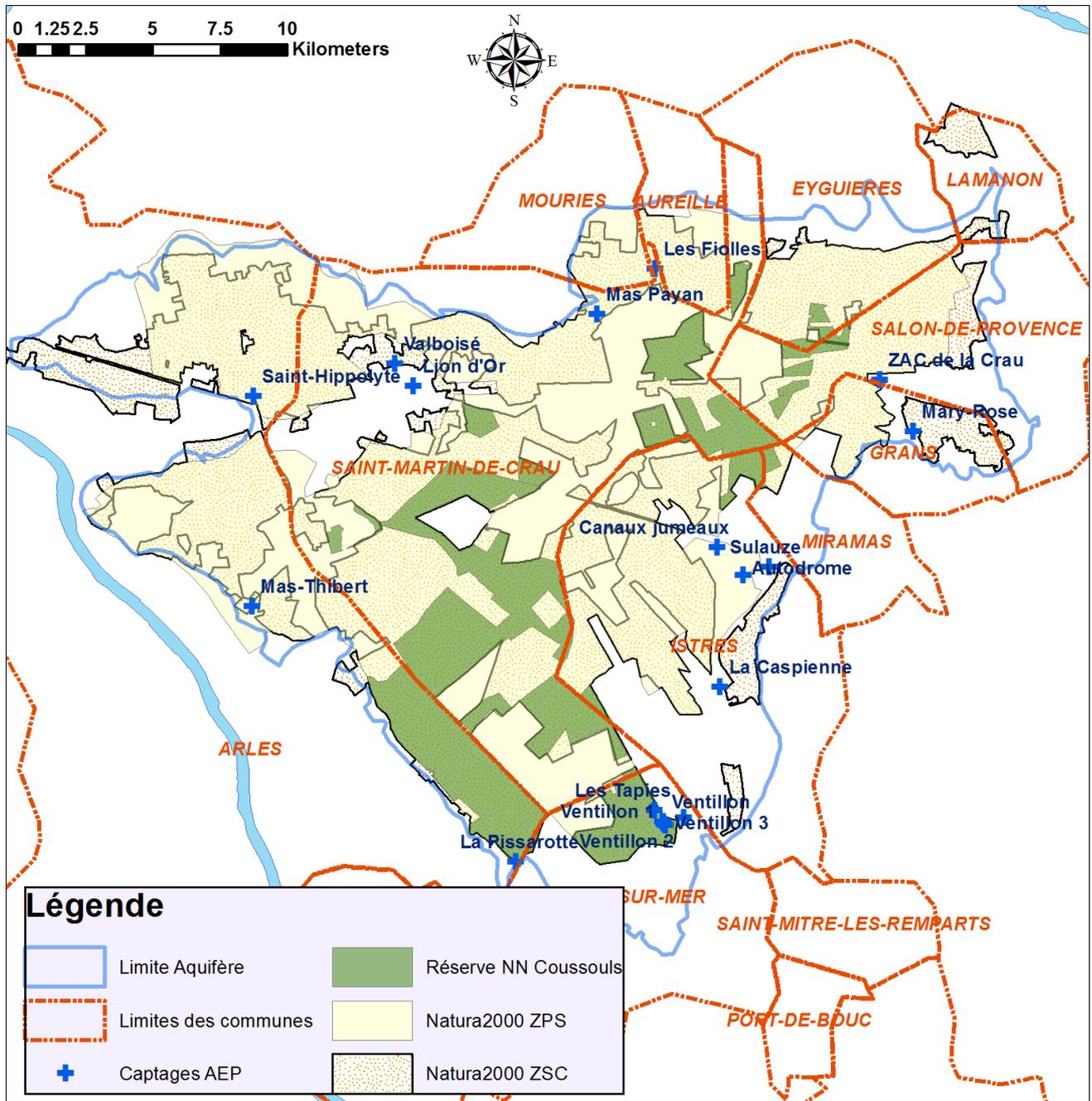
Le lien entre nappe et zones humides est évident. Pour les zones de Coussouls dans la plaine, les relations peuvent être localisées notamment au droit des étangs des Aulnes et d'Entressen mais pas seulement : on a identifié environ 70h de prairies humides dans le périmètre de la réserve.

Il est généralement très difficile de quantifier les retours vers ce type d'exutoires naturels, en particulier pour les zones humides. Nous avons recensé ici les données de débit délivrées dans les documents techniques consultés. Elles doivent être considérées avec beaucoup de prudence et ce pour les raisons suivantes :

- Il s'agit d'estimation dont les méthodes de mesure ne sont généralement pas précisées.
- Il s'agit de données dont la représentativité est difficile, voire impossible, à appréhender : les données de débit cumulent en effet des eaux de ruissellement (eaux de pluie et/ou eaux agricoles) et des eaux souterraines.
- Il s'agit de valeur à un instant t, qui reflètent l'état d'un hydro système complexe à cet instant. Or, il est possible et probable que les hydro systèmes soient sujets à de fortes variations de comportement dans le temps.

Pour finir, les données de débit ne représentent que la fraction mesurable des sorties de la nappe. Une partie importante, probablement majoritaire, échappe à toute mesure : il s'agit de la « consommation » des eaux résurgées par les milieux naturels (part évapo-transpirée). La quantification de cette part est extrêmement délicate et relève du domaine de la recherche.

Figure 6 : Protection réglementaire des zones écologiques remarquables de la plaine de Crau.



## L'ALIMENTATION DES ZONES HUMIDES

Les zones humides forment les principaux exutoires naturels de la nappe.

Au-delà de cette évidence, la principale difficulté réside dans la quantification des flux. On trouve des mesures ponctuelles sur certains exutoires (sources ou canaux de drainage) et elles sont rappelées ci-dessous. Ceci étant, rappelons que leur représentativité est faible car les mesures sont ponctuelles dans le temps et dans l'espace. De plus, elles ne rendent compte que du trop-plein non capté par la végétation : la majeure partie de ces flux sert en effet à l'alimentation des végétaux des zones humides. Et la quantification des volumes d'eau consommés par la végétation dans les zones humides est au stade de la recherche.

Une autre façon d'essayer d'approcher ces flux est d'exploiter des modèles numériques qui doivent théoriquement permettre un calcul des flux aux limites de la nappe. Ceci étant, ces approches ne sont pas beaucoup plus précises car les estimations sont alors basées sur des hypothèses de structure du modèle (notamment les perméabilités locales) qu'il est difficile de vérifier.

Nous citerons pour mémoire une première approche de type modélisation réalisée par Simmarano (2012): « *L'analyse des flux traversant les limites à potentiel imposé donne les résultats suivant. Le débit sortant au front de la nappe, c'est-à-dire à travers la bordure aval d'Arles à Fos, vaut  $4,18 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . L'étang des Aulnes subit un débit sortant de  $0,42 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , et l'étang d'Entressen de  $0,17 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Les marais au nord drainent, eux, l'équivalent de  $0,59 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . »*

On conservera comme principal enseignement de ce type d'approche que 80% du flux sortant de la nappe est concentrée sur la bordure d'Arles à Fos et qu'il est de l'ordre de 4 à 6 m<sup>3</sup>/s.

Nous reproduisons ici les données collectées et mises en forme par GINGER (2009). Elles permettent de réfléchir à une sectorisation des flux sortants.

### CRAU D'ARLES

La Crau d'Arles présente deux grandes zones d'exutoires :

- A l'Est, le marais des Chanoines et de Meyranne avec un excédent d'eau drainé de l'ordre du m<sup>3</sup>/s et des zones humides très étendues alimentées par la nappe (flux difficiles à quantifier).
- Au Nord, les fontaines de Mouriès et les sources au Sud des Marais des Baux.

Le cumul des flux mesurables serait compris entre 2 et 3 m<sup>3</sup>/s en ordre de grandeur (étiage ?).

#### Marais des Chanoines et de Meyranne

Le Marais de Meyranne, du fait de son altitude très basse (cote aux environs de 2 m NGF), constitue une dépression drainant les eaux souterraines de la nappe de la Crau. Les documents bibliographiques consultés indiquent un débit moyen des résurgences de Meyranne ou « laurons » de l'ordre de quelques centaines de l/s, voire supérieure à 1 m<sup>3</sup>/s.

Il s'agit de la principale zone d'exutoire naturel du sillon de la nappe de la Crau d'Arles.

« *Les marais des Chanoines et de Meyranne sont constitués d'un complexe de zones humides associant des prairies fauchées, des secteurs connaissant des remontées salines (à l'Ouest), et de vastes marais. L'alimentation des marais grâce à l'eau qui jaillit des laurons, eau qui est à une température constante toute l'année autour de 16°C, permet à une flore froide et tout à fait inattendue de se développer ici dans un ensemble parfois tourbeux. Ce site est en cela complémentaire du marais de l'Audience plus au Sud* » (extrait de la fiche DIREN, ZNIEFF n°13-100-151).

Les deux unités écologiques, d'emprise au sol de l'ordre de 1 313 hectares, se situent à une altitude comprise entre 0 et 7 m NGF.

Outre les apports depuis la nappe, le marais est également alimenté en eau grâce aux colatures des irrigations. Il est par ailleurs parcouru, selon les directions Est-Ouest et Nord-Sud par des canaux – canal de Chalavert, de Meyranne, de Roubine de la Chapelette, du Ceintureau et de Viage – raccordés au canal de drainage du Vigueirat lequel débouche sur le canal de navigation d'Arles à Bouc qui fait office de « drain général ».

#### Fontaines de Mouriès

Citons (GINGER 2009)

*« Il s'agit d'une de sources et de laurons alimentés par le débordement de la nappe de la Crau (située à une altitude supérieure de 70 m à l'Est de la Vallée). Le lauron le plus important se trouve au lieu-dit « les Fontaines » sur la commune de Mouriès. Cette source offre un débit très important (plusieurs centaines de litres par seconde) et une eau de bonne qualité (comme suggéré notamment par la présence d'un magnifique herbier de potamot coloré). Cette source alimente un véritable « ruisseau phréatique » et quelques plans d'eau. Selon les jaugeages réalisés par la BRGM en juillet 1963, les sources semblent déborder en moyenne 0.9 m<sup>3</sup>/s, les débits pouvant varier et notamment dépasser le m<sup>3</sup>/s à certaines époques de l'année. »*

#### Marais des Baux

Citons (GINGER (2009) :

*« Les marais des Baux, de superficie de l'ordre de 480 hectares, correspondent à une zone de dépression d'origine tectonique sous dépendance (au moins partielle) des résurgences de la nappe de la Crau.*

*Ces zones marécageuses, situées hors bassin de la Crau et d'altitude très faible (entre 0 et 2 m NGF), s'étendent de Mouriès à l'Est jusqu'à Arles à l'Ouest et sont limitées au Sud par les falaises de l'Illon. Leur alimentation est assurée :*

- *Au Sud, par le ruissellement en provenance du massif du Signal de Mouriès et de la bordure septentrionale de la Crau ainsi que par des résurgences importantes (de l'ordre du m<sup>3</sup>/s), à la base du massif du Signal de Mouriès, celui-ci agissant comme drain vis-à-vis de la nappe de la Crau*
- *Au Nord, par le ruissellement sur le flanc méridional des Alpilles ainsi que par les colatures d'irrigation (à partir de la région d'Aureille : canal de la vallée des Baux), et vraisemblablement par des résurgences en provenance des calcaires urgoniens du massif des Alpilles (hypothèse à valider).*

*Les sources qui se situent toutes en bordure Sud du complexe, le long des reliefs calcaires, sont de types rhéocène (« qui littéralement coulent directement hors du sol, l'eau étant souvent libérée sous pression ; sources formant un ruisseau »). Beaucoup d'entre elles ont été qualifiées de diffuses au vu des observations de terrain.*

*Les tentatives de jaugeage des sources ont permis d'estimer leurs débits entre 0.7-0.8 m<sup>3</sup>/s en été et 1 m<sup>3</sup>/s (voire plus) en très hautes eaux. »*

#### **CRAU DE LUQUIER**

L'extrémité Est de la Crau de Luquier n'est pas « signée » par une zone humide remarquable. Elle est pour partie drainée par des réseaux d'assainissement, et pour par partie, sur sa pointe Sud-Est, elle alimente le marais du Vigueirat.

#### **CRAU DE MIRAMAS**

La Crau de Miramas a pour principal exutoire naturel le marais du Vigueirat.

*« Ainsi, le drainage de la plus grande partie de la nappe de la Crau s'effectue dans une zone de marais étendue en longueur du Nord-Ouest au Sud-Est, le long du canal d'Arles à Bouc. Les nombreuses sources (appelées « laurons » au sein des marais), mises à jour à la périphérie des cônes d'épandage des cailloutis de Crau,*

présentent des débits pouvant avoisiner le  $m^3/s$ . Une ancienne tentative d'assèchement des marais semble avoir permis d'évaluer le débit cumulé des laurons à  $3 m^3/s$  « par défaut » (Source : PH. ZURCHER). L'essentiel de l'eau est évacuée par un système de canaux (dont celui du Vigueirat raccordé au canal d'Arles à Bouc) qui permet finalement le rejet des eaux au niveau de la mer. »

Citons aussi le marais de Coucou qui est situé à l'extrémité méridionale du site NATURA 2000 (GINGER, 2009) :

« Ce marais est situé entre la chênaie verte de la costière de Crau et le canal de Colmatage. Il s'agit d'un marais doux bien qu'il se trouve très proche de la limite des milieux salés camarguais. Les stations de pompage de Fos et l'écluse anti-sels qui est actionnée en cas de tempête, peuvent modifier l'écoulement des eaux sur le marais. En termes d'apports, il est alimenté par des résurgences toujours fraîches de la nappe de la Crau. »

## LES RETOURS VERS LES COURS D'EAU

Les retours vers les cours d'eau sont très limités. Ils se font uniquement au profit de la Touloubre, dans le coin Nord-Est de la plaine de Crau. Ces retours peuvent se faire indirectement via des écoulements superficiels nourris par des résurgences de la nappe, soit directement mais de façon masquée par des alimentations sous-alluviales.

### RESURGENCES

Situées en bordure orientale du bassin de la Crau, les sources Marie-Rose et Canebière constituent des sorties d'eau de la nappe. Les données bibliographiques issues du BRGM font état de débit moyen largement inférieur à  $1 m^3/s$  :

- Source Marie-Rose :  $0,040 m^3/s$ ,
- Source de la Canebière :  $0,005 m^3/s$ .

A ces chiffres doit être ajouté le débit permanent de Fanfarigoule correspondant aux fuites du barrage –  $0.005 m^3/s$  – soit un total de débit des sources de l'ordre de  $0,050 m^3/s$ .

### PERTES DIFFUSES

Au Sud immédiat de Salon-de-Provence, la nappe des cailloutis de Crau est partiellement drainée par la Touloubre présente en limite Est du bassin craven sur une longueur très limitée : collature d'irrigation et source de Marie-Rose. Les échanges avec la nappe, de fait, restent limités ; la fraction de la nappe sous influence de la Touloubre (secteur où la puissance des cailloutis est faible) est estimée à  $4 km^2$  (Source : BRGM).

Les simulations réalisées par le BRGM sous MARTCRAU, en régime permanent, ont abouti à une évaluation du débit de sortie depuis la vallée de la Touloubre de l'ordre de  $0.05 m^3/s$ .

## LE DRAINAGE DE LA NAPPE

### LE SYSTEME DE DRAINAGE DE LA NAPPE – RESEAU D'ASSAINISSEMENT

On trouve la description la plus précise du réseau dans l'état des lieux de la réserve des Coussouls (CEEP, 2008) :

*« Les autres canaux, dits d'assainissement, sont en principe en terre et, contrairement aux canaux principaux amenant l'eau d'irrigation, ils participent à l'évacuation des eaux pluviales (raccordement des fossés). Ils ont été créés pour évacuer les excédents d'eau provenant de l'irrigation, et pour traiter localement des problèmes de remontée de la nappe. »*

*Le réseau d'assainissement est constitué de 460 km de canaux principaux et secondaires. Le principal émissaire est le canal Centre-Crau, qui prend son origine dans le fossé Meyrol, et se déverse dans le canal du Vigueirat. Son bassin versant couvre environ 17 400 ha. On soulignera également l'existence du canal de Vergière (bassin versant de 4 200 ha), où s'écoulent des eaux très oligotrophes en provenance des anciens marais de Baussenq. Ce canal abrite une communauté d'Odonates d'une richesse sans équivalent en Europe. »*

Notons l'absence de toute donnée quantifiée sur les volumes d'eau extraits de la nappe par le système d'assainissement dans les documents consultés.

### LE SYSTEME DE DRAINAGE DU COMPLEXE DE FOS

La tranchée drainante, construite lors de l'aménagement de la zone industrielle de Fos-sur-Mer et de longueur 5 km environ, recoupe les formations caillouteuses de Crau.

Antérieurement à sa construction, le secteur sur lequel elle se situe correspondait à une zone de marais, la nappe de la Crau y étant alors sub-affleurante (cote NGF de 1 à 2 m).

Construite afin d'assainir la zone en vue de la construction des infrastructures du GPMM (Grand Port Maritime de Marseille), la tranchée constitue un axe de drainage de la nappe qui trouve son exutoire dans le canal se jetant dans la darse Sud du port de Fos.

Les seuls chiffres estimatifs des débits de sorties de la nappe (données BRGM), via la tranchée drainante, sont de l'ordre de 0,8 m<sup>3</sup>/s.

## 2.4 CONNAIT-ON LE DEBIT D'ECOULEMENT DE LA NAPPE ?

### ESTIMATIONS PASSEES

Albinet et al. (1968) sont les premiers à proposer un bilan hydrique pour l'ensemble du bassin hydrogéologique de la Crau, sans en justifier les ordres de grandeur :

#### Entrées :

- 17,5 m<sup>3</sup>/s pour les canaux d'irrigation (soit environ 600 Mm<sup>3</sup>/an).
- 10 m<sup>3</sup>/s pour l'infiltration des eaux de pluie (soit environ 300 Mm<sup>3</sup>/an).

#### Sorties :

- 13,5 m<sup>3</sup>/s pour les canaux de drainage.
- 1,5 m<sup>3</sup>/s pour le drainage du canal d'Arles à port de Bouc.
- 1 m<sup>3</sup>/s pour les sources périphériques.
- 11,5 m<sup>3</sup>/s pour l'alimentation des zones humides.

Bérard et al. (1995) propose un bilan plus actualisé :

#### Entrées :

- 3,7 m<sup>3</sup>/s pour les canaux d'irrigation (soit environ 120 Mm<sup>3</sup>/an).
- 1,8 m<sup>3</sup>/s pour l'infiltration des eaux de pluie (soit environ 60 Mm<sup>3</sup>/an).
- 0,7 m<sup>3</sup>/s par alimentation des aquifères bordiers.

#### Sorties :

- 1,4 m<sup>3</sup>/s pour les canaux de drainage.
- 1,3 m<sup>3</sup>/s pour les pompages.
- 3,5 m<sup>3</sup>/s pour l'alimentation des zones humides et les sources périphériques.

ANTEA (2001) propose un bilan quasiment similaire (pas de données nouvelles) :

#### Entrées :

- 3,7 m<sup>3</sup>/s pour les canaux d'irrigation (soit environ 117 Mm<sup>3</sup>/an).
- 1,8 m<sup>3</sup>/s pour l'infiltration des eaux de pluie (soit environ 55 Mm<sup>3</sup>/an).
- 0,7 m<sup>3</sup>/s par alimentation des aquifères bordiers.

#### Sorties :

- 4,8 m<sup>3</sup>/s pour les exutoires naturels.
- 1,4 m<sup>3</sup>/s pour les pompages.

Le diagnostic quantitatif proposé par GINGER (2009) reprend ces ordres de grandeur, tout en soulignant la relative incertitude et la grande variabilité des apports liés à l'irrigation d'une année sur l'autre (de 100 à 240 Mm<sup>3</sup>/an selon les années et les méthodes d'estimation).

Le travail le plus fin d'analyse des modalités de recharge a été réalisé dans le cadre du programme de recherche Astuces & TIC. Le modèle construit intègre des moyennes mensuelles de volume de pluie, d'évapotranspiration et de flux liés à l'irrigation. Il permet d'estimer une lame d'eau de recharge (mêlant pluie efficace et excès d'irrigation) qui varie entre 170 et 270 Mm<sup>3</sup>/an avec une moyenne de l'ordre de 210 Mm<sup>3</sup>/an (soit entre 5,4 et 8,5 m<sup>3</sup>/s avec une moyenne de 6,5 m<sup>3</sup>/s).

## ESTIMATION ACTUELLE

Nous présentons ici le bilan porté au Contrat de Nappe, qui est le plus récent et le plus intégrateur des données collectées sur les flux entrant et sortant de la nappe.

Ce bilan est rappelé dans le tableau ci-dessous :

Figure 7 : Proposition de bilan pour la nappe des alluvions de la Crau.

| TERMES        |                                | Nappe de la Crau  |
|---------------|--------------------------------|---|
| Flux entrants | Infiltration des eaux de pluie | 1,6 m <sup>3</sup> /s en moyenne  |
|               | Excès d'irrigation             | Entre 4 et 7 m <sup>3</sup> /s pour une moyenne de 5 m <sup>3</sup> /s    |
|               | Venues sous-alluviales         | Environ 0,8 m <sup>3</sup> /s ?   |
|               | <b>TOTAL</b>                   | <b>Entre 6,5 et 9,5 m<sup>3</sup>/s</b>                                   |
| Flux sortants | Alimentation des cours d'eau   | 0,1 m <sup>3</sup> /s   |
|               | Drainage naturel et artificiel | Données passez précises et lacunaires : entre 5 et 7 m <sup>3</sup> /s ?? |
|               | Prélèvements industriels       | 0,5 m <sup>3</sup> /s   |
|               | Prélèvements AEP               | 0,8 m <sup>3</sup> /s   |
|               | Prélèvements agricoles         | 1,3 m <sup>3</sup> /s   |
|               | <b>TOTAL</b>                   | <b>Entre 7 et +10 m<sup>3</sup>/s</b>                                     |

Si les flux d'alimentation de la nappe sont aujourd'hui relativement bien connus (tant en moyenne, qu'en variabilité spatiale et temporelle), ce n'est pas le cas des flux sortants naturels : alimentation des zones humides et part drainée par les réseaux d'assainissement. Les données de débit ne sont pas cohérentes entre elles (manque de précision et de représentativité) et ne permettent pas de proposer un détail robuste.

Ajoutons que la variabilité de ces flux, tant dans l'espace que dans le temps, doit être considérée comme inconnue. Nous ne pouvons que recommander la mise en place de processus de métrologie adaptés pour pallier cette lacune de connaissance importante.

De la même façon, il serait intéressant de détailler ce bilan par sous-unité en nappe de Crau : sillon d'Arles, Crau de Luquier, sillon de Miramas. Les termes du bilan pourraient se révéler très variables d'un secteur de nappe à l'autre et les enjeux pourraient se révéler différents.

Pour finir, on rappellera la forte dépendance du fonctionnement de la nappe à l'alimentation par excès d'irrigation agricole. On peut ainsi observer qu'à prélèvements constants (environ 2,6 m<sup>3</sup>/s en moyenne), la part restante pour les milieux naturels serait nulle si on venait à stopper totalement l'irrigation gravitaire en Crau (resteraient les seules alimentations naturelles de l'ordre de 2,4 m<sup>3</sup>/s en moyenne). C'est un raisonnement théorique : en pratique, une part de l'eau retournerait nécessairement aux milieux naturels et les capacités de prélèvement en seraient logiquement affectées.

## 2.5 L'EAU DES NAPPES EST ELLE VULNERABLE AUX POLLUTIONS DE SURFACE ?

Classiquement, on détermine la vulnérabilité des nappes alluviales aux pollutions par le croisement de trois approches :

- La caractérisation d'une éventuelle couche de surface susceptible de stopper et/ou de retarder l'infiltration d'un polluant vers la nappe.
- La détermination de l'épaisseur de la zone non saturée. Cette zone non saturée correspond à la partie de l'aquifère dans laquelle les vides sont occupés par de l'air ou des gaz. Dans cette zone, le transfert des fluides se fait verticalement, du sol vers la nappe. Des particules peuvent être fixées ou transformées ; on y observe généralement une filtration des eaux d'infiltration, notamment vis-à-vis d'éventuelles contaminations bactériennes.
- L'identification des zones d'alimentation de la nappe par infiltration des eaux des cours d'eau superficiels et la caractérisation de la qualité de ces eaux superficielles.

### COUCHE PROTECTRICE DE SURFACE

Nous disposons d'informations sur la nature et l'épaisseur des sols, en provenance de sources différentes :

1. Les notices des cartes hydrogéologiques décrivent des sols peu épais et sans logique de distribution spatiale identifiée.
2. La carte pédologique est plus précise ; elle distingue les sols fersiallitiques (limono-argileux, de 10 à 70 cm d'épaisseur), des sols hydromorphes des zones de marais (pas d'indications d'épaisseur) et des sols dits complexes (sols fersiallitiques plus ou moins épais, recouverts par plus ou moins de limons déposés par l'irrigation). Nous conserverons de cette cartographie les contours des sols hydromorphes (argile et tourbes) peu perméables qui doivent théoriquement limiter les infiltrations en provenance de la sub-surface.
3. Il est accepté que ce qui permet une différenciation forte de l'épaisseur est la pratique de l'irrigation qui va régulièrement amener de l'eau à la parcelle et à la nappe sous-jacente mais aussi des limons qui année après année vont s'accumuler sur des épaisseurs cumulées non négligeables. Olioso et al. (2014) proposent l'analyse et le traitement le plus abouti vis-à-vis de ce phénomène. Citons :

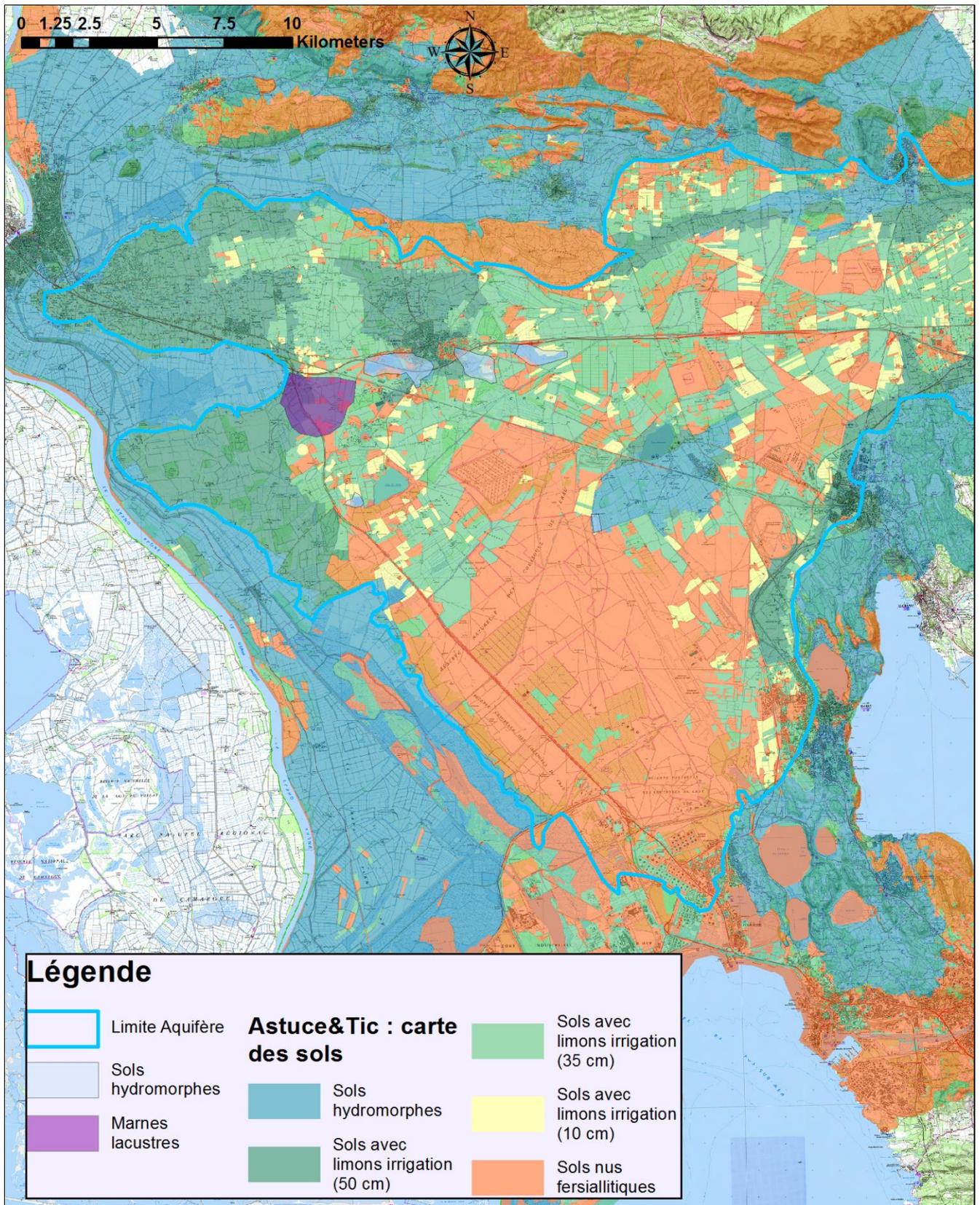
*« Grâce à la carte pédologique d'Arles (Bouteyre et Duclos, 1994), on a pu regrouper les sols de la région en deux grands types de sols en termes de réserve utile : d'une part, les sols hydromorphes et sols alluviaux (avec une réserve utile moyenne de 170 mm par mètre), et d'autre part les sols fersiallitiques fortement chargés en galets et les sols fersiallitiques mis en culture (réserve utile de 50 mm/m). L'irrigation a permis le développement d'un horizon de surface ayant une réserve utile bien plus favorable grâce au dépôt de limons par l'eau en provenance de la Durance (jusqu'à 10 mm par an). L'épaisseur de cet horizon influence fortement la réserve utile du sol et dépend de la durée de mise en culture de la parcelle et de la date des premières irrigations.*

*Ainsi, nous avons déterminé la profondeur de l'horizon limoneux à partir de cartographie des prairies à différentes époques : carte de Cassini vers 1780, image de télédétection de 1975 (Landsat MSS) et cartographie d'occupation des sols de 2009. Les épaisseurs de l'horizon limoneux ont été fixées sur cette base : 50 cm pour une première date de mise en culture avant 1780, 35 cm entre 1780 et 1975, 10 cm entre 1975 et 2009. »*

4. Pour finir, rappelons ici le travail d'analyse sédimentaire réalisé par Roure et al. (2004) qui avait mis en évidence un horizon de marnes dans la Crau d'Arles qui correspondrait à une phase de sédimentation lacustre. Sa nature et son épaisseur (2 à 5 m) en font une barrière certaine aux infiltrations en provenance de la sub-surface, sous réserve de la réelle continuité horizontale de cet horizon.

La carte ci-dessous présente des éléments de cartographie :

Figure 8 : Cartographie des éléments explicatifs de la nature des sols en plaine de Crau.



On peut observer un contraste entre la Crau d'Arles, avec la présence assez extensive de limons liée à l'irrigation (et avec des accumulations notables sur le secteur au Nord de St Martin-de-Crau), et la Crau de Miramas, où excepté sur les communes de Grans et de Salon-de-Provence, les sols sont majoritairement nus.

On peut cependant juger ce contraste comme mineur. En effet, rappelons que concernant le recouvrement argileux (il peut s'agir soit de limons de débordements, soit de colluvions ou de terres végétales), il est d'usage de classer arbitrairement les épaisseurs en trois classes de vulnérabilité : moins de 1 m, entre 1 et 3 m et enfin plus de 3 m.

Cette classification permet d'approcher en première approximation la vulnérabilité de l'aquifère (et sa capacité à être alimenté par infiltration des eaux de pluie) :

- Moins de 1 mètre signifie généralement un recouvrement faible et localisé qui ne peut jouer le rôle de barrière vis à vis des infiltrations des eaux de surface.
- De 1 à 3 mètres, le recouvrement peut retarder les infiltrations mais la protection n'est pas totale, le moindre thalweg, les déblais routiers ou les réseaux enterrés jouent généralement le rôle de court-circuit vis-à-vis de cette protection.
- Plus de 3 mètres de recouvrement argileux ou limoneux, impliquent une faible vulnérabilité de la nappe vis à vis des écoulements superficiels.

Par analogie, on a donc quatre niveaux de vulnérabilité :

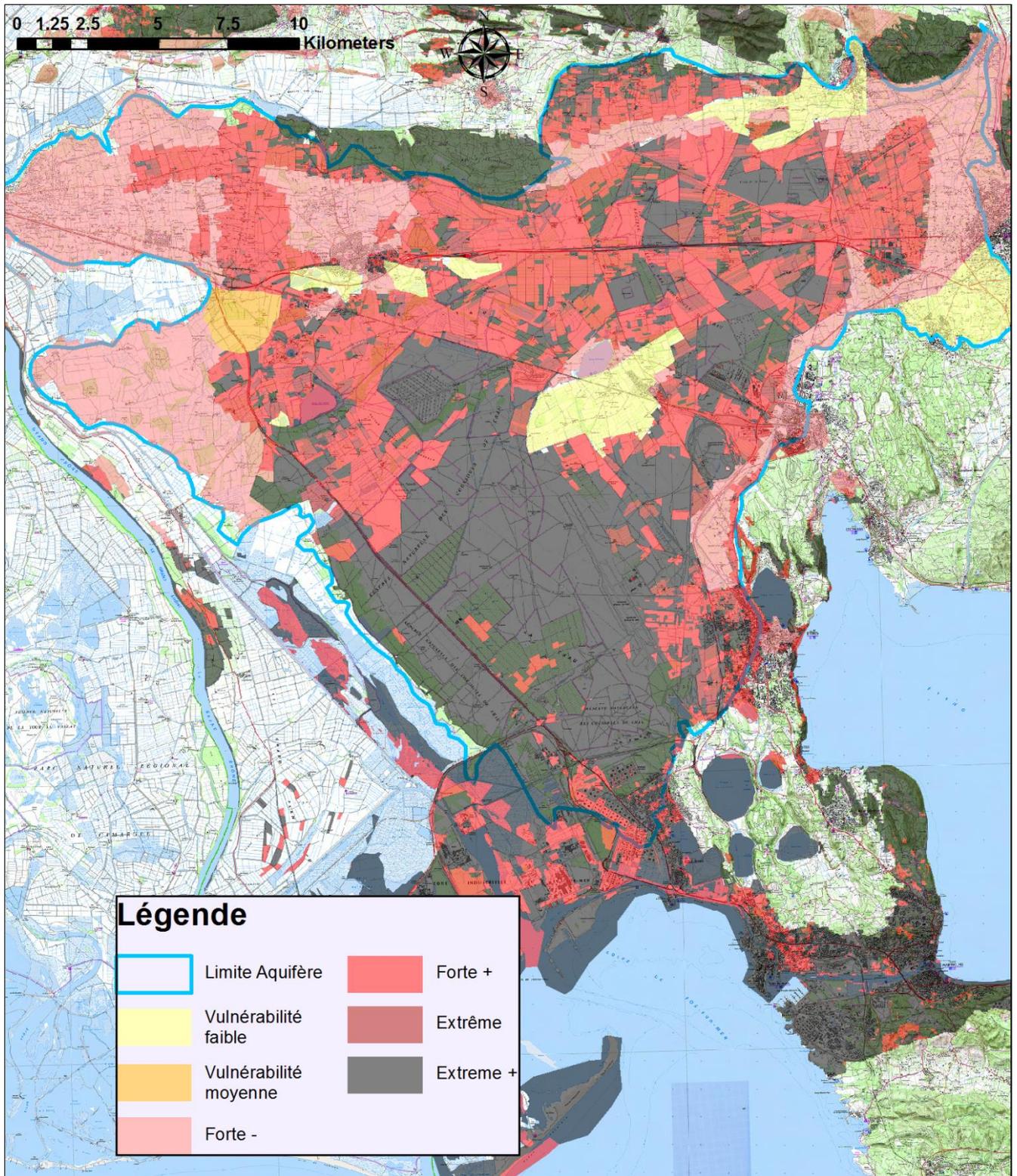
- Une vulnérabilité extrême caractérisée par l'absence de recouvrements.
- Une vulnérabilité forte pour les secteurs avec un recouvrement limoneux inférieur à 1 m sur les parcelles irriguées.
- Une vulnérabilité moyenne pour le secteur caractérisé par la présence de l'horizon marneux dans la Crau d'Arles.
- Une vulnérabilité faible pour les portions de nappe sous les sols hydromorphes.

Une carte de vulnérabilité, basée sur cette logique, est proposée ci-dessous.

**Globalement, cette cartographie montre que la plaine de Crau est caractérisée par une forte vulnérabilité liée à l'absence d'horizons sols plus ou moins argileux susceptibles d'interdire ou de retarder la migration d'une éventuelle pollution vers la nappe.**

Notons que cette vulnérabilité peut être localement réduite par la présence relativement systématique sous la surface du sol d'un niveau de poudingue de 1 à 2 m d'épaisseur, à ciment calcitique, qui correspond à l'horizon pédologique de précipitation des carbonates lessivés dans les sols sus-jacents. Cet horizon peut jouer le rôle de retardateur dans la diffusion de polluants, à la manière d'un épikarst.

Figure 9 : Cartographie des classes de vulnérabilité en fonction de la présence d'horizons protecteurs.



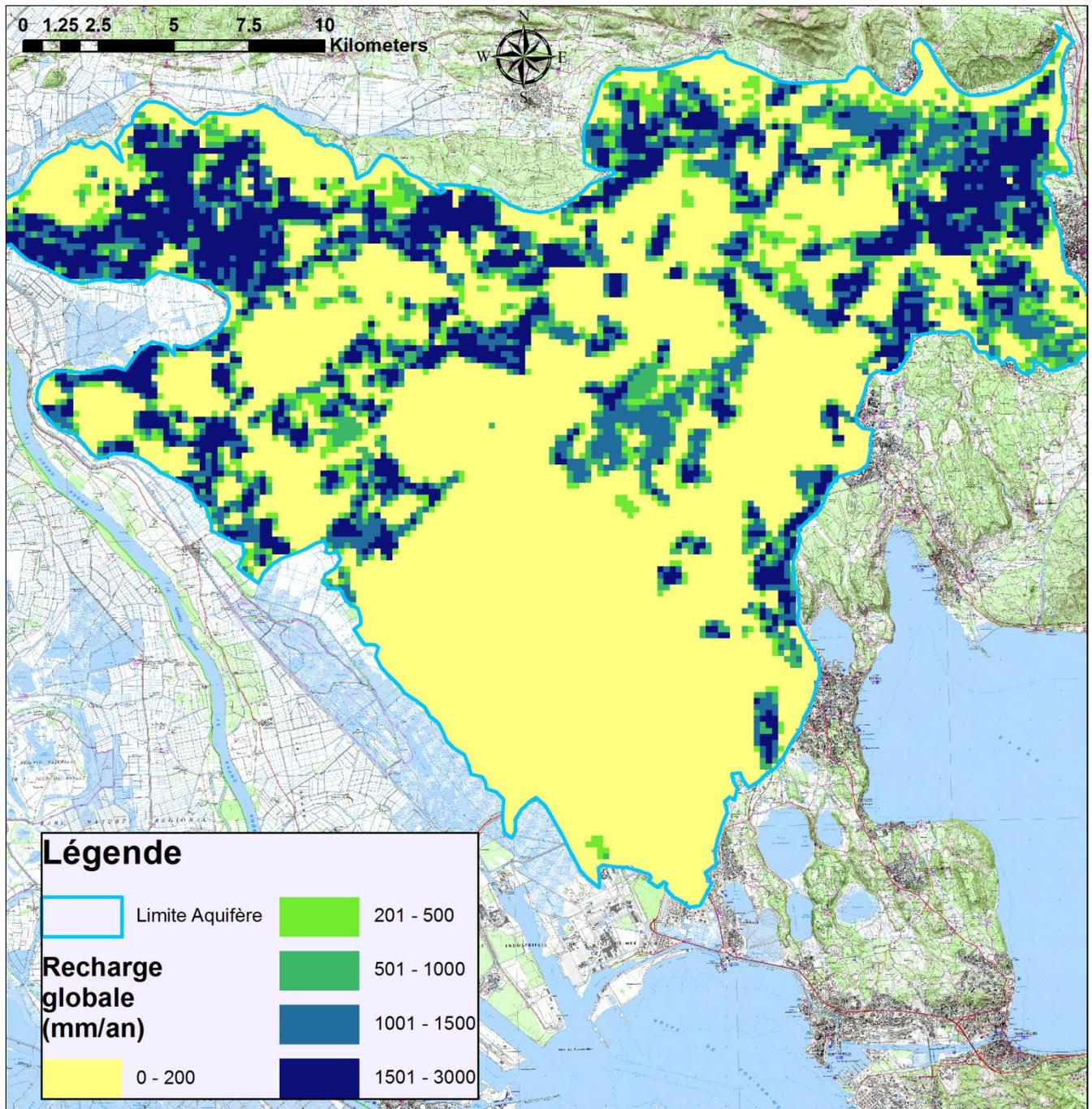
## INFILTRATION DES EAUX SUPERFICIELLES

Dans la description des modalités de recharge de la nappe, nous avons pu voir que l'infiltration des eaux superficielles est le mode de recharge principal de la nappe. Elle assure plus de 90% de cette recharge et il se partage entre 30% pour les eaux de pluie et 70% pour les eaux agricoles.

Nous avons aussi vu qu'il n'est pas possible aujourd'hui de proposer une spatialisation des zones d'infiltration des eaux de pluie. Cela doit logiquement se faire au droit des fossés agricoles qui composent le réseau de drainage de la plaine ; il est évident que ces canaux sont des vecteurs d'infiltration d'éventuelles pollutions de sub-surface vers les eaux souterraines.

En ce qui concerne les eaux d'irrigation, un gros travail de localisation des parcelles de foin irrigué a été réalisé durant le programme de recherche Astuce & Tic.

Figure 10 : Localisation et ordres de grandeur des flux d'alimentation des eaux d'irrigation (Astuce & TIC).



La carte ci-dessus montre les estimations déduites des flux d'alimentation de la nappe exprimés en mm/an. Cette recharge cumule l'infiltration des eaux de pluie et l'infiltration des eaux d'irrigation. On peut observer que cette dernière est très variablement distribuée.

En termes de qualité, nous n'avons trouvé aucune donnée sur les eaux pluviales et sur les eaux du réseau d'irrigation (eaux dérivées de la Durance). Ces dernières sont réputées de bonne qualité (eaux bicarbonatées calciques) ; le seul problème mineur étant une turbidité potentiellement élevée liée à la présence de limons.

Concernant les eaux du réseau de drainage, dans les documents de référence des zones NATURA2000, il est fait mention d'analyse sur 5 points avec des qualités proches de celles de la nappe (eaux bicarbonatées calciques avec un bruit de fond en nitrates entre 5 et 20 mg/l).

**On peut donc conclure qu'actuellement, l'infiltration massive des eaux de surface, concentrée sur certains secteurs de la plaine de Crau, n'est pas problématique. Cela reste cependant un élément de vulnérabilité forte : toute altération de la qualité des eaux de surface conduira nécessairement à la dégradation de la qualité des eaux souterraines.**

---

## ÉPAISSEUR DE LA ZONE NON SATURÉE

Pour estimer l'épaisseur des alluvions sèches (zone non saturée), il est d'usage de croiser deux types de données :

- Une carte des hauteurs distribuées de la nappe.
- Une carte des hauteurs distribuées du sol.

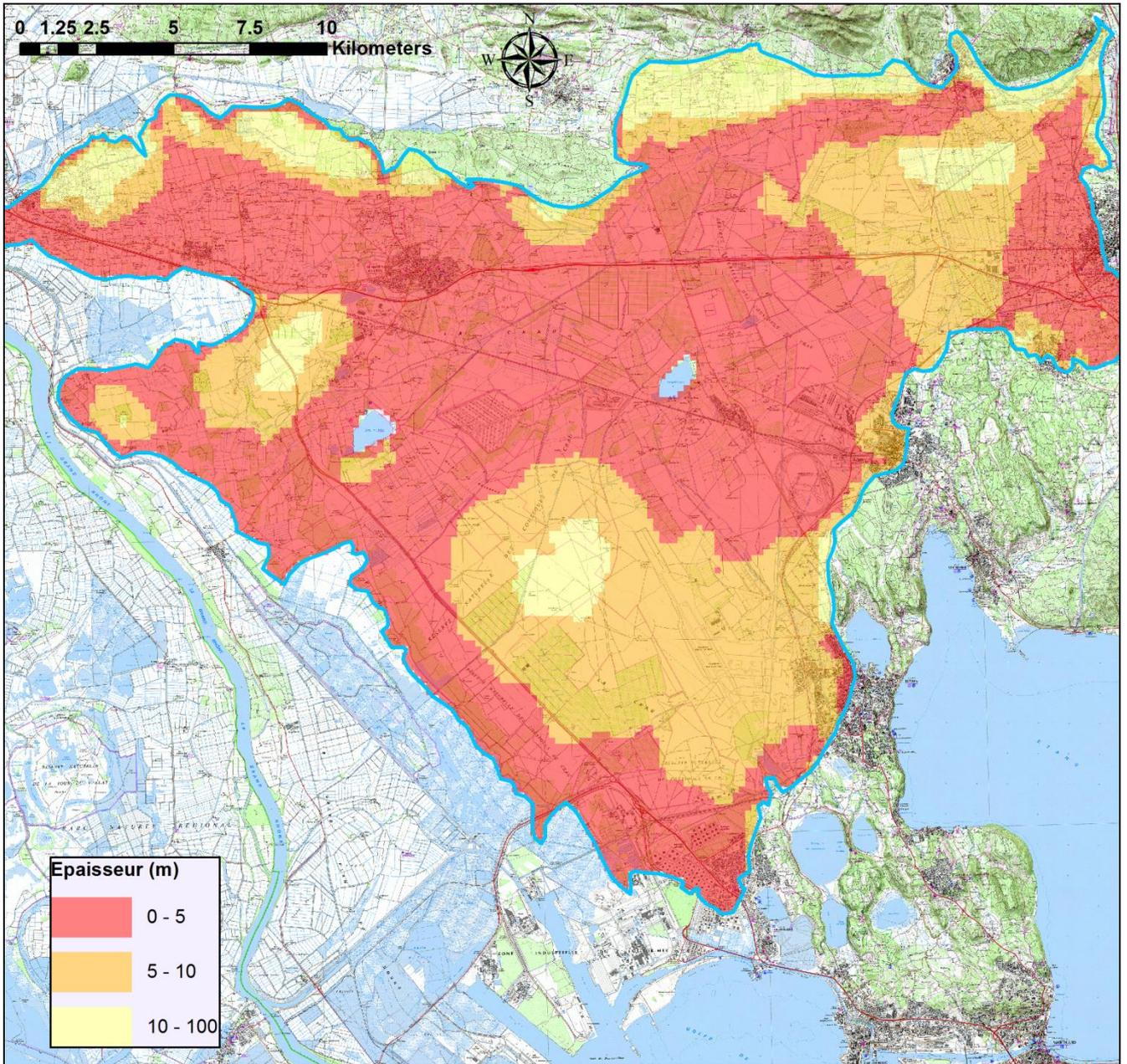
Nous avons exploité pour cela les données déterminées dans le programme de recherche Astuce & TIC : topographie extrapolée dans le cadre d'un processus de modélisation et hauteur de nappe en hautes eaux (situation la plus défavorable).

On peut ainsi proposer trois classes de vulnérabilité concernant l'épaisseur de la zone non saturée :

- Vulnérabilité faible :  $ZNS > 10$  m.
- Vulnérabilité moyenne :  $5 < ZNS < 10$  m.
- Vulnérabilité forte :  $ZNS < 5$  m.

On peut observer que la majorité de la plaine est caractérisée par une zone non saturée de faible épaisseur. Localement, l'épaisseur peut être comprise entre 5 et 10 m ; les épaisseurs supérieures à 10 m sont rares.

Figure 11 : Cartographie schématique des épaisseurs de la zone non saturée.



## 2.6 . QUELLES SONT LES RISQUES DE POLLUTION DE LA NAPPE ?

Pour appréhender les risques de pollution sur une nappe d'eau souterraine, il est d'usage d'identifier les pollutions potentielles. Il peut s'agir de risques de pollution liés aux zones urbaines, aux voies de transport, aux activités industrielles et agricoles...

De même, il est fréquent de distinguer les pollutions potentielles dites chroniques, qui correspondent à une diffusion de substances indésirables de façon diffuse et relativement continue dans le temps, des pollutions accidentelles qui se produisent en un point précis et à un moment donné.

Rappelons quelques généralités sur les grandes familles de menaces liées aux activités anthropiques :

- Les zones urbaines cumulent et un risque de pollutions chroniques liées à l'éventuelle présence de réseaux d'eaux usées fuyards (bactéries, matières organiques dissoutes, nitrates et phosphates mais aussi métaux lourds) et un risque de pollution accidentelle lié à d'éventuels accidents routiers.
- Les voies de communications routières et ferroviaires représentent un risque de pollution chronique (emploi de phytosanitaires, lessivage des résidus sur chaussées par les eaux pluviales, ...) et un risque accidentel.
- Les activités industrielles peuvent menacer l'environnement. Quand c'est le cas, elles sont déclarées Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) et à ce titre elles font l'objet d'une surveillance particulière des services de l'Etat. L'expérience montre que sur les sites industriels anciens sur la Crau, les pollutions des sols sont fréquentes et que des phénomènes de migration de produits polluants vers la nappe sont possibles.
- Les activités agricoles peuvent générer un risque de pollution chronique, en cas d'un emploi important d'intrants et de produits phytosanitaires. Notons aussi des risques associés aux élevages de bétail (ovins, bovins) avec la possibilité de pollutions azotées et de contaminations bactériennes.
- Les décharges sont une source évidente de pollution potentielle. Il est notoire qu'avant 2000, la législation ne permettait pas une protection efficace des eaux souterraines (pas de barrière de fond). Les eaux de pluie qui s'infiltraient dans les déchets se chargeaient alors en substances indésirables avant de rejoindre la nappe. Pour les décharges plus récentes, les processus d'autorisation et de contrôle sont aujourd'hui plus sévères.
- Les anciennes carrières ne sont pas à proprement parler une source de pollution potentielle. Ceci étant, ce sont soit de regards sur les eaux de la nappe (carrières en eau) soit des zones d'infiltration préférentielle (absence de sols). L'expérience montre qu'elles servent trop souvent de zones d'accumulation de déchets divers et variés. Les carrières en activité présentent un risque de pollution accidentelle lié à la présence d'engins motorisés.

Dans ce chapitre, nous proposons une synthèse des principaux risques de pollution à ce jour identifiés pour la nappe de la Crau. Ce travail repose principalement sur une reprise des données collectées par GINGER (2009) qui avait fait un travail approfondi d'identification des sources de pollution potentielle. Dans un souci de pédagogie, nous employons le mot menaces qui indiquent bien la possibilité d'une pollution et non sa réalisation.

La caractérisation de ces menaces sera réalisée en phase 2 de l'étude, zone de sauvegarde par zone de sauvegarde.

## AMENAGEMENT DE LA PLAINE DE LA CRAU

### USAGES AU SOL

Pour caractériser l'état de surface de la plaine alluviale, nous avons récupéré les données du CORINNE LAND COVER 2006 qui donnent un premier écorché de l'occupation des sols.

La base de données Corine Land Cover, en accès libre, recense les principales occupations du sol. Ces données ont fourni une base de travail pour cartographier les usages du sol sur la zone d'étude.

Neuf catégories d'occupation du sol ont été retenues:

- Les forêts ;
- Les prairies et marais ;
- Les cours d'eau et plans d'eau ;
- Les zones agricoles ;
- Les zones urbaines ou de loisirs ;
- Les zones industrielles et commerciales ;

### VOIES DE TRANSPORT

Le risque accidentel se concentre principalement sur les pollutions potentielles associées aux voies de communication qui traversent la plaine de Crau (accidents, déversement de substances nuisibles,...). Il s'agit principalement de l'autoroute et des voies ferrées mais aussi des routes départementales et communales.

Le trafic peut être qualifié d'important.

Selon l'échantillonnage le plus complet (année 2003), le trafic se concentre principalement sur la N568 (entre 20 et 30 000 véhicules/jour en moyenne), l'A54 (environ 25 000 véhicules/jour en moyenne), la N113 (plus de 30 000 v/j en moyenne), la D113 et la N1569 (entre 10 et 20 000 v/j en moyenne).

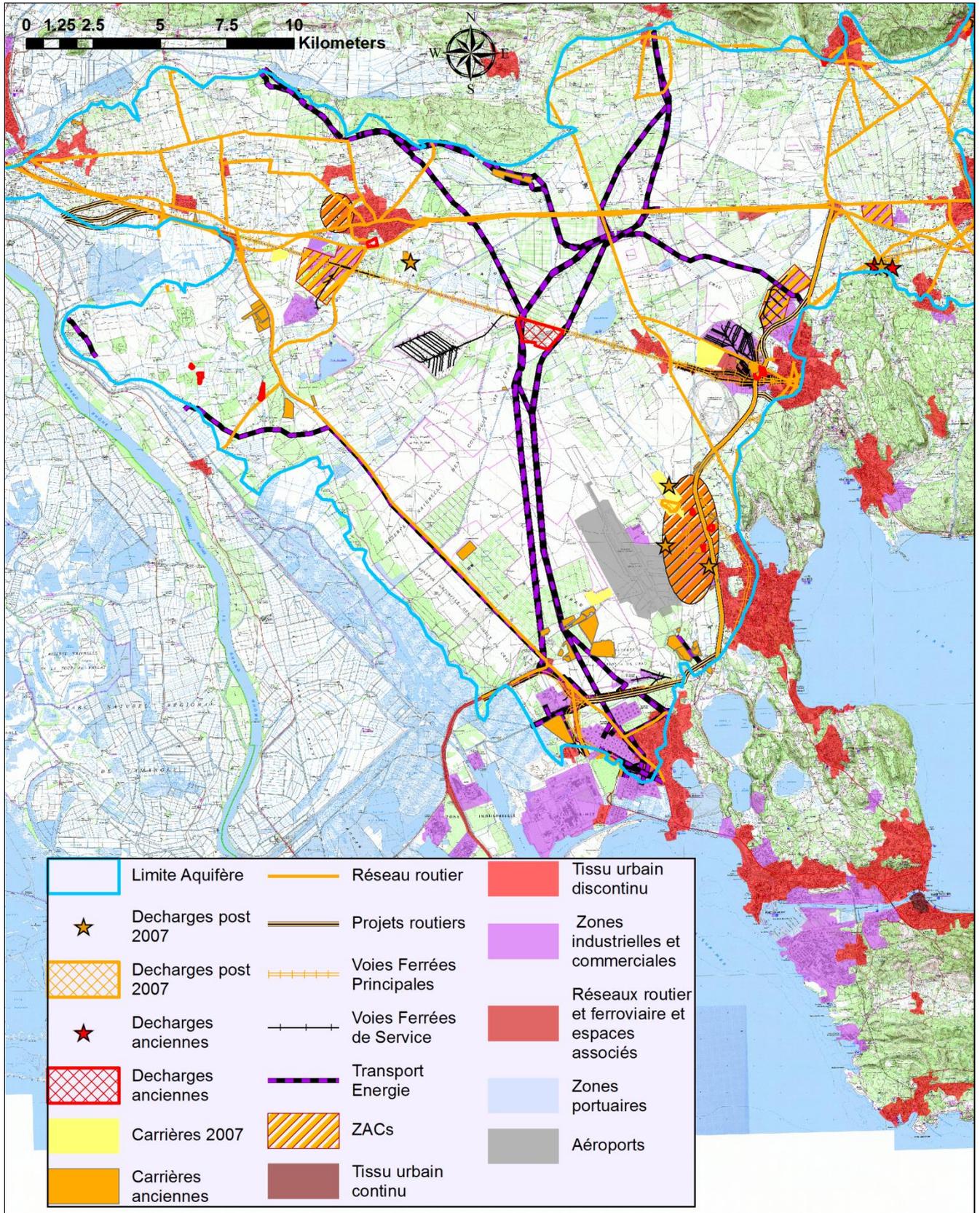
GINGER (2009) propose le détail des dispositifs de protection de l'A54 (bassins d'infiltration). A priori aucun des autres axes de communication routier ne semble équipé de dispositifs de collecte et de traitement des eaux pluviales (sous réserve de transmission de données complémentaires) d'où un risque accru, à leur niveau, de contamination des sols et des eaux souterraines.

Pour les réseaux des voies ferrées, GINGER propose des analyses sur les risques rattachés aux voies mais aussi aux dépôts et aux gares de triage. Ces risques sont qualifiés d'élevés. Dans le détail, on retiendra les éléments suivants :

- La gare de triage de Miramas, ainsi que les dépôts connexes, ne fait l'objet d'aucun dispositif pour assurer la protection de l'environnement et la collecte des eaux de ruissellement. Compte tenu de la proximité du site vis-à-vis de captages AEP sollicitant la Crau (situés en aval hydraulique), la SNCF a toutefois instauré une procédure d'alerte (Plan Matières dangereuses) visant à protéger la population et à favoriser l'activation rapide de mesures de sauvegarde de l'AEP. Cette procédure fait suite à un incident survenu en 1993 (déraillement d'un wagon contenant des matières dangereuses).

- Pour les pollutions potentielles sur rails, GINGER cite l'étude CYPRES : « *le département des Bouches-du-Rhône apparaît être le principal émetteur et récepteur de TMD (Transport de Matières Dangereuses) par rail. Parmi les tronçons les plus utilisés – ceux longeant le Rhône et ceux entourant l'étang de Berre – signalons ceux de Miramas-Lavalduc, Tarascon-Miramas et Avignon-salon-Miramas qui comptent plus de 2.5 tonnes par an. Le comptage des wagons montre par ailleurs que le trajet moyen est de 440 km pour un chargement de 56 tonnes. Enfin, les produits les plus transportés sont les liquides inflammables (38%), les gaz (37%) et les matières corrosives (11%).* »

Figure 12 : Infrastructures de la plaine de Crau.



## OLEODUCS

De nombreux oléoducs et gazoducs sillonnent la plaine de Crau.

Ils transportent de nombreuses matières dangereuses pour la nappe et constituent à ce titre une source évidente de pollution potentielle. L'accident à craindre est la rupture de canalisations avec diffusion de polluants dans l'environnement.

Rappelons que c'est ce qui s'est passé en 2009 sur le coin Sud-Est de la nappe.

## DECHARGES ET CARRIERES

Rappelons les données collectées lors du diagnostic qualitatif de la nappe proposé par GINGER en 2009 :

- Carrieres (avec une distinction entre celles qui ont atteint la nappe et celles qui sont restées « sèches »).
- Centre d'enfouissements techniques et les décharges communales.

Les auteurs insistent sur la variabilité de dangerosité des installations et sur la difficulté à caractériser les nuisances réelles rattachées aux installations.

Pour les carrieres, ils proposent un avis très modéré sur la pollution potentielle liée à ces activités passées ou actuelles (dangerosité très faible pour la nappe).

Sur la base des données collectées et des entretiens réalisés, ils proposent une liste de dix sites de stockage de déchets à la dangerosité avérée pour les eaux souterraines et les eaux de surface.

Figure 13 : Sites de stockages, actuels et anciens, de priorité 1 en termes de protection de la nappe de la Crau (GINGER, 2009).

| Identifiant              | Désignation                           | Commune              | Limites du site / Surface                          | Déchets   |
|--------------------------|---------------------------------------|----------------------|--|---|
| <b>Sites en activité</b> |                                       |                      |  |   |
| DA4                      | Décharge communale                    | Istres               | Imprécises (dans la continuité d'une ex-décharge)  | Non déterminés                                    |
| DA8                      | Décharge « CSD La Crau »              | Saint-Martin de Crau | Précises (80 ha, hors extérieurs)                  | Encombrants, inertes, OM, DIB, gravats, mâchefers |
| <b>Sites fermés</b>      |                                       |                      |  |   |
| DF5                      | Décharge communale « Les Fugueirons » | Grans                | Localisation et limites imprécises                 | Encombrants, verres, inertes, DTQD, épaves, pneus |
| DF6                      | Décharge communale « Le Roucas »      | Grans                |  | Encombrants, verres, inertes, DTQD, pneus         |
| DF7                      | Décharge communale                    | Istres               | Imprécises (dans la continuité du site actuel DA3) | Non déterminés (OM ?)                             |
| DF8                      | Décharge communale                    | Istres, Miramas      | Imprécises   | Non déterminés (OM ?)                             |
| DF13                     | Dépôt d'OM                            | Arles                | Imprécises (déterminées par Bd.Ortho)              | OM  |
| DF14                     | Dépôt d'OM                            | Arles                |  | OM  |
| DF15                     | Dépôt d'OM                            | Arles                |  | OIM   |
| DF16                     | Dépôt d'OM                            | Arles                |  | OM  |

## RISQUE DE POLLUTION LIE AUX ACTIVITES MILITAIRES

Le rapport de GINGER (2009) donne la description publique la plus détaillée sur les activités militaires en cours sur la plaine de la Crau et sur leurs éventuels impacts sur la qualité des eaux souterraines.

Parmi les activités potentiellement polluantes existantes, citons notamment pour la base aérienne d'Istres :

- le stockage de carburant (2ème site militaire français pour ce qui est de la consommation en carburant),
- l'alimentation en carburant des engins volants (avions et hélicoptères),
- le nettoyage et l'entretien des engins volants (utilisation de produits tensio-actifs dangereux, eaux usées chargées en hydrocarbures),
- l'armement nucléaire.

Les informations récoltées par GINGER auprès des autorités militaires montrent un niveau élevé de protection vis-à-vis de ces risques. Les eaux pompées sur site pour usage AEP ne portent trace d'aucune pollution.

L'étude recense des pollutions potentielles similaires sur les autres sites militaires, bien que de moindre importance.

Elle conclue sur la difficulté à caractériser ces sources de pollution potentielle.

---

## RISQUES DE POLLUTION LIES AUX ACTIVITES INDUSTRIELLES

Afin de localiser d'éventuelles sources de pollution industrielle, nous avons agrégé les données suivantes :

- Sites BASOL qui attestent de pollutions avérées de la nappe.
- Sites BASIAS (43 sites).

Concernant les ICPE, GINGER (2009) propose une analyse détaillée. Ils recensent 83 sites industriels en activité.

*Figure 14 : Sites industriels en activité (GINGER, 2009).*

| Communes             | Nombre de sites autorisés en activité |
|----------------------|---------------------------------------|
| Arles                | 3                                     |
| Fos-sur-Mer          | 8                                     |
| Grans                | 2                                     |
| Istres               | 18                                    |
| Miramas              | 13                                    |
| Saint-Martin de Crau | 28                                    |
| Salon de Provence    | 20                                    |

Afin de qualifier la nature des dangers potentiels inhérents à chaque site, ils proposent plusieurs critères qui concernent la priorité nationale, le régime SEVESO, l'IPPC, les rubriques ICPE et les fiches écart. Avec cette grille de critères, ils identifient les sites dont le potentiel de dangerosité vis à-vis de l'environnement peut être qualifié d'important.

Figure 15 : Sites industriels à haut potentiel de dangerosité pour la nappe (GINGER, 2009).

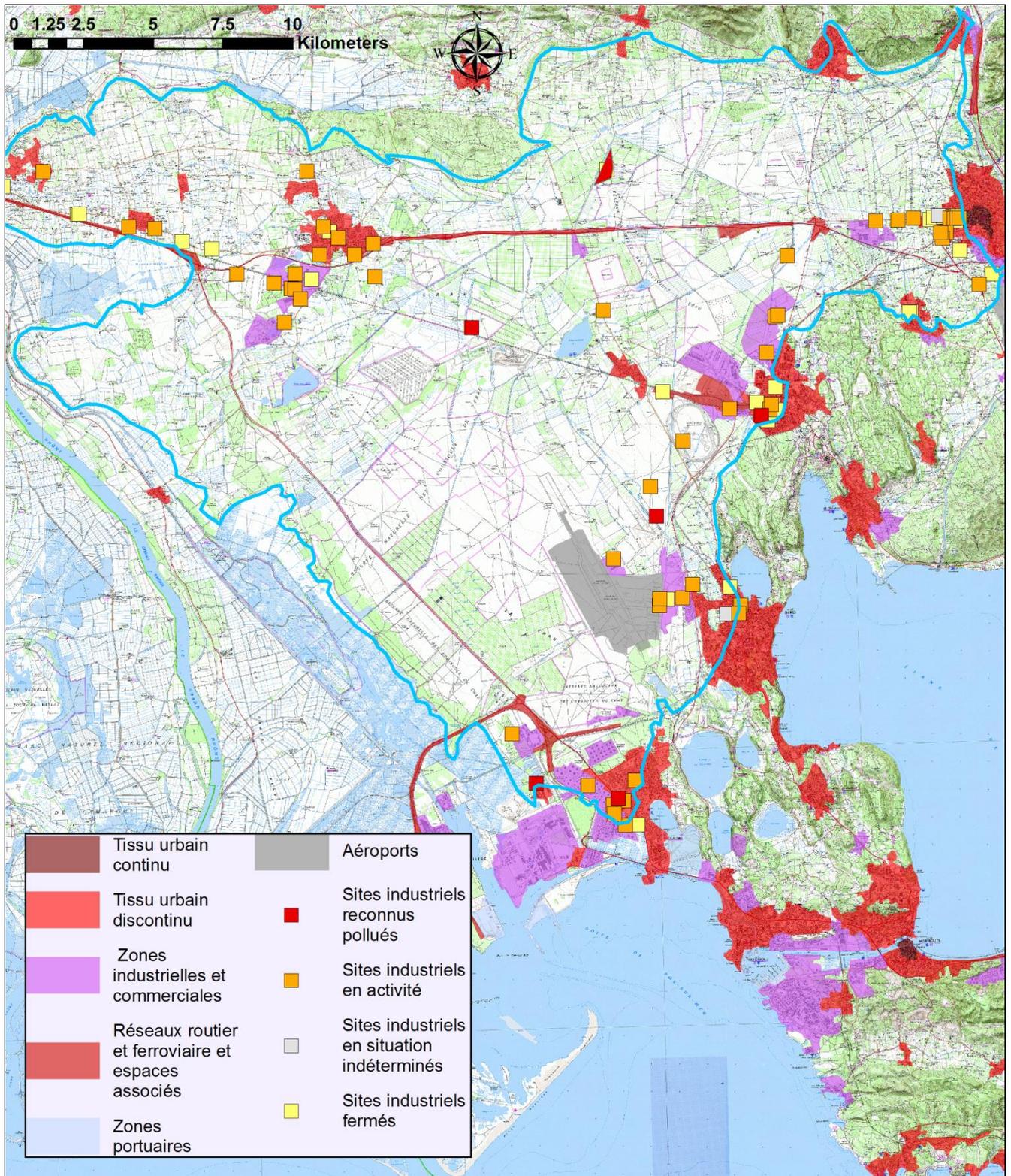
| Critères de sélection                                     | Nom des sites                              | Identifiant |
|---|--|-------------|
| Sites SEVESO seuil haut (seuil AS)                        | LA DYNAMITE - NITROCHIMIE                  | PAC1301976  |
|   | EURENCO France                             | RNA8        |
|   | <b>Société ESSO Standard</b>               | RNA56       |
|   | LA SOCIETE DU PIPELINE SUD EUROPEEN (SPSE) | PAC1302878  |
| Sites de priorité nationale                               | LA DYNAMITE - NITROCHIMIE                  | PAC1301976  |
|   | EURENCO France                             | RNA8        |
|   | MAREVA PISCINES ET FILTRATION              | RNA17       |
|   | <b>Société ESSO Standard</b>               | RNA56       |
|   | LA SOCIETE DU PIPELINE SUD EUROPEEN (SPSE) | PAC1302878  |
|   | <b>BASELL FOS</b>                          | RNA61       |
| Sites IPPC  | LA DYNAMITE - NITROCHIMIE                  | PAC1301976  |
|   | Décharge « CDS La Crau »                   | RNA4        |
|   | GRT GAZ                                    | RNA9        |
|   | REGE PLASTIQUES COFATECH ADF               | RNA21       |
|   | <b>Société ESSO Standard</b>               | RNA56       |
|   | <b>BASELL FOS</b>                          | RNA61       |
| Sites ayant déjà fait l'objet de constats d'irrégularités | HYDROTECH PROVENCE                         | RNA11       |
|   | LORRAINE PROVENCE SNC                      | RNA15       |
|   | MAREVA PISCINES ET FILTRATION              | RNA17       |
|   | PROVENCE RECYCLAGE                         | RNA47       |
|   | TP DE PROVENCE                             | RNA54       |
|   | LA SOCIETE DU PIPELINE SUD EUROPEEN (SPSE) | PAC1302878  |
|   | <b>BASELL FOS</b>                          | RNA61       |

Ils proposent aussi une description détaillée des sites à pollution avérée sur l'environnement (sites BASOL).

Citons :

- NITROCHIMIE : Poudres et explosifs (fabrication de). Industriel en activité
- Société MANURHIN : Poudres et explosifs (fabrication de). industriel en friche.
- AREVA ex COGEMA : Chimie minérale inorganique.
- SALINS DU MIDI Fabrication d'engrais industriel en friche inconnus.
- DEPOTS PETROLIERS DE FOS (DPF) : Dépôts de pétrole, produits dérivés ou gaz naturel industriel en activité teneurs anormales.
- SOCIETE DU PIPELINE SUD EUROPEEN (SPSE) Dépôts de pétrole, produits dérivés ou gaz naturel.
- TERMINAL DE CRAU : Dépôts de pétrole, produits dérivés ou gaz naturel.
- site industriel SIMT.

Figure 16 : Localisation des sites industriels (GINGER, 2009).



## RISQUES DE POLLUTION LIES AUX ACTIVITES AGRICOLES

L'écorché de l'état d'occupation des sols permet de montrer que la majeure partie des impluviums des nappes alluviales est occupée par des terres à usage agricole. Le risque majeur de pollution est donc un risque de pollutions potentielles diffuses, classiquement associées à ce type d'usage : fertilisants et pesticides.

Ceci étant, une des composantes principales de l'agriculture de Crau réside dans la prédominance des surfaces dites toujours en herbe, de composition particulière : dactyle, ray-grass, fétuque, trèfle blanc et violet, vesce, plantain, pissenlit, .... **Parmi ces surfaces, 12 000 ha environ correspondent à des prairies irriguées, de mai à juin, pour la production notamment du foin de Crau.**

En termes de traitements apportés aux prairies de Crau utilisées pour la culture du foin, il n'est fait aucun recours aux pesticides (GINGER, 2009). *« Les herbicides sont employés très ponctuellement et très rarement, ceci sur de petites surfaces, pour se débarrasser des mauvaises herbes (grande oseille ou sorgho d'Alep). Le seul traitement chimique fréquemment utilisé en Crau concerne le désherbage des canaux d'irrigation. Celui-ci, appliqué à une bande de 50 cm dans le fond du canal (berges généralement non désherbées) n'est toutefois pas généralisé à l'ensemble des canaux et nécessite 1 à 3 passages par an selon les conditions climatiques. La matière la plus active utilisée est le glyphosate. »*

Toujours selon GINGER (2009), *« la fertilisation des terres, au-delà des questions de fumure, donne lieu à l'apport d'engrais azotés chimiques de type superpotassiques dans 90% des cas. Compte tenu de l'évolution des prix des engrais depuis 2 ans, les producteurs ont divisé les doses par deux, voire n'ont plus recours à aucune fertilisation chimique. Les quelques exploitations apportant de l'azote, sous forme ammoniacal, sont aujourd'hui confrontées à la même problématique d'évolution des prix ; pour cette raison, les doses utilisées sont aujourd'hui fortement réduites : apport fin février-début mars et parfois en refumure après la première coupe (fin mai) et/ou deuxième coupe (fin juillet). »*

**Parallèlement à la production du foin de Crau, il est observé depuis plusieurs années un développement des pratiques agricoles de type arboriculture et maraîchage.**

*« Le RGA de 2000 indique environ 5 300 ha de vergers et 800 ha dédiés à la culture de légumes. Le diagnostic de 2009 avait montré que l'arboriculture, analysée dans sa globalité, connaît depuis plus de 10 ans une croissance ascensionnelle, laquelle se traduit notamment par une forte augmentation des surfaces de vergers (3 527 ha en 1988 à 5 325 ha en 2000 soit une hausse de l'ordre de 51%). Ce phénomène qui n'est toutefois pas généralisable à l'ensemble de la plaine de Crau, ne vaut que pour les communes d'Arles, de Grans, de Mouriès et de Saint-Martin de Crau laquelle reste la plus marquée par cette évolution des pratiques culturelles (multiplication des surfaces de vergers plus de 2.5 entre 1988 et 2000). Saint-Martin de Crau et Arles concentrent à elles-seules plus de la moitié des surfaces totales de vergers de Crau. Pour ce qui est de la production légumière en Crau (sous serres majoritairement) et quel que soit le territoire communal considéré, les surfaces de maraîchage ont fortement diminué entre 1988 et 2000 : disparition de 669 ha voués à cette pratique culturelle (soit plus de 45% des surfaces dénombrées en 1988). Arles, Mouriès, Eyguières, Miramas et Saint-Martin de Crau correspondent aux communes les plus touchées par cette tendance évolutive. Arles, de même que les communes de Saint-Martin de Crau et de Salon-de-Provence demeurent néanmoins les principaux pôles de production de légumes de cette partie du département des Bouches-du-Rhône. »*

En terme de fertilisation des terres et donc d'emploi de matières actives, le tableau ci-dessous (établi à partir des données de la Chambre d'Agriculture et de données terrain, GINGER 2009) permet une première approche des produits utilisés selon le type de cultures exercé :

Figure 17 : Cultures et phytosanitaires (GINGER, 2009).

| Produits ou matières actives utilisés  |   |   | Période d'utilisation |
|--|---|---|-----------------------|
| Herbicides/pesticides  | Insecticides  | Autres (dont engrais)   |                       |
| Aminotriazole<br>Paraquat-Diquat<br>Simazine<br>Diuron<br>2-4-D<br>Isoxaben<br>Oryzalin  |   | DNOC<br>Zirame<br>Méthidathion<br>Huile de pétrole<br>Pyréthinoïdes de synthèse | Janvier/février       |
| Glyphosate<br>2-4-D  |   |   | Mars à août           |
| Aminotriazole  |   |   | Automne               |
| Simazine<br>Diuron<br>2-4-D<br>Méthylathion<br>Pyréthinoïdes de synthèse<br>Hexythiazox (CESAR)<br>Pencanazol<br>BMC<br>Carbendazine |   |   | Pas d'indication      |
| Roveral  |   |   | Décembre/janvier      |
| Previcure  |   |   | Juillet/août          |
|  | Pyrimare (carbamate)<br>Isatine<br>Vertimec<br>Torque et Plectan (acaricides) |   | Septembre/octobre     |
|  |   | Engrais type NPK + oligo-éléments   | Pas de précision      |
|  |   | Dés herbants à base d'Atrazine  | Pas de précision      |

Signalons aussi des activités nombreuses et importantes d'élevage d'ovins et de bovins. L'élevage en Crau est prioritairement basé sur l'élevage des ovins et plus particulièrement sur la race Mérinos d'Arles (environ 160 000 ovins en Crau selon le RGA2000).

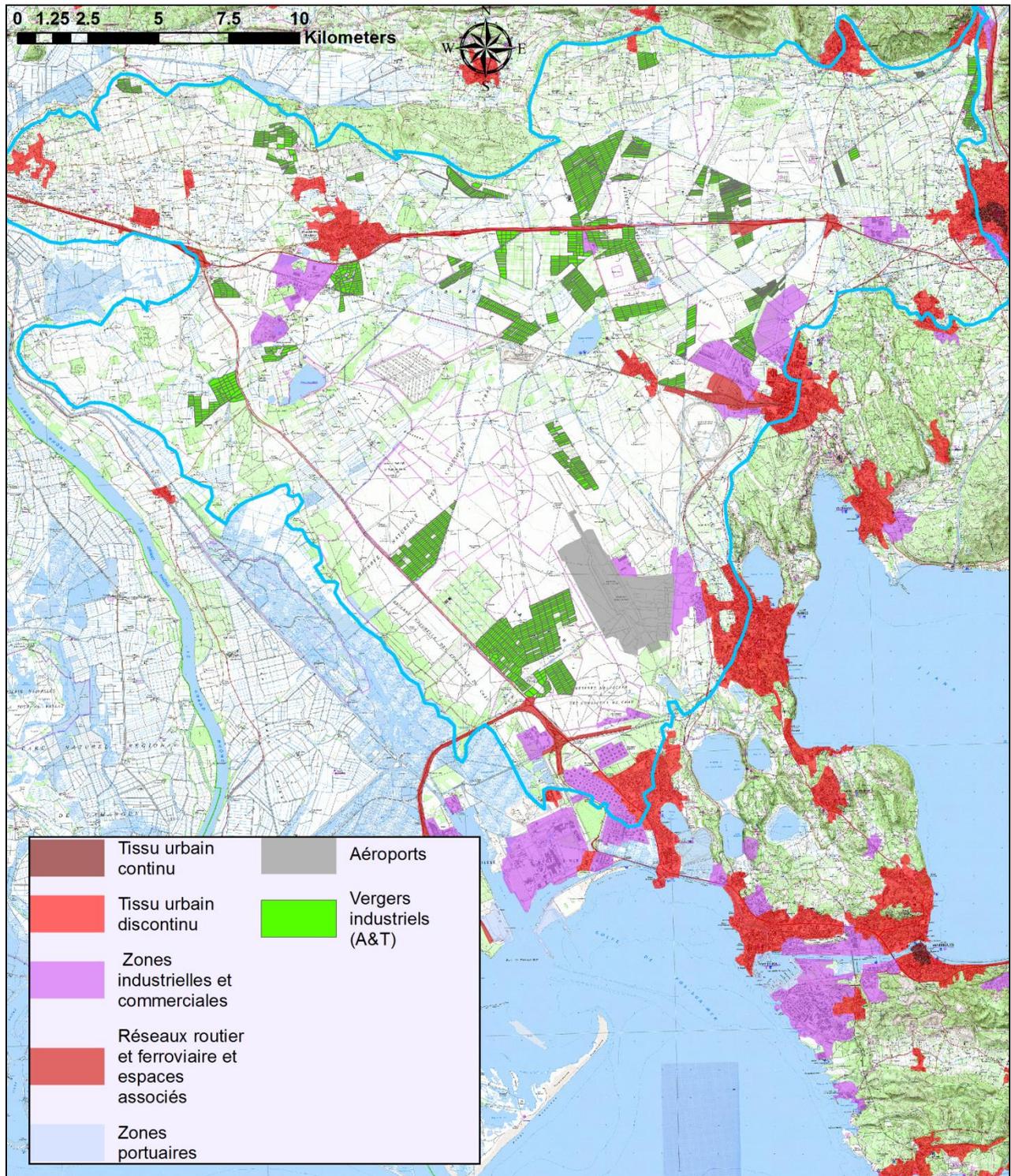
**Rappelons que les données des réseaux de surveillance de la qualité des eaux souterraines (BD ADES et suivi SYMCRAU) montrent une faible empreinte des activités agricoles :**

- Seuls les vergers et les secteurs de culture sont susceptibles d'occasionner des contaminations aux pesticides, contaminations localisées et temporaires à ce jour.
- Pour les nitrates, les teneurs sont généralement inférieures à 20 mg/l, excepté quelques points situés à proximité de serres.

En accord avec GINGER (2009), cette conclusion doit toutefois être modulée du fait, d'une part du contexte agricole atypique du territoire étudié, d'autre part de paramètres techniques. Il est important en effet de ne pas négliger le rôle de l'irrigation gravitaire vis-à-vis de l'évolution qualitative des eaux de la nappe : concentrations en éléments réduites par phénomène de dilution importante des eaux. De même, les variabilités des teneurs enregistrées d'un point de vue spatial, au-delà d'être représentatives d'un contexte agricole local, posent le problème de la variabilité spatiale et temporelle des mouvements des matières actives. Il est difficile de caractériser ces flux de pollution qui sont susceptibles d'être concentrés dans l'espace et dans le temps.

**A ce jour, on retiendra donc comme seule principale menace pour la nappe (notion de pollution potentielle) les sites dits de vergers industriels qui sont susceptibles d'avoir recours à des phytosanitaires. L'enjeu sera d'éviter d'implanter un captage dans l'aval hydraulique immédiat de ces sites.**

Figure 18 : Distribution des vergers « industriels » en Crau (Astuces&amp;TICS).



## QUELS SONT LES SECTEURS PEU MENACÉS AUJOURD'HUI ?

Pour identifier les secteurs de nappe peu menacés, il faut croiser les menaces (sources de pollution potentielle) et les pollutions avérées, avec les sens de circulation de la nappe.

On cherche ainsi tout secteur non situé dans l'aval hydraulique immédiat d'une source de pollution potentielle.

Reprécisons que les secteurs menacés ne sont pas nécessairement pollués : les données de qualité des eaux souterraines montrent généralement le contraire d'ailleurs avec peu de dégradations avérées et constantes dans le temps.

Il s'agit avec cette démarche d'identifier les secteurs structurellement favorables à l'exploitation des eaux souterraines.

La figure ci-dessous présente ces secteurs :

- Secteur Nord d'Arles.
- Secteur Nord de St Martin de Crau.
- Secteur d'Aureille.
- Secteur de Salon.
- Secteur de la Base Aérienne, sous réserve de la confirmation de la maîtrise des impacts des activités militaires sur la qualité des eaux souterraines. On notera aussi la fragilité de ce secteur avec la présence de la voie ferrée dans son amont hydraulique.

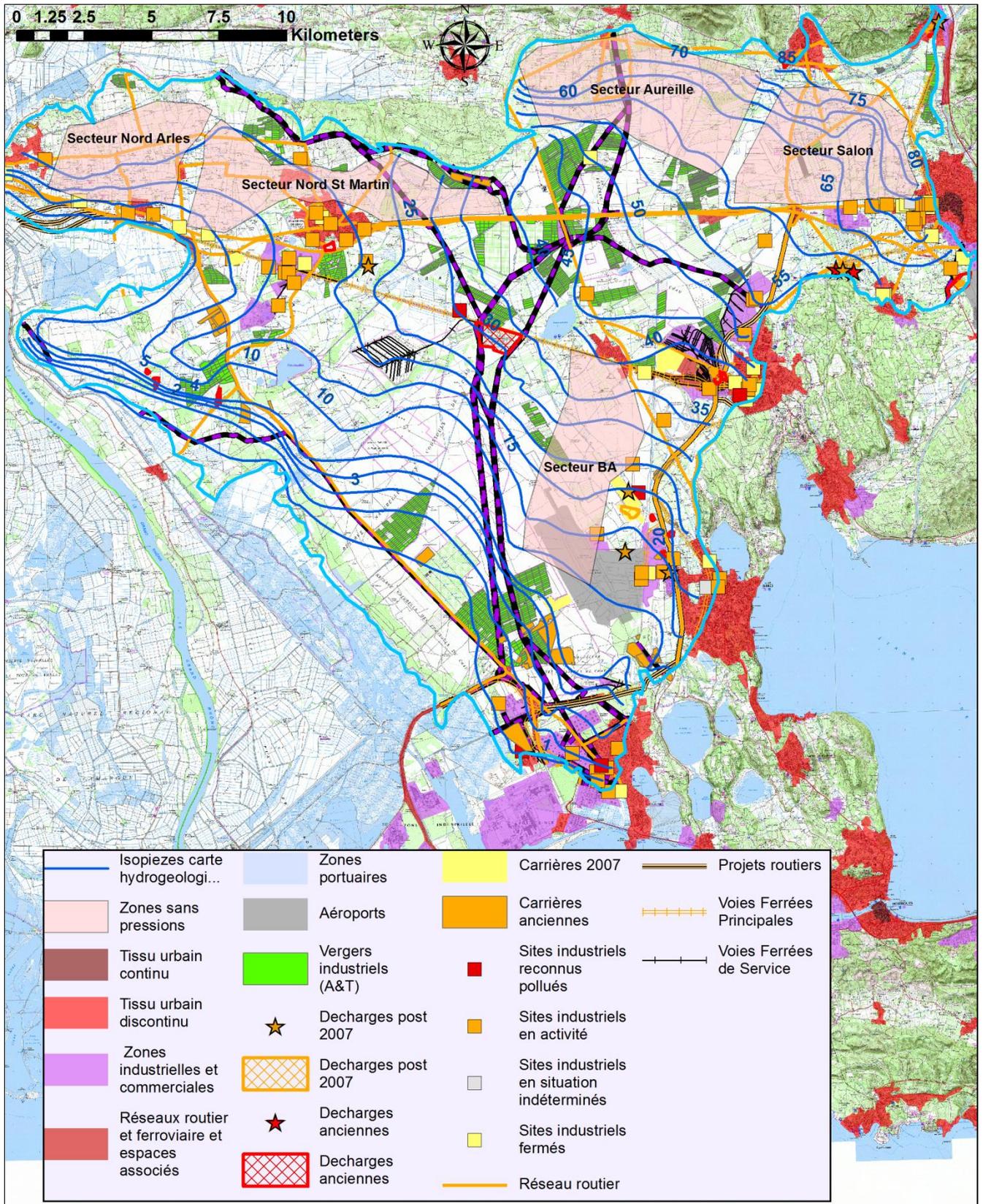
On peut remarquer une zone a priori faiblement menacée en partie centrale de la plaine de Crau. Malheureusement, cette zone est située dans l'aval hydraulique immédiat de la décharge d'Entressen qui est une des pollutions avérées majeures de la nappe.

**En schématisant, on peut proposer qu'aujourd'hui, seule la bordure Nord de la plaine de Crau est sans activités potentiellement impactantes pour la qualité des eaux souterraines.**

C'est un constat et une cartographie qui guideront la seule implantation des zones de sauvegarde non exploitées actuellement (ZSNEA). En effet, dans une logique d'implantation de nouveaux points de prélèvement, il semble cohérent de les positionner dans des zones peu menacées.

Pour les captages existants, la logique est différente : seront classés comme captages structurants à protéger les points de prélèvements importants pour des communes en forte dépendance vis-à-vis des eaux de la nappe. Il faudra donc faire un bilan captage par captage des sources de pollution potentielle situées en amont hydraulique du point de prélèvement ; ce travail sera réalisé en phase 2 de l'étude.

Figure 19 : Délimitation approximative de secteurs de nappe peu menacés par les usages aux sols actuels.



## 2.7 QUELLE EST LA QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES ?

### GENERALITES

Nous avons récolté les données relatives à la qualité des eaux souterraines de la nappe des cailloutis dans la banque nationale d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines (ADES) rassemblant des informations quantitative et qualitative relatives aux eaux souterraines. De nombreux partenaires sont associés à ADES pour la mise en commun des résultats et de ce fait, c'est une banque de données exhaustive au service de tous.

Voici les organismes qui alimentent ADES :

- Agences de l'Eau,
- Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL),
- Agences Régionales de Santé (ARS) : données de la base SISE-EAUX, du ministère chargé de la Santé, base alimentée par le contrôle sanitaire, concernant les eaux souterraines captées pour la production d'eau potable (uniquement les données sur les eaux brutes),
- collectivités territoriales (conseils généraux, régionaux, syndicats de gestion d'aquifères, communautés de communes, parcs naturels),
- autres organismes chargés de missions publiques,
- industriels dans le cadre du suivi des Installations Classées et Sites Pollués.

### Le nombre de points de surveillance a évolué en fonction du temps.

Avant 2007, Le suivi de la qualité des eaux était assuré par une vingtaine d'ouvrages :

- Captages AEP collectifs – des mesures sont réalisées par les services de la DDAS afin d'assurer le respect des normes de potabilité (les analyses reprennent la plupart des familles de polluants).
- Stations ADES.
- Points de mesure complémentaire du réseau Nitrate.

Une analyse assez complète des données ante 2007 est proposée par GINGER (2009) dans le cadre du bilan qualitatif de la nappe. Nous nous contenterons donc dans un premier temps de rappeler ici les principaux résultats de leur analyse.

Depuis 2007, de nouvelles mesures ont été réalisées et bancarisées dans ADES. De plus le SYMCRAU a mis en place un réseau de suivi de la nappe. Nous détaillerons donc dans un deuxième temps les apports des mesures post 2007.

**De façon générale, les eaux souterraines de la Crau, généralement dures (TH > 30°F), se caractérisent par un faciès de type bicarbonaté et sulfaté calcique avec les particularités suivantes : eaux riches en carbonates et en sulfates, eaux pauvres en chlorures (à l'instar des eaux de la Durance qui fournit environ 2/3 des apports à la nappe ; bruit de fond de l'ordre de 28 mg/l).**

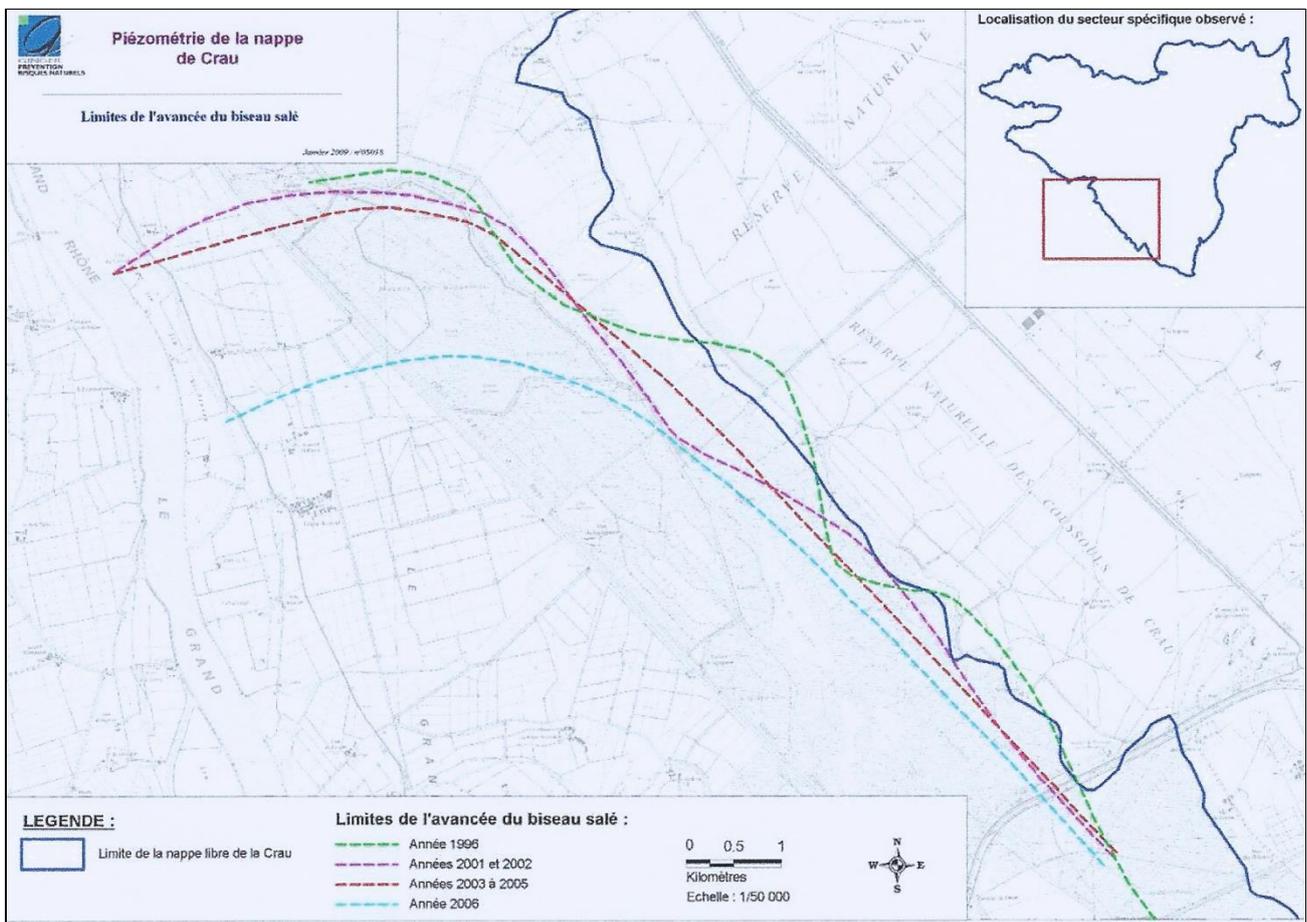
## PROBLEMATIQUE DU BISEAU SALE

Rappelons d'abord la problématique spécifique du biseau salé qui affecte la nappe de la Crau sur sa bordure Sud.

La détermination de son origine, ainsi que l'étude de son évolution, sont au-delà des objectifs de cette étude. Nous nous contenterons ici de rappeler le consensus scientifique sur cette problématique. C'est en effet un phénomène très étudié et surveillé. On peut trouver une synthèse récente des études et mesures dans le rapport dédié à la détermination de la relation entre le débit du Rhône et les dynamiques de salinisation des hydro systèmes en Camargue (HYDROFIS & BRLi, 2012).

Nous rappelons ici la cartographie du front de salinité la plus récente proposée par GINGER (2009).

Figure 20 : Evolution de la limite du front salé entre 1996 et 2006 (GINGER, 2009).



On retiendra comme position actuelle et approximative du biseau salé, une ligne N120 qui longe peu ou prou la limite Nord-Est du marais du Vigueirat et comme extension maximale au Nord les cabanes de l'Étourneau (environ 3 km au Sud-Est de Mas Thibert).

La position est dite approximative car elle varie d'années en années en fonction des flux d'alimentation de la nappe. Les années très sèches ou celles marquées par de forts prélèvements induisent une avancée du biseau salé.

## QUALITE DES EAUX AVANT 2008

### ETUDE GINGER 2009

L'analyse des données de qualité des eaux de 1975 à 1997 conduit aux constats suivants :

1/ *Différence de qualité des eaux entre la partie Nord (avec des minéralisations, des duretés et des concentrations en éléments plus fortes) et la partie Sud de la plaine de la Crau. Phénomène traduisant la double influence des apports à la nappe (apports des entités hydrogéologiques de bordure : molasses du Burdigalien - dureté et sulfates ; cultures : engrais) et des pratiques d'irrigation gravitaire (recharge de la nappe et effet de dilution).*

2/ *Présence de traces et interfaces de certains métaux lourds toxiques (Pb, Cd et Hg) dans la nappe de la Crau à des teneurs inférieures aux normes européennes alors en vigueur. Pollutions à relier principalement aux apports météoriques (pluie) et à l'exercice localement de certaines activités industrielles (aval de Miramas et de l'usine de la Dynamite), voire dans une moindre mesure à l'irrigation. Mise en évidence par ailleurs du processus « d'épuration naturelle » par adsorption.*

3/ *Présence d'organohalogénés volatils (notamment dans les forages AEP du Ventillon) à des teneurs inférieures aux limites maximales admises par l'OMS. Observation significative de pollutions diffuses d'origine industrielle.*

GINGER propose une analyse détaillée des données disponibles de 1997 à 2007.

**Globalement, la qualité des eaux souterraines est bonne et elles satisfont généralement aux normes actuelles de potabilité. Les dépassements des normes admises sur l'eau brute sont rares (<10% en fréquence) et épisodiques (l'anomalie est observée une seule fois, sans répétition lors d'analyses ultérieures).**

Les « anomalies » sont résumées dans le tableau page suivante. Citons les résultats les plus importants :

*« Plusieurs traces ou dépassements des seuils (OMS ou norme de potabilité) de bactéries ont été constatées au niveau de six stations. Ces éléments ont été observés en 2003 et 2005. Des dépassements de seuil modérés ont été observés aux stations de Lion d'Or, St Hyppolite et Tapies.*

*Pour les métaux lourds, des dépassements importants sont à signaler au niveau de :*

- *Marie Rose – commune de Grans : concentration en aluminium de 13 000 contre 200 µg/l (norme de potabilité) mesuré en 2004,*
- *Tapies : 620 µg/l et 240 µg/l de Manganèse en 2004 et 2005 contre 50 µg/l. Dans une mesure moins importante, les teneurs en Nickel sont également supérieures aux normes en vigueur.*

*Des traces de Nickel et d'Aluminium ont été constatées au niveau des stations de la Pissarote et ZI, sans toutefois dépasser les seuils de potabilité. »*

Figure 21 : Synthèse des pollutions observées sur les captages AEP entre 1997 et 2007 (GINGER, 2009).

| Nom                     | Nombre de mesure                                  | Famille de polluants |  |                 |   |                                      |  | Autres          |           |
|-------------------------|---|----------------------|--|-----------------|---|--------------------------------------|--|-----------------|-----------|
|                         |   | Pesticides           | Métaux Lourds  | PCB             | Dérivés d'hydrocarbures                 |                                      |  |                 | Bactéries |
|                         |   |                      |  |                 | Hydrocarbures aromatiques polycycliques | Hydrocarbures aliphatiques halogénés | Phénols et chlorophénols   |                 |           |
| Base Nautique Entressen | 11/07/2006  | rien à signaler      | rien à signaler  | rien à signaler | rien à signaler                         | rien à signaler                      | rien à signaler  | rien à signaler |           |
| Valbois                 | 18/09/2008  | rien à signaler      | rien à signaler  | rien à signaler | rien à signaler                         | rien à signaler                      | rien à signaler  | rien à signaler |           |
| BMW                     | 2005-2007   | rien à signaler      | rien à signaler  | rien à signaler | rien à signaler                         | rien à signaler                      | rien à signaler  | rien à signaler |           |
| Canaux Jumeau           | 1997-1999-2002-2003-2005-2006-2007                | rien à signaler      | rien à signaler  | rien à signaler | rien à signaler                         | rien à signaler                      | rien à signaler  | rien à signaler |           |
| Fanfaigoule             | 1997-1999-2002-2003-2004-2005-2006                | rien à signaler      | rien à signaler  | rien à signaler | rien à signaler                         | rien à signaler                      | <b>Traces de bactéries</b><br>Coliformes 01/07/2003 mesure 10 ml   | rien à signaler |           |
| La Caspienne            | 1999-2000-2002-2003-2004-2005-2006-2007           | rien à signaler      | rien à signaler  | rien à signaler | rien à signaler                         | rien à signaler                      | rien à signaler  | rien à signaler |           |
| La Pissarotte           | 1997-1998-1999-2000-2002-2003-2004-2005-2006-2007 | rien à signaler      | <b>Traces de Nickel</b><br>Nickel : 24/10/2007 - 20 µg/l   | rien à signaler | rien à signaler                         | rien à signaler                      | rien à signaler  | rien à signaler |           |
| Les Fiolles             | 1998-2000-2004-2007                               | rien à signaler      | rien à signaler  | rien à signaler | rien à signaler                         | rien à signaler                      | rien à signaler  | rien à signaler |           |
| Lion d'or               | 1997-1998-1999-2000-2001-2003-2004-2005-2006-2007 | rien à signaler      | rien à signaler  | rien à signaler | rien à signaler                         | rien à signaler                      | <b>Traces de bactéries</b><br>Coliformes 25/09/2003 mesure 100 ml<br>Coliformes thermotolerants : 20 ml<br>Dépassement de seuil<br>Entérocoques : 25/09/2003-190 ml  | rien à signaler |           |
| Marie Rose Grans        | 1999-2001-2003-2004                               | rien à signaler      | <b>Dépassement de seuil</b><br>Aluminium total : 13 000 µg/l (norme 200 µg/ml) - 23/11/2004  | rien à signaler | rien à signaler                         | rien à signaler                      | <b>Traces de bactéries</b><br>Coliformes : 08/04/2003 - 24 ml<br>Entérocoques : 08/04/2003 - 22 ml   | rien à signaler |           |
| Mas Payan               | 28/04/2008  | rien à signaler      | rien à signaler  | rien à signaler | rien à signaler                         | rien à signaler                      | rien à signaler  | rien à signaler |           |
| Mas Thibert             | 1997-1998-2000-2002-2003-2005-2006-2007           | rien à signaler      | rien à signaler  | rien à signaler | rien à signaler                         | rien à signaler                      | rien à signaler  | rien à signaler |           |
| St Hippolyte            | 1998-1999-2000-2001-2002-2003-2004-2005-2006-2007 | rien à signaler      | rien à signaler  | rien à signaler | rien à signaler                         | rien à signaler                      | <b>Dépassement de seuil</b><br>Escherichia Coli : 02/11/2005 - 5700 ml   | rien à signaler |           |
| Sulauze                 | 1998-1999-2000-2001-2002-2003-2004-2005-2006-2007 | rien à signaler      | <b>Dépassement de seuil</b><br>Plomb : 28 µg/l - 17/06/2003  | rien à signaler | rien à signaler                         | rien à signaler                      | <b>Traces de bactéries</b><br>Coliformes 17/06/2003 - 16 ml  | rien à signaler |           |
| Taples                  | 1997-1998-1999-2000-2001-2003-2004-2005-2007      | rien à signaler      | <b>Dépassement de seuil</b><br>Manganèse : 620 µg/l - 11/04/2004<br>Manganèse : 240 µg/l - 02/11/2005<br>Nickel : 42 µg/l - 11/10/2004 | rien à signaler | rien à signaler                         | rien à signaler                      | <b>Traces de bactéries</b><br>Coliformes 16/09/2003 - 70 ml<br>Coliformes thermotolerants : 05/10/1998 - 32 ml<br>Escherichia Coli : 12/09/2005 - 28 ml<br><b>Dépassement de seuil</b><br>Entérocoques : 12/09/2005 - 120 ml | rien à signaler |           |
| ZAC Crau                | 2000-2001-2003-2004-2005-2006-2007                | rien à signaler      | rien à signaler  | rien à signaler | rien à signaler                         | rien à signaler                      | rien à signaler  | rien à signaler |           |

Diagnostic qualitatif / quantitatif et analyse de l'évolution des risques sur la nappe de la Crau - GINGER Prévention

## QUALITE DES EAUX APRES 2007

La nappe de la Crau est actuellement classée en « bon état chimique ». Cependant, au vu des résultats obtenus par le réseau de surveillance du SYMCRAU, cette masse d'eau a été identifiée en « risque de non atteinte des objectifs environnementaux » (RNAOE) à l'horizon 2021. Les paramètres mis en cause appartiennent à la catégorie des micropolluants organiques (phytosanitaires et hydrocarbures). Cela implique la définition d'un réseau de contrôle opérationnel de l'état chimique qui a pour objectifs de confirmer la contamination de la masse d'eau et d'assurer un suivi en lien avec les actions mises en place dans la cadre du programme de mesures 2016-2021.

Le SYMCRAU a produit récemment une analyse détaillée des mesures de qualité de la nappe afin de proposer un dimensionnement adapté pour le réseau de contrôle (SYMCRAU, 2015).

Leur analyse est basée sur l'exploitation des mesures réalisées sur les points de contrôle suivants :

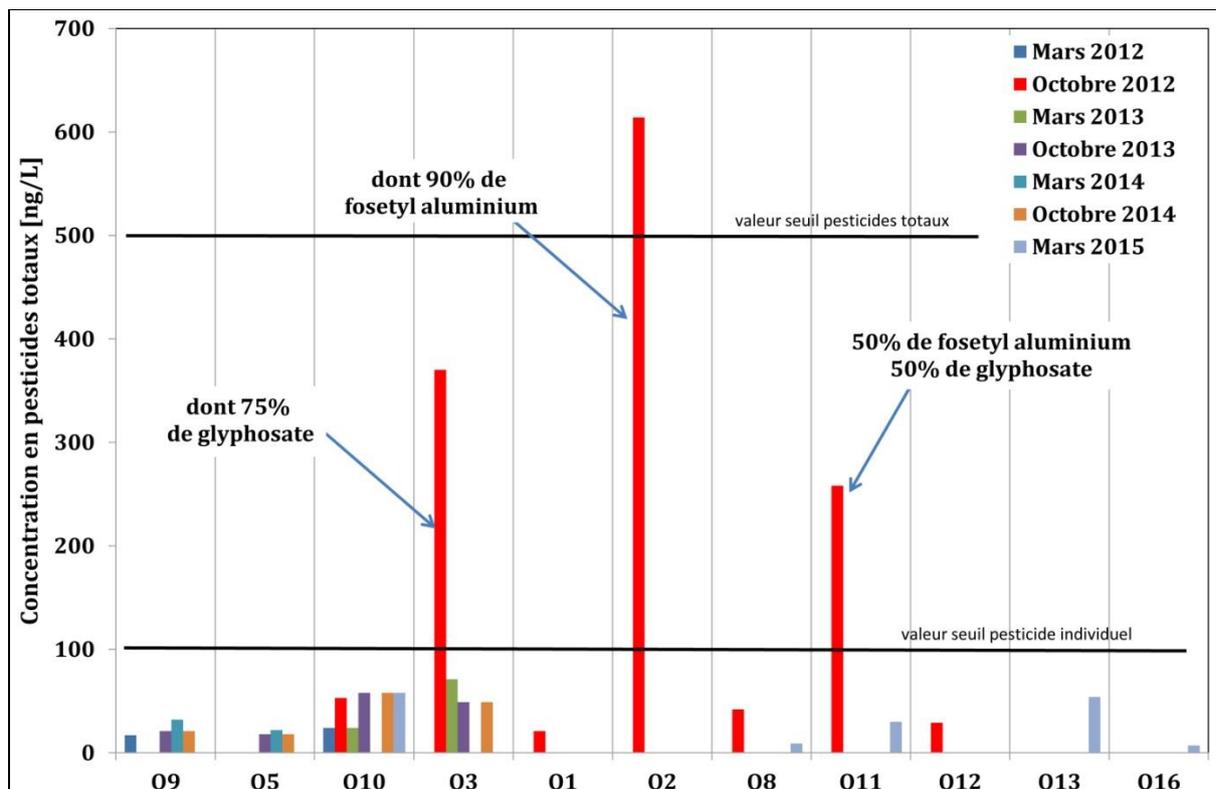
- 17 points du réseau SYMCRAU (une analyse par semestre, de mars 2012 à mars 2015).
- 16 points correspondant aux captages AEP qui font l'objet d'une surveillance sanitaire. Les fréquences d'analyse sont variables et dépendent des volumes annuels de production (de 1 à 3 analyses par an, de 2008 à 2013).

**Globalement, la qualité des eaux peut être qualifiée de bonne au regard des normes actuelles de potabilité. Cette affirmation doit cependant être nuancée.**

Des pesticides sont régulièrement échantillonnés :

(1) Dans le réseau du SYMCRAU, avec un bruit de fond généralement inférieur à 100 ng/l (seuil pour la potabilité). Sur une centaine d'analyse, ce seuil a été dépassé à trois reprises sur des piézomètres situés dans la partie aval du sillon d'Arles et une fois dans le secteur de la Caspienne.

Figure 22 : Concentration, par point, en pesticides totaux sur les 7 campagnes de mesures réalisées par le SYMCRAU (rapport 2015).



La majorité des pesticides retrouvés dans les eaux souterraines sur les points d'observations du réseau appartiennent à la famille des herbicides (dinoterb, simazine, glyphosate, ethidimuron...) et des fongicides (fosetyl aluminium) ainsi qu'à leurs produits de dégradation (AMPA).

**Il est important de noter le caractère erratique de ces pollutions dans la nappe. Si on prend les qualitomètres implantés dans la Crau d'Arles, les contaminations sont concentrées sur l'année 2012. Les pollutions deviennent très rares par la suite. On observe la même variabilité pour les mesures de qualité dans la Crau de Miramas : on peut avoir une détection une année puis plus rien les années suivantes (excepté pour le point de suivi Q10 situé entre Istres et Miramas).**

(2) On retrouve le même type de distribution spatiale et temporelle sur les mesures réalisées au droit des captages AEP : seuil de potabilité dépassé une fois sur 30 mesures, bruit de fond erratique.

De la même manière, on observe régulièrement la présence de micro-polluants organiques. Comme pour les pesticides, les fréquences de quantification les plus élevées sont retrouvées sur les axes de drainages principaux de la nappe. Les origines des éléments retrouvés sont susceptibles de provenir de sources différentes. Les pollutions sont très variables dans le temps et dans l'espace ; les contaminations peuvent mesurer ponctuellement jusqu'à 10 µg/l (exceptionnellement 133 µg/l). Rappelons ici les normes de potabilité recommandées par l'OMS sur certaines des molécules identifiées :

- Dichlorométhane : 20 µg/l.
- Benzène : 10 µg/l.
- Toluène : 700 µg/l.
- Tétrachloroéthylène : 40 µg/l.

Pour finir, on retrouve les mêmes types de distribution pour les hydrocarbures totaux. Les teneurs peuvent être nulles comme variables (entre 50 et 800 µg/kg). A noter que la valeur guide recommandée pour des eaux brutes superficielles distribuées pour l'alimentation en eau potable est de 1000 µg/kg (annexe 2 et 3 de l'arrêté du 11 janvier 2007).

**Ces observations sont expliquées par les caractéristiques de la nappe :**

**✚ Vitesse élevée de circulation de la nappe : une pollution peut « passer » sur un qualitomètre en quelques mois. Cela ne signifie pas que les polluants ont disparu mais qu'ils ont migré à l'aval.**

**✚ Forte dilution : les volumes d'eau en transit dans la nappe sont actuellement très importants et ils assurent une dilution certaine des molécules indésirables.**

**Au-delà de la difficulté à mesurer des flux de pollution dans une nappe très transmissive, les analyses réalisées par le SYMCRAU, les plus adaptées de par leur localisation choisie et leur fréquence élevée, montrent que les dégradations concernent plus particulièrement l'aval hydraulique des villes d'Istres, de Miramas et de Saint-Martin-de-Crau.**

Figure 23 : Concentration en micropolluant organiques totaux (en µg/L) sur la période 2012-2015 pour le réseau du SYMCRAU (rapport 2015).

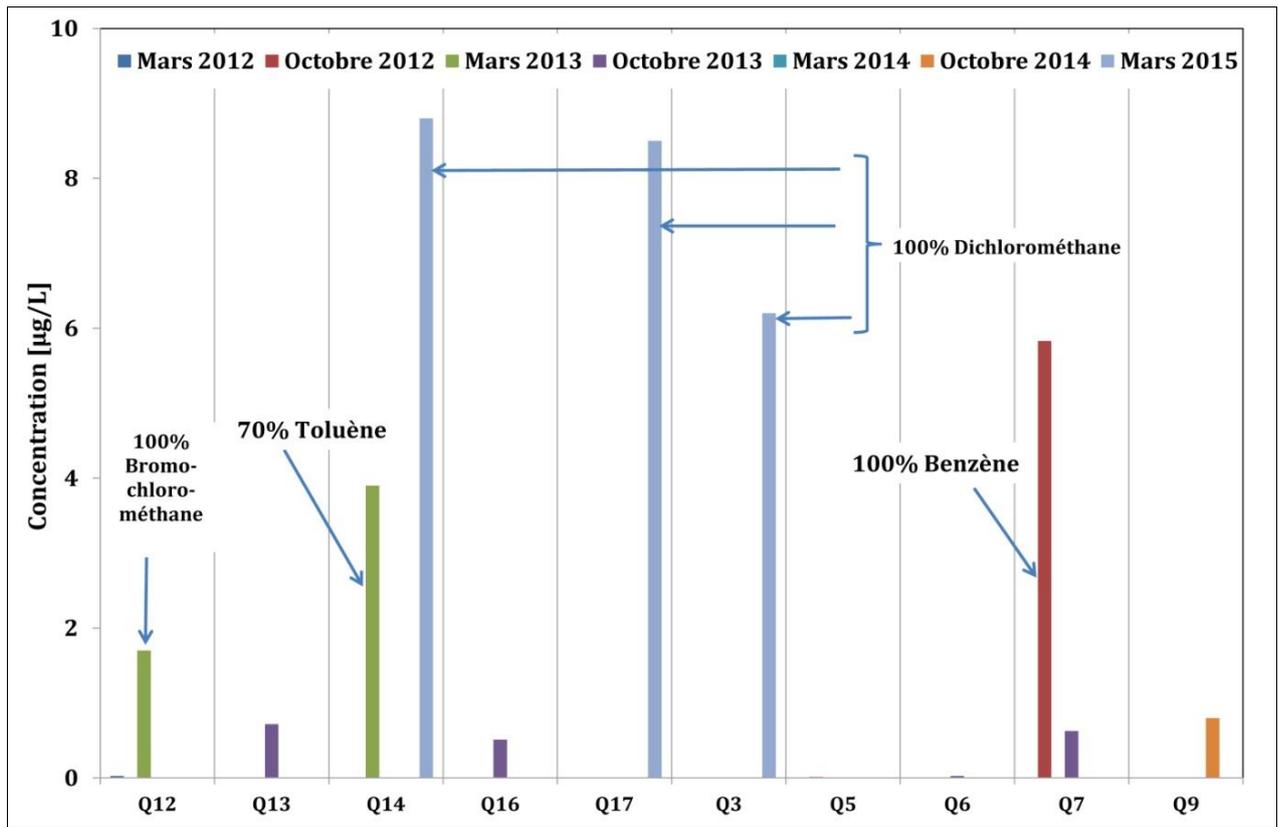
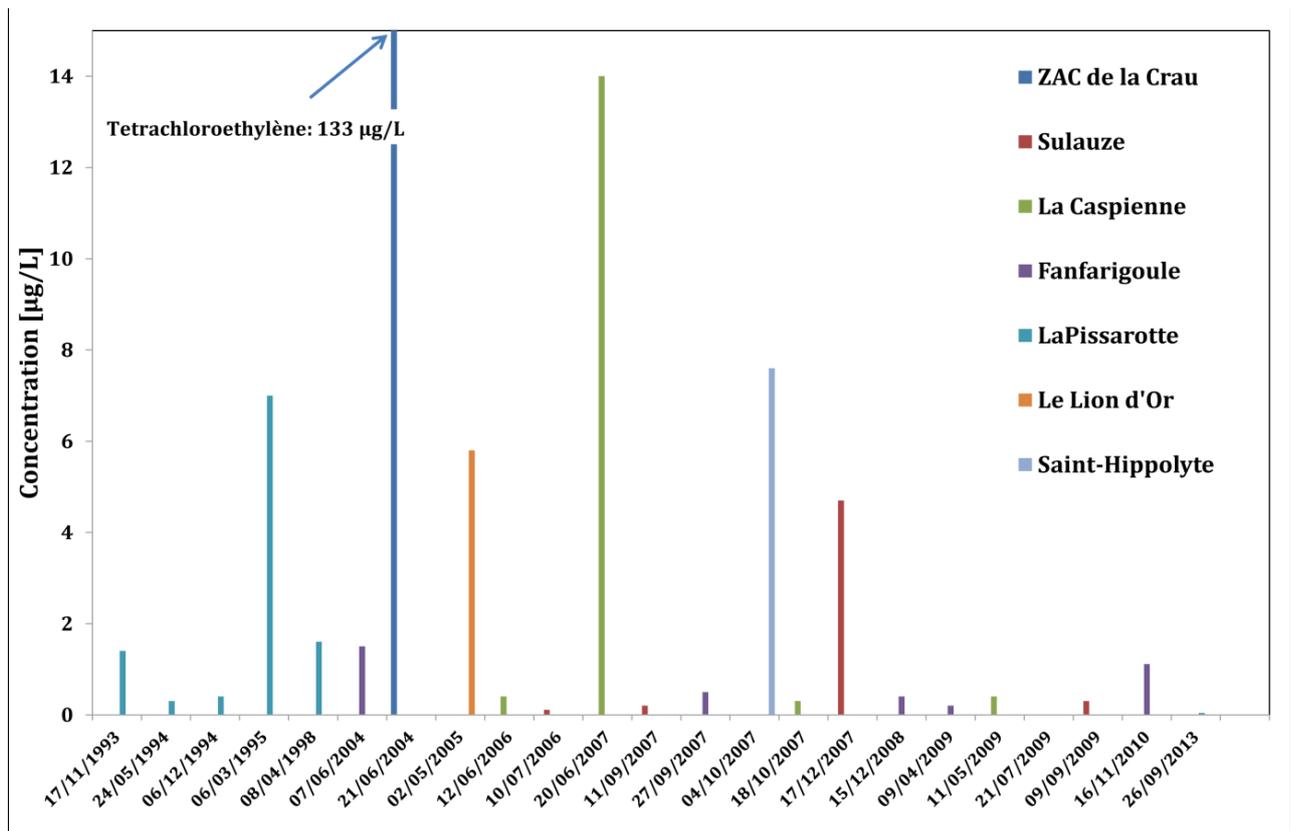


Figure 24 : Concentration en micropolluant organiques totaux (en µg/L) sur la période 2012-2015 sur les stations de pompage AEP (rapport 2015).



## 3 . QUELLE PRESSION SUR LA RESSOURCE EN EAU SOUTERRAINE ?

### 3.1 LES PRELEVEMENTS ACTUELS

La nappe de la Crau est fortement sollicitée par les usages alimentaires, industriels et agricoles.

D'un point de vue quantitatif, plus de 300 ouvrages d'exploitation de la nappe selon le BRGM (« Aquifères et eaux souterraines en France », tome 2 – mars 2006), sont recensés, l'essentiel se répartissant dans les sillons d'Arles au Nord et de Miramas au Sud.

#### PRELEVEMENTS POUR L'INDUSTRIE ET POUR L'AGRICULTURE

##### PRELEVEMENTS INDUSTRIELS

En 2007, l'étude diagnostic de GINGER (2009) recense 28 ouvrages déclarés avec un volume cumulé de prélèvements stabilisé entre 1997 et 2006 autour de 15 à 16 Mm<sup>3</sup>/an.

Les ouvrages sont majoritairement situés sur l'axe Miramas-Istres-Fos-sur-Mer.

##### PRELEVEMENTS AGRICOLES

L'étude diagnostic de GINGER (2009) propose une estimation d'environ 300 ouvrages pour un volume cumulé de prélèvements de l'ordre d'au moins 24 Mm<sup>3</sup>/an. Les auteurs indiquent cependant que ces ordres de grandeur sont probablement très imprécis et sous-estimés. Ils rappellent que seuls vingt ouvrages sont alors déclarés.

Pour les années à venir, à court terme (2016 à 2018), un travail approfondi de quantification des besoins a été proposé dans le cadre de la demande de mise en place d'un Organisme Unique de Gestion Collective (Morel, 2015).

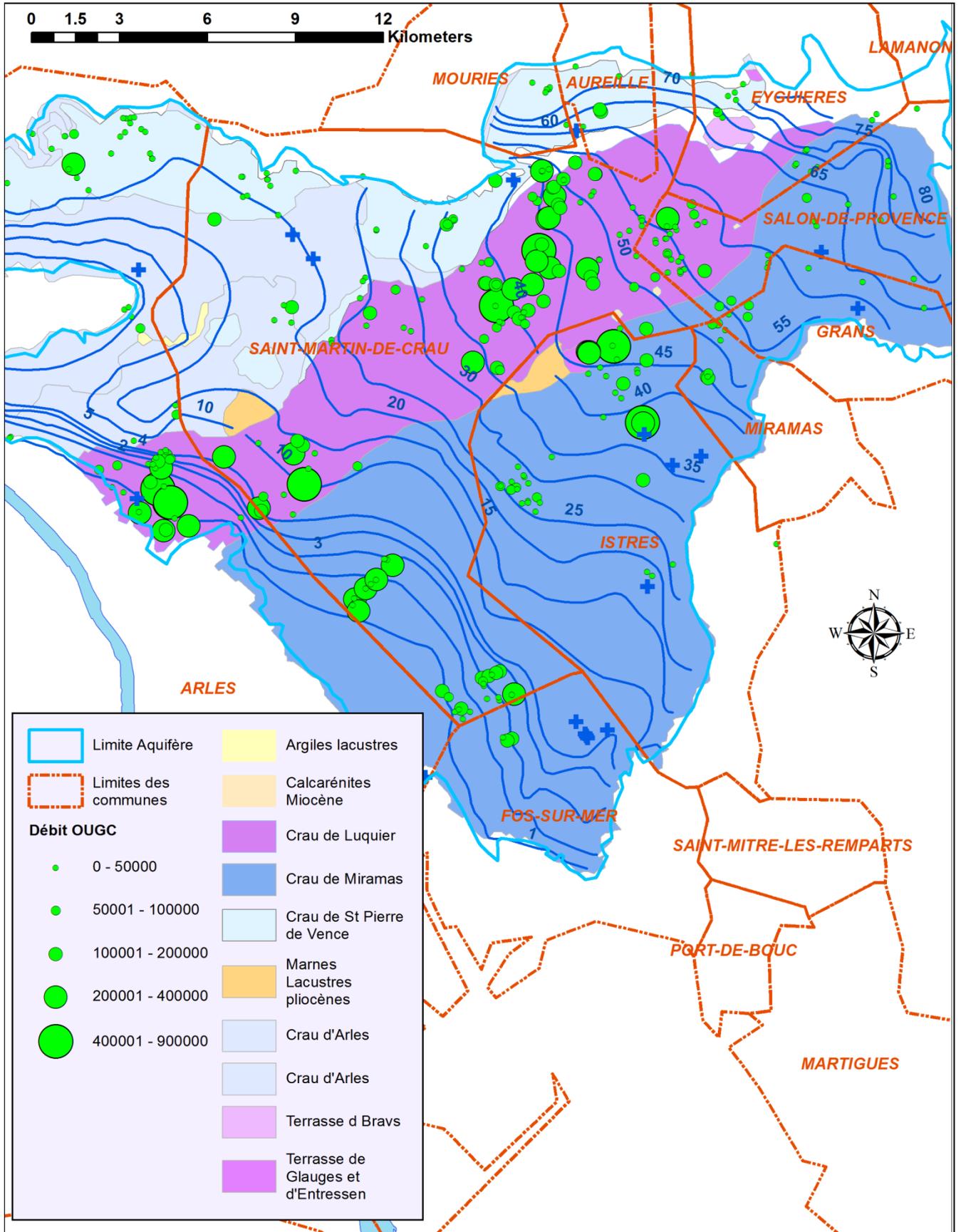
A ce jour, l'OUGC recense 199 adhérents et 403 forages ou puits pour un volume prélevé en 2013 de 26 millions de mètres cubes. Ceci étant, la demande porte sur une autorisation de volume à distribuer de l'ordre de 43 Mm<sup>3</sup>/an. En effet, le nombre d'adhérents manquants a été estimé à 150 agriculteurs et leur volume de prélèvements à 17 Mm<sup>3</sup>/an.

Il n'est pas possible de proposer une prospective détaillée de l'évolution des prélèvements agricoles à plus long terme.

La carte ci-dessous permet de visualiser les zones de concentration des forages agricoles.

On notera une grande concentration des prélèvements agricoles sur la Crau de Luquier (avec plusieurs forages avec des débits prévisionnels à plus de 400 m<sup>3</sup>/h), pourtant réputée moins productive que la Crau de Miramas et celle d'Arles.

Figure 25 : Carte de localisation des forages agricoles.

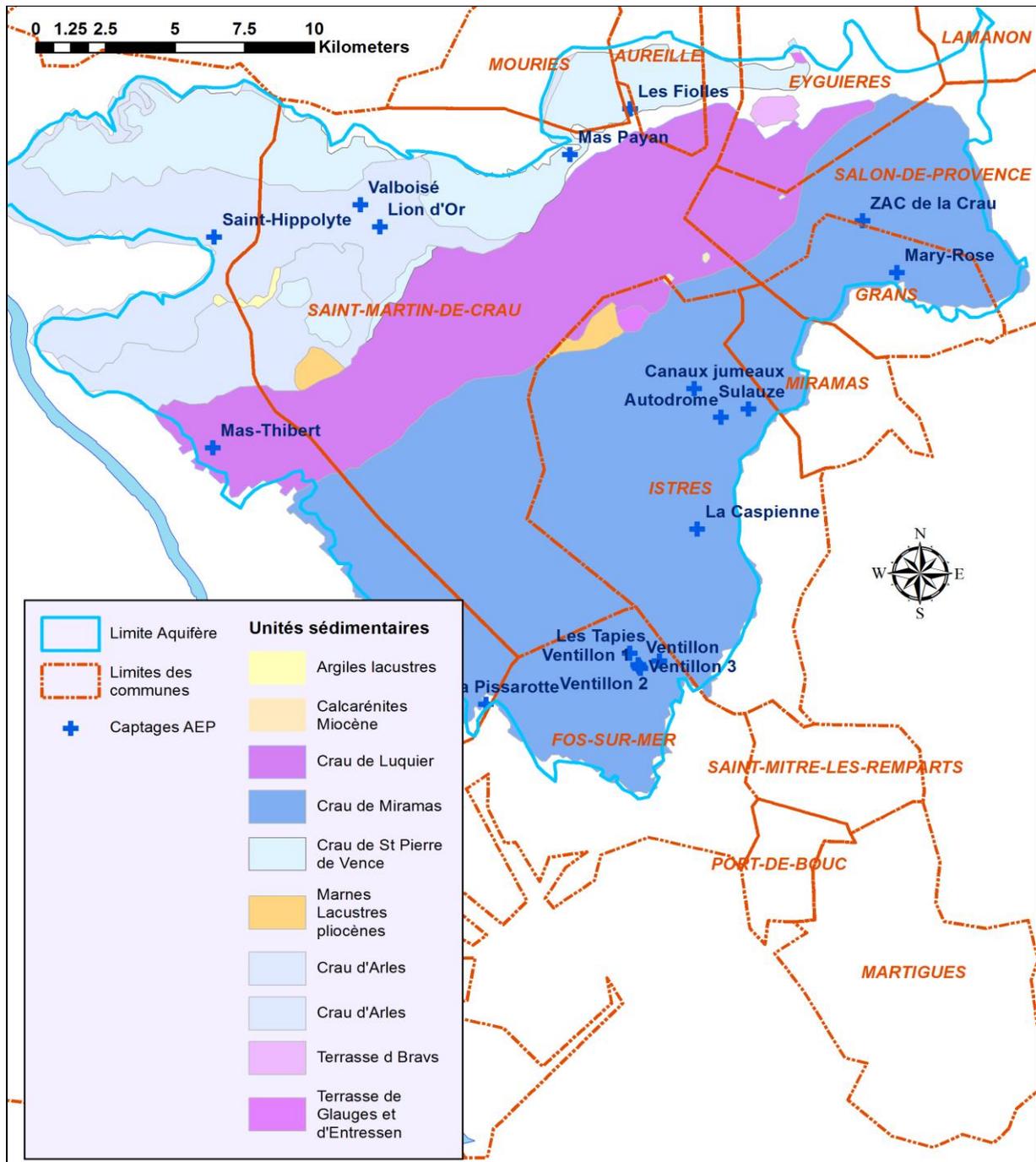


## PRELEVEMENTS POUR L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE

Pour caractériser la pression en prélèvements AEP dans la nappe de la Crau, nous avons récupéré les données de prélèvements agglomérées par l'Agence de l'Eau correspondant aux cumuls annuels de 1997 à 2013.

Ces données nous semblent suffisantes pour satisfaire les objectifs de la présente étude (prélèvements pseudo constants : peu de variabilité inter mensuelle), excepté pour certains captages : captages de l'Aérodrome et de la Base de Loisirs (Entressen). En effet, ces forages font l'objet de modalités de prélèvements complexes de type secours ; les prélèvements sont susceptibles de varier fortement d'un mois à l'autre, d'une année sur l'autre.

Figure 26 : Carte de localisation des captages AEP.



**COMMUNE D'ARLES**

La commune d'Arles dispose de plusieurs champs captants :

- Captage de St Hyppolite. Il a été mis en service en 1978. Il alimente la majeure partie de l'agglomération arlésienne. L'eau est pompée dans la nappe phréatique de la Crau à l'aide de 6 pompes d'exhaure. La potabilisation comporte une désinfection au chlore gazeux.
- La station du Mazet à Mas-Thibert, mise en service en 1996. Elle est composée de deux forages d'exploitation. Elle alimente le réseau Camargue Sud et plus particulièrement les hameaux de Mas-Thibert, Sambuc et Salin-de-Giraud. La potabilisation comporte une désinfection au chlore gazeux. Un suivi des taux de chlorure existe depuis 2000 compte tenu de la possibilité de remontée du biseau salé prise en compte par l'arrêt.

Notons que la station du Mazet peut actuellement être secourue par le champ captant de St Hippolyte (mise en interconnexion des réseaux) mais que l'inverse ne serait pas possible.

Captage de Saint Hippolyte

Les travaux de reconnaissance avaient été conduits par le BRGM en 1971 (Dellery et Putallaz, 1971). Dans ce secteur, le substratum (argiles rouges de l'Astien) a été rencontré vers 50 m de profondeur. Le réservoir est constitué d'une alternance d'horizons graveleux et de poudingues ; les poudingues sont réputés fortement cimentés et quasi imperméables. Les perméabilités varient entre  $2.10^{-5}$  et  $7.10^{-4}$  m/s. Les débits spécifiques varient entre 3 et 40 m<sup>3</sup>/h par mètre de rabattement.

Dans le détail, deux niveaux aquifères ont été identifiés (Horizons, 1997). Dans le cadre du schéma directeur en eau potable, une étude fine est proposée qui permet de déterminer la capacité maximale du champ captant à l'étiage à 600 m<sup>3</sup>/h.

Le champ captant de St Hippolyte est jugé vulnérable et ce pour deux raisons (Horizons, 1997) :

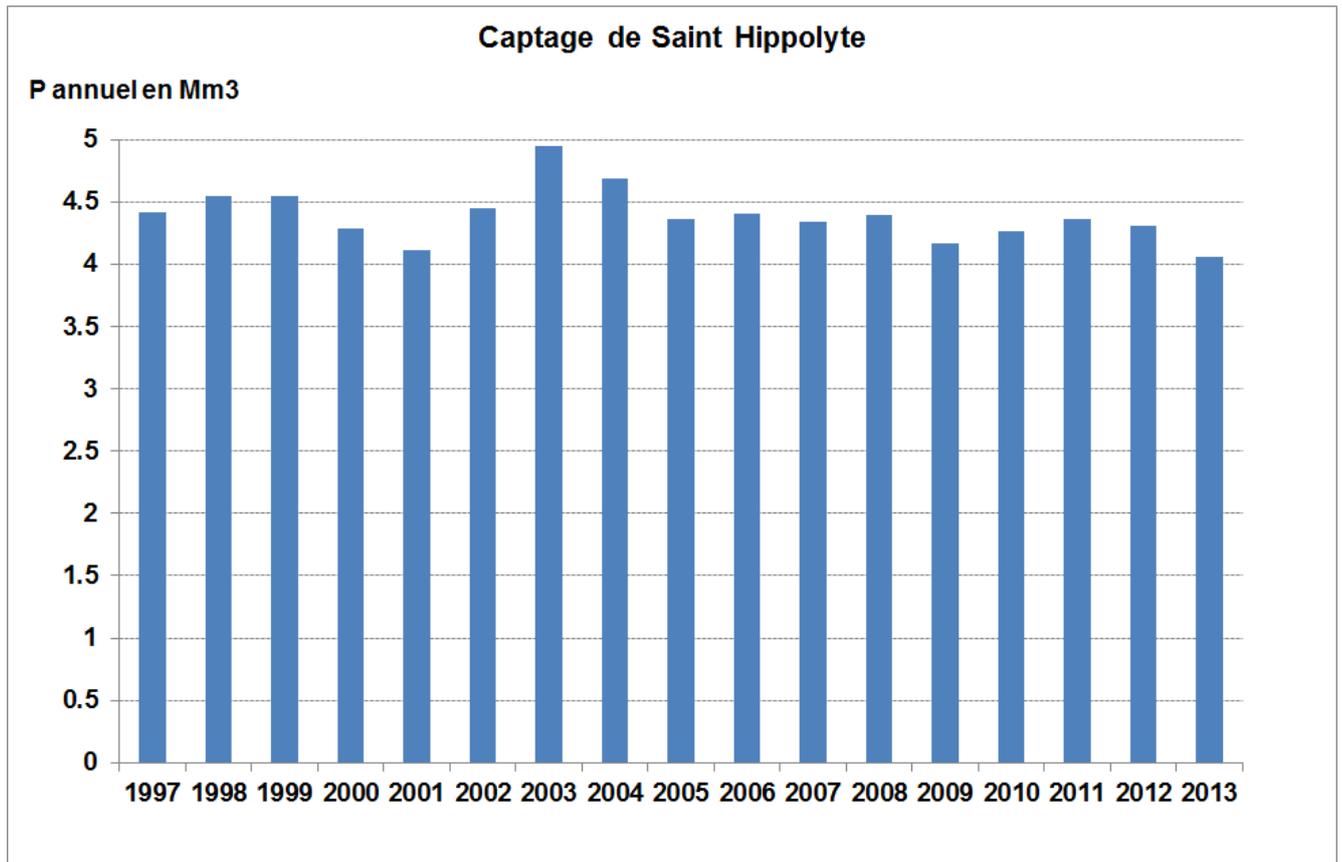
- En période d'étiage, tous les forages sont sollicités au maximum de leur capacité, 24h/24 sans arrêt technique possible ; toute défaillance de pompe serait fortement préjudiciable.
- Il existe une vulnérabilité au risque accidentel sur la RN453 qui se situe à proximité du champ captant. Le cas le plus défavorable serait un accident de poids lourds transport des substances indésirables.

Ce constat avait conduit à la réalisation d'études techniques pour la recherche d'un nouveau site de captage. A l'aide de sondages électriques et de forages d'essais, elles avaient conclu à la faisabilité d'un nouveau site dans le secteur de Moulès : transmissivité de l'aquifère de l'ordre de  $1,5. 10^{-1}$  m<sup>2</sup>/s. Nous n'avons pas eu accès à ce jour à ces rapports.

Les données de prélèvement montrent une stabilisation des volumes annuels prélevés entre 4 et 5 Mm<sup>3</sup>/an depuis 2000 (soit en moyenne environ 12 000 m<sup>3</sup>/j ou 500 m<sup>3</sup>/h); on observe même une tendance à la baisse des prélèvements.

A noter des variations mensuelles relativement faibles avec des coefficients de pointe mensuels de l'ordre de 1,3 (valeur correspondant à une moyenne obtenue sur 19 années de chroniques mensuelles de prélèvement – données ACCM).

Figure 27 : Prélèvements annuels du captage de St Hippolyte (Données Agence de l'Eau).



L'arrêté d'autorisation du champ captant indique que le débit maximum de prélèvement est de 700 m<sup>3</sup>/h (soit 16 800 m<sup>3</sup>/jour).

Le champ captant est protégé par des périmètres de protection, dont les périmètres ont été définis à l'aide de simulation numérique. L'hydrogéologue agréé (Gravost, 2001) avait délimité une zone de vigilance qui participe à l'alimentation au lointain du champ captant. Il alertait ainsi sur la forte dépendance aux pratiques culturales et sur l'impératif maintien des pratiques d'irrigation.

A noter qu'une pollution au fioul en 1998 avait conduit à l'abandon d'un forage et à la création de deux ouvrages supplémentaires en complément.

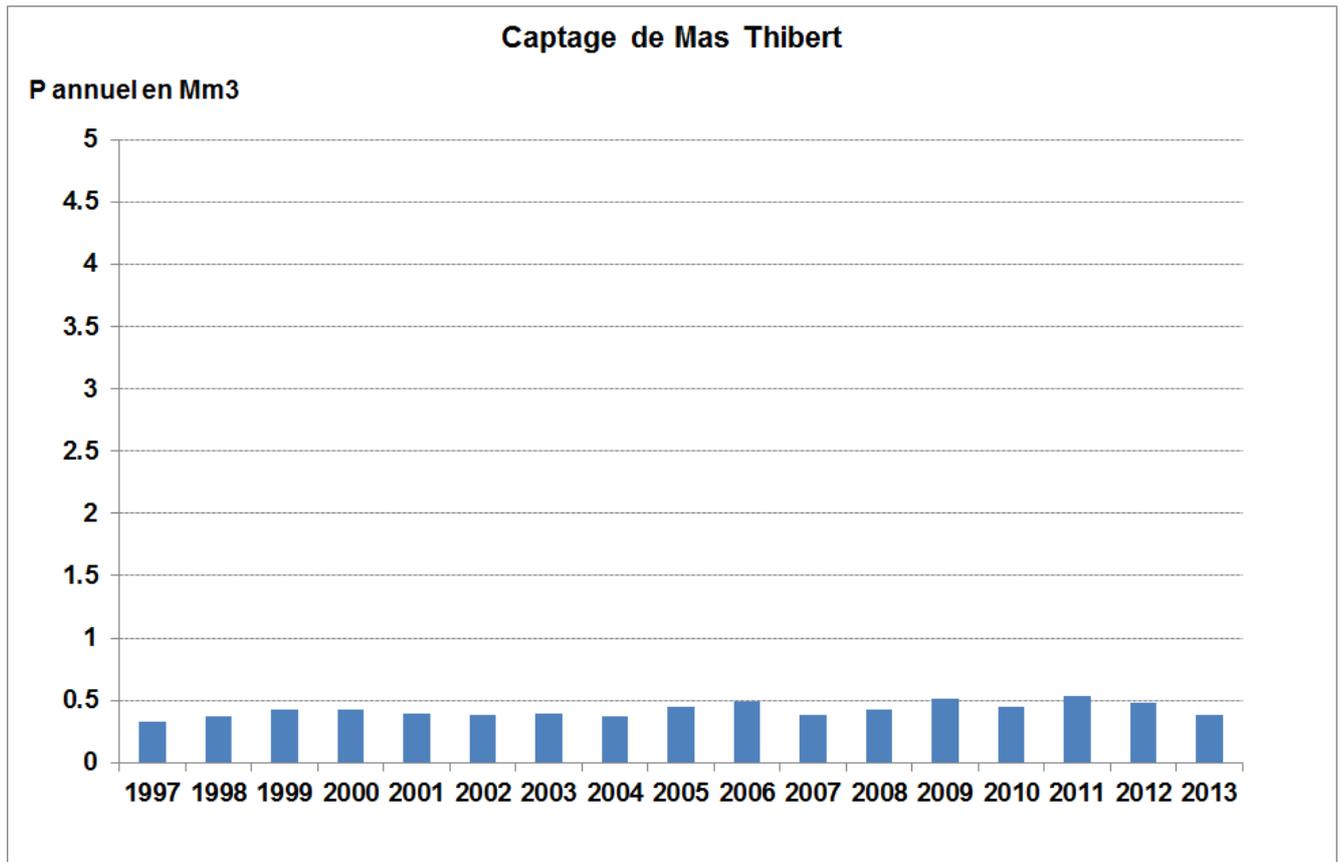
#### Captage de Mas Thibert

Ce champ captant a fait l'objet d'une abondante littérature technique et scientifique (Conrad, 1989 ; Conrad, 1990). Le réservoir est ici peu épais (15 à 20 m de cailloutis) et il s'agit de cailloutis à matrice sableuse, localement indurés en poudingues. Les rares lentilles sans matrice sableuse concentrent la majorité des écoulements. Le débit spécifique des deux forages est excellent : entre 300 et 500 m<sup>3</sup>/h par m de rabattement.

L'arrêté d'autorisation indique que le volume à prélever par pompage ne pourra excéder 250 m<sup>3</sup>/h ou 5 000 m<sup>3</sup>/j.

Les données de prélèvement montrent une stabilisation des volumes annuels prélevés entre 0,4 et 0,5 Mm<sup>3</sup>/an depuis 2000 (soit en moyenne environ 1 200 m<sup>3</sup>/j);

Figure 28 : Prélèvements annuels du captage de Mas Thibert (Données Agence de l'Eau).



Ce champ captant est protégé par des périmètres de protection, qui ont été définis par simulation numérique pour un débit d'exploitation de 13 000 m<sup>3</sup>/j mais qu'il recommande de limiter à 5000 m<sup>3</sup>/j pour tenir compte de l'effet cumulé des nombreux pompages agricoles sur ce secteur. Les simulations pour un débit de 13 200 m<sup>3</sup>/j montrent une zone d'appel sur 5 km à l'amont des forages (au niveau de l'étang des Aulnes) et un risque d'appel du biseau salé. Notons que l'hydrogéologue agréé n'a pas jugé utile de définir un périmètre de protection éloigné (Conrad, 1989). Il insiste sur la nécessité d'un suivi de la conductivité dans la zone à l'aval des forages pour contrôler la stabilité du biseau salé.

Dans tous les documents techniques relatifs à ce champ captant, la problématique de la concurrence avec les forages agricoles est posée. En effet, ce n'est pas la capacité des forages mais le risque de pénétration du biseau salé qui limite l'exploitation de ce champ captant. Or, dans les documents techniques, il est mis en avant l'existence de nombreux forages agricoles dans l'amont hydraulique du champ captant, dont au moins un de 300 à 600 m<sup>3</sup>/h. Ce dernier produit une « dépression piézométrique » clairement observable (Horizons 1997) et qui temporairement et localement peut conduire à favoriser l'avancée du biseau salé (étiages hivernaux).

A ce sujet, le rapport annuel de suivi de 2014 (SEA, 2015) indique une relative stabilité sur près de 10 ans, de la conductivité et de la teneur en chlorures sur les cinq piézomètres de contrôle, situés dans l'aval hydraulique du champ captant.

## COMMUNE DE SAINT-MARTIN-DE-CRAU

La commune de Saint-Martin-de-Crau est alimentée par trois captages. Deux d'entre eux (Lion d'Or et Valboisé) assurent l'alimentation du village principal. Ils fonctionnent en interconnexion avec comme objectif une gestion optimale de la distribution en eau. Le troisième (Mas Payan) assure l'alimentation d'un hameau.

Notons qu'il existe une interconnexion avec les réseaux de la ville d'Arles, qui pourrait ainsi servir de secours en cas de pollution.

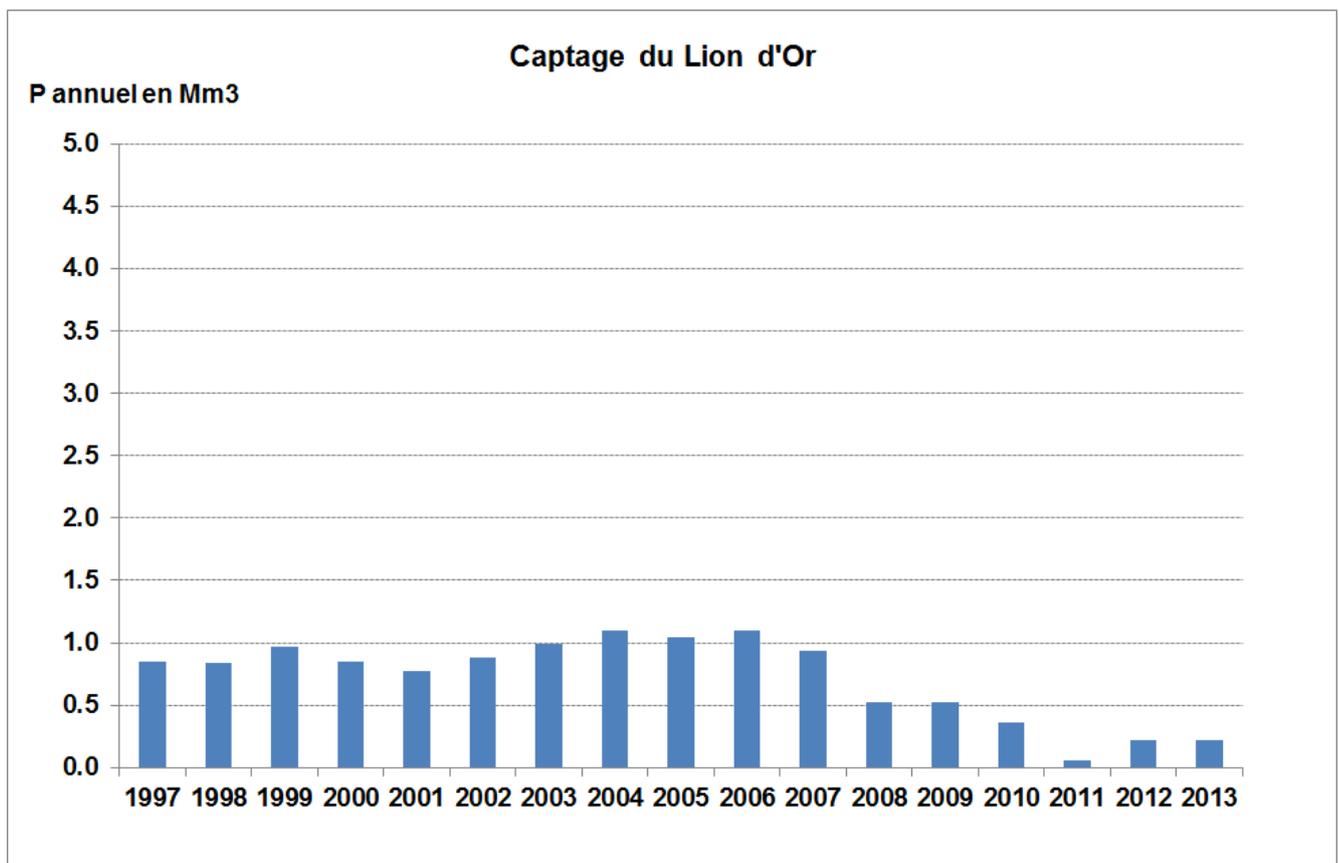
### Captage du Lion d'Or

Les deux forages du Lion d'Or peuvent alimenter le réseau principal de la commune. La potabilisation repose sur une désinfection au chlore gazeux et une installation de secours par javellisation (utilisée lors des périodes de by-pass).

Les deux forages ont été réalisés en 1972 (Conrad, 2002). Les forages auraient entre 25 et 30 mètres de profondeur et traversent des séries de poudingues bien cimentés. Les venues d'eau seraient localisées sur quelques mètres au fond de trou. Durant les tests de pompage, on observe un rabattement de près de 60 cm sur un ouvrage situé à environ 50 m de distance pour un débit de 150 m<sup>3</sup>/h. La perméabilité est de l'ordre de 10<sup>-4</sup> m/s.

Les données de prélèvement montrent une certaine variabilité des volumes annuels prélevés qui oscillaient autour de 1 Mm<sup>3</sup>/an entre 1996 et 2007. Depuis les prélèvements ont nettement diminué. Cette variabilité s'explique par des choix de fonctionnement et des appréciations sur les coûts d'exploitation entre les deux principaux champs captant de la commune (Valboisé et Lion d'Or).

Figure 29 : Prélèvements annuels du captage du Lion d'Or (Données Agence de l'Eau).



L'exploitation est soumise à un arrêté d'autorisation de 2008 qui précise un débit maximum de prélèvement de 3 500 m<sup>3</sup>/j ou 1 277 500 m<sup>3</sup>/an.

Le captage est protégé par des périmètres de protection mais la méthode de délimitation des périmètres n'est pas explicitée. L'arrêté précise que les forages de Valboisé peuvent jouer le rôle de secours en cas de pollution mais qu'ils ne sont pas assez productifs pour alimenter l'ensemble de l'agglomération. Notons que dans son rapport technique (Conrad, 2002), l'hydrogéologue agréé émet des réserves sur la capacité du périmètre de protection rapprochée à réellement protéger le captage, au vu du caractère pavillonnaire de la zone. Il suggère de bien appliquer ses prescriptions pour le périmètre de protection éloigné qui pourrait accueillir à l'avenir de nouveaux forages.

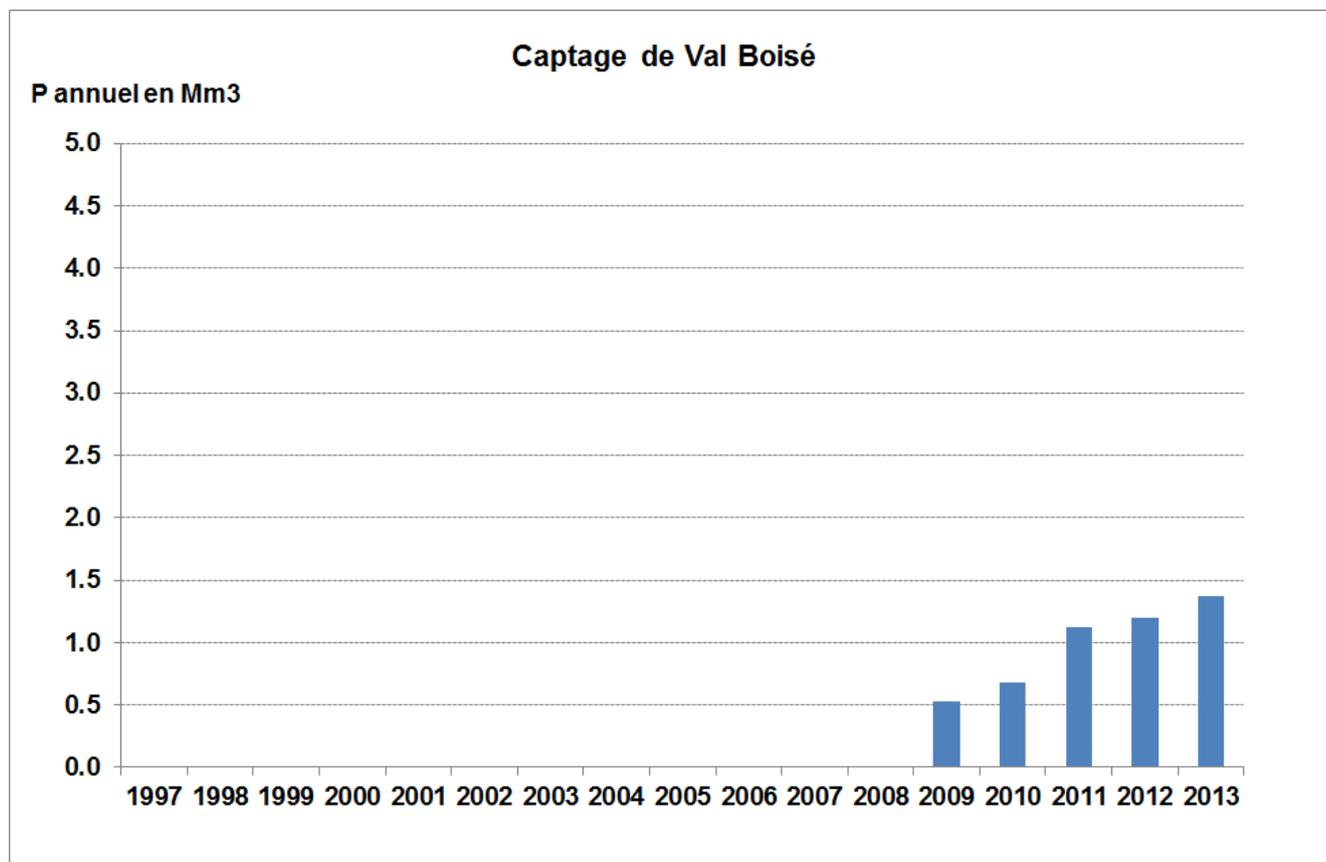
#### Captage de Valboisé

Les deux forages de Val Boisé ont été mis en service en 2008 pour renforcer le réseau principal. Les deux forages (80 et 140 m<sup>3</sup>/h) sont en fonctionnement régulier.

Les forages ont été implantés en 1988 et les essais de pompage ont montré qu'il sera difficile de les exploiter à plus de 220 m<sup>3</sup>/h (Conrad, 1993). Ils traversent une quarantaine de mètres de poudingues bien cimentés ; les venues d'eau sont localisées à certains horizons. Les rabattements associés à des prélèvements différenciés de 80 et 140 m<sup>3</sup>/h sont de l'ordre de 10 mètres. L'hydrogéologue prédit un rabattement de l'ordre de 20 m pour un usage cumulé des forages.

Les données de prélèvements montrent une certaine variabilité des volumes annuels prélevés avec une stabilisation, entre 1 et 1,5 Mm<sup>3</sup>/an depuis 2011. Cette variabilité s'explique par des choix de fonctionnement et des appréciations sur les coûts d'exploitation entre les deux principaux champs captant de la commune (Valboisé et Lion d'Or).

Figure 30 : Prélèvements annuels du captage de Valboisé (Données Agence de l'Eau).



Le prélèvement est autorisé par un arrêté de 2008. Le volume à prélever par pompage ne pourra excéder ni 300 m<sup>3</sup>/h ni 4 600 m<sup>3</sup>/j (soit 1 679 Mm<sup>3</sup>/an). Le captage est protégé par des périmètres de protection mais la méthode de délimitation des périmètres n'est pas explicitée.

#### Captage du Mas Payan

Le forage de Mas Payan alimente le hameau de Bois Vert. Il s'agit d'un forage de 26 m de profondeur réalisé en 1965. Une injection de javel par pompe doseuse assure la désinfection.

Les données de prélèvement montrent une stabilisation des volumes annuels prélevés entre 1 000 et 1 500 m<sup>3</sup>/an depuis 2000 (environ 4 m<sup>3</sup>/j).

Le prélèvement est autorisé par un arrêté de 2011. Le débit maximum de prélèvement est de 3 000 m<sup>3</sup>/an.

Le captage est protégé par des périmètres de protection mais la méthode de délimitation des périmètres n'est pas explicitée. Le rapport de l'hydrogéologue agréé (Silvestre, 2008) précise que pour un débit d'exploitation de 5 m<sup>3</sup>/h, le rabattement sur l'ouvrage de production est de 30 cm (soit un débit spécifique de l'ordre de 15m<sup>3</sup>/h par mètre de rabattement).

## COMMUNE DE SALON-DE-PROVENCE

La commune de Salon-de-Provence dispose de trois ressources distinctes (Agglopoles, 2003) :

- La station des aubes : eaux superficielles de la Durance qui transite au travers du canal de Craonne et du canal EDF.
- Le puits des Aubes, qui capote pour partie les eaux de la source des Aubes. Ce captage ne serait plus utilisé à ce jour.
- Le forage de la ZAC de la Crau, qui prélève les eaux souterraines de la nappe de la Crau.

### Captage de la ZAC de Crau

Initialement construit en 1997 afin d'assurer les besoins de défense incendie de la zone, ce forage est utilisé comme ressource complémentaire. La production nominale de la station est de l'ordre de 15 000 m<sup>3</sup>/jour, soit 165 l/s.

Le forage est implanté dans des poudingues sur une épaisseur de 37 m. Lors des essais de pompage, le niveau statique est à environ 6 m de profondeur ; le rabattement induit par un pompage à 120 m<sup>3</sup>/h est de 9 mètres (soit un débit spécifique de l'ordre de 13 m<sup>3</sup>/h par mètre de rabattement).

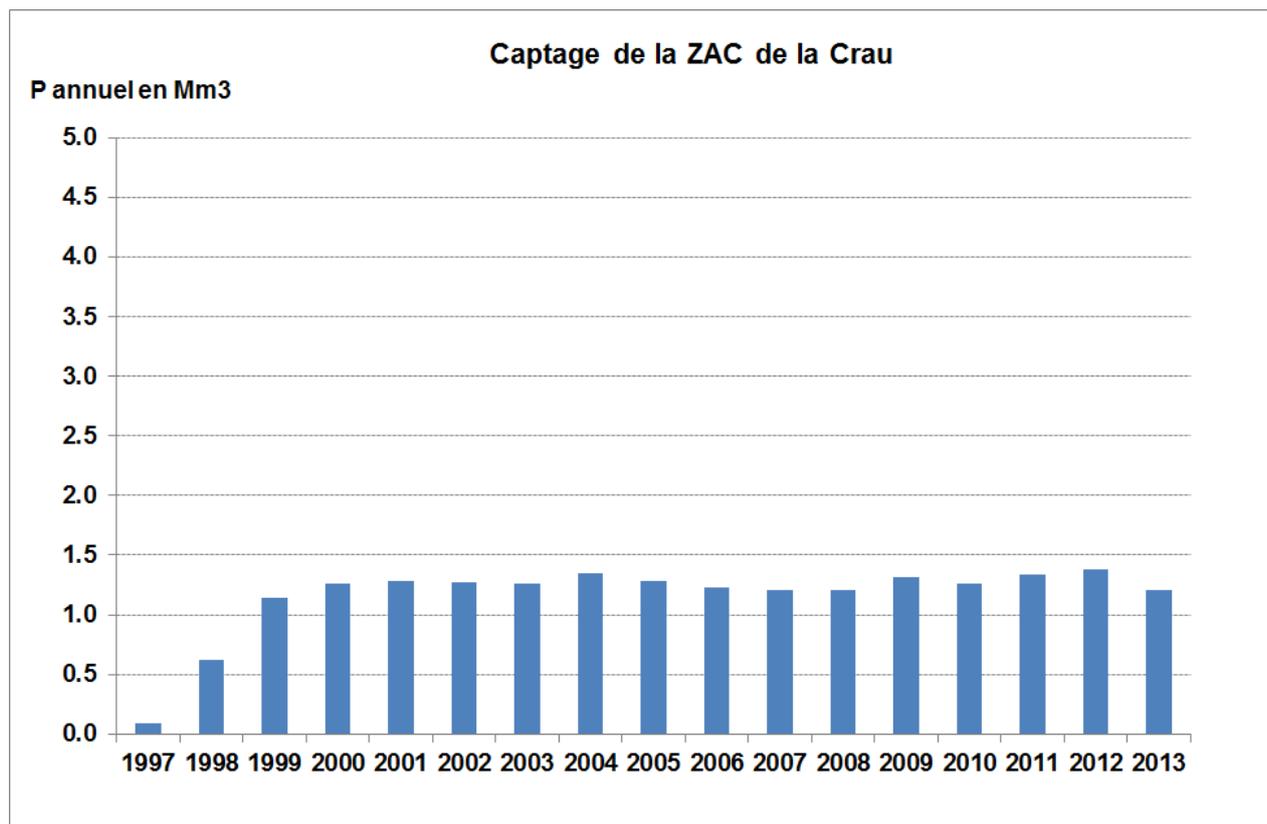
Le forage est protégé par des périmètres de protection. Il dispose d'un arrêté d'autorisation d'exploitation jusqu'en 2027. Par arrêté préfectoral en date du 30 avril 2013, le volume prélevé a été redéfini comme suit :

- 350 m<sup>3</sup>/h pour les besoins AEP.
- 500 m<sup>3</sup>/h pendant 4 heures pour la défense incendie.

Soit en usage normal, un volume prélevé autorisé de 8 400 m<sup>3</sup>/j, soit 3 Mm<sup>3</sup>/an.

Les données de prélèvement montrent une stabilisation des volumes annuels prélevés entre 1 et 1,5 Mm<sup>3</sup>/an depuis 2000.

Figure 31 : Prélèvements annuels du captage de la ZAC de la Crau (Données Agence de l'Eau).



**COMMUNE D'AUREILLE**

La commune d'Aureille dispose des eaux souterraines (ou utilise les eaux souterraines) de la nappe de la Crau comme ressource principale.

Les eaux sont captées au moyen de deux forages de 65 m de profondeur, mis en place en 1981 et 1991.

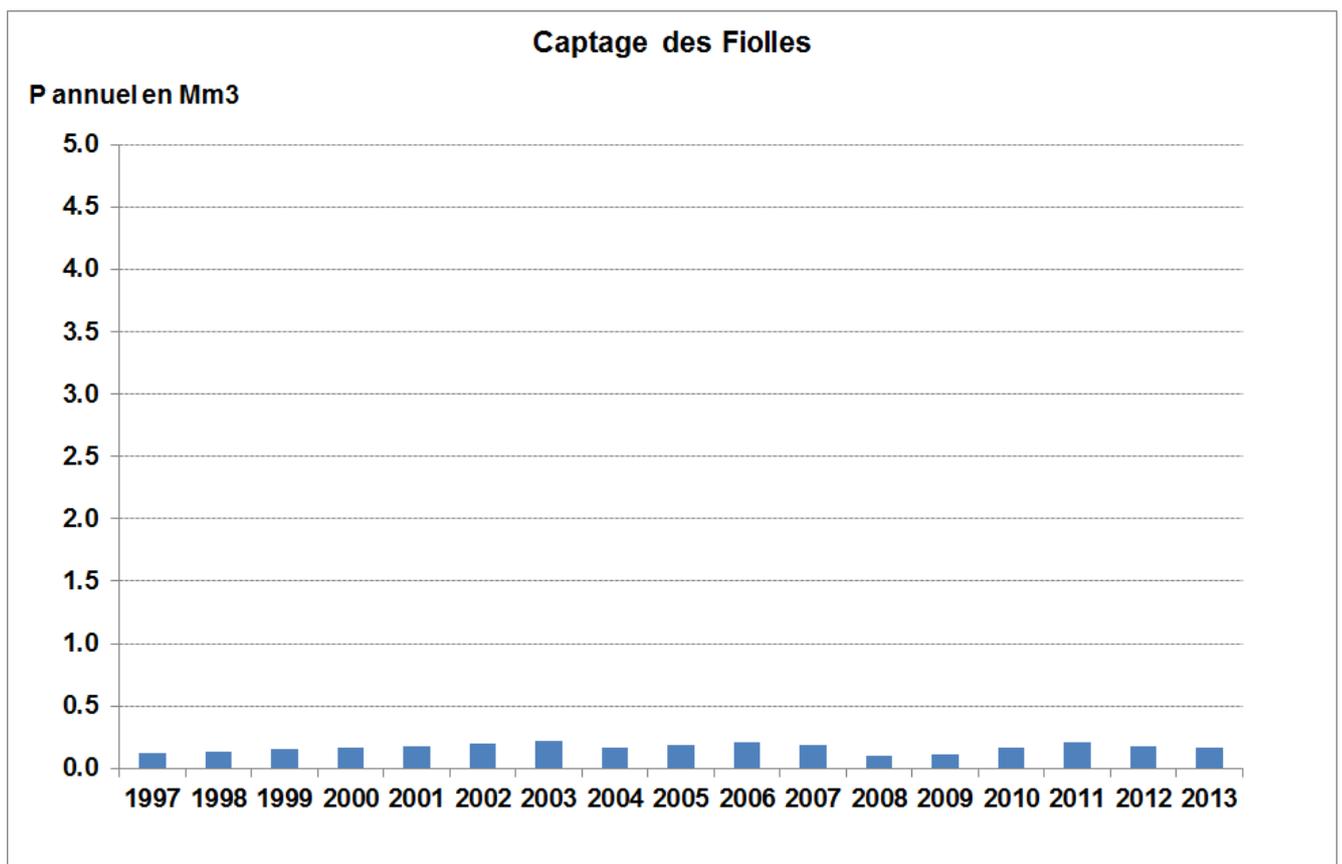
**Captage des Fiolles**

Le captage dispose d'un arrêté préfectoral d'autorisation pour un débit de 70 m<sup>3</sup>/h, en date de 2004 et pour une durée de 15 ans. Des périmètres de protection ont été définis pour ce champ captant.

A noter que le champ captant est implanté sur la commune de St Martin-de-Crau.

Les données de prélèvement montrent une stabilisation des volumes annuels prélevés entre 0,1 et 0,2 Mm<sup>3</sup>/an depuis 2000.

Figure 32 : Prélèvements annuels du captage des Fiolles (Données Agence de l'Eau).



**COMMUNE DE GRANS**

La commune de Grans dispose de la source Mary Rose comme principale ressource AEP ; elle correspond à un exutoire naturel de la nappe de la Crau.

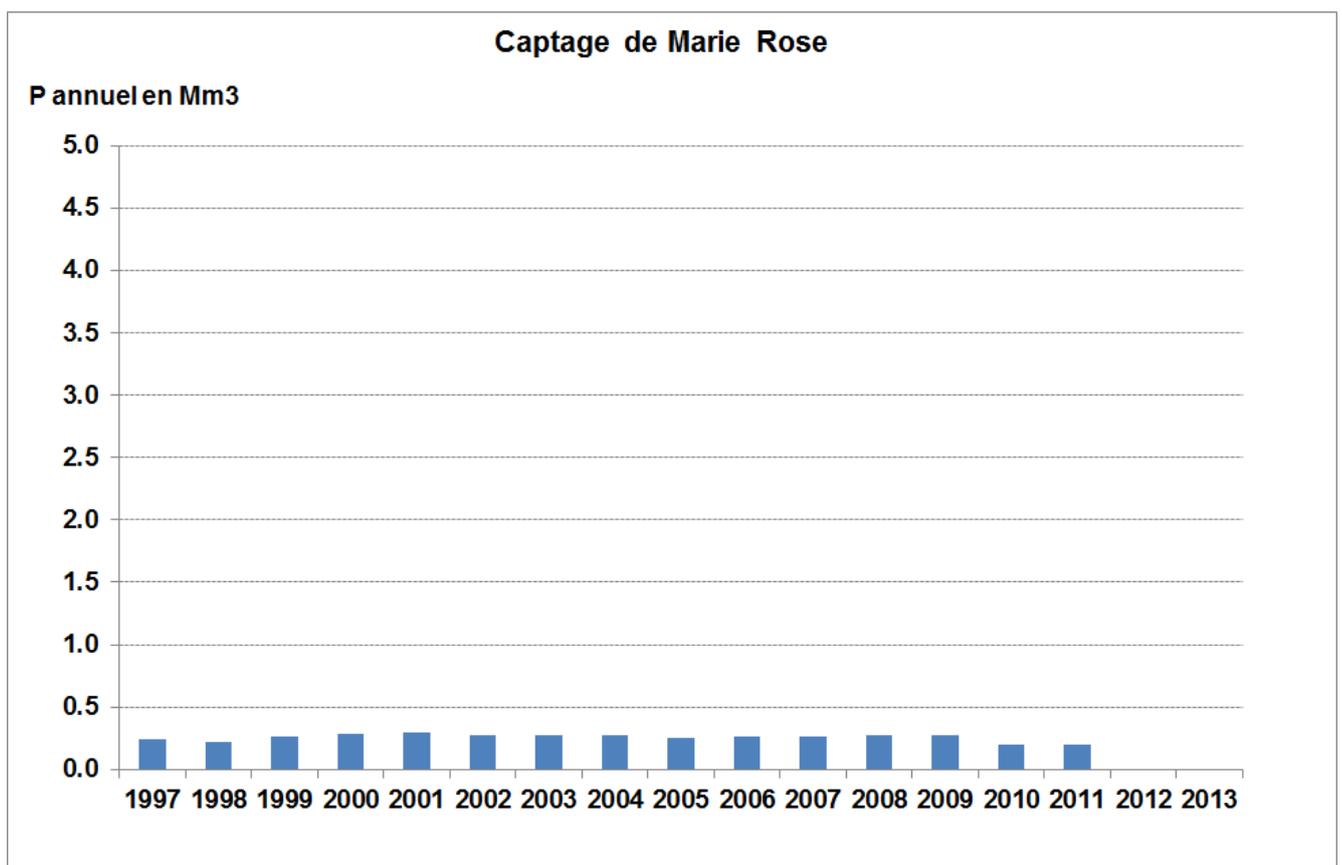
Une interconnexion a récemment été mise en place avec les réseaux de Salon-de-Provence, dans une logique de secours.

**Captage de Mary Rose :**

Par arrêté en date du 12 décembre 2012, le débit maximal de prélèvement est de 510 000 m<sup>3</sup>/an (autorisation pour une durée de 15 ans). Le captage est protégé par des périmètres de protection.

Les données de prélèvement montrent une stabilisation des volumes annuels prélevés entre 250 et 300 000 m<sup>3</sup>/an depuis 2000.

*Figure 33 : Prélèvements annuels du captage de Marie-Rose (Données Agence de l'Eau).*



## COMMUNE D'ISTRES

Captage de la Caspienne

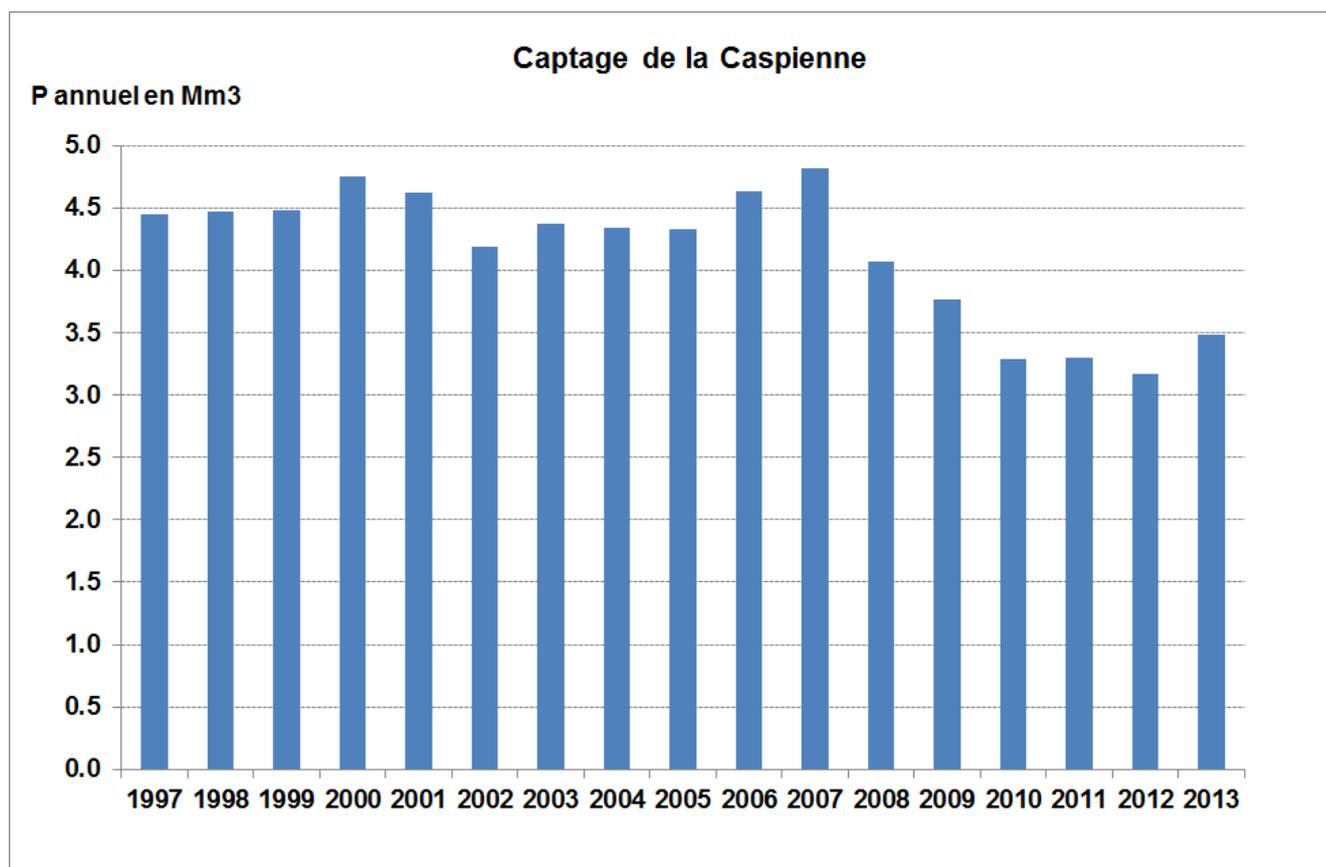
Le captage de la Caspienne est le seul point de production en eau potable pour la ville d'Istres.

Il comporte trois ouvrages : un puits à drain rayonnant et deux forages (environ 30 m de profondeur). Le débit d'exploitation a été dimensionné entre 800 et 1 200 m<sup>3</sup>/h pour 8 à 12 heures de pompage par jour. Les ouvrages traversent environ 30 m de graviers peu consolidés, qui reposent sur des marnes jaunes a priori d'âge miocène. Le débit spécifique avait été estimé à environ 120 m<sup>3</sup>/h par mètre de rabattement.

Le champ captant est déclaré d'utilité publique et un arrêté précise que le débit maximum de prélèvement sera de 1 200 m<sup>3</sup>/h.

Les données de prélèvement montrent des variations significatives des volumes annuels prélevés avec une baisse notable de 4,5 Mm<sup>3</sup>/an à 3,5 Mm<sup>3</sup>/an entre 2008 et 2012 (soit environ 11 000 m<sup>3</sup>/j ou 450 m<sup>3</sup>/h).

Figure 34 : Prélèvements annuels du captage de la Caspienne (Données Agence de l'Eau).



Ce captage a fait l'objet d'une étude technique très poussée (BURGEAP, 1993). On y trouve les informations suivantes :

- Un traçage à la rhodamine permet d'estimer une vitesse réelle de l'eau de l'ordre de 100 m/j avec une porosité cinématique maximale de 25%.
- L'analyse systématique des mesures de qualité des eaux pompées montrent que les organo-halogénés volatils sont détectés chaque fois qu'ils sont recherchés, même si les teneurs restent limitées (total inférieur à 20 µg/l). Rappelons que le niveau guide des directives européennes est fixé à 1 µg/l pour le total de ces substances.
- Un essai de pompage de 24h a été réalisé avec un débit test de 1 000 m<sup>3</sup>/h. Il montre une influence mesurée dans un rayon de 650 mètres.

- Ils proposent une estimation des périmètres de protection, basée sur l'exploitation d'un modèle de simulation. Le modèle montre une isochrone dix jours localisée à environ 2 km en amont hydraulique du captage.

- Les auteurs insistent sur la forte vulnérabilité du captage, liée notamment aux risques de pollution accidentelle de l'A56 et des voies ferrées situées dans l'amont hydraulique.

L'arrêté d'autorisation précise l'étendue des périmètres de protection et les obligations qui s'y rattachent. On notera l'obligation faite au maître d'ouvrage de mettre en place un système de protection sur l'A56.

## QUARTIER D'ENTRESSEN

### Captage des Canaux jumeaux

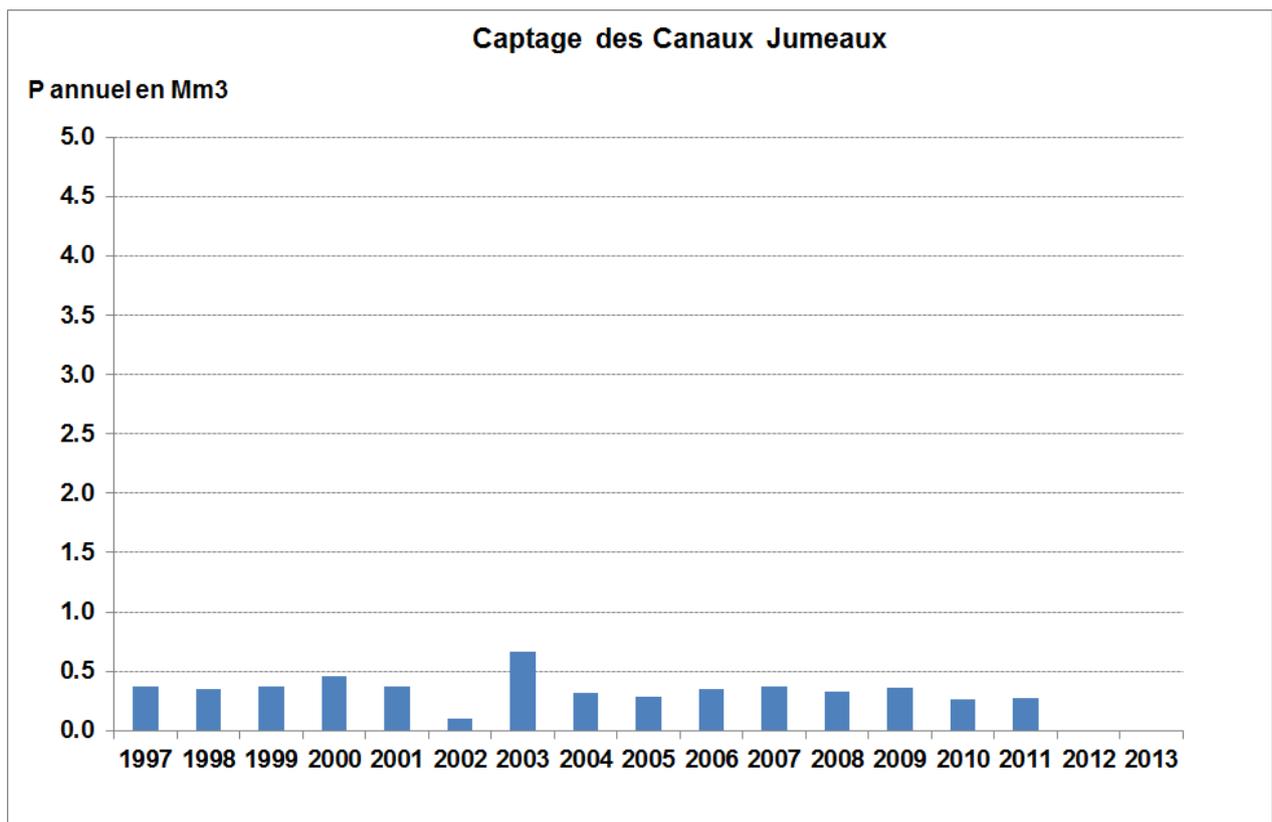
Ce captage est le seul point de production en eau potable pour le village d'Entressen. Il ne bénéficie à ce jour d'aucun arrêté de DUP. Des études techniques avaient par le passé été réalisées et des périmètres de protection proposés par un hydrogéologue agréé.

Au vu de la difficulté à protéger le champ captant de Sulauze, le SAN aurait construit un dossier de demande d'autorisation pour régulariser les prélèvements de ce champ captant. Le débit demandé est de 700 m<sup>3</sup>/h (soit environ 15 000 m<sup>3</sup>/j ou 6 Mm<sup>3</sup>/an). Il s'agirait d'assurer l'alimentation principale de Miramas et de St Chamas.

Il s'agit de deux forages de 23 et 27 mètres de profondeur, réalisés en 1977, qui toucheraient à priori le substratum miocène. Ils traversent majoritairement des graviers peu consolidés. Le rabattement spécifique est estimé pour l'un d'entre eux à 50 m<sup>3</sup>/h par mètre de rabattement.

A ce jour, dans la seule logique d'alimentation d'Entressen, les données de prélèvement montrent une stabilisation des volumes annuels prélevés entre 400 et 500 000 m<sup>3</sup>/an depuis 2000.

Figure 35 : Prélèvements annuels du captage des Canaux Jumeaux (Données Agence de l'Eau).



## COMMUNES DE MIRAMAS ET DE ST CHAMAS

### Captage de Sulauze

Ce captage assure l'alimentation en eau potable des communes de Miramas et de St Chamas.

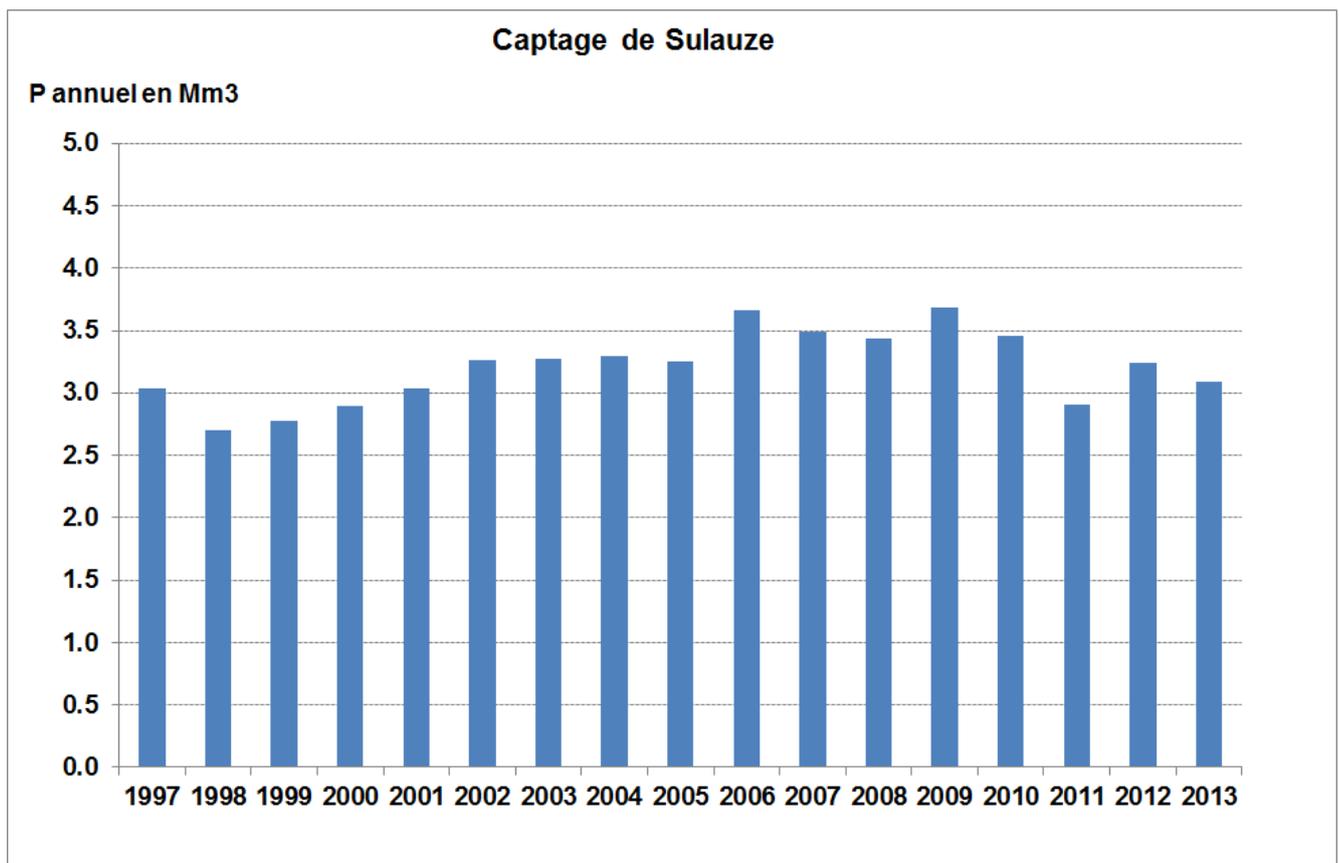
Il s'agit d'un forage de 3 m de diamètre et 22 m de profondeur, avec 10 m de sables et graves qui surmontent environ 10 m de poudingues bien cimentés.

Il a subi par le passé des pollutions d'origine industrielle. Il est en effet très mal placé (aval hydraulique d'une zone industrielle) et il semble difficile à protéger sur le long terme. Une solution d'abandon au profit du champ captant des Canaux jumeaux est actuellement à l'étude.

Le captage est déclaré d'utilité publique par arrêté préfectoral. Celui précise que les prélèvements ne pourront excéder 670 m<sup>3</sup>/h. Le captage est protégé par des périmètres de protection.

Les données de prélèvements montrent une certaine variabilité des prélèvements qui sont compris entre 3 et 4 Mm<sup>3</sup>/an depuis l'an 2000 (compris en moyenne journalière entre 350 et 400 m<sup>3</sup>/h).

Figure 36 : Prélèvements annuels du captage de Sulauze (Données Agence de l'Eau).



**COMMUNE DE MARTIGUES**Captage de l'Autodrome

Ce champ captant sert de captage de secours à la commune de Martigues.

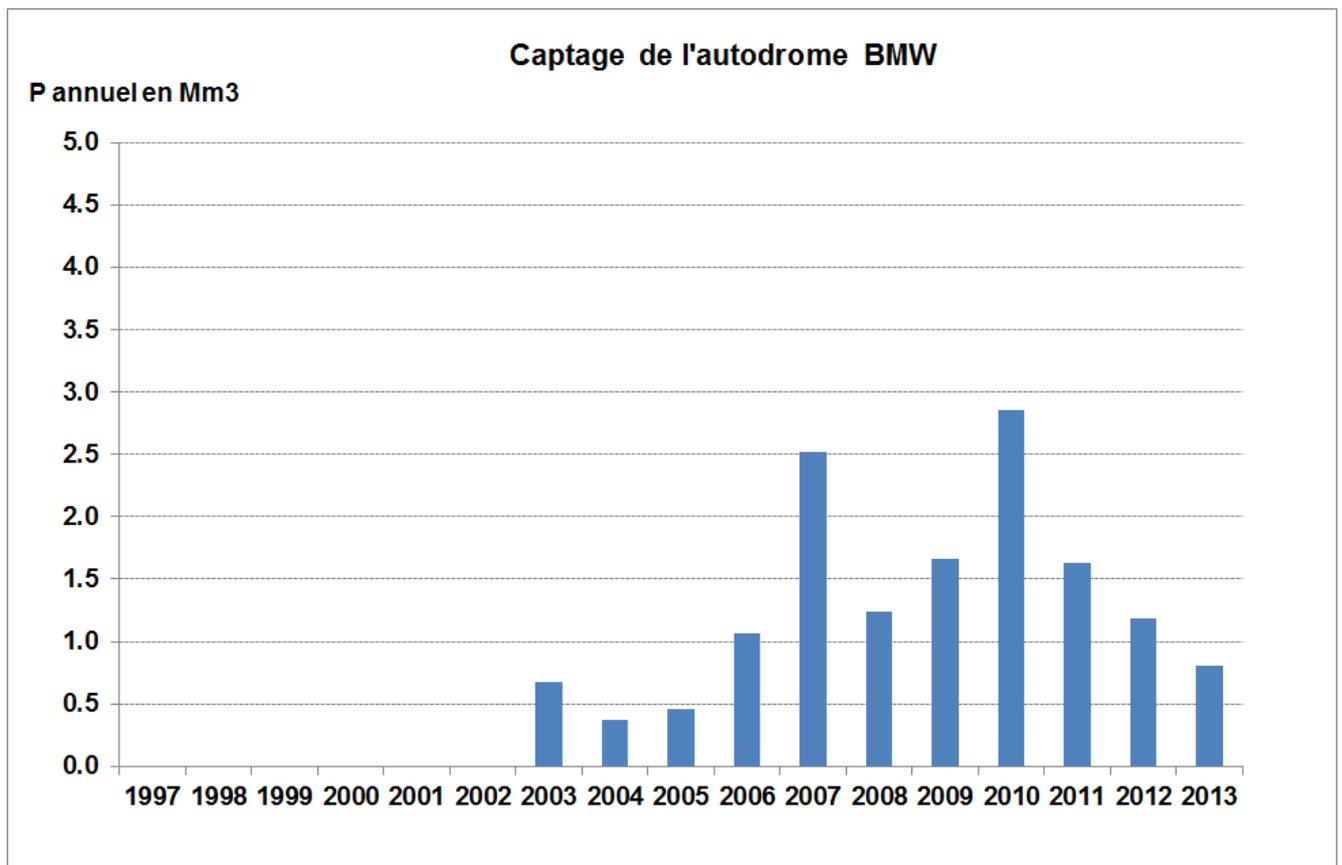
Il s'agit de deux forages de 24 mètres de profondeur, implanté en 1974 dans des cailloutis peu consolidés.

Il a fait l'objet d'une DUP en 2005 qui définit un maximum de prélèvement à 1 080 m<sup>3</sup>/h. Il est protégé par des périmètres de protection. Il est utilisé comme forage de secours pour les périodes de chômage du canal de Martigues (en général, sur un mois dans l'année).

Selon les données de la BSS, les forages seraient très productifs : environ 500 m<sup>3</sup>/h pour un rabattement de 1 mètre.

Etant un forage de secours, on constate une forte variabilité des volumes prélevés. Notons toutefois des points annuels avec des volumes cumulés annuels compris entre 2,5 et 3 Mm<sup>3</sup>/an.

Figure 37 : Prélèvements annuels du captage de l'autodrome (Données Agence de l'Eau).



## PORT AUTONOME DE MARSEILLE

### Captage du Ventillon

Ce captage assure l'alimentation principale en eau potable du Port Autonome de Marseille.

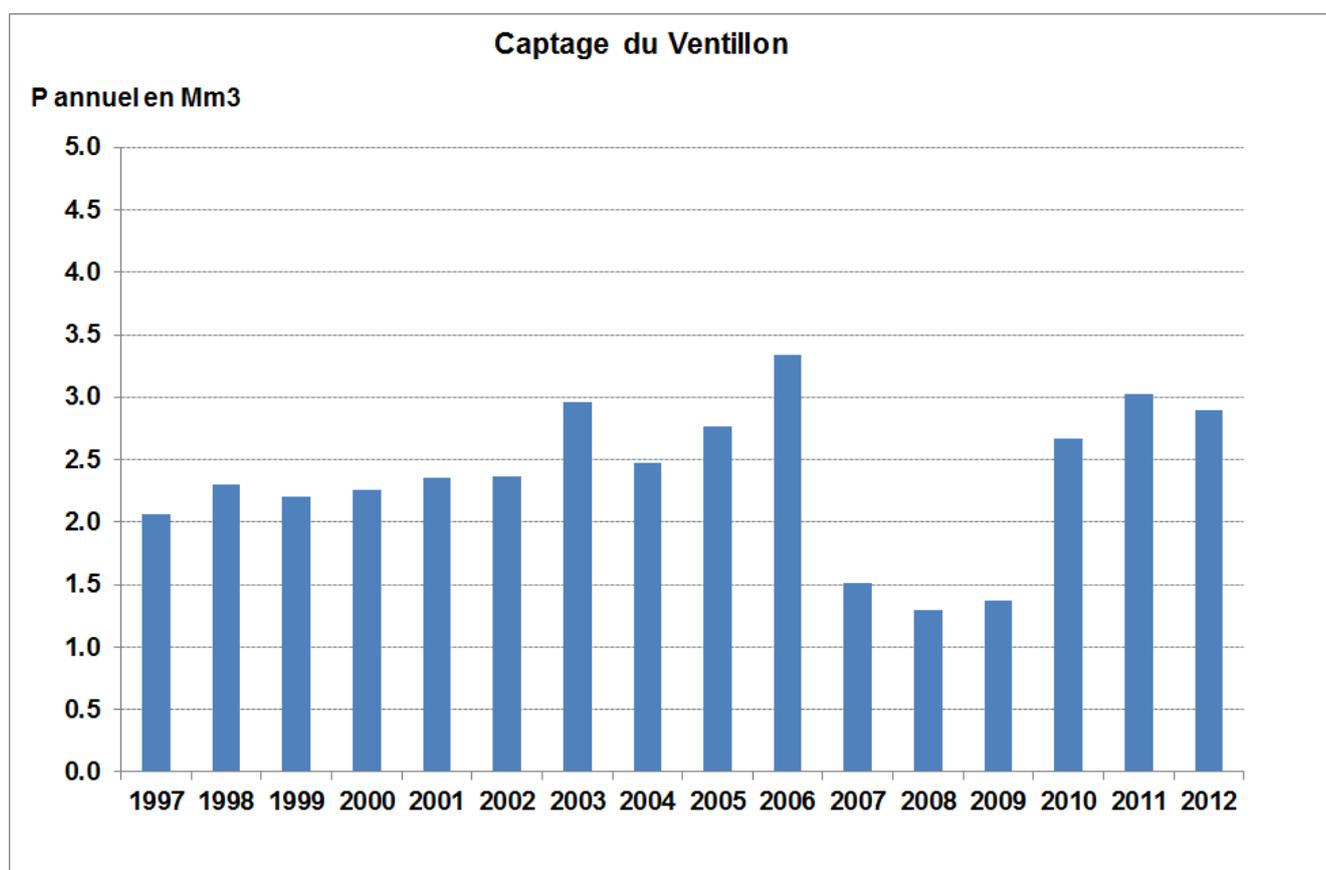
Le champ captant est actuellement composé de trois forages. Les forages ne sont pas complets. Un essai de pompage sur l'un d'entre eux montre un débit spécifique supérieur à 500 m<sup>3</sup>/h par mètre de rabattement.

Sur le secteur du Ventillon-Fanfarigoule, le réservoir alluvial présente des propriétés hydrodynamiques exceptionnelles avec une perméabilité de l'ordre de 10<sup>-2</sup> m/s et une porosité comprise entre 10 et 20%.

Une modélisation hydro-dispersive (BRGM, 1993) permet d'estimer une vitesse d'écoulement de l'ordre de 20 m par jour.

Ce captage a fait l'objet d'une déclaration d'utilité publique et un arrêté préfectoral précise son débit d'exploitation maximal (720 m<sup>3</sup>/h) et ses périmètres de protection.

Figure 38 : Prélèvements annuels du captage de Ventillon (Données Agence de l'Eau).



Le périmètre de protection a été dimensionné (Conrad, 1994) sur la base des travaux de modélisation numérique menés par le BRGM en 1993. Il correspond peu ou prou à l'isochrone 10 j. Notons que dans cette note technique, il est fait mention de la présence répétée d'organohalogénés volatils dans des teneurs parfois supérieures aux valeurs limites fixées par la CEE. Selon Conrad (1994), "ce bruit de fond en composés organohalogénés volatils traduit une pollution industrielle diffuse de la nappe de la Crau en amont des captages sans qu'il soit possible d'en localiser l'origine car elle peut très bien provenir des retombées atmosphériques par les pluies".

**COMMUNE DE FOS-SUR-MER**Captage de Fanfarigoule - BA

Ce captage assure l'alimentation en eau potable de la commune de Fos Sur-Mer.

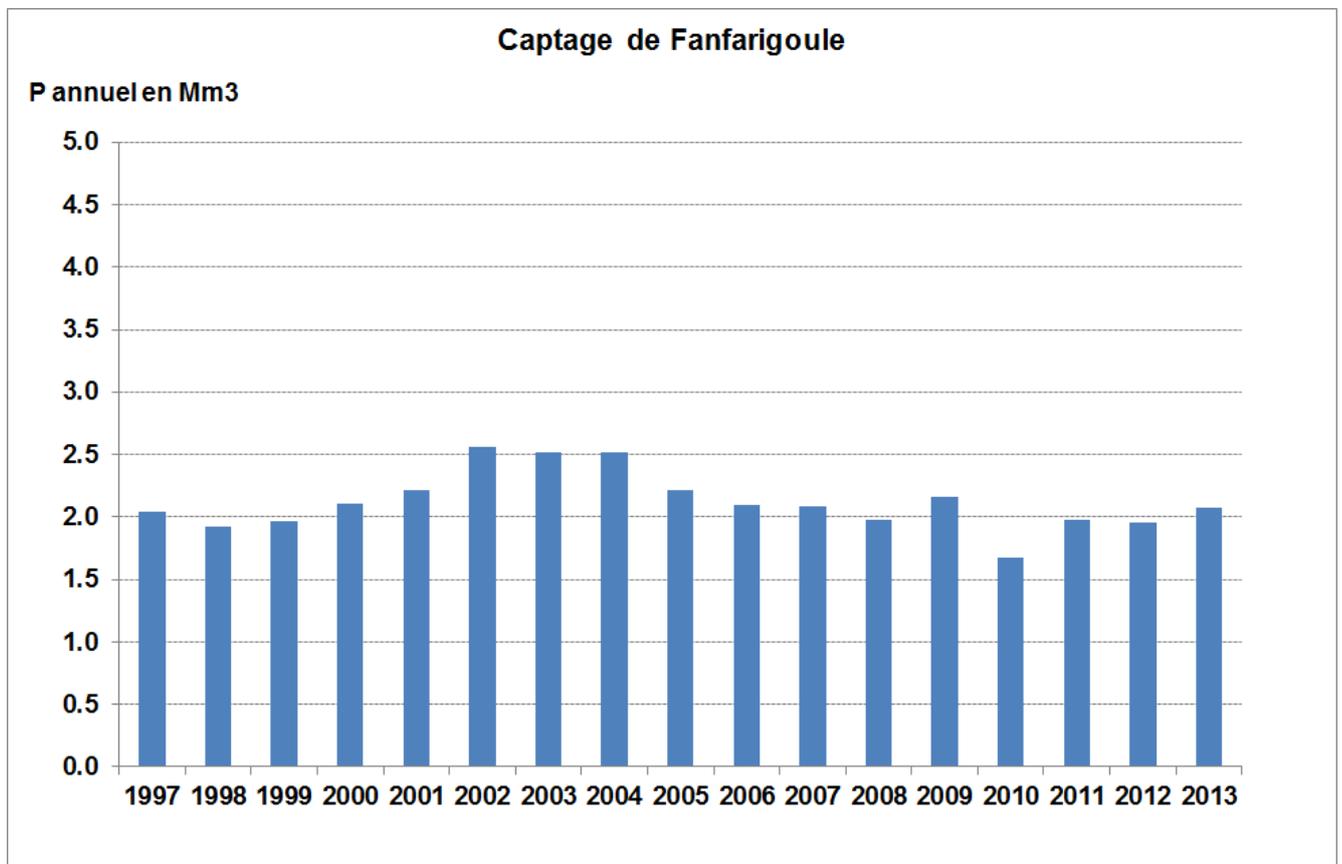
Etant localisé à l'intérieur de la base aérienne, sa protection est jugée à ce jour problématique. Des périmètres de protection ont bien été définis par un hydrogéologue agréé (Conrad, 2000) mais l'arrêté de DUP n'a jamais été édité principalement pour des raisons administratives. Les périmètres de protection ont été confirmés par Pierre Arlhac en 2010 sous réserve d'actualisation des données (informations ARS).

Le champ captant est constitué de quatre forages d'environ 24 m de profondeur. Le débit spécifique était de l'ordre de 25 m<sup>3</sup>/h par mètre de rabattement.

Une solution d'abandon de ce captage est actuellement à l'étude par le SAN Ouest Provence, abandon qui se ferait au profit d'un nouveau lot de forages qui seraient implantés sur le champ captant actuel du Ventillon.

A ce jour, les données de prélèvement montrent une stabilisation des volumes annuels prélevés entre 2 et 2,5 Mm<sup>3</sup>/an depuis 2000 (soit environ 5 400 m<sup>3</sup>/j).

*Figure 39 : Prélèvements annuels du captage de Fanfarigoule (Données Agence de l'Eau).*



**COMMUNE DE PORT-DE-BOUC**Captage des Tapiès

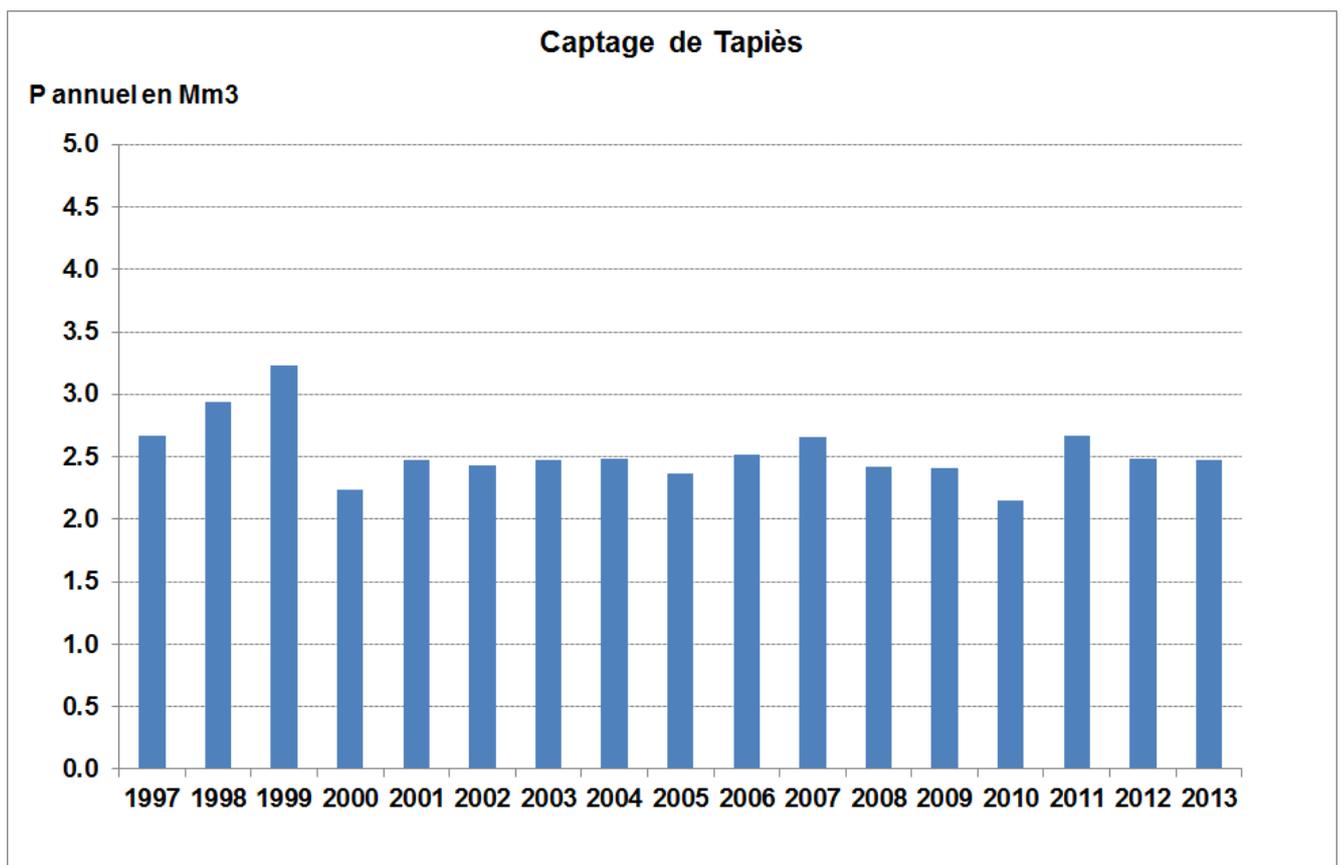
Ce captage assure l'alimentation en eau potable de la commune de Port de Bouc. Notons que cette commune est aussi sécurisée par les réseaux d'eau potable de la ville de Martigues.

Le système de pompage est constitué de trois forages distants de 50 m les uns des autres, de 28 à 30 m de profondeur.

Un arrêté de 2002 autorise un prélèvement maximum de 450 m<sup>3</sup>/h et de 9 000 m<sup>3</sup>/j. Des périmètres de protection immédiate et rapprochée ont été établis autour du champ captant.

A ce jour, les données de prélèvement montrent une stabilisation des volumes annuels prélevés autour de 2,5 Mm<sup>3</sup>/an depuis 2000 (soit environ 7 000 m<sup>3</sup>/j et/ou 290 m<sup>3</sup>/h).

*Figure 40 : Prélèvements annuels du captage des Tapiès (Données Agence de l'Eau).*



## COMMUNE DE PORT-ST-LOUIS-DU-RHONE

La commune de Port-St-Louis-du-Rhône est alimentée principalement par le captage de la Pissarote, localisé sur la commune d'Arles mais géré par le SAN OUEST PROVENCE.

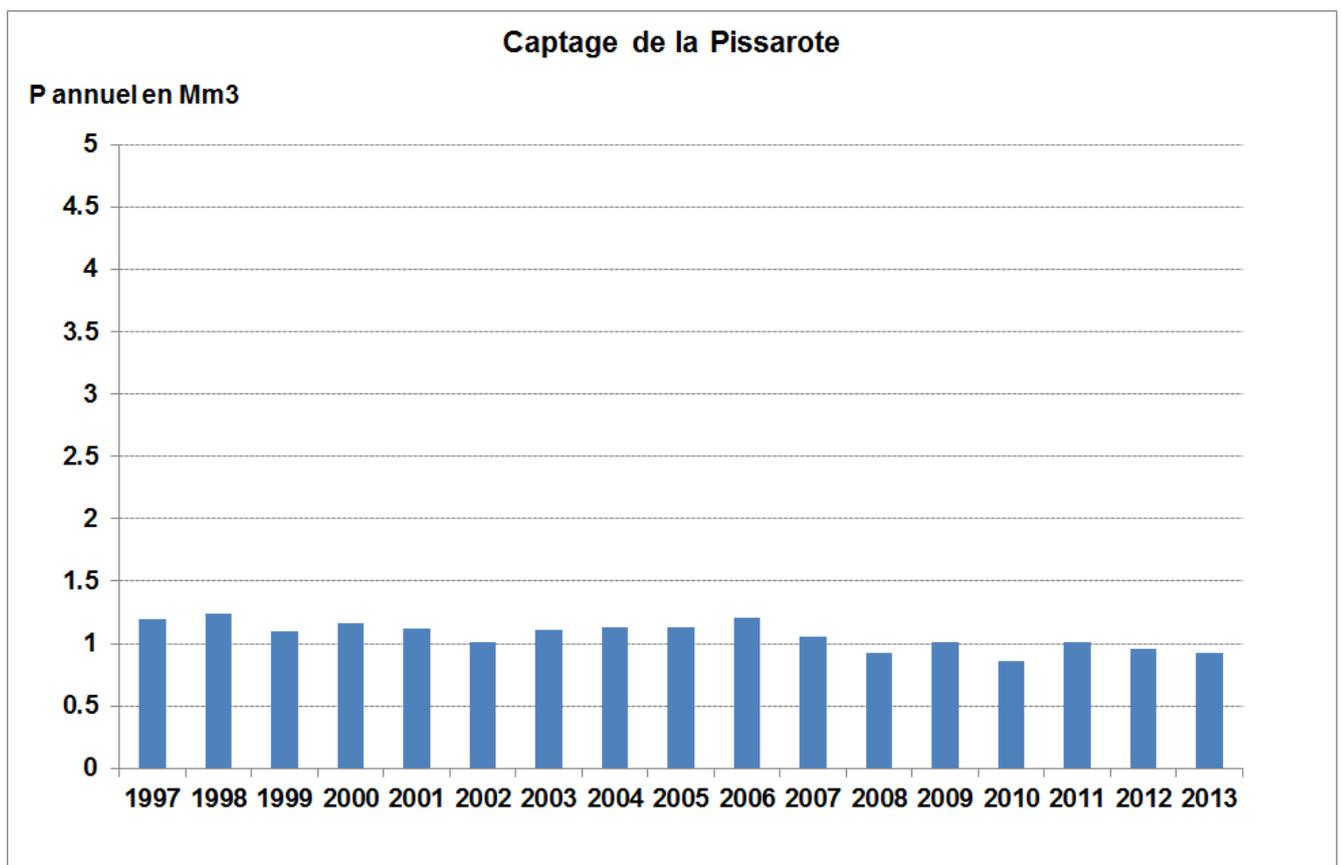
### Captage de la Pissarotte

Ce captage correspond à un forage de 16 m de profondeur, équipé d'une pompe de débit nominal de 350 m<sup>3</sup>/h. Le niveau statique est sub-affleurant (moins de 1 m de profondeur).

Nous ne disposons pas de DUP rattachée à ce captage et à notre connaissance, il n'est pas protégé par des périmètres de protection. Les périmètres de protection n'ont pas pu être institués en raison de l'importance des travaux vis-à-vis de la route nationale.

Les données de prélèvement montrent une diminution des volumes annuels prélevés de 1,3 à 1 Mm<sup>3</sup>/an depuis 2000.

Figure 41 : Prélèvements annuels du captage de la Pissarotte (Données Agence de l'Eau).



Ce forage est menacé par le biseau salé et aucune protection réglementaire n'a pu être mise en place ; une solution d'abandon au profit du champ captant de Ventillon est actuellement à l'étude.

Notons que le déplacement de cette station de pompage avait été envisagé dès 1973 (CERIC HORIZON, 1993).

**AUTRES**Captage de la Base Nautique

Nous ne disposons d'aucun document technique sur ce captage. Il a pour fonction d'alimenter la base nautique d'Entressen.

Les prélèvements seraient relativement faibles, de l'ordre de 1 000 m<sup>3</sup>/an.

Captage de la Base Aérienne 125

Par un arrêté de mai 2014, ce captage est déclaré d'utilité publique et fait l'objet d'un périmètre de protection rapprochée. Ce périmètre est situé hors et dans l'enceinte de la base.

Les prélèvements fluctuent entre 300 et 600 000 m<sup>3</sup>/an.

Captage de l'Etang des Aulnes

C'est un point de prélèvement géré par le Conseil Départemental, autorisé par DUP du 15/10/2013.

Le volume prélevé est de l'ordre de 7 000 m<sup>3</sup>/an.

Autres

Au vu de l'importance superficielle de certaines communes de Crau et du phénomène de mitage des territoires, de nombreuses habitations et exploitations agricoles ne disposent pas de l'eau courante publique. Afin de satisfaire à leurs besoins en eau domestique et alimentaire, ces dernières font réaliser des puits ou forages privés, ouvrages devant normalement être déclarés auprès des services de l'ARS.

L'étude diagnostic de GINGER (2009) recense 85 ouvrages déclarés avec un volume cumulé de prélèvements de l'ordre de 900 000 m<sup>3</sup>/an. Dans cette étude, est aussi proposée une estimation des prélèvements dits domestiques mais la méthode nous semble trop peu robuste pour qu'une estimation soit rapportée ici.

## 3.2 LES BESOINS FUTURS EN EAU POTABLE

L'analyse des besoins futurs est basée sur une approche en deux phases :

- Analyse des besoins actuels : bilan sur la population actuelle dépendante des prélèvements en nappe.
- Analyse des besoins futurs (prospective sur l'évolution des populations dépendantes de la nappe).

Pour développer ces analyses, nous nous sommes basés sur les données de l'INSEE et sur les documents d'urbanisme quand ils sont disponibles.

Les données INSEE proposent une estimation de la population pour 2012. On considèrera ci-après cette estimation comme une photographie de la situation « actuelle » en plaine de Crau, en termes de population. De plus, dans les données INSEE, on trouve aussi des estimations de population pour l'année 2007. A partir du différentiel 2012-2007, nous avons pu ainsi estimer un taux de croissance annuel relatif des dynamiques d'évolution « actuelles ».

Pour affiner notre analyse, nous avons procédé à une lecture orientée des PLU et SCOT disponibles pour y trouver des éléments de perspectives qui soit confortent les dynamiques actuelles mises en évidence par les données INSEE, soit fournissent des éléments factuels pour justifier des ruptures de dynamiques.

Citons :

- PLU de Miramas (approuvé).
- PLU d'Istres (approuvé).
- PLU de Grans (approuvé).
- PLU de Salon- de- Provence (arrêté).
- PLU d'Arles (projet).
- SCOT de l'Agglopolo Provence.
- SCOT de l'Ouest Etang de Berre.
- SCOT du Pays d'Arles.

De plus, nous avons procédé à une analyse des schémas directeurs en eau potable existants, pour obtenir des ordres de grandeur des consommations moyennes par habitants et des rendements des réseaux AEP.

Pour finir, des entretiens individuels auprès des principaux préleveurs AEP ont été menés pour identifier d'éventuels besoins d'export hors plaine de Crau.

---

### BESOINS LIES A UNE CROISSANCE DE LA DEMANDE

#### DONNEES DOCUMENTAIRES

##### PLUS Istres

Si comme beaucoup de communes du territoire, un boom démographique a pu être enregistré entre 1950 et 1990 pour la commune d'Istres, depuis 1990, on observe un tassement de croissance avec un taux proche de 1% par an.

En 2012, la population est estimée à environ 42 944 personnes. En 2007, elle était de 42 775 habitants : on a donc observé une stagnation du nombre d'habitants sur cette commune.

##### PLU Arles

En 2012, la population d'Arles comptait 52 439 habitants (données projet de PLU). Sur la dernière période intercensitaire (2006-2011), l'évolution moyenne annuelle est de 0,2%. Notons que la commune d'Arles présentait une population de 52 000 habitants en 1990.

Le projet de PLU propose trois scénarios :

- Maintien d'une faible croissance à 0,2% : + 2 100 habitants en 2030.
- Scénario de dynamisation contrôlée avec un taux à 0,4 : + 4 300 habitants en 2030.
- Un scénario d'accélération, non souhaité, avec un taux à 0,6% : + 6 300 habitants en 2030.

#### PLU de Miramas

De 1999 à 2007, Miramas a connu une évolution démographique positive de l'ordre de 12%. Par le passé (1960 à 1980), la commune avait connu un véritable boom démographique avec un taux de croissance annuel proche de 4%.

Le PLU de 2013 propose deux scénarios d'évolution à partir de la population recensée en 2008 (25 632) : un scénario bas avec un accroissement de 1,4% de la population par an (soit 27 000 personnes en 2012 et environ 30 000 personnes en 2020) et un scénario plus haut avec un doublement de la dynamique (soit 29 000 personnes en 2012 et environ 35 000 personnes en 2020).

Or, les données INSEE donnent 25 064 habitants à Miramas en 2012. On a donc observé un léger recul du nombre d'habitants sur cette commune entre 2008 et 2012.

#### PLU de Salon-de-Provence

Citons :

*« Longtemps restée petite ville de Provence, Salon a connu une importante croissance démographique principalement due à l'apport migratoire depuis les années 1990. Pendant ces deux dernières décennies, deux types d'habitat se sont développés ; à la fois du grand collectif et du pavillonnaire en périphérie accueillant conjointement des populations d'actifs en milieu de parcours et d'inactifs. Ceux-ci cherchent un emploi dans un cadre de vie plus agréable que la métropole phocéenne pour les uns, et une douceur de vivre pour les autres. Aujourd'hui la ville dispose d'un profil de population jeune et active mais a tendance à subir un vieillissement structurel.*

*Cependant, la croissance démographique rencontrée a tendance à se tasser, l'enjeu pour la commune est maintenant de conforter son parc d'habitat existant et d'assurer un rééquilibrage de la fonction économique de la Ville vis-à-vis de sa façade résidentielle. »*

#### SCOT Agglopolé Provence

Citons :

*"La prédominance de l'habitat individuel à caractère diffus qui a prévalu depuis les années 1970 a considérablement augmenté la superficie des zones urbanisées, et en contrepoint, réduit d'autant la marge foncière disponible pour la satisfaction des besoins actuels et futurs en matière d'habitat.*

*En première analyse, le prolongement des dynamiques de consommation foncière actuellement constatées à l'horizon du Scot – 2022 – impliquerait de mobiliser à nouveau pour l'ensemble du territoire une superficie d'au moins 430 hectares dans la perspective d'une production de logements identique à celle survenue depuis 1999.*

*Cette perspective de développement tendanciel est à la fois irréaliste et inacceptable.*

*Le diagnostic du Scot relève que le modèle de développement urbain mis en œuvre depuis 60 ans : - n'est plus efficient pour loger toutes les facettes de la population d'Agglopolé Provence - trouve déjà aujourd'hui ses limites dans des opportunités restreintes d'extension géographique de l'urbanisation Le Scot doit donc être l'occasion d'une réflexion nouvelle et profonde sur la conception de nouvelles formes d'habitat et d'habiter."*

Le SCOT fait apparaître dans ses enjeux la volonté de maîtriser la croissance démographique à 1%. En effet, même avec ce taux de croissance modéré, une telle évolution impliquerait la création de 10 000 logements supplémentaires pour 2 022 (avec une pression foncière estimée entre 400 et 800 hectares selon les modes de construction). Il est cependant indiqué que même ce scénario "bas" est peu probable en raison : "de la raréfaction manifeste du foncier disponible et mobilisable (risques, périmètres de protection, valeurs des terres

*agricoles) et du mitage de l'urbanisation autour de toutes les agglomérations compliquant la mise en œuvre de vastes nouveaux quartiers (éco-quartiers, opérations greffes...)."*

#### SCOT OUEST Etang de Berre

Dans ce document, trois projections démographique ont été établies, afin d'appréhender les conséquences d'une croissance démographique à venir :

- selon une croissance démographique annuelle basse fixée à 0.4% (1990 - 1999);
- selon une croissance démographique annuelle tendancielle de 0.64%.
- selon une croissance démographique annuelle haute fixée à 1%.

Ce document recense aussi les grands projets d'aménagement susceptibles d'augmenter le nombre de logements par communes. On peut ainsi proposer un nombre de nouveaux habitants potentiels en prenant un ratio de 2 habitants par nouveau logement :

- Martigues : entre 1700 et 2500 logements supplémentaires (soit entre + 3 500 et 5000 habitants).
- Port-Saint-Louis-du-Rhône : ZAC du Mazet avec environ 2000 logements supplémentaires (soit environ + 4 000 habitants).
- Miramas : environ 100 hectares de ZAC avec un potentiel de logements mal définis à ce jour (+ 1000 habitants ?).
- Istres : environ 100 hectares de ZAC avec un potentiel de logements mal définis à ce jour (+ 1000 habitants ?).
- Fos-Sur-Mer : potentiel de 1000 logements (soit + 2000 habitants).
- Port-de-Bouc : potentiel de 1000 logements (soit + 2000 habitants).
- Istres : potentiel de 245 hectares.

#### SCOT du Pays d'Arles

Pour les communes de l'ACCM (Communauté d'agglomération Arles Crau Camargue Montagnette), la croissance annuelle a été de 0,4% entre 1999 et 2007.

Le diagnostic laisse envisager un maintien de la croissance démographique sur les mêmes niveaux que celui observé ces dernières années (proximité de l'agglomération avignonnaise, grands projets structurants soutenant l'attractivité générale du territoire, clarification des possibilités de construction avec l'avancée des PPRI...).

Il table sur une croissance démographique moyenne qui serait de l'ordre de 0.76 % par an, ce qui correspond aux niveaux observés sur les périodes 1999-2009 et 2006-2011.

#### **DONNEES SUR LES CONSOMMATIONS D'EAU POTABLE**

Concernant les rendements des réseaux et les réseaux, nous disposons des informations suivantes :

- Schéma directeur de la Ville d'Arles (Horizons, 1997).
- Projet de schéma directeur de la Ville d'Arles (1995).
- Schéma directeur de la ville de Salon-de-Provence (2003).
- Schéma directeur pour la commune d'Aureille (ARTELIA, 2014).

Notons l'absence de tout document de planification pour le SAN Ouest Provence qui représente plus de 50% de volumes captés.

Les consommations moyennes journalières par habitants varient entre 250 et 300 l/j/ha. Elles intègrent les consommations domestiques mais aussi les consommations industrielles et pour les établissements publics (dans les documents consultés, l'eau domestique représente environ 80% du volume prélevé).

Concernant les rendements de réseaux AEP, pour la ville de Salon-en-Provence (2003), le rendement de réseau se maintient à un taux correct et qui varie entre 77 et 85 % depuis 1996.

Pour les communes d'Arles et de St Martin-de-Crau, des données récentes nous ont été communiquées (Pécault, 2015) sur l'état actuel des réseaux et sur les perspectives d'évolution à moyen terme.

- En moyenne sur les trois dernières années, les rendements sont de 70,4% pour Arles et de 60,8% pour Saint Martin-de-Crau. On peut juger faible le rendement pour cette dernière commune et des progrès sont possibles malgré des difficultés techniques importantes, bien identifiées par les services de gestion. Quelle est la moyenne nationale des rendements sur les réseaux AEP ?

- La Communauté d'agglomération ACCM affiche des objectifs ambitieux pour la période 2016-2028. Il s'agit de réduire les pertes de 20% pour la commune d'Arles (-250 000 m<sup>3</sup>/an) et de 40% pour celle de St Martin de Crau (-300 000 m<sup>3</sup>/an).

Pour la commune d'Aureille, le rendement moyen est de 63% pour ces cinq dernières années. Il est prévu un programme de travaux pour faire passer le rendement à 75% à un horizon 2030.

#### DONNEES INSEE

Les données INSEE montrent des dynamiques d'évolution passées relativement inégales, avec une population en stagnation sur les communes du Sud-Est de la plaine, ainsi que pour la commune d'Arles, et une augmentation raisonnables (1 à 1, %) pour les communes du Nord-Est de la plaine (Grans, Salon) mais aussi pour St Martin-de-Crau.

Figure 42 : Populations en 2007 et 2011 pour les communes alimentées par l'eau de Crau (données INSEE).

| Communes          | Gestion de l'eau potable | Population |        | Taux de croissance |
|-------------------|--------------------------|------------|--------|--------------------|
|                   |                          | 2007       | 2012   | %                  |
| Arles             | St Hyppolite             | 52 200     | 52 400 | 0,2                |
|                   | Mas Thibert              |            |        |                    |
| St Martin de-Crau | Lion d'Or                | 11 200     | 12 100 | 1.5                |
|                   | Mas Payan                |            |        |                    |
|                   | Valboisé                 |            |        |                    |
| Aureille          | Les Fioles               | 1 460      | 1 540  | 1                  |
| Salon-de-Provence | ZAC Crau                 | 41 000     | 43 800 | 1.3                |
| Grans             | Mary Rose                | 4 100      | 4 300  | 1.2                |
| Istres            | Caspienne                | 42 800     | 42 900 | Proche de 0        |
| Entressen         | Canaux Jumeaux           |            |        |                    |
| Miramas/St Chanas | Sulauze                  | 25 600     | 25 100 | Proche de 0        |
| Martigues         | Autodrome                | 46 200     | 47 600 | Proche de 0        |
| PAM               | Ventillon                | nc         | nc     |                    |
| Fos sur Mer       | Fanfarigoule             | 15 800     | 15 800 | Proche de 0        |
| Port de Bouc      | Tapies                   | 17 000     | 17 100 | Proche de 1        |
| Port st Louis     | Pissarotte               | 8 500      | 8 600  | Proche de 2        |

## PROPOSITION D'UNE EVOLUTION DE POPULATION A UN HORIZON 2030

La synthèse des données récoltées permet de proposer une augmentation de population, commune par commune, pour 2030.

Elle peut être estimée selon trois approches différentes :

- Poursuite du taux de croissance observé entre 2007 et 2011.
- Taux de croissance conforme aux prospectives des documents d'urbanisme.
- Augmentation nette liée aux projets d'urbanisation.

Pour l'hypothèse haute, nous avons retenu l'estimation d'augmentation la plus forte commune par commune. C'est une hypothèse très défavorable mais qui permet d'envisager un scénario du pire en termes d'augmentation des besoins en eau potable.

**Ce choix permet de proposer comme borne haute une augmentation d'environ 45 000 personnes de la population dépendante de la nappe, à l'horizon 2030 (scénario que nous qualifierons de pessimiste).**

Rappelons que cette hypothèse haute est peu probable : elle résulte de fortes dynamiques de rupture pour les communes du Sud-Est de la Crau (Martigues, Miramas, Fos-sur-Mer, Port-St-Louis-du-Rhône et Port de Bouc). Pour ces communes à la population stagnante, il s'agit de recréer des dynamiques d'urbanisation en rupture avec les dynamiques passées (création de plusieurs milliers de logements).

De plus, cette estimation repose sur l'hypothèse que toute nouvelle population viendra nécessairement solliciter l'eau de Crau, ce qui n'est pas évident. Rappelons en effet que Salon-de-Provence dépend aussi d'une autre ressource et que Martigues et St Mitre les Remparts servent du captage en Crau comme d'un secours lors des périodes de chômage de leur ressource principale.

C'est néanmoins l'hypothèse que nous conserverons pour la suite de l'étude car la définition des zones de sauvegarde se doit d'adopter une approche prudentielle qui intègre tous les scénarios, mêmes les plus défavorables.

Figure 43 : Perspectives d'évolution de la population dépendante de l'eau de Crau pour 2030.

| Communes             | Population     | Taux<br>tendance% | Equivalent    | Taux PLU | Equivalent    | Données<br>projet | Hypothèse<br>haute | Hypothèse<br>basse |
|----------------------|----------------|-------------------|---------------|----------|---------------|-------------------|--------------------|--------------------|
|                      | 2012           |                   | Ha en<br>2030 | PLU/SCOT | Ha en<br>2030 |                   |                    |                    |
| Arles                | 52 400         | 0,2               | 1 900         | 0.4      | 3900          | ND                | 3900               | 1900               |
| St Martin de Crau    | 12 100         | 1.5               | 3 700         | 0.6      | 1400          | ND                | 3700               | 1400               |
| Aureille             | 1 540          | 1                 | 300           | 1        | 300           | ND                | 300                | 300                |
| Salon de Provence    | 43 800         | 1.3               | 11 500        | 1        | 8600          | ND                | 11500              | 8600               |
| Grans                | 4 300          | 1.2               | 1 000         | 1        | 800           | ND                | 1000               | 800                |
| Istres               | 42 900         | 0.1               | 800           | 1        | 8500          | 5000              | 8500               | 800                |
| Miramas/St<br>Chanas | 25 100         | 0.1               | 500           | 0.6      | 2800          | 1000              | 2800               | 500                |
| Martigues            | 47 600         | 0.1               | 900           | 0.6      | 5400          | 5000              | 5400               | 900                |
| PAM                  | nc             |                   |               |          |               |                   |                    |                    |
| Fos sur Mer          | 15 800         | 0.1               | 300           | 1800     | 400           | 2000              | 2000               | 300                |
| Port de Bouc         | 17 100         | 0.1               | 300           | 0.6      | 1900          | 2000              | 2000               | 300                |
| Port st Louis        | 8 600          | 0.1               | 200           | 0.6      | 1000          | 4000              | 4000               | 200                |
|                      | <b>271 240</b> |                   |               |          |               | <b>TOTAL</b>      | <b>45 100</b>      | <b>16 000</b>      |

Notons aussi que cette prospective d'évolution est très contrastée spatialement :

- Seulement 8 000 ha maximum en 2030 devront être alimentés par la Crau d'Arles.
- Environ 37 000 ha supplémentaire viendront potentiellement solliciter la nappe de la Crau dans la Crau de Miramas.

#### DEFINITION DES BESOINS SUPPLEMENTAIRES EN EAU POTABLE

Si on considère que l'accroissement du besoin sera intégralement reporté sur la nappe alluviale de la Crau, et qu'il ne sera pas compensé ni par des meilleurs rendements sur les réseaux de distribution, ni par une diminution des consommations unitaires actuelles, on peut proposer une augmentation des prélèvements dans les ordres de grandeur suivant :

Figure 44 : Evolutions démographiques et des besoins en AEP des communes prélevant actuellement des eaux de la nappe de la Crau (horizon 2030).

| Communes          | Captages     | Population<br>2012 | Production<br>actuelle | Besoin<br>théorique | Evolution<br>population | Besoin +<br>m3/j |
|-------------------|--------------|--------------------|------------------------|---------------------|-------------------------|------------------|
|                   |              |                    | m3/j                   | m3/j/ha             |                         |                  |
| Arles             | St Hyppolite | 52 400             | 11 000                 | 0.239               | 3 900                   | 975              |
|                   | Mas Thibert  |                    | 1 500                  |                     |                         |                  |
| St Martin de Crau | Lion d'Or    | 12 100             | 600                    | 0.322               | 3 700                   | 1 193            |
|                   | Valboisé     |                    | 3 300                  |                     |                         |                  |
|                   | Mas Payan    |                    | 4                      |                     |                         |                  |
| Aureille          | Les Fioles   | 1 540              | 550                    | 0.357               | 300                     | 107              |
| Salon de Provence | ZAC Crau     | 43 800             | 3 800                  | ND                  | 11 500                  | 2 300            |
| Grans             | Mary Rose    | 4 300              | 700                    | 0.163               | 1 000                   | 163              |
| Istres            | Caspienne    | 42 900             | 11 000                 | 0.256               | 8 500                   | 2 179            |
|                   | Canaux       |                    | 1 200                  |                     |                         |                  |
|                   | Jumeaux      |                    |                        |                     |                         |                  |
| Miramas/St Chanas | Sulauze      | 25 100             | 9 000                  | 0.359               | 2 800                   | 1 004            |
| Martigues         | Autodrome    | 47 600             | Entre 3 et 9 000       | ND                  | 5 400                   | 1 080            |
| PAM               | Ventillon    | nc                 | 8 000                  | ND                  |                         | 5 000            |
| Fos sur Mer       | Fanfarigoule | 15 800             | 5 500                  | 0.348               | 2 000                   | 700              |
| Port de Bouc      | Tapies       | 17 100             | 7 000                  | 0.409               | 2 000                   | 819              |
| Port st Louis     | Pissarotte   | 8 600              | 2 800                  | 0.326               | 4 000                   | 1 302            |
| <b>Total</b>      |              | <b>271 240</b>     | <b>70 000</b>          |                     | <b>45 100</b>           | <b>16 822</b>    |

Nous n'avons pas de données sur les évolutions de prélèvement potentielles sur le champ captant du Ventillon (Port autonome de Marseille). Dans une logique prudentielle, nous avons postulé une réserve de 5 000 m<sup>3</sup>/j en supplément de l'existant, en rappelant que le prélèvement autorisé est proche de 16 000 m<sup>3</sup>/j.

**Dans ce scénario, on passerait d'une population dépendante d'environ 270 000 personnes à une population d'environ 315 000 personnes en 2030. Cette évolution est qualifiée de pessimiste car elle prend comme hypothèse les approches les plus défavorables en termes d'évolution de la population. Le besoin en eau supplémentaire serait alors d'environ 17 000 m<sup>3</sup>/j.**

Ceci étant, pour cette première estimation, nous avons supposé une consommation moyenne journalière stable dans le temps et l'absence d'augmentation de performance des réseaux d'eau potable. Or, on notera que les consommations journalières actuelles sont élevées : entre 160 et 400 l/j/ha. Ceci peut s'expliquer par le caractère rural ou semi-rural de certaines communes, des réseaux étendus et des consommations industrielles probablement importantes.

Les documents d'urbanisme consultés montrent que sous l'impulsion donnée par les obligations Grenelle, des programmes ambitieux de réduction des fuites sont systématiquement envisagés.

Il est possible et probable que ces efforts conduisent à des volumes économisés importants pour la ressource. On peut estimer les gains à 5 ou 10% de la ressource prélevée actuelle. Par prudence, nous conserverons l'hypothèse d'un gain lié aux travaux sur les réseaux de l'ordre de 5% pour les communes avec une consommation unitaire journalière inférieure à 300 l/j/ha et à 10% pour les autres.

Le tableau ci-dessous détaille les évolutions de besoins ainsi estimées commune par commune.

Figure 45 : Evolutions du besoin AEP des communes prélevant actuellement des eaux de Crau (horizon 2030).

| Communes          |                                    | Population     | Evolution     | Besoin brut   | Gain         | Besoin net    |
|-------------------|------------------------------------|----------------|---------------|---------------|--------------|---------------|
|                   | Captages                           | 2012           | population    | m3/j          | réseaux      | 2030          |
| Arles             | St Hyppolite<br>Mas Thibert        | 52 400         | 3 900         | 975           | 550          | 425           |
| St Martin de Crau | Lion d'Or<br>Valboisé<br>Mas Payan | 12 100         | 3 700         | 1 193         | 400          | 793           |
| Aureille          | Les Fioles                         | 1 540          | 300           | 107           | 55           | 52            |
| Salon de Provence | ZAC Crau                           | 43 800         | 11 500        | 2 300         | 380          | 1 920         |
| Grans             | Mary Rose                          | 4 300          | 1 000         | 163           | 35           | 128           |
| Istres            | Caspienne                          | 42 900         | 8 500         | 2 179         | 610          | 1 569         |
| Entressen         | Canaux Jumeaux                     |                |               |               |              |               |
| Miramas/St Chanas | Sulauze                            | 25 100         | 2 800         | 1 004         | 900          | 104           |
| Martigues         | Autodrome                          | 47 600         | 5 400         | 1 080         | 900          | 180           |
| PAM               | Ventillon                          | nc             |               |               |              | 5 000         |
| Fos sur Mer       | Fanfarigoule                       | 15 800         | 2 000         | 700           | 550          | 150           |
| Port de Bouc      | Tapies                             | 17 100         | 2 000         | 819           | 700          | 119           |
| Port st Louis     | Pissarotte                         | 8 600          | 4 000         | 1 302         | 280          | 1 022         |
|                   | <b>Total</b>                       | <b>271 240</b> | <b>45 100</b> | <b>11 822</b> | <b>5 360</b> | <b>11 462</b> |

Le croisement de l'augmentation pessimiste de la population dépendante de l'eau de Crau avec les réductions probables des consommations unitaires permet ainsi d'estimer un besoin supplémentaire d'environ 11 500 m<sup>3</sup>/j (soit environ 15% de la production actuelle). A noter que ces nouveaux besoins concernent à 85% la Crau de Miramas.

Notons que si les évolutions de population devaient se situer dans la fourchette basse de nos estimations (environ 16 000 personnes supplémentaires), le besoin en eau potable serait nul, voire négatif sur certaines communes.

Pour finir, il nous a semblé utile de croiser ces estimations avec les débits journaliers autorisés par DUP et avec les capacités techniques des champs captants existants.

On peut constater que le dimensionnement actuel des champs captants est suffisant pour répondre aux éventuels besoins supplémentaires en eau potable pour l'horizon 2030.

Figure 46 : Débits autorisés, capacités et évolution de champs captant en Crau (horizon 2030).

| Communes                       | Captages     | Production actuelle | Capacité autorisé | Capacité tec max  | Besoin +<br>2030 |
|--------------------------------|--------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|
|                                |              | m <sup>3</sup> /j   | m <sup>3</sup> /j | m <sup>3</sup> /j |                  |
| Arles                          | St Hyppolite | 11 000              | 16 800            | 14 400            | 425              |
|                                | Mas Thibert  | 1 500               | 5 000             | plus de 10 000 ?  |                  |
| St Martin de Crau              | Lion d'Or    | 600                 | 3 500             | 7 200             | 793              |
|                                | Valboisé     | 3 300               | 4 600             | 4 800             |                  |
|                                | Mas Payan    | 4                   | 8                 | ??                |                  |
| Aureille                       | Les Fioles   | 550                 | 1 680             | ??                | 52               |
| Salon de Provence              | ZAC Crau     | 3 800               | 8 400             | 12 000 ?          | 1 920            |
| Grans                          | Mary Rose    | 700                 | 1 500             | ??                | 128              |
| Istres                         | Caspienne    | 11 000              | 24 000            | 20 000            | 1 569            |
|                                | Entressen    | Canaux Jumeaux      | 1 200             | ND                |                  |
| Miramas/St Chanas              | Sulauze      | 9 000               | 16 000            | ??                | 104              |
| Martigues                      | Autodrome    | Entre 3 et 9 000    | 26 000            | 24 000            | 180              |
| PAM                            | Ventillon    | 8 000               | 17 280            | 24 000            | 5 000            |
| Fos sur Mer                    | Fanfarigoule | 5 500               | ND                | ??                | 150              |
| Port de Bouc                   | Tapies       | 7 000               | 9 000             | ??                | 119              |
| Port st Louis                  | Pissarotte   | 2 800               | ND                | 3 000             | 1 022            |
| <b>Total [m<sup>3</sup>/j]</b> |              | <b>70 000</b>       | <b>133 768</b>    | <b>114 200</b>    | <b>11 462</b>    |

#### BESOINS LIES A DES EXPORTS HORS PLAINE DE CRAU

Les documents consultés et les interviews réalisées ne font pas apparaître de projets de nouveaux exports des eaux de la nappe de la Crau vers des communes situées hors de la plaine, exceptée la commune des Saintes – Maries- de- la- Mer.

Cette commune fait depuis peu partie (31 décembre 2013) de la communauté d'agglomérations Arles Crau Camargue Montagnette (ACCM). Ou Cette commune adhère seulement depuis le 31 décembre 2013 à la Communauté d'agglomérations Arles Crau Camargue Montagnette (ACCM). Or, cette commune rencontre de nombreuses difficultés dans sa gestion de l'eau potable. Elle a comme principale ressource l'eau du Petit Rhône qui transite dans une usine de potabilisation (usine de Sénébier).

La liaison entre les réseaux de cette commune et ceux d'Arles est à l'étude mais la capacité des ressources communautaires à faire face aux besoins des Saintes Maries-de-la-Mer en période de pointe est un sujet de doute (ou est incertaine). Une telle solution technique nécessiterait la mise en place de canalisations sur 4 à 6 km pour une enveloppe financière estimée entre 4 et 7 M€.

Le projet actuel à l'étude par l'ACCM vise non à envisager une substitution totale de la ressource actuelle mais à aider au soutien des débits de pointe en période estivale. Le besoin hypothétique supplémentaire en eau de Crau serait alors de 20% de la pointe estivale qui est comprise entre 4 et 5 000 m<sup>3</sup>/j pour la période estivale (pointe estivale à 4 100 m<sup>3</sup>/j en 2015), soit un besoin supplémentaire de l'ordre de 1000 m<sup>3</sup>/j. En termes de pression sur la nappe de Crau, il peut être jugé anecdotique au regard des volumes actuellement prélevés.



## 4 . QUELLES RESSOURCES FAUT-IL PRESERVER POUR LE FUTUR ?

Une zone stratégique pour la production actuelle et future, appelée aquifère stratégique, doit répondre à un ensemble de critères :

- La qualité chimique de l'eau souterraine doit être conforme ou encore proche des critères de qualité des eaux distribuées tels que fixés dans la directive 98/83/CE ;
- La ressource doit être importante en quantité ;
- Le (ou les) aquifère(s) doivent être bien situé(s) par rapport aux zones de forte consommation (actuelles ou futures) pour des coûts d'exploitation acceptables.

Selon l'approche définie dans le SDAGE, les zones de sauvegarde peuvent être classées en deux catégories:

- Zone de sauvegarde actuelle ou ressource structurante (ZSE) : ressource déjà fortement sollicitée dont l'altération poserait des problèmes immédiats pour les importantes populations qui en dépendent.
- Zone de sauvegarde future (ZSNEA) : ressource faiblement ou non sollicitée à ce jour mais à forte potentialité.

### 4.1 PROPOSITION DE SECTEURS A SAUVEGARDER

La définition de zones de sauvegarde vise à une production renforcée des eaux souterraines. A ce titre, elle induira des réglementations, voire des interdictions des usages susceptibles de venir impacter la qualité des eaux de façon diffuse et continue, mais aussi ponctuelle et accidentelle. Ajoutons qu'elle aura aussi pour conséquence une pression administrative supplémentaire pour « travailler » sur les sources de pollutions potentielles pour essayer de réduire les risques au maximum.

**On peut donc considérer que la mise en place de telles zones doit être strictement justifiée d'un point de vue scientifique et doit répondre à une logique de satisfaction de besoins en eau potable avérés.**

Dans notre approche, nous justifions la définition des zones de sauvegarde à l'aide de plusieurs arguments :

- La nappe est très vulnérable et menacée ; la pollution est très mobile. Il faut concevoir un schéma global à l'échelle de la plaine de Crau, qui vise à obtenir une sécurité structurelle des prélèvements en eau potable.
- La distribution actuelle des champs captants est suffisante pour assurer la production en eau potable à un horizon 2030 mais certains de ces champs captants sont menacés ; il faut donc proposer un schéma qui intègre la délocalisation des prélèvements en cas de pollution, ce qui nécessite la création de zones de sauvegarde future.

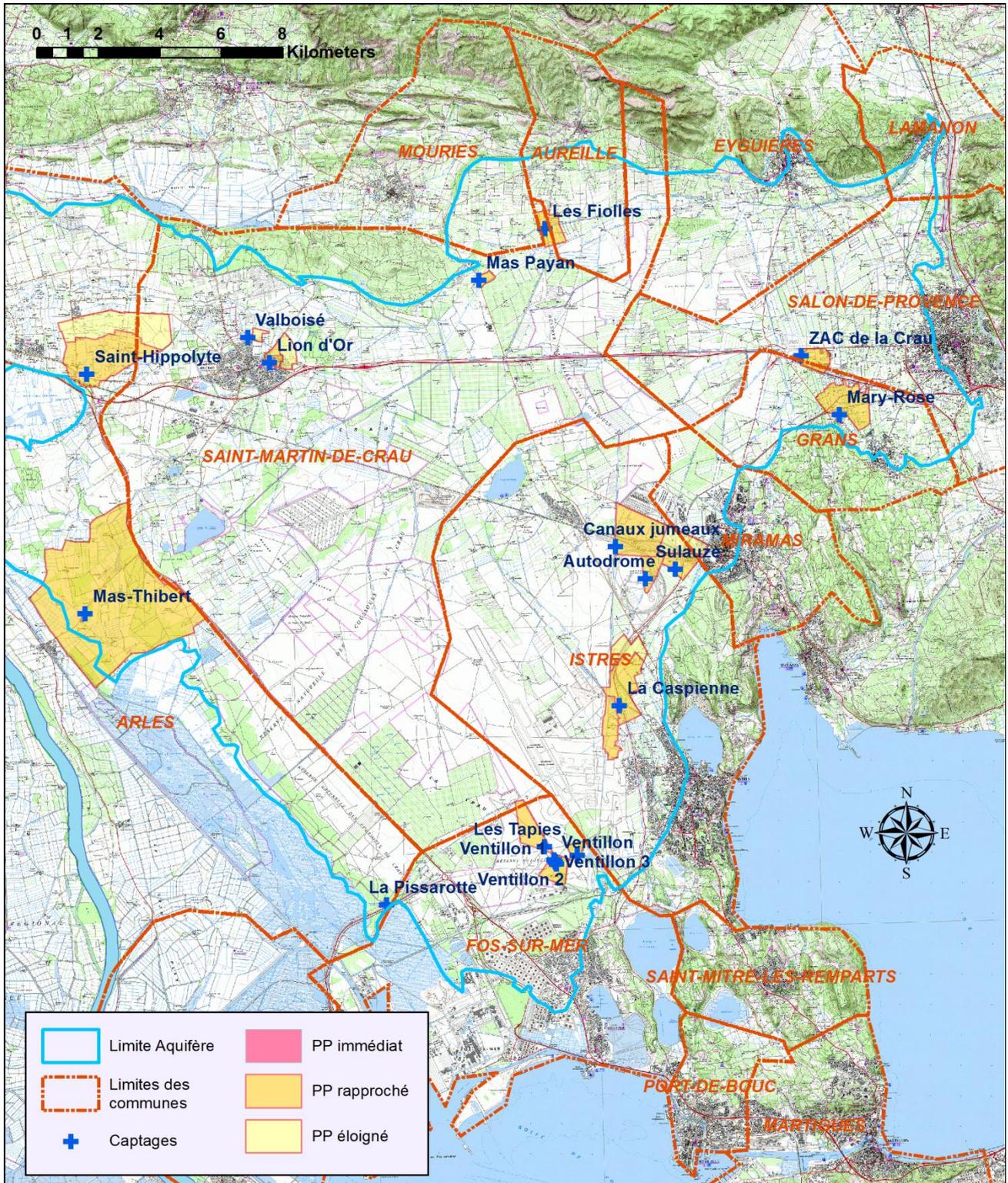
**Insistons : la localisation des zones de sauvegarde que nous proposons ici s'inscrit donc dans un schéma justificatif qui vise à satisfaire les besoins identifiés pour 2030, tant d'un point de vue quantitatif que qualitatif.**

## DES CHAMPS CAPTANTS NOMBREUX ET SUFFISANTS A UN HORIZON 2030

Cette étude a permis de proposer un bilan précis des prélèvements AEP.

La carte ci-dessous précise la localisation des champs captants et l'état de leur protection réglementaire. Seuls trois champs captants ne sont pas à ce jour protégés par des périmètres de protection : Canaux Jumeaux (en cours de régularisation, envisagée pour 2016), Fanfarigoule et Pissarotte.

Figure 47 : Localisation des champs captants et de leurs périmètres de protection.



Le tableau ci-dessous rappelle les productivités actuelles et théoriques (données issues d'essais de pompage) des champs captants, ainsi que le maximum autorisé en termes de prélèvements.

Figure 48 : Débits autorisés, capacités et évolution de champs captant en Crau (horizon 2030).

| Communes          | Captages       | Production actuelle | Capacité autorisé | Capacité tec max  | Besoin -<br>2030 |
|-------------------|----------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|
|                   |                | m <sup>3</sup> /j   | m <sup>3</sup> /j | m <sup>3</sup> /j |                  |
| Arles             | St Hyppolite   | 11 000              | 16 800            | 14 400            | 425              |
|                   | Mas Thibert    | 1 500               | 5 000             | plus de 10 000 ?  |                  |
| St Martin de Crau | Lion d'Or      | 600                 | 3 500             | 7 200             | 793              |
|                   | Valboisé       | 3 300               | 4 600             | 4 800             |                  |
|                   | Mas Payan      | 4                   | 8                 | ??                |                  |
| Aureille          | Les Fioles     | 550                 | 1 680             | ??                | 52               |
| Salon de Provence | ZAC Crau       | 3 800               | 8 400             | 12 000 ?          | 1 920            |
| Grans             | Mary Rose      | 700                 | 1 500             | ??                | 128              |
| Istres            | Caspienne      | 11 000              | 24 000            | 20 000            | 1 569            |
| Entressen         | Canaux Jumeaux | 1 200               | ND                | 16 800            |                  |
| Miramas/St Chanas | Sulauze        | 9 000               | 16 000            | ??                | 104              |
| Martigues         | Autodrome      | Entre 3 et 9 000    | 26 000            | 24 000            | 180              |
| PAM               | Ventillon      | 8 000               | 17 280            | 24 000            | 5 000            |
| Fos sur Mer       | Fanfarigoule   | 5 500               | ND                | ??                | 150              |
| Port de Bouc      | Tapies         | 7 000               | 9 000             | ??                | 119              |
| Port st Louis     | Pissarotte     | 2 800               | ND                | 3 000             | 1 022            |
| <b>Total</b>      |                | <b>70 000</b>       | <b>133 768</b>    | <b>114 200</b>    | <b>11 462</b>    |

On peut proposer une schématisation en grands blocs de production, en termes de gestion de l'eau potable à un horizon 2030 :

- Bloc Arles-St Martin de Crau-Aureille : besoins d'environ 18 000 m<sup>3</sup>/j en 2030 (soit environ 6,5 Mm<sup>3</sup>/an).
- Bloc Salon-de-Provence, Grans, Miramas : besoins d'environ 16 000 m<sup>3</sup>/j en 2030. Que nous proposons de majorer en y incluant un secours de 10 000 m<sup>3</sup>/j pour Martigues (proximité des captages de Canaux Jumeaux et de l'Autodrome) : soit un total approximatif de 26 000 m<sup>3</sup>/j (environ 9,5 Mm<sup>3</sup>/an).
- Bloc Istres, PAM, Fos-sur-Mer, Port-de-Bouc et Port St Louis-du-Rhône : besoins d'environ 43 000 m<sup>3</sup>/j en 2030 (soit environ 16 Mm<sup>3</sup>/an).

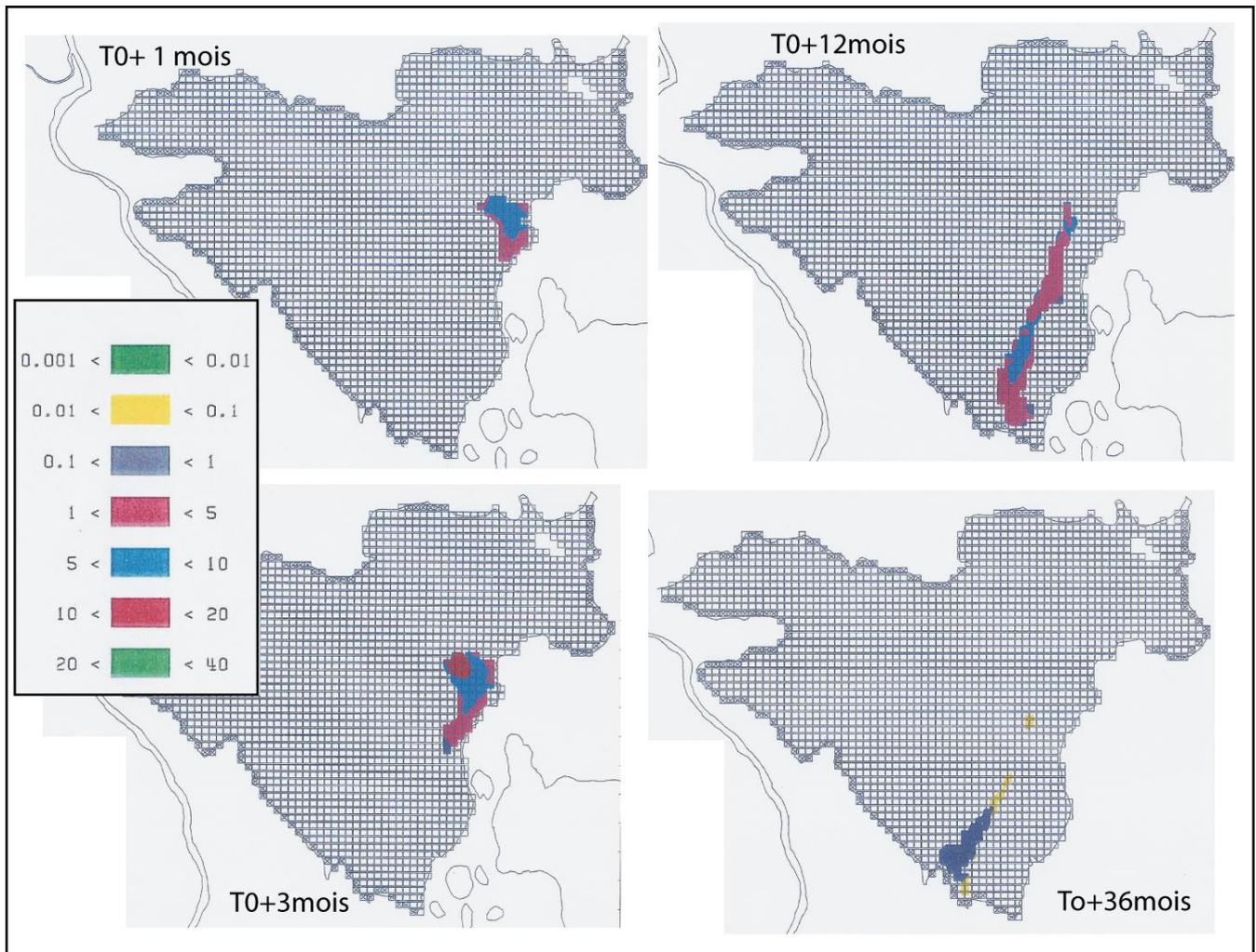
## DES NAPPES COMME DES « TUBES » D'ÉCOULEMENT

La nappe est très transmissive et les vitesses d'écoulement sont élevées. Il en résulte que les éventuels panaches de pollution sont très mobiles : ils sont difficiles à mesurer et peuvent se déplacer sur de grandes distances.

La structure de l'aquifère, relativement homogène, et son comportement hydrogéologique, avec des écoulements dans des sillons bien individualisés, induisent que l'on peut schématiquement faire correspondre à ces sillons des « tubes » d'écoulement. Cette représentation simplifiée est utile car elle permet de bien comprendre le chemin d'une éventuelle pollution qui rejoindrait la nappe. Arrivée dans la zone saturée, elle serait alors reprise par les écoulements selon une direction, un chemin imposé par l'orientation du sillon/tube concerné.

L'étude par simulation de Daum (1996) permet de bien représenter cette spécificité. Il montre selon plusieurs scénarios de pollution (injection brève, temporaire ou permanente) le chemin d'une pollution de surface répandue au niveau de Miramas. Cette pollution va alors parcourir le sillon de Miramas selon une direction grossièrement Nord-Sud et va ainsi, en quelques mois contaminer des kilomètres de nappe à l'aval du point d'injection.

Figure 49 : Simulation de propagation de polluants dans la nappe-Sillon de Miramas (Daum, 1996).



**C'est un point important : on ne peut réellement protéger la qualité des eaux prélevées en un point qu'en étendant la zone de sauvegarde sur de grandes distances dans l'amont hydraulique du point de captage.**

Notons que par le passé (Putallaz, 1974), la question de la sauvegarde patrimoniale de la nappe avait été abordée. Il avait alors été recommandé de mettre en place autour des captages AEP des périmètres de protection rapprochée d'au moins 250 m de large pour 1 000 mètres dans l'amont hydraulique (temps de transfert estimé entre 30 et 40 jours). Pour les périmètres de protection éloignée, il était proposé de les étendre à la totalité des principaux sillons exploités.

## UNE NAPPE VULNERABLE ET MENACEE

**La nappe est très vulnérable aux pollutions de sub-surface. Sur près de 90% de l'impluvium, toute pollution épandue sur le sol va rapidement s'infiltrer et trouver le chemin de la nappe. Ajoutons que la nappe est très menacée, déjà affectée localement par quelques pollutions historiques, les activités anthropiques de la plaine sont extensives et on peut identifier de nombreuses et multiples sources de pollution potentielle.**

Concernant les éléments de vulnérabilité, rappelons les éléments suivants :

- Localement, on observe la présence de sols hydromorphes, riches en argiles et en limons. Ils forment de véritables barrières en termes d'infiltration mais leur extension est malheureusement très limitée à quelques zones : autour de l'étang d'Entressen, à la proximité de la Touloubre et à la prolongation vers l'Est du Marais des Chanoines, sur la commune de St Martin de Crau (probable paléo zones de résurgence de la nappe).

- L'épaisseur de limons en couverture, pouvant localement atteindre près d'un mètre d'épaisseur, et la présence de poudingues ne sont pas des facteurs discriminants de premier ordre en termes de vulnérabilité : l'eau trouvera son chemin vers la nappe dans les fossés qui drainent les parcelles enlimonnées et les poudingues sont discontinus et fissurés. Tout au plus peut-on espérer que sur les parcelles très enlimonnées (+ 50 cm), les polluants soient pour partie fixés et/ou retardés. Comme Chatelet et al. (1972), nous pensons qu'il faut considérer cette nappe comme extrêmement vulnérable, puisqu'elle est libre sur l'ensemble de la plaine et que les cailloutis ont une excellente perméabilité verticale. Rappelons que même sur les zones les mieux protégées (secteur de Raphèle - faible épaisseur de limons et pourcentage élevé de poudingues) la nappe a des réactions fortes et quasi instantanées aux irrigations.

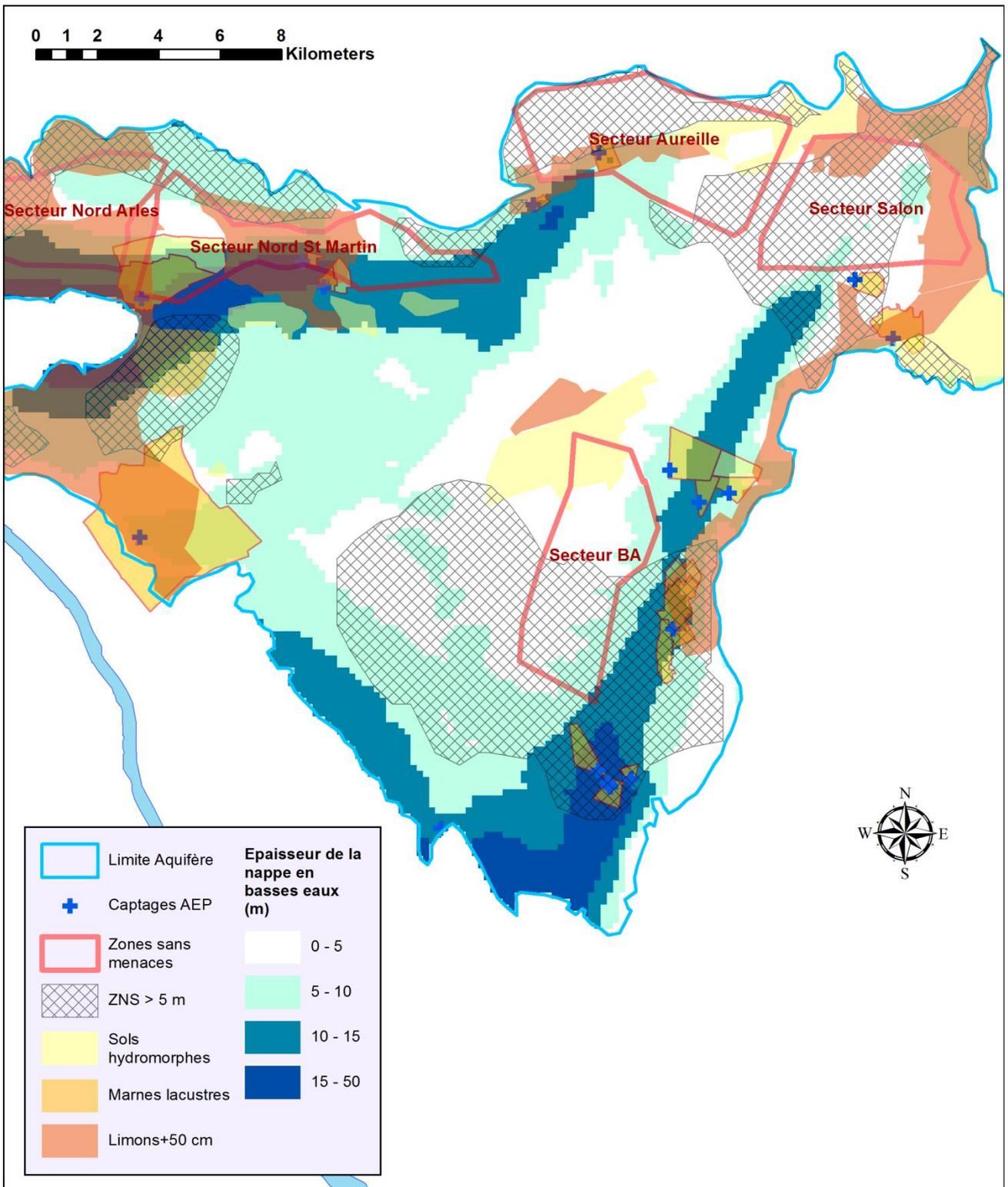
- Le seul paramètre discriminant en termes de vulnérabilité est l'épaisseur de cailloutis en zone non saturée. C'est donc cette zone que pourront avoir lieu des phénomènes de fixation et/ou de retards vis-à-vis d'une éventuelle pollution de sub-surface (et encore seulement vis-à-vis de certaines molécules). Or, en Crau, les épaisseurs de zone non saturée sont majoritairement faibles en situation de hautes eaux (< 5 m). Les secteurs avec de grosses épaisseurs de zone non saturée (>10 m) sont peu étendus et très localisés.

Répetons que les sources de pollution potentielle sont nombreuses et variées. Les secteurs de moindre menace se concentrent sur la bordure Nord de la plaine de Crau.

Pour finir, si on veut identifier les secteurs idéaux d'implantation des zones de sauvegarde susceptibles de répondre aux besoins des populations en eau potable, il faut caractériser les zones de nappe les plus productives. Nous avons vu qu'il est difficile de statuer a priori sur la productivité d'un forage en fonction de sa localisation. On peut cependant considérer qu'il y a plus de probabilités de recouper un horizon très perméable dans les zones de surépaisseur. Nous proposons donc paramètre a priori de probabilité de perméabilité suffisante, une épaisseur de nappe supérieure à 10m.

La figure ci-dessous montre la superposition des éléments de vulnérabilité de la nappe, les zones de moindre menacées et les zones de surépaisseur connues à ce jour. Nous y avons aussi fait figurer les champs captants AEP actuels.

Figure 50 : Croisement entre productivité, éléments de vulnérabilité structurelle de l'aquifère et menaces liées aux activités anthropiques.



On peut faire les observations suivantes :

- Les secteurs de productivité supposés (épaisseur de nappe >10m) protégés par un élément de vulnérabilité sont rares : extrémité Nord du sillon de Miramas, extrémité Sud du sillon de Miramas, extrémité Nord-Est du sillon d'Arles, environs de St Martin-de-Crau. Les captages structurellement « protégés » sont les suivants : Mas Thibert, Valboisé, Les Fiolles, ZAC de la Crau, La Caspienne, Ventillon, Tapies, Fanfarigoule. Répétons qu'il s'agit d'une protection faible et partielle vis-à-vis d'éventuelles pollutions de sub-surface (principalement un effet retardateur).
- Il n'y a qu'un seul secteur de productivité supposée et de moindres menaces : il s'agit de la moitié Nord du sillon d'Arles aux environs de St Martin-de-Crau.
- Il n'y a pas de secteur de nappe de productivité supposée, sans menaces pour la qualité des eaux souterraines et disposant d'une protection « naturelle ».

## PROPOSITION D'UNE STRATEGIE GLOBALE

### PRINCIPES

Rappelons le principe directeur de la stratégie que nous proposons : il est impératif de sécuriser la ressource en eau potable d'un point de vue qualitatif mais en tenant compte des besoins estimés à un horizon 2030.

Commençons par rappeler que le périmètre de chaque ZS sera déterminé en phase 2 de l'étude. Ce que nous proposons ici sont des secteurs susceptibles d'accueillir les zones de sauvegarde ; leurs limites en sont par nature imprécises. Il est possible que les périmètres définitifs des ZS soient plus réduits que les limites des secteurs mais l'inverse est aussi envisageable.

L'argumentaire développé ci-après permet de proposer 4 secteurs susceptibles d'accueillir des zones de sauvegarde exploitées (ZSE) : il s'agit de protéger des captages jugés d'ores et déjà essentiels pour l'alimentation eau potable des populations dépendants de la nappe.

Il faut y ajouter 5 secteurs pour des zones de sauvegarde non exploitées actuellement (ZSNEA), qui sont proposés dans une logique de sécurisation de la ressource en eau. Notons que deux d'entre elles correspondent à du renforcement de champ captant structurant ; les zones de sauvegarde sont susceptibles de varier en dimension en fonction des choix de sécurisation qui seront pris en fin d'étude (possibilité d'augmentation des capacités des champs captants) : en effet, le périmètre définitif des zones de sauvegarde est très dépendant des objectifs de production que l'on associe aux zones de sauvegarde. Il est évident que pour un même champ captant, le périmètre d'une zone de sauvegarde pour un débit objectif de 4 000 m<sup>3</sup>/j est plus réduit que celui d'une zone de sauvegarde de 18 000 m<sup>3</sup>/j. On aura donc au final cinq ZSNEA : trois sur des secteurs sans captage structurant et deux correspondant à un renforcement des capacités de production de captages structurants pour le territoire.

**A ce stade de l'étude, nous ne pouvons que proposer que des principes de politiques de sécurisation. De ces politiques découlent le positionnement de grands secteurs de production auxquels on rattache des débits objectifs en fonction des besoins identifiés.**

En fin de phase de phase 1, plusieurs éléments restent encore à déterminer :

- La faisabilité technique et économique des scénarios, ainsi que leur acceptabilité par les acteurs du territoire. Ce sont des points qui seront travaillés en phase 2 de l'étude.
- Les choix définitifs des politiques de sécurisation qui vont impliquer le choix des zones de sauvegarde à conserver in fine. De tels choix, très engageants pour tous les acteurs du territoire, ne pourront être arrêtés qu'en fin d'étude quand aura été acquis le maximum d'informations sur les conséquences que pourraient avoir les mises en place des zones de sauvegarde (implications réglementaires, économiques et juridiques).

Nous proposons donc de continuer à étudier tous les secteurs proposés ci-dessous durant les phases ultérieures de l'étude.

### ZONES DE SAUVEGARDE EXPLOITEES (ZSE)

**On peut d'ores et déjà définir les captages dits structurants au regard de la dépendance de la nappe des communes qui les exploitent (>80%) et à la population desservie (> 5 000 personnes).**

Au regard de ces critères, on peut identifier 9 captages dits structurants pour le territoire :

- St Hippolyte.
- Lion d'Or.
- ValBoisé.
- Caspienne.
- Ventillon.
- Fanfarigoule.
- Tapiès.

- Sulauze.
- Pissarote.

Avant de définir des zones de sauvegarde, rappelons que deux champs captants très importants en termes de volumes distribués font l'objet d'une procédure d'abandon : Pissarotte et Sulauze. Au vu du contexte hydrogéologique de ces champs captants, c'est une politique que nous recommandons et nous acterons pour la suite de l'étude, le report des prélèvements respectivement vers Super Ventillon et vers Canaux Jumeaux qui deviendra à court terme un captage structurant.

**Au vu de la disposition des captages structurants pour le territoire, on peut proposer 4 secteurs susceptibles d'accueillir des zones de sauvegarde d'ores et déjà exploitées (ZSE) pour protéger les champs captants structurants :**

- Secteur dit de St Hippolyte : il faudra définir une zone de sauvegarde pour le champ captant de St Hippolyte qui est capital dans la distribution d'eau potable pour la ville d'Arles.
- Secteur dit de St Martin : Lion d'Or/Valboisé qu'il faut considérer comme une même unité de production : même nappe, même population desservie, forte proximité géographique.
- Secteur dit de Miramas : il vise à protéger le futur champ captant de Canaux Jumeaux qui viendra en substitution de Sulauze. Dans un souci d'efficacité, nous proposons d'étendre les limites du secteur de façon à assurer une protection au champ captant de l'Autodrome.
- Secteur dit du Super Ventillon : il aura pour objectif de sécuriser l'approvisionnement en eau potable des captages de Ventillon/ Fanfarigoule/Tapies et future substitution de La Pissarote, qu'il faut aussi considérer comme une même unité de production (même nappe avec une grande proximité des forages) mais aussi celui de la Caspienne situé quelques kilomètres dans l'amont hydraulique. Les besoins cumulés sont estimés à environ 38 000 m<sup>3</sup>/j en 2030. Cette zone concentre des problèmes de qualité et une forte pression en termes de prélèvements mais elle bénéficie en amont de zones naturelles et agricoles favorables (en aval d'Entressen). L'objectif ici est de réduire les menaces sur les captages existants et de les sécuriser pour l'avenir. Les options techniques autour de ce bloc sont réduites : protection des nombreux champs captants par l'instauration d'une zone de sauvegarde très étendue (secteur dit du super Ventillon) et travail en phase 2 pour éventuellement localiser à l'intérieur de ce secteur/zone d'éventuelles nouvelles zones de captage pour implanter des forages de secours.

Le cas du captage de Marie Rose pour la commune de Grans est discutable. La population desservie, bien qu'inférieure à 5 000 personnes est importante. Elle dépend uniquement de cette ressource. Nous proposons cependant de ne pas associer de zone de sauvegarde à ce captage pour les raisons suivantes :

- Le captage est une source et on peut difficilement imaginer augmenter les prélèvements sur ce point de production.
- Le captage est actuellement protégé par des périmètres de protection que l'on peut juger suffisants pour la protection des eaux souterraines captées. L'ajout d'une zone de sauvegarde n'aurait pas ou peu d'impact sur cette protection.
- Le captage doit être sécurisé par une mise en connexion avec les réseaux de Salon-de-Provence plus au Nord en 2016, alimentés par le forage de la ZAC de la Crau. Or, ce captage présente une capacité de production bien supérieure à la source Marie Rose et il paraît plus pertinent de renforcer sa protection.

**ZONES DE SAUVEGARDE NON EXPLOITEES ACTUELLEMENT (ZSNEA)**

L'argumentaire développé ci-dessous nous conduit à proposer d'étudier la faisabilité de 5 ZSNEA :

- Secteur du Mas Thibert : sécurisation du bloc Arles / Saint-Martin-de-Crau / Aureille.
- Secteur d'Aureille : sécurisation du bloc Arles/Saint-Martin-de-Crau/Aureille ou du bloc Salon/Grans/Miramas.
- Secteur de Salon : sécurisation du bloc Salon/Grans/Miramas.
- Extension du secteur St Martin-de-Crau pour la sécurisation du bloc Arles/Saint-Martin-de-Crau/Aureille.
- Extension du secteur Miramas pour la sécurisation du bloc Salon/Grans/Miramas.

Répetons que certaines zones sont en concurrence en termes de politiques de sécurisation. Toutes ne seront donc pas conservées en fin d'étude.

Bloc Arles / Saint-Martin-de-Crau / Aureille :

Les besoins cumulés sont estimés à environ 18 000 m<sup>3</sup>/j en 2030.

Pour ce bloc, la question principale est celle de la sécurisation des communes d'Arles et de St Martin de Crau. Actuellement, les deux communes sont interconnectées mais la sécurisation ne peut se faire que pour St Martin et en limite de capacité pour les champs captants d'Arles ; les champs captants de St Martin seraient dans l'impossibilité technique de satisfaire les besoins de la commune d'Arles.

Les sens d'écoulement de la nappe montrent que les captages de St Hippolyte et Valboisé/Lion d'Or ne sont pas alimentés par la même portion de nappe. Nous savons que St Hippolyte peut venir en secours des captages de St Martin-de-Crau mais que l'inverse n'est pas possible. Il y a donc nécessité de définir une nouvelle zone de production pour sécuriser St Hippolyte.

Trois options possibles pour ce bloc :

1- On décide de sécuriser les prélèvements de ces 3 communes en renforçant les capacités du champ captant de Mas Thibert ; les données techniques montrent que cette option est faisable. Ceci étant, il y a un risque potentiel de conflits d'usages puisque le forage de Mas Thibert est fortement concurrencé par les forages agricoles, avec un risque de dégradation de sa qualité par remontée potentielle du biseau salé. La sécurisation pour l'AEP signifierait alors la réduction voire la suppression de tout ou partie des forages agricoles aux alentours de Mas Thibert. Il existe aussi un risque d'impact sur les zones humides situées dans l'aval hydraulique du champ captant.

2- On décide de renforcer les capacités de production dans le secteur de Saint-Martin-de-Crau. Il faudrait alors implanter de nouveaux forages car les forages existants ne sont pas capables de fournir le débit objectif. Cette option semble cependant difficile techniquement : les données de forage montrent des cailloutis fortement indurés avec des perméabilités relativement médiocres. Une telle option impliquerait une forte extension du périmètre de la zone de sauvegarde rattachée à ces points de production.

3- On implante un nouveau champ captant sur Aureille (secteur des Fiolles) qui laisse espérer des capacités de production suffisantes, une relative protection et des pollutions potentielles plus rares qu'ailleurs. Cette option amène à définir une zone de sauvegarde très étendue qui sanctuarise Aureille et pourrait empiéter sur Eyguières. La question du raccordement de cet hypothétique nouveau champ captant avec les réseaux de St Martin de Crau devra alors être étudiée. Il est aussi possible d'envisager un raccordement au bloc Salon/Grans/Miramas à partir de ce secteur.

Selon le choix qui sera fait durant l'étude, on pourrait ainsi avoir de deux (St Martin et St Hippolyte) à quatre zones de sauvegarde (St Martin et St Hippolyte mais aussi Mas Thibert et/ou Aureille) pour sécuriser l'alimentation en eau potable de ce bloc.

Bloc Salon-de-Provence / Grans / Miramas :

Les besoins cumulés sont estimés à environ 26 000 m<sup>3</sup>/j en 2030.

Deux options sont possibles pour ce bloc :

1. Nous proposons d'étudier la faisabilité d'implantation d'une zone de sauvegarde au Nord-Ouest du forage de la ZAC de Crau, sur la commune de Salon-de-Provence. Ce secteur est susceptible de fournir des capacités de production suffisantes, de bénéficier d'une relative protection qualitative (secteur agricole et naturel en amont des pressions) et avec des pollutions potentielles plus rares qu'ailleurs. L'objectif serait de produire un secours total ou partiel aux communes situées en aval dans le sillon de Miramas.

2. Renforcement de la capacité de production autour du champ captant de Canaux Jumeaux. C'est une option « difficile » car elle devra être validée sur de nombreux plans (capacités techniques de prélèvement, réalité de la protection au regard des menaces, acceptabilité politique,...) mais elle présente l'avantage d'une symétrie de la logique de secours avec une solidarité amont-aval renforcée.

Pour ce bloc, on aura ainsi une ou deux zones de sauvegarde pour assurer la sécurisation de l'alimentation en eau potable (obligatoirement secteur de Miramas pour Miramas ZRE, optionnellement secteur de Salon).

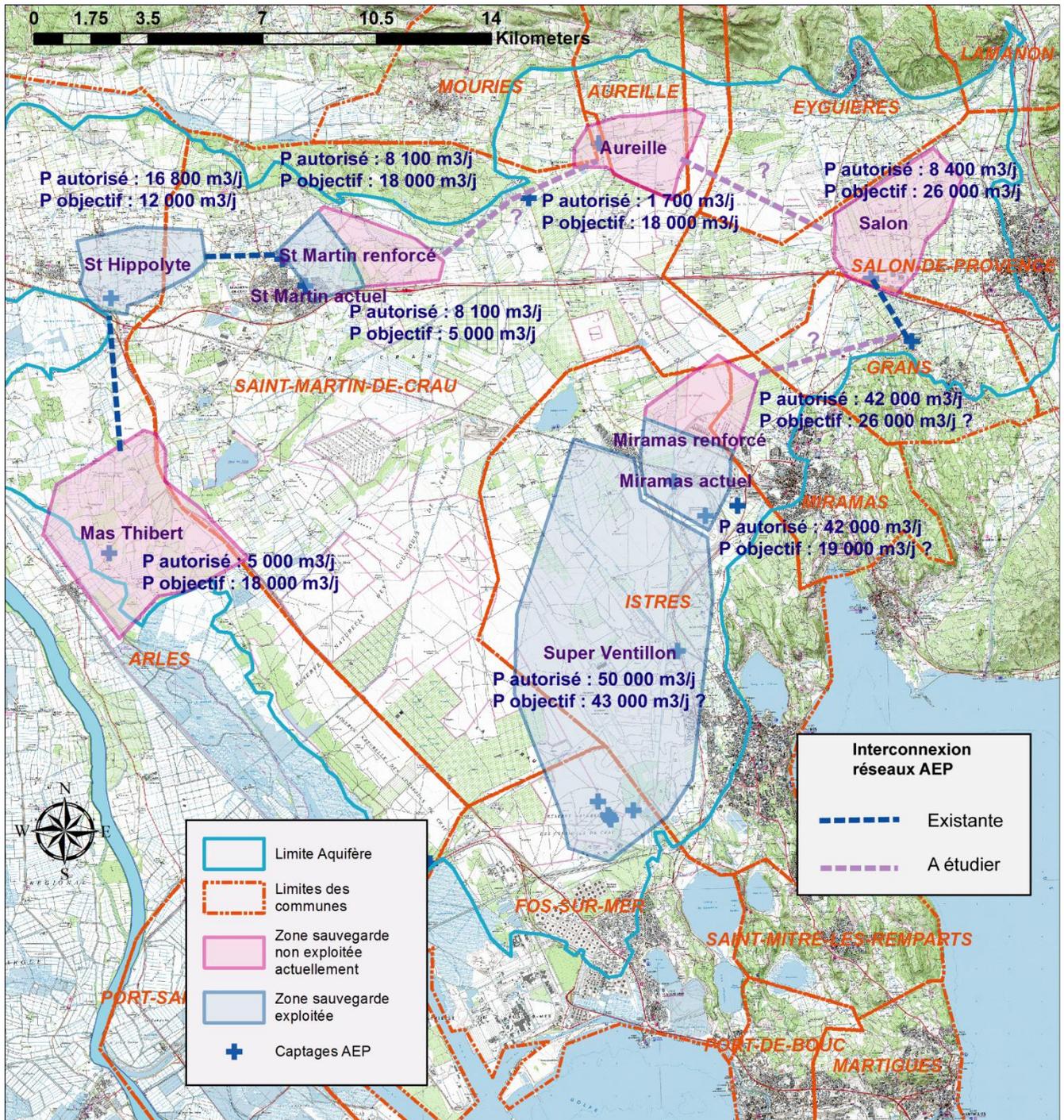
Bloc Istres / Grand Port de Marseille / Fos / Port de Bouc / Port-Saint-Louis

Les besoins cumulés sont estimés à environ 43 000 m<sup>3</sup>/j en 2030.

Pour ce bloc, il est difficile de proposer une autre zone de production en secours de tous les captages situés dans la moitié Sud du sillon de Miramas. Les volumes prélevés sont très importants et il nous semble que la probabilité de localiser des secteurs à ce niveau de productivité dans le quart Sud-Est de la nappe est très faible. Pour cela, il faudra implanter une ligne de forages de plusieurs kilomètres, orientée perpendiculairement au sillon et aux écoulements. L'idée directrice serait de se positionner sur la bordure Ouest du sillon, en marge des flux principaux. Son dimensionnement serait très problématique car, sur ce secteur, la nappe est peu épaisse (< 10 m) : entre 20 et 40 forages si on prend l'hypothèse d'un rabattement dynamique de 1 m maximum pour des débits compris entre 50 et 100 m<sup>3</sup>/h (objectif de production de 2 000 m<sup>3</sup>/h pour une production de 20h par jour) ; le secteur proposé pour la zone de sauvegarde du Super Ventillon permet une telle option (zone directement au Nord de la Base Aérienne).

A notre avis, il y a donc d'abord obligation à renforcer la protection des eaux souterraines pour ces captages en définissant une zone de sauvegarde extensive pour laquelle les prescriptions seront sévères.

Figure 51 : Stratégie globale de distribution des ZS (limites approximatives).



La figure ci-dessus présente les contours des secteurs presentis pour accueillir les zones de sauvegarde. Nous parlons volontairement de secteurs car la stratégie globale doit faire l'objet d'un avis du COPIL en fin de phase 1. Rappelons que la définition stricte des périmètres des zones de sauvegarde se fera en phase 2 et que le choix définitif des zones à sauvegarder sera fait en fin d'étude. Il est possible et probable que les périmètres des ZS ne correspondent pas strictement aux limites des secteurs ici présentés. Sur la base de critères scientifiques explicites et argumentés, certains périmètres pourraient être réduits ou alors étendus.

Les figures ci-dessous présentent les contours des secteurs presentis pour accueillir les zones de sauvegarde.

Figure 52 : Secteur de la ZSE de St Hippolyte (limites approximatives).

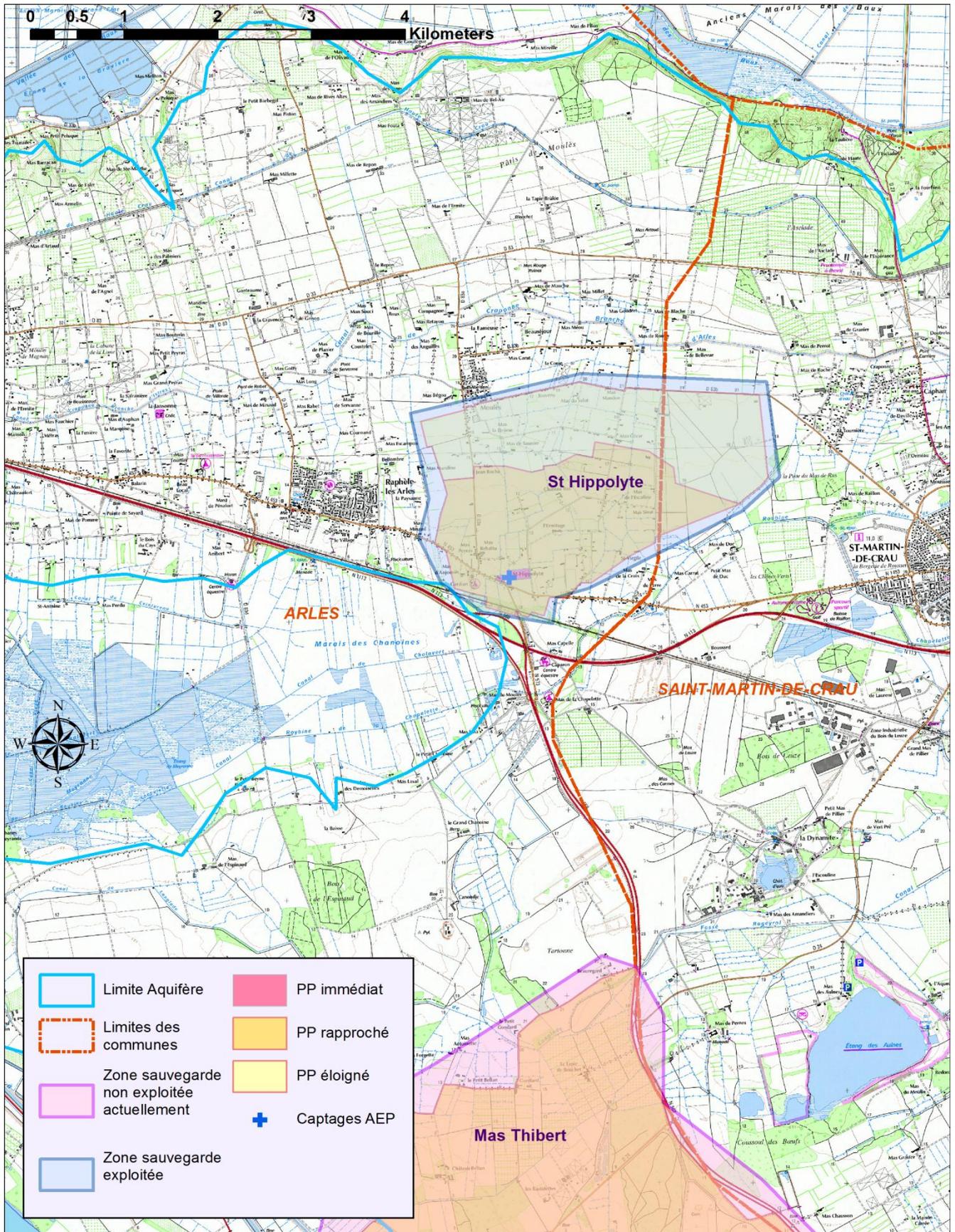


Figure 53 : Secteur de la ZSE et ZSNEA de St Martin de Crau (limites approximatives).

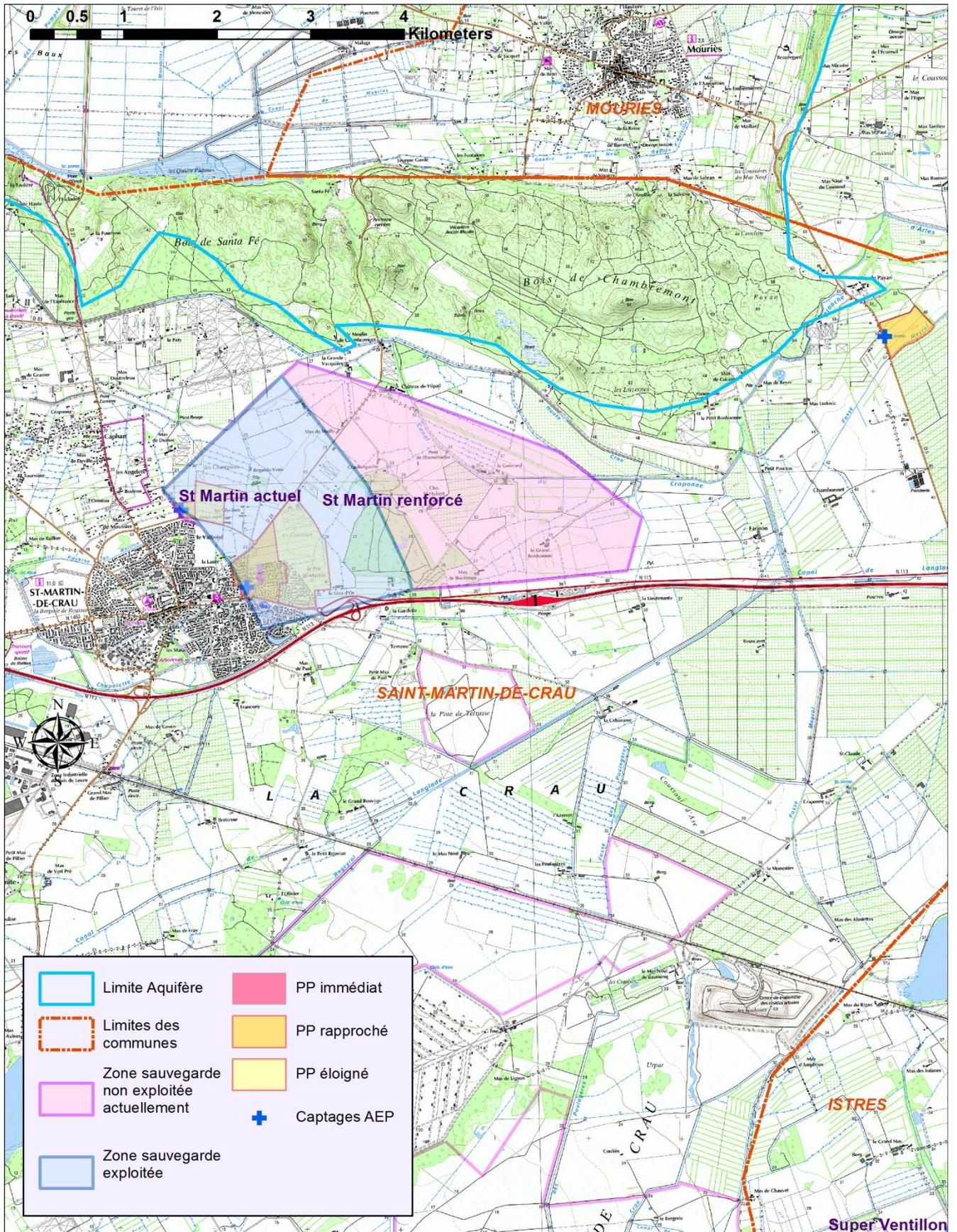


Figure 54 : Secteur des ZSE et ZSNEA de Miramas (limites approximatives).

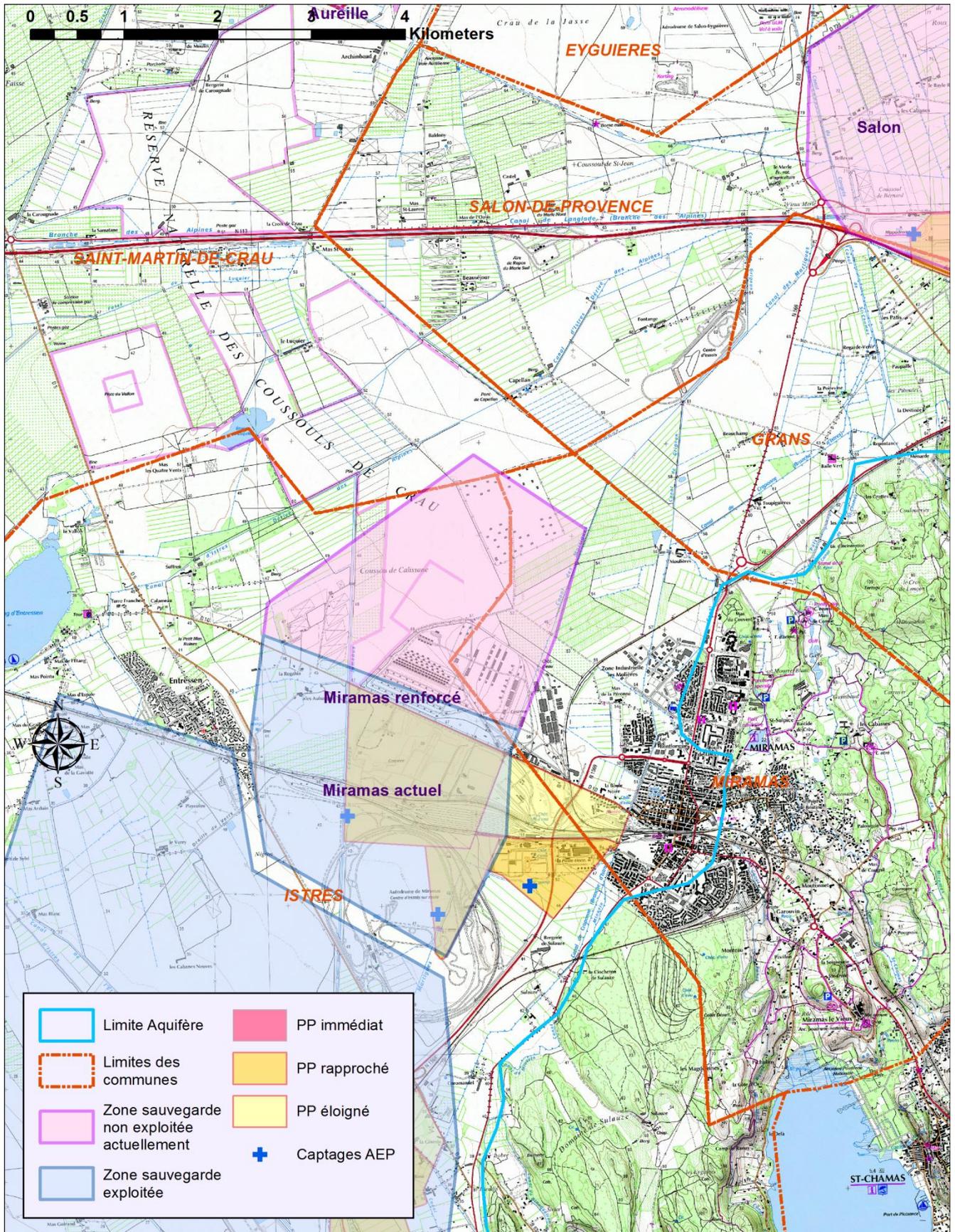


Figure 55 : Secteur de la ZSE de Super Ventillon (limites approximatives).

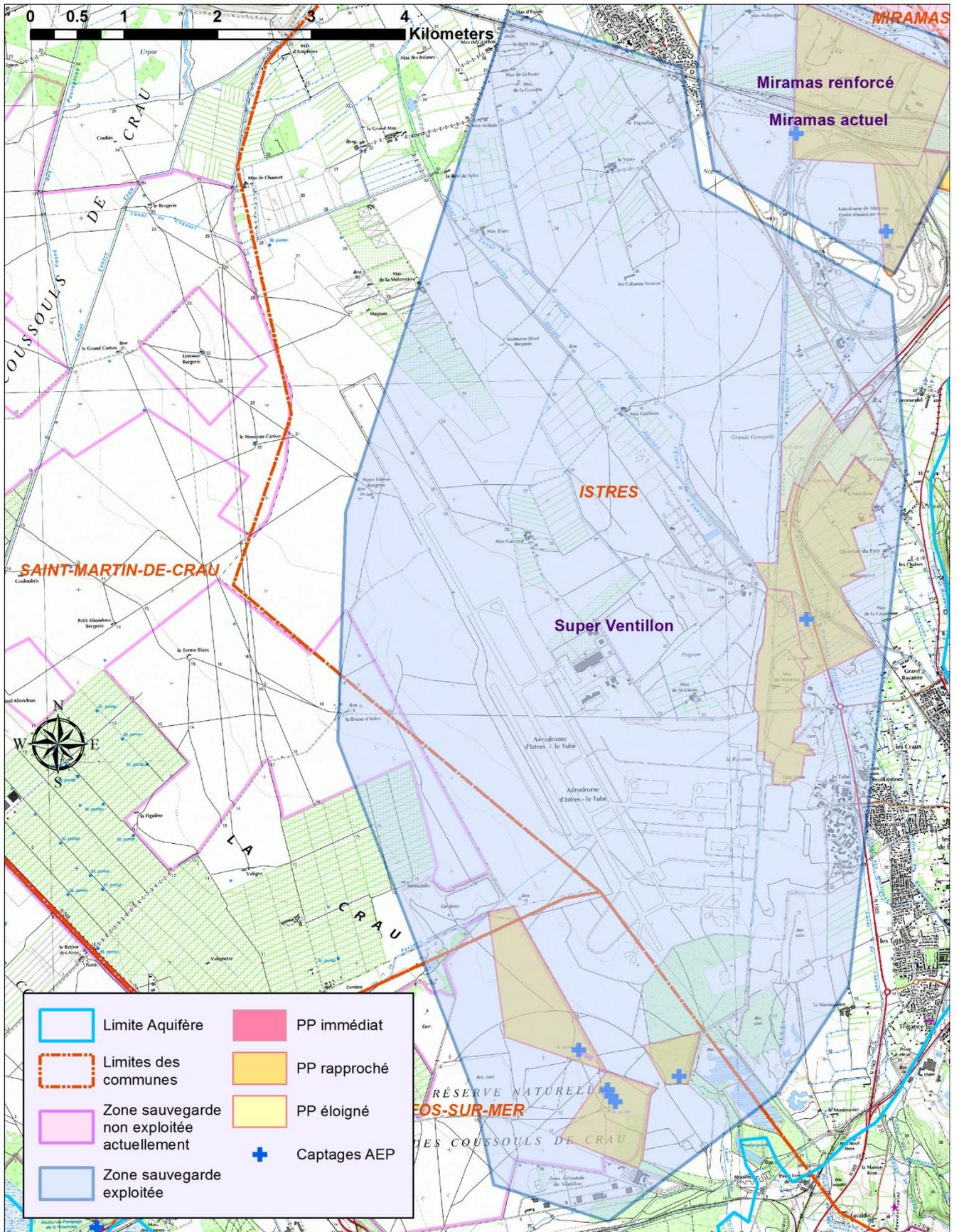


Figure 56 : Secteur de la ZSNEA du Mas Thibert (limites approximatives).

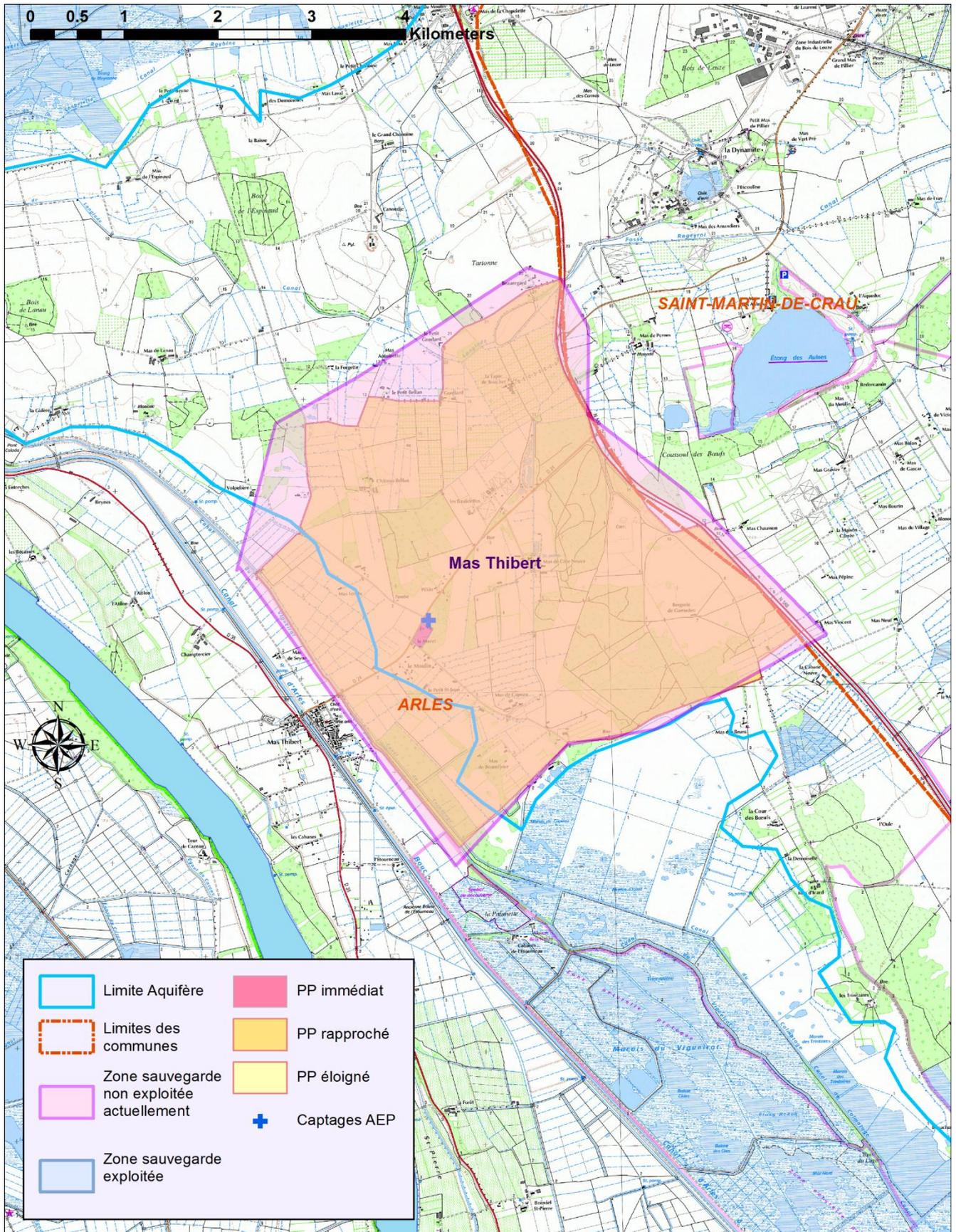


Figure 57 : Secteur de la ZSNEA d'Aureille (limites approximatives).

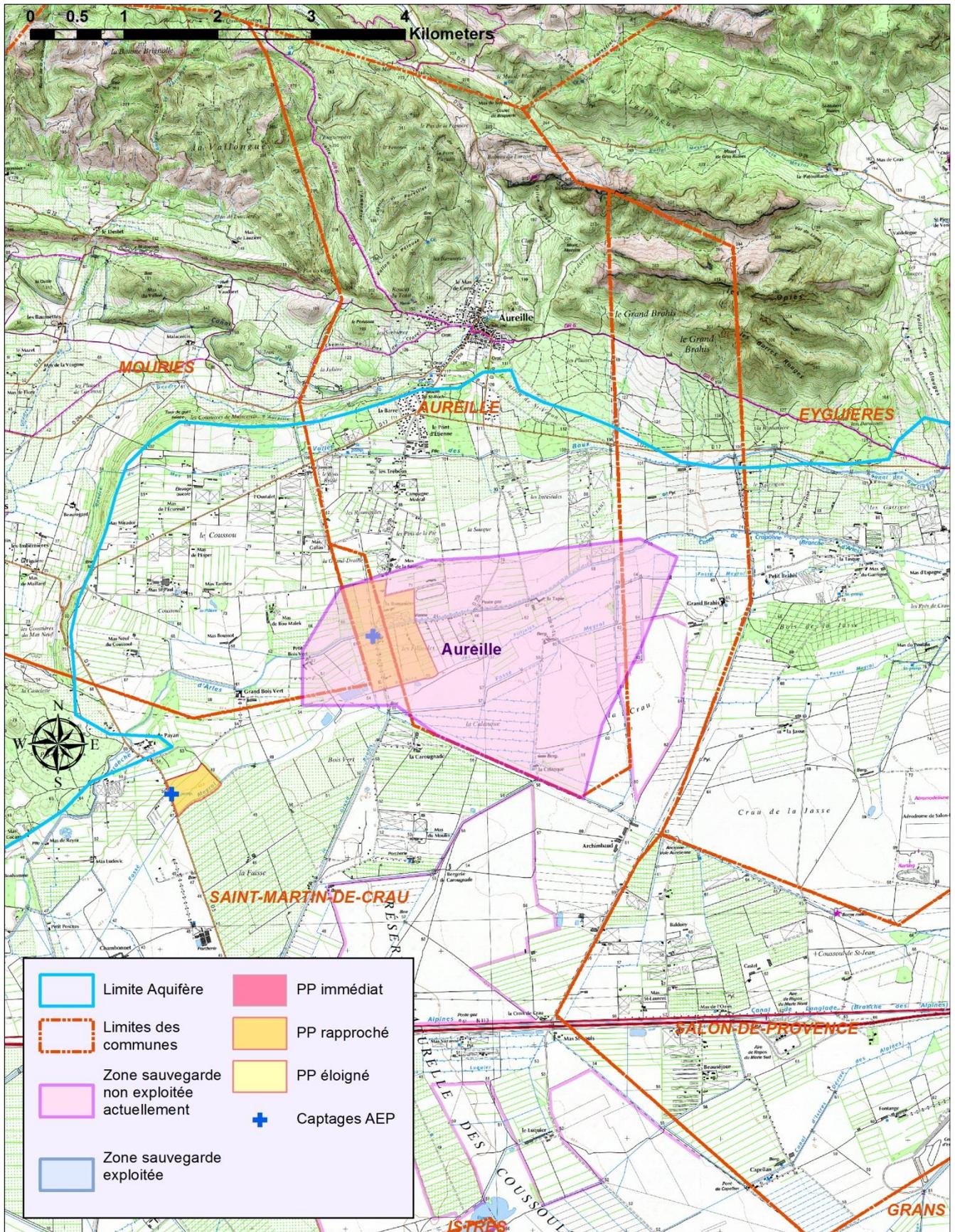
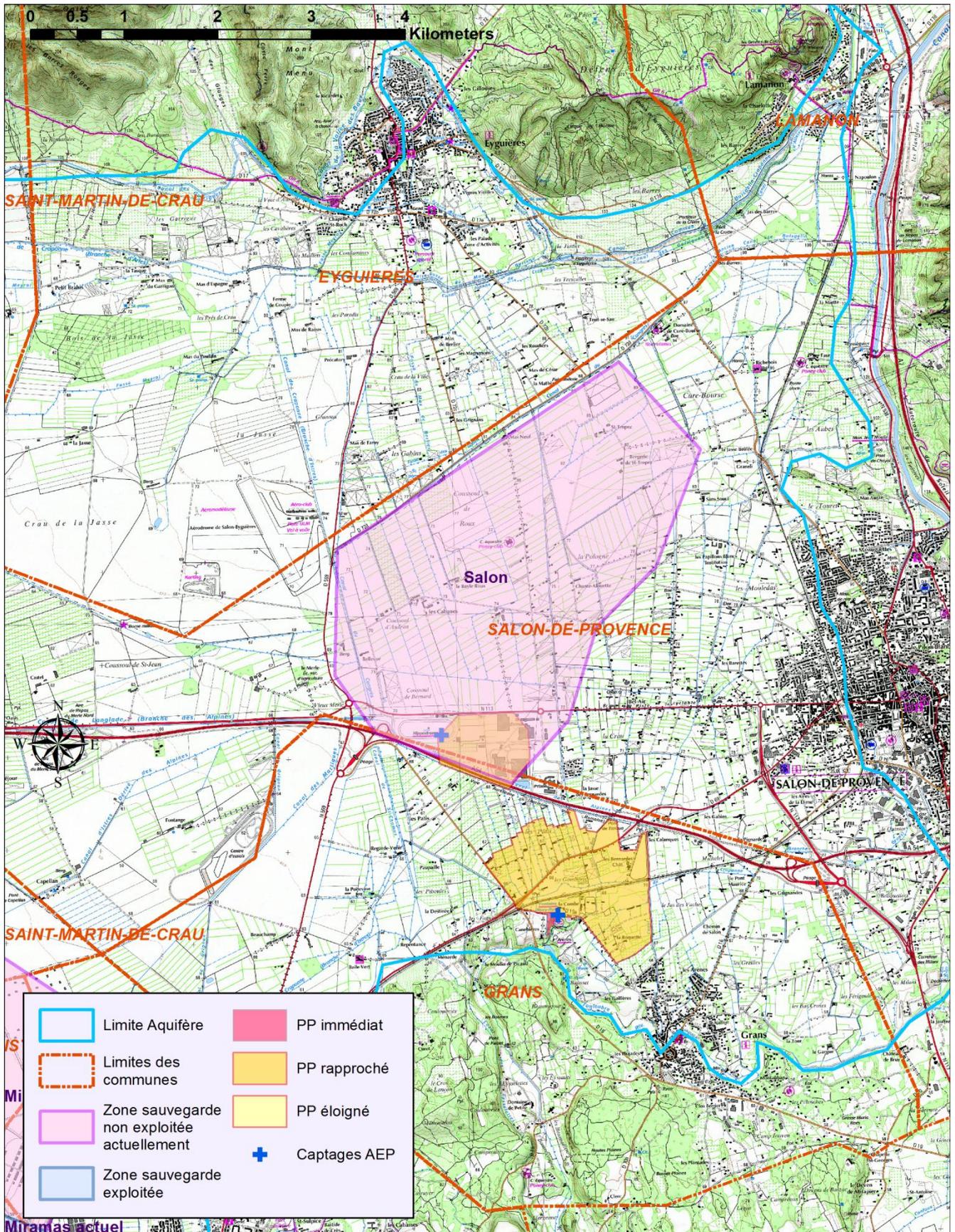


Figure 58 : Secteur de la ZSNEA de Salon en Provence (limites approximatives).



## 4.2 COMPATIBILITES DES ZONES DE SAUVEGARDE

Le tableau ci-dessous fait le point sur notre connaissance des documents d'urbanisme qui régissent le droit du sol pour les communes de la plaine de Crau.

Figure 59 : Etat des lieux des documents d'urbanisme en vigueur sur la plaine de la Crau (POS et PLU).

| Communes             | Document en vigueur | Etat PLU                            | Stade d'avancement   | Prochaines étape  |
|----------------------|---------------------|-------------------------------------|--|---|
| Miramas              | PLU approuvé        | ???                                 | 26-juin-13   | Pas de connaissance   |
| Istres               | PLU approuvé        | Révision                            | PLU Approuvé le 26/06/14   | Pas de document sur la révision en cours. Pas de connaissance sur l'état d'avancement.  |
| Grans                | PLU approuvé        | Révision                            | PLU Approuvé le 19/11/11   | Révision au stade du PADD qui doit être finalisé en mars 2016.  |
| Salon de Provence    | POS                 | PLU arrêté en cours de révision     | Plu arrêté le 20/07/15   | Consultation des PPA en cours. Enquête publique Prévue à partir du 15/11/15. Date prévue pour l'approbation : février 2016.       |
| Eyguières            | POS                 | PLU arrêté en cours de révision     | Plu arrêté le 16/06/16   | Consultation des PPA réalisée. Enquête publique en cours. Date finale le 30/10/15. Date prévue pour l'approbation : janvier 2016. |
| Arles                | POS                 | PLU non arrêté en cours de révision | PADD + Diag réalisés   | PADD + Diag réalisés. OAP + règlement + documents graphiques . Dâte d'arrêt non connue.   |
| Fos sur mer          | POS                 | PLU non arrêté en cours de révision | Mis en révision le 13/10/14                                      | Mis en révision le 13/10/14. Aucune information connue . Dâte d'arrêt non connue.   |
| Mouriès              | POS                 | PLU non arrêté en cours de révision | Reprise du PADD en ce moment                                     | Reprise du PADD en ce moment. OAP + règlement + documents graphiques . Date d'arrêt prévue pour juin 2016.                        |
| Saint Martin de Crau | POS                 | NON                                 | Le PLU approuvé le 5/07/2011 a été annulé par le TA de Marseille | Le PLU approuvé le 5/07/2011 a été annulé par le TA de Marseille  |

|                 |     |     |                             |                             |
|-----------------|-----|-----|-----------------------------|-----------------------------|
| <b>Aureille</b> | POS | OUI | PADD en cours d'élaboration | PADD en cours d'élaboration |
| <b>Lamanon</b>  | POS | OUI | PADD en cours d'élaboration | PADD en cours d'élaboration |

Nous avons produit une première analyse rapide de ces documents d'urbanisme, afin d'identifier d'éventuels points d'alerte sur l'introduction de zones de sauvegarde :

- La zone de sauvegarde de Lion d'Or et Val Boisé à Saint-Martin-de-Crau : cette première analyse met en avant des difficultés potentielles pour sauvegarder la ZS. Des projets d'urbanisation à vocation de logements sont prévus sur le secteur Val Boisé sous forme d'orientation d'aménagement et de programmation.
- La zone de sauvegarde Les Fiolles sur Aureille ne laisse pas apparaître de difficultés de protection de la zone de sauvegarde.
- La zone de sauvegarde ZAC de Crau à Salon-de-Provence est touchée par un projet de déviation qui touche toutefois de manière limitée le secteur de ZS.
- La zone de sauvegarde de Miramas est soumise à des pressions économiques importantes et un grand projet routier porté par l'Etat, la déviation Istres-Miramas,
- La zone de sauvegarde Super Ventillon est concernée par des projets d'extension économique et un grand projet routier (déviation Istres-Miramas).

Répetons qu'il s'agit d'une première approche de la caractérisation des zones de sauvegarde au regard des documents d'urbanisme qu'ils soient en vigueur ou en cours de révision selon les cas. Un travail d'analyse plus approfondi sera produit en phase 2 de l'étude.

De la même façon, une première analyse croisée avec les SCOTs a été produite.

*Figure 60 : Etat des lieux schémas de cohérence territoriale sur la plaine de la Crau.*

| SCOT           | Etat     | Prochaines étapes          |                   |                       |                  |                     |
|----------------|----------|----------------------------|-------------------|-----------------------|------------------|---------------------|
| Agglopoles     | Approuvé |                            |                   |                       |                  |                     |
| Ouest Provence | Arrêté   | Enquête publique           |                   |                       |                  |                     |
| Pays d'Arles   | Projet   | DOO en cours d'élaboration | Arrêter le projet | Consultations des PPA | Enquête publique | Approbation du Scot |

**SAINT-MARTIN-DE-CRAU : ZONE DE SAUVEGARDE DE LION D'OR ET VAL BOISE.**Document d'urbanisme en vigueur :

POS en vigueur, le PLU approuvé le 5 juillet 2011 a été annulé par le TA de Marseille. Le PLU redeviendrait opposable, la cour d'appel annulerait le jugement du TA. Le positionnement de la zone de sauvegarde dans les documents d'urbanisme tient compte du POS et du PLU.

Classement de la zone de sauvegarde au POS et PLU :

Au POS en vigueur, une partie du secteur de la zone de sauvegarde est classée en zone d'urbanisation future sur le secteur de Val Boisé (1NA +2 NA). Le reste du projet de ZS fait l'objet d'un classement en zone naturelle et zone agricole.

Au PLU, ce classement est confirmé par une zone 1AUba, zone d'urbanisation future couverte par une orientation d'aménagement et de programmation dédiée à la création d'un quartier de logements dénommé secteur 1, OAP les Colonnes. L'OAP ne donne pas le nombre de logements créés. Un projet de nouvelle voie routière touche également le projet de ZS.

Le reste de la ZS est classée en zone A ou N.

Classement de la zone de sauvegarde au regard du SCoT du pays d'Arles :

Positionnement de Saint-Martin-de-Crau au projet de SCoT du pays d'Arles : polarité urbaine structurante, pôle industriel et logistique en réseau avec Arles. Renforcement des liaisons Arles-Tarascon et Saint-Martin-de-Crau.

**AUREILLE : ZONE DE SAUVEGARDE LES FIOILLES.**Document d'urbanisme en vigueur :

POS en vigueur approuvé le 11/05/1983. Document en cours de révision.

Classement de la zone de sauvegarde au POS :

Au POS en vigueur, la zone de sauvegarde est classée en zone agricole dans son intégralité. Deux emplacements réservés n°5 et 7 sont inscrits sur le document graphique. Les documents fournis ne précisent pas la destination de ces ER. Il semble qu'il s'agisse d'élargissement de voie ou de création de voies nouvelles.

Il sera nécessaire de vérifier si la révision générale en cours confirme ce classement et ces ER.

Classement de la zone de sauvegarde au regard du SCoT du pays d'Arles :

Positionnement d'Aureille au projet de SCoT du pays d'Arles : positionnement de bourgs et villages.

**SALON-DE-PROVENCE : ZONE DE SAUVEGARDE ZAC DE CRAU**Document d'urbanisme en vigueur :

PLU en vigueur approuvé le 26 juin 2013. PLU en cours de révision.

Classement de la zone de sauvegarde au PLU approuvé :

Au PLU arrêté, le projet de ZS est classé en zone agricole (A) pour sa grande majorité. Sur le secteur de l'hippodrome, un classement en zone 1AUL affecte une partie de la ZS. L'ensemble de la ZS est affecté par un risque inondation par ruissellement urbain. Une partie du patrimoine hydraulique est protégée.

Le projet de ZS n'est pas contrarié par le PLU arrêté. Il faut néanmoins soulever qu'à proximité de la ZS, à l'Ouest, un projet de rocade est prévu. Emplacement réservé n°1 du PLU, dont la voie a une emprise de 30 mètres. 143 000 m<sup>2</sup> sont affectés par cette voie nouvelle située à proximité du projet de ZS. L'emplacement réservé inscrit au PLU est porté par le Département 13.

Classement de la zone de sauvegarde au regard du SCoT Agglopolo :

Positionnement de Salon-de-Provence au SCoT Agglopolo approuvé : positionnement dans le secteur de Provence Salonaise, pôle d'équilibre de la Région urbaine provençale.

La ZS est située en espace agro-naturel du SCoT, la rocade est matérialisée dans le SCoT.

**ISTRES ET MIRAMAS : ZONE DE SAUVEGARDE ZAC DE CRAU**Document d'urbanisme en vigueur :

PLU approuvé de Istres et PLU approuvé de Miramas. Les deux documents d'urbanisme sont en cours de révision.

Classement de la zone de sauvegarde au regard des deux PLU :

Au PLU d'Istres, le projet de ZS est classé en partie en zone agricole (A), en partie en zone 1AUew sur le secteur de l'autodrome, UEI, zone dédiée aux activités de transports logistiques et NM (zone naturelle située dans l'enceinte de la base aérienne 125 - y sont autorisées les constructions nécessaires à la défense nationale). Le projet de zone de sauvegarde s'inscrit dans un contexte économique en évolution.

Au PLU de Miramas, le projet de ZS est classé en UE et en zone A. Un emplacement réservé touche une partie assez limitée de la ZS, à proximité de la zone d'activité économique. Il s'agit d'un emplacement réservé (N°1) pour l'élargissement de la RN 569, couloir variant de 50 à 100 mètres au bénéfice de l'Etat.

Le projet de ZS s'inscrit dans un contexte économique important. Malgré un classement en zone agricole aux PLU, le périmètre de ZS proposé est affecté par des fonctions économiques importantes et la création d'une voie structurante majeure qui traversera en partie le secteur sur Miramas.

Classement de la zone de sauvegarde au regard du SCoT Ouest Etang de Berre :

Positionnement d'Istres et Miramas au regard du SCoT arrêté le 12 février 2015 :

- Istres et Miramas sont des pôles structurants qui devraient capter 75% de la croissance démographique. D'importantes extensions urbaines sont prévues à Istres.
- Croissance démographique : taux de croissance annuel moyen : 0, 8%, soit 22 000 habitants supplémentaires sur le SCoT.
- Consommation foncière inscrite au SCoT : 200 ha pour Istres en résidentiel et 240 ha pour Miramas.
- Miramas doit devenir un pôle d'échange multimodal. Istres doit développer son pôle aéronautique. L'extension du tube est située hors ZS tout en étant proche.

**ISTRES ET FOS SUR MER : ZONE DE SAUVEGARDE SUPERVENTILLON**Document d'urbanisme en vigueur :

PLU approuvé de Istres. Aucun document d'urbanisme disponible sur Fos-sur-Mer.

Classement de la zone de sauvegarde au regard du PLU d'Istres :

Au PLU d'Istres, le projet de ZS est classé en partie en zone agricole (A), et en partie en zone 2AUE (extension de zones d'activités économiques). Plusieurs emplacements réservés traversent la ZS, ils correspondent à l'élargissement de la RN 569, au bénéfice de l'Etat. La partie Nord-Est de la ZS est concernée par ce grand projet.

Le projet de ZS s'inscrit donc dans un contexte économique important en développement. Malgré un classement en zone agricole aux PLU, le périmètre de ZS proposé est affecté par des fonctions économiques importantes et la création d'une voie structurante majeure qui traversera une partie de la ZS.

Classement de la zone de sauvegarde au regard du SCoT Ouest Etang de Berre :

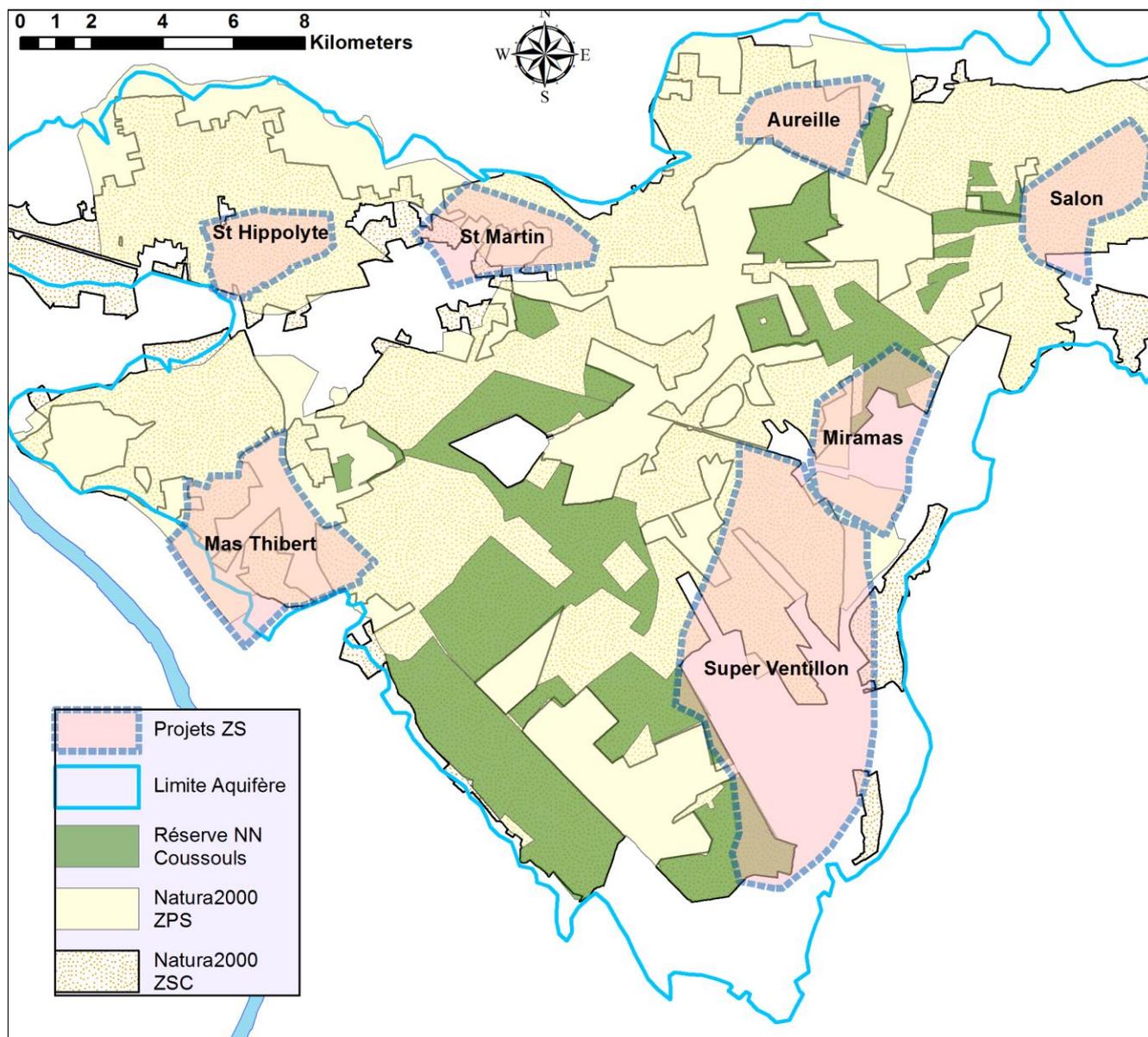
Positionnement d'Istres et Miramas au regard du SCoT arrêté le 12 février 2015 :

- Istres est un pôle structurant qui devraient capter 75% de la croissance démographique. D'importantes extensions urbaines sont prévues à Istres.
- Croissance démographique : taux de croissance annuel moyen : 0,8%, soit 22 000 habitants supplémentaires sur le SCoT.
- Istres doit développer son pôle aéronautique. Consommation foncière inscrite au SCoT : 200 ha pour Istres en résidentiel.

## CONTRAINTES LIES AUX MILIEUX NATURELS

La carte ci-dessous reporte sur un même fond les secteurs pressentis pour les zones de sauvegarde et la protection réglementaire des milieux remarquables en Plaine de Crau.

Figure 61 : Secteur des ZS et contraintes liées à la protection réglementaire des milieux naturels.



On peut observer qu'il n'y a pas de recouvrement avec la Réserve Naturelle Nationale des Coussouls, excepté sur le secteur de Miramas. Rappelons toutefois qu'à ce stade de l'étude, pour cette zone, il ne s'agit pas d'envisager la création de champs captants intra Réserve mais de sécuriser l'amont hydraulique du champ captant des Deux Jumeaux.

Les recouvrements sont beaucoup plus importants avec les zones NATURA 2000. Les interactions « négatives » peuvent être de deux ordres :

- Perturbation d'un écosystème de surface par la mise en place d'un nouveau champ captant sur une zone vierge : installation d'une tête de forage et de locaux techniques, mise en place de grillages, tracé de routes de service,... (en phase travaux comme en phase d'exploitation).
- Perturbation d'un écosystème en lien avec la nappe par augmentation potentielle des volumes prélevés sur un champ captant existant ou à venir.

Ces impacts potentiels seront étudiés et discutés en phase 2 de l'étude, zone de sauvegarde par zone de sauvegarde.

---

## **CONTRAINTES LIES A UNE GESTION RAISONNEE DE LA RESSOURCE EN EAU**

Cette étude vise à définir des zones de sauvegarde pour l'alimentation en eau potable. Dans ces objectifs ne figure pas une obligation de définition des volumes prélevables dans les zones de sauvegarde. Une telle définition est au-delà des moyens de l'étude. Ceci étant, il nous a paru nécessaire de donner un premier avis sommaire sur la comptabilité des prélèvements actuels ou à venir avec les exigences de la Directive Cadre sur l'Eau qui impose une gestion quantitative raisonnée avec notamment le respect du bon état écologique des hydro systèmes superficiels dépendant pour partie ou en totalité des eaux souterraines.

Commençons par rappeler une fois de plus, l'importance première de l'irrigation gravitaire agricole qui par ses excès participe au bon maintien qualitatif et la recharge quantitative de la nappe et donc, indirectement, à sécuriser l'usage AEP.

Actuellement, les prélèvements AEP représentent entre 10 et 15% du flux de la nappe. Les perspectives pour 2030 montrent un accroissement de ces prélèvements compris entre 5 et 10%, soit une augmentation de quelques pourcents en terme de poids relatif des prélèvements AEP sur le flux de la nappe. On peut donc proposer que les enjeux actuels et futurs en termes de prélèvements AEP sont mineurs au regard de l'équilibre global de la nappe.

Ceci étant, localement, il se pourrait que l'on observe une concurrence soit entre usages préleveurs, soit entre prélèvements AEP et milieux naturels.

Ces points seront analysés en phase 2 de l'étude, zone de sauvegarde par zone de sauvegarde.



## 5 BIBLIOGRAPHIE

**Albinet M, Bonnet M., Dellery B., Durozoy G., Margat J., 1970** – Notice de la carte hydrogéologique des feuilles Istres-Eyguières au 1 : 50 000. Edition du BRGM, 36 p.

**Agence de l'eau RM&C, 1999** - Etude diagnostic des rivières et nappes atteintes par la pollution toxique dans le bassin Rhône-Méditerranée-Corse : la nappe alluviale de la Crau. Rapport n° D22581 réalisé dans le cadre du SDAGE RM&C.

**Agence de l'Eau RM&C, 2009/11** - Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux. SDAGE et documents d'accompagnements. Programme de mesures - rapport d'évaluation environnementale.

**Agglopoie Provence, 2003** – Schéma directeur eau potable. Ville de Salon de Provence. 73p.

**ARTELIA, 2014** – Schéma directeur eau potable. Commune d'Aureille. 16 p.

**Berard P., Daum J.R., Martin J.C., 1995** - « Martcrau » : Actualisation du modèle de la nappe de la Crau. Rapport BRGM n° R 38199.

**Biscaldi R., 2006** - Aquifères et eaux souterraines en France. Tome 2 : La Crau ; BRGM Editions, Ouvrage Collectif sous la Direction de J.C. Roux, p. 734-737.

**Bossy G., 1965** - Documents sur la nappe alluviale de la Basse Durance et de la Crau. 1953-1962; Institut de Géologie CERGA, Université de Montpellier II, Faculté des Sciences, en association avec l'Université d'Aix Marseille. 53 p.

**Bouteyre G., Duclos G., 1994** – Carte pédologique de la France au 1/100 000. Feuille Arles. N°22.

**BRGM, 1970** - Etude des ressources hydrologiques et hydrogéologiques du sud-est de la France. Fascicule 12 : La Crau. Rapport n°70 SGN 158 PRC.

**BRGM, 1972** - Modèle mathématique transitoire-Carte des transmissivités Annexe III. Rapport BRGM n°72 SGN 022 PRC-JAL.

**BRGM, 1973** - Nappe de la Crau-Annexe Méthodes d'analyses, législations, liste des prélèvements et des analyses. Rapport BRGM n°73 SGN 76 PRC.

**BRGM, 1973** - Nappe de la Crau-Etude des pollutions-Mesures d'Octobre 1972 Résultats et essais d'interprétation. Rapport BRGM n°73 SGN 068 PRC.

**BRGM, 1985** - Synthèse hydrogéologiques de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, Quantité – Qualité, état des connaissances en 1985. Fiches de synthèse, notice et documents d'accompagnement, cartes.

**BRGM, 1993** - **Station** de pompage du Ventillon. Fos-Sur-Mer. Appréciation de la vulnérabilité du captage. Rapport technique pour le compte du Port autonome de Marseille, 16 p.

**BURGEAP, 1993** – Alimentation en eau potable de la ville d'Istres. Protection du champ captant de la Caspienne. Rapport final. Etude technique pour le compte du SAN Fos Ville Nouvelle, 50 p.

**CERIC HORIZON, 1993** - Nappe de basse Crau. Niveaux de salinité depuis 25 ans. Rapport de synthèse pour le compte du Port autonome de Marseille, 30 p. + figures.

**CEEP, 2008** - Réserve naturelle des Coussouls de Crau. Plan de gestion 2009-2013. Section A : Diagnostic et enjeu. 193 p.

**Conservatoire des espaces Naturels PACA, 2012** - Réactualisation partielle des données naturalistes sur les sites Natura 2000 de la Crau --- « Crau » FR9310064 et « Crau centrale-Crau sèche » FR9301595. Volet n°1-Habitats Naturels. 55 p.

- Charbonnier P., Durozoy G., Gouvernet C., Margat J., 1963** - Etude de la nappe de la Crau. Résultats de la première campagne de sondages (1962); Rapport BRGM n° DGSR 63 A28.
- Chatelet R., Lavie J., Putallaz J., 1972** – Nappe de la Crau. Etude des pollutions. Programme des prélèvements et analyses. Rapport BRGM 72.SGN.256.PRC, 28 p.
- Conrad G., 1989** - Alimentation en eau potable des salins de Giraud. Commune d'Arles. Définition des périmètres de protection de captages du Mazet, près du Mas Thibert. Note technique, 8 p. + cartes et annexes.
- Conrad G., 1990** - Protection de la nappe d'eau souterraine des alluvions de la Crau et des captages AEP de la ville d'Arles et possibilité d'extension de la carrière de la Côte Neuve dans le périmètre de protection rapprochée des captages du Mazet. Note technique, 6 p. + annexes.
- Conrad, 1993** – Délimitation des périmètres de protection des forages d'alimentation en eau potable de Valboisé à St Martin de Crau. Note technique, 10 p. + annexes.
- Conrad G., 1994** - Nappe d'eau souterraine de la Crau : définition des périmètres de protection des forages du Ventillon servant à l'alimentation en eau potable de la zone industrielle de Fos-Sur-Mer. Note technique, 16 p. + cartes et annexes.
- Conrad, 2000** – Définition des périmètres de protection des captages AEP de la ville de Fos-Sur-mer, situés dans l'enceinte militaire de la base aérienne d'Istres le Tubé. Note technique, 8 p. + annexes.
- Conrad, 2002** - Délimitation des périmètres de protection des captages du Lion d'Or à St Martin de Crau. Note technique, 8 p. + annexes.
- Daum J.R., 1996** – Nappe alluviale de la Crau : simulation de la propagation d'éventuelles pollutions sur la modèle numérique MARTCRAU. Rapport BRGM R 38837, 30 p.
- De Montety V., 2008** - Salinisation d'un aquifère captif côtier en contexte deltaïque – Cas de la Camargue (Delta du Rhône, France). Thèse à l'Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse.
- Dellery B., Putallaz J., 1971** – Alimentation d'Arles. Compte-rendu des travaux de reconnaissance dans le secteur de St Hippolyte. Doc. BRGM, 6 p. + annexes
- DREAL PACA, Agence de l'Eau RM&C, 2009/11** - Diagnostic de la gestion quantitative de la ressource en eau en région PACA. 142 p., 19 annexes.
- Durozoy G., 1972** - Evaluation des ressources hydrauliques. Carte hydrogéologique des Bouches du Rhône - échelle 1 : 200 000. Notice explicative. Rapport BRGM, 72 SGN 394 PRC, 46 p. + carte.
- Fénart P., Berthalon Y., Blanchoin N., Cadilhac L., Chazot S., Desagher E., Emily A., Mahé M., Mangan C., Mayen V., Monière C., Moulin M., Pothin A., Tennevin G., 2012** - Révision du référentiel des masses d'eau souterraine de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse. Lot n°3 : Région PACA. Rapport d'étude collectif, sous la direction de P. Fénart, du groupement HYDROFIS-ANTEA, pour le compte de l'Agence de l'Eau RMC, 932 p.
- Guieu G., Ricour J., Roure J., 1996** – Découverte géologique de Marseille et de son décor montagneux. Editions du BRGM, 215 p.
- GINGER, 2009a** - Diagnostic qualitatif / quantitatif et analyse de l'évolution des risques sur la nappe de Crau. Phase 1 : diagnostic général et bilan qualitatif. Etude réalisée pour le compte du SYMCRAU. 147 p.
- GINGER, 2009b** - Diagnostic qualitatif / quantitatif et analyse de l'évolution des risques sur la nappe de Crau. Phase 1 : diagnostic général et bilan quantitatif. Etude réalisée pour le compte du SYMCRAU. 123 p.
- Gravost M., 2001** – Champ captant de St Hippolyte. Avis sur la délimitation des périmètres de protection. 16 p. +annexes.

**HYDROFIS & BRLi, 2013** - Etude de la gestion quantitative et des débits du Rhône en période basses eaux. Phase 3 : Etude de l'impact d'une diminution des débits d'étiage du Rhône sur les phénomènes de salinisation des hydro-systèmes souterrains en Camargue. Etude technique pour le compte de l'Agence de l'Eau, 62 p.

**HORIZONS, 1997** – Renforcement et diversification des ressources en eau. Ville d'Arles. Document technique, 86 p.

**Longvin G., Daum J.R., 1996** – modélisation de la nappe de la Crau. Résultats des simulations d'exploitation. Rapport BRGM 38836, 30p.

**Morel L., 2015** - Dossier de demande d'Autorisation Unique Pluriannuelle de prélèvements d'eau à usage d'irrigation agricole dans le cadre de l'OUGC nappe de Crau. Pour le compte de la Chambre d'Agriculture des Bouches du Rhône. 87 p.

**Morel L., 2015** - Dossier d'évaluation des Incidences NATURA 2000 - Organisme Unique de Gestion Collective des prélèvements à usage d'irrigation agricole sur la nappe de la Crau. Dossier soumis à Autorisation. Pour le compte de la Chambre d'Agriculture des Bouches du Rhône. 111 p.

**Olioso A, Lecerf R., Chanzy A., Ruget F., Huard F., Rossello P., Lecharpentier P., trolard F., Ruy S., Seguin B., Bailleux A., Gallego-Elvira B., Garrigues S., 2014** – Bilan hydrique des agrosystèmes de Crau face aux changements globaux. In « Ecologie et conservation d'une steppe méditerranéenne », chap. 17, p. 260-282.

**Pecaault O., 2015** – Fiche actualisée de lecture SDAEP Arles – Interface avec l'étude de ressource et sauvegarde de 23015. Document technique ACCM, 6 p.

**Pecaault O., 2015** – Prospectives pour l'alimentation en eau potable de la communauté d'agglomération Arles Crau Camargue et Montagnette. Eléments sur la situation actuelle. Premiers éléments pour une consultation de schéma directeur eau potable. Interfaces avec l'étude des ressources à sauvegarder sur la Crau. Document technique ACCM, 56 p.

**Putallaz J., 1974** – Nappe de la Crau. Etude des pollutions. Observations de 1973, mesures de sauvegarde. Rapport du BRGM, 145 p.

**Roure S., Duvail C., Aunay B., Le Strat P., 2004** - Géodynamique des systèmes plio-quaternaires des nappes alluviales de la plaine de Crau. Rapport BRGM n° RP-53088-RR.

**Petit V., 1980** - Etude et modélisation de la variabilité de l'évapotranspiration réelle. Application au bilan hydrologique de la Plaine de la Crau. Thèse en sciences de l'Eau, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI.

**Putalaz J., 1973** - Evaluation des ressources hydrauliques : Nappe de la Crau. Notice explicative de la carte de vulnérabilité à la pollution. Rapport n° 73 SGN 420 PRC.

**SEA, 2015** - Evolution de la teneur en chlorures, de la conductivité et du niveau des piézomètres de la station de pompage du Mazet à Mas Thibert. Rapport annuel de synthèse. Année 2014. 10 p.

**Silvestre J.P., 2008** – Avis hydrogéologique définitif relatif à la mise en place des périmètres de protection du captage de Mas Payan à st Martin de Crau. Note technique 6 p. +annexes.

**SIB, 1995** – Schéma directeur d'alimentation en eau potable. Commune d'Arles. 56 p.

**Simmarano J.B., 2012** - Rôle de l'irrigation sur la recharge de la nappe de la Crau : traçage isotopique et modélisation. Rapport de stage M2, CEREGE, Université Aix-Marseille, 81 p.

**SYM CRAU, 2015** - Définition d'un réseau de contrôle opérationnel sur masse d'eau FRDG104 (Cailloutis de la Crau). Rapport technique, 40 p.

**Syndicat mixte de gestion des associations syndicales du pays d'Arles, ??** - Rapport de synthèse des études portant sur le système Vigueirat – Canal d'Arles à Bouc. Etude technique, 344 p.