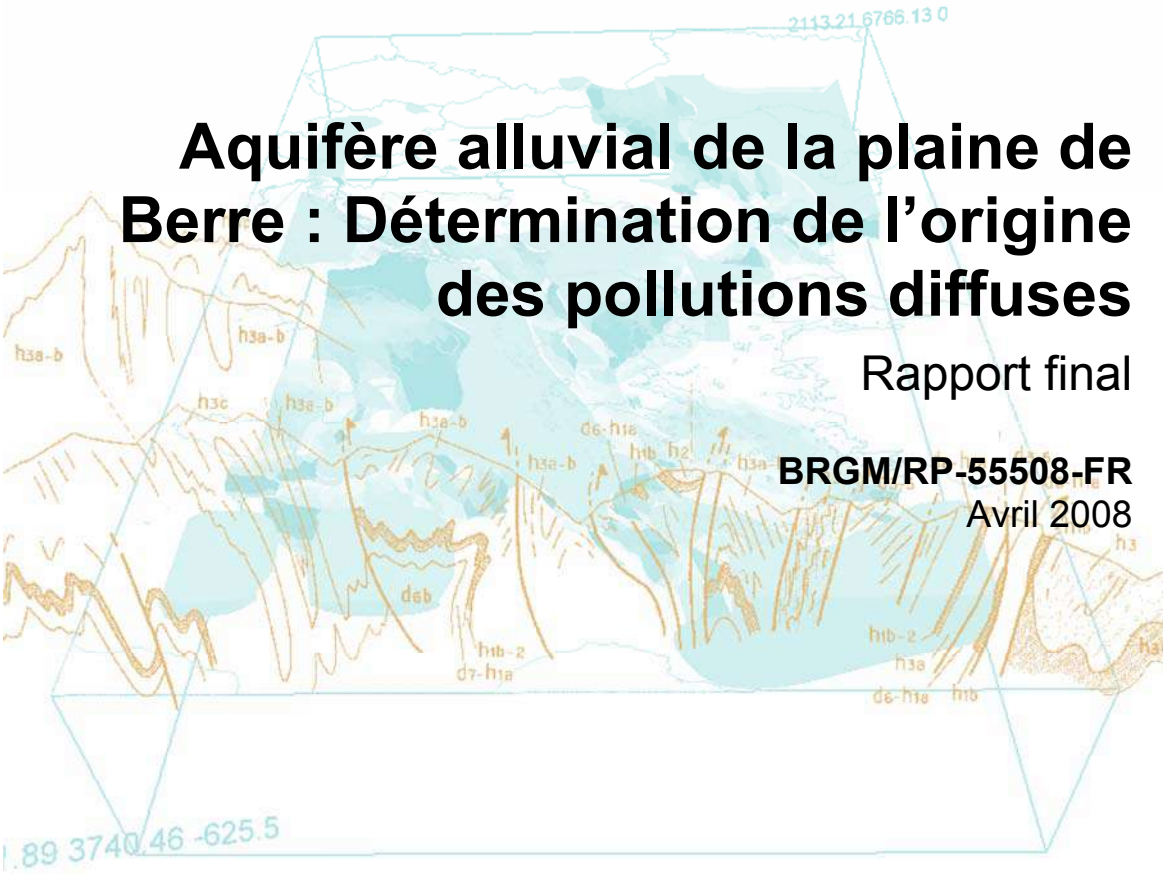
Document public



Aquifère alluvial de la plaine de Berre : Détermination de l'origine des pollutions diffuses

Rapport final

BRGM/RP-55508-FR
Avril 2008

Région Provence-Alpes-Côte d'Azur

CONSEIL GENERAL BOUCHES-DU-RHÔNE

agence de l'eau rhône méditerranée & corse

Géosciences pour une Terre durable brgm

Document public

Aquifère alluvial de la plaine de Berre : Détermination de l'origine des pollutions diffuses

Rapport final

BRGM/RP-55508-FR
Avril 2008

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM

D. Salquèbre
L. Gourcy
N. Baran

Vérificateur :	Approbateur :
Original signé par M. MOULIN	Original signé par D. DESSANDIER
Date : 15/04/08	Date : 15/04/08

En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique, l'original signé est disponible aux Archives du BRGM **Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.**

Région Provence-Alpes-Côte d'Azur

CONSEIL GENERAL BOUCHES-DU-RHÔNE

agence de l'eau rhône méditerranée & corse

Géosciences pour une Terre durable brgm

Mots clés : pollutions diffuses, nappe alluviale, suivi piézométrique, géochimie isotopique, nitrates, pesticides.

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

Salquèbre D., Gourcy L., Baran N. (2008) – Aquifère alluvial de la plaine de Berre : Détermination de l'origine des pollutions diffuses. BRGM/RP-55508-FR, 267 p., 69 ill., 14 ann.

© BRGM, 2008, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Le secteur de la plaine de Berre se trouve au Nord-Ouest de l'agglomération de Marseille, dans la partie aval du bassin de l'Arc, avant son exutoire vers l'étang de Berre.
Le **cadre de l'étude** et le **contexte environnemental** global de la **plaine de Berre** sont rappelés dans la 1ère partie de ce rapport.

En 2001, une étude hydrogéologique a permis de dresser un 1er état des lieux des principales caractéristiques de l'aquifère, et un bilan instantané de la qualité de ses eaux. Cette étude a mis en évidence des problèmes de pollution diffuse par les nitrates et les pesticides, notamment dans la partie centrale de la plaine, confirmant ainsi un degré de pollution significatif de la nappe phréatique.
La présente étude est menée par le BRGM, avec l'appui financier du Conseil Général des Bouches-du-Rhône, de l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, et du Conseil Régional PACA.
L'étude consiste à préciser les caractéristiques de la nappe alluviale (piézométrie), mais il s'agit surtout de préciser les problématiques de pollution (nitrates, pesticides), d'essayer de déterminer leur origine, et de proposer des pistes d'action afin de rétablir une bonne qualité des eaux souterraines, conformément aux objectifs de la directive cadre européenne sur l'eau (DCE).

La 2ème partie présente une **synthèse du contexte géologique** de la plaine, et en particulier de la formation alluviale quaternaire. Il s'agit d'une formation superficielle meuble, de nature globalement sablo-graveleuse, avec des passées argileuses. Cela est confirmé par les 4 sondages réalisés par le BRGM.

Les **caractéristiques hydrogéologiques de la nappe alluviale** sont discutées dans une 3ème partie. L'aquifère alluvial est considéré comme un aquifère assez hétérogène, qui contient localement des chenaux alluviaux d'écoulement préférentiels (perméabilité plus élevée). Toutefois, d'une manière générale, la nappe s'écoule selon une direction globale NE-SW, parallèlement à l'Arc, conformément à la carte piézométrique établie en novembre 2003, dans le cadre de ce projet.
Par ailleurs, la nappe est en connexion hydraulique avec l'Arc, nous savons que la nappe est alimentée par ce cours d'eau dans le secteur amont de la plaine (vers la RN 113). Puis, elle est drainée dans sa partie aval (secteur de Mauran).
Enfin, les suivis piézométriques montrent que le niveau de la nappe est soutenu en période sèche par les canaux d'irrigation gravitaire, en provenance de l'Arc.

La caractérisation de la **chimie des eaux de la nappe** est effectuée en partie 4. Les résultats des analyses des éléments majeurs (Ca, HCO3, Na, Cl…) montrent que 2 « types » d'eau se distinguent : l'une de type sulfaté-calcique (nappe alluviale, Arc), l'autre de type chloruré-sodique (aquifère du crétacé, influence d'eau de mer et/ou évaporites).
Il est important de noter que le faciès chimique des eaux de la nappe est proche de celui des eaux de l'Arc. Par contre, les analyses chimiques et isotopiques ne montrent

pas (ou peu) d'influence de l'aquifère Crétacé (représenté par la source de Calissanne) sur la nappe alluviale.

Les analyses isotopiques (^3H, δ^2H, $\delta^{18}O$) indiquent que l'âge des eaux de la nappe alluviale est contemporain, de l'ordre de quelques années, ce qui montre bien des vitesses de circulation rapides, en particulier en rive droite de l'Arc. Par ailleurs, ces analyses confirment le rôle important des eaux de l'Arc et de ses canaux dans la recharge de la nappe alluviale.

La 5ème partie aborde la principale problématique du projet, à savoir l'analyse de la **pollution diffuse** liée à la présence de **pesticides** et de **nitrates** dans les eaux de la nappe alluviale.
Divers moyens ont été mis en œuvre pour traiter cette problématique et déterminer l'origine de ces pollutions : connaissance des activités de la plaine (« sources potentielles de pollution »), notamment via une enquête sur l'usage de pesticides et l'analyse à différentes périodes de l'année des eaux (analyses multi-résidus des pesticides, analyses des composés azotés et analyses isotopiques).

Les pesticides

Les résultats des investigations menées par le BRGM montrent que :

- les molécules détectées en 2006 sont à peu près les mêmes que celles détectées par le passé, et certains points présentent un grand nombre de molécules différentes (jusqu'à 9 pesticides détectés au centre de la plaine) ;
- les concentrations restent faibles, en dehors de 4 molécules présentant des dépassements de la limite de potabilité (0,1 $\mu g.l^{-1}$) : éthidimuron, metalaxyl, oxadixyl, imidaclopride ;
- les principaux pesticides analysés en 2006 présentent des teneurs inférieures aux teneurs de 2001. Dans les années à venir, il serait important de vérifier s'il existe bien une tendance à la baisse.

L'éthidimuron est clairement lié à un usage en zone non agricole (ZNA), et non en cultures maraîchères, comme évoqué par le passé. Par contre, l'origine de l'oxadixyl et du métalaxyl est plus difficile à déterminer avec certitude. Même si l'usage en cultures maraîchères est prépondérant, un usage en viticulture est possible.

D'une manière générale, **les problèmes liés à la présence de pesticides subsistent** donc, mais semblent se réduire, peut-être du fait de l'interdiction de ces molécules.

Toutefois, des **phénomènes de rémanence**, c'est-à-dire de persistance des molécules dans les sols, sont possibles. Une 2ème hypothèse pour expliquer la présence de ces molécules interdites serait leur usage de manière illicite.

Il faut rappeler que les analyses ont couvert 64 des 87 molécules recensées en usage agricole sur la plaine de Berre (Chambre d'Agriculture des BDR, 2004-2005). Il reste 23 molécules connues notamment pour leur usage en viticulture (Diquat/Paraquat, Indoxacabe, Mancozèbe…) ou en cultures maraîchères (Mancozèbe, Propamocarbe, Pyrimicarbe..), qu'il serait intéressant d'analyser lors de prochaines campagnes d'analyse afin de vérifier leur présence ou non au sein de la nappe.

Les **principales pistes d'action** proposées par le BRGM, afin de réduire les teneurs en pesticides dans les eaux souterraines, sont :

- toutes les mesures permettant d'éviter l'usage de pesticides :
  - privilégier les techniques alternatives à l'utilisation de pesticides,
  - lorsque l'usage de pesticides apparaît indispensable pour la protection des cultures, la recherche systématique de produits phytosanitaires de substitution à faible rémanence dans l'environnement devrait être encouragée, notamment pour l'imidaclopride et le mefenoxam (analogue metalaxyl) ;
  - favoriser l'utilisation de moyens de « protection intégrée » (auxiliaires naturels) pour les cultures sous serres.
- poursuivre le suivi de la qualité des eaux (réseau de contrôle opérationnel de l'Agence de l'eau RM&C), et réaliser un bilan analytique complet sur l'ensemble de la plaine en 2010, afin de vérifier :
  - la baisse des 4 pesticides dont la teneur est supérieure à 0,1 µg/l en 2006, et vérifier
  - que les teneurs d'autres pesticides n'augmentent pas dans les années à venir, notamment les produits de substitution ;
- en cas de persistance de l'éthidimuron dans les eaux, malgré son interdiction en 2003, mener une enquête afin de déterminer son origine (zones urbaines et/ou industrielles), et vérifier s'il est encore utilisé ;

Enfin, la réalisation d'une étude basée sur l'analyse des pesticides dans les sols et la zone non-saturée est à envisager, afin d'appréhender les phénomènes de rémanence des pesticides (l'azote pourrait également être analysé).

Les nitrates

Les résultats des investigations menées par le BRGM montrent que :

- les teneurs en nitrates au sein de la nappe sont élevées. Les résultats sont proches de ceux de l'étude de 2001 ;
- la zone où les teneurs en nitrates sont les plus élevées est localisée sur le secteur central de la plaine, en rive droite de l'Arc (jusqu'à 307 $mg.l^{-1}$ en aout 2006) ;
- les teneurs évoluent au cours de l'année, et apparaissent maximales durant l'été. Ces fluctuations confirment par ailleurs un renouvellement rapide des eaux de la nappe ;
- les données d'occupation des sols, ainsi que les quantités d'azote potentiellement apportées montrent que les apports sont majoritairement d'origine agricole. Cependant, les autres apports, notamment liés à l'assainissement, ne doivent pas être négligés non plus. Les analyses réalisées par le BRGM, notamment les analyses isotopiques, tendent à confirmer une influence majoritaire de l'azote d'origine agricole (engrais minéraux) dans les eaux de la nappe.

Les problèmes de pollution des eaux de la nappe par les nitrates sont préoccupants : les teneurs en nitrates atteignent des niveaux élevés (jusqu'à 6 fois la norme), et concernent une grande partie de l'aquifère en rive droite de l'Arc.

Une origine majoritairement agricole de la pollution est mise en évidence. Mais il ne faut pas pour autant exclure le rôle d'autres apports, notamment les rejets d'eaux usées (STEP et dispositifs d'assainissement individuel non contrôlés) et les jardins familiaux.

Le renouvellement rapide des eaux de la nappe est un facteur encourageant permettant d'espérer une amélioration rapide de leur qualité, si des mesures efficaces de réduction des apports d'azote sont mises en œuvre.

Les **principales pistes d'action** proposées par le BRGM, afin de réduire les teneurs en nitrates, sont :

- dans le milieu agricole :
  - d'une manière générale, mettre en œuvre des actions permettant de limiter des intrants d'azote ;
  - poursuivre la réflexion menée par la chambre d'agriculture, pour le recyclage des eaux de drainage des cultures légumières sous serres.
- en milieu urbain :
  - rénovation de la STEP des Baïsses (prévu en 2009), et de la STEP de la Fare ;
  - la mise aux normes des dispositifs d'assainissement individuel des habitations de la plaine.

Remarque : compte tenu de la présence de puits privés, et des dépassements du seuil de potabilité pour certains pesticides et pour les nitrates, il est nécessaire de maintenir une information auprès des particuliers, afin que l'eau de la nappe ne soit pas consommée.

En **conclusion**, la qualité de la nappe alluviale de la plaine de Berre demeure insatisfaisante.
Les teneurs en pesticides sont plus faibles en 2006 par rapport à 2001, mais la baisse des teneurs correspond-elle à une réelle tendance à long terme ou à une baisse conjoncturelle ? De plus, les méthodes analytique employées jusqu'à maintenant, même si elles permettent de mesurer la majorité des pesticides (plus de 300 paramètres), ne permettent pas de mesurer l'ensemble des molécules potentiellement présentes dans les eaux. L'analyse de nouvelles molécules (20 à 30 paramètres) est donc à prévoir à l'avenir.
Enfin, le niveau de pollution de la nappe par les nitrates nécessite des actions importantes de limitation des intrants d'azote, en particulier dans le domaine agricole.

La mise en œuvre d'actions ambitieuses, en particulier pour les nitrates, mais également pour les pesticides, est donc nécessaire afin d'atteindre un niveau acceptable de la qualité chimique des eaux de la nappe de Berre.

Sommaire

1. Introduction 13
1.1. CADRE DE L'ETUDE 13
1.1.1. Contexte et objectifs 13
1.1.2. Déroulement de l'étude 14
1.2. RAPPEL DU CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL DE LA PLAINE DE BERRE 15
1.2.1. Géographie 15
1.2.2. Occupation des sols 16
1.2.3. Hydrologie : bassin versant de l'Arc 16
2. Connaissance géologique et hydrogéologique de la plaine de Berre 17
2.1. CONTEXTE GEOLOGIQUE GENERAL 17
2.2. CARACTERISTIQUES DE LA FORMATION ALLUVIALE ET HYDROGEOLOGIE 18
2.2.1. Caractéristiques générales 18
2.2.2. Données bibliographiques 19
2.2.3. Sondages réalisés par le BRGM (2004) 20
2.3. GEOLOGIE ET HYDROGEOLOGIE DU SUBSTRATUM ENCAISSANT 23
3. Hydrogéologie : piézométrie de la nappe alluviale et bilan hydrogéologique 27
3.1. PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DE LA NAPPE ALLUVIALE 27
3.2. CARTES PIEZOMETRIQUES DE LA NAPPE 28
3.2.1. Descriptif des campagnes de mesure 28
3.2.2. Présentation des résultats et interprétation 29
3.2.3. Piézométrie de la nappe – compléments d'interprétation 34
3.3. SUIVI PIEZOMETRIQUE 35
3.3.1. Descriptif des moyens mis en œuvre 35
3.3.2. Résultats du suivi piézométrique 37
3.3.3. Interprétation 39
3.4. SYNTHESE HYDROGEOLOGIQUE ET BILAN HYDROGEOLOGIQUE 43
3.4.1. Synthèse des caractéristiques de la nappe alluviale 43
3.4.2. Bilan hydrogéologique 44
4. Caractérisation chimique et isotopique des eaux de la nappe alluviale 47
4.1. DESCRIPTIF DES MOYENS MIS EN OEUVRE 47
4.1.1. Objectifs des analyses / méthodologie 47
4.1.2. Paramètres analysés 48
4.1.3. Localisation des points de prélèvements 49
4.2. RESULTATS DES ANALYSES CHIMIQUES 51
4.2.1. Résultats d'analyses 51
4.2.2. Interprétation globale à l'aide du diagramme de Piper 56
4.2.3. Corrélations élémentaires entre paramètres 58

4.2.4. Les éléments traces 66
4.3. RESULTATS DES ANALYSES ISOTOPIQUES 66
4.3.1. La relation $^{18}O/^{2}H$ 67
4.3.2. Le tritium (^{3}H) 70
4.4. SYNTHESE DES PRINCIPAUX RESULTATS DES ANALYSES CHIMIQUES ET ISOTOPIQUES 71
5. Problématiques de pollution des eaux : analyses des nitrates et des pesticides ... 73
5.1. CONTEXTE 73
5.2. OCCUPATION DES SOLS 73
5.2.1. Activités agricoles 74
5.2.2. Assainissement collectif et autonome 77
5.2.3. Discussion sur les apports d'azote : agriculture et assainissement 79
5.3. STRATEGIE DE PRELEVEMENT ET METHODE D'ANALYSES DES NITRATES ET DES PESTICIDES 80
5.3.1. Données d'analyses antérieures 80
5.3.2. Campagne d'analyses conjointes pesticides et composés azotés 81
5.3.3. Campagne d'analyses isotopes et chimie 82
5.4. SUIVI QUALITE « PESTICIDES » 83
5.4.1. Introduction 83
5.4.2. Enquête sur l'usage non agricole de produits phytosanitaires 83
5.4.3. Résultats d'analyses d'eau, par campagne (avril, août, novembre) 89
5.4.4. Informations sur la nature et l'origine des pesticides détectés 93
5.4.5. Interprétation des résultats d'analyses par secteur géographique, par substance 95
5.4.6. Autres données d'analyses : analyses antérieures de la nappe, analyses de l'Arc 100
5.4.7. Synthèse des analyses de pesticides 103
5.5. SUIVI QUALITE « NITRATES » 105
5.5.1. Introduction 105
5.5.2. Résultats d'analyses 105
5.5.3. Interprétation des résultats d'analyses chimiques 109
5.5.4. Apports des analyses isotopiques à la compréhension des problématiques de pollution 115
5.5.5. Apport des isotopes à la détermination de l'origine des nitrates 123
5.5.6. Synthèse des analyses de nitrates 125
6. Conclusions et propositions d'actions pour l'amélioration de la qualité de l'eau . 127
6.1. LES PESTICIDES 127
6.2. LES NITRATES 129
7. Bibliographie 131

Liste des illustrations

Illustration 1: carte de localisation de la zone d'étude (IGN) 15

Illustration 2 : Extrait de la carte géologique à 1/50 000ème n°1020 – feuille de Martigues (BRGM, 1979) 18

Illustration 3 : Localisation des sondages alluviaux et coupes géologiques associées(BRGM, 2006) 21

Illustration 4 : coupes géologiques des 4 sondages alluviaux réalisés par le BRGM, et coupe du piézomètre régional (Diren) 22

Illustration 5 : Coupe géologique simplifiée orientée N-S (BRGM, 1985) 24

Illustration 6 : Carte piézométrique de la nappe alluviale en hautes eaux (janvier 2001) 31

Illustration 7 : Carte piézométrique de la nappe alluviale en basses eaux (novembre 2003) 32

Illustration 8 : Carte de localisation des piézomètres PZ1 à PZ4 36

Illustration 9 : Principales caractéristiques des piézomètres 37

Illustration 10 : Courbes d'évolution du niveau piézométrique – prof en m/sol (PZ rég., PZ1, PZ3) 38

Illustration 11 : Histogramme des cumuls de précipitations mensuelles (2003 – 2006) 39

Illustration 12 : Débits de l'Arc à Berre (Saint-Estève) (Source : DIREN – site internet de la banque HYDRO) 40

Illustration 13 : Résultats des campagnes de mesure des débits de l'Arc (DIREN, 2002) 41

Illustration 14 : Carte synthétique – éléments du bilan hydrogéologique 45

Illustration 15 : Bilan hydrogéologique – entrées/sorties de la nappe de Berre 46

Illustration 16 : Modes opératoires des analyses chimiques élémentaires 49

Illustration 17 : Méthodes utilisées pour les mesures isotopiques au laboratoire du BRGM 49

Illustration 18 : Localisation des points de prélèvements - campagne d'analyses basses eaux (octobre 2005) 50

Illustration 19 : Données in-situ et informations sur les points de prélèvement pour la campagne d'octobre 2005 (1) et d'avril 2006 (2) 51

Illustration 20 : Résultats des analyses physico-chimiques des points de prélèvement (en mg.l^{-1} et mmol.l^{-1}) et balances ioniques pour les deux campagnes d'échantillonnage 53

Illustration 21 : Résultats des analyses des prélèvements d'eau et d'engrais de la campagne d'octobre 2007 53

Illustration 22 : Indices de saturations des eaux de la deuxième campagne (calculé à l'aide du programme PhreeqC) 55

Illustration 23 : Matrice de corrélation des éléments dissous dans les eaux de l'aquifère alluvial de l'Arc de Berre 56

Illustration 24 : Diagramme de Piper – répartition des résultats d'analyses d'eau 57

Illustration 25 : Sodium versus chlorures dans les eaux de l'aquifère alluvial et Crétacé, du fleuve de l'ARC et des pôles de pollution 59

Illustration 26 : Relation B versus Cl pour les eaux de l'aquifère de l'Arc de Berre 60

Illustration 27 : Relation chlorures versus bromures dans les eaux de la région de Berre 61

Illustration 28 : Relation Sr vs. SO_4 et SO_4 vs. Ca dans les eaux de la région de Berre 62

Illustration 29 : Relation SO_4 vs. Mg dans les eaux de la région de Berre 63

Illustration 30 : Relation SO_4 vs. Ba (en $mg.l^{-1}$) et Ba vs. HCO_3 ($mmol.l^{-1}$) pour les eaux prélevées dans la région de l'Arc de Berre 64

Illustration 31 : Relation bore versus sulfates pour les eaux de la région de Berre 65

Illustration 32 : Résultats des analyses des éléments traces pour les eaux du bassin de Berre 66

Illustration 33 : Teneurs isotopiques des eaux de la région de l'Arc de Berre 67

Illustration 34 : $\delta^{18}O$/ $\delta^{2}H$ pour les eaux de sources, forage, puits, canal d'irrigation, droite mondiale des précipitations 68

Illustration 35 : Teneurs en tritium des pluies collectées à Marseille, Thonon-les-Bains et Madrid de 1963 à 2002 70

Illustration 36 : Photo du centre de la plaine (BRGM, 13/08/07) 74

Illustration 37 : Carte d'occupation des sols de la plaine de Berre – février 2004 (Chambre d'Agriculture des B.D.R, 2004) 75

Illustration 38 : Liste des principaux apports azotés – cultures de la plaine de Berre (Chambre d'agriculture des BDR, 2004) 76

Illustration 39 : Caractéristiques générales des STEP et performances de traitement (Agence de l'eau RMC, 2005) 78

Illustration 40 : Estimation des principaux apports d'azote dans la plaine de Berre 80

Illustration 41 : Caractéristiques des points de prélèvement du BRGM (nitrates et pesticides) 81

Illustration 42 : Répartition des consommations de pesticides selon le type d'utilisateurs – données nationales (UPJ, 2000) 84

Illustration 43 : Répartition des pesticides « jardin » vendus en France en 2000 pour des usages non agricoles (UPJ, 2000) 84

Illustration 44 : Proportion des produits utilisés par les communes (à gauche) et pratiques de désherbage (à droite) 85

Illustration 45 : stratégie d'emploi de désherbants par les communes 85

Illustration 46 : Pesticides employés pour le désherbage des espaces communaux : matières actives de post-levée (à gauche) et de pré-levée (à droite) 86

Illustration 47 : Herbicides utilisés par la SNCF (quantité de matières actives) 86

Illustration 48 : Localisation des traitements phytosanitaires en ZNA (d'après l'enquête BRGM) 88

Illustration 49 : tableau de synthèse des pesticides détectés lors des analyses en 2006 90

Illustration 50 : Carte des points de mesure de pesticides – nombre de molécules détectées (août 2006) 92

Illustration 51 : Carte des points de mesures de pesticides – teneurs (en µg/l) > seuil de potabilité (août 2006) 92

Illustration 52 : Principales caractéristiques des pesticides détectés dans les eaux souterraines 94

Illustration 53 : tableau récapitulatif des principaux résultats d'analyses de pesticides, par substance – secteur de la Suzanne..... 96

Illustration 54 : évolution des teneurs en éthidimuron et diuron entre 2001 et 2006..... 97

Illustration 55 : tableau récapitulatif des principaux résultats d'analyses de pesticides, par substance – secteur de la Suzanne..... 98

Illustration 56 : tableau récapitulatif des principaux résultats d'analyses de pesticides, par substance – secteur central de la plaine 99

Illustration 57 : Carte de localisation des points d'analyses de nitrates 107

Illustration 58 : Evolution des teneurs en nitrates en mg.l^{-1} dans la nappe de Berre (BRGM, 2005-2007)..... 108

Illustration 59 : Teneurs en nitrates - eaux de surface et engrais (en mg.l^{-1} pour les solutions et eaux et % pour l'engrais en poudre)..... 108

Illustration 60 : Nitrates versus chlorures et sulfates versus nitrates dans les eaux du bassin et pôles de pollution..... 111

Illustration 61 : Strontium versus nitrate et strontium versus bicarbonates dans les eaux du bassin..... 112

Illustration 62 : Evolution des concentrations en nitrate au point 10202X0111/F..... 113

Illustration 63 : Variations relatives par rapport à la moyenne des concentrations en nitrates sur les points de suivi de la DIREN et AERMC – période 2001-2005 114

Illustration 64 : Variations des concentrations en nitrates des eaux de quelques points de l'aquifère alluvial sur la période 2005-2006 114

Illustration 65 : Variations locales des teneurs en $\delta^{11}B$ et du bore des eaux souterraines, STEP La Fare, Arc et gammes de valeurs relevées dans la littérature..... 116

Illustration 66 : Rapports $^{87}Sr/^{86}Sr$ vs.1/Sr (1/mmol/l) dans les eaux de la région de l'Arc de Berre..... 119

Illustration 67 : Rapports $^{87}Sr/^{86}Sr$ vs.NO_3 dans les eaux de la région de l'Arc de Berre..... 120

Illustration 68 : $\delta^{34}S$ et concentrations des sulfates des eaux de l'aquifère de Berre..... 122

Illustration 69 : Relation NO_3 versus $\delta^{15}N$ dans les eaux de la région de Berre et gammes de valeurs des sources de nitrates relevées dans la littérature..... 124

Liste des annexes

Annexe 1 Liste des principaux sondages de la BSS – alluvions de la plaine de Berre 137

Annexe 2 Liste des principaux sondages profonds de la BSS –plaine de Berre 141

Annexe 3 Rapport IPSEAU : Campagne piézométrique sur la plaine de Berre, novembre 2003 145

Annexe 4 Tableau récapitulatif des points de mesures piézométriques en novembre 2003 163

Annexe 5 Rapport Diren des mesures réalisées sur l'Arc, décembre 2002 171

Annexe 6 Elements de calcul du bilan hydrogéologique : Bilan entrées/sorties de la nappe alluviale 183

Annexe 7 Carte des sols de la plaine de Berre (SCP, 1968) 189

Annexe 8 Exemple de rapport d'analyses (nitrates et pesticides) - Laboratoire Départemental d'Analyses (LDA) de la Drôme 193

Annexe 9 Résultats de l'enquête sur l'usage de produits phytosanitaires en zone non agricole (ZNA) 209

Annexe 10 Carte de localisation des campagnes d'analyses conjointes pesticides et nitrates du BRGM (2006) 215

Annexe 11 Analyses de pesticides dans les eaux de la nappe – Données d'analyses antérieures à 2006 219

Annexe 12 Liste de pesticides non analysés en 2006 (et répertoriés par l'étude des pratiques agricoles de la plaine de Berre) 239

Annexe 13 Analyses des nitrates dans les eaux de la nappe –Résultats d'analyses du BRGM (Oct. 05, Avr. 06, Aout 06, Nov. 06) 243

Annexe 14 Analyses des nitrates dans les eaux de la nappe – Résultats d'analyses antérieures à 2006 257

1. Introduction

1.1. CADRE DE L'ETUDE

1.1.1. Contexte et objectifs

La plaine de Berre se trouve dans la partie aval du bassin de l'Arc, avant son exutoire vers l'étang de Berre.

En 2001, le SAGE du Bassin de l'Arc a souligné la **nécessité de la reconquête de la qualité de la nappe alluviale de la plaine de Berre**.

Par ailleurs, dans le cadre de la **directive cadre sur l'eau (DCE)**, directive européenne n°2000/60/CEE du 23/10/2000, il est nécessaire de parvenir d'ici 2015 à un « bon état écologique des eaux », souterraines et superficielles.

La DCE a été complétée par la « directive-fille » n°2006/118/CE, du 12/12/2006, sur la protection des eaux souterraines contre la pollution et la détérioration.

Cette directive fixe des normes de qualité pour atteindre le bon état des eaux souterraines, notamment pour les nitrates (50 $mg.l^{-1}$), et pour les pesticides (0,1 µg/l par substance, 0,5 µg/l pour le total des substances). Ces normes rejoignent les limites de potabilité pour ces paramètres.

La nappe a fait l'objet d'une 1ère étude hydrogéologique menée par la société IPSEAU à la demande de la DIREN PACA, en 2001. Cette étude a permis de dresser un état des lieux des principales caractéristiques de l'aquifère, et un bilan instantané de la qualité de ses eaux.

L'étude a mis en évidence des problèmes de pollution diffuse par les nitrates et les pesticides, notamment dans la partie centrale de la plaine, confirmant ainsi un degré de pollution significatif de la nappe phréatique. Les analyses ont effet montré des teneurs en nitrates pouvant atteindre 200 $mg.l^{-1}$ au centre de la plaine (soit 4 fois le seuil de potabilité), et des teneurs en pesticides (éthidimuron, metalaxyl, oxadixyl, Imidaclopride).dépassant le seuil de potabilité de 0,1 $\mu g.l^{-1}$.

C'est dans ce cadre que **le Conseil Général des Bouches-du-Rhône, le Conseil Régional PACA[1], et l'Agence de l'eau RMC[2]** ont souhaité confier au BRGM la présente étude intitulée « Aquifère alluvial de la plaine de Berre : détermination de l'origine des pollutions diffuses ».

[1] PACA : Provence-Alpes-Côte-d'Azur
[2] RMC : Rhône-Méditerranée-Corse

Les **principaux objectifs** de ce projet sont :

- acquérir une meilleure connaissance du fonctionnement de l'aquifère ;
- établir un nouvel état des lieux des pollutions diffuses des eaux souterraines (nitrates et produits phytosanitaires) ;
- déterminer l'origine des pollutions nitratées, et des produits phytosanitaires ;
- proposer des pistes d'actions, afin de réduire les problèmes de qualité de l'eau.

L'étude doit donc permettre d'une part, de préciser les caractéristiques hydrodynamiques de la nappe alluviale de Berre, et d'autre part de préciser l'origine des impacts constatés sur la qualité des eaux de la nappe, lesquels sont liés à des teneurs élevées en nitrates et en produits phytosanitaires.

La présente étude tient compte des données bibliographiques existantes, notamment de l'étude hydrogéologique menée en 2001 sous Maîtrise d'Ouvrage de la DIREN PACA (IPSEAU, 2001). Le présent document constitue le rapport d'étude des investigations complémentaires menées par le BRGM durant les années 2005 et 2006 : suivi piézométrique, analyses chimiques et isotopiques...

Ce document constitue le rapport final. Il présente les résultats de cette étude.

1.1.2. Déroulement de l'étude

L'atteinte des objectifs présentés ci-dessus repose sur la mise en œuvre des phases suivantes, conformément au cahier des charges du projet :

Phase 1 : Compléter la connaissance géologique et hydrogéologique de l'aquifère

- amélioration de la connaissance géologique : collecte des données existantes, création de sondages avec mise en place de piézomètres ;
- caractérisation chimique et isotopique des eaux de l'aquifère.

Phase 2 : Compléter les données piézométriques

- réalisation d'un suivi piézométrique régulier sur 4 piézomètres ;
- réalisation d'une carte piézométrique de la nappe de Berre en basses eaux.

Phase 3 : Suivi de la qualité " phytosanitaire" et des teneurs en nitrates des eaux souterraines, appui de la géochimie isotopique pour déterminer l'origine des nitrates

Phase 4 : Audit sur l'utilisation des pesticides et des nitrates sur la plaine

Pour des soucis de cohérence, la présentation des résultats a été sensiblement modifiée dans le présent rapport.

De plus, une partie supplémentaire présentant un bilan hydrogéologique de la nappe alluviale vient compléter la synthèse hydrogéologique, et permet d'appréhender plus facilement les échanges entre la nappe et les eaux de surface.

1.2. RAPPEL DU CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL DE LA PLAINE DE BERRE

1.2.1. Géographie

Le secteur de la plaine de Berre se trouve dans le département des Bouches-du-Rhône (13), à environ 30 km au Nord-Ouest de l'agglomération de Marseille.

La plaine se situe sur la rive Nord de l'étang de Berre. Les principales communes de cette zone sont Berre-l'étang et la Fare-les-Oliviers.

La zone d'étude est délimitée :

- au sud et à l'ouest, par l'étang de Berre ;
- au nord, par le chaînon de la Fare (massif calcaire) ;
- à l'est, par le versant de Bruni.

Le secteur d'étude correspond ainsi à une surface d'environ 60 km^2. On peut considérer une surface de 50 km^2 pour la plaine de Berre à proprement dit, c'est-à-dire lors de l'élargissement de la vallée à partir de la Fare-les-Oliviers.

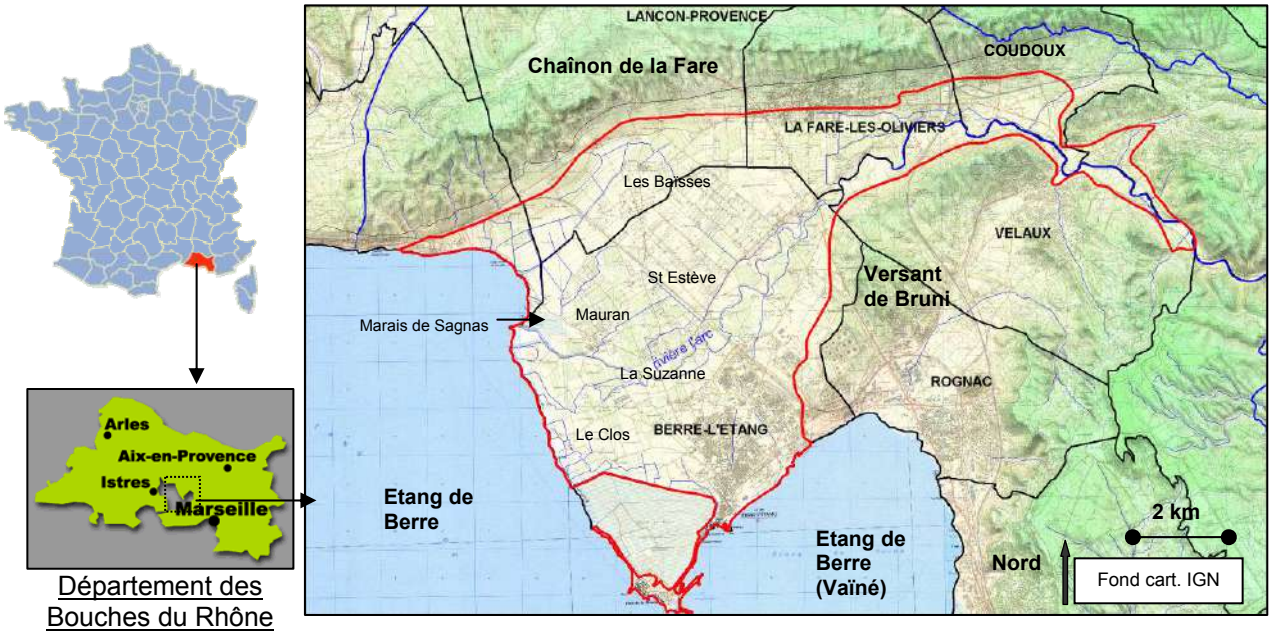


Illustration 1: carte de localisation de la zone d'étude (IGN)

1.2.2. Occupation des sols

a) Urbanisation et contexte industriel

L'urbanisation et l'industrialisation sont fortement développées sur l'ensemble du pourtour de l'étang de Berre.

Sur le secteur d'étude, la principale activité industrielle est représentée par le site pétrochimique de Shell, qui se trouve à Berre, en partie Est de la plaine.

La voie ferrée Marseille-Lyon traverse la plaine d'Est en Ouest, et l'autoroute du soleil (A7) longe le secteur au Nord-Est.

L'essentiel de la population de la plaine se trouve à Berre-L'étang (12 700 hab.) et La-Fare-les-Oliviers (6 100 hab.).

b) Activité agricole

La plaine de Berre fait en outre l'objet d'une importante activité agricole :

- cultures sous serres (partie centrale, en rive droite de l'Arc) ;
- vignes situées essentiellement sur les coteaux, aux bordures de la plaine ;
- cultures de plein champ et prairies, sur l'ensemble de la zone et surtout sur le secteur Sud-Ouest, en rive gauche de l'Arc.

Les activités industrielles et agricoles, et l'occupation des sols de manière générale, peuvent constituer des « sources potentielles de pollution », qu'il est nécessaire de prendre en compte pour appréhender les problèmes de qualité des eaux de la nappe souterraine.

1.2.3. Hydrologie : bassin versant de l'Arc

L'Arc est un fleuve côtier qui occupe un bassin versant d'environ 720 km². Il prend sa source près du village de Pourcieux dans le Var à 470 mètres d'altitude, et s'écoule sur une distance d'environ 80 km, selon une direction globale Est-Ouest.
L'Arc s'écoule notamment sur les communes de Trets, Aix-en-Provence et Berre-l'étang. Il se jette enfin dans l'Etang de Berre, dont le seul lien avec la mer est le canal de Caronte.

Dans sa partie inférieure, le débit moyen de l'Arc est de 5 m^3/s, le débit d'étiage de 1 m^3/s et le débit de crue de 700 m^3/s (BRGM, 1972).

Sur le secteur de la plaine de Berre, le lit de l'Arc est en « liaison hydraulique » avec la nappe alluviale, et joue donc un rôle important dans le fonctionnement hydrogéologique de la plaine alluviale.

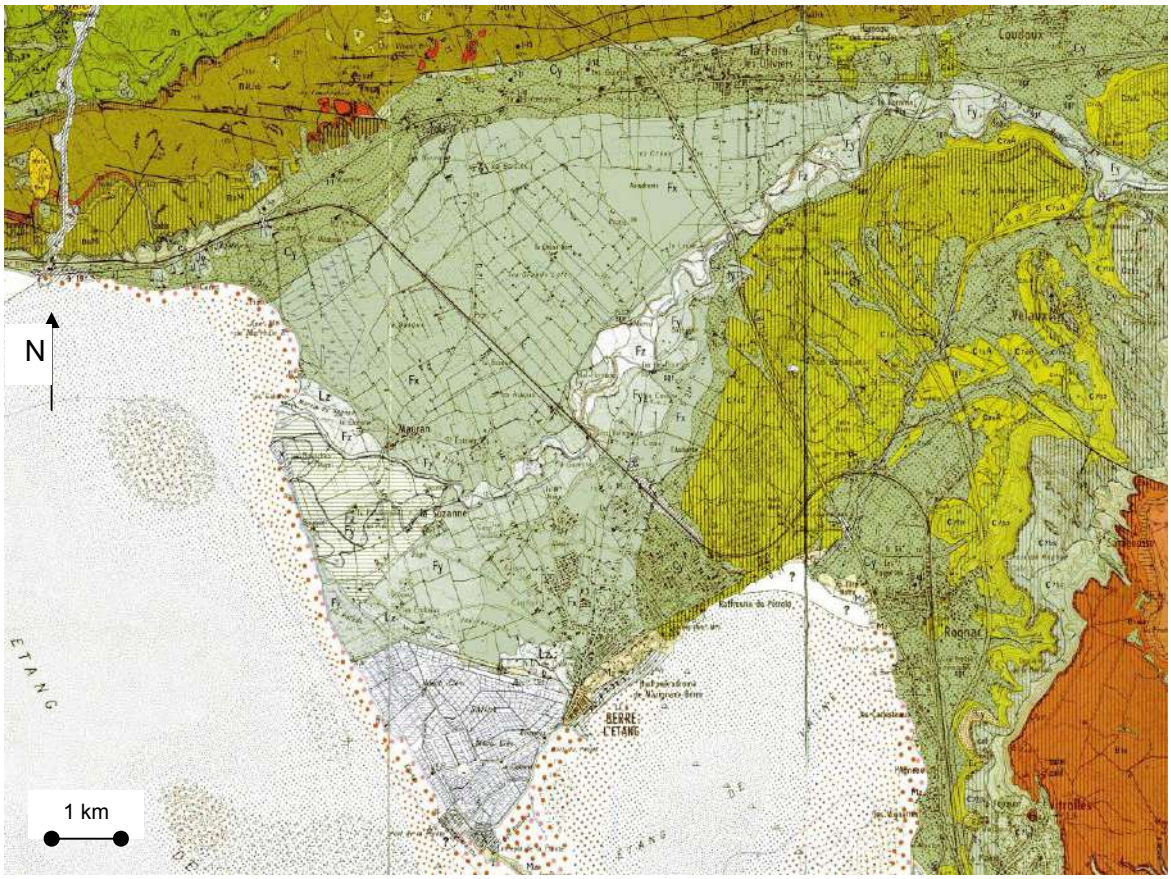
2. Connaissance géologique et hydrogéologique de la plaine de Berre

2.1. CONTEXTE GEOLOGIQUE GENERAL

Les alluvions de la basse vallée de l'Arc emplissent une dépression qui prolongeait vers le Nord l'actuel étang de Berre.

Le substratum est constitué pour l'essentiel par des terrains appartenant au Crétacé supérieur (marnes sableuses, calcaires marneux du Valdo-Fuvélien, calcaires et marnes du Bégudien).

Le secteur de la plaine de Berre s'inscrit dans la partie occidentale du grand synclinal du bassin de l'Arc, qui s'étend selon un axe de direction Est-Ouest : Trets, Aix-Gardanne, et enfin l'étang de Berre.



Légende

Quaternaire
Fz **: Alluvions fluviatiles récentes (sables, limons, graviers, galets)**
Fy **: Alluvions fluviatiles wurmiennes (sables, graviers)**

Cy **: Colluvions wurmiennes**
Fx **: Alluvions fluviatiles rissiennes (sables et graviers)**

Tertiaire
(éocène)
e1a **: Calcaire de Vitrolles**

Secondaire
c7b2 **: Argiles et grès**

(Rognacien)
c7b1 **: Calcaire de Rognac**
(Rognacien)

Secondaire (suite)
c7aA **: Argiles et grès**
(Bégudien)
c7aC **: Calcaires et marnes**
c6b **: Calcaires argileux/marnes**
(Valdo-fuvélien)
c6a **: Argiles, grès, calcaires**
n4 **: Calcaires (Barrémien)**
n3 **: Calcaires/marnes**
(Hauterivien)

Illustration 2 : Extrait de la carte géologique à 1/50 000ème n°1020 – feuille de Martigues (BRGM, 1979)

Le versant NO de la plaine est constitué par les calcaires de l'Hauterivien (n3) et du Barrémien (n4) du chaînon de la Fare.
Les strates calcaires présentent un fort pendage vers le S-SE, et s'enfoncent ainsi sous la plaine alluviale de Berre.

Le versant Est est représenté par les calcaires et marnes du Maestrichien inférieur. Leur pendage est plus modéré, mais présente une direction à peu près identique aux couches géologiques du chainon de la Fare.

2.2. CARACTERISTIQUES DE LA FORMATION ALLUVIALE ET HYDROGEOLOGIE

2.2.1. Caractéristiques générales

La plaine de Berre est constituée d'alluvions quaternaires, formation meuble et peu épaisse, de nature globalement sablo-graveleuse, avec des passées argileuses.

La majeure partie de la plaine est occupée par les alluvions fluviatiles rissiennes (Fx), tandis que le lit et les abords directs de l'Arc sont occupés par les alluvions récentes (Fz) et würmiennes (Fy) (*cf illustration 2*).

Cette formation alluviale repose sur un substratum constitué par des terrains appartenant au Crétacé supérieur, et caractérisés essentiellement par des marnes et calcaires marneux.

Les alluvions correspondent aux sédiments déposés par l'Arc et ses « divagations » (modifications du cours de l'Arc) durant l'ère quaternaire. Ce mode de dépôt fluviatile explique l'hétérogénéité des alluvions.

Ils présentent une épaisseur généralement comprise entre 10 et 20 m, mais qui pourrait atteindre 40 m d'épaisseur localement (IPSEAU, 2001).
Il s'agit essentiellement de galets et cailloutis calcaires ou gréseux, de sables, ainsi que des niveaux argileux, des lits de limons, des sables argileux ou des argiles sableuses.

Puis, la terrasse alluviale rissienne a ensuite été entaillée successivement au cours du Würm (Fy) et de la période récente (Fz), lesquelles se sont également accompagnées de dépôts d'alluvions localisés au droit du cours actuel de l'Arc.

D'une manière générale, les alluvions (récentes, würmiennes et rissiennes) sont perméables et constituent un aquifère contenant une nappe souterraine peu profonde.

2.2.2. Données bibliographiques

a) Secteur Nord de la plaine *(Gouvernet, 1959)*

Les données disponibles sur la composition du matériel alluvial concernent essentiellement le secteur Nord et le centre de la plaine. Elles sont issues d'une campagne de sondages de reconnaissance exécutée en 1959. Ces secteurs correspondent aux alluvions fluviatiles rissiennes.

Certains de ces sondages sont représentés sur l'*illustration 3*.

Les terrains rencontrés par ces sondages (15 sondages réalisés) indiquent des formations meubles essentiellement constituées de graviers sableux, présentant par ailleurs des niveaux d'argiles sableuses.

Les sondages montrent toutefois d'importantes variations de faciès :

- variations au sein d'un même sondage : niveaux graviers sableux/argiles sableuses ;
- variations latérales, d'un sondage à l'autre : certains sondages présentent des niveaux argileux plus nombreux et plus épais.

b) Données complémentaires (BSS[3])

La consultation de la BSS permet d'obtenir des données de sondages complémentaires.

Les principales données obtenues (coupes géologiques) pour le secteur d'étude sont présentées en *annexe 1* (tableau de données) et en *illustration 3* (carte).

Les **principales informations** qui se dégagent de ces données sont :

- les caractéristiques des alluvions sont assez hétérogènes selon leur position dans la plaine, des variations de faciès sont constatées pour des sondages pourtant proches l'un de l'autre ;

  Attention : Les données de sondage présentes au sein de la BSS proviennent de sources différentes. Des différences de précision/qualité des informations selon les sondages sont donc possibles.
- la majorité des sondages indique une prédominance forte des sables et graviers par rapport aux niveaux d'argiles et de limons ;

[3] BSS : Banque de données du Sous-Sol du BRGM

- l'épaisseur totale des alluvions est rarement connue, car les sondages sont parfois peu profonds. On note toutefois des épaisseurs atteignant facilement 15 à 20 m sur le centre de la plaine, et assez rarement de faibles épaisseurs d'alluvions : épaisseurs de quelques mètres rencontrées localement sur la ville de Berre (rive gauche).

Les informations indiquées ci-dessus concernent essentiellement les alluvions rissiennes (Fx), formation la plus étendue.

En ce qui concerne les alluvions récentes (Fz) et würm (Fy), qui se trouvent au droit du lit de l'Arc, les principales données sont connues par le biais des sondages de reconnaissance pour l'exploitation de gravières : ces alluvions présentent généralement une granulométrie plus grossière (et donc une perméabilité élevée). La majeure partie des anciennes gravières de la plaine se situe dans ces alluvions, à proximité de l'Arc.

Remarque : on dispose de très peu de données sur la perméabilité des alluvions. Un essai de pompage sur le secteur amont aurait permis d'estimer un coefficient de perméabilité de 10^{-4} m/s, soit une perméabilité modérée. Les perméabilités sont probablement plus élevées localement, notamment sur la partie aval de la plaine.

2.2.3. Sondages réalisés par le BRGM (2004)

Afin de compléter les connaissances indiquées ci-dessus, le BRGM a procédé à la réalisation de 4 sondages (Pz1, Pz2, Pz3, Pz4) répartis sur la plaine de Berre, permettant de caractériser les alluvions.

L'objectif de ces sondages étant par ailleurs de mettre en place des piézomètres, afin d'assurer un suivi de la nappe présente au sein de l'aquifère alluvial, ils ont été positionnés afin d'effectuer un suivi quantitatif et qualitatif de la nappe (*cf illustration 8*).

Les sondages ont été réalisés par carottage et ont permis de prélever des échantillons intacts d'alluvions sur toute leur longueur. Les prélèvements ont été mis sous gaines plastiques fermées aux extrémités, et ont été observés par un ingénieur géologue.

Les résultats de ces observations sont présentés par les coupes géologiques en *illustration 4*.

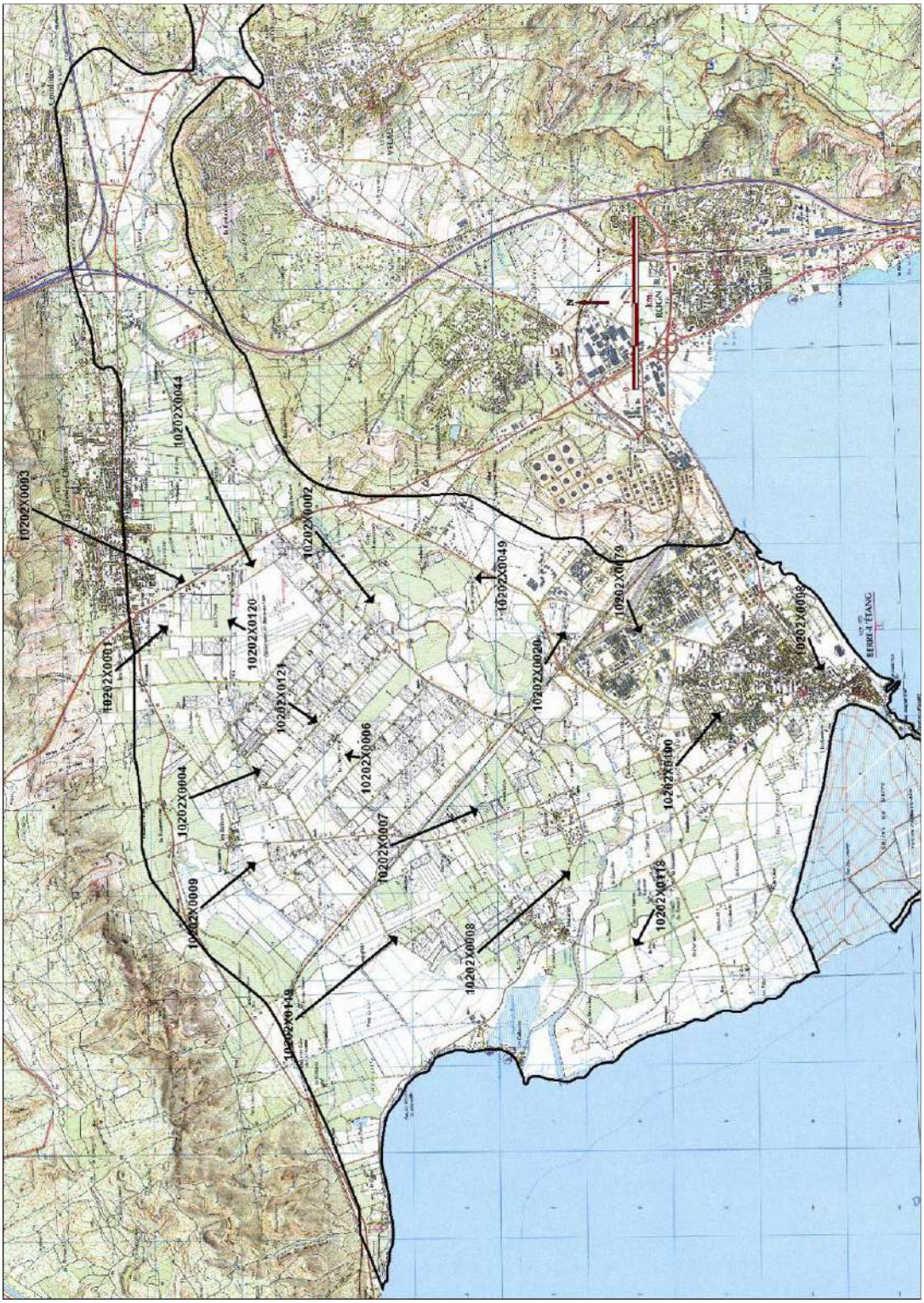


Illustration 3 : Localisation des sondages alluviaux et coupes géologiques associées(BRGM, 2006)

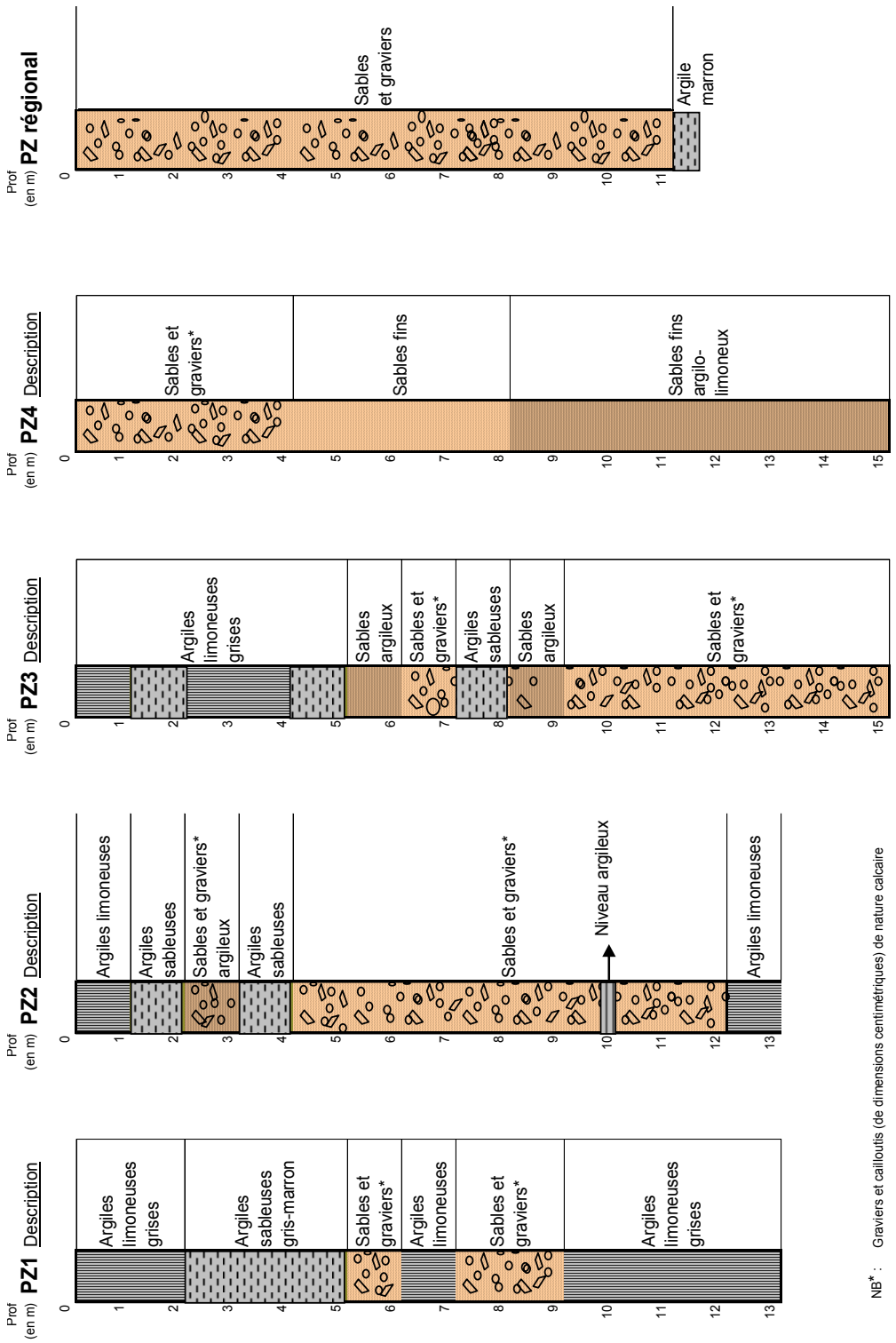


Illustration 4 : coupes géologiques des 4 sondages alluviaux réalisés par le BRGM, et coupe du piézomètre régional (Diren)

Les **principales informations à retenir des coupes géologiques** (Pz1 à Pz4) sont :

- l'épaisseur des alluvions est systématiquement supérieure à 13 m ;
- on constate une forte hétérogénéité de la nature granulométrique des alluvions (et donc de la perméabilité), d'un sondage à l'autre, et au sein d'un même sondage : alternance de niveaux sablo-graveleux et argileux :
  - la partie superficielle (0 à 4 m) est dominée par les argiles pour Pz1, Pz2 et Pz3 ;
  - les sondages en Pz2, Pz3 et Pz4 indiquent une épaisseur d'environ 8 m d'alluvions sablo-graveleuses non argileuses, donc très perméables ;
  - les alluvions sont très argileuses au droit de Pz1, c'est-à-dire en partie aval de la plaine / rive gauche de l'Arc ;
- la nature lithologique des alluvions est dominée par les sédiments détritiques calcaires (graviers et cailloutis).

Dans l'ensemble, ces observations corroborent les données connues, répertoriées au sein de la BSS.

Des niveaux d'alluvions très perméables sont observés au droit de chaque sondage. Les variations constatées sont essentiellement liées à l'épaisseur de ces formations, et à leur répartition verticale.

2.3. GEOLOGIE ET HYDROGEOLOGIE DU SUBSTRATUM ENCAISSANT

Le substratum de la plaine alluviale est essentiellement constitué par des terrains appartenant au Crétacé supérieur : marnes sableuses, calcaires marneux du Valdo-fuvélien, calcaires marneux et marnes du Bégudien (BRGM, 1985).

Comme indiqué en *paragraphe 2.1*, le secteur de la plaine de Berre s'inscrit dans la partie occidentale du grand synclinal du bassin de l'Arc, et le substratum géologique a été l'objet d'une tectonique importante : plissements et failles (anticlinal de La Fare).

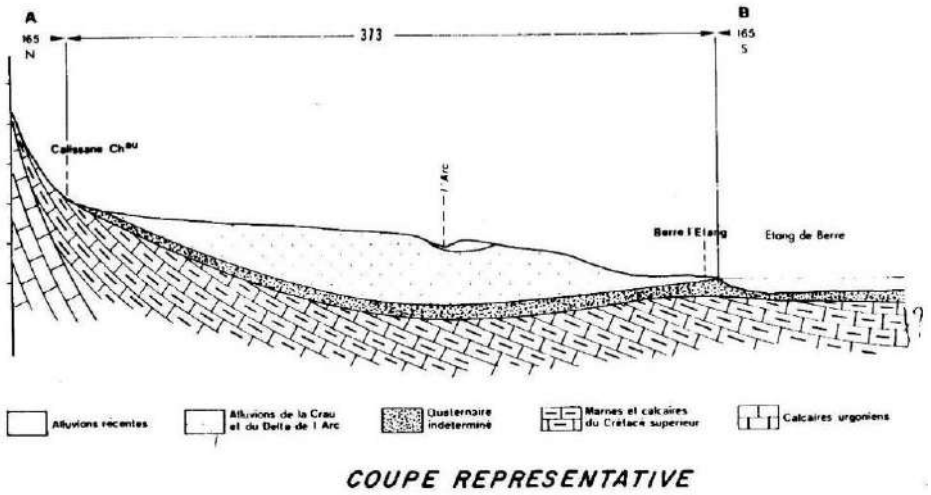


Illustration 5 : Coupe géologique simplifiée orientée N-S (BRGM, 1985)

Du Nord au Sud de la plaine, le substratum géologique est constitué de :

a) Au Nord : Calcaires du Barrémien (Crétacé inf.)

Il s'agit du chaînon de la Fare (anticlinal), constitué de calcaires du Barrémien de faciès variés, avec prédominance des calcaires pseudo-oolithiques en plaquettes, d'une épaisseur de plus de 300 m (BRGM, 1964).

Les strates de cette formation présentent un pendage fort vers le S-SE (*cf. illustration 5*).

La chaîne de la Fare, fracturée et karstifiée, constitue un réservoir aquifère affleurant sur plus de 20 km de long qui renferme en s'ennoyant vers le Sud des niveaux captifs sous les horizons marneux du Crétacé supérieur (Antea, 1999).

La majeure partie des écoulements karstiques au sein de la chaîne de la Fare est drainée par la **source de Calissanne**, dont le débit varie de 0,5 à 1,5 m^3/s environ (débits mesurés au cours de l'année 1972). Ses eaux sont de type chloruré-sodique, avec une teneur d'environ 0,5 à 0,6 g/L de NaCl.

Par ailleurs, un sondage de 110 m (n° BSS : 1020-2X-0073/F), réalisé dans les calcaires karstiques au « Jas d'Alisson », à environ 2 km, au Nord-Est de la source de Calissanne, a atteint **l'aquifère karstique**, indiquant un niveau piézométrique supérieur à celui de la nappe alluviale (Z ~ 28 m NGF).

On peut noter que cette différence de niveau piézométrique est probablement à l'origine de phénomènes de mise en charge de cette formation aquifère sous les horizons marneux du Crétacé.

Au pied des coteaux calcaires du chaînon de la Fare s'étendent des colluvions (Cy), de nature essentiellement limoneuse (*cf. illustration 2*).

Les formations du **crétacé supérieur : Turonien (C3), Coniacien (C4), Santonien (C5)**, sont largement recouvertes par des colluvions.

Ces formations constituent la transition entre les formations calcaires de la Fare (Barrémien) et le substratum marno-calcaire de la plaine de Berre (Valdo-Fuvélien), et peuvent être absentes par biseaux sédimentaires ou accidents tectoniques.
Elles sont d'ailleurs souvent non différenciées (BRGM, 1979). Elles sont essentiellement constituées de sables (C3), grès et calcaires (C4), et marnes calcaires (C5).

b) Au droit de la plaine, les formations du Crétacé sup. : Valdo-fuvélien et Bégudien

Le substratum est mal connu au droit de la plaine puisqu'il est recouvert par les formations alluviales.

D'après la carte géologique, et d'après le contexte géologique général et les sondages ayant traversé les alluvions, le **substratum est constitué de formations du Crétacé supérieur** (« Maestrichtien ») : Fuvélien (C6), Bégudien (C7).

Il s'agit généralement de formations **peu perméables** : calcaires marneux, marnes et argiles, au droit du site.

Les données géologiques issues de la BSS sont présentées en *annexe 2*.

Les principales informations à retenir sont :

- les alluvions de la plaine reposent presque toujours sur des formations à dominante argileuse, appelées « Maestrichtien », lesquelles comprennent le Fuvélien et le Bégudien ;
- les formations du **Fuvélien**, constituées d'une alternance de calcaires, de marnes et niveaux gréseux, sont présentes à faible profondeur sous les argiles au Nord de la plaine. C'est dans cette formation que l'on trouve des gisements de lignites, auparavant exploitées à Gardanne.

  Au Sud de la Fare (Puits des Auberges, n°BSS 10202X0093), une **venue d'eau conséquente** (20 à 25 m^3/h) a été mise en évidence à **36 m de profondeur** au sein d'un niveau gréseux du Fuvélien. Ces formations s'enfoncent ensuite vers le sud-est.

  A proximité de la zone d'étude, dans le secteur de Coudoux (toujours dans le secteur nord-est de la plaine), des puits miniers d'une profondeur supérieure à 100 m, ont recoupé les formations fuvéliennes. Ces forages ont été abandonnés en raison d'exhaures trop importants à réaliser (jusque 840 m^3/h). Ce qui montre la

présence de ressources aquifères significatives dans les niveaux calcaires du Fuvélien, sans doute largement conditionnées par la fracturation (failles).

Dans le secteur de Velaux, des forages recoupant le Fuvélien inférieur marno-calcaire ou supérieur calcaire, ont mis en évidence une eau très salée (NaCl). Une teneur de 2,3 g/l de NaCl a été mise en évidence dans un forage recoupant le Fuvélien inférieur.

Ces aquifères doivent être généralement captifs à semi-captifs (Antea, 1999).

c) Partie Est de la plaine : les formations du Crétacé sup. : Bégudien

Il s'agit du versant de Bruni, constitué par les calcaires et marnes du Bégudien. Entre les bancs calcaires, les marnes et argiles calcaires sont grises, ou rouges avec parfois des cristaux de gypse centimétriques entrecroisés (BRGM, 1979).

Cette formation peut être aquifère et donne lieu à une nappe de type fissurée/karstique, qui a été mise en évidence lors d'études hydrogéologiques réalisées pour le site pétrochimique de Shell à la fin des années 90 (Antea, 1999).
Il s'agit toutefois de systèmes aquifères de faible productivité, où les circulations sont localisées à proximité de fractures.

d) Conclusion

Les principales caractéristiques du substratum géologique sous-jacent indiquent un caractère argileux important (marnes), recouvrant des niveaux vraisemblablement aquifères (Fuvélien).

Ces niveaux **aquifères sont probablement captifs à semi-captifs** sous les formations marneuses, et pourraient donc être à l'origine de **phénomènes de recharge** de la nappe alluviale.

Il n'est toutefois pas possible de donner plus de précisions sur la base des données connues.

3. Hydrogéologie : piézométrie de la nappe alluviale et bilan hydrogéologique

3.1. PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DE LA NAPPE ALLUVIALE

La nappe de la plaine de Berre est répertoriée sous le n°373 dans le Référentiel Hydrogéologique Français (BD RHF V1), et sous le n°6312 selon les masses d'eau définies par l'Agence de l'Eau *(« Alluvions de l'Arc de Berre et de l'Huveaune »).*

Elle constitue un aquifère alluvial considérable compte-tenu de la surface de la plaine (> 50 km^2), de l'épaisseur des alluvions (~ 20 m), et de leur bonne perméabilité générale.

a) Perméabilité des alluvions

L'étude hydrogéologique de 2001 (IPSEAU, 2001) indiquait la diminution de l'épaisseur des niveaux détritiques grossiers des alluvions d'amont en aval, avec des **niveaux argileux** plus importants au sein des horizons supérieurs, **en aval**, expliquant ainsi une nappe alluviale légèrement captive à proximité de l'étang de Berre.

La présence d'un niveau supérieur argileux a été confirmée par les sondages Pz1 et Pz2 (*cf illustration 4*). Mais des niveaux argileux superficiels ont été mis en évidence également en **amont de la plaine** (Pz3)*,* ce qui tend à montrer une hétérogénéité latérale globale des alluvions.

Cette variation latérale se caractérise par des différences dans l'épaisseur et l'alternance des niveaux sablo-graveleux et limono-argileux, au sein des alluvions.

Par ailleurs, les alluvions présentent **une perméabilité localement plus élevée** que la perméabilité moyenne au sein de l'aquifère. Cela s'explique probablement par l'existence de chenaux préférentiels d'écoulement de la nappe (*« drains aquifères »)*, correspondant à d'anciens méandres de l'Arc.

La **vitesse moyenne d'écoulement** des eaux de la nappe est estimée[4] à environ **1,5 à 2 km/an** (IPSEAU, 2001).

b) Productivité / exploitation de la nappe

La nappe offre un bon potentiel de prélèvement puisque des débits de pompage compris entre 30 et 100 m^3/h entraînent un rabattement de la nappe de 1 à 2 m maximum, suivi par une stabilisation du niveau statique.

[4] Evaluation basée sur la loi de Darcy, et prenant en compte une perméabilité de 10^{-3} m/s

La nappe est largement exploitée par des puits peu profonds, essentiellement agricoles (usage d'irrigation), et des puits privés. Il n'y a aucun captage public d'eau potable. Les prélèvements peuvent atteindre 300 m^3/h selon la fiche de caractérisation des masses d'eaux souterraines de l'Agence de l'Eau RMC, et seraient liés essentiellement aux cultures sous serres.

c) Piézométrie

La nappe s'écoule globalement suivant une direction NE-SO (IPSEAU, 2001). Par ailleurs, les isopièzes[5] suivent la surface topographique du terrain naturel.

Le fonctionnement de la nappe est étroitement lié au cours d'eau de l'Arc. En effet, la nappe bénéficie notamment d'apports d'eau importants liés aux pertes du cours d'eau, et de ses canaux d'irrigation, en particulier sur le secteur amont de la plaine (IPSEAU, 2001).

D'autre part, la nappe est sans doute alimentée par des venues d'eau souterraine issues des formations géologiques « encaissantes », notamment du massif calcaire du chainon de la Fare (*cf paragraphe 2.3*).

3.2. CARTES PIEZOMETRIQUES DE LA NAPPE

Lors de l'étude hydrogéologique réalisée en 2001, une carte piézométrique a été établie en période de hautes eaux (janvier 2001), sur la base de mesures piézométriques sur environ 100 points de mesure répartis sur la plaine de Berre.

Une **carte piézométrique en période de basses eaux** a été réalisée dans le cadre de la présente étude, afin de préciser les caractéristiques hydrodynamiques de la nappe, et les évolutions entre « hautes eaux » et « basses eaux ».

3.2.1. Descriptif des campagnes de mesure

a) Carte piézométrique en hautes eaux (janvier 2001)

Elle avait été réalisée en janvier 2001, à partir de plus de 100 points de mesure piézométrique repérés à l'aide d'un GPS 500 (coordonnées X et Y en Lambert II étendu).

Nous rappelons que les relevés piézométriques avaient été réalisés entre le 27/12/2000 et le 05/02/01, avec une sonde piézométrique électrique. Les puits avaient ensuite été nivelés à l'aide d'un GPS 500, avec une précision de (+/-) 1 à 2 cm sur l'altimétrie.

Les précisions relatives à cette campagne de mesures de janvier 2001 sont présentées par le rapport de l'étude hydrogéologique (IPSEAU, 2001).

[5] Courbes d'égal niveau piézométrique

b) Carte piézométrique en basses eaux (novembre 2003)

Elle a été réalisée en **novembre 2003**, par la société IPSEAU, pour le compte du BRGM, à partir d'une campagne de mesures piézométriques sur un total de 99 points.

Les caractéristiques des points de mesure sont présentées en *annexe 4*.

Cette campagne de mesures en basses eaux a été réalisée entre le 7 et le 14 novembre 2003, avec une sonde piézométrique électrique.

Il s'agit d'une période correspondant plutôt à des basses eaux, mais il ne s'agit pas des plus basses eaux (*cf. paragraphe 3.3.3*).

Les cartes piézométriques hautes et basses eaux ont été réalisées à l'aide du logiciel *SURFER*.

Remarque : ces levés piézométriques n'ont pas permis de déterminer la côte de la ligne d'eau de l'Arc. Par conséquent, il est difficile d'appréhender les relations nappe-cours d'eau, comme cela avait été réalisé en 2001.

3.2.2. Présentation des résultats et interprétation

a) Carte piézométrique hautes eaux (janvier 2001)

Les résultats et l'interprétation présentés ci-après sont extraits du rapport d'étude hydrogéologique de la plaine de Berre (IPSEAU, 2001).

La nappe s'écoule dans son ensemble suivant une direction NE – SO. Les isopièzes suivent globalement la topographie générale de la plaine (*cf illustration 6*).

Les principales informations apportées par l'analyse de la carte piézométrique hautes eaux sont indiquées ci-dessous :

- **Partie amont de la plaine**

- drainage de la nappe selon une direction NE – SO, entre les points 3 et 5 ;
- présence d'un dôme piézométrique au point 7 (amont du pont de la Fare), qui pourrait s'expliquer par l'influence d'un canal d'eaux d'irrigation, sur la recharge de la nappe ;
- d'une manière générale, le secteur amont est une zone où les eaux de l'Arc s'infiltrent et alimentent la nappe (on manque de points de mesures en rive gauche, mais cela est visible en rive droite de l'Arc).

- **Partie centrale de la plaine**

- écoulement général de la nappe de direction NE – SO ;

- alimentation de la nappe alluviale par le versant NW (Calcaires du plateau de Lançon - La Fare), et le versant Est (calcaires et marnes du secteur de Rognac) ;

- axes d'écoulement de la nappe parallèles à l'Arc, pouvant indiquer un colmatage des berges du cours d'eau ;

- drainage de la nappe selon une direction NE – SW dans le secteur de la « Grande Bosque », qui pourrait être lié à des lentilles plus perméables au sein de l'aquifère. La présence d'un aquifère plus profond, plus perméable, et captif est supposée.

  - **Partie sud de la plaine**

- drainage net de la nappe par l'Arc, sur le secteur de Mauran, du « mas de la couvette » jusqu'à l'étang de Berre ;

- sous le site industriel Shell, en rive gauche, les courbes piézométriques indiquent une alimentation par le versant Est, selon 2 directions : NE – SW et N-S.

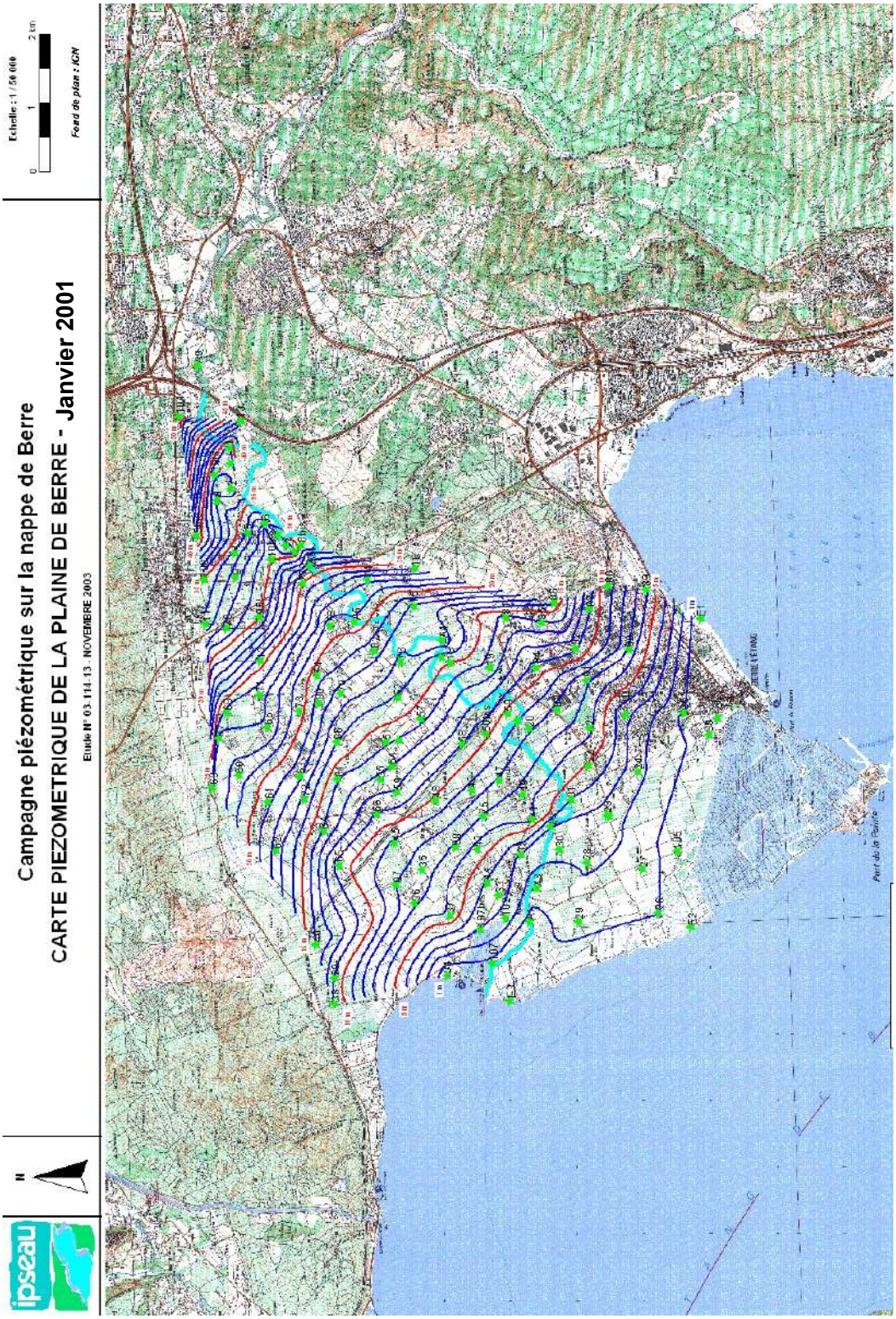


Illustration 6 : Carte piézométrique de la nappe alluviale en hautes eaux (janvier 2001)

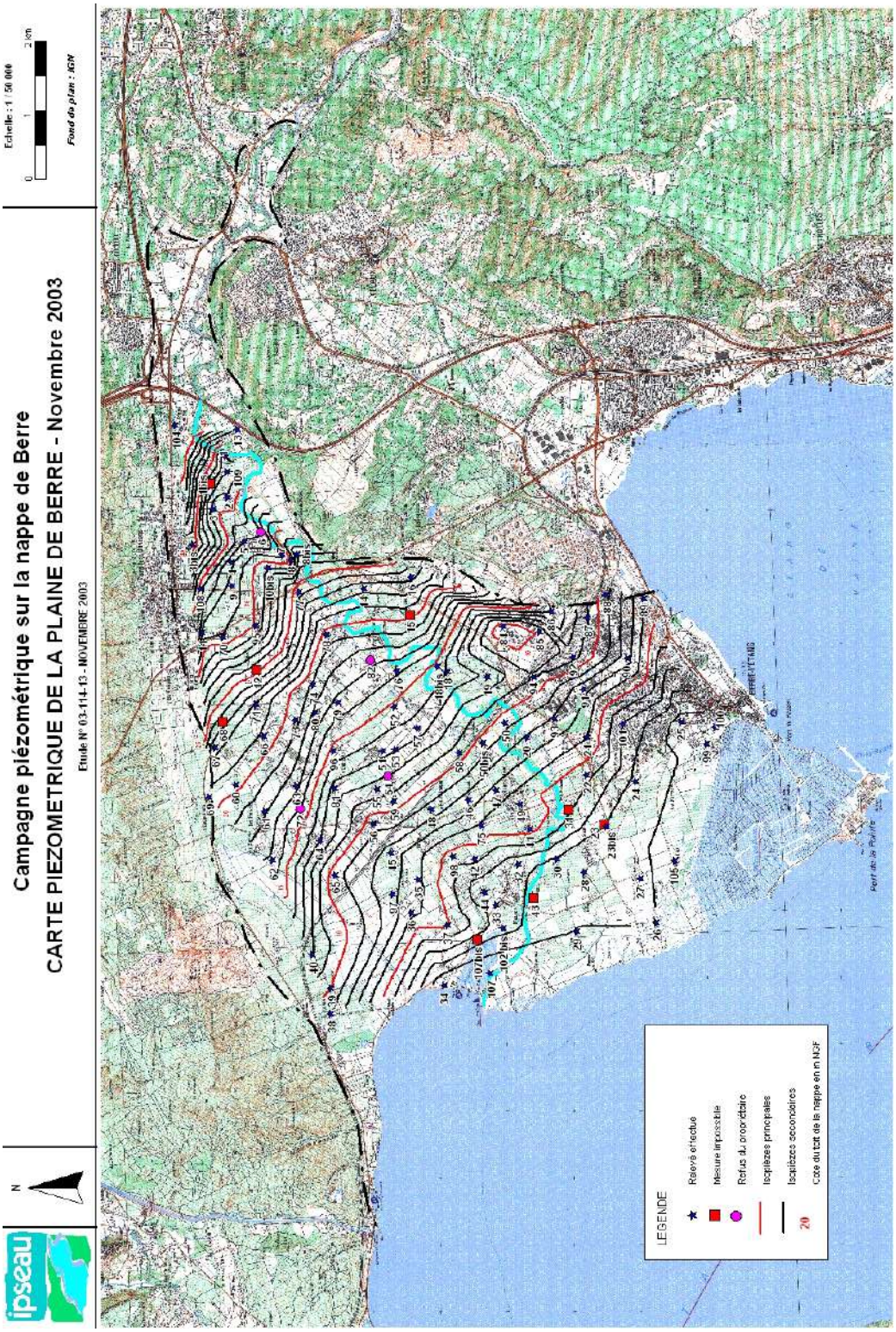


Illustration 7 : Carte piézométrique de la nappe alluviale en basses eaux (novembre 2003)

b) Carte piézométrique basses eaux (novembre 2003)

Les résultats présentés ci-après sont extraits du rapport de la campagne piézométrique sur la plaine de Berre (IPSEAU, 2003).

L'ensemble du rapport IPSEAU de 2003 est présenté en *annexe 3*. Le détail des résultats de la campagne de mesures piézométriques est présenté en *annexe 4*.

De même qu'en période de hautes eaux, la nappe s'écoule dans son ensemble suivant une direction NE – SO. Les isopièzes suivent globalement la topographie générale de la plaine.

Les principales informations apportées par l'analyse de la carte piézométrique basses eaux sont indiquées ci-dessous :

- **Partie amont de la plaine**

- mise en évidence de 2 axes de drainage :
  - en rive droite de l'Arc, entre « les chevilles de Touron » et « la Bosque », axe de drainage de direction NE – SW ;
  - en rive droite de l'Arc, avant le pont de la Fare, axe de drainage de direction NE-SW, sans doute associé à un ancien lit de l'Arc.
- entre ces 2 axes de drainage et l'Arc, une crête hydraulique se dessine clairement, depuis le point 2, et jusqu'à l'amont du point 77 ;
- l'Arc semble jouer un rôle globalement drainant jusqu'au Pont de La Fare. On note par contre un écoulement de la nappe selon une direction N-S au niveau de la Fare, indiquant vraisemblablement une alimentation de la nappe alluviale par les coteaux de la Fare (aquifères karstiques sans doute drainés par les alluvions).

  Remarque : de même qu'en 2001, l'absence de points de mesures en rive gauche de l'Arc ne permet pas d'interpréter les écoulements de la nappe sur cette zone.

- **Partie centrale de la plaine**

- écoulement général de direction NE – SO, conforme à l'écoulement mis en évidence en hautes eaux, en janvier 2001 ;
- alimentation par les versants bien marquée, en particulier en bordure nord-ouest de la plaine, en contrebas du bourg de la Fare ;
- drainage de la nappe depuis le secteur de la Grande Bosque jusqu'à Mauran, plus marqué qu'en janvier 2001, qui pourrait être lié à des lentilles ou chenaux d'alluvions plus perméables ;
- entre *les Cravons* et *Malferrade*, l'Arc semble alimenter la nappe en rive droite (centre de la plaine), contrairement à janvier 2001. Par contre, c'est la nappe alluviale qui semble alimenter l'Arc en rive gauche, profitant des apports du versant Est (points 16 et 16 bis) ;

- les écoulements en nappe se font ensuite sub-parallèlement à l'Arc, de la même manière qu'en 2001, traduisant peut-être un colmatage des berges ;
- en rive gauche, la piézométrie est marquée par un rabattement de la nappe d'environ 3 à 4 m au droit du site pétrochimique de Shell. L'origine de ce rabattement n'est pas connu : en effet, seul un pompage important au sein de la nappe permettrait un tel rabattement, or, aucun pompage n'est répertorié/connu à cette période d'après les services de la DRIRE et de la société Shell.

- **Partie aval de la plaine**

- en rive gauche, dans le secteur de Berre, l'écoulement se fait en partie en direction du Sud (étang de Vaïné), et en partie vers les salins, en suivant semble-t'il un léger drainage qui pourrait être lié à des alluvions plus perméables.

c) Comparaison hautes et basses eaux

Le **niveau piézométrique** de la nappe alluviale est un peu **plus bas en novembre 2003** (basses eaux), par rapport à janvier 2001 (hautes eaux).

Toutefois, le niveau piézométrique général de la nappe et son **comportement hydrodynamique est peu différent** entre janvier 2001 et novembre 2003.

Cela pourrait indiquer que la nappe est peu influencée par les saisons (hautes ou basses eaux), notamment du fait des apports par l'Arc et ses canaux.

Toutefois, sur la base du suivi piézométrique réalisé de 2003 à 2006 au point Pz régional, situé au centre de la plaine (*cf. paragraphe 3.3*), novembre 2003 ne correspond pas aux plus basses eaux, et apparaît plutôt comme une période intermédiaire.

Cela pourrait expliquer les faibles variations entre janvier 2001 (« hautes eaux ») et novembre 2003 (plutôt des basses eaux, voire situation intermédiaire).

3.2.3. Piézométrie de la nappe – compléments d'interprétation

a) Influence des puits agricoles et des canaux d'irrigation

Il faut noter également l'influence des prélèvements par forage, notamment pour l'irrigation, qui tendent à faire baisser le niveau de la nappe, ainsi que l'influence des canaux d'irrigation, qui tendent à recharger la nappe et donc à faire monter le niveau piézométrique.

La répartition des forages agricoles et la position des axes principaux des canaux d'irrigation sont présentées par *l'illustration 14*.

Compte tenu des périodes des campagnes de mesures piézométriques (novembre, janvier), leur influence est probablement modérée. Il est probable que leur action mutuelle (prélèvements par forages, et alimentation par canaux gravitaires) soit plus importante en été.

b) Investigations complémentaires envisageables

Sur la base des données disponibles, il apparaît que les campagnes de mesures piézométriques aient été réalisées lors de situations hydrologiques intermédiaires : janvier (plutôt hautes eaux) et novembre 2003 (plutôt basses eaux).

Par ailleurs, la piézométrie de la nappe alluviale est probablement plus influencée durant la période avril – octobre par les pompages dans la nappe, d'une part, et par les canaux d'irrigation (eaux superficielles) d'autre part.

→ Par conséquent, une **campagne piézométrique en plein été permettrait d'évaluer le comportement de la nappe durant la période estivale** (si possible en août), et évaluer ainsi l'influence des pompages dans la nappe et des canaux d'irrigation.

Remarque : Les liens entre l'Arc et la nappe n'ont pas pu être précisés en 2003. Les prochaines campagnes de mesures piézométriques devront intégrer la détermination de la côte de la ligne d'eau de l'**Arc**, de la **Durançole**, ainsi que la **mesure du débit** de ces 2 cours d'eau entre amont et aval de la plaine.

Synthèse – Cartes piézométriques :

La campagne piézométrique réalisée en novembre 2003 (basses eaux) montre que le comportement de la nappe est peu différent de janvier 2001 (hautes eaux). Le niveau piézométrique de la nappe est un peu plus bas en novembre, mais les sens d'écoulements varient peu.

Sur la base des données de suivis piézométriques (*cf. paragraphe 3.3*), on note toutefois que novembre 2003 ne correspond pas à un niveau de très basses eaux. C'est pourquoi des investigations complémentaires en pleine période d'été seraient pertinentes.

3.3. SUIVI PIEZOMETRIQUE

3.3.1. Descriptif des moyens mis en œuvre

Le suivi piézométrique régulier (journalier) des piézomètres PZ1 à PZ4 a eu pour objectif d'évaluer les fluctuations du niveau de la nappe au cours d'une année, et de préciser les mécanismes de recharge de la nappe (précipitations, irrigations…).

Le suivi a été réalisé par le BRGM. Les piézomètres ont été équipés de centrales d'acquisition automatique thalimèdes OTT avec mesure journalière du niveau piézométrique.

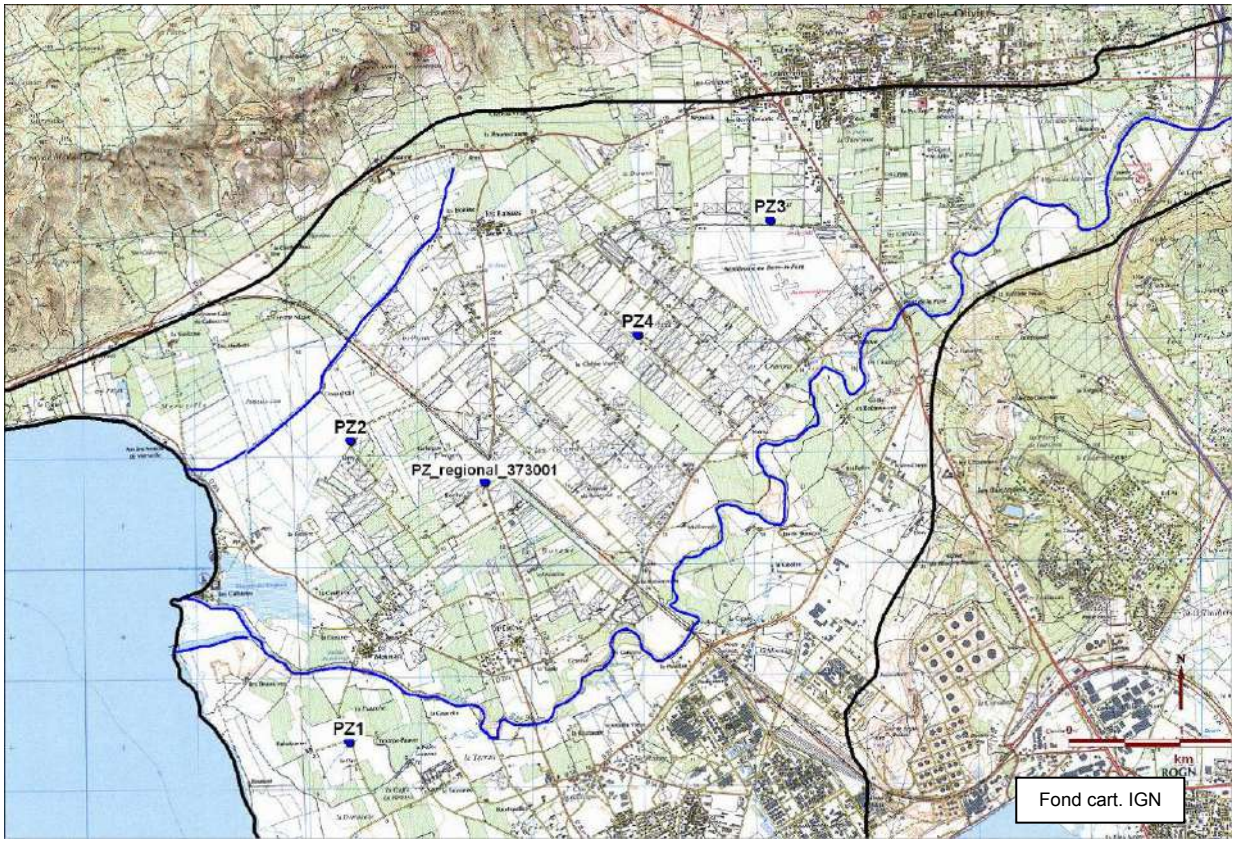


Illustration 8 : Carte de localisation des piézomètres PZ1 à PZ4

Par ailleurs, un 5ème piézomètre est également suivi en continu sur la plaine de Berre : il s'agit d'un piézomètre du réseau piézométrique régional du BRGM (N°373001).

Les principales caractéristiques de ces piézomètres sont rassemblées dans le tableau ci-dessous.

N° BSS	Nom / Lieu-dit	Coord. X (Lambert II étendu)	Coord. Y (Lambert II étendu)	Côte NGF en m (niveau du sol)	Prof en m / sol	Diamètre
10202X0117/PN2	Piézomètre régional 373001	827600	1839352	14	11,50	160 mm
10202X0118/PIEZ1	Piézomètre 1 (PZ1) Palustranne le pin	826380	1837002	4	13 m	125 mm
10202X0119/PIEZ2	Piézomètre 2 (PZ2) La Grande Bosque	826490	1839750	10	13 m	125 mm
10202X0120/PIEZ3	Piézomètre 3 (PZ3) Les Craus	830159	1841720	32	15 m	125 mm

N° BSS	Nom / Lieu-dit	Coord. X (Lambert II étendu)	Coord. Y (Lambert II étendu)	Côte NGF en m (niveau du sol)	Prof en m / sol	Diamètre
10202X0121/PIEZ4	Piézomètre 4 (PZ4) Les Grands lots Richelme	828971	1840686	23	15 m	125 mm

Illustration 9 : Principales caractéristiques des piézomètres

Les coupes géologiques correspondant aux sondages sont présentées par l'*illustration 4*.

3.3.2. Résultats du suivi piézométrique

a) Période de suivi du niveau piézométrique

Une durée de suivi d'un an était prévue initialement, afin d'effectuer un suivi sur un cycle hydrologique complet.

En réalité, le suivi a été réalisé sur une durée plus longue pour certains ouvrages (piézomètre régional). Par ailleurs, il n'a pas été possible pour d'autres (PZ2, PZ4) en raison de problèmes techniques.

Les durées de suivi sont variables selon les piézomètres :

- PZ régional : avril 2003 – août 2006 (> 3 ans) ;
- PZ1 : avril 2004 – août 2006 (> 2 ans) ;
- PZ3 : déc. 2004 – août 2006 (> 1 an) ;
- PZ2 et PZ4 : pas de données exploitables (problème technique non résolu).

b) Résultats des mesures piézométriques

Les graphiques de l'*illustration 10* présentent l'évolution des niveaux piézométriques (prof. en m/sol) au cours du temps, pour chacun des 3 piézomètres : PZ régional, PZ1 et PZ3.

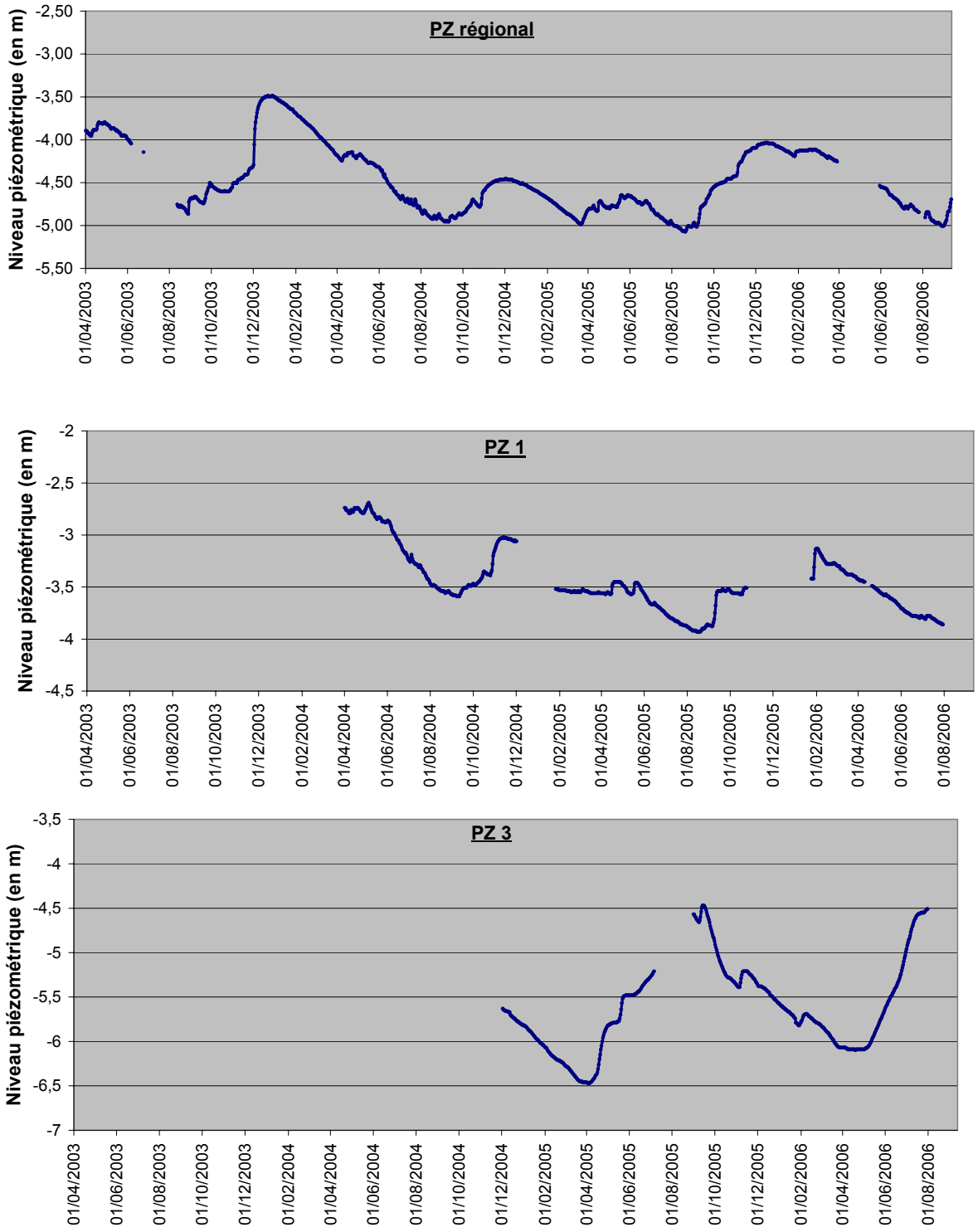


Illustration 10 : Courbes d'évolution du niveau piézométrique – prof en m/sol (PZ rég., PZ1, PZ3)

3.3.3. Interprétation

L'évolution du niveau piézométrique global de la nappe est bien évidemment influencée par la pluviométrie locale précédant la mesure.

Par ailleurs, le niveau de la nappe mesuré au sein de chaque piézomètre peut-être influencé selon sa position (proximité de l'Arc, influence de l'irrigation ou des prélèvements…).

a) Pluviométrie

Les données pluviométriques ont été obtenues auprès de météo France, et correspondent aux relevés de la station de la Fare-les-Oliviers, qui se trouve dans le secteur d'étude.

Le cumul des précipitations pour la période 2003 - 2006 est présenté par le graphique suivant :

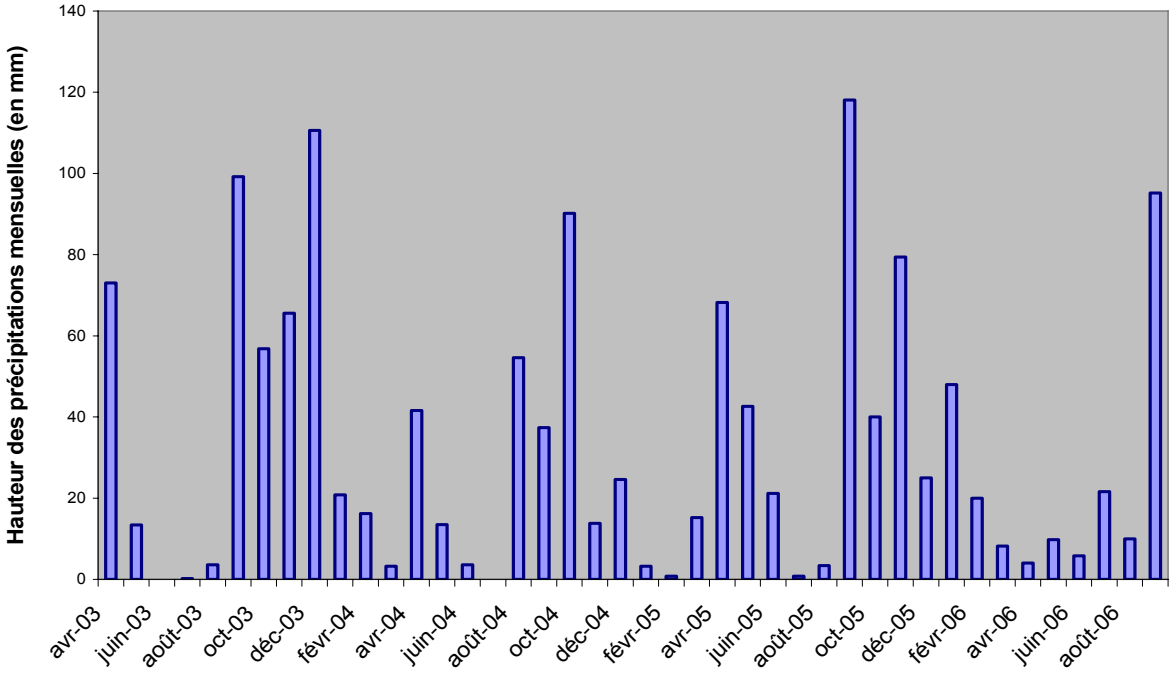


Illustration 11 : Histogramme des cumuls de précipitations mensuelles (2003 – 2006)

La pluviométrie moyenne annuelle est de 547,2 mm pour la période 1972 – 2006.

b) Régime hydrologique de l'Arc

L'Arc joue un rôle important dans le fonctionnement hydrogéologique de la plaine, puisqu'il est en relation hydraulique avec la nappe.

Un suivi régulier du débit de l'Arc est réalisé par la DIREN dans la partie aval du bassin, à Berre (Saint-Estève). Les résultats sont présentés par *l'illustration 12* pour la période 2003-2006.

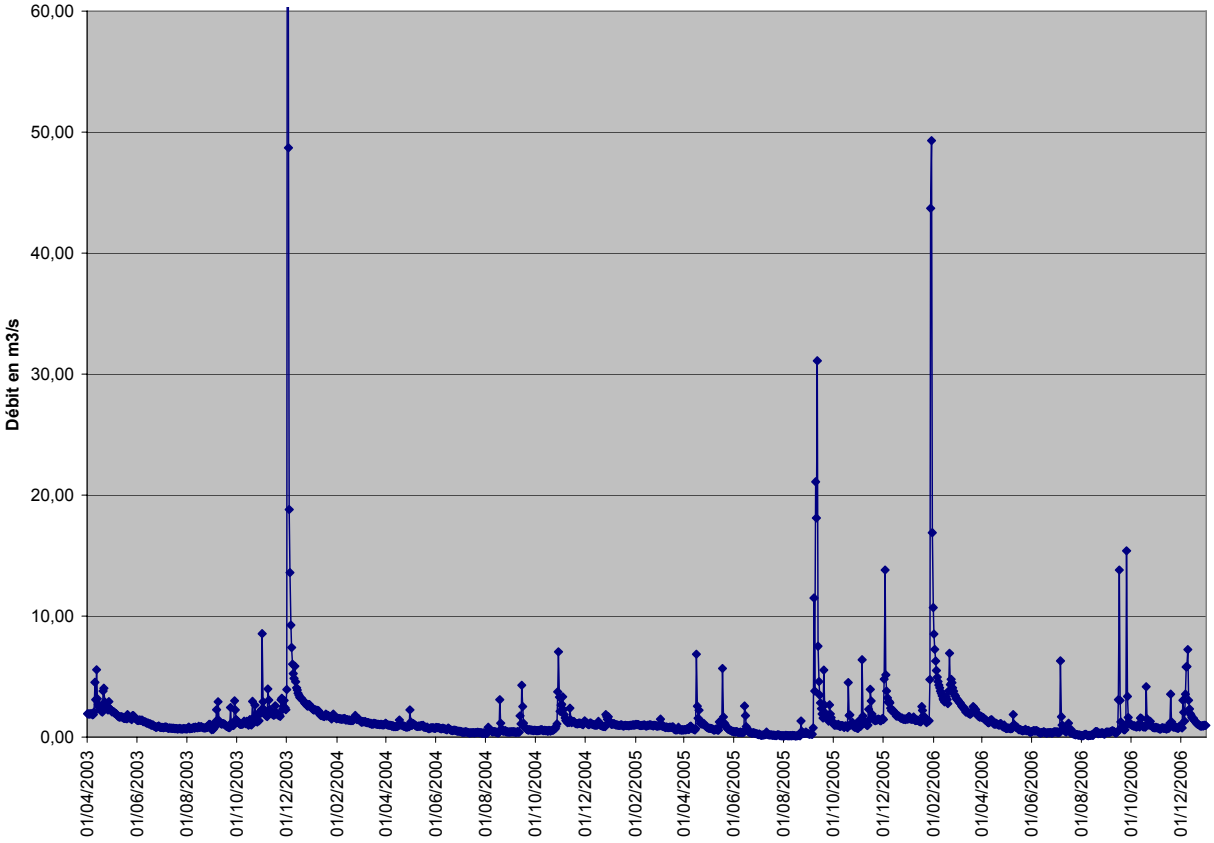


Illustration 12 : Débits de l'Arc à Berre (Saint-Estève) (Source : DIREN – site internet de la banque HYDRO)

Par ailleurs, des mesures de débit de l'Arc, spécifiques au secteur de la plaine de Berre, ont été menées par la DIREN en 2002 (*cf. annexe 5*).

Les mesures ont été réalisées sur 4 stations :

- Point 1 : Jas de Bourges (centre de la plaine) ;
- Point 2 : Amont pont SNCF ;
- Point 3 : Amont Mauran ;
- Point 4 : Aval Mauran.

Les résultats montrent un drainage de la nappe bien marqué dans le secteur de Mauran, en juin et en juillet, avec une augmentation des débits de l'ordre de plusieurs centaines de l/s. Le phénomène de drainage est plus modéré en octobre et novembre.

On constate notamment un doublement du débit de l'Arc en période sèche (juillet 2002) entre le jas de bourges et l'aval de Mauran.

Date	**13/06**				**11/07**				**17/10**				**21/11**			
Point mesure	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**
Débit (m^3/s)	**1,066**	**1,171**	**1,346**	**1,452**	**0,29**	**0,407**	**0,47**	**0,61**	**2,563**	**2,417**	**2,59**	**2,85**	**4,52**	**4,85**	**4,74**	**4,88**

Illustration 13 : Résultats des campagnes de mesure des débits de l'Arc (DIREN, 2002)

On peut noter qu'à la fin de l'année 2005 et début 2006 (*cf. illustration 12*), des crues importantes ont eu lieu. Il est donc probable qu'à cette période les eaux de l'Arc aient rechargé en grande partie les eaux de la nappe alluviale.

c) Variation de la piézométrie au droit de chaque piézomètre

- **PZ régional**

Le piézomètre Pz régional se trouve au **centre de la plaine** de Berre, à environ 2 km en rive droite de l'Arc (et à 3 km des coteaux).

On constate des fluctuations d'amplitude modérée :

- amplitude d'environ 1 m pour la période 2005-2006, qui correspond à notre étude ;
- amplitude annuelle maximale enregistrée de 1,5 m en 2004.

Le niveau piézométrique le plus haut est mesuré à la fin du mois de décembre 2003, suite à un important épisode pluvieux.

Les niveaux piézométriques les plus bas sont mesurés au mois de septembre.

D'une manière générale, le **niveau de la nappe** au point Pz régional **suit** sensiblement **l'évolution de la pluviométrie**.

- **PZ 1**

Le piézomètre Pz1 se trouve sur la **partie aval** de la plaine de Berre, à environ 500 m en rive gauche de l'Arc (et à 1 km de l'étang de Berre).

On constate des fluctuations d'amplitude modérée :

- amplitude d'environ 1 m pour la période 2005-2006 ;
- amplitude annuelle maximale enregistrée de 1,5 m en 2004.

D'une manière générale, le niveau de la nappe au point Pz1 **suit** sensiblement **l'évolution de la pluviométrie**, comme c'est le cas pour Pz régional.

- **PZ3**

Le piézomètre Pz3 se trouve en **position amont** de la plaine, à un peu plus d'1 km en rive droite de l'Arc (et à environ 1 km en contrebas de la Fare).

On constate des fluctuations d'amplitude assez importante, d'environ 2 m pour la période 2005-2006.

Le niveau piézométrique le plus haut a été mesuré en aout 2005 et en aout 2006, c'est-à-dire en période sèche.

Le **niveau de la nappe au point Pz3 ne suit aucunement la pluviométrie**. Il est probable que ce secteur soit fortement influencé par les irrigations via les canaux de l'Arc, et éventuellement à partir du réseau d'eau (sous pression) de la SCP[6] dont l'eau provient de la Durance.

d) Interprétation globale des fluctuations de la nappe

Compte tenu du contexte hydrogéologique général de la nappe, nous savons que l'évolution de la piézométrie de la nappe est liée à :

- la pluviométrie ;
- aux apports d'eaux superficielles (canaux d'irrigation, Arc) ;
- a des apports possibles par le substratum sous-jacent (niveau aquifère semi-captif supposé) ;
- aux pompages dans la nappe par les puits agricoles (ou privés) ;
- au drainage de la nappe par l'Arc dans sa partie aval (Mauran).

- **Variation de la piézométrie selon les piézomètres**

Sur la base du suivi piézométrique réalisé, on constate des fluctuations modérées au Pz régional (centre de la plaine), et en Pz1 (secteur aval, rive gauche), alors qu'elles présentent une amplitude plus importante en Pz3 (secteur amont).

Par ailleurs, Pz régional (centre) et Pz1 (aval) présentent une fluctuation de la nappe qui dépend directement de la pluviométrie : le niveau de la nappe augmente rapidement suite aux épisodes pluvieux significatifs.

Ce n'est pas le cas de Pz3 'secteur amont), où le niveau de la nappe ne suit pas la pluviométrie. En 2005, le niveau piézométrique a augmenté à partir d'avril-mai jusqu'au mois d'octobre.

[6] SCP : Société du Canal de Provence

Ce **phénomène d'élévation du niveau piézométrique en période sèche** au point Pz3 peut s'expliquer par une **influence forte de l'irrigation** pratiquée sur le secteur de la Fare, à partir des canaux d'eaux superficielles (Arc, Durance).

Ce phénomène apparait également au Pz régional, mais cette influence est moins nette.

- **Variation de la piézométrie au cours des dernières années**

On dispose de peu de recul sur l'évolution de la piézométrie au cours des dernières années, en dehors du piézomètre Pz régional (suivi durant 3 ans ½).

On retiendra essentiellement que les fluctuations piézométriques au point **Pz régional**, sont assez semblables depuis avril 2003 :

- un niveau des plus « basses eaux » systématiquement en août-septembre, qui est à peu près identique chaque année (proche de – 5 m) ;
- un niveau des plus « hautes eaux » systématiquement en décembre-janvier, qui varie selon l'intensité des pluies d'automne (de -4,5 m (2004) à – 3,5 m (2003)).

Synthèse - Suivi piézométrique :

Les données de suivi piézométrique indiquent que les variations du niveau de la nappe peuvent être influencées par les canaux d'irrigation gravitaire. C'est le cas du point Pz3 qui se trouve dans le secteur amont de la plaine.

Au point Pz régional, situé au centre de la plaine, l'effet des apports par les canaux est moins net. Une influence des prélèvements par forages est probable.

D'une manière générale, on dispose de peu de recul sur le suivi de la nappe au cours des dernières années. Toutefois, il semblerait qu'au centre de la plaine, les niveaux de hautes eaux de la nappe correspondent à décembre-janvier, et les niveaux de basses eaux à août-septembre.

3.4. SYNTHESE HYDROGEOLOGIQUE ET BILAN HYDROGEOLOGIQUE

3.4.1. Synthèse des caractéristiques de la nappe alluviale

L'aquifère alluvial est caractérisé par des variations importantes de lithologie au sein de la plaine. Les alluvions présentent des alternances entre faciès sablo-graveleux et argileux.

Cela fait de l'aquifère de la plaine de Berre un **aquifère alluvial hétérogène**, du point de vue de la perméabilité des alluvions. Ce caractère hétérogène est à l'origine d'écoulements préférentiels plus rapides via des « chenaux » plus perméables.

La vitesse d'écoulement moyenne des eaux de la nappe est estimée entre 1,5 et 2 km/an.

Mais, d'une manière générale, la nappe alluviale présente un « profil » piézométrique qui suit la topographie de la plaine, et qui **s'écoule selon une direction NE-SW**, parallèlement à l'Arc.

Les échanges entre le cours d'eau et la nappe ne sont pas connus avec précision. Toutefois, il apparaît que le **cours d'eau alimente la nappe dans la partie amont** de la plaine, et qu'elle draine la nappe sur sa partie aval.

Ce phénomène d'alimentation par les eaux superficielles semble renforcé par les canaux d'irrigation, notamment dans le secteur de La Fare.

Par ailleurs, l'étude des cartes piézométriques semble montrer que les coteaux (aquifères karstiques) ont une influence significative sur la recharge de la nappe (coteau de la Fare notamment).

Enfin, d'après les suivis piézométriques (en continu) réalisés de 2004 à 2006, il semble que le niveau de la nappe varie peu au cours de l'année sur les piézomètres de suivi, situés sur les secteurs central et aval de la plaine. Il est possible que les pompages en nappe soient compensés par l'irrigation à partir des canaux de l'Arc.

Par ailleurs, la mise en eau des canaux d'irrigation est à l'origine d'une recharge piézométrique, nettement visible en Pz3, piézomètre situé sur la partie amont de la plaine. Le substratum sous-jacent pourrait également jouer un rôle (nappe semi-captive supposée).

3.4.2. Bilan hydrogéologique

Un bilan hydrogéologique a été réalisé dans le cadre de la synthèse hydrogéologique de la région PACA (Gravost, 1985).

Nous avons souhaité effectuer ici une mise à jour de ce bilan, compte tenu de données complémentaires (apports par les canaux d'irrigation, prélèvements par forages).

a) Principe du bilan

La nappe alluviale de la plaine de Berre est soumise à l'influence de différents apports ou « entrées » d'eau (pluviométrie, alimentation par l'Arc, les canaux d'irrigation, aquifère sous-jacent), ainsi qu'à des pertes ou « sorties » d'eau (drainage de la nappe par l'Arc, pompages agricoles et domestiques).

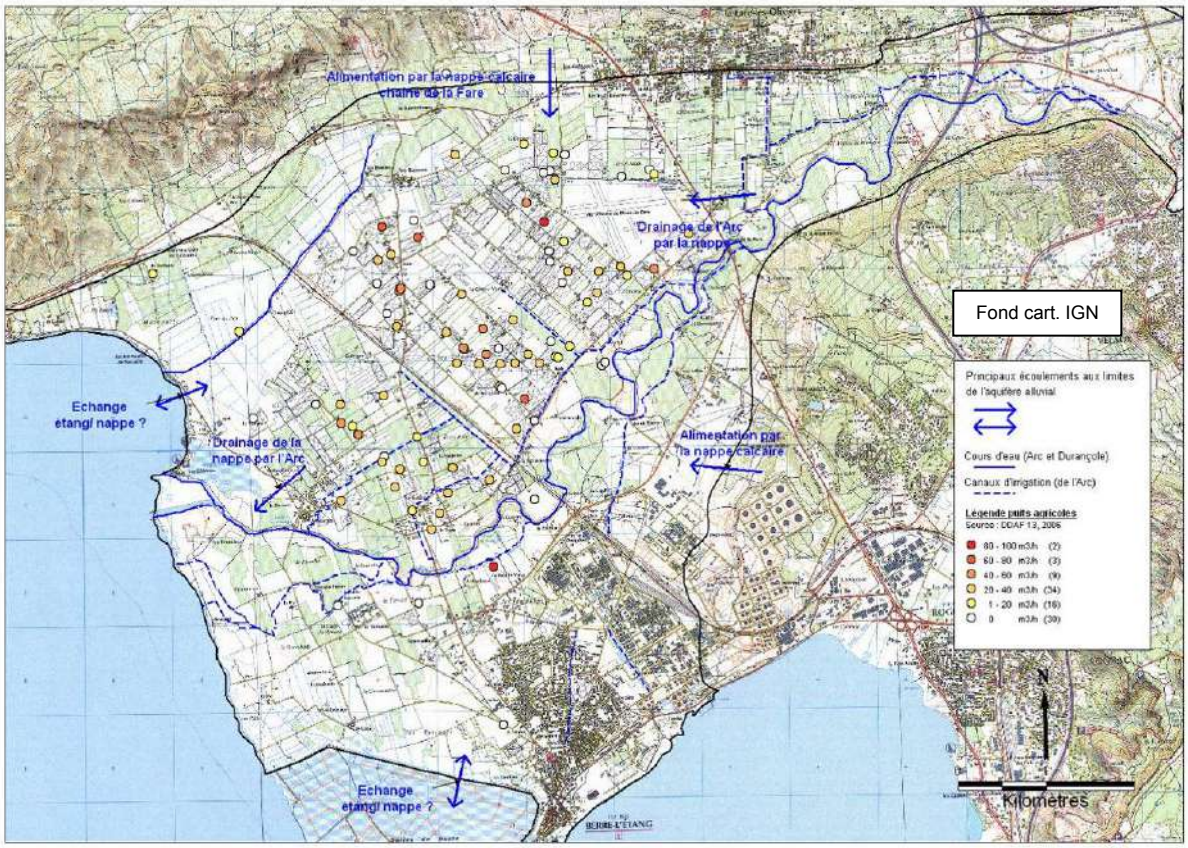


Illustration 14 : Carte synthétique – éléments du bilan hydrogéologique

Pour la réalisation du bilan, on considère la nappe alluviale comme un « système aquifère » dont les limites sont comprises entre l'autoroute A7, en amont, et l'étang de Berre comme limite aval.

Le détail du calcul de ce bilan de masses d'eaux est présenté en *annexe 6*. Il s'agit d'une estimation basée sur un bilan annuel.

Attention : le bilan hydrogéologique est assorti de **nombreuses incertitudes**, variables selon le type d'informations.

d) Résultats du bilan hydrogéologique

Les entrées/sorties du bilan hydrogéologique sont présentées par *l'illustration 15*. Il a été jugé pertinent de réévaluer[7] les termes de ce bilan, compte tenu des nouvelles données collectées dans le cadre de ce projet.

[7] Un bilan hydrogéologique avait été réalisé dans le cadre de la synthèse hydrogéologique PACA (Gravost, 1985) et lors de la précédente étude hydrogéologique (Ipseau, 2001)

Bilan hydrogéologique - nappe alluviale de l'Arc de Berre

	Entrées		Sorties			
	Type d'apports	**Volume (m3/an)**	**Type de prélèvement**	**Volume (m3/an)**	**Source d'info**	**Commentaire / Incertitude**
1	Précipitations efficaces	7,65E+06	/	/	Précipitations efficaces en France (Daum et al, 1996)	Incertitude modérée
2	Alimentation par l'Arc	n.c.	Drainage par l'Arc	1,05E+07	Sur la base de campagnes de mesures de débits (Diren, 2002)	Incertitude élevée
3	Alimentation par la Durançole	/	Drainage par la Durançole	/	Pas de données	Négligé
4	Canaux d'irrigation (infiltrations vers la nappe)	7,78E+06	Captages agricoles Puits privés : n.c.	3,69E+06	Données collectées en 2006 (sources : ASA, DDA)	Prélèvements sous-estimés (puits privés non évalués)
5	Nappe amont	5,00E+05	Ecoulement nappe vers l'étang Berre	4,50E+06	Etude hydrogéologique (Ipseau, 2001)	Incertitude élevée
6	Substratum encaissant (Versant la fare et Bruni)	n.c.	/	/	Pas de données	
	TOTAL Entrées	**1,59E+07**	**TOTAL Sorties**	**1,87E+07**		

*n.c. : non connu

Illustration 15 : Bilan hydrogéologique – entrées/sorties de la nappe de Berre

On peut noter l'importance des apports par les canaux d'irrigation en particulier. Les captages par forages (agricoles, privés) représentent également des quantités significatives, qui sont sans doute sous-estimées à ce stade (forages privés non pris en compte).

Des incertitudes importantes subsistent concernant les principaux termes de ce bilan, à savoir les liens entre la nappe alluviale et l'Arc, et les apports par les formations encaissantes (chainon de la Fare essentiellement), ce qui explique que le bilan paraisse légèrement déséquilibré.

Des mesures différentielles de débits, ciblées sur le secteur de la plaine de Berre (amont, intermédiaire, aval) permettraient de préciser les apports (et drainages) par l'Arc.

4. Caractérisation chimique et isotopique des eaux de la nappe alluviale

4.1. DESCRIPTIF DES MOYENS MIS EN OEUVRE

La caractérisation chimique, ainsi que la géochimie isotopique, est utilisée afin de mieux connaître l'origine des eaux et des sels dissous et la dynamique de la nappe alluviale :

- d'où vient l'eau souterraine ? Comment est-elle rechargée ? Quelles sont les relations avec l'Arc ? Quel est le fonctionnement du système ?
- existe-t-il des composantes d'eau récente et ancienne dans le système ?

4.1.1. Objectifs des analyses / méthodologie

a) Analyses chimiques

Les concentrations en éléments chimiques dans les eaux sont en grande partie acquises par l'altération des roches encaissantes. Contrairement aux cations qui résultent de réactions d'équilibre de façon thermo-dépendante, les teneurs en éléments dits "mobiles" (chlorures, bromures, et dans une moindre mesure les espèces réduites et oxydées du soufre) sont liées à des réactions irréversibles et non tamponnées par des équilibres entre ces espèces et les néoformations minérales.

L'étude des chlorures, élément qui présente de nombreux avantages (grande mobilité, faible interaction eau-roche, et faibles implications dans les réactions d'oxydoréduction), couplée aux autres ions, dont le comportement géochimique est légèrement différent, peut être utilisée comme traceur d'origine de la minéralisation.

Les éléments traces permettent de préciser l'origine de la minéralisation, les variations pouvant être liées à des variations de lithologie ou de faciès, ou à des apports anthropiques bien identifiés.

Pour interpréter correctement les données recueillies sur la répartition des éléments chimiques dans les eaux, il est nécessaire de posséder la chimie globale de l'eau des différents pôles potentiels d'alimentation, avec en appui des mesures fiables des paramètres physico-chimiques sur le terrain (pH, alcalinité, température,...).

Ainsi, par l'étude des saturations (ou état d'équilibre) des eaux par rapport aux minéraux constitutifs de l'aquifère, on pourra établir l'origine des différents éléments en solution, et voir d'éventuels effets de drainance (ou mélange avec d'autres aquifères et/ou d'eaux de surface).

Cette sélection des analyses prend impérativement en compte les données géologiques, hydrogéologiques avec la nécessité de la connaissance de la chimie du milieu aquatique (eau de surface et eau souterraine) et des différentes phases interagissant avec lui, l'objectif de l'étude étant à terme de quantifier et qualifier la ressource en eau (origine de l'eau et des sels dissous, cheminement, évolution physico-chimique).

b) Analyses isotopiques

Cette phase devrait permettre de définir globalement l'origine de la minéralisation au sein des eaux de l'aquifère alluvial et de l'aquifère crétacé.

Les outils utilisés pour essayer de mieux connaître l'origine de l'eau et des sels dissous (notamment les nitrates) sont ceux de la géochimie isotopique.

Afin de **connaître l'origine des eaux**, il a été proposé de mesurer les isotopes stables ^{18}O et ^{2}H, traceurs intimes de la molécule d'eau. Les rapports isotopiques de ces éléments renseignent sur l'origine des fluides et leurs mélanges. La mesure des deux isotopes permet la comparaison par rapport à la fonction entrée, c'est-à-dire par rapport à la droite météorique locale et de voir si les eaux de l'aquifère ont été modifiées par échange ou mélange avec des eaux extérieures au système. La signature isotopique des eaux provenant des Alpes (canal de la Durance) peut être très différente (effet d'altitude) de celle des pluies qui tombent sur la plaine. Les informations sur les temps de résidence des eaux pourront être obtenues grâce à la mesure du tritium (^{3}H) dans les eaux, pour les eaux « récentes » (< 50 ans).

Les isotopes des nitrates ($^{15}N/^{14}N$) du strontium et du bore ont été analysés afin d'appréhender les **problématiques de pollution des eaux**, et d'évaluer l'origine des teneurs élevées en nitrates (agriculture, assainissement…).

Les résultats de ces analyses sont interprétés dans le *paragraphe 5.4,* consacrée à la problématique des nitrates.

Les analyses isotopiques viennent en appui à l'étude classique incluant l'étude hydrogéologique et hydrogéochimique.

4.1.2. Paramètres analysés

Les analyses chimiques ont été réalisées par le laboratoire du BRGM (accrédité COFRAC pour ce domaine), sur des échantillons prélevés selon des protocoles précis : NF EN ISO 5667-3.

Pour la chimie élémentaire, les modes opératoires sont portés dans *l'illustration 16*.

Analyses chimiques	**Méthode**	**L.Q.I.***
Analyse des éléments majeurs et traces Cl^-, SO_4^{2-}, NO_3^-	NF EN ISO 10304-1	0,1 $mg.l^{-1}$
NO_2^-	NF EN26777	0,01 $mg.l^{-1}$
PO_4-	NF EN 1189	0,1 $mg.l^{-1}$
Ca, Mg, Na, K, SiO_2, Fe	NF EN ISO 11885	0,02
NH_4+	NF EN 11732	à
CO_3^{2-}, HCO_3^-	Titrimétrie	0,5 $mg.l^{-1}$

***** : LQI = Limite de Quantification Inférieure

Illustration 16 : Modes opératoires des analyses chimiques élémentaires

Pour les analyses isotopiques, les protocoles et incertitudes sont résumés dans *l'illustration 17*.

Analyses isotopiques	**Méthode**	**Incertitude**
Rapport $^{18}O/^{16}O$ de l'eau	Equilibration avec un CO_2 de composition connue	± 0,1 ‰
Rapport $^{2}H/^{1}H$ de l'eau	Réduction par zinc	± 0,8 ‰
Teneur en ^{3}H	Enrichissement électrolytique et comptage par scintillation liquide	± 10 %
Rapport $^{15}N/^{14}N$ des nitrates dissous dans l'eau	Extraction sous forme N_2, IRMS	± 0,2 ‰
Rapport isotopique $^{87}Sr/^{86}Sr$ dans une eau	TIMS	< 0,05 %
Rapport isotopique $^{11}B/^{10}B$ dans une eau	TIMS	< 0,1 ‰
Rapport isotopique $^{34}S/^{32}S$ des sulfates des eaux	IRMS	0,3 ‰

Illustration 17 : Méthodes utilisées pour les mesures isotopiques au laboratoire du BRGM

4.1.3. Localisation des points de prélèvements

Des prélèvements ont été réalisés sur :

- 2 points situés en amont, en dehors de l'influence de la plaine, permettant d'avoir un point de référence,
- 2 points situés en aval de la zone, en bordure de l'étang,

- 5 points situés en zone centrale de la plaine, et répartis d'amont en aval, en rive droite de l'Arc
- 1 point sur le cours d'eau de l'Arc (en amont de la zone),
- 1 point dans un canal irrigation (Réseau SCP : Eau de la Durance),
- 1 points en bordure de la plaine dans l'aquifère crétacé,
- 6 points complémentaires, positionnés en partie sud de la zone d'étude, c'est-à-dire sous l'influence des activités de la plaine.

La position des points de prélèvement d'eau est présentée par la carte de *l'illustration 18* :

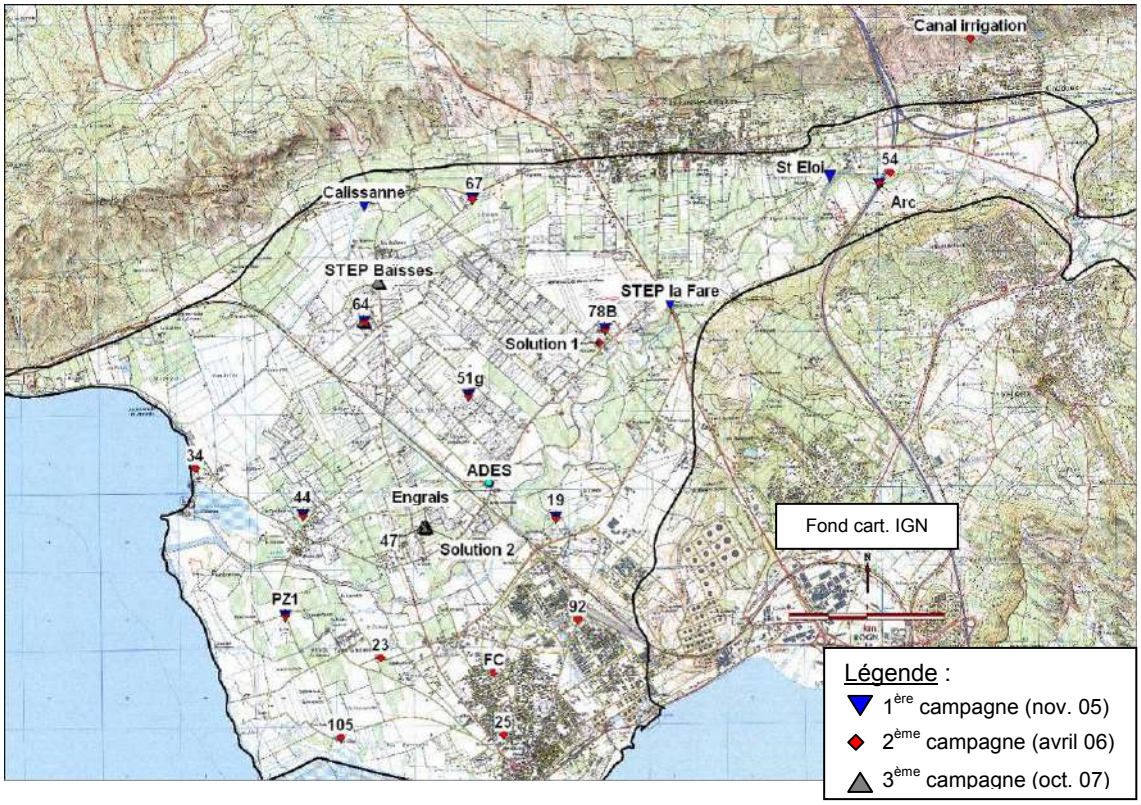


Illustration 18 : Localisation des points de prélèvements - campagne d'analyses basses eaux (octobre 2005)

La caractérisation de l'état qualitatif de la nappe a été réalisée dans un 1er temps en période de « basses eaux » (25 et 26 octobre 2005). En octobre 2005, le niveau général de la nappe a amorcé une nette remontée (*3.3*), et la pluviométrie a été très importante.

La 2ème campagne a été réalisée en période de « hautes eaux » (11 et 12 avril 2006). Ces points seront représentés dans ce rapport avec un indice (2). En avril 2006, le

niveau général de la nappe a amorcé une nette descente (*3.3*), et les précipitations sont faibles depuis 2 mois.

Une 3eme campagne a été réalisée (18 octobre 2007) afin de permettre une meilleure estimation de la composition chimique et isotopiques des sources potentielles de nitrates (engrais, rejet de STEP) ainsi que deux points de l'aquifère alluvial localisés en aval de ces sources potentielles.

4.2. RESULTATS DES ANALYSES CHIMIQUES

4.2.1. Résultats d'analyses

Les résultats sont reportés dans les *illustrations 19, 20 et 21*.

Les balances ioniques sont équilibrées (à moins de 5 % près), les résultats obtenus sont donc exploitables et susceptibles d'être interprétés.

Point	Référence	Lieu-dit	Date prélèvement	Type	X	Y	Prof. m	Temp	pH	Eh mV NHE	Cond. 25°	Alc meq.l^{-1}	O2 dis. %
ARC(1)	Rivière ARC	Pont A7	25/10/2005	surface	834300	1842538	0	17,0	8,1	311	883	4,5	100
Calissance	Source la Calissanne	Bordure RD10	25/10/2005	Crétacé sup.	827390	1842271	0	19,2	7,1	335	1738	5,8	60
1(1)	Forage PZ1	La Palustranne	25/10/2005	alluvial	826380	1837002	15	17,3	7,0	326	926	5,1	71
19(1)	Puits n°19	Les Cigalons	25/10/2005	alluvial	829847	1838254	8,5	16,9	7,0	330	955	5,1	100
44(1)	Puits n°44	Mauran	25/10/2005	alluvial	826606	1838288	13	17,0	7,1	329	1026	4,0	74
51G(1)	Forage 51G	Grands Lots	25/10/2005	alluvial	828725	1839820	13	19,4	7,2	319	1112	4,2	96
64(1)	Puits n°64	Les Peyres	25/10/2005	alluvial	827386	1840766	10	18,3	7,1	330	909	4,4	85
67(1)	Forage n°67	La Duranne	25/10/2005	alluvial	828775	1842344	14	18,5	7,0	326	994	5,4	100
78B(1)	Puits n°78B	Les Cravons	25/10/2005	alluvial	830480	1840672	18	17,6	7,1	332	1037	3,8	94
St-Eloi(1)	Puits St-Eloi		26/10/2005	alluvial	833362	1842636	17	16,5	6,9	334	1164	5,3	87
STEP Fare	STEP La Fare	Baïsses	26/10/2005	sortie STEP	827599	1841270		20,0	7,8	282	1408	9,5	68
ADES(1)	Forage privé	Boucarut	02/11/2005	alluvial	828992	1838707		17,0	8,0		778		49

Point	Référence	Lieu-dit	Date prélèvement	Type	X	Y	Prof. m	Temp	pH	Eh mV NHE	Cond. 25°	Alc meq.l^{-1}	O2 dis. %
Arc(2)	ARC	La pomme de pin	11/04/06	surface	834300	1842538		12,9	8,0	394	791	4,9	100
1(2)	PZ1	La Palustranne	11/04/06	alluvial	826380	1837002	15,0	13,9	6,9	384	960	5,2	23
19(2)	PZ19	Les Cigalons	11/04/06	alluvial	829847	1838254	8,5	13,6	7,0	382	960	5,1	52
44(2)	PZ44	Mauran	11/04/06	alluvial	826606	1838288	13,0	16,7	7,0	397	1007	4,1	81
51G(2)	51G	Les Gds Lots	11/04/06	alluvial	828725	1839820	13,0	16,6	7,1	323	989	4,1	99
64(2)	PZ64	Les Peyres	11/04/06	alluvial	827386	1840766	10,0	15,0	7,0	403	850	4,4	62
67(2)	PZ67	La Duranne	11/04/06	alluvial	828775	1842344	14,0	18,1	6,8	370	1028	4,9	83
78B(2)	PZ78B	Les Cravons	11/04/06	alluvial	830480	1840672	18,0	17,0	7,0	375	870	4,4	68
23(2)	PZ23	La Suzanne	11/04/06	alluvial	827596	1836465	18,0	14,6	7,0	277	1264	5,5	79
25(2)	PR25	La Bertranne	11/04/06	alluvial	829172	1835481	2,6	12,4	7,1	370	1548	5,9	28
54(2)	P54	StJean	11/04/06	alluvial	834139	1842694	9,0	16,9	7,4	300	873	5,7	2
105(2)	PZ105	Le Clos	11/04/06	alluvial	827085	1835445	4,0	12,5	6,9	407	1506	5,9	20
92(2)	P92	site Shell	11/04/06	alluvial	830129	1836960	8,5	18,3	6,7	372	2080	6,9	41
canal(2)	canal	SCP	11/04/06	surface	835160	1844409		10,5	8,1	372	471	2,9	99
34(2)	PZ34	Merveilles	11/04/06	alluvial	825219	1838898	11,5	14,4	7,2	373	1604	5,4	82
FC(2)	Forage FC	La Molle	11/04/06	alluvial	829049	1836279	25	16,3	7,0	269	1233	5,2	0
solution 1	solution nutritive	Serre St. Esteve	11/04/06	engrais									
ADES(2)	Forage privé	Boucarut	24/04/06	alluvial	828992	1838707		16,3	7,7		755		70

Illustration 19 : Données in-situ et informations sur les points de prélèvement pour la campagne d'octobre 2005 (1) et d'avril 2006 (2)

Point	Ca	Mg	Na	K	HCO3	Cl	NO3	SO4	SiO2	Sr	Br	B	Ba
LD	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*		*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*10*	*1*	*10*	*5*
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l
Arc(1)	132	14,3	44,6	7	272,7	71,4	14,2	152	7,8	762	0,21	127	46
Calissance	119	26	204	7	356,1	360	9,5	85,5	9,4	828	2,48	93	26
1(1)	161	20,3	44,6	2,9	309,7	72	24,9	183	9	977	0,32	181	89
19(1)	174	18,2	35,3	3,8	310,0	70	31	194	9,1	941	0,27	121	86
44(1)	179	13,8	32	5,1	244,0	62,1	125	165	9,4	693	0,53	112	112
51G(1)	175	17,2	38,1	16,4	253,4	72,6	136	184	8,3	836	0,34	153	125
64(1)	162	14,4	26,1	6,8	270,3	45,1	66,3	167	10,7	917	0,26	101	62
67(1)	181	15,8	29,4	6,2	326,9	53,7	44,8	178	12,1	1141	0,35	93	56
78B(1)	170	15,9	35,5	8,6	231,9	80,3	105	182	7,5	926	0,21	146	102
St-Eloi(1)	192	23,3	53,6	2,1	324,6	90,3	25,2	230	8,4	1443	0,24	220	68
STEP Fare	93	13	124	20,6	576,9	138	< LQ	116	12,3	821	0,23	393	15
ADES(1)	131	13,4	35	2,4	274,0	47,4	8,9	147	7,7				

Point	Ca	Mg	Na	K	NH4	HCO3	Cl	NO3	SO4	Σ+	Σ-	TDI	Erreur
	meq	meq	meq	meq	meq	meq	meq	meq	meq				
Arc(1)	6,59	1,18	1,94	0,18	0,02	4,5	2,01	0,23	3,16	9,90	9,9	13,1	0,11
Calissance	5,94	2,14	8,87	0,18		5,8	10,15	0,15	1,78	17,13	17,9	18,9	-2,26
1(1)	8,03	1,67	1,94	0,07		5,1	2,03	0,40	3,81	11,72	11,3	15,5	1,74
19(1)	8,68	1,50	1,54	0,10		5,1	1,97	0,50	4,04	11,81	11,6	15,9	0,94
44(1)	8,93	1,14	1,39	0,13		4,0	1,75	2,02	3,44	11,59	11,2	15,0	1,71
51G(1)	8,73	1,42	1,66	0,42		4,2	2,05	2,19	3,83	12,22	12,2	16,1	0,00
64(1)	8,08	1,18	1,14	0,17		4,4	1,27	1,07	3,48	10,58	10,2	14,1	1,59
67(1)	9,03	1,30	1,28	0,16		5,4	1,51	0,72	3,71	11,77	11,3	15,5	2,03
78B(1)	8,48	1,31	1,54	0,22		3,8	2,26	1,69	3,79	11,56	11,5	15,3	0,04
St-Eloi(1)	9,58	1,92	2,33	0,05		5,3	2,55	0,41	4,79	13,88	13,1	18,7	3,05
STEP Fare	4,64	1,07	5,39	0,53	4,10	9,5	3,89	< LQ	2,42	15,73	15,8	18,1	-0,09
ADES(1)	6,54	1,10	1,52	0,06		4,5	1,34	0,14	3,06	9,22	9,0	12,3	1,05

Point	Ca	Mg	Na	K	HCO3	Cl	NO3	SO4	Sr	Br	Ba	B
	0,5	*0,5*	*0,5*	*0,5*		*0,5*	*0,5*	*0,5*	*10*	*1*	*10*	*5*
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l
Arc(2)	135,3	15,9	41,2	6,5	299	63	15,1	148,4	809	0,28	45	115
1(2)	156,1	21,6	46,9	2,9	316,1	68,2	22	182	966	0,48	83	183
19(2)	162,5	18,4	37,9	4,2	308,7	67,6	37,4	170,3	846	0,41	84	105
44(2)	171,5	13,5	34,6	5,8	251,4	63,1	128,4	158,3	663	0,92	112	119
51G(2)	159,3	16,9	38,1	14,8	251,4	64,4	95,2	168,5	719	0,48	105	149
64(2)	151,3	14,8	26	7,7	267,9	41,4	59,1	153,3	871	0,54	56	89
67(2)	176,8	17,8	29,7	6,6	300,8	53,8	69,6	190,5	1239	0,69	60	80
78B(2)	148,2	15,3	38,9	3,9	268,5	61,2	41,9	160,8	772	0,65	109	176
23(2)	161,6	20,2	104,9	4,4	337,4	137,3	12,6	204,9	1053	0,33	71	116
25(2)	158,9	18,8	178,4	7,7	361,2	195,1	28,5	246,3	1149	0,64	69	179
54(2)	58,6	31,8	105,9	4	348,4	96	1,1	93,5	2115	0,72	69	141
105(2)	197,3	30,8	116,9	9,1	361,8	188,6	10,1	279	1239	0,76	47	151
92(2)	184,7	45,6	275,2	6,3	420,4	458,6	< LQ	278,6	1547	2,96	48	132
canal(2)	75,6	11,9	12,7	1,3	178,8	16,6	2,2	84,9	942	< LQ	41	22
34(2)	151,1	28,4	161,5	11,2	329,5	272	45,2	157	1056	2,42	43	104
FC(2)	82,2	36,3	146	4,2	319,7	161,2	< LQ	173,7	1506	0,54	18	298
solution 1	110	11	199	17		28	483	77,4	1072	> LQ	22	380
ADES(2)	128	13	28,8	2,3	275	44,7	11,5	139				

Point	Ca	Mg	Na	K	HCO3	Cl	NO3	SO4	Sr	Σ+	Σ-	TDI	Erreur
	meq	meq	meq	meq	meq	meq	meq	meq	meq				
Arc(2)	6,75	1,31	1,79	0,17	4,9	1,78	0,24	3,09	0,018	10,04	10,0	20,0	0,1
1(2)	7,79	1,78	2,04	0,07	5,2	1,92	0,35	3,79	0,022	11,70	11,2	23,0	-2,0
19(2)	8,11	1,51	1,65	0,11	5,1	1,91	0,60	3,55	0,019	11,40	11,1	22,5	-1,3
44(2)	8,56	1,11	1,51	0,15	4,1	1,78	2,07	3,30	0,015	11,34	11,3	22,6	-0,3
51G(2)	7,95	1,39	1,66	0,38	4,1	1,82	1,54	3,51	0,016	11,39	11,0	22,4	-1,8
64(2)	7,55	1,22	1,13	0,20	4,4	1,17	0,95	3,19	0,020	10,12	9,7	19,8	-2,1
67(2)	8,82	1,46	1,29	0,17	4,9	1,52	1,12	3,97	0,028	11,78	11,5	23,3	-1,0
78B(2)	7,40	1,26	1,69	0,10	4,4	1,73	0,68	3,35	0,018	10,46	10,2	20,6	-1,5
23(2)	8,06	1,66	4,56	0,11	5,5	3,87	0,20	4,27	0,024	14,43	13,9	28,3	-2,0
25(2)	7,93	1,55	7,76	0,20	5,9	5,50	0,46	5,13	0,026	17,46	17,0	34,5	-1,3
54(2)	2,92	2,62	4,61	0,10	5,7	2,71	0,02	1,95	0,048	10,30	10,4	20,7	0,4
105(2)	9,85	2,53	5,08	0,23	5,9	5,32	0,16	5,81	0,028	17,73	17,2	34,9	-1,4
92(2)	9,22	3,75	11,97	0,16	6,9	12,94	0,00	5,80	0,035	25,14	25,6	50,8	1,0
canal(2)	3,77	0,98	0,55	0,03	2,9	0,47	0,04	1,77	0,022	5,36	5,2	10,6	-1,5
34(2)	7,54	2,34	7,02	0,29	5,4	7,67	0,73	3,27	0,024	17,21	17,1	34,3	-0,4
FC(2)	4,10	2,99	6,35	0,11	5,2	4,55	0,00	3,62	0,034	13,58	13,4	27,0	-0,7
solution 1	5,49	0,91	8,66	0,43		0,79	7,79	1,61	0,024				
ADES(2)	6,39	1,07	1,25	0,06	4,5	1,26	0,19	2,89		8,77	8,8	17,6	0,4

Illustration 20 : Résultats des analyses physico-chimiques des points de prélèvement (en mg.l^{-1} et mmol.l^{-1}) et balances ioniques pour les deux campagnes d'échantillonnage

Point	Référence	Lieu-dit	Date	Type	X	Y	Prof.	Temp	Cond.	K	Cl	NO3	NH4
			prélèvement				m		25°	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
47(3)	PZ47	Saint-Esteve	18/10/07	alluvial	828148	1838118	12,2	18,3	1223				
64(3)	PZ64	Les Peyres	11/04/06	alluvial	827386	1840766	8,5	18,1	839				
solution 2	solution nutritive 2	serres St. Esteve	18/10/07	engrais							68,7	7960,0	710,0
STEP Baisses	STEP Baisses	Les Baisses	18/10/07	STEP				17,2	1415		169,1		73,6
										%	mg/kg		mg/kg
engrais	engrais poudre	serres St. Esteve	18/10/07	engrais						37,5	25,0	-	89,0

Illustration 21 : Résultats des analyses des prélèvements d'eau et d'engrais de la campagne d'octobre 2007

Le pH des eaux souterraines est très homogène dans l'espace et le temps avec une moyenne de 7,0±0,1. La **température des eaux** est plus variable. Les eaux de l'alluvial prélevées en octobre 2005 ont une température moyenne de 17,7°C ± 0,8°C. La température des eaux superficielles est légèrement inférieure et celle de l'aquifère du Crétacé du fait d'une profondeur moyenne de l'aquifère plus importante. Il n'y a pas

de relation entre profondeur des puits et température de l'eau. Les températures baissent en avril 2006 de 0,3 à 3,4 degrés. Durant les hautes eaux (avril 2006) la disparité de température des eaux de l'aquifère alluvial est plus grande (moyenne 15,5 ± 1,6). Deux groupes se détachent d'après leur température ; les eaux inférieures à 14°C et les eaux à températures supérieures à 14,5°C. Pour le premier groupe l'influence des eaux superficielles serait plus importante que pour le second. Cette hypothèse est confirmée par une comparaison de la variation des températures des deux campagnes de prélèvements. Quatre points, 1, 19, 51G et 64, montrent une différence de trois degrés entre ces deux périodes alors que pour les points 44, 67 et 78B, la différence de température est inférieure à 1°C. L'éloignement de l'Arc ne semble pas en jeu.

La **conductivité des eaux** de l'aquifère alluvial varie de 870 à 2080 $\mu S.cm^{-1}$. Les eaux du point localisé sur le site Shell (19) ont les plus fortes conductivités. Les variations basses eaux – hautes eaux ne sont pas très marquées. Les eaux de l'Arc ont des conductivités proches de celles de l'aquifère alluvial alors que celles du canal d'irrigation sont largement inférieures.

Les eaux les plus riches en éléments dissous sont les eaux mesurées à la source de Calissanne qui représentent l'aquifère du Crétacé. Les teneurs en chlorures et sodium de ces eaux sont supérieures aux paramètres indicateurs de la Directive 98/83/CE.

Seules les eaux de la STEP et de l'Arc ont une teneur en ions nitrites et ammonium supérieure à la limite de détection dénotant une contamination de ces eaux, fait corroboré par un % d'oxygène dissous faible. Lors de la deuxième campagne les ions ammonium et nitrites n'ont pas été mesurés. Le potentiel Redox donne une indication sur la possibilité d'avoir de l'azote sous forme non nitrifiée. Les plus faibles Eh (inférieurs à 300 mV) se retrouvent pour les eaux des forage FC et PZ54. Du fait de faibles taux d'oxygène dissous, il est probable que l'azote contenu dans les eaux ne puisse être totalement oxydé. Les teneurs en NO_3^- de ces eaux sont alors plus faibles. D'autres eaux présentent des taux d'O_2 inférieures à 30%, les eaux des points 1, 25 et 105. Ceci indique la présence des conditions légèrement réductrices. Ces eaux sont situées sur la pointe sud de l'Arc de Berre.

Plusieurs éléments, Na, Cl, NO_3, SO_4, Ba, B, Sr présentent des concentrations supérieures aux valeurs des eaux naturelles non influencées par les activités anthropiques et formations évaporitiques.

Les eaux de l'aquifère alluvial sont relativement **riches en ions dissous**, avec dans l'ordre d'importance (en $meq.l^{-1}$) Ca >HCO_3 >SO_4.

Le SO_4 provient de la dissolution des sulfates ou de l'oxydation de sulfures. La dissolution de sulfates est surtout importante dans les formations évaporitiques (gypse, anhydrite,...). L'oxydation de sulfures se fait principalement dans des roches riches en pyrites. Dans le contexte de l'Arc de Berre il est possible qu'une grande partie des sulfates soit d'origine atmosphérique. En effet les activités industrielles (Fos-sur-Mer, site Shell de Berre) rejettent de grandes quantités de soufres dans l'atmosphère. Une donnée de 1998 des pluies à Marseille donne une concentration de 50 $mg.l^{-1}$ de

sulfates. Ceci est très élevé par rapport à d'autres données de pluies de régions côtières qui présentent des concentrations maximales de 6 mg.l^{-1} (Ohizumi *et al*, 1997). Une origine géogénique est également possible du fait de la présence dans les aquifères encaissants de gypse (Bégudien) et de pyrite (Fuvélien) et d'autres formations riches en gypse dans le bassin versant de l'Arc.

Les teneurs en strontium sont fortes pour ce type d'eau (663 à 2115 µg.l^{-1}). Dans les aquifères non influencés par une contamination anthropique ou des formations évaporitiques on considère que les valeurs classiques des concentrations se situent entre 100 et 1000 µg.l^{-1}.

On constate que les eaux prélevées au point St Eloi et celles du point 54 qui devaient représenter le pôle non pollué des eaux de l'aquifère alluvial ont une composition chimique légèrement différente de celle des autres points avec de plus fortes concentrations en ions dissous excepté nitrates.

Les calculs de **l'indice de saturation** (IS=Log IAP[8]/KT) indiquent une saturation des eaux vis-à-vis de la calcite et de la dolomite pour l'aquifère du Crétacé et une sursaturation en barytine et witherite pour toutes les eaux de l'aquifère alluvial.

Nom	Is Calcite $CaCO_3$	Is Arag. $CaCO_3$	Is Dolom. $CaMg(CO_3)_2$	Is Gypse $CaSO_4{:}2H_2O$	Is Anhydr. $CaSO_4$	Is Barytine $BaSO_4$	Strontianite $SrCO_3$	Witherite $BaCO_3$
1(2)	-0,1	-0,25	-1,35	-1,19	-1,48	**0,71**	-0,37	**1,25**
19(2)	-0,04	-0,18	-1,31	-1,21	-1,5	**3,68**	-0,37	**4,31**
44(2)	-0,18	-0,32	-1,73	-1,23	-1,52	**0,75**	-0,65	**1,25**
51G(2)	0,02	-0,12	-1,18	-1,24	-1,5	**3,7**	-0,41	**4,38**
64(2)	-0,18	-0,32	-1,65	-1,26	-1,55	**0,48**	-0,47	**1,01**
67(2)	-0,09	-0,23	-1,45	-1,14	-1,43	**0,57**	-0,3	**1,07**
78B(2)	-0,06	-0,2	-1,34	-1,26	-1,52	**3,72**	-0,43	**4,35**
25(2)	**0,05**	-0,1	-1,14	-1,11	-1,41	**0,82**	-0,14	**1,43**
23(2)	-0,03	-0,18	-1,24	-1,16	-1,44	**3,65**	-0,28	**4,22**
FC(2)	-0,26	-0,4	-1,13	-1,19	-1,75	**2,99**	-0,07	**3,65**
105(2)	0,01	-0,14	- 1,08	-0,99	-1,28	**0,58**	-0,26	**1,02**
34(2)	-0,13	-0,28	-1,27	-1,32	-1,61	**0,3**	-0,34	**0,94**
54(2)	-0,45	-0,59	-1,44	-1,83	-2,12	**0,41**	0,07	**1,24**
92(2)	0,01	-0,14	-0,87	-1,07	-1,36	**0,52**	-0,13	**1,05**

Illustration 22 : Indices de saturations des eaux de la deuxième campagne (calculé à l'aide du programme PhreeqC)

[8] Produit d'Activité Ionique

La matrice de corrélation établie en ne prenant compte que des eaux souterraines de l'alluvial (Illustration 23) des deux campagnes de prélèvement montre une **bonne corrélation** entre **conductivité, Na, Mg et Cl.**

Variables	Temp	pH	Eh	Cond.	Alc	O2 dis.	Ca	Mg	Na	K	HCO3	Cl	NO3	SO4	Sr	Br	B	Ba
Temp	**1**	0,189	-0,450	-0,567	-0,568	0,554	-0,007	-0,347	-0,597	0,128	-0,568	-0,594	0,495	-0,434	-0,061	-0,316	-0,106	0,348
pH	0,189	**1**	-0,340	0,036	-0,100	-0,089	-0,510	0,211	0,262	0,388	-0,100	0,217	0,164	-0,519	0,242	0,261	0,023	0,197
Eh	-0,450	-0,340	**1**	0,083	-0,032	-0,049	0,421	-0,256	-0,123	0,066	-0,032	0,017	0,132	0,215	-0,358	0,341	-0,346	0,069
Cond.	-0,567	0,036	0,083	**1**	0,534	-0,215	0,145	0,476	**0,827**	0,293	0,534	**0,927**	-0,224	0,603	0,169	0,542	0,197	-0,423
Alc	-0,568	-0,100	-0,032	0,534	**1**	-0,548	-0,206	0,661	0,688	-0,328	1,000	0,599	**-0,853**	0,382	0,665	0,212	0,204	-0,665
O2 dis.	0,554	-0,089	-0,049	-0,215	-0,548	**1**	0,632	-0,696	-0,584	0,317	-0,548	-0,370	0,599	-0,012	-0,581	-0,103	-0,490	0,458
Ca	-0,007	-0,510	0,421	0,145	-0,206	0,632	**1**	-0,570	-0,402	0,188	-0,206	-0,157	0,397	0,627	-0,612	-0,152	-0,368	0,316
Mg	-0,347	0,211	-0,256	0,476	0,661	-0,696	-0,570	**1**	**0,718**	-0,119	0,662	0,658	-0,667	0,077	**0,760**	0,347	0,552	-0,660
Na	-0,597	0,262	-0,123	**0,827**	0,688	-0,584	-0,402	**0,718**	**1**	0,059	0,688	**0,928**	-0,522	0,264	0,493	0,527	0,391	-0,562
K	0,128	0,388	0,066	0,293	-0,328	0,317	0,188	-0,119	0,059	**1**	-0,327	0,189	0,550	0,053	-0,292	0,258	-0,214	0,211
HCO3	-0,568	-0,100	-0,032	0,534	1,000	-0,548	-0,206	0,662	0,688	-0,327	**1**	0,599	**-0,853**	0,383	0,666	0,212	0,204	-0,665
Cl	-0,594	0,217	0,017	**0,927**	0,599	-0,370	-0,157	0,658	**0,928**	0,189	0,599	**1**	-0,396	0,349	0,312	0,686	0,255	-0,516
NO3	0,495	0,164	0,132	-0,224	**-0,853**	0,599	0,397	-0,667	-0,522	0,550	**-0,853**	-0,396	**1**	-0,198	-0,642	-0,032	-0,369	0,688
SO4	-0,434	-0,519	0,215	0,603	0,382	-0,012	0,627	0,077	0,264	0,053	0,383	0,349	-0,198	**1**	-0,080	-0,175	0,221	-0,175
Sr	-0,061	0,242	-0,358	0,169	0,665	-0,581	-0,612	**0,760**	0,493	-0,292	0,666	0,312	-0,642	-0,080	**1**	0,062	0,331	-0,589
Br	-0,316	0,261	0,341	0,542	0,212	-0,103	-0,152	0,347	0,527	0,258	0,212	0,686	-0,032	-0,175	0,062	**1**	-0,174	-0,290
B	-0,106	0,023	-0,346	0,197	0,204	-0,490	-0,368	0,552	0,391	-0,214	0,204	0,255	-0,369	0,221	0,331	-0,174	**1**	-0,177
Ba	0,348	0,197	0,069	-0,423	-0,665	0,458	0,316	-0,660	-0,562	0,211	-0,665	-0,516	0,688	-0,175	-0,589	-0,290	-0,177	**1**

Illustration 23 : Matrice de corrélation des éléments dissous dans les eaux de l'aquifère alluvial de l'Arc de Berre

4.2.2. Interprétation globale à l'aide du diagramme de Piper

Le diagramme de Piper (*Illustration 24*) permet de dégager les principaux « types d'eau » en fonction de leur faciès hydrochimique.

Les résultats d'analyse permettent de distinguer 3 principaux « types d'eau » :

- eaux de type sulfaté-bicarbonaté calcique : nappe alluviale et cours d'eau ;
- eaux de type mixte (Ca-HCO3-Cl-SO4) pour les eaux de la nappe alluviale en rive gauche de l'Arc et en bordure de l'étang ;
- eaux de type chloruré-sodique : aquifère Crétacé (source Calissanne).

Le caractère chloruré-sodique de la source de Calissanne est connu. Toutefois, l'origine de ces teneurs élevées en NaCl n'est pas déterminée :

- une circulation des eaux sur des faciès gypso-salins du Trias est évoquée par la notice de la carte géologique (*BRGM, 1979*) ;
- une autre hypothèse repose sur une infiltration d'eau de mer (eau saumâtre de l'étang de Berre) vers l'aquifère Crétacé, comme cela est supposé pour d'autres aquifères côtiers (karstiques). Le phénomène reposerait sur une aspiration d'eau de mer (effet venturi) via d'anciens drains karstiques hérités d'une paléogéographie messinienne ou de mouvements tectoniques (Gilli *et al*, 2004).

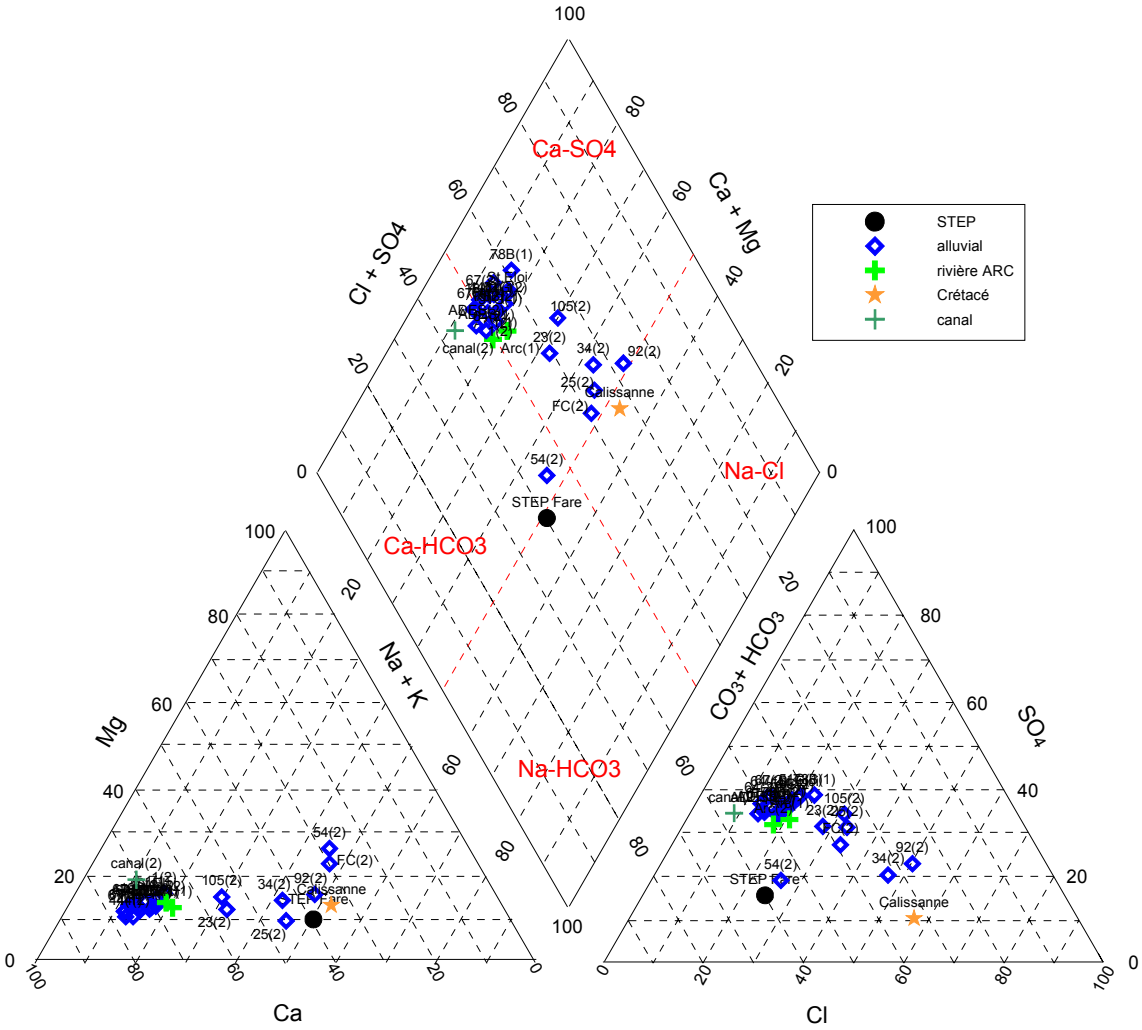


Illustration 24 : Diagramme de Piper – répartition des résultats d'analyses d'eau

Plusieurs eaux, toutes situées en aval du bassin, montrent une particularité chimique (25, FC, 34 et 92) avec un enrichissement relatif en sodium. Deux de ces points sont également enrichis en chlorure, une influence de l'eau de mer actuelle ou ancienne est donc supposée.

Les eaux prélevées en amont du bassin (54) présentent également une particularité chimique, avec des eaux bicarbonatées calciques.

Il n'y a pas d'évolution du faciès chimique des eaux entre les deux périodes de prélèvements (hautes eaux (2) et basses eaux (1)). Entre avril et octobre, on note une diminution des concentrations en éléments majeurs dissous dans les eaux plus ou moins marquée selon les points (effet qui ne peut pas se voir sur un diagramme de Piper). Ceci est dû à un effet de dilution qui indique une relation entre les eaux de surface et les eaux souterraines et, selon les secteurs, des transferts d'eau relativement rapides.

D'une manière générale, on peut considérer que la recharge de l'aquifère se fait essentiellement par l'Arc et ses canaux d'irrigation (prise d'eau dans l'Arc). Cela montre l'importance des eaux venant de l'Arc dans le bilan hydrogéologique de la nappe alluviale (*cf. paragraphe 3.4.2*).

4.2.3. Corrélations élémentaires entre paramètres

a) Chlorures (Cl)

En général, les ions chlorures sont considérés comme conservatifs car ils n'entrent pas dans les processus de précipitation/dissolution et réagissent très rarement aux processus d'oxydoréduction ou aux réactions d'adsorption.

Cet élément est donc intéressant à comparer avec les gains et pertes relatives en autres ions et permet la compréhension des processus d'interaction roche-eau. Il est d'autant plus intéressant de regarder ce paramètre, dans la mesure où les eaux en aval peuvent être influencées par l'eau de l'étang de Berre. Les pluies dans la région de Basse-Provence (Vernet, M. et Vernet B., 1980) ont des teneurs en chlorures comprises entre 6 et 20 $mg.l^{-1}$. En admettant un facteur d'évaporation de 2, les eaux de pluie peuvent expliquer au maximum des concentrations en chlorures de l'ordre de 40 $mg.l^{-1}$. Les teneurs de la région de Berre, plus élevées et même beaucoup plus élevées ne peuvent être donc pas être attribuées uniquement à ces apports. Une origine de type intrusion saline, roches évaporitiques ou apports anthropiques est également à chercher.

Les eaux s'alignent relativement bien sur la droite de dissolution de l'eau de mer Na versus Cl (*Illustration 25*). Ce graphe indique la différence hydrogéochimique des eaux de l'aquifère du Crétacé et du point 92 qui est situé sur le site pétrochimique Shell. Les eaux de l'aquifère du Crétacé sont d'origine marine avec peu d'interaction avec la roche (rapport Na/Cl=0,87 comme l'eau de mer).

Une influence des eaux du Fuvélien, lesquelles seraient très riches en chlorure de sodium au niveau du site de Shell (Antea, 1999), peut expliquer l'enrichissement en ces éléments. L'origine de NaCl au sein du Fuvélien n'est toutefois pas expliquée. L'influence de l'eau de mer est envisagée.
Les points 105 et 34 également enrichis en chlorures sont proches de la droite théorique de mélange de l'eau de mer. Ces deux points sont situés en bordure de l'étang de Berre et une intrusion saline est probable à ce niveau. Le point 25 pourrait également être influencé par l'eau de mer. Il présente toutefois un excès en sodium ayant une origine différente. C'est également le cas des points 23, FC, et 54. Parmi ces points le point 54 se situe loin de la côte.

Un excès en sodium, par rapport aux chlorures, peut être attribué aux interactions avec les roches encaissantes.

L'hypothèse d'un apport anthropique peut également être envisagée. En ce qui concerne les sources potentielles de pollution, les solutions nutritives utilisées pour les

cultures de tomates (solution 1 et solution 2) et les eaux de la station d'épuration sont enrichies en sodium par rapport aux chlorures.

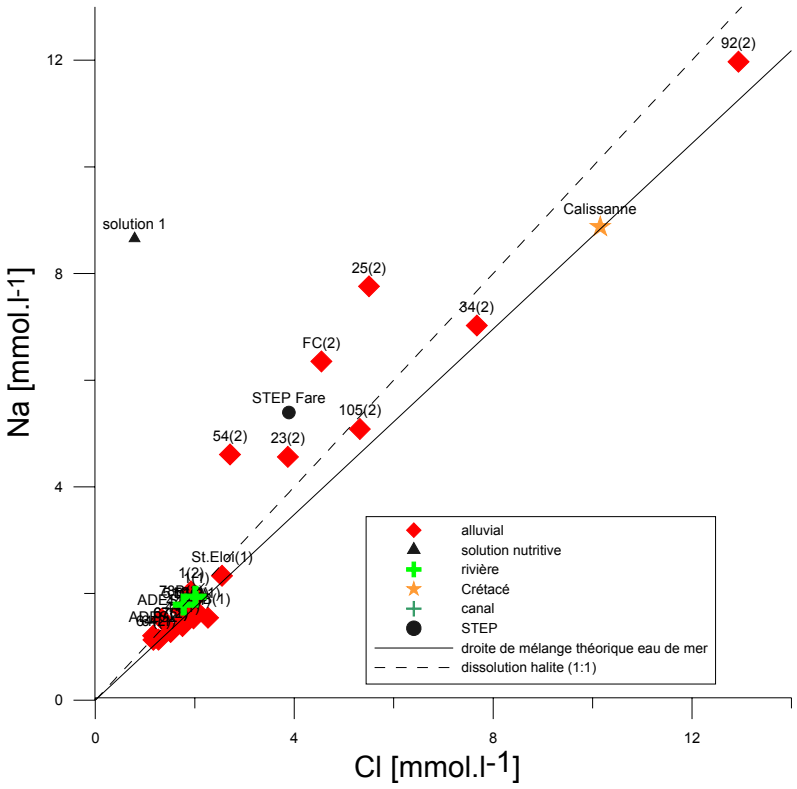


Illustration 25 : Sodium versus chlorures dans les eaux de l'aquifère alluvial et Crétacé, du fleuve de l'ARC et des pôles de pollution

Pour confirmer l'origine marine des chlorures, il est possible de regarder l'évolution des chlorures en fonction du bore. Le bore est un élément d'origine marine et un indicateur important des relations eau-roche. Mais le bore peut également être présent dans les fertilisants boratés et eaux usées. Le rapport Cl/B est proche de celui de l'eau de mer pour les eaux des points 23, 25 et 105 (*Illustration 26*). Le point 34 localisé près du marais de Sagnas où la présence d'une intrusion saline a été précédemment signalée se situe au-dessus de cette droite de mélange.

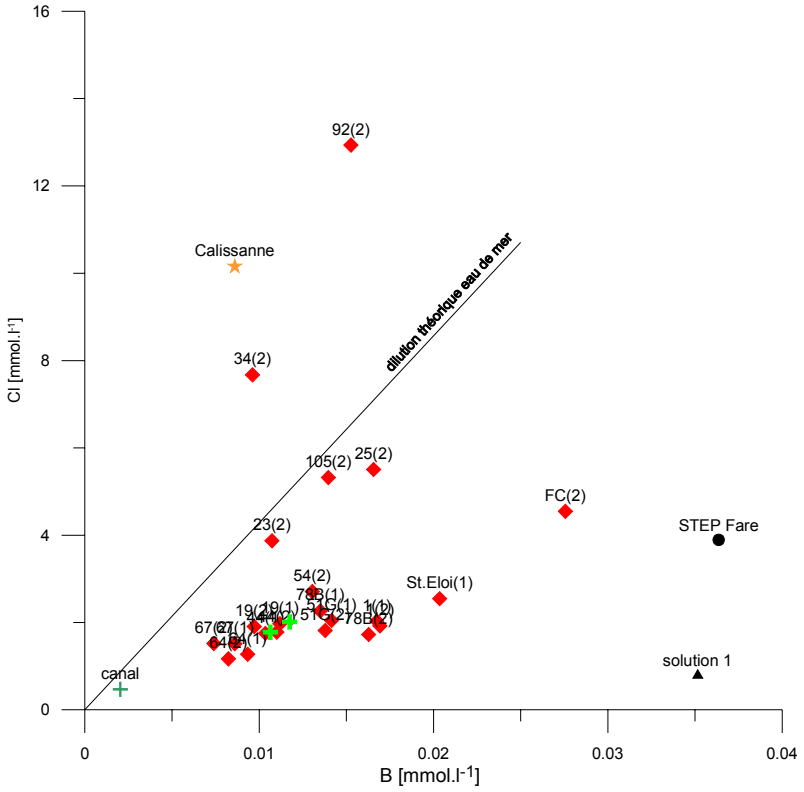


Illustration 26 : Relation B versus Cl pour les eaux de l'aquifère de l'Arc de Berre

Les points 34 et 92 sont enrichis en chlorures par rapport au bore ainsi que la Calissanne.

Les autres points de l'aquifère alluvial présentent un enrichissement en bore. Cet élément peut notamment être d'origine évaporitique.
Par ailleurs, comme le montre le point de la STEP et la solution nutritive, les eaux usées (assainissement collectif ou individuel) et engrais sont également une source importante de bore.
Le point FC, le plus enrichi en cet élément, est localisé dans la zone urbaine de Berre l'Etang.

Pour les points 25, 23, FC, 105 et 54 présentant de fortes teneurs en sodium et chlorures, une origine du bore autre que l'eau de mer, sans doute anthropique ou évaporitique, est probable.

L'étude du rapport Br/Cl peut également donner des informations importantes sur l'origine des chlorures dans les eaux. L'eau de mer (et eaux de pluies de régions côtières) présente un rapport molaire entre ces deux éléments de 1,5 à 1,7‰ (Custodio, 1986). Dans le cas présent (*Illustration 27*), les eaux présentent le plus souvent un excès en chlorures. Ceci indique une source riche en chlorures mais plus pauvre en brome que l'eau de mer, comme les formations évaporitiques, les fertilisants chlorés ou les eaux usées. Pour les points 44, 64, 67 et 34 un rapport Br/Cl plus élevé

peut indiquer la présence d'aérosols marins ou d'eau percolant à travers un sol organique riche en bromures.

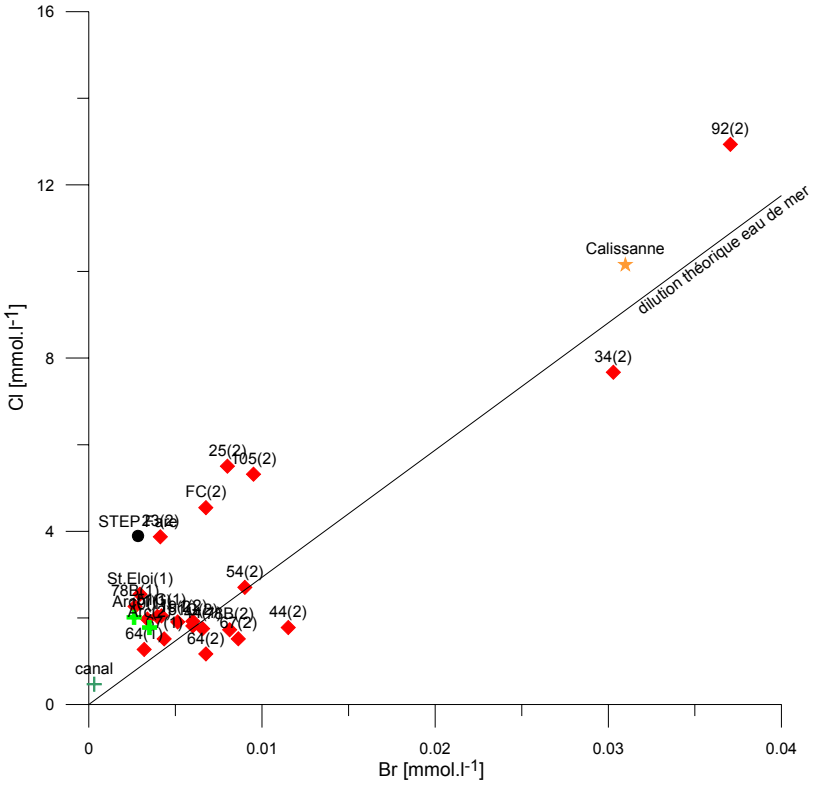


Illustration 27 : Relation chlorures versus bromures dans les eaux de la région de Berre

b) Sulfates (SO4), strontium (Sr), magnésium (Mg)

D'après la matrice des corrélations (*Illustration 23*) réalisée à partir des points d'eau (à l'exclusion du point de sortie de STEP), il ressort que le calcium est relativement bien corrélé avec les sulfates. Une corrélation entre ces éléments indique la dissolution de formations géologiques riches en Ca et SO_4, comme les gypses.

Les concentrations en strontium et sulfates des eaux de l'aquifère alluvial sont élevées. Une première hypothèse sur l'origine de ces fortes teneurs serait la présence d'eau ayant circulé sur des formations évaporitiques. Au regard de l'Illustration 28, il est évident que SO_4 et Ca ainsi que SO_4 et Sr sont liés mais que les eaux présentent toutes un excès de sulfates qui pourrait être d'origine anthropique. Le point FC et les eaux du crétacé présentent la meilleure corrélation entre Sr et SO_4. Le point 54 suit un autre schéma.

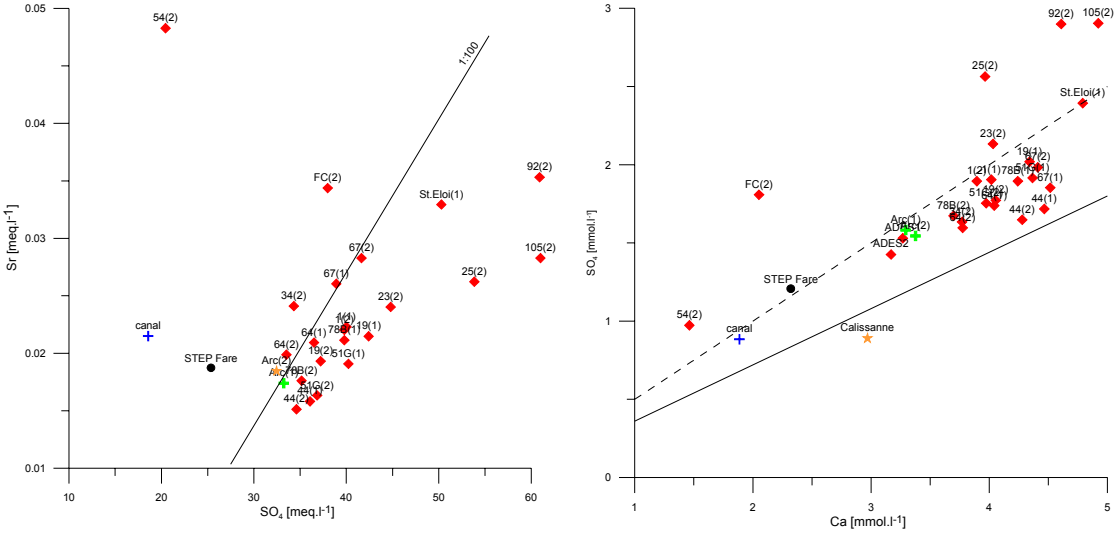


Illustration 28 : Relation Sr vs. SO_4 et SO_4 vs. Ca dans les eaux de la région de Berre

Sur le graphique Sr vs. SO4, la droite du rapport 1 :100 comme référence de dissolution de la célestite passe par les points de l'aquifère du Crétacé et le point FC. Pour les points de l'alluvial, une même droite pourrait être tracée, droite qui ne passerait pas par le point 0. Il existe donc une autre source de sulfates pour ces eaux souterraines, source anthropique sans doute. D'autre part la dissolution de la célestite est fortement diminuée par la présence de l'ion SO_4 dans la solution initiale. Ceci pourrait expliquer les plus fortes concentrations en strontium au point 54, point où les concentrations en sulfates sont inférieures à celles des autres points de cet aquifère. Le rapport molaire Sr/Ca des eaux à ce point est supérieur à 3% ce qui confirmerait une origine évaporitique des eaux (Hsissou *et al*, 1996).

La relation entre sulfates et magnésium confirme cette tendance (*Illustration 29*). L'origine du magnésium dans les eaux du Crétacé semble également marine alors qu'un excès de Mg dans toutes les eaux de l'aquifère de l'alluvial indique une origine différente (interaction roche-eau).

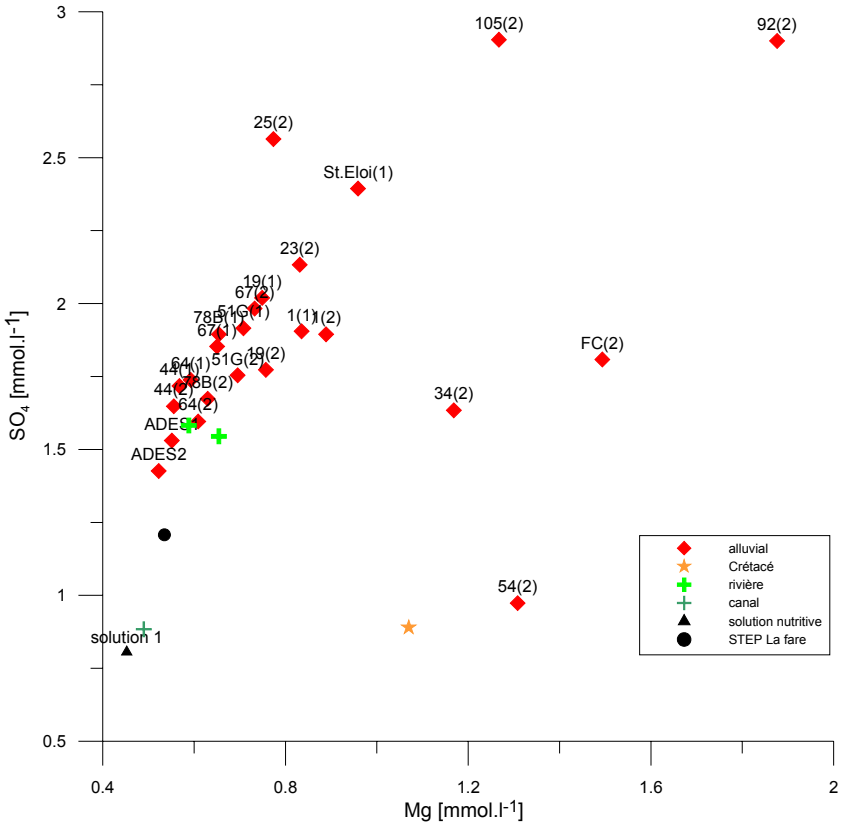


Illustration 29 : Relation SO_4 vs. Mg dans les eaux de la région de Berre

Sur ces trois illustrations il ressort que les eaux 25, FC, 105, 54 et 92, toutes enrichies en chlorures, se comportent différemment des autres eaux de l'aquifère alluvial.

D'après les indices de saturation, la précipitation de witherite et de barytine est possible. Si l'on regarde les illustrations mettant en relation Ba vs SO_4 et Ba vs HCO_3 (*Illustration 30*) il ne ressort pas de relation simple.

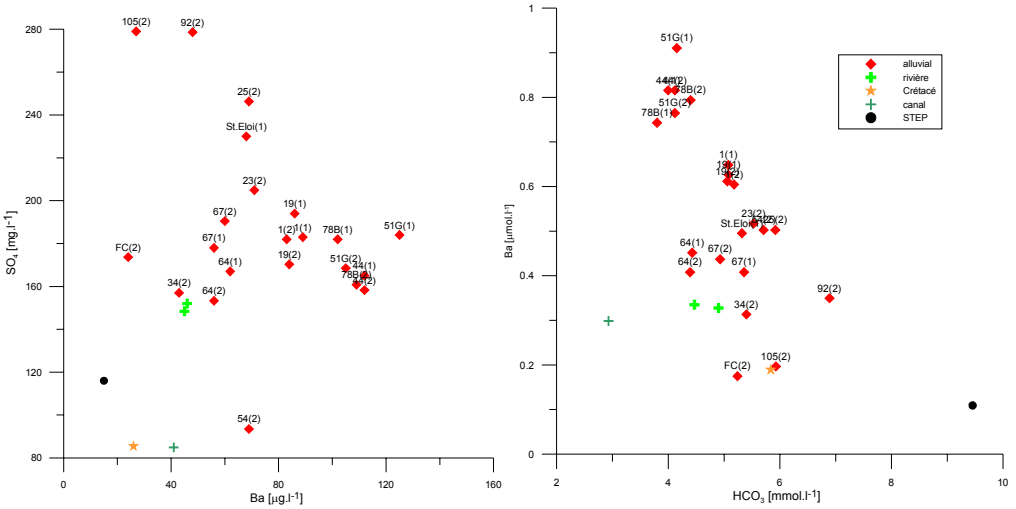


Illustration 30 : Relation SO_4 vs. Ba (en mg.l^{-1}) et Ba vs. HCO_3 (mmol.l^{-1}) pour les eaux prélevées dans la région de l'Arc de Berre

Pour des milieux influencés par des formations évaporitiques, il existe généralement une relation entre le baryum et les sulfates. Pour des teneurs de sulfates supérieures à 100 mg.l^{-1} on considère que cet élément joue le rôle de barrière car le Ba est rapidement précipité en barytine. Il est donc normal de ne pas voir de relation entre ces deux éléments typiques des formations évaporitiques. La sursaturation des eaux vis à vis de la barytine confirme cette hypothèse.

La présence en relativement forte quantité de Sr, SO_4, Ba, et B confirme que les eaux qui ont rechargé l'aquifère alluvial ont traversé des formations évaporitiques. Ceci suggèrerait que la recharge se fait principalement par l'Arc et ses canaux. L'Arc circule en effet sur des formations évaporitiques dans son bassin amont. La présence de formations évaporitiques dans l'aquifère de Berre semble en effet écartée.

D'après l'atlas du Bassin RMC, il existe plusieurs zones du bassin de l'Arc où le sulfate est le paramètre déclassant de la qualité des eaux souterraines (région de Gardanne).

Les gypses d'âge oligocène au sud de l'étang de Berre, les gypses du Trias anciennement exploités à St Germain, les gypses du Stampien de Celony, les lignites fuvéliennes de Gardanne (contenant beaucoup de soufre), les formations résiduelles à éléments oligocènes à triasique plus à l'est du bassin de l'Arc (St. Zacharie) sont de possible sources d'enrichissement en sulfates des eaux du fleuve de l'Arc (BRGM, 1972).

Le sulfate est pour une partie seulement des points relativement bien corrélé au bore (*Illustration 31*). L'origine de ces deux éléments ets alors en partie identique : dissolution de formations évaporitiques.

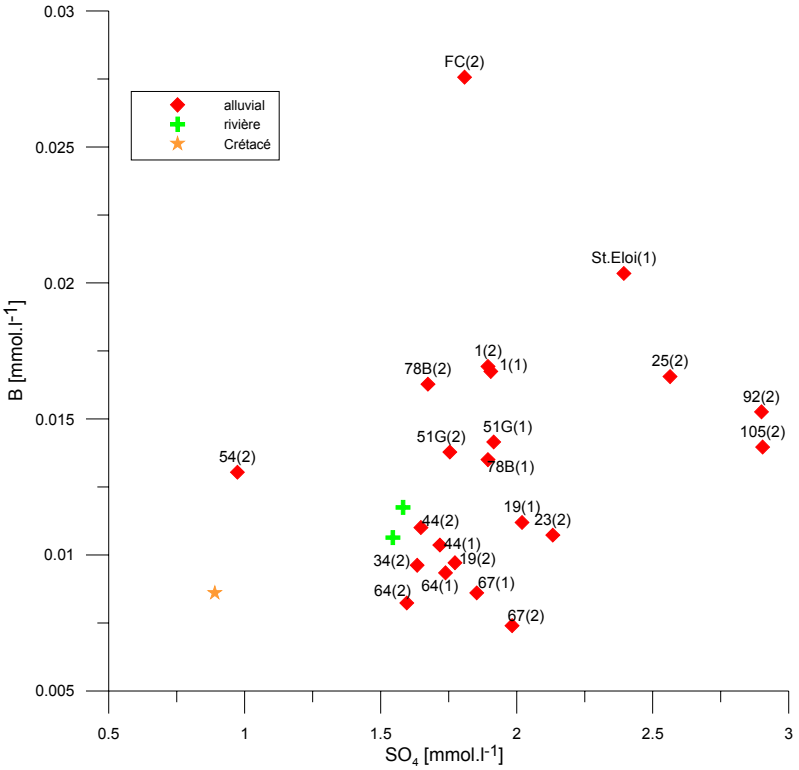


Illustration 31 : Relation bore versus sulfates pour les eaux de la région de Berre

On note pour le point FC un excès en bore qui pourrait être d'origine anthropique (eaux usées). Les points 105 et 92 présentent des concentrations en sulfates plus élevées.

<u>Synthèse – principaux éléments d'interprétation</u>

→ Plusieurs éléments, Na, Cl, SO_4, Ba, B, Sr présentent des concentrations élevées qui indiquent l'influence de formations évaporitiques sur la chimie des eaux de l'aquifère alluvial ;

→ Les eaux de la source de Calissanne (aquifère du crétacé) sont influencées par des formations évaporitiques et/ou l'eau de mer ;

→ Les eaux au point 92 (site Shell) pourrait être majoritairement d'origine différente (eau de mer actuelle ou ancienne, aquifère du Fuvélien) ;

→ Les eaux de la nappe alluviale en rive droite de l'Arc présentent un chimisme homogène alors que celles de la rive gauche et en bordure de l'étang ont des teneurs en chlorures et sodium qui varient plus fortement ;

→ Les vitesses de circulation sont relativement rapides au sein de l'aquifère alluvial.

4.2.4. Les éléments traces

L'Illustration 32 indique la concentration des eaux en éléments traces ainsi que les limites de détection de ces éléments dans le laboratoire du BRGM qui a effectué les analyses. Ces analyses n'ont été effectuées que sur les eaux prélevées en octobre 2005.

élément	Ag	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	NH4	NO2	Ni	PO4	Pb	Zn
limite détection	*5*	*10*	*5*	*2*	*2*	*5*	*2*	*0,02*	*10*	*5*	*0,1*	*0,01*	*5*	*0,1*	*2*	*5*
unité	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l
Arc	< LQ	11	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	3	0,02	< LQ	14	0,3	0,52	< LQ	0,8	< LQ	13
Calissanne	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	11	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
1	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
19	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	8	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	11
44	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	4	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
51G	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	8	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	6	< LQ	< LQ	7
64	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	3	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0,2	< LQ	< LQ
67	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	16	0,02	16	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	25
78B	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	7	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	6	< LQ	< LQ	41
St Eloi	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	5	0,02	14	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	70
STEP	< LQ	35	9	< LQ	< LQ	< LQ	4	0,04	14	12	74	0,16	< LQ	1,2	< LQ	11

Illustration 32 : Résultats des analyses des éléments traces pour les eaux du bassin de Berre

Les éléments Ag, Cd, Co, Cr et Pb n'ont pas été détectés dans les eaux prélevées dans l'Arc de Berre. Les éléments Al, As, Mn, NH_4 et NO_2 n'ont été retrouvés que dans les eaux de la STEP et de l'Arc.

Le point 67 présente des teneurs significatives en cuivre, fer, lithium et zinc. Sur le point 51G, très riche en nitrates, on note la présence de cuivre, nickel et zinc. Les éléments cuivre et zinc sont caractéristiques des pollutions de type agricole, industriel, urbain et informent donc peu sur l'origine de la pollution des eaux. Ils sont également souvent associés aux formations évaporitiques, tout comme le lithium. Il faut cependant noter que le prélèvement à ces points s'est fait à l'aide d'un tuyau terminé par un robinet métallique, ce qui pourrait également influencer les données concernant les éléments traces.

4.3. RESULTATS DES ANALYSES ISOTOPIQUES

Les isotopes stables de l'eau (δ^2H, $\delta^{18}O$), les isotopes du nitrate ($\delta^{15}N$) et du bore ($\delta^{11}B$) et le rapport isotopique $^{87}Sr/^{86}Sr$ ont été mesurés pour tous les échantillons prélevés en octobre 2005 et certains échantillons d'avril 2006. Le tritium a été mesuré dans un échantillon de chaque « unité » géologique et du cycle de l'eau : l'Arc (moyenne des pluies du bassin amont), l'aquifère du Crétacé à la source de Calissanne, le milieu du bassin alluvial (51G) et la sortie du bassin (Pz1). Les isotopes des sulfates ont été mesurés sur 4 échantillons d'eaux prélevés en avril 2006 (*Illustration 33*).

Points	$^{87}Sr/^{86}Sr$ (‰)	2σ (‰)	$\delta^{11}B$ 1 (‰)	+/- 2σ (‰)	$\delta^{11}B$ 2 (‰)	+/- 2σ (‰)	N15 +/- 0,3 ‰	H2 +/- 0,8 ‰	O18 +/- 0,1 ‰	H3 TU	σ3H TU	S34 (0,3‰)
Arc(1)	0,708088	8,E-06	3,27	0,11			12,3	-48	-7,1	6	2	
Arc(2)							13,1	-45,3	-7,8			7
canal			9,69	0,11	10,08	0,10		-69,5	-11,2			
sol.1			-19,82	0,13	-20,11	0,11	9,4					
sol.2							- 6,2					
engrais							2,4					
STEP La Fare	0,708189	9,E-06	-1,37	0,09				-62,7	-9,1			
Calissanne	0,708002	8,E-06	35,04	0,13	35,01	0,08		-52,8	-8	6	2	
1(1)	0,708196	8,E-06	4,53	0,05	4,28	0,11	11,5	-46,7	-7	5	2	
1(2)							11,8	-46,5	-7,2			
19(1)	0,708206	9,E-06	12,80	0,12			11,1	-46,9	-6,9			
19(2)							11,1	-47,9	-7,4			
44(1)	0,708215	9,E-06	20,74	0,08	20,61	0,09	5,4	-46,9	-7			
44(2)							6,1	-46,7	-8,5			7
51G(1)	0,708169	9,E-06	8,83	0,11	8,82	0,09	5,3	-47,6	-7	5	2	
51G(2)							8,0	-47,3	-7,9			
64(1)	0,708147	9,E-06	18,75	0,08	18,56	0,07	6,9	-50,2	-7,4			
64(2)							6,4	-48,9	-8			
67(1)	0,708117	8,E-06	20,29	0,09	20,31	0,12	8,5	-53,1	-7,9			
67(2)							7,0	-49,5	-8,6			
78B(1)	0,708145	00/01/00	16,14	0,05926	15,8511	0,07407	4,8	-52,9	-7,6			
78B(2)							8,8	-49,3	-8,3			6,2
St.Eloi	0,708113	00/01/00	10,1674	0,08395	9,95511	0,4148	11,3	-50	-7,5			
25(2)			12,66	0,09	12,92	0,06	6,7	-41,9	-7,6			
23(2)							3,4	-44,7	-7,1			
FC(2)			10,41	0,13	10,62	0,13		-43,8	-6,8			
105(2)							0,5	-42,9	-7,7			
34(2)							6,5	-50,7	-8,3			
54(2)								-49	-8			6,5
92(2)			18,8	0,1	19	0,09		-38,1	-5,9			
47(3)							4					
64(3)							6,3					

Illustration 33 : Teneurs isotopiques des eaux de la région de l'Arc de Berre

4.3.1. La relation $^{18}O/^{2}H$

Les valeurs de $\delta^{18}O$ et $\delta^{2}H$ ont été replacées dans l'Illustration 34. La ligne météorique locale n'étant pas connue, c'est la droite météorique mondiale qui est représentée (IAEA/GNIP, 2002). La droite des pluies de Gardanne (Celle, 2000) établie uniquement sur la période 1997-1998 a également été indiquée.

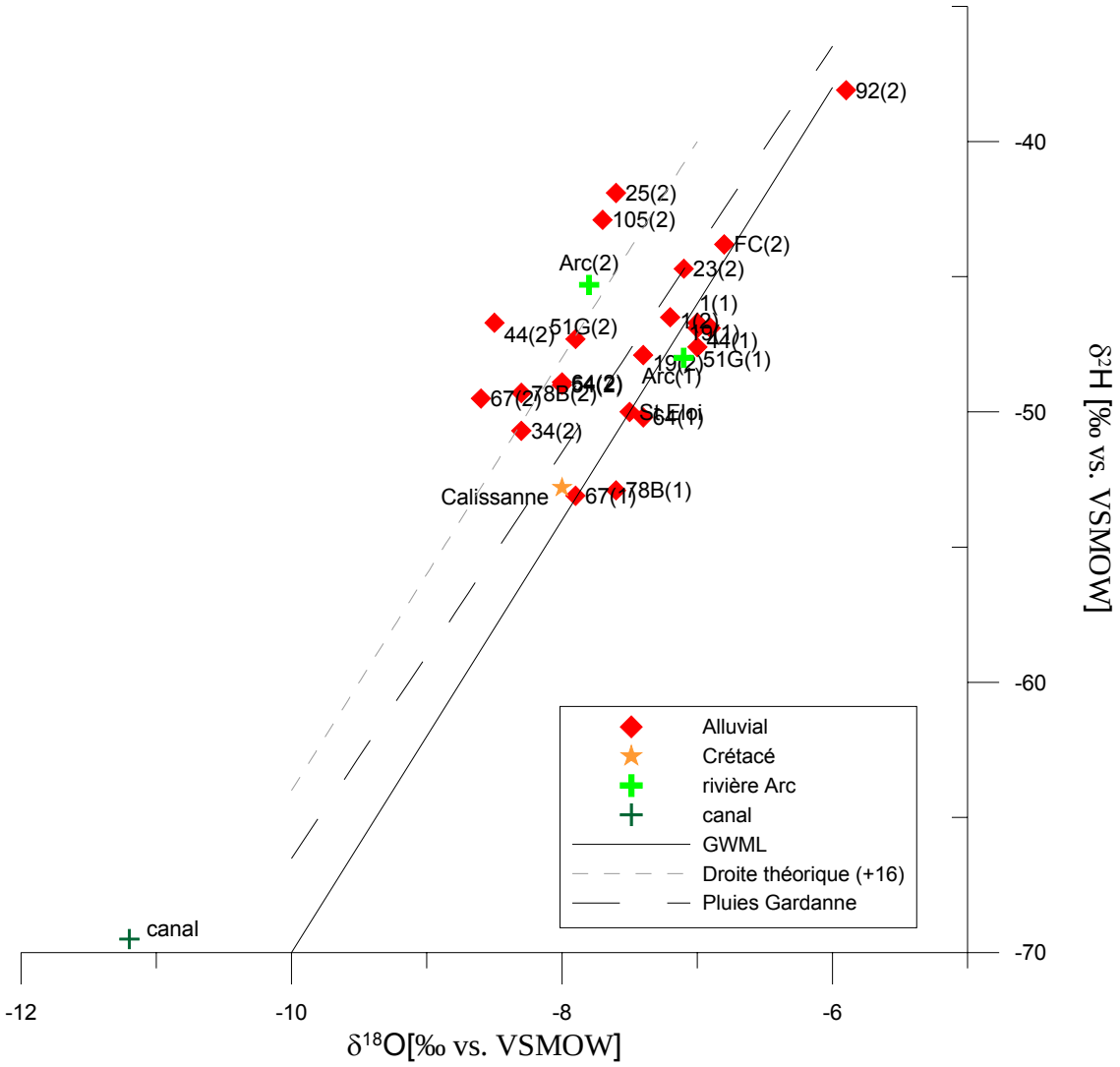


Illustration 34 : $\delta^{18}O$/ $\delta^{2}H$ pour les eaux de sources, forage, puits, canal d'irrigation, droite mondiale des précipitations

Pour les prélèvements d'octobre 2005, les points s'alignent plus ou moins bien sur la droite météorique mondiale. On aurait pu s'attendre à rencontrer des eaux ayant un excès en deutérium plus élevé (>10) indiquant l'influence du recyclage des eaux de la mer Méditerranée mise en évidence il y a plusieurs années (Gat et Carmi, 1970). En octobre, l'excès en deutérium (d= $\delta^{2}H$ – 8*$\delta^{18}O$) des eaux souterraines alluviales se situe entre 7,9 et 10.

On constate que les **eaux de l'aquifère du Crétacé** ainsi que les **eaux de surface** (Arc) se **placent également le long de la droite météorique mondiale**. L'Arc est un fleuve côtier dont l'altitude de recharge n'est pas très élevée et donc ne présente pas une composition isotopique très différente de celle des eaux de pluie locale et/ou eau souterraine superficielle.

Les eaux de la source de Calissanne sont légèrement plus appauvries, indiquant une période de recharge plus ancienne ou une zone de recharge moyenne des eaux plus élevée (effet d'altitude).

Une partie des eaux prélevées en avril 2006 se situent au-dessus de la droite météorique mondiale, sur une droite possédant un excès en deutérium de +16, indiquant l'influence des eaux de la mer Méditerranée (Celle, 2000). En avril, l'excès en deutérium des eaux souterraines alluviales varie de 9,1 (forage Shell, n°92) à 21,3 (Pz44, aval du bassin).

Les **eaux de l'Arc** de cette même période, représentant la moyenne des eaux de pluies du bassin versant, se situent sur cette deuxième droite. Les eaux souterraines qui se situent sur cette droite sont, soit influencées par l'Arc, soit directement par les eaux de pluies ayant un cachet isotopique différent au printemps et en automne.

Les **eaux du canal** de la SCP sont appauvries en isotopes lourds du fait d'une origine différente de ces eaux qui proviennent de régions de plus haute altitude (bassin de la Durance). Il n'est pas étonnant que les eaux des canaux influencent peu la composition isotopique des eaux souterraines étant donné qu'il n'y a a priori pas d'irrigation à partir des canaux entre octobre et avril, et d'une manière générale, les quantités d'eau apportées sont moindres par rapport aux canaux de l'Arc. Toutefois, pour les points 67 et 78B les teneurs isotopiques plus négatives que celles des autres points durant les 2 périodes pourraient être en partie dues à l'influence des eaux du canal.

Les points 44, 51G, 64, 67, 78B, 105, 34, et 54 s'alignent en hautes eaux sur la droite d'excès en deutérium de +16. Ces points varient sur l'année et suivent les variations des eaux de surface (pluies et cours d'eau). Les relations eaux de surface – eaux souterraines sont importantes sur ces points.

Les eaux des points 1 et 19 ne montrent pas de variations importantes de la composition isotopique entre hautes et basse eaux. Ces eaux sont pourtant relativement proches de l'Arc, mais se trouvent en rive gauche. Les points 23, FC et 92, prélevés en avril 2005, également situés en rive gauche, ont une composition isotopique proche de celle des eaux d'octobre, ce qui laisse supposer que ces eaux varient peu isotopiquement sur l'année. Les points 1, 23 et FC seraient localisés dans des parties relativement captives de l'aquifère et donc peu influencées par les apports directs des pluies. Ceci se confirme par le potentiel d'oxydo-réduction faible à ces points. Pour le point 92 une origine plus profonde des eaux (Fuvélien ou eau de mer) expliquerait la faible variation saisonnière des données isotopiques. Ce point est également plus enrichi en isotopes lourds indiquant un mécanisme de recharge différent des autres points. Une des hypothèses expliquant ceci serait une influence de l'eau de mer (La mer méditerranée a une composition moyenne de +1,3‰ à +1,4‰ pour $\delta^{18}O$ (proche côte Française) et estimé à 25 ‰ pour le $\delta^{2}H$).

Pour les eaux d'avril ou d'octobre, il existe une relativement **grande dispersion des points** le long des droites d'équation $\delta^{2}H=8*\delta^{18}O+10$ et $\delta^{2}H=8*\delta^{18}O+16$, ce qui souligne l'hétérogénéité hydrogéologique de l'aquifère alluvial.

4.3.2. Le tritium (^3H)

Toutes les eaux mesurées (4 points) montrent des teneurs en tritium comprises entre 5 et 6 UT. Les variations de 1 UT observées se situent dans la fourchette d'erreur reconnue pour ces analyses. Les **eaux de l'aquifère calcaire et de l'aquifère alluvial ont donc un âge similaire**.

Afin de restituer les teneurs possibles des eaux de précipitation (recharge) de la nappe il est possible d'utiliser des chroniques disponibles pour des stations de mesures les plus proches du site d'étude. Ici, la station de mesure la plus proche est celle de Marseille mais cette station n'est malheureusement plus active depuis plusieurs années. Il faut donc la recaler en utilisant des chroniques plus récentes comme celles de Thonon-les-Bains ou Madrid. L'influence de la mer Méditerranée se faisant sentir (IAEA, 2005) sur les valeurs de ^3H atmosphériques, les valeurs attendues dans une région côtière sont supérieures à celles mesurées à Madrid (*Illustration 35*).

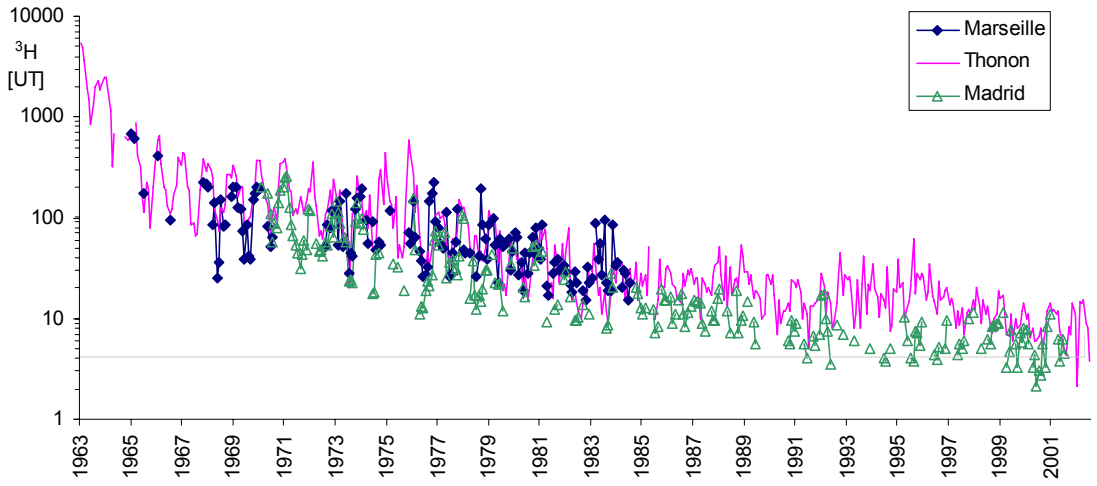


Illustration 35 : Teneurs en tritium des pluies collectées à Marseille, Thonon-les-Bains et Madrid de 1963 à 2002.

Les eaux de pluies de la région devraient avoir des teneurs en tritium comprises entre 3 et 8 UT d'après les chroniques existantes (GNIP, 2005). On peut également considéré que les eaux de l'Arc représentent les eaux de pluies actuelles dans le bassin versant de ce cours d'eau.

Donc, des valeurs de tritium de 6 UT peuvent être considérées comme représentatives des teneurs en tritium des pluies contemporaines. La **recharge des eaux de l'aquifère alluvial et du Crétacé est donc contemporaine** (quelques années).

Principaux éléments d'interprétation – isotopes stable $^{18}O/^{2}H$ et radioactifs de l'eau

→ Les eaux de la source de Calissane sont légèrement appauvries en isotopes lourds, indiquant une période de recharge plus ancienne ou une zone de recharge moyenne des eaux plus élevée (effet d'altitude) ;

→ Il y a similitude isotopique des eaux de l'Arc et des eaux de l'aquifère alluvial indiquant une recharge importante de l'aquifère par les eaux de pluie et de l'Arc ;

→ En rive gauche, l'aquifère est localement captif, ne permettant ainsi pas une recharge directe par les eaux de pluie ;

→ Il existe une grande hétérogénéité hydrogéologique (en termes de recharge) au sein de l'aquifère alluvial.

4.4. SYNTHESE DES PRINCIPAUX RESULTATS DES ANALYSES CHIMIQUES ET ISOTOPIQUES

a) Apports des analyses chimiques et isotopiques à la compréhension du fonctionnement hydrogéologique :

- sur certains points, il existe une variation temporelle importante de la qualité des eaux (représentée par les nitrates notamment) reflétant une **vitesse de circulation des eaux rapide** (conforme à l'estimation de 1,5 à 2 km/an indiquée au § 3.4), et des relations eaux de surface / eaux souterraines importantes. Ces relations ne sont pas identiques en tous points de l'Arc de Berre ;
- les eaux de l'aquifère du Crétacé et de la nappe alluviale ont un temps de résidence court. Ces eaux sont **d'âge contemporain (quelques années)** ;
- les **eaux du Crétacé** ont une **composante marine** et/ou une influence **d'évaporites** importante avec des teneurs en sodium, chlorures et bromure très élevées. Ces caractéristiques ne se retrouvent dans aucune des eaux de l'aquifère alluvial. La possibilité d'une recharge de l'aquifère alluvial par les eaux de l'aquifère du Crétacé n'est pas confirmée par l' étude hydrogéochimique ;
- les eaux de l'aquifère alluvial sont de composition chimique et isotopique ($\delta^{18}O$, $\delta^{2}H$) **proche** des **eaux de l'Arc**. L'origine de l'eau dans ces deux entités est donc semblable ;
- il existe une saisonnalité marquée du signal isotopique ($\delta^{18}O$, $\delta^{2}H$) des eaux de pluies qui permet de nettement différencier les **eaux à circulation rapide** (44, 51G, 64, 67, 78B, 25, 105, 34, situés en **rive droite** de l'Arc), et des eaux à circulation plus lente ou non influencées directement par les eaux de pluie et les eaux superficielles du fait de la présence de niveaux imperméables (19, 23 et FC situés en rive gauche) ou à la présence d'un aquifère profond (92).

b) Autres données de chimie des eaux :

- l'influence de formations évaporitiques dans le bassin versant de l'Arc est vraisemblablement responsable de la forte minéralisation des eaux, essentiellement en strontium, sulfates, bore et chlorures ;
- le point 92 (site Shell) principalement mais également les points 105 et 34 présentent de fortes concentrations en sodium et chlorures qui s'ajustent à une droite de mélange théorique avec l'eau de mer. Une influence de l'eau de mer (étang de Berre) est supposée sur ces points 105 et 34 et une eau salée d'origine profonde (eau de mer actuelle ou ancienne) pour le point 92 ;
- les points 25, 23 et FC présentent également de fortes concentrations en Cl et Na avec toutefois un excès de sodium par rapport à l'eau de mer qui pourrait être dû à une influence anthropique ou évaporitique. Ceci se confirme par des teneurs en bore élevées pour ces eaux ;
- la chimie des eaux du point 54, influencée par l'Arc, pourrait subir des variations de type « oxydo-réduction » dues aux conditions physico-chimiques à ce point.

5. Problématiques de pollution des eaux : analyses des nitrates et des pesticides

5.1. CONTEXTE

Lors de l'étude réalisée en 2001, la présence de produits phytosanitaires a été mise en évidence dans les eaux souterraines, ainsi que des concentrations élevées en nitrates, atteignant localement 200 $mg.l^{-1}$.

L'objectif des analyses réalisées par le BRGM en 2006 est de préciser l'évolution des teneurs en pesticides et en nitrates au cours des saisons et par rapport à l'état des lieux de 2001, et de déterminer si possible l'origine de ces pollutions.

Au total, 3 campagnes d'analyses ont été menées par le BRGM afin de mesurer les concentrations en composés azotés et en pesticides. Ces campagnes ont eu lieu en avril, aout et novembre 2006.
Les données obtenues viennent donc compléter les données d'analyses antérieures, à savoir l'état des lieux réalisé en 2001 (100 points d'analyse des nitrates, 55 points d'analyse des pesticides), et les suivis périodiques réalisés entre 2001 et 2006 par l'Agence de l'Eau RMC et la DIREN PACA sur plusieurs piézomètres captant la nappe alluviale.

Parallèlement à ces analyses, différentes données d'occupation des sols ont été collectées afin de déterminer les principales sources potentielles de pollution pour les nitrates et pour les pesticides.

5.2. OCCUPATION DES SOLS

La plaine de Berre représente une surface d'environ 6000 ha.

Elle comporte (Chambre d'agriculture des B.D.R, 2004) :

- des zones agricoles cultivées sur environ 2070 ha (soit 1/3 de la surface) ;
- des parcelles en friche ou non cultivées sur environ 340 ha ;
- des zones d'habitat : hameaux de Baïsses, Mauran…, habitat diffus, agglomérations de Berre au Sud et de La Fare les Oliviers au Nord ;
- des zones industrielles (complexe pétrochimique – site de Shell) et d'activité commerciale ;
- des étendues sauvages, notamment au bord de l'étang.

Illustration 36 : Photo du centre de la plaine (BRGM, 13/08/07)

La nature des sols joue un rôle important sur les phénomènes d'infiltration d'eau et de lixiviation des substances chimiques vers les eaux souterraines. D'après les données issues de la Société du Canal de Provence (SCP, 1968), les sols sont peu profonds dans la partie centrale de la plaine. Si ce seul critère est retenu, ils peuvent être synonymes d'une filtration plus faible par ces terrains et de transferts plus rapides des molécules vers la nappe avant leur dégradation (*IPSEAU, 2001*).

5.2.1. Activités agricoles

Les activités agricoles de la plaine sont connues avec une bonne précision grâce à l'étude menée par la chambre d'agriculture des Bouches-du-Rhône en 2004.

La répartition des principales cultures est présentée par la carte suivante (*Illustration 37 :* Carte d'occupation des sols de la plaine de Berre – février 2004 (Chambre d'Agriculture des B.D.R, 2004)).

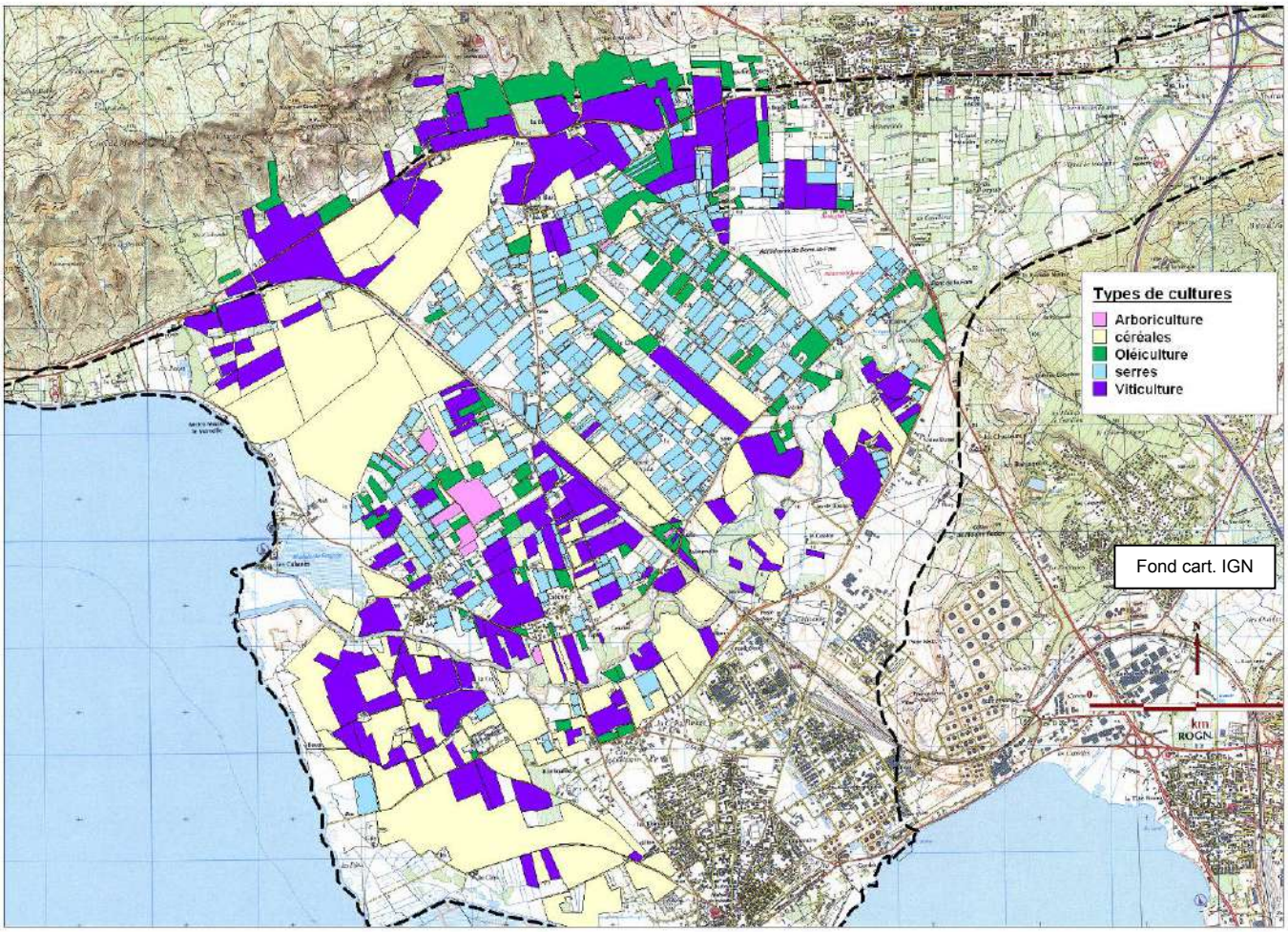


Illustration 37 : Carte d'occupation des sols de la plaine de Berre – février 2004 (Chambre d'Agriculture des B.D.R, 2004)

Les principales activités pouvant être à l'origine d'infiltrations d'azote vers les eaux souterraines et les eaux de surface sont présentées dans les cartes de *l'annexe 13*.

La fertilisation pratiquée par les particuliers (jardins) n'est pas indiquée dans ces cartes. Toutefois, il s'agit également d'une source d'apport d'azote vers la nappe. Par nature, ces apports correspondent à des quantités modérées réparties sur la plaine dans les zones d'habitation.

Afin de donner une idée des quantités d'azote apportées selon les types de culture, le tableau suivant (*Illustration 38 : Liste des principaux apports azotés – cultures de la plaine de Berre (Chambre d'agriculture des BDR, 2004)*) présente un ordre de

grandeur des quantités apportées par hectare et par an, d'après l'enquêté de la chambre d'agriculture réalisée en 2004.

Type culture	Secteur principal	Surface (en ha)	Engrais azotés minéraux	Engrais organiques / amendements	Quantités estimées en unités d'azote / ha /an
Grandes cultures (blé dur surtout)	Ouest et Sud	920	Ammonitrates (33,5%)	/	~ 130 à 160
Vignes	Coteaux la Fare, Abords de l'Arc	630	Ammonitrates (33,5%)	Végéthumus, compost Marc…	~ 0 à 50
Serres / Cultures sous abris	Centre de la plaine, rive droite	280	Nitrates d'ammonium (34,5%), Nitrate de chaux, Nitrate de potasse	Amendement organique, fumure de fond	Tomates hors sol ~ 1800 Tomate sol ~ 170 à 510* Melon ~ 0 à 510* Aubergine ~ 170 à 510* Courgette ~ 170 à 510* Salade ~ 17 à 34*
Oliviers	Rive droite	220	?	Fumure organique	Bio : 0,6 U /arbre /an Non bio : 30 à 110
Arboriculture	Secteur de Mauran	25	Ammonitrates 33,5 % / Sulfate d'ammonium 21%	/	30 à 40
Parcelles en friche	/	340	/	/	/

*Valeurs correspondant aux apports d'N par refumure (amendement organique et fumure de fond non évalués : apportés selon les résultats d'analyse)

Illustration 38 : Liste des principaux apports azotés – cultures de la plaine de Berre (Chambre d'agriculture des BDR, 2004)

Si l'on regarde les cultures dont la surface est la plus importante, on constate que les apports d'azote sont relativement faibles pour la vigne. Les apports sont significatifs pour les grandes cultures situées essentiellement dans la partie aval de la plaine. Les apports d'azote paraissent modérés en arboriculture. Pour les cultures légumières sous abri, les quantités d'engrais azotés (minéraux) sont importantes, en particulier pour les cultures hors-sol (tomates).
Par ailleurs, on peut noter la réflexion engagée par la profession agricole, afin de recycler les eaux de drainage de ces cultures hors-sol, afin d'éviter les infiltrations vers la nappe. En effet, les excédents sont estimés à environ 20 à 30 % du volume de solution apporté (Chambre d'agriculture des BDR, 2006).

Remarques :

- les échantillons de « solution nutritive » pour tomates hors-sol prélevés par le BRGM en avril 2006 et en octobre 2007, sont constitués d'engrais de synthèse (nitrates, potasse, magnésie…) dissous dans les eaux d'irrigation, apportées au goutte-à-goutte ;
- il n'y a pas d'activités d'élevage dans la plaine de Berre. L'absence d'épandage de lisier a été vérifiée. Les derniers épandages de lisier datent de plus de 20 ans (*source : information orale – chambre d'agriculture*).

5.2.2. Assainissement collectif et autonome

Pour les problématiques « nitrates », une autre source potentielle d'azote est liée aux réseaux d'assainissement collectif (STEP) et à l'assainissement autonome.

La connaissance et la gestion des dispositifs d'assainissement de la plaine de Berre sont de la compétence de la communauté d'agglomération de l'Agglopôle Provence.

a) Assainissement collectif

L'arrêté du 22 décembre 1994 fixe les concentrations maximales admissibles et les rendements minimaux admissibles suivants, pour les STEP > 10 000 EH, situées en zone sensible à l'azote et au phosphore :

Paramètres	Concentrations (mg/l)	Rendements (%)
DBO5 (Demande Biologique en Oxygène)	25	80
DCO (Demande Chimique en oxygène)	125	75
MES (Matières en suspension)	35	90
Ngl (azote global)	15	70
Pt (phosphore total)	2	80

Or, la plaine de Berre est en zone sensible pour l'azote et le phosphore, de plus, le SAGE de l'Arc est plus ambitieux que la réglementation puisqu'il préconise des traitements tertiaires permettant de réaliser une dénitrification de 70% et une déphosphatation de 80% pour les STEP de plus de 4000 EH. C'est le cas des STEP de Berre et de la Fare les Oliviers.

On dénombre 3 stations d'épuration (STEP) dans le secteur d'étude, dont les caractéristiques générales sont présentées par l'

Illustration 39 : Caractéristiques générales des STEP et performances de traitement (Agence de l'eau RMC, 2005) :

Nom STEP	Berre l'étang	La Fare les Oliviers	Lançon (Baïsses)
Population	13415	6334	n.c.
Position rejet	Etang de Berre	Arc (Pont N113)	Fossé RD21
Dispositif de traitement	Biol./Nit./Dénit./Dépho.Bio.	Biol. / Nitrif.	Biologique Simple
Capacité de traitement (EH*)	**21000**	**7400**	**250**
Quantité pollution entrante (EH/j)	19316	4152	224
Quantité pollution sortante (EH/j)	965	257	155,9
Quantité MES entrante (kg/j)	3626	333	20,2
Quantité_MES_sortante (kg/j)	181,3	16,6	12,1
Rendement MES (%)	95	95	40
Quantité azote réduit	137	64	3,36

Nom STEP	Berre l'étang	La Fare les Oliviers	Lançon (Baïsses)
entrante (kg/j)			
Quantité azote réduit sortante (kg/j)	6,85	3,2	3,03
Rendement azote (%)	95	95	10
Quantité phosphore entrant	20	9	0,9
Quantité phosphore sortant	1	2,7	0,89
Rendement phosphore (%)	95	70	1

Illustration 39 : Caractéristiques générales des STEP et performances de traitement (Agence de l'eau RMC, 2005)

Remarque : Les quantités d'azote et de phosphore sont données en kg/j. Les débits des eaux à l'entrée et à la sortie des STEP étant variables, il est difficile de connaître les données en mg/l.

Par ailleurs, des schémas directeurs d'assainissement[9] ont été engagés pour ces communes. Les principales informations collectées sont indiquées ci-dessous (*source : agglopôle*) :

- STEP de Berre : schéma directeur d'assainissement en cours. La STEP collecte les effluents de Berre et de Rognac. Le rejet s'effectue dans l'étang de Berre ;
- STEP de La Fare : schéma directeur d'assainissement finalisé en juillet 2006. STEP efficace et bien entretenue selon un rapport de l'APAVE. Toutefois, un traitement plus poussé de l'azote et surtout du phosphore est nécessaire. **Il est prévu de rénover les installations** (augmentation de la capacité). Le débit moyen varie entre 600 et 1400 m^3/j environ entre janvier et juin 2007 ;
- STEP des Baïsses (Lançon) : schéma directeur d'assainissement finalisé en novembre 2006. Normes de rejet peu contraignantes car capacité < 2000 EH. Du point de vue réglementaire (arrêté du 21/06/1996), les analyses sont donc satisfaisantes. Toutefois, des problèmes de nuisance sont récurrents en raison de la stagnation des eaux usées au droit du rejet, dans le fossé de bord de route. La construction d'**une nouvelle STEP est prévue**. Il s'agirait d'un dispositif d'épuration constitué de lits plantés de roseaux et d'un système d'évaporation, avec rejet 0 vers le milieu naturel. La construction est prévue pour 2009. En 2002, le débit moyen par temps sec était estimé à 25 m^3/j.

Parallèlement aux rejets des STEP, la possibilité de fuites ponctuelles des eaux des réseaux d'assainissement est à noter, certains tronçons peuvent en effet présenter des problèmes d'obstruction à l'origine de débordements du réseau suite à une mise en charge. On ne dispose pas de précisions sur l'ampleur des fuites possibles du réseau (vers la nappe).

[9] Etudes et travaux nécessaires pour améliorer le fonctionnement des collecteurs et de la station d'épuration

Pour l'assainissement collectif, on retiendra que les eaux de la STEP de Berre n'ont pas d'influence sur la nappe alluviale car le rejet s'effectue directement dans l'étang de Berre. La STEP de la Fare, quant à elle, a son rejet vers l'Arc et peut donc constituer un apport potentiel d'azote vers la nappe via l'Arc (infiltrations des eaux du cours d'eau possibles sur ce secteur).

Il faut noter en particulier la **STEP des Baïsses** dont le dispositif de traitement ne permet pas (ou peu) de traiter l'azote, et dont le rejet s'effectue dans un fossé le long de la route RD 21, où les **eaux stagnent la plupart du temps**. Il est probable qu'elles s'infiltrent en grande partie vers la nappe.

Compte tenu de leurs positions, les rejets des STEP ne constituent pas des sources potentielles de pollution significatives, en dehors de la STEP des Baïsses. Par ailleurs, des fuites d'eaux usées au droit des réseaux peuvent avoir lieu occasionnellement, mais leur influence paraît négligeable dans la plaine, en rive droite de l'Arc, où les habitations sont équipées d'assainissement individuel.

b) Assainissement individuel

On dispose de **peu d'informations sur l'assainissement individuel**. En effet, un SPANC[10] a été mis en place par l'Agglopôle entre 2002 et 2006, mais pour l'instant seuls les permis de construire donnent lieu à une vérification du dispositif d'assainissement. Les habitations existantes ne sont donc pas contrôlées. Un diagnostic de l'état des dispositifs existants est prévu d'ici 2012. Pour l'instant, il n'y a pas d'obligation réglementaire pour l'existant. Un décret ministériel d'application de la loi sur l'eau à ce sujet, est attendu par les collectivités.

Sur l'ensemble du territoire de l'Agglopôle, on dénombre 6500 installations d'assainissement individuel. Pour les communes de la plaine de Berre, l'Agglopôle a recensé 673 parcelles pour Berre l'étang, et 497 pour la Fare.

L'assainissement individuel n'est pas représenté sur les cartes en annexes 13 et 14, on notera toutefois que les habitations dispersées sur la plaine de Berre, n'étant pas raccordées au réseau collectif, devraient par conséquent disposer d'un dispositif d'épuration individuel (de type : fosse septique et filtre à sable).

Remarque : il n'y a pas d'épandage de boues de STEP dans la plaine de Berre (*source : information orale - Chambre d'agriculture*).

5.2.3. Discussion sur les apports d'azote : agriculture et assainissement

Il s'agit dans ce paragraphe d'évaluer les quantités d'azote apportées respectivement par les activités agricoles, ainsi que par les rejets d'eaux issues du réseau d'assainissement.
Nous proposons une comparaison « grossière » des apports afin de disposer d'un ordre de grandeur des deux principales sources de nitrates vers la nappe.

[10] Service Public d'Assainissement Non Collectif

L'Illustration 40 rassemble les principales données collectées, à titre indicatif. En effet, les données utilisées sont des valeurs moyennes, et certains apports ne sont pas pris en compte, notamment les apports de fertilisants dans les jardins familiaux. De plus, il ne s'agit pas d'une estimation des infiltrations vers la nappe. En effet, l'interception de l'azote par les plantes (agriculture), ou l'épuration de l'azote par les dispositifs d'assainissement individuel ne sont pas pris en compte.

Agriculture				Assainissement			
Type culture	quantité moy. d'N en kg/ha/an (source : Ch. D'agri.)	Surface moy. cultivée	Total estimé - apports d'azote en kg/an	Type rejets	Rejet d'N estimé par dispositif en kg/an	Nombre de dispositifs (source : agglopôle)	Total estimé - apports d'azote en kg/an
Grandes cultures (blé)	145	920	133400	Ass. ind. Berre*	16,4	673	11054
Vigne	25	630	15750	Ass. ind. La Fare*	16,4	497	8163
Serres/cultures sous abris - hors sol (quantité estimée pour les cultures de tomates)	1800	140	252000	Rejet STEP** Baïsses (infiltration)	1095	1	1095
Serres/cultures sous abris - sol	340	140	47600	Rejet STEP** Berre (vers étang de Berre)	2500	1	/
Arboriculture (dont oliviers)	35	245	8575	Rejets STEP** La Fare (vers l'Arc)	1168	1	n.c.
				Fuites réseaux ass. la Fare ou Berre	n.c.	/	n.c.
	TOTAL estimatif agriculture		**457325**		**TOTAL estimatif assainissement**		**20312**

* Valeur estimée d'un rejet sans traitement, avec un nb moy. de 3 hab./dispositif, et un ratio national de 15 g d'N /hab/j soit 5,4 kg/hab/an
** Données de l'Agence de l'eau RMC (2005)
n.c. : non connu

Illustration 40 : Estimation des principaux apports d'azote dans la plaine de Berre

Comme indiqué précédemment, ces données sont données à titre indicatif et doivent être interprétées avec beaucoup de précaution.
Cependant, on peut noter que les quantités totales d'azote apportées par l'agriculture apparaissent a priori nettement supérieures (d'un facteur supérieur à 20) aux quantités apportées par l'assainissement.

5.3. STRATEGIE DE PRELEVEMENT ET METHODE D'ANALYSES DES NITRATES ET DES PESTICIDES

5.3.1. Données d'analyses antérieures

Cf. annexes 11 et 14

Différentes sources d'information ont été rassemblées :

- prélèvements réalisés en février 2001 (IPSEAU, 2001) : 100 analyses de nitrates et 55 analyses de pesticides (analyse multi-résidus), aminotriazole, glyphosate/AMPA ;

- réseau patrimonial de suivi qualitatif du bassin RMC (2001 - 2006), au forage des « Cravons » ou de « Boucarut » : analyse des ions majeurs et analyse des pesticides ;
- réseau de suivi phytosanitaire de la région PACA, au puits de « la Suzanne » : analyse des pesticides ;
- réseau régional de suivi des teneurs en nitrates, réalisé par la DIREN (2001-2005).

Les analyses de 2001 et celles du suivi régional, ont été réalisées dans le même laboratoire (LDA de Valence). Les méthodes d'analyse employées sont à peu près semblables, essentiellement basées sur des analyses multi-résidus (> 300 molécules).

5.3.2. Campagne d'analyses conjointes pesticides et composés azotés

Afin d'évaluer la qualité des eaux souterraines pour les produits phytosanitaires et les composés azotés, le **BRGM** a réalisé **3 campagnes d'analyse sur un total de 10 points** de prélèvements à chaque campagne, en avril, août, et novembre 2006.

Les 10 points de prélèvements ont été sélectionnés afin de couvrir la majeure partie de la plaine de manière homogène, en rive gauche et en rive droite de l'Arc, en position amont vers la RN113, et en position aval vers l'étang de Berre (*cf. annexe 10*).

Une attention particulière a été portée au secteur central de la plaine, en rive droite de l'Arc, en raison des problèmes de qualité mis en évidence en 2001 (nitrates et pesticides).

Les points de prélèvements ont également été sélectionnés afin d'être représentatifs autant que possible des différents types d'occupation du sol : cultures agricoles (maraîchage, vignes…), zones urbaines…

N° point	N° BSS	Nom / Lieu-dit	**X** (coord lamb II E)	**Y** (coord lamb II E)	PROF (m)	Avril 2006	Aout 2006	Nov. 2006
19	10202X0132	Les cigalons	829848	1838254	8,5	X	X	X
23	10202X0112	La Suzanne	827622	1836491	5,0	X	X	X
25 bis	1202X0133	La Bertranne	829190	1835378	5,0	X	X	X
47	10202X0134	Saint-Estève	828149	1838119	14,0	X	X	X
48	10202X0135	St Joseph	827854	1839087	6,0		X	
51 G	10202X0136	Les grands lots	828985	1839582	13,0	X	X	X
61	10202X0137	Les Baïsses	827833	1841595	8,0	X		
61bis	10202X0138	Les Baïsses	827580	1841590	12,0		X	X
78 BB	10202X0139	Les Cravons	830400	1840680	18,0	X	X	X
PZ1	10202X0118	Palustranne le pin	826380	1837002	13,0	X		X
PZ2	10202X0119	La Grande Bosque	826390	1839730	13,0	X	X	X
PZ3	10202X0120	Les Craus	830159	1841721	15,0	X	X	X

Illustration 41 : Caractéristiques des points de prélèvement du BRGM (nitrates et pesticides)

Les analyses ont porté sur :

- Les différentes formes de l'azote (nitrates, nitrites, ammonium) ;
- les pesticides :
  - analyses multi-résidus (348 molécules), par multidétection,
  - aminotriazole, glufosinate d'ammonium, glyphosate et AMPA (acide d'aminométhylphosphonique).

Ces analyses ont été réalisées par le laboratoire LDA[11] de Valence.

Les méthodes d'analyse et les limites de quantification sont présentées par un exemple de résultats d'analyses (*cf. annexe 8*).

Le **seuil de quantification** est variable selon les molécules analysées, cela est particulièrement important pour les analyses de pesticides. Il faut bien garder en mémoire le fait qu'une molécule non quantifiée, qui présente une teneur inférieure au seuil de quantification, n'est pas forcément absente, mais peut être présente en quantité trop faible pour être quantifiée. On retiendra que le seuil de quantification de certaines molécules est assez élevé (égal à la limite de potabilité de 0,1 $\mu g.l^{-1}$), c'est le cas du glyphosate et du glufosinate d'ammonium.

Les résultats d'analyses de pesticides peuvent présenter des **incertitudes élevées**, en particulier pour les teneurs faibles, peu supérieures au seuil de quantification. Ce phénomène est connu, notamment pour l'analyse de l'atrazine, par la méthode HPLC/MS : « Les incertitudes élargies obtenues pour l'atrazine décroissent de 50 à 5 % pour des concentrations en atrazine dans l'eau de 0,02 à 0,2 $\mu g.l^{-1}$» (*Amalric, 2006*).

Le nombre de pesticides analysés est élevé (348 + 4 molécules différentes), cela dit, **certaines molécules n'ont pu être analysées**. Parmi les matières actives utilisées en agriculture (*Chambre d'Agriculture des BDR, 2004-2005*), 64 molécules ont pu être dosées parmi les 87 dont l'usage est connu. 23 molécules de pesticides utilisées en agriculture n'ont donc pas pu être analysées dans les eaux souterraines (*cf. annexe 12*).

5.3.3. Campagne d'analyses isotopes et chimie

Les objectifs et les moyens mis en œuvre dans le cadre des 2 campagnes d'analyses isotopiques réalisées en octobre 2005 et avril 2006, ont été présentés dans le *paragraphe 4.1.*

[11] Laboratoire Départemental d'Analyses de la Drôme

5.4. SUIVI QUALITE « PESTICIDES »

5.4.1. Introduction

Les pesticides sont des produits issus le plus souvent de la synthèse chimique dont les propriétés toxiques permettent de lutter contre les parasites animaux et végétaux des plantes (cultures, ...) et de détruire les organismes indésirables présents dans les espaces végétalisés ou non (voiries, locaux de stockage de récoltes, ...). En agriculture, on les appelle *produits phytosanitaires*. Les industriels parlent de *produits agro-pharmaceutiques*, *produits phyto-pharmaceutiques* (source *: IFEN*[12]).

On distingue selon leurs effets 3 principales catégories de produits phytosanitaires :

- les insecticides,
- les herbicides,
- les fongicides.

Du **point de vue réglementaire**, la directive européenne 98/83 du 3 novembre 1998, reprise en droit français par le décret eau potable n°1220-2001 du 20 décembre 2001, puis par l'arrêté du 11 janvier 2007, fixe la concentration maximale admissible à 0,1 $\mu g.l^{-1}$ pour chaque substance individualisée, sauf aldrine, dieldrine, héptachlore et héptachlorépoxyde (0,03 $\mu g.l^{-1}$), et à 0,5 $\mu g.l^{-1}$ pour le total des pesticides.

Ces valeurs seuils sont reprises par la directive européenne 2006/118 du 12 décembre 2006, sur la protection des eaux souterraines contre la pollution et la détérioration, comme valeurs limite permettant d'évaluer un « bon état chimique » des eaux.

5.4.2. Enquête sur l'usage non agricole de produits phytosanitaires

Afin d'appréhender la présence de produits phytosanitaires dans la nappe alluviale, et tenter de comprendre leur origine, il est nécessaire de connaître l'ensemble des usages possibles de pesticides sur la plaine.

Une enquête sur les pratiques agricoles ayant été réalisée (Chambre d'agriculture, 2004/2005), il s'agit ici d'évaluer l'usage de pesticides en zones non agricoles (ZNA).

La connaissance de l'usage de pesticides en ZNA est basée sur :

- **Données bibliographiques (a) :**
  - données nationales : tous usages en ZNA (Boulet, 2005) ;
  - données régionales : usages en ZNA (communes, voies de transport…), hors usages particuliers (SRPV PACA / FREDON PACA, 2001).
- **Enquête réalisée par le BRGM (b)**, auprès des principaux organismes de la plaine de Berre : Communes, gestionnaires voies de transport, industries…

[12] Institut Français de l'Environnement

a) Données bibliographiques

- **Les données nationales**

Source : Mémoire de Boulet A. (2005), document MEDD.

L'utilisation de pesticides non agricoles correspond à environ 10 % de la consommation totale de produits phytosanitaires en France (Boulet, 2005).

Pour les 3 principaux types d'utilisateurs de produits phytosanitaires, on peut retenir la répartition suivante :

	Tonnage estimé	**%**
Agriculture (céréaliculture, viticulture, maraîchage, pépinières, arboriculture…) **→ Exploitants agricoles**	**95 100**	**90,6 %**
Spécialités « jardins » **→ Particuliers**	**8 500**	**8,1 %**
Spécialité « entretien des espaces verts » **→ Collectivités/Gestionnaires de réseaux de transport**	**1 400**	**1,3 %**
Total	**105 000**	**100 %**

Illustration 42 : Répartition des consommations de pesticides selon le type d'utilisateurs – données nationales (UPJ, 2000)

Parmi les produits phytosanitaires utilisés en ZNA, les herbicides sont largement majoritaires :

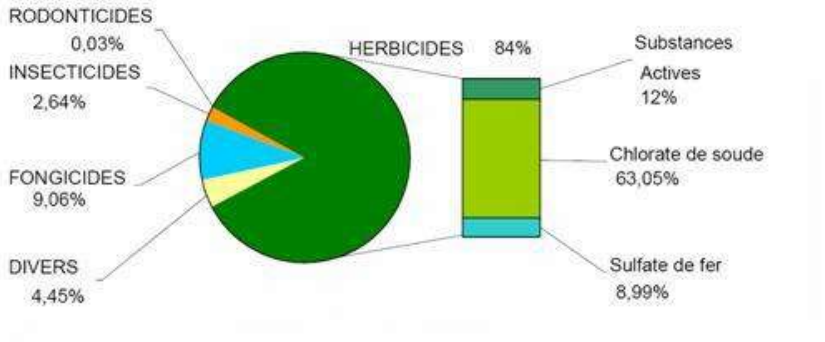


Illustration 43 : Répartition des pesticides « jardin » vendus en France en 2000 pour des usages non agricoles (UPJ, 2000)

D'une manière générale, on dispose de peu de données sur l'usage de pesticides par les particuliers.

- **Les données régionales**

Source : SRPV PACA / FREDEC PACA (2001)

Les principaux résultats de l'enquête menée en 2001 en région PACA, sont présentés ci-dessous :

<u>Les communes</u>

Les désherbants constituent les intrants les plus importants pour les communes :

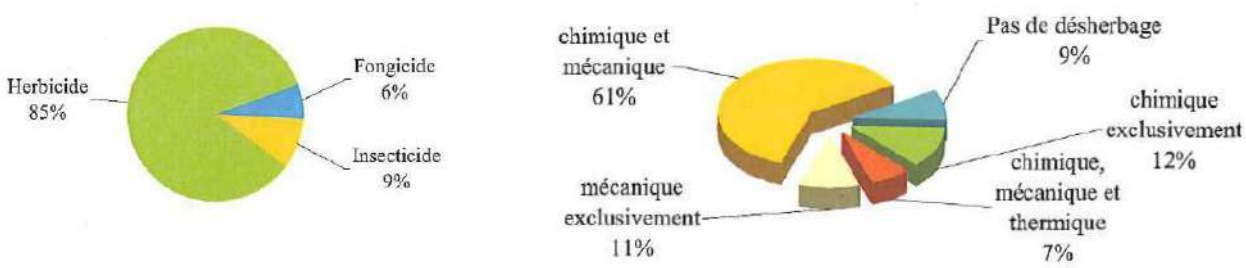


Illustration 44 : Proportion des produits utilisés par les communes (à gauche) et pratiques de désherbage (à droite)

Les principaux désherbants sont des désherbants de post – levée, essentiellement du glyphosate (84 %) :

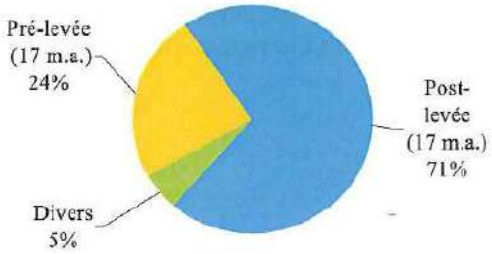


Illustration 45 : stratégie d'emploi de désherbants par les communes

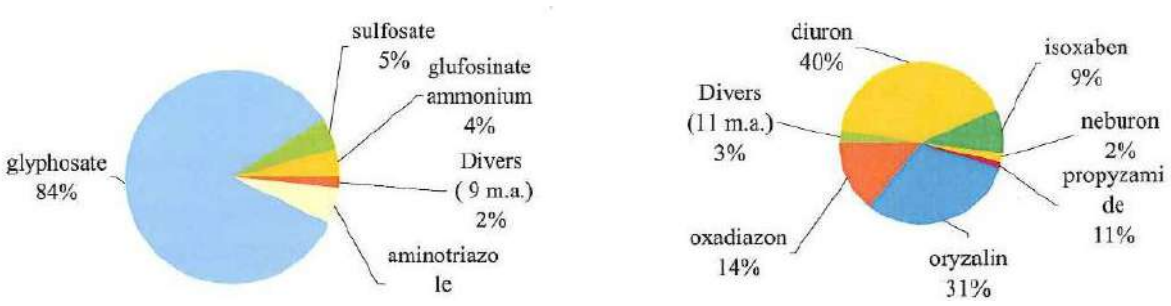


Illustration 46 : Pesticides employés pour le désherbage des espaces communaux : matières actives de post-levée (à gauche) et de pré-levée (à droite)

<u>DDE et sociétés d'autoroute</u>

Les produits phytosanitaires sont essentiellement des désherbants de post-levée.

Le glyphosate représente 98 % des quantités totales utilisées.<u>SNCF.</u>

L'emploi de produits phytosanitaires est exclusivement constitué de désherbants. L'entretien régulier des voies ferrées nécessite l'emploi de quantités significatives.

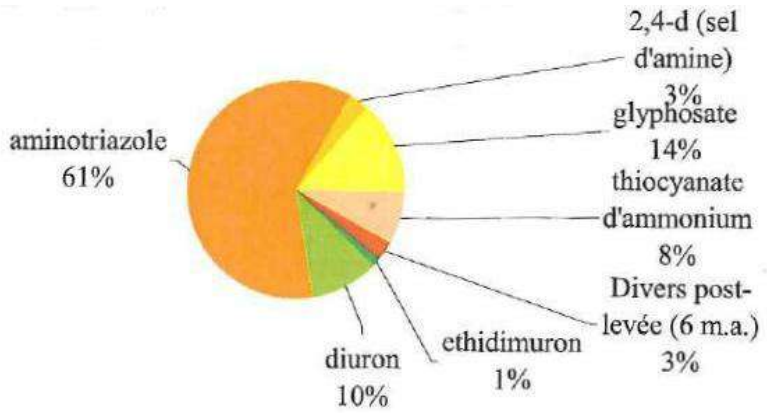


Illustration 47 : Herbicides utilisés par la SNCF (quantité de matières actives)

b) Enquête réalisée par le BRGM – plaine de Berre

- **Questionnaire d'enquête**

Le BRGM a effectué l'enquête auprès des principaux organismes susceptibles d'employer des pesticides :

- gestionnaires de voies de transport (DDE, SNCF…) ;

- services communaux (Berre l'Etang, La Fare les Oliviers) ;
- site industriel…

L'objectif de cet audit est de mieux connaître les pratiques liées à l'utilisation de produits phytosanitaires, de déterminer les principales zones qui font l'objet de traitements phytosanitaires, et les principales molécules utilisées.

Un courrier d'enquête a donc été transmis aux utilisateurs potentiels de pesticides au cours de l'été 2006, afin d'appréhender :

- type de traitement, substance active utilisée ;
- lieu / période de traitement ;
- autres : stockage des produits, mode d'application…

En plus des principaux organismes indiqués ci-dessus (DDE, Communes…), cette enquête a été transmise à un grand nombre de sociétés et activités diverses de la plaine (plus de 80 sociétés enquêtées) : entreprises d'espaces verts, entreprises de nettoyage, dépôts de gaz…

En ce qui concerne les principaux organismes : le taux de réponse est élevé (8 sur 10), grâce à des relances téléphoniques menées durant l'automne 2006.

Par contre, les taux de réponse ont été faibles (environ 10%) pour les autres activités. Les réponses indiquent quasi-systématiquement l'absence d'utilisation de pesticides.

En réalité, un grand nombre d'entreprises ont été enquêtées du fait de leur activité (stockage de gaz…), mais n'ont en réalité que des entrepôts et bâtiments, et ne nécessitent effectivement pas l'usage de pesticides. D'autres utilisent probablement des produits phytosanitaires en quantités modérées (pouvant s'apparenter à des particuliers), pour le désherbage et/ou l'entretien de haies (cf. Linde Gas, *annexe 9*).

→ Les **résultats de l'enquête** peuvent être jugés suffisamment **représentatifs** en ce qui concerne les **principaux usages** de pesticides (types de molécules utilisées). Mais les résultats de l'enquête doivent être **interprétés avec prudence**, car ils ne permettent pas d'évaluer les quantités totales de produits utilisés. Il faut se rappeler ici que l'usage de pesticides par les particuliers est considéré comme étant 6 à 7 fois supérieur (en quantités) aux collectivités/gestionnaires de voies de transport (*cf.* Illustration 42).

Enfin, une enquête téléphonique ciblée a été menée auprès des fournisseurs de produits phytosanitaires. Plusieurs jardineries situées à Berre l'étang ont été contactées, et nous ont indiqué qu'ils n'avaient pas les moyens de nous répondre (pas de traçabilité des ventes).

Remarque : La possibilité de réaliser une enquête auprès d'habitants de la plaine avait été évoquée en concertation avec les partenaires du projet. Cette enquête s'est avérée non réalisable.

- **Résultats de l'enquête**

Les principaux résultats de l'enquête sont présentés en *annexe 9*.

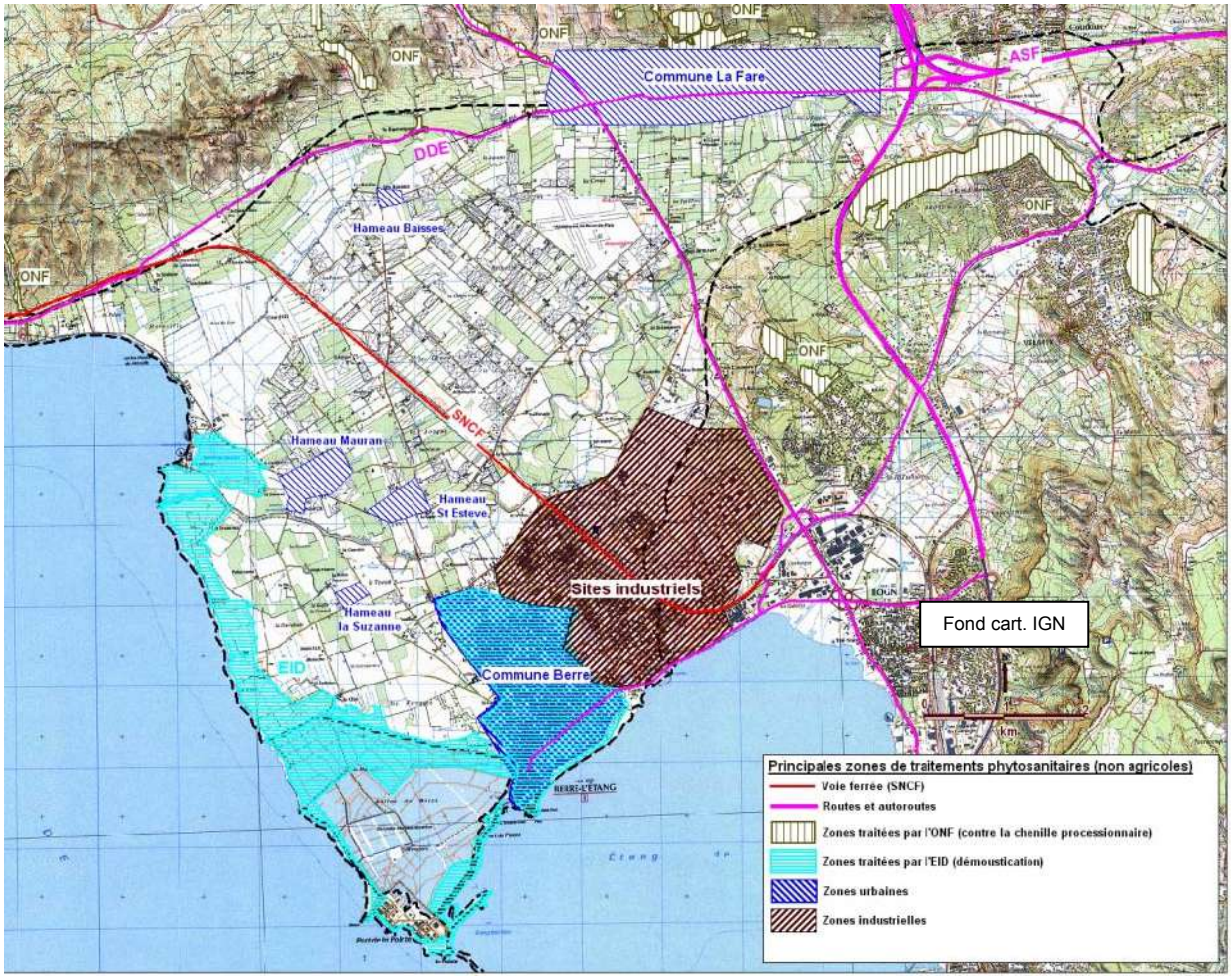


Illustration 48 : Localisation des traitements phytosanitaires en ZNA (d'après l'enquête BRGM)

Les principaux **types de traitement** en ZNA sont :

- Désherbants (prépondérant) : voies de transport (DDE, SNCF, communes, sites industriels…), dépôts de liquide inflammable (sites industriels) ;
- Fongicides, insecticides (mineur) : espaces verts (Communes…), lutte contre les nuisibles (EID[13], ONF).

Parmi les **substances utilisées**, on note en particulier :

- Désherbants : Glyphosate (prépondérant), Aminotriazole, Diuron…
- Fongicides : Sulfate de Cuivre, Myclobutanil ;

[13] EID : Entente Inter départementale pour la Démoustification

- Insecticides : Bacillus thuringiensis (origine naturelle[14]), Deltaméthrine…

Par ailleurs, on note pour la zone industrielle l'utilisation passée des molécules suivantes (herbicides) : Ethidimuron, Bromacil, Hexazinone.

- **Synthèse**

Les résultats de l'enquête permettent de mettre en évidence les produits phytosanitaires utilisés par les principaux organismes sur la plaine de Berre. Toutefois, les usages par les particuliers ne peuvent être quantifiés.

Par ailleurs, les substances qui étaient utilisées par le passé n'ont pas toujours été renseignées. Les résultats de l'enquête sont sans doute partiels sur ce point.

D'une manière générale, on retiendra que les **produits utilisés en ZNA[15]** sont majoritairement des **herbicides** (désherbants).

Parmi les organismes enquêtés, on note en particulier l'usage des molécules de Diuron (DDE, site industriel), et d'Ethidimuron (site industriel), lesquelles sont détectées dans les eaux souterraines (*cf. paragraphe 5.3*). Selon les données bibliographiques, ces molécules ont également pu être appliquées sur la voie ferrée. Un usage en zone urbaine est également possible.

5.4.3. Résultats d'analyses d'eau, par campagne (avril, août, novembre)

Le tableau présenté par l'Illustration 49 indique les produits phytosanitaires détectés dans les eaux souterraines.

Les molécules dont les teneurs sont inférieures aux seuils de détection ne sont pas indiquées. Les points sont localisés sur la carte en *annexe 10*.

[14] Il ne s'agit pas d'un produit chimique mais d'une préparation insecticide biologique à base de bactéries
[15] ZNA : Zone Non Agricole

Num	Description lieu-dit	Date analyse	Anthraquinone (µg/l)	Atrazine (µg/l)	Atrazine deséthyl (µg/l)	Atrazine déisopropyl (µg/l)	Bromacil (µg/l)	Diuron (µg/l)	Ethidimuron (µg/l)	Furalaxyl (µg/l)	Hexazinone (µg/l)	Imidaclopride (µg/l)	Métalaxyle (µg/l)	Monuron (µg/l)	Nor flurazon desméthyl (µg/l)	Oxadixyl (µg/l)	Propoxur (µg/l)	Pyriméthanil (µg/l)	Simazine (µg/l)	Terbumétton (µg/l)	Terbutylazine (µg/l)	Terbutyl. deséthyl (µg/l)	Total
19	Les cigalons	11/04/06	<0,02	<0,02	<0,02	<0,1	<0,05	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,02	<0,02	<0,05	<0,02	<0,04	<0,04	<0,02	<0,02	<0,02	0,03	0,03
19	Les cigalons	01/08/06	<0,02	<0,02	<0,02	<0,1	0,06	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,02	<0,02	<0,05	<0,02	présence	<0,04	<0,02	<0,02	<0,02	0,05	0,11
19	Les cigalons	13/11/06	<0,02	<0,02	<0,02	<0,1	<0,05	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,02	<0,02	<0,05	<0,02	Présence	<0,04	<0,02	<0,02	<0,02	Présence	/
23	La Suzanne	11/04/06	<0,02	<0,02	<0,02	<0,1	<0,05	0,02	**0,22**	<0,05	<0,05	<0,05	<0,02	0,02	<0,05	0,03	<0,04	<0,04	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,29
23	La Suzanne	01/08/06	<0,02	<0,02	<0,02	<0,1	<0,05	0,02	**0,27**	<0,05	<0,05	<0,05	<0,02	présence	<0,05	<0,02	<0,04	<0,04	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,29
23	La Suzanne	13/11/06	<0,02	<0,02	<0,02	<0,1	<0,05	0,03	**0,17**	<0,05	<0,05	<0,05	<0,02	<0,02	<0,05	<0,02	<0,04	<0,04	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,2
25	La Bertranne	11/04/06	<0,02	<0,02	<0,02	<0,1	<0,05	<0,02	présence	<0,05	<0,05	<0,05	<0,02	0,02	<0,05	<0,02	<0,04	<0,04	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,02
25	La Bertranne	01/08/06	<0,02	<0,02	<0,02	<0,1	<0,05	présence	**0,16**	<0,05	présence	<0,05	<0,02	0,05	<0,05	<0,02	<0,04	<0,04	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,21
25	La Bertranne	13/11/06	Présence	<0,02	<0,02	<0,1	<0,05	Présence	**0,12**	<0,05	<0,05	<0,05	<0,02	0,04	<0,05	<0,02	<0,04	<0,04	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,16
47	St Estève	11/04/06	<0,02	<0,02	<0,02	<0,1	<0,05	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,03	<0,02	<0,05	**0,1**	<0,04	0,08	présence	<0,02	présence	0,02	0,23
47	St Estève	01/08/06	<0,02	<0,02	<0,02	<0,1	<0,05	<0,02	présence	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	<0,02	<0,05	0,04	<0,04	0,25	<0,02	<0,02	<0,02	présence	0,34
47	St Estève	13/11/06	<0,02	<0,02	<0,02	<0,1	<0,05	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,02	<0,02	<0,05	<0,02	<0,04	<0,04	<0,02	<0,02	<0,02	Présence	0,02
51G	Les grands lots	11/04/06	<0,02	<0,02	<0,02	<0,1	<0,05	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05	présence	0,05	<0,02	<0,05	<0,02	<0,04	<0,04	0,02	<0,02	0,03	0,05	0,15
51G	Les grands lots	01/08/06	<0,02	<0,02	<0,02	<0,1	<0,05	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05	présence	<0,02	<0,02	<0,05	<0,02	<0,04	<0,04	<0,02	<0,02	0,02	0,04	0,06
51G	Les grands lots	13/11/06	<0,02	<0,02	<0,02	<0,1	<0,05	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05	Présence	0,02	<0,02	<0,05	<0,02	<0,04	<0,04	<0,02	<0,02	Présence	0,03	0,05
61	Baïsses	11/04/06	<0,02	0,03	<0,02	<0,1	<0,05	<0,02	<0,05	<0,05	présence	<0,05	<0,02	<0,02	<0,05	<0,02	<0,04	<0,04	<0,02	<0,02	<0,02	0,05	0,08
61bis	Baïsses	01/08/06	<0,02	0,02	0,03	<0,1	<0,05	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,02	<0,02	<0,05	<0,02	<0,04	<0,04	<0,02	<0,02	<0,02	0,06	0,11
61bis	Baïsses	13/11/06	<0,02	0,02	0,02	<0,1	<0,05	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,02	<0,02	<0,05	<0,02	<0,04	<0,04	<0,02	<0,02	<0,02	0,05	0,09
78BB	Les Cravons	11/04/06	<0,02	<0,02	<0,02	<0,1	<0,05	présence	<0,05	<0,05	<0,05	présence	<0,02	<0,02	<0,05	**0,1**	<0,04	<0,04	présence	<0,02	0,03	0,03	0,16
78BB	Les Cravons	01/08/06	<0,02	<0,02	<0,02	<0,1	<0,05	<0,02	<0,05	présence	<0,05	**0,11**	**0,1**	<0,02	<0,05	0,09	<0,04	<0,04	présence	<0,02	0,04	0,07	0,41
78BB	Les Cravons	13/11/06	<0,02	<0,02	<0,02	<0,1	<0,05	Présence	<0,05	<0,05	<0,05	**0,1**	0,07	<0,02	0,06	0,04	<0,04	<0,04	Présence	Présence	0,04	0,07	0,38
PZ1	La Palustranne	11/04/06	<0,02	<0,02	<0,02	<0,1	<0,05	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,02	<0,02	<0,05	<0,02	<0,04	<0,04	<0,02	<0,02	<0,02	présence	/
PZ1	La Palustranne	13/11/06	<0,02	<0,02	<0,02	<0,1	<0,05	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,02	<0,02	<0,05	<0,02	<0,04	<0,04	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/
PZ2	Grande Bosque	11/04/06	<0,02	<0,02	<0,02	<0,1	<0,05	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05	présence	<0,02	<0,02	<0,05	0,02	<0,04	<0,04	<0,02	<0,02	<0,02	0,02	0,04
PZ2	Grande Bosque	01/08/06	<0,02	<0,02	présence	<0,1	<0,05	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05	présence	<0,02	<0,02	<0,05	<0,02	<0,04	<0,04	<0,02	<0,02	<0,02	0,04	0,04
PZ2	Grande Bosque	13/11/06	<0,02	<0,02	<0,02	<0,1	<0,05	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,02	<0,02	<0,05	<0,02	<0,04	<0,04	<0,02	<0,02	<0,02	0,04	0,04
PZ3	Les Craus	11/04/06	<0,02	<0,02	<0,02	<0,1	<0,05	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,02	<0,02	<0,05	<0,02	<0,04	<0,04	présence	<0,02	<0,02	0,04	0,04
PZ3	Les Craus	01/08/06	<0,02	<0,02	<0,02	<0,1	<0,05	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05	**0,2**	<0,02	<0,02	<0,05	<0,02	<0,04	<0,04	présence	<0,02	<0,02	0,07	0,27
PZ3	Les Craus	13/11/06	<0,02	<0,02	<0,02	<0,1	<0,05	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,02	<0,02	<0,05	<0,02	<0,04	<0,04	Présence	<0,02	<0,02	0,03	0,03
48	St Joseph	01/08/06	<0,02	<0,02	<0,02	présence	<0,05	<0,02	<0,05	<0,05	<0,05	**0,15**	**0,18**	<0,02	<0,05	**0,1**	<0,04	<0,04	0,02	<0,02	<0,02	0,02	0,47

**présence : paramètre détecté, mais teneur inférieure au seuil de quantification*

Illustration 49 : tableau de synthèse des pesticides détectés lors des analyses en 2006

Les **principales molécules détectées** sont :

- herbicides : Diuron, Ethidimuron, Terbutylazine et son métabolite[16] Terbutylazine désethyl ;
- fongicides : Métalaxyl, Oxadixyl ;
- insecticides : Imidaclopride.

La terbutylazine deséthyl est détectée sur la majorité des points (23 détections sur 30 recherches), sauf dans la partie aval, en rive gauche de l'Arc (points 23 et 25).

On note une légère évolution entre les 3 campagnes d'analyses : certaines teneurs semblent plus élevées au mois d'août : notamment l'Ethidimuron, l'Imidaclopride, et le Métalaxyl. Toutefois, compte tenu des incertitudes d'analyses, il est difficile d'en conclure une augmentation ou une baisse, entre les 3 campagnes d'analyses, pour la majorité des molécules analysées.

Les résultats indiquent la détection d'un grand nombre de molécules différentes (jusqu'à 9 pesticides) pour certains points de mesure. C'est le cas des points 23, 47, 48, et 78B (*illlustration 50*).

La majeure partie des substances détectées présente des teneurs à peine supérieures aux seuils de détection des analyses.

Certaines concentrations sont toutefois **supérieures aux seuils de potabilité** (0,1 $\mu g.l^{-1}$) :

- Ethidimuron : au point 23, en rive gauche de l'Arc, dans la partie aval de la plaine ;
- Imidaclopride : aux points 48, PZ3 et 78B, en rive droite de l'Arc.
- Metalaxyl et Oxadixyl : aux points 47, 48 et 78B, en rive droite de l'Arc.

Pour ces 4 molécules, les concentrations maximales sont supérieures aux seuils de quantification d'un facteur 4 à 5.

Pour les autres molécules, les teneurs mesurées sont à peine supérieures aux seuils de quantification. Parfois, la « présence » des molécules a été mise en évidence sans pouvoir être quantifiée.

On constate enfin que la somme des pesticides quantifiés reste inférieure au seuil de 0,5 $\mu g.l^{-1}$ pour toutes les molécules et pour chacune des 3 campagnes.
Les points 78B (0,41 $\mu g.l^{-1}$) et 48 (0,46 $\mu g.l^{-1}$) présentent toutefois des valeurs très proches de ce seuil pour le mois d'août 2006.

[16] Produit de dégradation

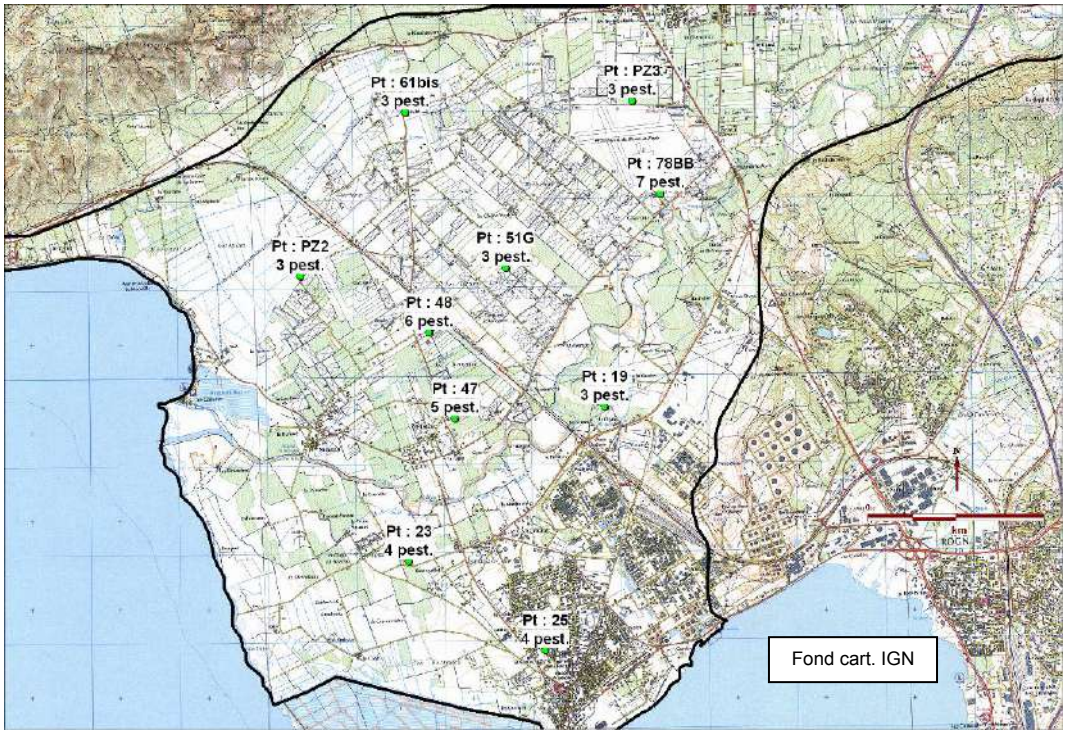


Illustration 50 : Carte des points de mesure de pesticides – nombre de molécules détectées (août 2006)

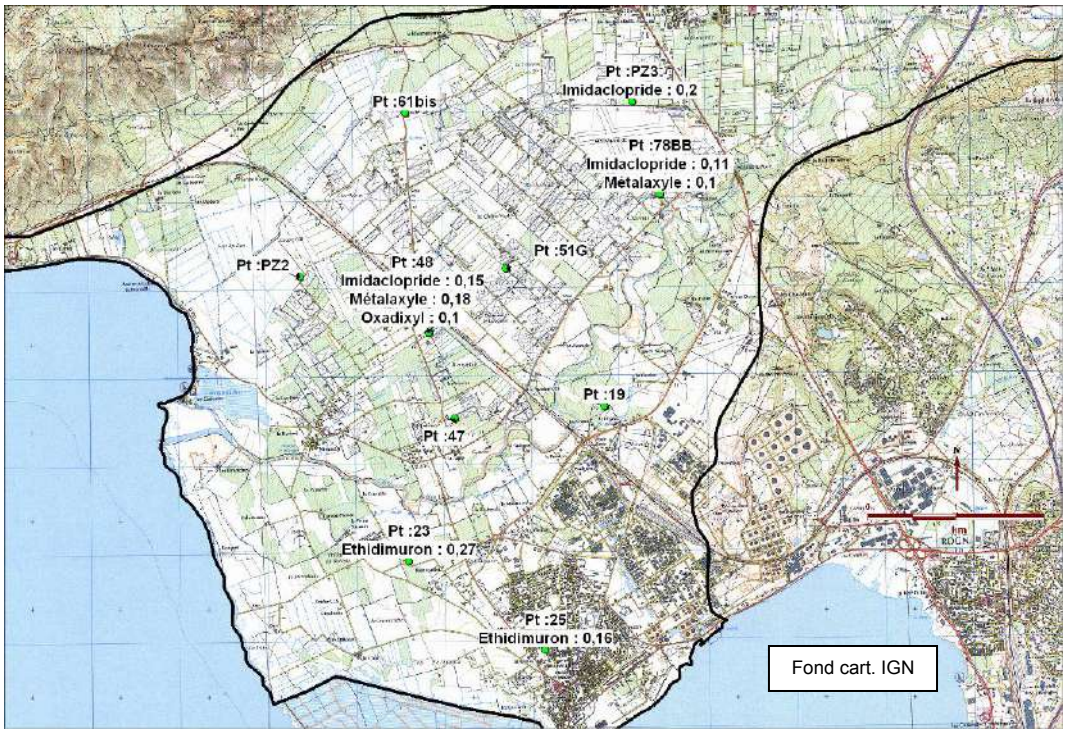


Illustration 51 : Carte des points de mesures de pesticides – teneurs (en µg/l) > seuil de potabilité (août 2006)

5.4.4. Informations sur la nature et l'origine des pesticides détectés

Les pesticides peuvent être utilisés en ZA (Zone Agricole) ou en ZNA (Zone Non agricole).

L'usage agricole correspond à environ 90 % des quantités de pesticides utilisées chaque année en France (cf. *paragraphe 5.4.2*).

Afin de connaître l'origine des pesticides détectés dans la nappe souterraine, il s'agit de connaître dans quel type d'usage les produits sont utilisés.

Nous avons donc établi une **liste synthétique** (*Illustration 52*) des principales caractéristiques des **molécules détectées** dans les eaux souterraines, leurs usages, s'ils sont autorisés ou non, et des informations sur leurs caractéristiques chimiques (temps de demi-vie, solubilité…).

Cette liste a été établie par le BRGM, en collaboration avec la Fredon Paca, sur la base de données bibliographiques, ainsi que des échanges avec la chambre d'agriculture des Bouches-du-Rhône.

Enfin, les données de caractéristiques chimiques sont issues de la base de données établie dans le cadre du projet européen footprint (http://www.eu-footprint.org/fr/), projet coordonné par le BRGM, pour l'évaluation et la réduction du risque pesticides.

Remarques :

- Attention : les **valeurs de temps de demi-vie et de coefficients d'adsorption** dans les sols (*Illustration 52*) sont données **à titre indicatif**. Elles sont assorties d'incertitudes élevées. Les valeurs peuvent varier significativement selon le contexte climatique et pédologique notamment.
- Il est important de noter ici que les caractéristiques chimiques sont issues d'une compilation (moyenne) des données bibliographiques disponibles. Certains paramètres ne sont pas connus. L'Ethidimuron par exemple n'est pas répertorié, on ne dispose donc pas d'informations concernant cette molécule.

Certaines molécules peuvent constituer des « molécules traceurs » lorsqu'elles sont représentatives d'un usage spécifique, bien identifié : c'est le cas de l'Ethidimuron, par exemple, qui était utilisé en ZNA.

Pour d'autres pesticides, ils peuvent être utilisés pour différents usages, différentes activités agricoles : c'est le cas du Métalaxyle et de l'Oxadixyl, qui ont pu être utilisés en maraîchage et en viticulture.

En 2003 et en 2004, de nombreux produits phytosanitaires ont été retirés de la liste des produits autorisés par le ministère de l'agriculture.

Par conséquent, d'importantes modifications des pratiques phytosanitaires ont eu lieu depuis.

Matière active	N° CAS	Métabolites	Action	Utilisation*	Koc - constante sorption (ml/g)	DT50** sol typique (en jours)	Gus*** (Gustafon Ubiquity Score)	Solubilité dans l'eau à 20 °C ($mg.l^{-1}$)	DT50 hydrolyse neutre à 20°C (en j)	Produits retirés / date limite d'autorisation*
Anthraquinone	84-65-1		Fongicide/ corvifuge	grandes cultures : blé, maïs… (traitement semences)	3215	8	0,45	0,084	/	/
Atrazine	1912-24-9	A. déséthyl A. déisopropyl	Herbicide	grandes cultures : maïs sorgho, ZNA	100	75	3,75	35	86	ZA : 30/09/2003 ZNA : 1997
Bromacil	314-40-9		Herbicide	désherbage lavande, arboriculture désherbant des zones non cultivées en association avec le diuron, l'aminotriazole, le 2,4-D, le glyphosate, l'hexazinone	32	60	4,44	815	Persistant	31/12/03 : qq usages conservés (lavandes)
Diuron	330-54-1		Herbicide	agricole : viticulture, arboriculture, grandes cultures (luzerne) désherbant ZNA	1067	75,5	1,83	35,6	Persistant	2002 : réduction de dose 2003 : interdit seul
Ethidimuron	30043-49-3		Herbicide	désherbant ZNA utilisé en association avec le diuron et l'aminotriazole	/	/	/	/	/	31/12/2003
Furalaxyl	57646-30-7		Fongicide	cultures florales, arbres et arbustes d'ornement (traitement des sols)	/	48	/	230	200	31/12/2003
Hexazinone	51235-04-2		Herbicide	forêt dégagement désherbage : lavande, luzerne, plantes aromatiques	54	105	4,58	33000	56	31/12/2003 : qqs usages conserv. (indiqués ci-contre)
Imidaclopride	138261-41-3		Insecticide	grandes cultures, arboriculture, matériels, locaux, plantes d'intérieur, rosiers, maraîchage (non autorisé) a été autorisé sur melon jusqu'en 2004	189	191	3,93	510	355	2004 : retrait du Confidor (pommiers, poiriers melon) 2004 : retrait Gaucho (traitement semences maïs)
Métalaxyl (mefenoxam)	57837-19-1		Fongicide	maraîchage, viticulture, grandes cultures (Maïs, betterave, pois)	165	42	2,89	7100	106	02/11/2004, sauf mefenoxam
Métolachlore	51218-45-2		Herbicide	grandes cultures : maïs soja tournesol	200	20	2,21	530	/	31/12/2003
Monuron	150-68-5		Herbicide	maïs	150	170	4,07	230	/	non autorisé en France
Norflurazon	27314-13-2	**Norflurazon desméthyl**	Herbicide	viticulture, arboriculture	700	90	2,26	34	/	31/12/2003
Oxadixyl	77732-09-3		Fongicide	Maraîchage, viticulture	12	75	5,48	3400	/	31/12/2003
Propoxur	114-26-1		Insecticide		30	79	4,79	1800	180	non autorisé en France
Pyriméthanil	53112-28-0		Fongicide	Maraîchage : tomates, salade, (vigne, arbo, cult. florales)	301	55	2,65	121	Persistant	/
Simazine	122-34-9		Herbicide	arboriculture, viticulture	130	90	3,69	5	96	ZA : 30/09/2003
Terbuméton	33693-04-8		Herbicide	viticulture	295	300	3,79	130	/	02/04/1998
Terbuthylazine	5915-41-3	Terbuthylazine déséthyl	Herbicide	arboriculture, viticulture, désherbage des zones non cultivées	220	45	2,74	8,5	/	30/06/2004

*Sources d'informations diverses : Fredon PACA, Chambre d'agriculture dpt 13, bibliographie (Index phytosanitaire ACTA 2007), site européen Footprint (données sur les caractéristiques des molécules)
**DT50 : temps de demi-vie
***GUS : fonction du temps de demi-vie dans les sols (DT50 sol), et du coefficient d'adsorption (Koc) : GUS>2,8 --> potentialité élevée pour la molécule d'atteindre la nappe / GUS<1,8 --> potentialité faible

Illustration 52 : Principales caractéristiques des pesticides détectés dans les eaux souterraines

5.4.5. Interprétation des résultats d'analyses par secteur géographique, par substance

L'objectif de la **présentation des résultats par secteur** est de dégager **les principales problématiques,** les substances mises en cause, et de tenter d'évaluer l'origine de ces substances selon l'occupation des sols, et la nature des substances : herbicides, fongicides, insecticides…spécifiques ou non d'un usage agricole ou non agricole.

La prise en compte du sens d'écoulement de la nappe permet d'appréhender le transfert des pesticides via les eaux souterraines. Par contre, l'évaluation des vitesses de transfert (vitesse moyenne estimée à ~ 1,5 à 2 km/an) est délicate compte tenu de la complexité des différents compartiments (sol - zone non saturée – nappe).

C'est pourquoi l'appréciation de la répartition des pesticides, et la mise en évidence de leur origine, ne peuvent se faire à une échelle trop précise. L'interprétation des résultats d'analyses est donc menée avec précaution.

Nous pouvons constater par ailleurs qu'il est difficile de mettre en relation les périodes d'application des pesticides (printemps en ZNA, printemps – été en ZA), et les variations des teneurs en pesticides au sein de la nappe. En effet, les variations de teneurs sont faibles entre les mois d'avril, d'août et de novembre.

Cela pourrait s'expliquer par un « effet tampon » des différents compartiments : sol – zone non saturée – nappe souterraine (la nappe alluviale de Berre est pourtant peu profonde et le sol très caillouteux), contrairement à ce que l'on peut observer sur des eaux superficielles.

a) Secteur rive gauche – secteur Berre et la Suzanne

Ce secteur se trouve en position aval dans la plaine, sous influence de la zone urbaine de Berre l'étang, en rive gauche de l'Arc.

D'une manière générale, la nappe s'écoule selon une direction NE-SW (*cf. illustrations 6 et 7*).

Les points se trouvant dans ce secteur sont : Points 23, 25, et PZ1 (*cf. annexe 10*).

Matière active	Usages / Réglementation	Analyses BRGM 2006	Evolution au cours des dernières années	Impact / origine de la molécule
Ethi-dimuron	Herbicide Usage en ZNA[17] Interdit au 31/12/2003	Pts 23 et 25 Teneur variant peu au cours de l'année (un peu + en été) Teneur > 0,1 µg.l^{-1}	Données sur 5 ans (pt 23) Concentrations nettement inférieures depuis 2003	Substance détectée presque uniquement au pt 23, + au pt 105, et pt 25 (*Ipseau, 2001*) → origine probable : zones urbaines et/ou industrielles : désherbage de chaussées
Diuron	Herbicide Usage en ZNA (ou ZA[18]) Substance autorisée	Pts 23 et 25 Teneur varie peu au cours de l'année Teneur < 0,1 µg.l^{-1}	Données sur 5 ans (pt 23) Concentration la plus élevée en 2001, puis valeurs + faibles les années suivantes	Substance détectée surtout au pt 23 + en position aval de la commune de la Fare (*Ipseau, 2001*) → origine probable : surtout zones urbaines et/ou industrielles : désherbage de chaussées
Monuron	Herbicide Non autorisé en France	Pts 23 et 25 Teneur la + élevée en aout (0,05 µg.l^{-1})	Données sur 5 ans (pt 23) Présence à partir de 2003, à l'état de traces (0,02 µg.l^{-1}) Remarque : absence de Monuron en 2001 (*Ipseau*)	Substance détectée aux points 23 et 25 → origine probable : zones urbaines et/ou industrielles : désherbage de chaussées
Oxadixyl	Fongicide Usage en ZA (vignes, serres) Interdit au 31/12/2003	Pt 23 Détecté uniquement en avril (0,03 µg.l^{-1})	Données sur 5 ans (pt 23) Concentration la plus élevée en 2001 (0,13 µg.l^{-1})	Substance détectée 1 fois, au point 23 → origine probable : pourrait être liée à une légère influence de ZA (vigne, serres)

Illustration 53 : tableau récapitulatif des principaux résultats d'analyses de pesticides, par substance – secteur de la Suzanne

Les principaux axes d'interprétation sont :

- les principaux impacts concernent le secteur de la Suzanne (point 23). Plus en aval les pesticides ne sont pas détectés (PZ1). Cela peut s'expliquer par des phénomènes de dilution/dispersion compte tenu de l'éloignement entre les 2 points (> 1 km) ;
- la tendance générale indique des valeurs plus faibles des substances détectées en 2006 par rapport à 2001 : Ethidimuron, mais également Diuron (*Illustration 54*) ;

[17] ZNA : Zone Non Agricole
[18] ZA : Zone Agricole

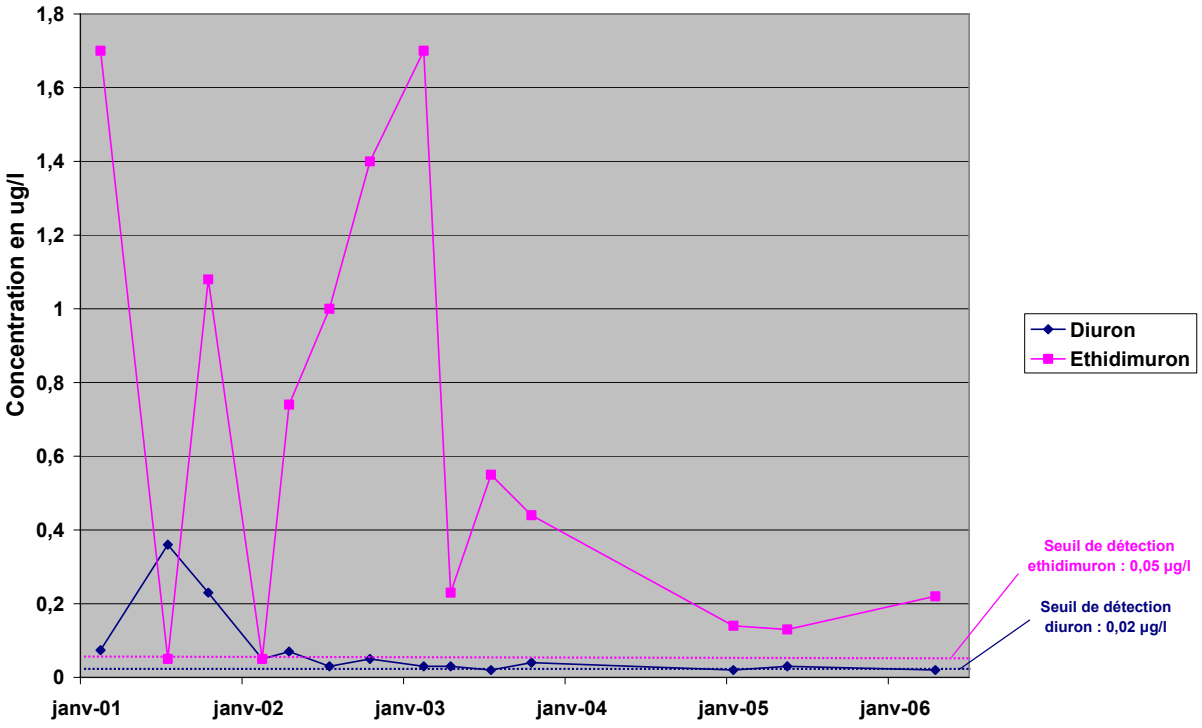


Illustration 54 : évolution des teneurs en éthidimuron et diuron entre 2001 et 2006

- l'impact principal est lié à l'Ethidimuron (herbicide), qui n'est pas utilisé dans le milieu agricole. Or, compte tenu du sens d'écoulement de la nappe, les points 23 et 25 se trouvent sous influence de la zone urbaine/industrielle de Berre l'étang, ce qui pourrait indiquer un usage de l'Ethidimuron pour le désherbage des chaussées ;
- toutefois, l'usage de l'Ethidimuron est interdit depuis décembre 2003, ce qui peut expliquer des valeurs plus faibles depuis. Le fait que cette molécule soit toujours présente peut s'expliquer par des phénomènes de rémanence dans les sols, ou par des usages illicites.

b) Secteur rive gauche – la Cigale

Ce secteur se trouve en position amont de la zone urbaine de Berre l'étang, en rive gauche de l'Arc.

D'une manière générale, la nappe s'écoule selon une direction N-S (*Illustration 6 et Illustration 7*).

Le seul point se trouvant dans ce secteur (analyses 2006) est le point 19.

Matière active	Usages / Réglementation	Analyses BRGM 2006	Evolution au cours des dernières années	Impact / origine de la molécule
Terbutylazine désethyl **(métabolite de Terbutylazine)**	Produit de dégradation d'un herbicide Usage en ZA (vigne) Interdit le 01/07/2004	Détecté systématiquement Teneur la + élevée en aout (0,05 µg.l^{-1})	Peu de données dans ce secteur Uniquement analyses en 2001 : substance détectée sur 2 à 3 points du secteur (0,08 µg.l^{-1})	Point situé à proximité de vignes et de grandes cultures → Origine probable : vigne
Propoxur	Insecticide Usage en ZNA Non autorisé en France	Traces détectées en aout et novembre Teneur < seuil quantification	Peu de données dans ce secteur Uniquement analyses en 2001 : aucune trace détectée sur l'ensemble de la plaine	C'est le seul endroit où cette molécule est détectée Origine ZNA ?

Illustration 55 : tableau récapitulatif des principaux résultats d'analyses de pesticides, par substance – secteur de la Suzanne

Les principaux axes d'interprétation sont :

- faible contamination par les produits phytosanitaires, seules 2 à 3 substances différentes sont détectées (au cours des dernières années), et à des teneurs < 0,1 µg.l^{-1} ;
- on note essentiellement la présence de Terbutylazine désethyl, le métabolite de la Terbutylazine, qui vient probablement d'un usage en viticulture.

c) Secteur central de la plaine – rive droite de l'Arc

Ce secteur correspond à l'ensemble de la zone comprise entre la N113 (amont) et le hameau de Mauran (aval), en rive droite de l'Arc.

On peut considérer que ce secteur est assez homogène en termes d'occupation des sols, avec la présence de serres agricoles (cultures légumières essentiellement), de vignes, d'oliviers, et de quelques parcelles en grandes cultures (blé dur).

D'une manière générale, la nappe s'écoule selon une direction NE-SW (*Illustration 6 et Illustration 7*).

Les points se trouvant dans ce secteur sont : Points PZ3, 78B, 61, 51, PZ2, 47.

Matière active	Usages / Réglementation	Analyses BRGM 2006	Evolution au cours des dernières années	Impact / origine de la molécule
Imidaclopride	Insecticide Usage en ZA Substance autorisée pour certains usages (arbo., grandes cultures)	Détecté en avril (2 pts), en aout (5 pts), et en nov. (3 pts) Teneur la + élevée en aout : 0,2 µg.l^{-1} en PZ3	Peu de données, jamais détecté au forage des Cravons* (2001 – 2006) En 2001(Ipseau), détecté en plusieurs points, teneur la + élevée au centre plaine : 0,58 µg.l^{-1} au pt 47. Non détecté en amont RN 113	Secteur le + impacté : secteur serres (78, PZ3) et vigne (PZ3) Peu de données, mais concentration semble baisser entre 2001 et 2006 Origine non connue
Métalaxyl **(Analogue : Mefenoxam)**	Fongicide Usage en ZA (maraîchage, vigne, grandes cultures) Interdit en 2004 (sauf analogue mefenoxam)	Détecté en avril (2 pts), en aout (3 pts), et en nov. (3 pts) Teneur la + élevée en aout : 0,18 µg.l^{-1} au pt 48	Peu de données, jamais détecté au forage des Cravons (2001 – 2006) En 2001 (*Ipseau*), détecté en plusieurs points de la plaine. Teneur la + élevée au pt 47 : 0,58 µg/l. Non détecté en amont de la N113	Impact localisé sur la plaine – zone centrale Peu de recul, mais concentration semble baisser entre 2001 et 2006 → Origine probable : mefenoxam utilisé pour cultures sous serres (tomates, melon).
Oxadixyl	Fongicide Usage en ZA (maraîchage, vigne) Interdit au 31/12/2003	Détecté surtout en avril et en aout Teneurs les + élevées en avril et en aout : 0,1 µg.l^{-1}l (pts 47, 78B, 48)	Peu de données, jamais détecté au forage des Cravons (2001 – 2006) En 2001 (Ipseau), détecté en plusieurs points de la plaine. Teneur la + élevée au pt 78B : 0,7 µg.l^{-1}. Non détecté en amont de la N113	Impact localisé sur la plaine – zone centrale Peu de recul, mais concentration semble baisser entre 2001 et 2006 → Origine probable : serres (et vigne)
Terbutylazine désethyl **(métabolite de Terbutylazine)**	Herbicide Usage en ZA (vigne) Interdit au 01/07/2004	Détecté à tous les points Peu de variations entre avril, aout et novembre Teneur la + élevée : 0,07 µg.l^{-1}l	Détecté au forage Cravons en 2001 et 2005 (<0,1 µg.l^{-1}) En 2001, présence détectée à de nombreux points (toujours < 0,1 µg/l), également en amont de la N113	Présence généralisée, sur l'ensemble de la rive droite, y compris plus en amont - secteur de la Fare Peu de recul, mais teneurs semblent stables depuis 2001 → Origine probable : vigne
Simazine	Herbicide Usage en ZA (Vigne) Interdit depuis le 01/10/2003	Traces détectées en avril (4 pts), aout (3 pts) et nov. (2 pts) Teneur < seuil quantification	Forage des Cravons : simazine détectée 1 fois en nov. 2001 (0,08 µg.l^{-1}) En 2001(Ipseau), bien présent en rive droite – secteur central, y compris en amont N113. Teneur toujours < 0,1 µg.l^{-1}	Impact modéré, détection de traces uniquement

* Forage des Cravons : suivi régional (données 2001-2006), mais peu représentatif des problèmes de pesticides du centre de la plaine

Illustration 56 : tableau récapitulatif des principaux résultats d'analyses de pesticides, par substance – secteur central de la plaine

Les principaux axes d'interprétation sont :

- le forage des Cravons, sur lequel est réalisé un suivi qualitatif régional, n'est pas représentatif des pesticides détectés sur le centre de la plaine car il n'y pas de contamination par les pesticides, contrairement aux autres points, plus centraux. Il est peut-être trop excentré ;

- certains points de mesure montrent la présence d'un grand nombre de pesticides :
  - Point 78B : 6 pesticides en avril, 7 en aout et 9 en novembre ;
  - Point 48 : 6 pesticides détectés en aout.
- on dispose de peu de recul par rapport aux années antérieures. Toutefois, il semble que les teneurs en pesticides sont nettement plus faibles en 2006. D'une manière générale, les teneurs restent modérées, et dépassent rarement le seuil de la norme eau potable (0,1 $\mu g.l^{-1}$) ;
- la présence d'**Imidaclopride** (insecticide) est détectée à des teneurs assez élevées, mais inférieures à celles de 2001. L'usage est autorisé en grandes cultures et en arboriculture. Compte tenu des faibles surfaces de ce type de culture sur le centre de la plaine, les teneurs en Imidaclopride s'expliquent difficilement. L'origine de cette molécule ne peut être déterminée sur la base des informations à notre disposition. On peut se poser la question d'un usage illicite sur d'autres cultures, notamment sur les cultures de tomates hors-sol (information orale d'un exploitant de la plaine) ;
- la détection de **fongicides (Métalaxyl, Oxadixyl)** est mise en évidence sur le centre de la plaine (non détectés en amont de la N113). L'usage de l'Oxadixyl étant interdit depuis fin 2003 (serres, vigne), sa présence peut être liée à une rémanence dans les sols.

  Le Métalaxyl est encore autorisé sous sa forme Mefenoxam en cultures sous serres (tomates, melon). Sa présence dans les eaux souterraines à des teneurs assez élevées (jusque 0,18 $\mu g.l^{-1}$) pourrait être liée à cet usage.
- Le **Terbutylazine désethyl** est le produit de dégradation de la Terbutylazine. Cette molécule était utilisée comme désherbant pour la vigne. Elle est interdite depuis 2004. Or, elle est retrouvée sur la majeure partie des points de prélèvement, à des teneurs assez stables entre 2001 et 2006, et d'un point à l'autre.
- Ponctuellement, certaines molécules ont été détectées de manière ponctuelle en 2006 : herbicides (Diuron, Ethidimuron), fongicides (Furalaxyl, Pyriméthanil)…
  - le pyriméthanil a été détecté à une concentration de 0,25 $\mu g.l^{-1}$, au point 47 (secteur de St Estève), et indique vraisemblablement un usage sous serres (tomates, salade) ;
  - le norflurazon desméthyl, pourtant interdit depuis fin 2003, est détecté ponctuellement au point 78B, en août 2006 (0,06 $\mu g.l^{-1}$) et indique probablement une application en viticulture en tant qu'herbicide.

5.4.6. Autres données d'analyses : analyses antérieures de la nappe, analyses de l'Arc

Les données d'analyses antérieures de pesticides, réalisées sur la plaine de Berre, sont détaillées en *annexe 11*.

a) Analyses réalisées en février 2001 (IPSEAU, 2001)

Les principales substances détectées dans les eaux de la nappe sont :

- secteur central de la plaine, en rive droite de l'Arc : Imidaclopride (insecticide), Furalaxyl, Métalaxyl et Oxadixyl (fongicides) ;
- secteur aval, en rive gauche de l'Arc : Ethidimuron (herbicide)

Ces substances avaient été détectées en plusieurs points de prélèvement, et à des teneurs pouvant dépasser nettement le seuil de 0,1 $\mu g.l^{-1}$.

Localement, d'autres molécules avaient été décelées : Bromacil, Norflurazon (herbicides)… et la Terbutylazine désethyl détectée sur la majeure partie des points de prélèvement, sauf dans le secteur aval, en rive gauche de l'Arc (la Suzanne).

Certaines molécules détectées en 2001, ne sont plus détectées en 2006, notamment le lindane et le chlorphenvinphos.

b) Suivi régional de la nappe (2001-2006)

Le suivi analytique des pesticides est réalisé sur 2 points de prélèvement : forages des Cravons, et le puits de la Suzanne (23).

Le **forage des Cravons** se trouve en rive droite, à proximité de l'Arc.

Les principaux résultats du suivi analytique indiquent :

- la présence régulière de Terbutylazine et de son métabolite (2001, 2003, 2005) ;
- la présence ponctuelle de Diuron (juin et septembre 2003), et de Métolachlore (mai et juillet 2005) ;
- la présence d'Atrazine et de Simazine en 2001, non détectée les années suivantes ;
- la présence de Glyphosate détectée en 2006, un apport par l'Arc est suspecté compte tenu de la position du forage des Cravons (proximité de l'Arc) ;
- l'absence des autres molécules pourtant détectées à des teneurs élevées au centre de la plaine en 2001 : Imidaclopride, Furalaxyl, Métalaxyl et Oxadixyl.

Le **puits de la Suzanne** (23), situé en position aval, en rive gauche de l'Arc.

Les principaux résultats indiquent :

- la présence récurrente d'Ethidimuron, à des teneurs élevées en 2001-2002 (> 1 $\mu g.l^{-1}$), puis à des teneurs plus modérées en 2005, 2006 (*Illustration 54*) ;
- la présence récurrente de Diuron et d'Oxadixyl, à des teneurs supérieures à 0,1 $\mu g.l^{-1}$ en 2001, puis à des teneurs nettement plus faibles ;
- la présence d'Atrazine et de Simazine en 2001 (voire 2002), non détectée dans les années suivantes.

c) Suivi des eaux de l'Arc (1998 – 2006)

Un suivi régulier des pesticides dans les eaux de l'Arc est effectué par l'Agence de l'Eau RMC au pont de Mauran, en position aval de la plaine, avant l'exutoire vers l'étang de Berre.

Ce suivi porte sur plus de 300 paramètres. Les résultats sont présentés en *annexe 11*.

Dans le bassin versant de l'Arc, d'autres points font l'objet d'un suivi analytique des pesticides, mais uniquement sur les sédiments.

Les principaux résultats de ces suivis analytiques indiquent :

- les **analyses sur sédiments** ne présentent pas de dépassement des seuils de détection, en dehors de la présence d'un fongicide, le Bifénox à Aix (St Pons) et à Berre (Mauran) , ainsi que du DDT (insecticide) à Rousset.
- les analyses des pesticides dans l'eau de l'Arc à Berre (Mauran) indiquent :
  - la présence de pesticides et de produits de dégradation différents de ceux détectés dans la nappe : Aminotriazole (1,3 $\mu g.l^{-1}$ en juillet 2002 ; 0,1 $\mu g.l^{-1}$ en nov. 2006), Glyphosate (0,31 $\mu g.l^{-1}$ en oct. 2002, 0,26 $\mu g.l^{-1}$ en juillet 2006), AMPA (détecté systématiquement, jusque 1,4 $\mu g.l^{-1}$ en juill. 2006). Ces pesticides sont probablement issus d'un usage en ZNA (désherbage), et peuvent être issus de l'ensemble du bassin versant de l'Arc (agglomération d'Aix…) ;
  - quelques traces de pesticides également détectés dans la nappe : Diuron (souvent détecté, jusque 0,1 $\mu g.l^{-1}$ en juill. 2006), Terbutylazine (peu détectée, à noter : 0,03 $\mu g.l^{-1}$ en mars 2006) ;
  - la majorité des pesticides, qui présentent des teneurs élevés dans la nappe (Imidaclopride, Metalaxyl, Oxadixyl, Ethidimuron, Monuron), ne sont pas détectés dans l'Arc, lequel draine pourtant les eaux de la nappe.

→ Il semble que les transferts de pesticides entre l'Arc et la nappe soient difficilement détectables. La raison est probablement due au fait que les substances détectées à des teneurs significatives au sein de la nappe sont largement diluées lorsqu'elles arrivent dans l'Arc, c'est pourquoi elles ne sont pas détectées au pont de Mauran. Par ailleurs, les molécules de Diuron et de Terbutylazine détectées au pont de Mauran sont peut-être issues du bassin versant de l'Arc, en amont d'Aix (vignes du secteur de Pourrières : teneurs Terbutylazine > 1 $\mu g.l^{-1}$ en avril 2003 (CORPEP Paca, 2005)).

→ Les apports de Terbutylazine de l'Arc vers la nappe semblent toutefois négligeables car les valeurs mesurées dans l'Arc (*cf. annexe 11*) sont inférieures à celles mesurées au sein de la nappe.

5.4.7. Synthèse des analyses de pesticides

Compte tenu du grand nombre de molécules de pesticides, des différents usages (agricoles ou non) possibles pour certaines molécules, de la complexité des phénomènes de transfert depuis le sol vers les eaux souterraines, la compréhension de la « problématique pesticides » est délicate.

Nous avons vu dans les paragraphes précédents les principaux résultats de la campagne d'analyses réalisée par le BRGM en 2006, et la mise en perspective par rapport aux données d'analyses antérieures.
Nous présentons ici une **synthèse des données** sur les pesticides.

L'étude réalisée en 2001 pour la DIREN (Ipseau, 2001) présentait les conclusions suivantes :

- pollution majeure de la plaine par les pesticides, lesquels proviendraient essentiellement de l'usage de fongicides et d'insecticides en cultures maraîchères (cultures sous serres).
- la nécessité de mener des analyses complémentaires afin d'évaluer s'il s'agit d'une pollution ponctuelle, ou d'un « bruit de fond »

La synthèse régionale du CORPEP (CORPEP PACA, 2005), basée sur les 2 points de suivi régional, et sur l'étude menée en 2001, indique :

- une influence prépondérante du maraîchage : Oxadixyl, Metalaxyl, et Imidaclopride (« usage illicite » supposé pour l'imidaclopride dans les serres en cultures maraîchères) ;
- des usages non agricoles pour : atrazine (et son métabolite) et Diuron.

Les <u>résultats de la campagne d'analyses menée par le BRGM en 2006</u> permettent d'apporter de nouveaux éléments à cet état des lieux :

- les molécules détectées en 2006 sont à peu près les mêmes que par le passé, et certains points présentent un **grand nombre de molécules différentes** (jusqu'à 9 pesticides détectés au centre de la plaine) ;
- par ailleurs, les concentrations restent modérées, même si 4 molécules présentent des dépassements de la limite de potabilité : Ethidimuron, Metalaxyl, Oxadixyl, Imidaclopride ;
- d'une manière générale, les teneurs en pesticides sont plus faibles en 2006 par rapport à 2001, ce qui peut être lié à une interdiction d'utilisation en 2003-2004. Cela mériterait d'être confirmé dans les années à venir ;
- le problème de l'**Ethidimuron** (herbicide) demeure, malgré une baisse significative au cours des dernières années. Il est localisé en rive gauche de l'Arc, en aval de Berre l'étang et semble lié à un usage non agricole, sans pouvoir mieux préciser son origine ;
- la présence de fongicides (**Metalaxyl** et **Oxadixyl**) est encore détectée, malgré des teneurs plus faibles depuis quelques années. Leur origine est probablement

liée à un usage (actuel ou passé) en cultures maraîchères : le metalaxyl est encore autorisé par le biais de son isomère[19] le Mefenoxam (tomates, melon). Par ailleurs, un usage (passé) pour la vigne n'est pas exclu ;

- l'**Imidaclopride** (insecticide) est encore détecté à des teneurs significatives, mais son origine n'est pas connue. En effet, les seuls usages autorisés (grandes cultures, arboriculture) n'expliquent pas les concentrations mesurées au sein de la nappe. Un « usage illicite » était évoqué en 2005 (Corpep), il n'est pas possible de trancher sur ce point ;
- la **Terbutylazine** (herbicide) est toujours présente (via son métabolite) et de manière très homogène, il est détecté sur la quasi-totalité des points. Il est vraisemblablement associé à un usage passé en viticulture. Un usage actuel illicite est également possible selon les services du SRPV (Service Régional de Protection des Végétaux)

La détermination de l'origine des pesticides est délicate selon les molécules.

L'Ethidimuron par exemple, est clairement lié à un usage en ZNA, et non en cultures maraîchères.

Par contre, l'origine de l'Oxadixyl et du Métalaxyl est plus difficile à déterminer avec certitude. Même si l'usage en cultures maraîchères est prépondérant, un usage en viticulture est possible.

D'une manière générale, les problèmes liés à la présence de pesticides subsistent donc, mais semblent se réduire par rapport à 2001. L'interdiction de ces molécules pourrait en être la raison.

Il peut sembler surprenant que ces pesticides soient encore présents, alors que leur usage est interdit depuis quelques années. La principale hypothèse est l'existence de **phénomènes de rémanence**, c'est-à-dire de persistance des molécules dans les sols et la zone non-saturée, et de relargage progressif vers les eaux souterraines. Ces phénomènes sont complexes et difficiles à appréhender. Cette hypothèse sera confirmée si les concentrations se stabilisent à des valeurs nettement plus faibles qu'en 2001. Toutefois, la disparition complète de ces molécules peut nécessiter de nombreuses années, même si ces pesticides ne sont plus utilisés.

Enfin, nous rappelons ici que les analyses n'ont pas couvert tous les pesticides connus, notamment ceux utilisés en ZA. Elles ont tout de même permis de doser 64 des 87 molécules recensées en usage agricole sur la plaine de Berre (Chambre d'Agriculture des BDR, 2004-2005). Il reste 23 molécules connues notamment pour leur usage en viticulture (Diquat/Paraquat, Indoxacabe, Mancozèbe…) ou en cultures maraîchères (Mancozèbe, Propamocarbe, Pyrimicarbe..), qu'il serait pertinent d'analyser lors de prochaines campagnes d'analyse afin de vérifier leur présence ou non au sein de la nappe.

[19] Molécule ayant la même formule structurale brute, mais une structure moléculaire développée différente

5.5. SUIVI QUALITE « NITRATES »

5.5.1. Introduction

L'ion nitrate (NO_3^-) est la forme principale de l'azote dissous dans les eaux souterraines (ou superficielles), pour un milieu présentant des conditions « habituelles » d'oxygénation, de température et de pH.

Les autres formes de l'azote dans les eaux sont essentiellement l'ion nitrite (NO_2) et l'ion ammonium (NH_4).

La présence de nitrates à des teneurs élevées dans les eaux est un indice de pollution d'origine agricole (engrais), urbaine (assainissement) ou industrielle.

Dans le cas de la nappe alluviale de Berre, des teneurs élevées en nitrates ont été mises en évidence, notamment en 2001 (jusque 200 $mg.l^{-1}$) sur la partie centrale de la plaine en rive droite de l'Arc.

Du point de vue **réglementaire**, le décret eau potable n°1220-2001 du 20 décembre 2001, fixe les concentrations maximales admissibles à **50 $mg.l^{-1}$** pour une eau destinée à la consommation humaine.

Cette valeur est la même que la valeur seuil fixée par la directive européenne 2006/118 du 12 décembre 2006, sur la protection des eaux souterraines contre la pollution et la détérioration, comme valeur limite permettant d'évaluer un « bon état chimique » des eaux, conformément à la DCE.

5.5.2. Résultats d'analyses

Les résultats présentés dans ce chapitre proviennent de diverses sources d'information :

- les données d'analyses antérieures ;
- les campagnes d'analyses combinées pesticides et composés azotés (avril, aout, et nov. 2006) ;
- les campagnes isotopes et chimie (oct. 05 et avril 06, et compléments d'analyses d'oct. 07).

a) Données d'analyse antérieures

Les données d'analyses antérieures de nitrates, réalisées sur la plaine de Berre, sont détaillées en *annexe 14*.

- **Analyses réalisées en février 2001 (IPSEAU, 2001)**

Les principaux résultats des analyses de 2001 indiquent :

- un « panache » des concentrations entre l'aérodrôme et St Estève (secteur central et aval / rive droite) ;
- en rive gauche de l'Arc, la « pollution » par les nitrates était « nulle à faible » ;
- un rive droite, les teneurs en nitrates augmentent des bordures vers le centre de la plaine.

- **Suivi régional (2001-2006)**

Le suivi analytique des teneurs en nitrates a été réalisé par la DIREN, de 2001 à 2005.

Le suivi régional a porté sur 5 points situés dans la plaine de Berre (*cf. annexe 14*).

Les principaux résultats de ce suivi analytique montrent :

- des teneurs élevées en nitrates dans le secteur central et aval / rive droite de la plaine, atteignant 230 $mg.l^{-1}$ en février 2003 (point -X114) ;
- des teneurs modérées dans le secteur amont de la plaine, en contrebas de la Fare (point –X113), présentant toutefois des variations importantes : la concentration peut ainsi varier de 17 $mg.l^{-1}$ en septembre 2002, 30 $mg.l^{-1}$ en février 2003, et 59 $mg.l^{-1}$ en juin 2003 ;
- des teneurs faibles (< 20 $mg.l^{-1}$) sur la partie aval, en rive gauche (point –X112).

- **Forage des Cravons (réseau patrimonial RMC 2001 – 2005)**

Les résultats d'analyses sont présentés en *annexe 14*.

On constate que les teneurs en nitrates au forage des Cravons sont faibles puisque la teneur moyenne est de 12 $mg.l^{-1}$. Les valeurs oscillent entre 5,3 (novembre 2001) et 23 $mg.l^{-1}$ (juin 2003).

Ces résultats confirment ceux mis en évidence pour les pesticides, à savoir que le forage des Cravons n'est pas représentatif des problèmes de pollutions diffuses de la nappe de Berre.

Des phénomènes de recharge de la nappe par l'Arc, lequel est proche du forage des Cravons, sont probablement à l'origine de ce phénomène. Un autre phénomène doit avoir lieu pour expliquer des teneurs en nitrates plus faibles que dans l'Arc (dénitrification ou apport local d'eau d'irrigation par le canal de la SCP/Durance).

- **Suivi des eaux de l'Arc**

La qualité des eaux de l'Arc est suivie à la station de Berre (Agence de l'eau RMC) depuis de nombreuses années, on dispose donc d'un suivi régulier. La teneur en nitrates varie de 17 à 30 $mg.l^{-1}$.

Par ailleurs, les analyses réalisées en 2002 par la DIREN (*cf annexe 5*) montrent clairement une augmentation de la teneur en nitrates entre le Jas de Bourges et Mauran, sur la partie aval de la plaine. Cette augmentation est vraisemblablement liée au drainage de la nappe alluviale en rive droite de l'Arc (dont la teneur atteint plus de 100 $mg.l^{-1}$).

b) Campagnes d'analyses combinées pesticides et composes azotés et campagne isotopes et chimie

Les points prélevés lors des 2 types de campagnes d'analyses du BRGM (pesticides/composés azotés et isotopes/chimie) sont présentés ensemble.

- **Position des points d'analyse des nitrates**

La position de l'ensemble des points, qui ont été analysés une ou plusieurs fois par le BRGM, est présentée par la carte de l'*Illustration 57*.

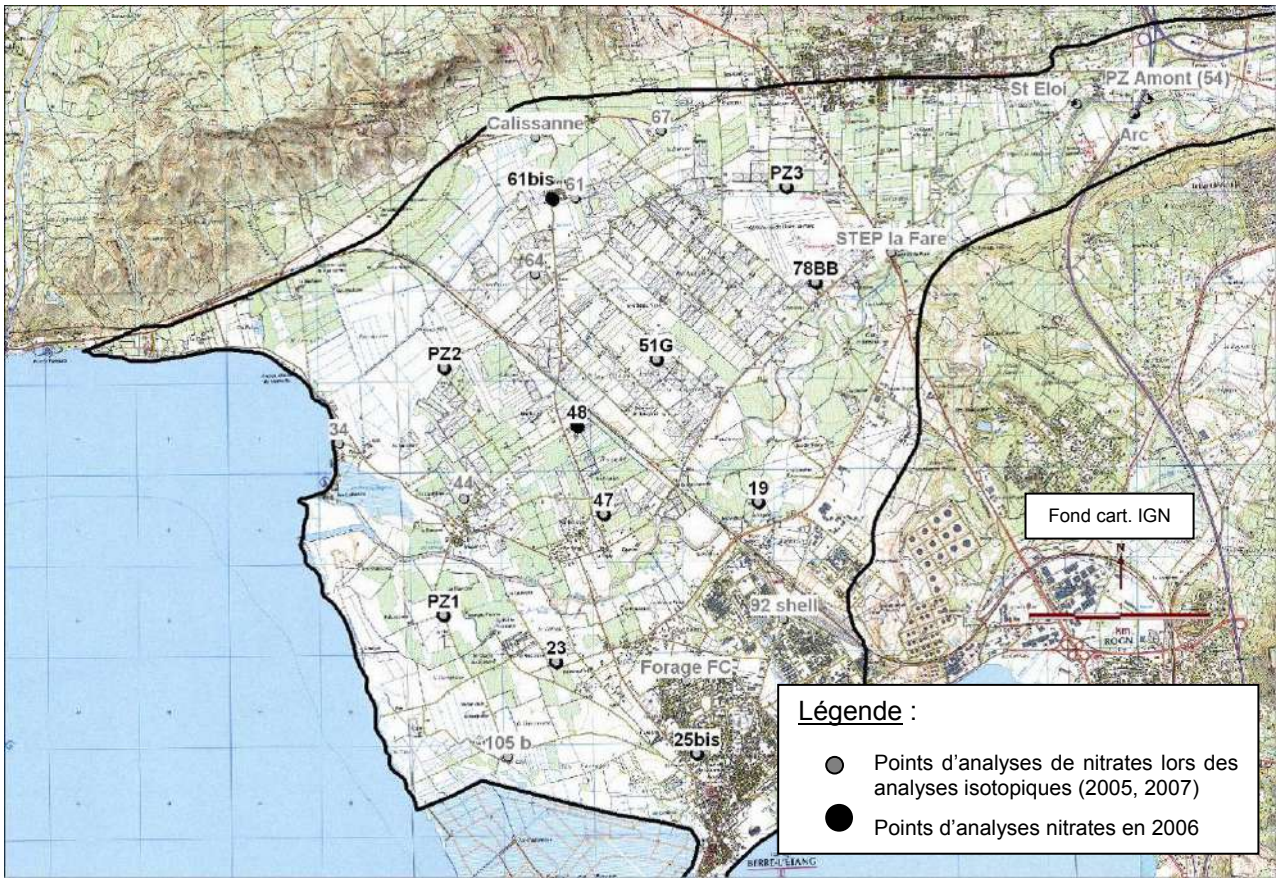


Illustration 57 : Carte de localisation des points d'analyses de nitrates

- **Résultats d'analyse des teneurs en nitrates (2005-2006)**

Réf	Description/lieu-dit	Prof_m (/sol)	25/10/05	11/4/06	1/8/06	15/11/06	18/10/07
19	Les cigalons	8,50	31	38	23	51	/
23	La Suzanne	5,00	/	13	12	11	/
25	La Bertranne	2,60	/	29	17	18	/
34	Merveilles	11,50	/	45,2	/	/	/
44	Mauran	13,00	125	128,4	/	/	/
47	St Estève	14,00	/	161	307	141	178,2
48	St Joseph	6,00	/	/	165		/
51G	Les grands lots	12,00	136	96	100	108	/
61/61bis	Baisses	12,00	/	61	49	50	/
64	Les Peyres	10,00	66,3	59	/	/	59,4
67	La Duranne	14,00	44,8	70	/	/	/
78BB	Les Cravons	18,00	105	42	134	71	/
PZ1	La Palustranne	13,00	24,9	22	/	24	/
PZ2	La Grande Bosque	13,00	/	90	84	83	/
PZ3	Les Craus	15,00	/	34	34	29	/
Forage FC	La Molle	25,00	/	<LQ	/	/	/
105 b	Le Clos	n.c.	/	10,1	/	/	/
Puits St éloi	/	n.c.	25,2	/	/	/	/
PZ Amont (54)	Saint-Jean, Près pts BSS 10203X0054	11,50	/	1,1	/	/	/
92 shell	Site shell	25,00	/	<LQ*	/	/	/

*LQ : Limite quantification
/ : pas d'analyses

Illustration 58 : Evolution des teneurs en nitrates en mg.l^{-1} dans la nappe de Berre (BRGM, 2005-2007)

Réf	Description/lieu-dit	Prof_m (/sol)	25/10/05	11/4/06	1/8/06	15/11/06	18/10/07
Arc	rivière / La pomme de pin	0	14,2 mg/l	15 mg/l	/	/	/
Source la Calissanne	Calissanne	0	9,5 mg/l		/	/	/
Canal irrigation	SCP (eau durance)	0	/	2,2 mg/l	/	/	/
STEP la Fare		0	< LQ*	/	/	/	/
STEP des Baïsses (fossé)		0	/	/	/	/	< LQ*
Solution nutritive 1	Solution nutritive culture légumières	0	/	483 mg/l	/	/	/
Solution nutritive 2	Solution nutritive culture légumières	0	/	/	/	/	7960 mg/l
Engrais	engrais en poudre culture légumières	0	/	/	/	/	62,5%

*LQ : Limite quantification
/ : pas d'analyses

Illustration 59 : Teneurs en nitrates - eaux de surface et engrais (en mg.l^{-1} pour les solutions et eaux et % pour l'engrais en poudre)

L'ensemble des résultats est présenté sous forme de tableaux, incluant tous les composés azotés, phosphates et paramètres physico-chimiques, en ***annexe 13***. Par ailleurs, des cartes présentent la répartition des teneurs en nitrates pour chacune des 4 campagnes d'analyse.

Selon les **secteurs géographiques**, les résultats des analyses de nitrates montrent :

- des teneurs réduites dans les eaux de l'Arc (15 $mg.l^{-1}$) et à la source de Calissanne (10 $mg.l^{-1}$) ;
- des teneurs élevées, voire très élevées, sur le secteur central de la plaine et aval (Mauran), en rive droite de l'Arc. Au mois d'août 2006, la concentration en nitrates atteint 307 $mg.l^{-1}$ au point 47 (St Estève) ;
- des teneurs plus modérées dans la partie aval en rive gauche (points 23 et PZ1), mais non négligeables, inférieures à 50 $mg.l^{-1}$;
- l'absence[20] de nitrates dans le secteur urbain de Berre l'étang (Point 92 et forage FC), en rive gauche de l'Arc.

En ce qui concerne l'**évolution des teneurs au cours de l'année**, selon les différentes campagnes d'analyse, les résultats montrent que :

- l'évolution des teneurs en nitrates au cours de l'année est variable selon les secteurs. Les teneurs les plus élevées apparaissent au mois d'août ;
- les principales fluctuations des teneurs en nitrates sont notées pour les points 19, 47 et 78B, qui se trouvent à proximité de l'Arc. Les teneurs peuvent varier du simple au double, voire plus.

5.5.3. Interprétation des résultats d'analyses chimiques

a) Principaux éléments d'interprétation

Parmi les eaux naturelles échantillonnées, 5 présentent des concentrations en nitrates supérieures à 50 $mg.l^{-1}$ (soit 30% des eaux échantillonnées dans la nappe alluviale). Les eaux les plus riches en NO_3^- (>100 $mg.l^{-1}$), se trouvent au centre de l'aquifère, alignées sur un axe nord-sud et en zone de cultures sous serres (et vignes). Les eaux de tous les points de prélèvements localisés au centre de la plaine ont des concentrations en nitrates supérieures à 50 $mg.l^{-1}$.

Les eaux de l'Arc ont des teneurs en nitrates de 17 à 30 $mg.l^{-1}$ indiquant des apports d'azote non négligeables sur le bassin amont du cours d'eau, mais modérées par rapport aux teneurs au sein de la nappe.

Le point considéré comme peu influencé par les activités anthropiques (St Eloi) a des teneurs en nitrates de 25,2 $mg.l^{-1}$, supérieures donc aux concentrations considérées comme « naturelles », mais proches des teneurs en nitrates dans l'Arc. Le deuxième point échantillonné en avril (point 54) afin d'informer sur la composition physico-

[20] Teneur inférieure à la limite de quantification

chimique des eaux en amont de l'aquifère de l'Arc de Berre possède une concentration en NO_3 très faible de 1,1 $mg.l^{-1}$, indiquant une probable dénitrification.

Le point 67 qui se situe en zones de vignes et proche d'une serre présente également une teneur significative en nitrates (44,8 $mg.l^{-1}$). Ce point ne peut donc pas être considéré comme un pôle représentant les eaux de l'aquifère avant contamination.

Une solution nutritive (utilisée pour la culture des tomates) a été prélevée en avril 2006. Cette solution est enrichie en nitrates, sodium, potassium et bore. Elle est par contre pauvre en sulfates et chlorures. Après vérification, il s'est avéré que l'échantillon prélevé correspondait à un mélange d'eaux de la nappe (avec une teneur élevée en nitrates) et d'engrais en poudre. De ce fait, les valeurs isotopiques de cet échantillon (noté solution 1) ne seront pas prise en compte dans l'étude.

Un 2ème prélèvement a été effectué en octobre 2007. L'échantillon analysé correspond à une solution nutritive non diluée (solution nutritive 2). Seuls les chlorures et les composés azotés ont été analysés sur cette solution qui présente une très fortes teneur en NO_3 (7960 $mg.l^{-1}$).

L'azote présent dans les eaux du canal et des STEP de la Fare et des Baïsses est essentiellement sous forme d'ammonium du fait d'une oxydation incomplète des eaux.

Parmi les points échantillonnés en avril 2006, le point 34, influencé sans doute par l'intrusion saline a également de fortes teneurs en nitrates (45,2 $mg.l^{-1}$).

Par contre, les points situés en rive gauche de l'Arc, les points 1, 23, 25, FC, 105, 92 ont des teneurs plus faibles en nitrates (< 30 $mg.l^{-1}$), mais aussi de l'azote sous forme réduite (nitrites, ammonium).

Sur la partie aval du bassin, l'Arc draine les eaux de l'aquifère alluvial. L'Arc jouant le rôle de « séparation hydraulique », il empêche les eaux plus contaminées du centre du bassin de rejoindre la partie sud de celui-ci. On a par ailleurs déjà souligné le fonctionnement hydrogéologique différent en rive droite et en rive gauche de l'Arc. La présence de conditions plus réductrices dans les eaux en rive gauche peut également expliquer les très faibles valeurs de concentrations en nitrates par dénitrification.

La quasi-totalité des points d'eau échantillonnés présentent donc un impact anthropique, de plus ou moins grande importance selon les secteurs.

b) Corrélations entre NO3 et d'autres paramètres

Le nitrate est bien corrélé au pH, sodium et baryum et inversement corrélé au calcium et bicarbonates.

L'Illustration 60 montre que pour la majorité des points, l'enrichissement en nitrates serait plutôt d'origine agricole, du fait d'un plus faible enrichissement en chlorures par rapport aux nitrates. En cas d'influence d'eaux usées issues de STEP, on constate généralement une augmentation conjointe des nitrates et des chlorures.

A titre indicatif, la solution nutritive se situe à l'extrémité d'un axe d'enrichissement en nitrates dû aux apports agricoles.

Le point 34 est relativement plus riche en chlorures du fait de l'influence de la mer. L'origine des nitrates est sans doute également agricole. Le point 25 subit l'influence soit d'autres engrais (enrichis en chlorure) et/ou des eaux usées. Ce point est effectivement situé en zone rurale.

On constate l'absence de relation entre les ions SO_4 et NO_3. Ceci s'explique par la présence de sulfates d'origine « évaporites » qui permettent un enrichissement des eaux en cet élément.

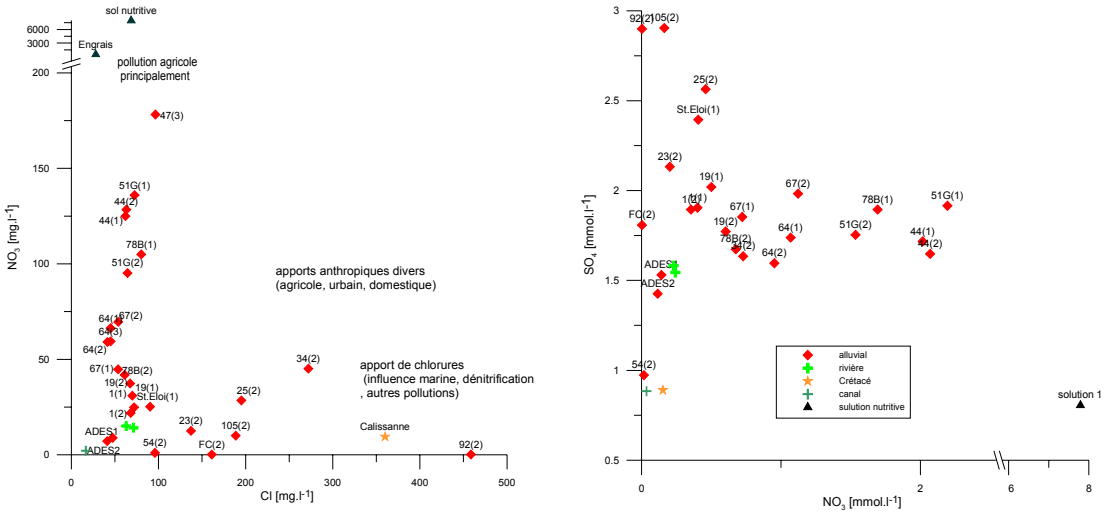


Illustration 60 : Nitrates versus chlorures et sulfates versus nitrates dans les eaux du bassin et pôles de pollution

Si l'on regarde la relation strontium vs nitrates (*Illustration 61*), on constate que les points les plus riches en strontium sont appauvris en nitrates, notamment le point St.Eloi. L'origine du strontium dans le bassin ne serait donc pas liée à l'utilisation d'engrais, souvent enrichis en strontium.

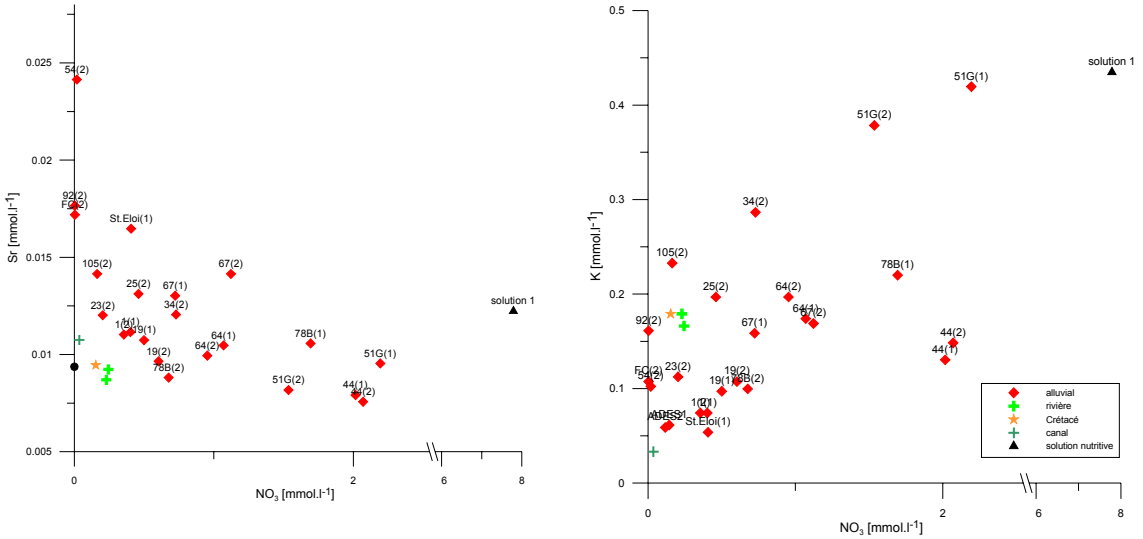


Illustration 61 : Strontium versus nitrate et strontium versus bicarbonates dans les eaux du bassin

Le nitrate de potassium est essentiellement utilisé dans la fabrication de fertilisants. La relation potassium vs. nitrates (*Illustration 61*) pour les eaux de l'aquifère est effectivement significative, sauf pour le point 44.

c) Evolution spatiale et temporelle des concentrations en nitrates

Pour une étude plus précise de l'évolution spatiale des concentrations en nitrates il est possible de se baser sur l'étude IPSEAU 2001 qui a permis la mesure des concentrations en azote sous forme ammonium, nitrite et nitrates de 100 points d'eau de la nappe alluviale répartis sur l'ensemble de la plaine de Berre.

Sur l'ensemble des **points analysés** en hiver **2000-2001** un peu moins d'une vingtaine présente des teneurs en ammonium et nitrites pouvant indiquer une source ponctuelle de contamination située majoritairement en rive gauche de l'ARC.

Les concentrations en nitrates sont les plus élevées au centre du bassin, dans le secteur des serres et des vignes avec un maximum de 203 $mg.l^{-1}$. Un seul point de la rive gauche montre une concentration en nitrates supérieure à 50 $mg.l^{-1}$. Il se situe en bordure de jardins privatifs.

Ces résultats sont en accord avec les données 2005 et 2006 acquises durant la présente étude.

Il est également possible de suivre les concentrations en **nitrates de l'Arc** de son entrée dans le bassin de Berre au lieu-dit « la pomme de pin » jusqu'à son point le plus aval à Mauran. Ce suivi de la qualité de l'eau de l'Arc a été effectué par la DIREN en 2002 en juin, juillet, octobre et novembre (*cf annexe 5*).

Les concentrations maximales à l'entrée du bassin apparaissent en novembre alors qu'en aval elles sont maximales en juillet.

Les variations spatiales et interannuelles sont faibles sur les 3 points les plus en amont de l'Arc. En juin et juillet, il y a un net enrichissement en nitrates sur la partie aval du bassin entre le Moulin vieux et Mauran (augmentation de 12 à 36 mg.l^{-1}). Cette forte augmentation pourrait être due à un rejet local ou au drainage de la nappe alluviale par l'Arc, la nappe présentant à ce niveau des concentrations en nitrates supérieures à 130 mg.l^{-1}.

L'étude de **l'évolution temporelle** dans la nappe alluviale est possible grâce aux données **2001-2006** de la DIREN et de l'Agence de l'Eau RMC (6 points au total) et aux 4 campagnes de mesures effectuées entre octobre 2005 et novembre 2006 dans le cadre de la présente étude.

Le point suivi par l'Agence de l'eau (forage des Cravons) possède le plus grand nombre de données mais est peu représentatif de la pollution nitratée de l'Arc de Berre car sa concentration maximale ne dépasse pas 16,1 mg.l^{-1} (*Illustration 62*).

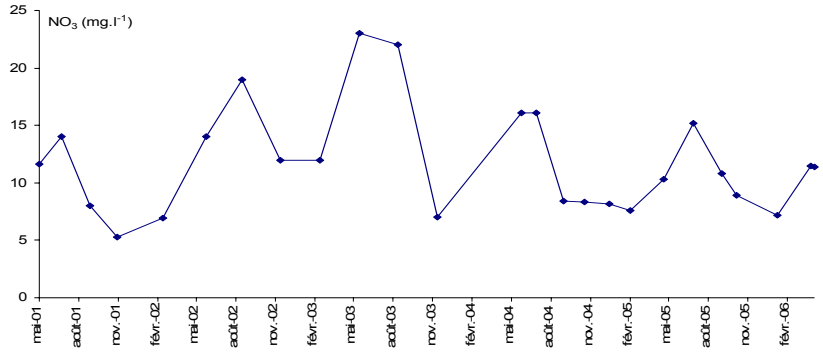


Illustration 62 : Evolution des concentrations en nitrate au point 10202X0111/F

Il semble que les **concentrations les plus élevées** se retrouvent systématiquement **entre juin et août.** Les points de suivi de la DIREN, à une exception près, confirment la prédominance de fortes concentrations en nitrates durant les mois d'été.

Sur les 5 points de suivi de la DIREN, 3 points montrent des concentrations en nitrates supérieures à 100 mg.l^{-1}. Le point amont de l'Arc de Berre (10202X0113) a une concentration moyenne sur la période 2001-2005 de 28,8 mg.l^{-1} et le point de *la Suzanne* (10202X0112) a une concentration moyenne de 17,5 mg.l^{-1}. Pour ce dernier point, les mesures effectuées par le BRGM en 2006 ont montré la présence possible d'ammonium.

Le point du Chêne vert (10202X0114) a une concentration moyenne en nitrates de 178,9 mg.l^{-1} avec un maximum de 230 mg.l^{-1}. Les variations interannuelles sont relativement importantes (écart moyen de 21,6 mg.l^{-1}) alors que sur les deux autres points présentant une concentration moyenne élevée (115,4 mg.l^{-1} pour le point

10202X0116 et 137,2 mg.l^{-1} pour le point 10202X0115) l'écart moyen sur la période considérée est inférieure à 12 mg.l^{-1}.

On ne constate pas de tendance sur la période 2001-2005 (le nombre de points de mesure est toutefois faible) et les variations relatives des concentrations en nitrates (Illustration 63) confirment la forte variabilité de la composition de l'eau à certains points et donc sans doute la vitesse des échanges eau de surface/nappe alluviale.

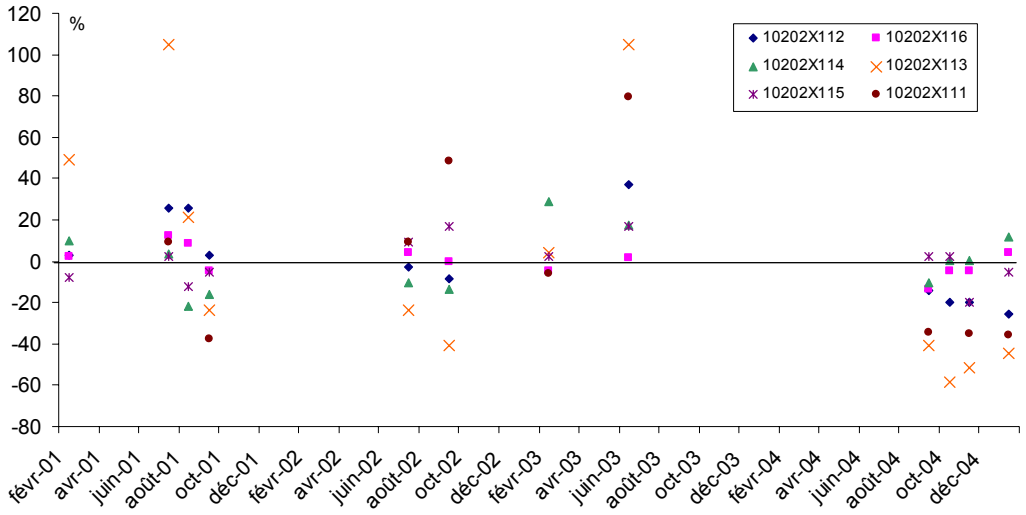


Illustration 63 : Variations relatives par rapport à la moyenne des concentrations en nitrates sur les points de suivi de la DIREN et AERMC – période 2001-2005

L'Illustration 64 montre l'évolution des teneurs en nitrates pour chacun des points suivis lors des campagnes d'échantillonnage d'octobre 2005, avril, août et nov. 2006.

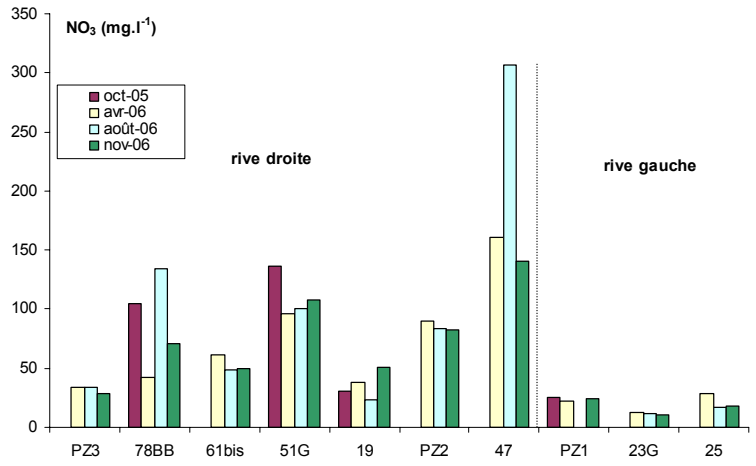


Illustration 64 : Variations des concentrations en nitrates des eaux de quelques points de l'aquifère alluvial sur la période 2005-2006

Ces données confirment que les variations temporelles des concentrations sont fortes à certains points (78B, 47) et relativement faibles sur d'autres points. Les points présentant les écarts moyens les plus faibles sont localisés en rive gauche et en bordure ouest du bassin de l'Arc de Berre.

5.5.4. Apports des analyses isotopiques à la compréhension des problématiques de pollution

Des analyses isotopiques ont été réalisées sur les isotopes de l'azote (rapport isotopique $^{15}N/^{14}N$), du strontium ($^{87}Sr/^{86}Sr$) et de ceux du bore (rapport isotopique $^{11}B/^{10}B$). Ces analyses viennent en complément des analyses chimiques « classiques », et ont pour objectif d'évaluer le signal isotopique, notamment des nitrates, afin de préciser leur origine.

En effet, le rapport isotopique $^{15}N/^{14}N$ varie selon l'origine de l'azote (engrais de synthèse, eaux usées…). La signature isotopique de l'azote dissous dans les eaux souterraines apporte donc des informations sur son origine.

Le rapport isotopique du strontium peut être un bon indicateur d'apports anthropogéniques (engrais, amendements) et des interactions roches/eau. Le bore, quant à lui, présente un fort potentiel de signature isotopique des eaux résiduaires ou eaux d'irrigation, et des eaux de mer.

Les résultats des analyses isotopiques sont présentés par l'*Illustration 33*.

a) La relation 11B/10B

Le rapport isotopique du bore a été mesuré dans cette étude afin d'étudier l'impact sur les eaux de l'aquifère alluvial des activités anthropiques (fertilisants / eaux usées). L'interprétation des isotopes du bore est faite en croisant les données sur la concentration du bore et son isotope ^{11}B (Illustration 65).

Le $\delta^{11}B$ des eaux de mer se situe aux alentours de 39‰ et est beaucoup plus appauvri dans les minéraux des roches formant le bassin de l'Arc.

Les déjections animales et engrais organiques se caractérisent par des valeurs en $\delta^{11}B$ de 3 à 27 ‰ (Kloppmann *et al*, 2005) alors que les teneurs en $\delta^{11}B$ des précipitations sont très variables comme le montrent des études faites en Angleterre (Mather et Porteous, 2001).

Les **eaux de la STEP de La Fare** sont caractérisées par des valeurs de -1,37 ‰. Cette valeur se situe dans la gamme des valeurs relevées dans la littérature pour ce type d'eaux (Widory *et al*, 2001, Vengosh *et al*, 1998, Barth 2000) due principalement aux borates des lessives. Les eaux d'assainissements individuels ont des teneurs proches de celles de STEP (2,4‰ relevé dans le bassin du Gapeau, Moulin et al., 2006).

La dernière source potentielle importante de bore dans les eaux souterraines est l'utilisation de **fertilisants chimiques**. Les teneurs en $\delta^{11}B$ dépendent essentiellement

de la composition intrinsèque de ces composés et peuvent être très variables. Les composés boratés peuvent être très négatifs (-15 ‰ Vangosh *et al*, 2002, -8 à +7‰ Widory *et al*, 2005) alors que les nitrates d'ammonium possèdent un δ^{11}B plus proche de -2 à 2 ‰ (Komor, 1997). La solution nutritive utilisée dans les serres hors-sol montre une valeur exceptionnellement négative du δ^{11}B (-19,97‰).

Remarque : Les teneurs isotopiques « naturelles » des roches sont très variables.

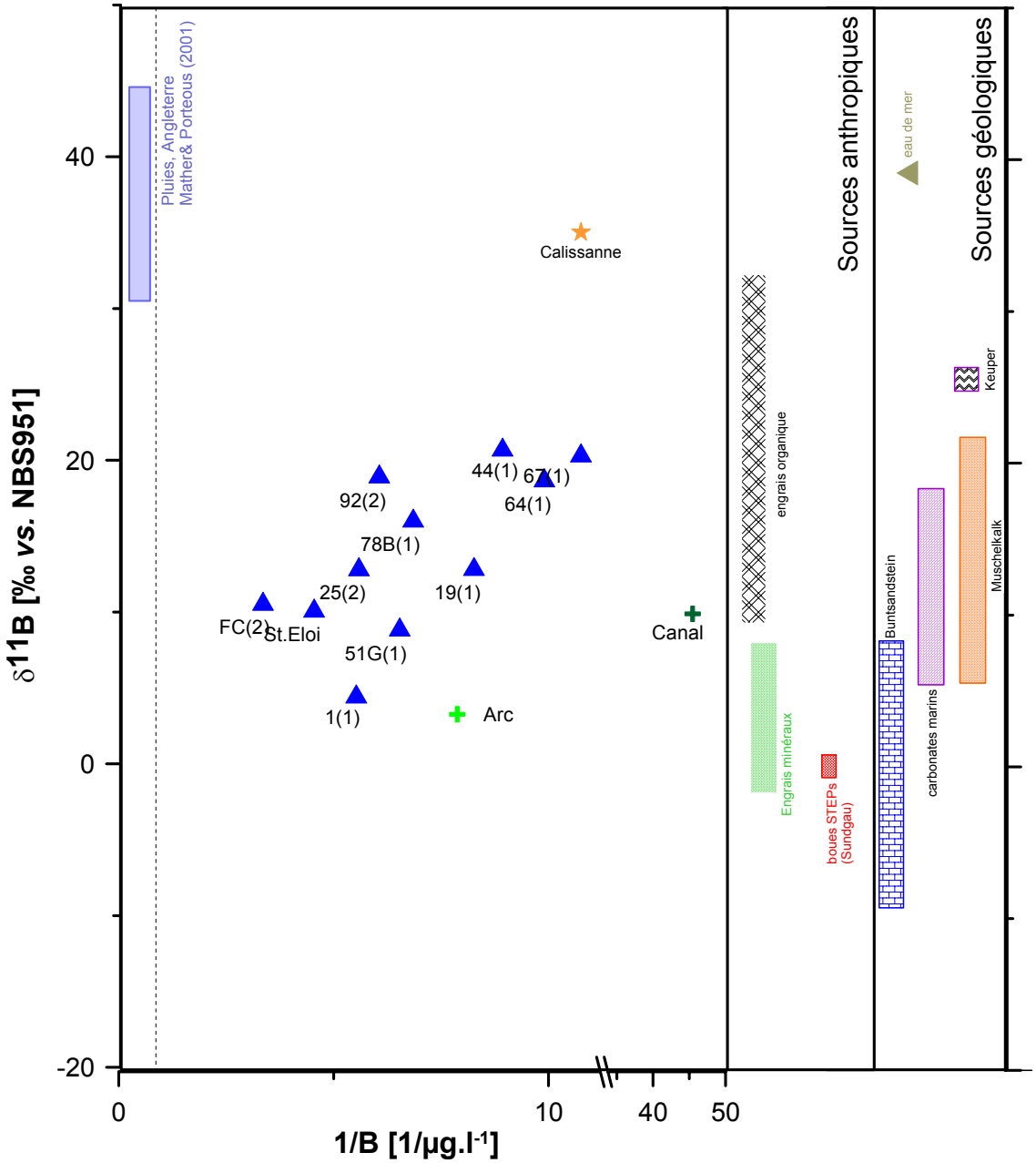


Illustration 65 : Variations locales des teneurs en δ^{11}B et du bore des eaux souterraines, STEP La Fare, Arc et gammes de valeurs relevées dans la littérature

Sur le bassin de l'Arc de Berre, on constate que les **eaux de l'aquifère Crétacé** se rapprochent du **pôle « eau de mer »** avec des valeurs de $\delta^{11}B$ (35,01‰). Parmi les eaux naturelles, l'Arc montre les plus basses valeurs de $\delta^{11}B$ (3,27‰). Ces eaux seraient influencées par les formations évaporitiques de son bassin versant. Les eaux de l'aquifère alluvial se répartissent régulièrement entre les valeurs de l'eau de mer (représentant également sans doute les pluies de cette zone côtière) et un minimum de 4,28 ‰ (Arc et PZ1).

L'eau du canal a une composition isotopique très proche de celle de l'eau du canal SCP circulant dans le bassin du Gapeau (Moulin et al., 2006) et provenant du lac de barrage du Verdon.

Les points de la nappe alluviale présentent tous des valeurs plus basses en $\delta^{11}B$ que les eaux de pluie ou que l'eau de mer (signal d'entrée du système). Toutes subissent donc plus ou moins l'influence d'un ou plusieurs pôles enrichis en bore et appauvries en $\delta^{11}B$. Ce(s) pôle(s) pourrai(en)t être les eaux usées et/ou les engrais minéraux. Nous avons vu précédemment qu'une partie du bore de ces eaux est sans doute d'origine anthropique, principalement engrais minéraux. Un apport d'eaux usées (STEP ou assainissement individuel) ne peut être écarté au vu des résultats des isotopes du bore. Toutefois la forte variabilité des $\delta^{11}B$ (15‰) pour les eaux présentant de fortes concentrations en nitrates indiquent que le bore est de diverses origines. En l'absence de mesure des roches composant le bassin versant de l'Arc ou la nappe alluviale il n'est pas possible de définir les différentes sources géogéniques de bore. Les isotopes du bore sont donc difficilement utilisables pour la détermination des apports anthropiques notamment les rejets d'eaux usées du fait de la présence de bore « naturel » en concentration importante.

b) Les variations du rapport $^{87}Sr/^{86}Sr$

Les variations du rapport isotopique du strontium sont principalement régies par les relations eaux-roches. Si les eaux sont d'origines différentes, les concentrations en strontium devraient également être différentes. Le rapport isotopique du strontium a également été utilisé pour appréhender les problématiques de qualité des eaux de la nappe (Böhlke et Horan, 2000). La géochimie des eaux peut-être en effet modifiée par l'apport de divers composants des fertilisants (dolomite, potasse, matériaux potassés et azotés).

Il est important d'avoir une idée de **l'origine du strontium** dans les eaux. Pour l'aquifère alluvial, le Sr est principalement d'origine évaporitique. Les pluies contiennent très peu de strontium (dépendant des aérosols) et sur la côte on peut s'attendre à des concentrations de 25 $nmol.l^{-1}$ (Négrel et Petelet, 2005). Il est possible qu'une partie du strontium soit d'origine anthropique. Les teneurs en strontium des fertilisants et additifs carbonatés varient de 3 à 1500 $\mu g.g^{-1}$ (Widory, 2001) et ces produits peuvent donc être, selon les composés chimiques utilisés, une importante source de strontium dans les eaux souterraines. L'étude de la chimie des eaux a montré toutefois l'absence de relation entre le strontium et les autres éléments apportés généralement par les engrais.

Dans la présente étude, le **rapport isotopique du strontium est compris entre 0,708002 et 0,708215**. Les eaux de la STEP ont une valeur de 0,708189. Cette valeur est très proche de celle obtenue sur la STEP de La Crau dans le bassin d'Hyères situé à une centaine de km (Moulin et al., 2006). Les eaux de l'Arc présentent un rapport isotopique de 0,708088 et celles de l'aquifère du Crétacé sont celles présentant le plus faible rapport, 0,708002. Au sein de l'aquifère alluvial les variations du rapport sont d'un ordre de grandeur de 1.10^{-4} ce qui est significatif en comparaison de l'erreur de mesure ($\sim 1.10^{-5}$).

Pour référence, les eaux de mer ont un rapport isotopique moyen de 0,70917 (Dia et al, 1992) et les eaux de pluies mesurées en France ont des valeurs légèrement plus élevées et une variation plus importantes (Négrel et Petelet, 2005, Chabaux, 2006, Probst *et al*, 2000). Les rapports isotopiques des fertilisants varient de 0,70813 à 0,83518, dépendant de la composition chimique de ces composés (Bohlke *et al*, 2000).

Une mesure faite sur les formations du Keuper marneux de la région de Montpellier, bassin versant de la Peyne (Petelet-Giraud, 1998) donne un rapport isotopique $^{87}Sr/^{86}Sr$ de 0,7137.

Sur le graphique $^{87}Sr/^{86}Sr$ vs. 1/Sr (rapport molaire) *(Illustration 66*), on constate une augmentation du rapport isotopique avec une diminution des concentrations en strontium pour les eaux de l'aquifère alluvial. Le point le plus amont (St.Eloi), supposé le plus influencé par la présence de formations évaporitiques montre de fortes valeurs de strontium et un rapport isotopique bas. Le point 44 a un rapport isotopique élevé et des concentrations en strontium plus faibles. Les fertilisants présentent en général également des teneurs en strontium et des rapports isotopiques plus élevés.

L'aquifère du Crétacé étant composé de calcaires et calcaires marneux, il est logique que les eaux de cet aquifère présentent des rapports isotopiques inférieurs aux eaux de l'aquifère alluvial. La composition de matériel alluvial est variée avec des couches de sables et argiles sableuse avec des niveaux plus argileux et de dépôts tourbeux à la base, des dépôts plus grossiers au dessus (éléments calcaires et galets) et se termine par des cailloutis calcaires à lits de limons et sables argileux. Les niveaux argileux augmentent vers l'aval, ce qui pourrait expliquer une augmentation des rapports isotopiques et une diminution des teneurs en strontium pour les points Pz1, 19, 44 et, dans une moindre mesure, le point 51G. Ces points montrent également de faibles variations saisonnières des températures.

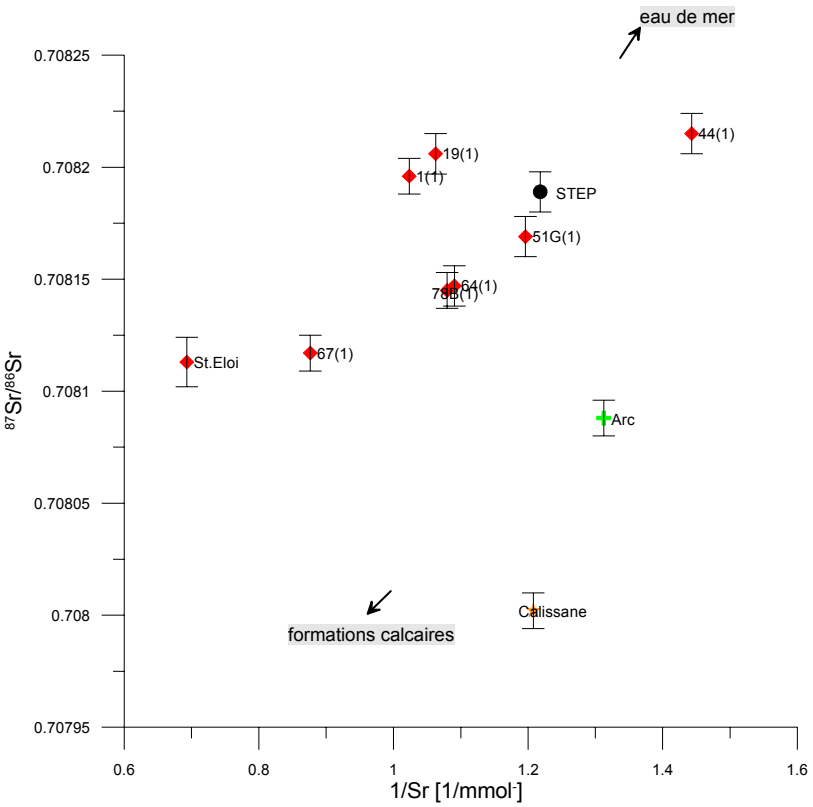


Illustration 66 : Rapports $^{87}Sr/^{86}Sr$ vs.1/Sr (1/mmol/l) dans les eaux de la région de l'Arc de Berre

En regardant les variations du rapport isotopique $^{87}Sr/^{86}Sr$ en fonction de la concentration en nitrates (*Illustration 67*) une tendance d'augmentation du rapport isotopique avec les concentrations en nitrates semble se dessiner.

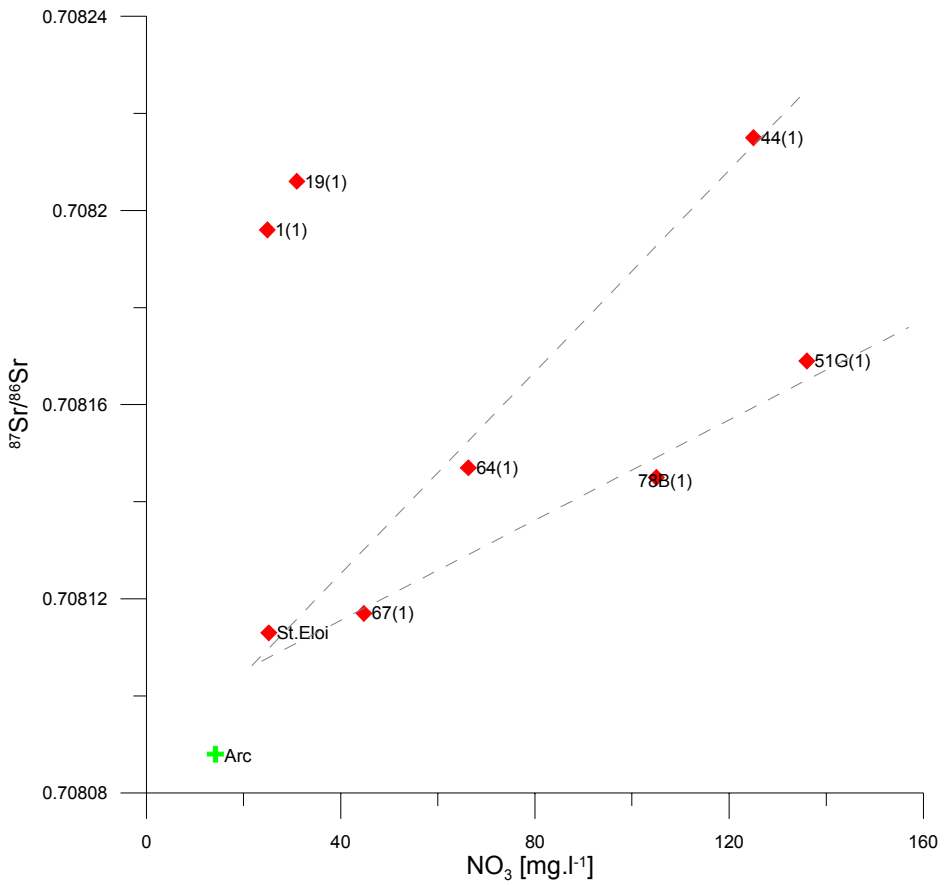


Illustration 67 : Rapports $^{87}Sr/^{86}Sr$ vs.NO_3 dans les eaux de la région de l'Arc de Berre

Nous avons vu précédemment que les points situés en rive gauche de l'Arc (1 et 19) ont une concentration en nitrates plus faible que les autres points. Ces points montrent un rapport isotopique $^{87}Sr/^{86}Sr$ élevé. Pour les autres points, on note une augmentation du rapport isotopique avec l'augmentation des concentrations en nitrates.

c) Le $\delta^{34}S$ des sulfates des eaux

Les sulfates des aérosols marins, et donc des précipitations atmosphériques non polluées par les rejets soufrés industriels, présentent en principe les même teneurs isotopiques que les sulfates océaniques. Cependant, de nombreuses pollutions perturbent ce schéma (présence de composés sulfurés volatils dans l'atmosphère, problèmes de cinétique,…). Le domaine des précipitations atmosphériques est compris entre -1 et +6 ‰ dans les régions sans apports volcaniques, de zones humides ou marines particulières (Mayer, 2006). En zone côtière, les embruns sont souvent la source principale de sulfate atmosphérique et le $\delta^{34}S$ (SO_4) peut atteindre des valeurs de +21 ‰ (Wadleigh *et al.*, 1996).

Dans le cas de l'étude de l'Arc de Berre, une des sources supposées des sulfates dans les eaux sont les évaporites du bassin amont ainsi que les formations du Fuvélien et

du Bégudien. La composition isotopique des sulfates des formations évaporitiques varient dans les temps géologiques (Strauss, 1997). Les valeurs sont typiquement comprises entre 8‰ (Permien) et 35 ‰ (Précambrien, cambrien).

Les sous-produits de l'industrie de gaz sulfureux sont également des sources potentielles de sulfates. Savons et détergents contiennent des teneurs importantes de sulfates d'une composition isotopique proche de 1‰ qui peuvent se retrouver dans les eaux superficielles proches des effluents des stations d'épuration. Les sulfates d'ammonium utilisés comme fertilisants en agriculture peuvent être également des sources de sulfates pour les eaux souterraines.

Des mesures faites sur les eaux de la région d'Aubagne (Chéry *et al*, non publié) donnent une valeur de $\delta^{34}S$ de +10,2 ‰ pour une concentration en sulfates des eaux de 131 $mg.l^{-1}$. Les mesures des pluies à Marseille et Aubagne faites en 1998 donnent des concentrations et $\delta^{34}S$ sur ces deux sites respectivement de 50 $mg.l^{-1}$ / +8,1 ‰ et 24 $mg.l^{-1}$ / +3,6 ‰.

Les concentrations en sulfates des eaux de l'aquifère de Berre sont en moyenne de 175 $mg.l^{-1}$ donc seule une partie de ces sulfates peut provenir des précipitations et aérosols. Il existe aussi la possibilité d'un enrichissement en sulfates de eaux à partir des fertilisants, des eaux usées ou indirectement (par les précipitations) des activités du centre pétrochimique de Shell (gaz sulfureux).

L'origine naturelle des sulfates peut être :

- le lessivage de formations riches en évaporites, la composition isotopique variant selon l'âge géologique des évaporites traversées,
- l'oxydation de sulfures présents dans les sédiments et donnant une minéralisation en général plus faible,
- la réduction bactérienne,
- la précipitation de minéraux sulfatés,
- l'infiltration directe de l'eau de mer.

Les formations géologiques qui contiennent du gypse ou de la pyrite à proximité de Berre sont indiquées dans le *paragraphe 2.3*.

Une étude antérieure (Vernet, M. et Vernet, A., 1980) montre que les teneurs isotopiques des roches du bassin versant de l'Arc sont très variables. Dans le cas d'une origine des gypses du Trias les teneurs isotopiques se situent en-dessous de +15‰, les formations évaporitiques du tertiaire auraient des valeurs plus élevées (Strauss, 1997). Le $\delta^{34}S$ des sulfates provenant de l'oxydation de la pyrite est appauvri (-30 à +10‰). Des études réalisées en Angleterre donnent une variation des $\delta^{34}S$ des sulfates de divers fertilisants de 0,4 à 10‰ (Moncaster *et al*, 2000).

Les $\delta^{34}S$ mesurés en amont et aval du bassin montrent peu de variations avec des valeurs comprises entre 6,2±0,3‰ et 7,0±0,3‰. Considérant que le sulfate de l'eau de mer et donc l'eau de pluie sans influence anthropique a une teneur isotopique proche de 21‰, les relativement faibles valeurs mesurées peuvent être dues à l'influence des

dépôts atmosphériques riches en sulfures d'origine industriels, à la présence d'engrais, et aux apports via l'Arc d'eaux ayant circulé sur des formations de type évaporites (Bassin Versant amont de l'Arc).

La présence de la raffinerie de pétrole de Shell et des raffineries et sites de stockage de pétrole de Fos-sur-Mer pourraient expliquer des valeurs plus faibles des $\delta^{34}S$ par rapport aux sulfates d'origine atmosphérique (Ohizumi *et al*., 1997, Jenkins and Bao, 2006) non influencés. Les engrais montrent également des teneurs de $\delta^{34}S$ comprises entre 0 et 10‰ (Moncaster *et al*., 2000).

Un apport en partie par des dépôts riches en pyrites (Domérien, Bédoulien) et en partie par les évaporites pourrait également expliquer les valeurs de $\delta^{34}S$ relevées dans la région de l'Arc de Berre et bassin de l'Arc.

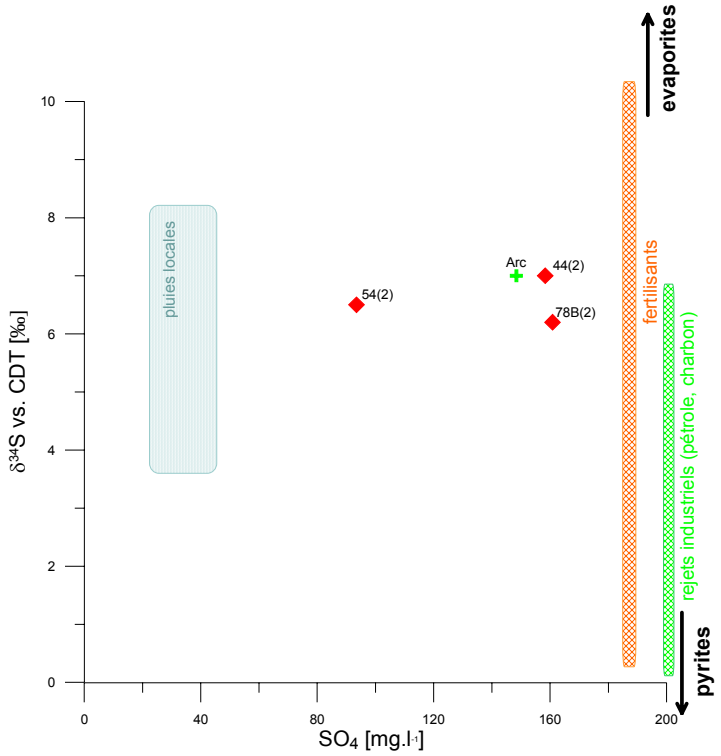


Illustration 68 : $\delta^{34}S$ et concentrations des sulfates des eaux de l'aquifère de Berre

L'absence d'évolution des $\delta^{34}S$ et la similitude des données eaux de surface (Arc) et eaux souterraines (*Illustration 68*), indiqueraient que l'eau a acquis sa signature chimique vis-à-vis des sulfates essentiellement avant son arrivée dans le bassin de l'Arc de Berre ou que son enrichissement dans l'Arc de Berre est d'origine similaire à celui du bassin amont. Les isotopes des sulfates nous permettent de relativiser l'importance de l'apport en sulfates par les évaporites. **Les sulfates sont d'origine mixte dans l'aquifère alluvial.**

5.5.5. Apport des isotopes à la détermination de l'origine des nitrates

a) Données bibliographiques

Dans la littérature, les gammes de rapports isotopiques $\delta^{15}N$ rencontrés pour le pôle de **contamination agricole (rejet animal)** sont larges (car dépendantes en partie du mode d'alimentation du bétail ou des volailles), et s'étendent, en France, entre **4,3 ‰ et 33,2 ‰** (Widory *et al*, 2001, Kloppmann et al, 2005).

Les valeurs de $\delta^{15}N$ des nitrates issus de **fertilisants minéraux** présentent des valeurs également variables dans la bibliographie : **-1,6 ‰** pour ammonium-NO_3 (Widory *et al*, 2001), **0 ou inférieurs** pour les fertilisants à pelouse (golf) (Kendall, 1998). Dans la littérature, des valeurs comprise entre -5 et 5 ‰ ont été relevées (Mariotti, 1984, Berge, 1983,…).

Des études antérieures (Widory *et al*, 2001, Widory *et al*, 2004, Kloppmann et al, 2005,) permettent de situer les valeurs de $\delta^{15}N$ des **eaux des STEP entre 3,1 et 4,3‰** et les valeurs pour les eaux d'assainissement individuel (fosses septiques) à 3,1‰.

Le nitrate d'origine atmosphérique (NOx) a une variation de $\delta^{15}N$ de -10 à +8 ‰ (Wassenaar, 1995, Deutsch et al., 2006).

En ce qui concerne les pôles naturels, les **eaux de pluies** ont des concentrations variables en nitrates comprises **entre -10 et 5‰** en ^{15}N (Heaton, 1987). Les valeurs pour des eaux souterraines non polluées (Heaton, 1986, Widory *et al*, 2004) sont de l'ordre de 5-10‰.

b) Résultats des analyses de δ15N des nitrates

Les eaux du point de la STEP de La Fare, ainsi que celles des eaux de la STEP des Baïsses, ont des teneurs en nitrates trop faibles pour permettre la détermination isotopique. L'azote est présent dans l'eau essentiellement sous forme réduite (NH_4).
Le $\delta^{15}N$ des eaux d'assainissement n'a donc pas pu être mesuré lors de cette étude et les valeurs de la littérature seront donc utilisées comme références.

Les eaux du canal de la SCP ont également de faibles concentrations en nitrates (2,2 $mg.l^{-1}$) ne permettant pas la mesure du $\delta^{15}N$.

Les eaux de l'Arc sont les plus enrichies en isotopes lourds (**entre 12,3 et 13,1 ‰**) pour des concentrations de 14-15 $mg.l^{-1}$.

Les **eaux de l'aquifère alluvial** montrent une relation inverse entre les concentrations en nitrates et les teneurs en $\delta^{15}N$, les eaux les plus contaminées (44, 51G, et 78B) ayant des teneurs isotopiques proche de 5‰ (*illustration 69*). Les eaux à faible concentration en nitrates (points Pz1, 19, St.Eloi), proches des teneurs de l'Arc, ont des valeurs isotopiques de l'ordre de 11‰.

Les **engrais azotés agricoles** ont également fait l'objet d'analyses isotopiques. Dans un 1er temps, la solution nutritive 1 a été analysée (avril 2006) et a montré un signal

isotopique étonnamment élevé (9,4 ‰) par rapport aux gammes de valeurs connues dans la bibliographie (-5 à +5‰).
Des compléments d'analyse ont été menés en octobre 2007 afin d'analyser des engrais utilisés sur le secteur d'étude. Les analyses effectuées sur de l'engrais en poudre (nitrate de potassium) et une solution nutritive ont mis en évidence des $\delta^{15}N$ conformes aux données bibliographiques.

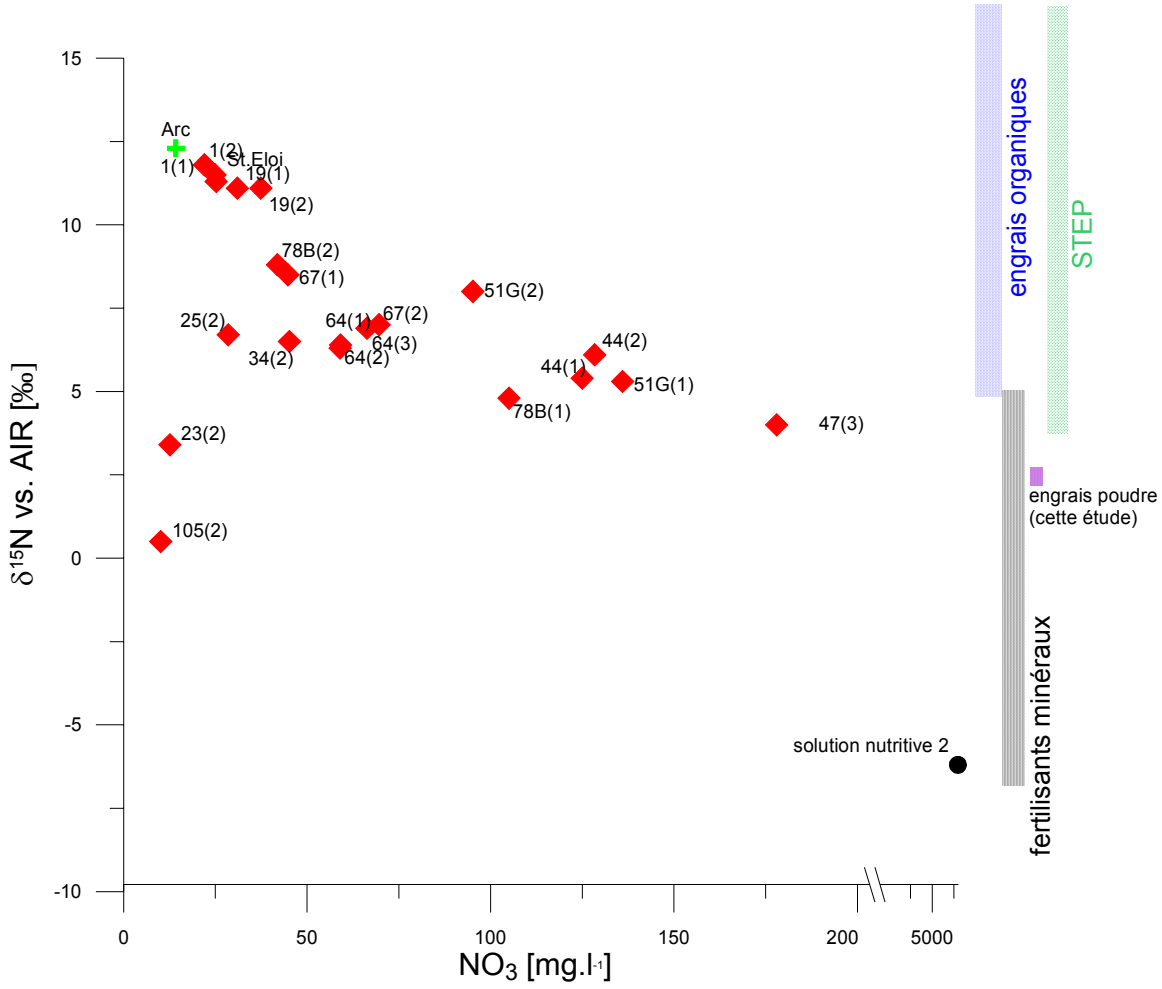


Illustration 69 : Relation NO_3 versus $\delta^{15}N$ dans les eaux de la région de Berre et gammes de valeurs des sources de nitrates relevées dans la littérature

c) Interprétation : origine des nitrates

L'Illustration 69 montre que plus les teneurs en nitrates sont élevées, plus le $\delta^{15}N$ diminue. Il semble donc que les eaux de la nappe sont influencées par un pôle de pollution de composition isotopique inférieure à 11‰, et qui correspond aux fertilisants minéraux représentés par la solution nutritive 2 et l'engrais en poudre. Les points les plus impactés (44, 51, 47, 78B) « s'orientent » bien vers le pôle des fertilisants minéraux.

Toutefois la gamme de valeurs relevées dans la littérature pour les eaux usées peu aussi être relativement basse en $\delta^{15}N$. Une influence des eaux de rejet de STEP ou assainissement individuel n'est donc pas à exclure.

Les eaux les moins polluées et ayant les plus hautes valeurs de $\delta^{15}N$ ont une composition chimique et isotopique proches de celle de l'Arc, à l'exception toutefois des points 105 et 23 qui présentent les $\delta^{15}N$ les plus bas (0,5 et 3,4‰) pour des concentrations en nitrates de 12,6 et 10,1 $mg.l^{-1}$. Pour ces deux points les données chimiques laissent penser à un mélange avec de l'eau de mer. Ce mélange permettrait une dilution des concentrations en nitrates sans variation du $\delta^{15}N$. De plus pour le point 105 une partie de l'azote se trouve sous forme autre que nitrate, ce qui peut expliquer la position de ce point sur le graphique.

Les analyses isotopiques tendent à confirmer l'origine agricole des nitrates analysés sur les points les plus impactés. Les fertilisants minéraux donnent leur signature isotopique aux eaux de l'aquifère sans toutefois exclure la présence d'apports de type eaux usées ou engrais organiques en plus faibles quantités.

5.5.6. Synthèse des analyses de nitrates

De nombreuses données d'analyses et d'informations sur l'occupation des sols ont été indiquées dans ce rapport. La problématique des nitrates dans les eaux de la nappe alluviale est complexe.
Nous présentons ici une **synthèse des données** sur la problématique des nitrates.

L'étude réalisée en 2001 pour la DIREN (Ipseau, 2001) présentait les conclusions suivantes :

- un panache de pollution par les nitrates est constaté en février 2001, en rive droite de l'Arc sur le secteur central de la plaine (entre l'aérodrome et St Estève). Il n'y avait pas d'impact particulier en rive gauche ;
- les teneurs maximales mesurées dans les eaux de la nappe alluviale atteignaient 200 $mg.l^{-1}$ environ. Les teneurs augmentaient depuis les bordures vers le centre de la plaine.

Les résultats du suivi régional effectué sur 5 points de prélèvements répartis sur la plaine, entre 2001 et 2005, montrent le même constat. Les teneurs en nitrates atteignent 230 mg/l au centre de la plaine en février 2003. On constate par ailleurs des fluctuations significatives au cours de l'année, selon les secteurs.

Les <u>résultats des campagnes d'analyses menées par le BRGM de 2005 à 2007</u> permettent de dresser le bilan suivant :

- l'**état de pollution** de la nappe est à peu près le **même qu'en 2001**. On ne constate pas d'évolutions particulières. Les teneurs restent très élevées et atteignent plus de 300 mg/l vers St Estève en aout 2006, soit 6 fois la valeur seuil correspondant à la

norme de potabilité et au seuil fixé par la DCE pour l'attente du bon état des eaux souterraines ;

- on note des **variations significatives** des teneurs en nitrates **au cours de l'année** 2006, phénomène lié à un renouvellement rapide de ses eaux ;
- les teneurs en nitrates mesurées dans les eaux de l'Arc sont généralement modérées (14 à 30 mg/l) par rapport aux eaux de la nappe alluviale ;
- l'impact constaté est localisé sur le secteur central de la plaine où les activités agricoles sont intenses. Les données d'occupation des sols, ainsi que les quantités estimées d'apport d'azote par les principales sources potentielles (agriculture et assainissement), montrent des **apports d'azote majoritairement d'origine agricole** ;
- les analyses isotopiques de l'azote des nitrates tendent à confirmer des apports azotés essentiellement d'origine agricole, avec une influence dominante des engrais minéraux. Les engrais minéraux, utilisés notamment en cultures maraîchères (centre de la plaine) en quantités significatives pourraient donc constituer une grande partie des apports vers la nappe ;
- les analyses isotopiques du bore n'ont pas apporté d'éléments d'interprétation complémentaires concernant notamment les apports par les eaux usées.

6. Conclusions et propositions d'actions pour l'amélioration de la qualité de l'eau

La nappe alluviale de la plaine de Berre constitue une nappe phréatique de bonne productivité, dont le renouvellement des eaux est rapide (de l'ordre de quelques années).

Les phénomènes de réalimentation sont assez complexes du fait de l'influence de l'irrigation et des interactions peu connues avec le substratum géologique.

Par ailleurs, on retiendra le rôle de l'Arc dans la réalimentation (secteur amont) ou le drainage de la nappe (secteur aval).

La piézométrie de la nappe et les sens d'écoulements sont globalement connus, même si des zones d'ombre subsistent concernant la piézométrie en été, et l'existence de chenaux préférentiels d'écoulement (écoulements plus rapides dans certains secteurs).

Afin de comprendre les problématiques de qualité des eaux, liées à la présence de nitrates et de pesticides, le projet a eu pour objectifs d'interpréter les données de qualité de l'eau au regard de l'occupation des sols.

Par ailleurs, la prise en compte des relations hydrauliques entre l'Arc et la nappe s'est avérée primordiale, et a montré le rôle majeur de l'Arc et de ses canaux (d'irrigation) dans la réalimentation de la nappe, influant donc directement sur la chimie des eaux.

6.1. LES PESTICIDES

L'étude des teneurs en pesticides au sein de la nappe, sur la base des campagnes d'analyse réalisées par le BRGM en 2006, ainsi que des données antérieures connues, a permis de constater la présence récurrente depuis 2001 des mêmes types de substances actives.

Il s'agit de produits phytosanitaires d'origine agricole essentiellement (métalaxyl, oxadixyl, imidaclopride), mais également d'origine non agricole (éthidimuron).

On note toutefois que les teneurs sont plus faibles en 2006 par rapport à 2001, ce qui pourrait être lié à l'interdiction de ces molécules. Cela devra être confirmé au cours des prochaines années.

Compte tenu de cet état des lieux, les **principales pistes d'action** préconisées afin de réduire la présence de pesticides dans les eaux souterraines sont :

- la recherche systématique de **produits phytosanitaires de substitution à faible rémanence** dans l'environnement devrait être encouragée, notamment pour les molécules suivantes :

  - le mefenoxam (analogue du metalaxyl), utilisé en maraichage ou en viticulture ;
  - l'Imidaclopride, utilisé en grandes cultures ou arboriculture ?, ou usage en maraîchage ? ;
- favoriser l'utilisation de moyens de « protection intégrée » (insectes) pour les cultures sous serres. On peut rappeler que seuls 15 % des producteurs la pratiquaient en 1996, ils sont désormais 80 % (Chambre d'Agriculture des BDR, 2004-2005).
- les problèmes de qualité constatés étant surtout liés à d'anciennes substances (éthidimuron, oxadixyl) désormais interdites, leur teneur devrait baisser progressivement. Cette **baisse devra être vérifiée** par la **poursuite des suivis de qualité** de la nappe par l'Agence de l'Eau RMC au droit de points représentatifs via le réseau de contrôle opérationnel (RCO). Il semble pertinent d'abandonner le forage des Cravons, jugé non représentatif des impacts constatés en rive droite au centre de la plaine. Le suivi analytique devrait permettre également de vérifier que les teneurs d'autres pesticides (notamment les produits de substitution) n'augmentent pas dans les années à venir ;
- en ce qui concerne l'éthidimuron, spécifique d'un usage non agricole, il est interdit depuis 2003. Si sa présence persiste dans les eaux souterraines, une enquête devrait être menée afin de vérifier sa provenance (usage « domestique », sites industriels… ?), et s'il est encore utilisé malgré son interdiction ;

Afin de poursuivre le **contrôle de la qualité des eaux**, un suivi analytique est nécessaire **:**

- la poursuite de la surveillance de la qualité des eaux souterraines, via le RCO de l'Agence de l'eau RM&C. Afin d'optimiser ce réseau dont l'objectif est de suivre l'évolution des problèmes de pollution, il est conseillé de :
  - remplacer le forage des Cravons, non représentatif des principaux problèmes (imidaclopride, metalaxyl, oxadixyl et terbutylazine deséthyl), par un point situé au centre de la plaine (point n°48 par exemple) ;
  - envisager l'analyse de pesticides complémentaires, dont l'usage est connu, mais qui n'ont jamais été analysés dans les eaux (*cf annexe 12*) ;
- enfin, un **bilan analytique complet** des pesticides de la plaine serait pertinent, sur un nombre de points équivalent à l'étude de 2001 (55 points de mesure des pesticides). Ce bilan analytique pourrait être réalisé d'ici 2 à 3 ans (2010-2011), et permettrait de confirmer la question d'une baisse des teneurs pour les principales molécules.

Enfin, il serait intéressant d'étudier la rémanence des pesticides dans les sols, c'est-à-dire d'évaluer les éventuels « stocks » susceptibles d'être remobilisés à l'avenir. Il serait donc pertinent d'envisager une étude basée sur l'analyse des pesticides dans les sols et la zone non-saturée (l'azote pourrait également être analysé).

Remarque : compte tenu de la présence de plusieurs puits privés avec un usage potentiel eau potable, et des dépassements du seuil de potabilité constatés localement pour certains pesticides, il est nécessaire de maintenir une information suffisante auprès des particuliers, afin que l'eau de la nappe alluviale ne soit pas consommée.

6.2. LES NITRATES

L'étude des teneurs en nitrates au sein de la nappe, sur la base des campagnes d'analyse réalisées par le BRGM de 2005 à 2007, ainsi que des données antérieures connues, montre que les concentrations restent très élevées (jusque 307 $mg.l^{-1}$ en aout 2006) sur le centre de la plaine en rive droite.
Les teneurs évoluent au cours de l'année, et apparaissent maximales durant l'été (aout 2006).

Comme indiqué dans le chapitre 5.5.6, l'agriculture semble être la principale source d'azote à l'origine de ces teneurs élevées.

Compte tenu de l'état des lieux réalisé dans cette étude, des **pistes d'action** sont proposées afin de réduire les teneurs en nitrates au sein de la nappe alluviale.

Une origine majoritairement agricole (engrais minéraux) de la pollution a été mise en évidence. Mais il ne faut pas pour autant exclure le rôle d'autres apports, notamment par les rejets d'eaux usées (dispositifs d'assainissement individuel) et les jardins familiaux.

Milieu agricole

- d'une manière générale, mettre en œuvre des **actions permettant de réduire les intrants d'azote vers la nappe** : raisonnement des apports azotés selon les besoins des plantes, éviter de laisser les sols des cultures à nu (hiver) et cultures intermédiaires « pièges à nitrates » pour les cultures autres que celles sous serres… De plus, des modifications radicales de l'occupation des sols sont sans doute à envisager compte tenu de l'ampleur de la pollution, avec des teneurs en nitrates dépassant largement la valeur seuil de 50 mg/l (objectif DCE) ;
- pour les cultures hors-sol : poursuivre la réflexion menée actuellement par la chambre d'agriculture, en concertation avec les acteurs locaux et régionaux, afin d'étudier les **possibilités de recyclage des eaux de drainage** des cultures maraîchères. Cette piste d'action va dans le sens des conclusions de l'étude.

Milieu urbain

- mettre en œuvre les projets prévus pour la **STEP des Baïsses** (2009), afin d'éviter le rejet dans le fossé des eaux de la STEP, qui conduit actuellement à une infiltration systématique vers les eaux souterraines. La rénovation programmée de la STEP de la Fare (traitement tertiaire de l'azote et du phosphore) permettra par ailleurs de limiter les rejets dans l'Arc ;
- l'assainissement individuel est peu contrôlé compte tenu du contexte réglementaire. Or, de nombreuses parcelles du centre de la plaine de Berre ne sont pas raccordées à l'assainissement collectif, et peuvent constituer des sources locales de pollution. La **mise aux normes des dispositifs d'assainissement individuel** est vivement recommandée ;
- jardins familiaux : par définition, les quantités d'azote apportées dans les jardins sont diffuses et difficilement contrôlables. Toutefois, des campagnes de

sensibilisation par les communes (bulletins d'informations des communes…), permettraient de favoriser des pratiques moins polluantes, en encourageant par exemple l'utilisation de compost.

L'amélioration de la qualité de l'eau pour les nitrates est sans doute un objectif plus difficile à atteindre que pour les pesticides, compte tenu des concentrations élevées. Les mesures proposées sont ambitieuses et nécessitent une réflexion approfondie avec les acteurs concernées.

Toutefois, le renouvellement rapide des eaux permettrait sans doute une amélioration rapide en cas de mise en œuvre d'actions efficaces pour limiter les apports d'azote.

De même que pour les pesticides, un suivi des teneurs en nitrates est préconisé :

- la poursuite de la surveillance de la qualité des eaux souterraines via le RCO de l'Agence de l'Eau RM&C. Afin d'optimiser ce réseau dont l'objectif est de suivre l'évolution des teneurs en nitrates (et pesticides), il est conseillé de remplacer le forage des Cravons, non représentatif de la pollution, par un point situé au centre de la plaine (point n°48 par exemple).
- enfin, un **bilan analytique complet** des nitrates de la plaine serait pertinent, et pourrait être mené en même temps que les pesticides en 2010-2011.

7. Bibliographie

Parties 2 et 3 – Connaissance géologique et hydrogéologique

Ayme Y., **Silvestre** J.P. (1999) – Site pétrochimique de Berre-l'étang : Etude de préfaisabilité relative à la réalisation de sondage(s) de reconnaissance hydrogéologique. Rapport Antea n°A15656A). 23p. 3 ann.

BRGM – site internet infoterre – accès aux données sur le sous-sol : http://infoterre.brgm.fr/eSIG/index.jsp.

BRGM (1979) - Carte géologique n°1020-1043, feuille de Martigues-Marseille.

BRGM (1972) - Tableau récapitulatif des jaugeages et relevés des hauteurs d'eau, source de Calissanne. 1p.

BRGM (1972) - Carte hydrogéologique des Bouches-du-Rhône. Notice BRGM n°72 SGN 394 PRC.

Daum J.R., **Desprats** J.F., **Durand** F. (1996) – Précipitations efficaces moyennes annuelles en France (1965 – 1994). Rapport BRGM R 38 975, pp 17, 4 annexes.

DIREN PACA (2002) – Résultats des mesures complémentaires à l'étude hydrogéologique de juin 2001 en vue d'évaluer la pollution nitratée apportée par l'aquifère aux eaux de surface. 10p.

DIREN – site internet de la banque Hydro : http://www.hydro.eaufrance.fr.

Gouvernet (1959) – Données de 15 Sondages réalisés dans la basse vallée de l'Arc.

Gilli, Mangan, Mudry (2004) - Hydrogéologie : Objets, Méthodes, Applications. Editions DUNOD. 303p.

Gravost (1985) - Synthèse hydrogéologique de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Quantité-Qualité. Etat des connaissances en 1985. Rapport BRGM 86-SGN-255-PAC.

IPSEAU (2001) – Etude hydrogéologique de la plaine de Berre. Rapport 00-13-058 de la Direction Régionale de l'Environnement – Provence Alpes Côte d'Azur.

IPSEAU (2003) - Campagne piézométrique sur la nappe de Berre. rapport n°03-114-13.

Partie 4 – Caractérisation chimique et isotopique

Barth S. (1993) – Boron isotope variations in nature: a synthesis, *Geol Rundsch*, 82, 640-651.

Barth S. (1998) – Application of boron isotopes for tracing sources of anthropogenic contamination in groundwater, *Water Research*, 32, 685-690.

Barth S. (2000) - Geochemical and boron, oxygen and hydrogen isotopic constraints on the origin of salinity in groundwaters from the crystalline basement of the Alpine Foreland. *Applied Geochemistry*, 15, p.937–952.

Bergé P. (1983) – Détection par traçage isotopique de l'origine des pollutions azotées d'un aquifère alluvial de la vallée de la Garonne. Thèse, Université Paul Sabatier, Toulouse, 183p.

Böhlke J.K., Horam M. (2000) – Strontium isotope geochemistry of groundwater and streams affected by agriculture, Locust Grove, MD. *Applied Geochemistry*, 15, p.599-609.

Cantazaro E.J., **Champion** C.E., **Garnier** E.L., *et al* (1970) – Boric acid, isotopic and assay standard reference materials, 260-17, U.S.National Bureau of Standards.

Celle H. (2000) **-** Caractérisation des précipitations sur le pourtour de la Méditerranée occidentale. Approche isotopique et chimique, thèse, université d'Avignon, 222 p.

Chabaux F., **Riotte** F., **Schmitt** A-D et al (2005) – Variations of U and Sr isotope ratios in Alsace and Luxembourg rain waters: origin and hydrogeochemical implications. Comptes Rendus Geosciences, Volume 337, Issue 16, p.1447-1456.

Custodio E. **(**1987) - Hydrogeochemistry and tracers in ground-water problems in coastal areas. Stud. Rep. Hydrol. 45, 213–269 (UNESCO).

Deutsch B., Mewes M., Liskow I., Voss M. (2006) - Quantification of diffuse nitrate inputs into a small river system using stable isotopes of oxygen and nitrogen in nitrate. Organic Geochemistry, Volume 37, Issue 10, October 2006, Pages 1333-1342

Dia A., **Cohen** A.S., **O_Nions** R.K., **Shackleton** N.J. (1992) – Seawater Sr isotope variation over the past 300 kyr and influence of global climate cycles. Nature 356, 786–788.

Heaton T.H.E. (1986) – Isotopic studies of nitrogen pollution in the hydrosphere and atmosphere: a review. Chemical Geology 59, 87-102.

Hsissou Y; **Chauve** P; **Mania** J, *et al* (1996) - Characterization of the groundwaters of the Turonian catchment of Tadla (Morocco) by the concentration ratios of Sr2+/Ca2+. Journal of Hydrology 183(3-4), 445-451.

IAEA/UNESCO (2002) – Environmental isotope in the hydrological cycle: Principle and Applications. Vol. II Atmospheric Water, 90 p.

IAEA/WMO (2002) – Global Network of Isotopes in Precipitation. The GNIP Database. Accessible at: http://isohis.iaea.org

IAEA (2005) – Isotopic composition of precipitation in the Mediterranean basin in relation to air circulation patterns and climate. Ed. L. GOURCY, IAEA-TECDOC series n. 1453, 223p.

Jenkins K.A., **Bao** H. (2006) - Multiple oxygen and sulfur isotope compositions of atmospheric sulfate in Baton Rouge, LA, USA. Atmospheric Environment, Volume 40, Issue 24, pp. 4528-4537.

Kendall C., **McDonnell** J.J. (1998) - Isotope Tracers in Catchment Hydrology, Elsevier, Amsterdam, 839 p.

Kloppmann W.**,** et al (2005) – Inventaire transfrontalier 2003 de la qualité des eaux souterraines de la vallée du Rhin supérieur. Traçage isotopique (N, B) de la pollution azotée. BRGM/RP-54028-FR.

Komor S.C. (1997) – Boron contents and isotopic compositions of hog manure, selected fertilizer, and water in Minessota. *Journal of Environmental Quality,* 26, 1212-1222.

Mariotti A. (1984) - Utilisation des variations naturelles d'abondance isotopique en 15N pour tracer l'origine des pollutions des aquifères par les nitrates." Isotope Hydrology 1983. International Atomic Energy Agency, Vienna **1**: 605-634.

Mather J. D., **Porteous** N.C. (2001). "The geochemistry of boron and its isotopes in groundwaters from marine and non-marine sandstone aquifers." Applied Geochemistry **16**: 821-834.

Moncaster S. J., **Bottrell** S.H., **Tellam** J.H., **Lloyd** J.W., Konhauser K.O. (2000) - Migration and attenuation of agrochemical pollutants: insights from isotopic analysis of groundwater sulphate. Journal of Contaminant Hydrology, Volume 43, Issue 2, pp. 147-163.

Négrel P., **Petelet** E. (2005) - Strontium isotopes as tracers of groundwater-induced floods: the Somme case study (France). Journal of Hydrology, Volume 305, Issues 1-4, 10 April 2005, Pages 99-119.

Ohizumi T., **Fukuzaki** N., Kusakabe M. (1997) - Sulfur isotopic view on the sources of sulfur in atmospheric fallout along the coast of the Sea of Japan. *Atmospheric Environment* **13**, 1339-1348.

Pantoja S., **Repeta** D.J, **Sachs** J.P., **Sigman** D.M. (2002) **-** Stable isotope constraints on the nitrogen cycle of the Mediterranean Sea water column. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers, Volume 49, Issue 9, p. 1609-1621.*

Probst A., **El Gh'mari** A., **Aubert** D. et al (2000) - Strontium as a tracer of weathering processes in a silicate catchment polluted by acid atmospheric inputs, Strengbach, France. Chemical Geology, Volume 170, Issues 1-4, p.203-219.

Strauss H. (1997) - The isotopic composition of sedimentary sulfur through time . Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, Volume 132, Issues 1-4, Pages 97-118.

Wadleigh MA, **Schwarcz HP**, **Kramer JR** (1996) - Isotopic evidence for the origin of sulphate in coastal rain. Tellus B, (1): 44-59.

Widory D., **Chéry** L., **Mougin** B., *et al* (2001) – Traçage isotopique des sources de nitrates dans les eaux souterraines : cas du bassin de l'Arguénon (Côtes-d'Armor). Rapport BRGM/RP-51091-FR.

Widory D. **Kloppmann** W., **Chéry** L. *et al* (2004) - Nitrate in groundwater: an isotopic multi-tracer approach. *Journal of Contaminant Hydrology, Volume 72, Issues 1-4, p. 165-188.*

Vengosh A., **Kolodny** Y. **Spivack** A.J. (1998) – Groundwater pollution determined by boron isotope systematics. IAEA-TECDOC-1046, p. 17-37, IAEA.

Vernet M., **Vernet** B. (1980) – Essai de discrimination par méthode isotopique de l'origine des eaux des systèmes karstiques. Application aux karsts continentaux et littoraux de Basse-Provence. Thèse Sciences, Université Aix-Marseille.

Wassenaar L.I. (1995) - Evaluation of the origin and fate of nitrate in the Abbotsford Aquifer using the isotopes of ^{15}N and ^{18}O in NO_3^-. Applied Geochemistry, vol.10, pp. 391–405.

Partie 5 – Problématiques de pollution des eaux (nitrates et pesticides)

ACTA (2007) – Index phytosanitaire, ACTA, 832p.

Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse – site internet des données du système d'informations sur l'eau : http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/accueil.php

Amalric L. (2006) – Estimation de l'incertitude intra laboratoire pour les analyses physico-chimiques : exemple de l'atrazine dans l'eau. Rapport final BRGMRP-54734-FR. 25 p., 10 ill.

Amalric L., **Baran** N., **Jeannot** R., **Martin** J.C., **Mouvet** C., (2002) – Les mécanismes de transfert des produits phytosanitaires du sol vers les nappes et les methods d'analyse des produits phytosanitaires dans les eaux. BRGM/RP-51590-FR, 117 p., 30 fig., 16 tabl., 1 ann.

Boulet A. (2005) – Lutte contre la pollution des eaux par les pesticides en zones non agricoles : analyse et synthèse des actions engagées et recommandations. Mémoire INA Paris-Grignon / MEDD. 125 p.

BRGM – site internet footprint (« outils innovants pour l'évaluation et la réduction du risque pesticides »), projet de recherche européen coordonné par le BRGM : http://www.eu-footprint.org/fr.

Chambre d'Agriculture des B.D.R (2004) - Pratiques agricoles dans la plaine de Berre – contribution à l'étude Aquanet. 45 p., 4 ann.

Chambre d'Agriculture des B.D.R (2005) - Pratiques agricoles dans la plaine de Berre – Compléments d'étude. 52 p.

Chambre d'Agriculture des B.D.R (2006) – Maraîchage en système hors-sol sur la plaine de Berre : Inventaire et gestion des sous-produits. 82 p.

Comoretto L., **Chiron** S. (2005) – Comparing pharmaceutical and pesticide loads into a small Mediterranean river. Journal Science of Total Environnement 349, p201-210.

CORPEP Paca (2005) – Synthèse régionale de la contamination des eaux par les produits phytosanitaires en région PACA. Atlas des eaux souterraines. 62 p.

CORPEP Paca (2005) – Synthèse régionale de la contamination des eaux par les produits phytosanitaires en région PACA. Atlas des eaux superficielles. 85 p.

GIPREB (2005) – Suivi écologique de l'étang de Berre, analyses chimiques, rapport 2005. 21p.

Ladouche B., **Duvail** C., **Marchal** J.P., **Le Strat** P. et **Chery** L., 2003. Détermination de l'origine des nitrates dans l'aquifère du Roussillon par le traçage isotopique des sources d'azote (Commune de Pia, Pyrénées orientales). Rapport BRGM/RP-52745-FR, 54 p., 18 Fig., 3 tab., 1 annexe, 4 tab.

Ministère de l'agriculture et de la pêche – site internet e-phy (catalogue des produits phytopharmaceutiques) : http://e-phy.agriculture.gouv.fr.

Pauwels H. (2000) - Synthèse des cas de dénitrification naturelle dans les eaux souterraines en France : intérêt du processus pour restaurer la qualité des eaux. BRGM/RP-50304-FR. 37p.

Société du Canal de Provence (SCP) (1968) – Etude pédologique de Berre Nord – Carte des sols à l'échelle 1/20000ème.

SRPV PACA, FREDEC PACA (2001) – Les pratiques phytosanitaires en zone non agricole (ZNA). 22p.

UPJ (Union des entreprises pour la Protection des Jardins et des Espaces Verts) – site internet : http://www.upj-asso.org.

Annexe 1

Liste des principaux sondages de la BSS – alluvions de la plaine de Berre

Indice BSS	Désignation	Coord X (Lambert II étendu)	Coord Y (Lambert II étendu)	côte (m)	Type	Prof. atteinte	Epaiss. Alluv. (m)	Nature alluvions	Coef. de perméabilité (en m/s)
10202X0119	PIEZ2	826490.00	1839750.00		PIEZOMETRE	13.00	13	Pz2 : Niveau sup : 4 m d'argiles sableuses, puis Sables/Graviers	
10202X0118	PIEZ1	826380.00	1837002.00		PIEZOMETRE	13.00	13	Pz1 : Argiles sableuses, Qqs niveaux sablo-grav.	
10202X0120	PIEZ3	830159.20	1841720.90		PIEZOMETRE	15.00	15	Pz3 : Niveau sup : 5 m d'argiles sableuses puis sables et graviers	
10202X0121	PIEZ4	828971.40	1840686.20		PIEZOMETRE	15.00	15	Pz4 : Niveau sup : 4 m de sables/ graviers puis sable fin	
10202X0079	SF	830016.00	1836946.00	12.40	SONDAGE	14.00	10	BSS : Sables/graviers (0 à 3 m) puis argile (3 à 9 m)	
10202X0093	Puits des Auberges	830608.00	1842215.00		PUITS	40.40	15	BSS : Sables/graviers (0-8m), argile (8-12), sable fin (12-15 m)	
10202X0049	111111	830654.00	1838860.00	24.00	CARRIERE	4.00	4	BSS : Gravière : Sables/graviers	
10202X0044	111111	830770.00	1841424.00		CARRIERE	5.00	5	BSS : Gravière : Galets, graviers, sable argileux	
10202X0098		829569.00	1834832.00		SONDAGE	4.65	1	BSS : Argile graveleuse	
10202X0020		830025.00	1837817.00		SONDAGE	45.60	10	BSS : Cailloutis (0 à 4,5) Argile sableuse puis marne (4,5 à 5,2 m) Sable argileux et graviers calcaires (5,2 à 10)	
10202X0100		829089.00	1836020.00		SONDAGE	36.20	33	BSS : Alternance sables et limons gris	
10202X0009	S9	827345.00	1841399.00	18.90	SONDAGE	50.00	10	BSS (1959) : Terre grise (0 à 3 m) Argile sableuse (3 à 4 m) Sable gravelo-argileux (4 à 7 m) Argile graveleuse (7 à 8,25 m) Sable graveleux (8,25 à 10 m)	
10202X0008	S8	827251.00	1837753.00	6.40	SONDAGE	11.50	11.5	BSS : sable graveleux + qqs niveaux argileux ou graveleux (0 à 8,7) Puis limons sablo-argileux	K = 4.10-5 (prof : 4,5 m)
10202X0007	S7	827970.00	1838820.00	13.26	SONDAGE	18.00	18	BSS (1959) : Graviers sableux (0 à 8 m) + qqs niveaux argileux Puis sable argileux (8 à 18 m)	K = 3,2.10-4 (prof : 6 m) K = 4.10-5 (prof : 11 m)

Indice BSS	Désignation	Coord X (Lambert II étendu)	Coord Y (Lambert II étendu)	côte (m)	Type	Prof. atteinte	Epaiss. Alluv. (m)	Nature alluvions	Coef. de perméabilité (en m/s)
10202X0006	S6 Grands Lots	828600.00	1840360.00	21.25	SONDAGE	12.25	12.25	BSS (1959) : Graviers sablo-argileux (0 à 5 m) argile sableuse (5 à 5,5 m) Graviers sablo-argileux (5,5 à 10m) argile sableuse (10 à 12,25)	K = 8.10-5 (prof : 9 m)
10202X0004	S4	828427.00	1841340.00	23.50	SONDAGE	11.95	10	BSS (1959) : Graviers sablo-argileux	K = 7.10-7 (prof : 5,5 m)
10202X0002	S2 Gravon	830360.00	1840030.00	30.00	sondage	25.00	18	BSS (1959) : Sables/graviers	K = 2.10-6
10202X0001	S1 59	830097.00	1842415.00	32.00	SONDAGE	13.00	6.00	BSS (1959) : Graviers, cailloutis, sable argilo-calcaire	

Annexe 2

Liste des principaux sondages profonds de la BSS –plaine de Berre

Indice BSS	Coord X (Lambert II étendu)	Coord Y (Lambert II étendu)	Prof. atteinte (en m)	Récent ----------> Ancien						
				Alluvions	Miocène		Maestrichien (indifférencié, Bégudien, Rognacien?)		Maestrichien (Fuvélien)	
				Epaisseur (en m)	Prof. (en m)	Nature	Prof. (en m)	Nature	Prof. (en m)	Nature
10202X0090	826544.71	1840706.30	210.00	n.c.*	/		0 à 60	Sable fin, gravier, argile bigarrée	60 à 210	Marne
10202X0083	826565.00	1840476.00	150.00	10			10 à 40	Argile	40 à 150	Calcaire argileux, argile
10202X0091	827355.11	1841228.41	190.00	n.c.			0 à 54	Sable/Graviers, argile	54 à 190	Marne gris-noir, calcaire
10202X0084	827604.00	1842300.00	90.00	10			10 à 16	Grès/poudingue, puis argile	16 à 90	Calcaire/marne
10202X0094	828045.96	1841359.74	120.00	n.c.			0 à 60	Argile jaune	60 à 120	Marne bigarrée, calcaire, grès, puis lignite
10202X0088	830538.46	1842175.06	50.00	n.c.			/	/	2 à 50	Argile puis marne
10202X0087	832471.21	1842298.43	32.80	n.c.			/	/	2 à 32,8	Argile bigarrée, puis marne
10202X0092	829584.00	1838027.00	485.00	n.c.	0 à 45	Marne sableuse/ calcaire	45 à 330	Marne, calcaire marneux	330 à 485	Calcaire/marne
10202X0075	829926.00	1837106.00	16.00	12			12 à 16	Calcaire argileux/marne		
10202X0095	830006.00	1837076.00	20.00	4			4 à 20	Marne/Calcaire, Marne bigarrée		
10202X0079	830016.00	1836946.00	14.00	10			10 à 14	Marne		
10202X0093	830608.00	1842215.00	40.00	15					15 à 40	Argile/Marne, puis niveaux gréseux**

Indice BSS	Coord X (Lambert II étendu)	Coord Y (Lambert II étendu)	Prof. atteinte (en m)	Récent ----------> Ancien						
				Alluvions	Miocène		Maestrichien (indifférencié, Bégudien, Rognacien?)		Maestrichien (Fuvélien)	
				Epaisseur (en m)	Prof. (en m)	Nature	Prof. (en m)	Nature	Prof. (en m)	Nature
10202X0020	830025.00	1837817.00	45.00	10	10 à 35	Argile bleue	35 à 45	Argiles vertes, puis jaunes		

*n.c. : non connu
**Pendage : 15°, Niveaux calcaires à 36 m, venue d'eau --> 20 à 25 m3/h, Sable fin à 14 m, venue d'eau --> 6 m3/h

Annexe 3

Rapport IPSEAU : Campagne piézométrique sur la plaine de Berre, novembre 2003

RAPPORT

ETUDE N°03- 114-13 - NOVEMBRE 2003

CAMPAGNE PIEZOMETRIQUE SUR LA NAPPE DE BERRE

ETUDE HYDROGEOLOGIQUE

BRGM

Rédigé par : Delphine DORELON *Illustrations : Thierry COLMENAREJO* *Vérifié par : Laurent SAVOUYAUD*	*Version 1 -* *Version 2 -* *Version 3 -*

SOMMAIRE

1. CADRE DE L'ETUDE 1

1.1. RAPPEL DU CONTEXTE 1

1.2. RECENSEMENT DES DONNEES 1

2. CARACTERISATION DE L'AQUIFERE 3

2.1. CONNAISSANCES GEOLOGIQUES DE LA PLAINE ALLUVIALE 3

2.2. RAPPEL DES CONCLUSIONS DE LA CAMPAGNE PIEZOMETRIQUE DE 2000 .. 6

2.3. ETABLISSEMENT DE LA CARTE PIEZOMETRIQUE DE 2003 8

2.3.1. LES DONNEES MANQUANTES 8

2.3.2. LES DONNEES CORRIGEES 8

2.3.3. LE LOGICIEL SURFER 7.0 9

2.4. RESULTATS DE LA CAMPAGNE 2003 11

3. CONCLUSION 13

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Zone d'étude et points recensés (1/50.000°) 5

Figure 2 : Carte piézométrique de la plaine de Berre – janvier 2000 (1/50.000°) 7

Figure 3 : Carte piézométrique de la plaine de Berre – novembre 2003 (1/50.000°) 10

1. CADRE DE L'ETUDE

1.1. RAPPEL DU CONTEXTE

IPSEAU a mis en place en 2000 un réseau de suivi de la nappe de Berre regroupant environ 110 forages, puits et piézomètres qui ont été répertoriés et rattachés au NGF.

Les mesures, réalisées entre le 27 décembre 2000 et le 5 février 2001 avaient alors permis d'établir une carte de nappe haute.

Dans le cadre d'une étude sur les nappes du secteur, le BRGM a demandé à IPSEAU de réaliser une nouvelle campagne de mesures piézométriques sur la nappe de Berre, en période de basses eaux.

1.2. RECENSEMENT DES DONNEES

A partir des points recensés lors de l'étude de 2000, un tableau récapitulatif a été dressé. Celui-ci comporte 116 points, dont 4 non pas été retenus lors de la campagne de cette année, parce qu'ils n'avaient pas fait l'objet d'un nivellement en 2000 ou d'une localisation exacte (coordonnées X et Y en Lambert II). Il s'agit des points référencés aux numéros 16 bis, 21 bis, 102 et 105 bis.

Sur les 112 points restants, 2 correspondent à des exutoires naturels ayant fait l'objet en 2000 d'une mesure au moyen d'un GPS. Cet outil n'étant pas disponible cette année, le relevé n'a pu être réitéré sur les points référencés sous les numéros 107 et 107 bis.

Il reste donc 110 points susceptibles de faire l'objet d'une mesure de niveau piézométrique. Malheureusement, 1 forage était inaccessible pour cause de travaux, 4 propriétaires ont catégoriquement refusé qu'une mesure soit faite et 6 particuliers n'ont pu être joints, que ce soit par téléphone ou en se présentant directement à leur domicile.

La carte piézométrique qui a été établie se base donc non pas sur 110 relevés mais sur 99.

De plus, la carte de 2000 avait été complétée par des calculs de la cote du fil d'eau de l'Arc le long de son linéaire au sein de la plaine de Berre. Ces évaluations du niveau de la ligne d'eau intégrée à

la piézométrie permettaient alors d'appréhender plus précisément les relations nappe-rivière. La présente étude ne porte, elle, que sur la piézométrie générale de la nappe et n'intègre pas de telles données.

Les relevés piézométriques ont été effectués entre le mercredi 7 et le vendredi 14 novembre 2003, avec une sonde électrique. Le retour des pluies dès début novembre nous a incités à limiter la période de mesure, les 99 ouvrages relevés au 14 novembre assurant un maillage suffisant de la plaine de Berre pour dresser une carte de nappe satisfaisante.

Il n'est cependant pas exclu que les pluies ayant eu lieu à cette période (autour du 10 novembre et le 14 entre autre) aient pu fausser légèrement les données de basses eaux, ces pluies ayant pu être suffisantes pour réalimenter, même partiellement, la nappe dans certains secteurs.

2. CARACTERISATION DE L'AQUIFERE

2.1. CONNAISSANCES GEOLOGIQUES DE LA PLAINE ALLUVIALE

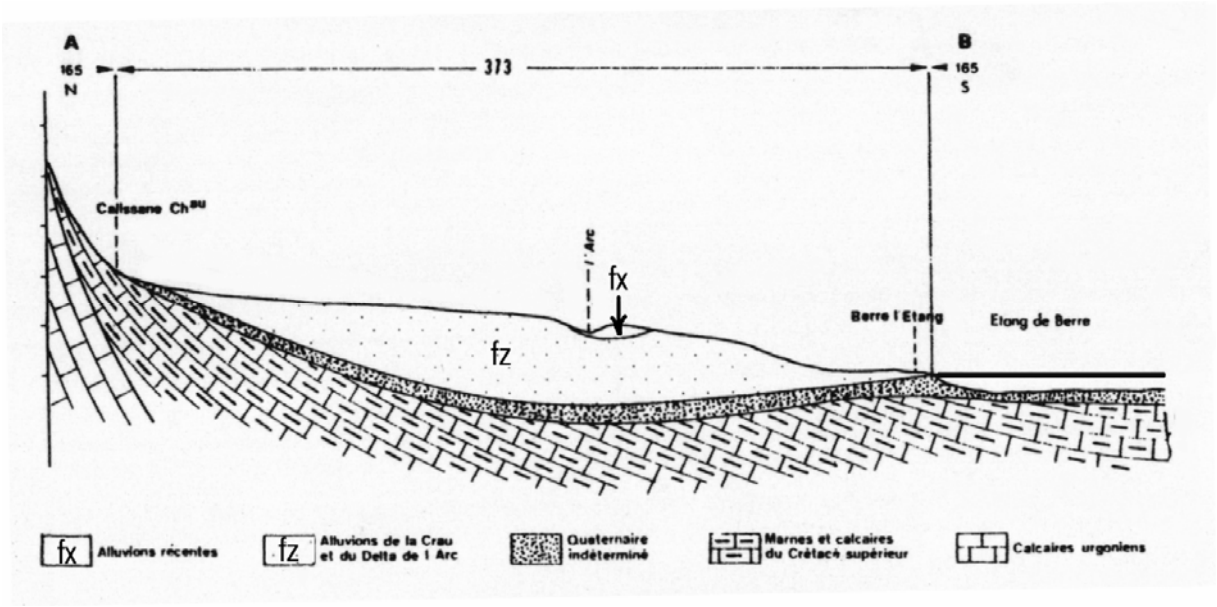
Les informations géologiques suivantes sont issues du rapport IPSEAU n° 00-13-058 de juin 2001 portant sur l'étude hydrogéologique de la plaine de Berre.

Le substratum de la plaine alluviale de l'Arc est constitué par des terrains appartenant au Crétacé supérieur (marnes sableuses, calcaires marneux du Valdo-Fuvélien, calcaires marneux et marnes du Bégudien). Le substratum se situe à la cote – 22 m NGF au sud de Calissanne.

Les limites latérales de la plaine alluviale sont représentées sur la figure 1 qui indique également la localisation des points recensés lors de la campagne 2003.

La composition du matériel alluvial a été reconnue lors de l'exécution d'une campagne de sondages réalisée en 1959. Le sondage n° 1020-2-9 donne la coupe suivante :

- Au fond et reposant sur le Fuvélien, 30 à 35 m de sable et d'argile sableuse avec des niveaux plus argileux et des dépôts tourbeux à la base.
- Au-dessus, une dizaine de mètres de dépôts plus grossiers (éléments calcaires et gréseux, sables siliceux et menus galets)
- Enfin, 6 à 15 m de cailloutis calcaires à lits de limons, sable argileux.



<u>Coupe géologique transversale de la plaine de Berre</u>

(source : Atlas hydrogéologique de la région PACA, BRGM 1985)

Les coupes de 15 sondages réalisées par le professeur GOUVERNET en 1959 dans le cadre de "L'étude de la ressource en eau de la basse vallée de l'Arc" ont permis de visualiser simplement l'hétérogénéité des alluvions, de par leur nature mais aussi par l'épaisseur et la profondeur à laquelle on les rencontre.

D'amont en aval, les niveaux détritiques grossiers diminuent de puissance, des niveaux plus argileux augmentent d'épaisseur dans la partie supérieure : la nappe circulant dans les niveaux plus grossiers tend ainsi à devenir captive.

Sous le site du complexe pétrochimique de SHELL, les matériaux alluvionnaires sont constitués de graviers fins et de sables avec localement des passées argileuses ou limoneuses. Par endroit, les alluvions reposent sur du matériel colluvionnaire notamment sur le pourtour des collines calcaires. L'épaisseur de cet ensemble est variable, de l'ordre de 3 à 5 mètres. Localement, on trouve un sur-creusement du substratum marno-calcaire (Bégudien) suivant une direction N-NE qui traverse la raffinerie de part en part ainsi qu'une partie de l'usine Sud. Les alluvions atteignent ici une épaisseur de 20 mètres. Un autre sur-creusement correspondant à la vallée de l'Arc est identifiable à l'extrémité Nord des installations, la puissance des alluvions est de 25 mètres.

Campagne piézométrique sur la nappe de Berre

ZONE D'ETUDE ET POINTS RECENSES

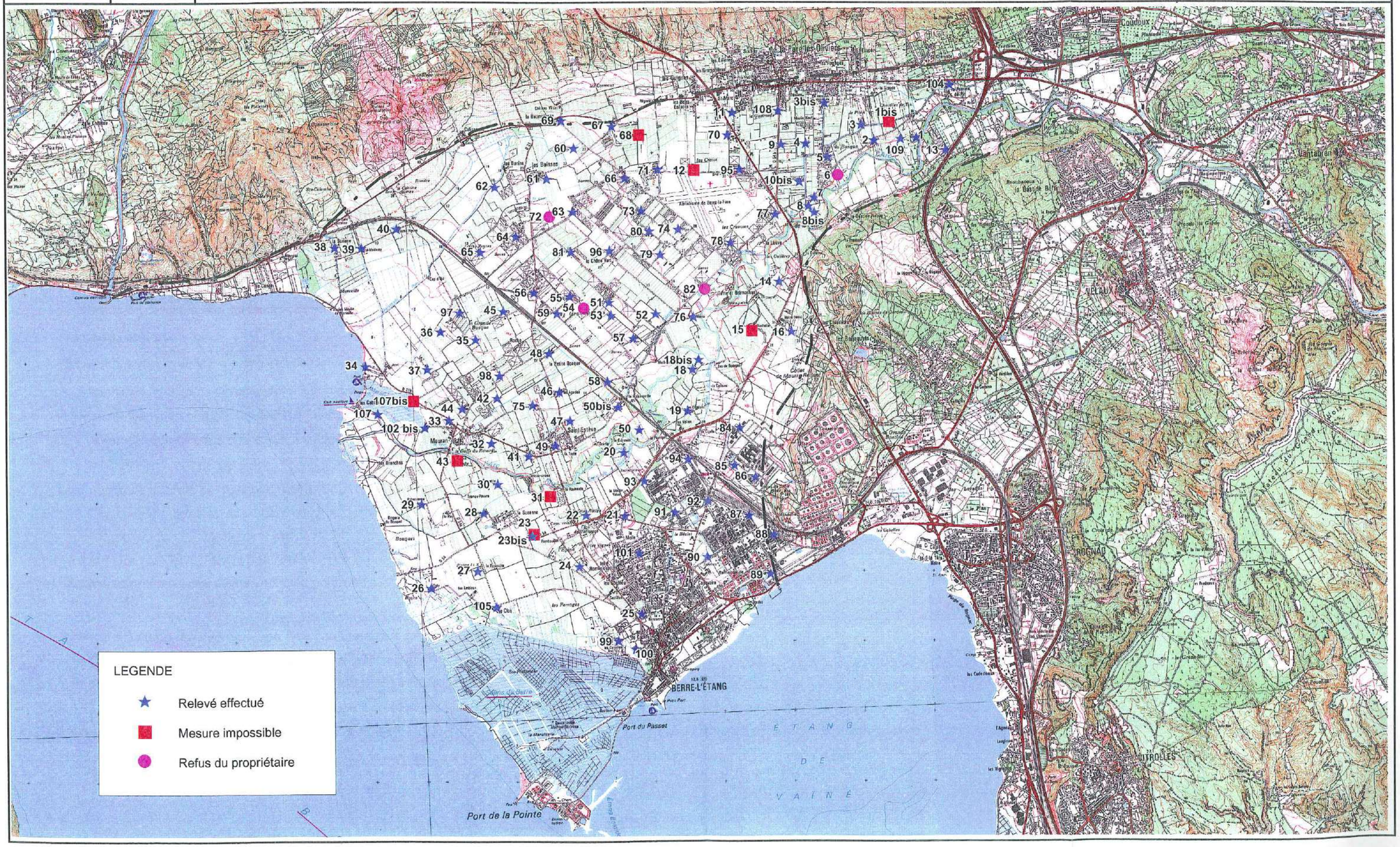
Etude N° 03-114-13 - NOVEMBRE 2003

N

Echelle : 1 / 50 000

0 1 2 km

Fond de plan : IGN


LEGENDE
Relevé effectué
Mesure impossible
Refus du propriétaire
BERRE-L'ÉTANG
Port du Passet
Port de la Pointe
ETANG DE VAINE
Salins de Berre
VITROLLES
ROGNAC
VELAUX
Couloux
Vantabren
Saint-Estève
Mouriès
Les Baisses
Les Croux
Les Olivières
Les Bouquets
Les Bayes
Les Pierrages
Les Cabelles
Les Cabelles
Les Bélèles
Les Bayes
Les Bayes
Les Bayes

Stratigraphiquement, ces formations sont équivalentes à celles de Crau. Elles se sont déposées durant la même période, au début du quaternaire, mais sont de nature et de provenance différentes. Les alluvions présentent des niveaux hétérogènes plus ou moins indurés, avec de fortes variations de perméabilités.

2.2. RAPPEL DES CONCLUSIONS DE LA CAMPAGNE PIEZOMETRIQUE DE 2000

Les enquêtes de terrain réalisées à l'époque ont permis de recueillir des informations sur les caractéristiques géologiques et hydrogéologiques de la nappe.

La plaine de Berre est formée d'alluvions hétérogènes. Les caractéristiques géologiques des alluvions sont très variables. A quelques mètres de distance, sur des ouvrages de même profondeur les horizons rencontrés diffèrent totalement. Les observations relatées sont les suivantes, on note la présence :

- de niveaux de cailloutis plus ou moins indurés,
- de niveaux sableux
- de niveaux argileux de 0,5 à 1 m d'épaisseur,
- de niveaux de « safre », dénomination attribuée localement à des couches de grès calcaires, indurés, se délitant à l'aide d'une barre à mine,
- de niveaux caillouteux dans une matrice sableuse présente en faible quantité.

Certains ouvrages distants de quelques mètres pourront donner des débits variables, voire pas d'eau du tout. Ces diverses observations ont conduit les habitants à parler non pas de nappe phréatique uniforme et présente unilatéralement mais de « veines » d'eau s'écoulant comme des rivières souterraines. En réalité, il s'agit probablement d'un aquifère multicouches à lentilles plus ou moins perméables, offrant ainsi des débits variables pour des ouvrages de même profondeur.

Aux abords de l'étang, en rive droite de l'Arc, deux nappes ont été mises en évidence. Le premier niveau aquifère, dit nappe de surface, se situerait aux alentours de 3 m de profondeur par rapport au sol et le second niveau se rencontrerait à 11 m environ. Ce dernier est captif. En effet, des ouvrages atteignant le second niveau sont artésiens. Il y a une quarantaine d'années, le niveau se stabilisait à 1,50 m au-dessus du terrain naturel. Actuellement, le niveau a baissé.

Campagne piézométrique sur la nappe de Berre

CARTE PIEZOMETRIQUE DE LA PLAINE DE BERRE - Janvier 2000

Etude N° 03-114-13 - NOVEMBRE 2003

N

Echelle : 1 / 50 000

0 1 2 km

Fond de plan : IGN

Au sein de la plaine de Berre, le niveau piézométrique suit globalement la surface topographique et l'écoulement général de la nappe est de direction nord-est / sud-ouest.

Rappelons également que l'état de la piézométrie observée au cours de l'étude de 2000 correspondait à une nappe haute sans qu'il s'agisse pour autant des plus hautes eaux observables.

Cf. Figure 2 : Carte piézométrique de la plaine de Berre – janvier 2000

2.3. ETABLISSEMENT DE LA CARTE PIEZOMETRIQUE DE 2003

2.3.1. Les données manquantes

Quelques rappels doivent être faits sur les données qui ont été utilisées à l'élaboration de la carte piézométrique de 2000 mais qui n'ont pas été réactualisées cette année. Il s'agit :

- De la cote du niveau de l'eau dans l'Arc. En 2000, suite à une modélisation réalisée sur HEC-RAS sur la base du débit moyen mensuel de janvier 2001 à la station de Saint-Estève, 5 estimations du niveau de l'eau dans l'Arc entre La Fare les Oliviers et Mauran avaient été intégrées aux relevés piézométriques.
- De nivellements en bordure de l'étang : les informations manquantes portent sur des points de mesure de 2000 mais également sur des niveaux 0 de référence au bord de l'eau qui auraient permis d'affiner le tracé de la carte piézométrique. Ainsi, sans GPS, il a été impossible de déterminer le niveau de l'eau (en m NGF) aux points 107 et 107 bis.

2.3.2. Les données corrigées

En reprenant les données de 2000 et en réalisant la carte piézométrique de 2003 à partir des données « brutes » du terrain, il s'est avéré que des corrections devaient être faites sur trois points de mesure, sous peine de fausser l'allure des courbes isopièzes :

- Point 81 : l'erreur concerne le nivellement du terrain naturel de ce point au GPS (donnée 2000 : TN (m NGF) = 22,8), incompatible avec les données topographiques. Celui-ci a donc été ré-estimé à partir de la carte IGN au 1/25 000° présentant dans le secteur des courbes de niveau d'équidistance 2,5 m. La cote retenue dans cette étude est désormais : TN (m NGF) = 19,4.
- Point 98 : l'erreur concerne le nivellement du terrain naturel de ce point au GPS (donnée 2000 : TN (m NGF) = 12,18), incompatible avec les données topographiques. Celui-ci a donc été ré-estimé à partir de la carte IGN au 1/25 000° présentant dans le secteur des courbes de niveau d'équidistance 2,5 m. La cote retenue dans cette étude est désormais : TN (m NGF) = 9,3.
- Point 34 : ce forage atteint la nappe profonde d'après les observations de 2000. Artésien cette année là (le niveau piézométrique était alors égal au niveau du terrain naturel), la cote de l'eau

s'est abaissée en 2003 de 18 cm. A l'époque, le niveau piézométrique de la nappe superficielle avait été estimé à 0,2 m NGF compte-tenu du fait que le point se situe à proximité immédiate de l'étang dont le niveau reste globalement proche de celui de la mer (l'étang est en effet relié à la Méditerranée via le chenal de Caronte). Pour la campagne 2003, il a été retenu d'appliquer la baisse de 18 cm à l'estimation faite en 2000 du niveau de la nappe superficielle, ce qui induit un niveau piézométrique au point 34 de 0,02 m NGF.

2.3.3. Le logiciel SURFER 7.0

La carte piézométrique de la nappe de la plaine de Berre a été réalisée à l'aide du logiciel SURFER. Ce logiciel permet en effet de réaliser différents types de cartes, dont des cartes en courbes de niveau, et ce à partir d'une base de données renseignée en X, Y et Z.

Cette base de données sert à l'élaboration d'un quadrillage utilisé par la suite pour l'élaboration de la carte proprement dite.

Plusieurs options de traçage sont proposées par le logiciel. Celle retenue pour la réalisation de la carte piézométrique est la technique de triangulation avec interpolation linéaire (méthode utilisant la triangulation de Delaunay optimale).

L'algorithme crée des triangles en dessinant des lignes joignant les différents points de données. Ces points sont reliés de telle manière qu'aucune face de triangle n'est interceptée par un autre triangle. Les courbes de niveau sont ensuite définies à partir d'une interpolation linéaire des niveaux le long des faces de chacun des triangles.

Il est également important de signaler que l'élaboration de la carte par un logiciel induit inévitablement un « effet aux limites », lié à l'absence de données auxquelles se rattacher pour effectuer correctement l'interpolation aux bordures du domaine de modélisation. C'est pourquoi la carte piézométrique a été volontairement limitée en bordure aux points de mesure les plus extérieurs.

Campagne piézométrique sur la nappe de Berre

CARTE PIEZOMETRIQUE DE LA PLAINE DE BERRE - Novembre 2003

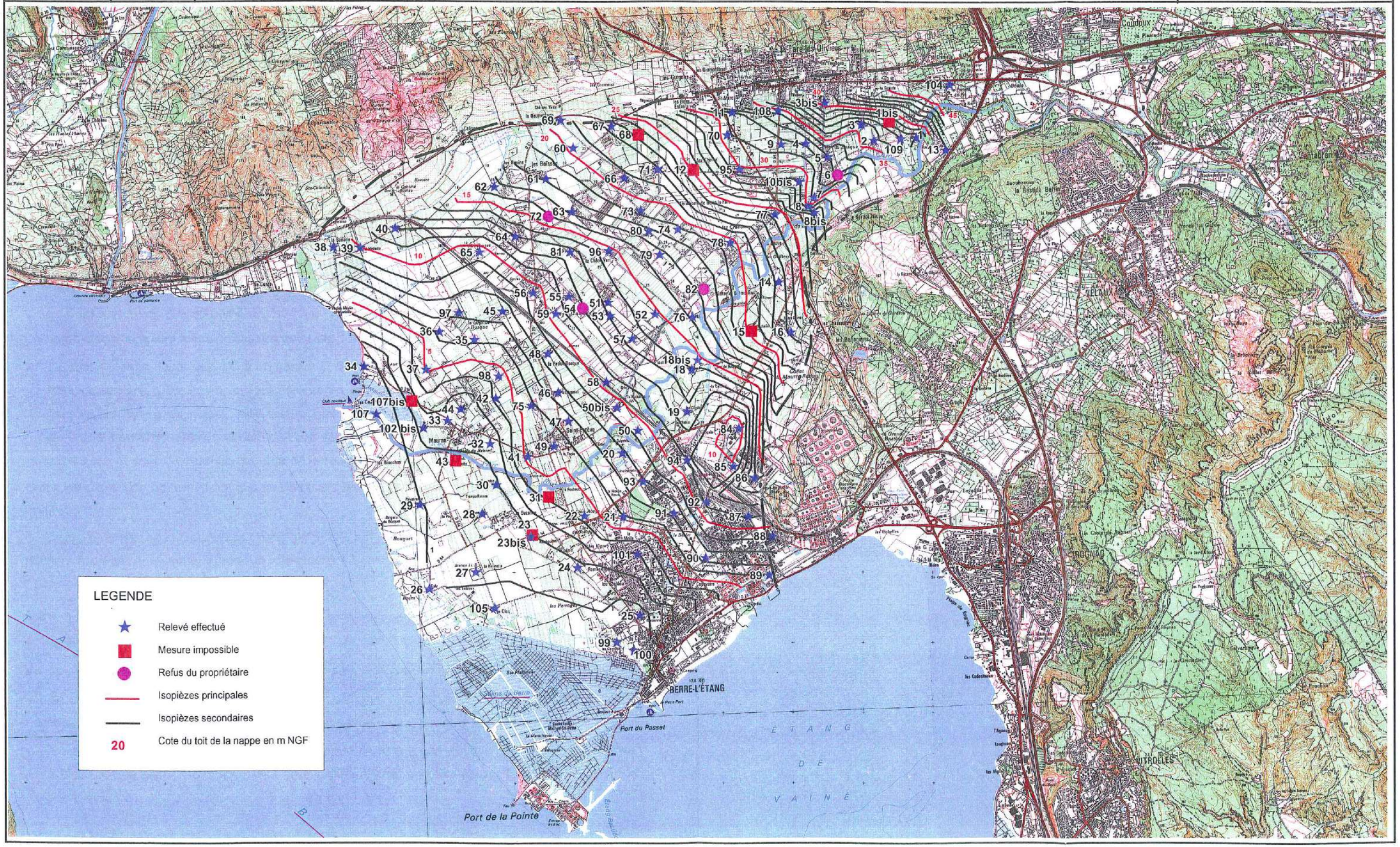
Etude N° 03-114-13 - NOVEMBRE 2003

N

Echelle : 1 / 50 000

0 1 2 km

Fond de plan : IGN



2.4. RESULTATS DE LA CAMPAGNE 2003

La carte piézométrique (cf. Figure 3 : Carte piézométrique de la plaine de Berre – novembre 2003) a été établie en tenant compte uniquement des points intéressants la nappe superficielle (dont le point 34 corrigé).

Sur le site SHELL, une campagne de mesure a été réalisée à notre demande sur les 11 piézomètres ayant déjà fait l'objet d'un relevé piézométrique en 2000. Les relevés ont été effectués par SHELL dans le courant de la semaine 46 et ont permis de préciser la cote altimétrique (en m NGF) des piézomètres concernés.

Pour la partie amont de la nappe, située sur la commune de la Fare, plusieurs observations peuvent être faites (cf. Figure 3). On distingue ainsi deux axes de drainage :

- L'un au sud-ouest des *Chevilles de Touron* qui part en direction de *La Bosque*. Ce « couloir » semble se poursuivre jusqu'à l'aval du point 78.
- Le second, sans doute associé à un ancien lit de l'Arc, se dessine entre le centre équestre et le Pont de la Fare. Cependant, et tout comme en 2000, l'absence de points de mesures en rive gauche de l'Arc à ce niveau nuit à la bonne interprétation des écoulements souterrains. Le secteur est en effet toujours caractérisé par de vastes étendues agricoles et/ou naturelles, sans habitations et sans ouvrage de captage de la nappe.

Entre les deux, une crête hydraulique se dessine clairement depuis le point 2 et jusqu'à l'amont du point 77.

De façon générale, ce secteur où la plaine est étroite est une zone d'alimentation pour le reste de la plaine à l'aval et l'Arc semble y jouer un rôle globalement drainant jusqu'au Pont de La Fare.

Dans la partie centrale de la plaine et en rive droite de l'Arc, on remarque :

- un écoulement général de direction NE – SO
- une alimentation par les versants relativement bien marquée en bordure nord-ouest de la plaine,
- un drainage localisé de la nappe depuis le sud-ouest immédiat des *Bonins* mais également depuis le secteur du *Chêne Vert* et en direction de *la Grande Bosque,* en aval de la voie ferrée,
- les écoulements provenant d'une ligne *la Grande Bosque - Les Acacias*, via *Roche* et *la Petite Bosque* convergent ensuite vers Mauran avant de rejoindre le *Marais du Sagnas* et l'Arc, sur la partie aval

- du Pont de La Fare à la *Malferrade*, l'Arc semble être drainé par la nappe en rive droite. En rive gauche, il semble au contraire profiter des apports de la nappe
- les écoulements en nappe se font ensuite sub-parallèlement à l'Arc, traduisant peut-être un colmatage des berges déjà envisagé en 2000
- à l'aval, la nappe semble plutôt drainer la rivière, au moins en rive gauche.

En rive gauche de l'Arc, la piézomètrie montre :

- un apport par les versants dans le secteur des *Chasseurs* aux alentours des points 16 et 16 bis. Ces écoulements semblent alimenter l'Arc sur cette rive.
- Très rapidement, la piézométrie est fortement influencée par un pompage réalisé au sein de l'usine SHELL, à proximité des piézomètres référencés 84 et 85, et qui a pour effet de rabattre la nappe qui devrait, en conditions naturelles, se trouvait 3 à 4 m plus haut.
- A l'aval, un drainage s'opère vers *l'étang de Vaïné* depuis le point 91.
- Plus au nord, à partir de la RD 21f, la nappe semble plutôt s'orienter vers *les Salins de Berre* et *Sainte-Philomène*.

Rappelons qu'aux abords de l'Arc, l'absence de données du niveau de la lame d'eau peut fausser quelque peu l'interprétation de la carte piézométrique quant aux relations nappe-rivière.

3. CONCLUSION

La piézométrie déterminée lors de cette campagne a permis de confirmer les conclusions de l'étude de 2000 :

« Les alluvions de la plaine de l'Arc à Berre forment un aquifère multicouche à lentilles, partiellement compartimenté. La nature des alluvions très hétérogène conduit à l'apparition de **circulations souterraines selon des chenaux préférentiels**, à une variabilité forte des perméabilités et donc au pompage de débits variants d'un ouvrage à l'autre. »

L'écoulement général de la nappe est de direction nord-est / sud-ouest, la surface piézométrique suivant globalement le terrain naturel.

Notons également que le pompage réalisé au niveau de l'usine SHELL modifie considérablement la piézométrie dans ce secteur, rabattant la nappe de 3 à 4 m.

Enfin, l'état de la piézométrie observé au cours de cette étude correspond à une nappe basse sans qu'il s'agisse pour autant des plus basses eaux observables, les relevés de terrain ayant été faits après les premiers épisodes pluvieux d'automne. En moyenne, en partie centrale et amont de la plaine, la différence de niveau de nappe observée entre les deux campagnes est de l'ordre de 1m. A l'aval, elle est plutôt de l'ordre de 30 à 50 cm.

Annexe 4

Tableau récapitulatif des points de mesures piézométriques en novembre 2003

N_de terrain	X	Y	Différence	Z_piézo déc2000 fév2001	Z_piézo nov2003	Niv_piezo m%margelle	Z_margelle m_NGF	Margelle m%TN	TN_m_NGF	Type	Usage
1	833148.933	1842184.33	1.18	38.37	37.19	3.58	40.77	0.80	39.97	Puits	Abreuvage animaux
1 bis	832754.1736	1842410.279		37.94		Absent	/	Absent	45.64	Forage	Non utilisé
2	832540.7495	1842145.875	1.68	37.57	35.89	7.28	43.17	0.00	43.17	Forage	Habitation + alimentation chevaux
3	832360.9966	1842367.335	1.41	36.69	35.28	8.86	44.14	0.95	43.19	Puits	Habitation + complément irrigation SCP
3bis	831836.4254	1842675.109	0.44	41.15	40.71	5.29	46.00	1.10	44.90	Puits	Non utilisé
4	831563.3163	1842094.854	1.25	33.48	32.23	7.10	39.33	0.30	39.03	Puits	Irrigation
5	831878.2332	1841902.781	1.01	33.91	32.90	8.16	41.06	0.75	40.31	Puits	Habitation + irrigation
6	832016.3026	1841645.088		31.06		Refus	/	Refus	32.56	Puits (1956)	Irrigation
7	831682.4664	1841324.523	0.59	32.13	31.54	4.49	36.03	0.50	35.53	Puits	Non utilisé
8	831600.5077	1841199.906	0.60	31.25	30.65	3.96	34.61	0.66	33.95	Puits	Remplissage des sulfateuses
8bis	831683.7433	1841108.049	2.39	29.53	27.14	6.4	33.54	0.51	33.03	Forage	Habitation
9	831207.6491	1842080.876	0.83	32.45	31.62	6.06	37.68	0.63	37.05	Puits	Arrosage occasionnel
10bis	831469.1236	1841545.745	1.15	29.99	28.84	10	38.84	0.70	38.14	Puits	Utilisé ?
11	830510.796	1842535.345	2.07	33.73	31.66	6.12	37.78	0.00	37.78	Forage	Habitation + irrigation
12	829949.7873	1841711.6		25.45		Absent	/	Absent	30.25	Puits	Habitation
13	833564.2742	1842007.831	1.16	42.99	41.83	6.81	48.64	1.00	47.64	Puits	Non utilisé
14	831169.5125	1840114.145	-0.23	22.04	22.27	6.12	28.39	0.80	27.59	Puits	Irrigation
15	830777.248	1839402.075		17.72		Absent	/	Absent	21.42	Puits	Habitation + irrigation
16	831346.0937	1839395.533	0.42	23.80	23.38	12.72	36.10	0.90	35.20	Puits	Non utilisé
18	829922.2588	1838853.981	0.72	14.72	14.00	4.42	18.42	0.30	18.12	Puits	Habitation
18bis	830006.015	1838994.565	0.75	15.43	14.68	4.6	19.28	0.75	18.53	Puits	Non utilisé (servira à l'irrigation)
19	829847.6111	1838254.391	0.73	13.56	12.83	5.93	18.76	0.80	17.96	Puits	Habitation + arrosage jardin
20	828925.3807	1837659.922	0.22	8.08	7.86	4.08	11.94	0.00	11.94	Puits	Habitation
21	828939.6628	1836752.412	0.30	6.36	6.06	3.77	9.83	0.72	9.11	Forage	Arrosage occasionnel
22	828375.6446	1836763.82	0.53	4.86	4.33	3.13	7.46	0.60	6.86	Puits	Non utilisé
23	827622.1854	1836490.97		2.72		Impossible	/	Impossible	6.22	Forage	Arrosage occasionnel
23bis	827597.3035	1836464.897	0.45	2.36	1.91	4.45	6.36	0.65	5.71	Puits	Habitations (3)
24	828277.5683	1836028.592	0.53	2.26	1.73	3.43	5.16	0.65	4.51	Puits (1903)	Habitation + fleurs + poules
25	829172.5576	1835342.351	0.19	0.82	0.63	2.59	3.22	0.70	2.52	Puits	Arrosage occasionnel
26	826154.4947	1835712.504	0.02	1.04	1.02	0.32	1.34	0.15	1.19	Puits	Habitation + arrosage jardin
27	826815.7322	1835955.733	0.27	1.58	1.31	1.22	2.53	0.40	2.13	Puits	Habitation + arrosage jardin + abreuvage

N_de terrain	X	Y	Différence	Z_piézo déc2000 fév2001	Z_piézo nov2003	Niv_piezo m%margelle	Z_margelle m_NGF	Margelle m%TN	TN_m_NGF	Type	Usage
28	826909.8203	1836788.066	0.50	2.13	1.63	4.81	6.44	0.71	5.73	Puits	Habitation (4) + remplissage cuves sulfateuses
29	826022.955	1836913.315	0.52	1.48	0.96	2.69	3.65	0.47	3.18	Puits	Habitation + remplissage cuves sulfateuses
30	827108.6973	1837207.245	0.35	2.21	1.86	6.3	8.16	0.00	8.16	Puits	Habitation + arrosage jardin
31	827858.4361	1837035.635		3.92		Absent	/	Absent	9.72	Puits	Non utilisé
32	827025.2794	1837794.423	0.63	2.84	2.21	4.075	6.29	0.00	6.29	Puits	Irrigation
33	826418.3657	1838121.94	1.05	3.54	2.49	2.1	4.59	0.00	4.59	Puits	Irrigation serres
34	825219.5568	1838898.896	0.18	4.02	3.84	1.18	5.02	1.00	4.02	Puits	Habitation
35	826805.4632	1839282.84	1.35	7.57	6.22	3.95	10.17	0.00	10.17	Forage	Habitation + irrigation
36	826304.2109	1839393.683	0.90	7.17	6.27	2.35	8.62	0.00	8.62	Puits	Non utilisé
37	826113.3089	1838852.271	0.60	5.78	5.18	1.95	7.13	0.20	6.93	Forage	Irrigation
38	824784.5526	1840602.618	1.95	11.09	9.14	7	16.14	1.20	14.94	Puits	Habitation + lavage des cuves à vin
39	825170.6208	1840595.209	0.32	10.31	9.99	1.77	11.76	0.65	11.11	Puits	Habitation (2)
40	825674.1564	1840874.074	2.01	14.12	12.11	4.66	16.77	0.60	16.17	Puits	Habitation (2) + arrosage jardin
41	827556.4262	1837609.807	0.78	6.16	5.38	3.8	9.18	0.87	8.31	Puits	Arrosage occasionnel + poules
42	827105.3389	1838443.455	1.35	5.61	4.26	2.36	6.62	-2.12	8.74	Puits	Habitation + arrosage + élevage poules
43	826529.6323	1837542.938		1.31		Absent	/	Absent	4.96	Forage	Habitation + arrosage + chevaux
44	826606.8162	1838287.199	1.81	3.84	2.03	3.56	5.59	0.00	5.59	Puits	Irrigation serres
45	827201.5397	1839692.429	1.21	8.75	7.54	6.52	14.06	0.91	13.15	Puits	Arrosage des vignes occasionnel (SCP)
46	827999.224	1838530.687	1.06	8.58	7.52	5.69	13.21	0.78	12.43	Puits	Non utilisé
47	828148.5235	1838118.535	1.23	7.92	6.69	6.48	13.17	0.00	13.17	Puits	Irrigation des serres
48	827854.1699	1839087.232	1.23	9.79	8.56	6.03	14.59	0.60	13.99	Puits	Non utilisé
49	827940.1	1837761.042	1.37	6.65	5.28	4.37	9.65	-1.80	11.45	Forage	Arrosage jardin + chevaux + chiens
50	829150.486	1837986.141	0.37	9.68	9.31	5.07	14.38	0.00	14.38	Puits	Irrigation des vignes
50bis	828849.8487	1838312.829	0.70	10.23	9.53	8.10	17.63	0.75	16.88	Puits	Habitation
51	828726.3659	1839820.31	0.80	14.11	13.31	4.80	18.11	-1.90	20.01	Puits	Utilisation réduite (lavages mains, rinçage matériel…)
52	829395.1293	1839650.111	1.17	15.98	14.81	4.29	19.10	-3.48	22.58	Puits	Habitation + irrigation (serres)
53	828753.9691	1839632.602	0.77	13.91	13.14	4.52	17.66	-1.60	19.26	Forage	Habitation

N_de terrain	X	Y	Différence	Z_piézo déc2000 fév2001	Z_piézo nov2003	Niv_piezo m%margelle	Z_margelle m_NGF	Margelle m%TN	TN_m_NGF	Type	Usage
54	828353.0275	1839739.216		12.92		Refus	/	Refus	17.92	Puits	Irrigation
55	828156.6171	1839906.866	1.16	12.67	11.51	7.01	18.52	0.85	17.67	Puits	Habitation (traitement Culligan) + irrigation
56	827642.222	1839959.944	1.36	10.76	9.40	6.31	15.71	0.00	15.71	Puits	Habitation + (irrigation : en secours de la SCP)
57	829073.3441	1839300.693	0.82	14.40	13.58	3.52	17.10	-3.30	20.40	Puits	Irrigation serres
58	828698.0125	1838678.154	0.52	11.07	10.55	3.72	14.27	0.00	14.27	Puits	Habitation + arrosage jardin
59	827971.2194	1839661.358	1.38	11.95	10.57	5.58	16.15	0.00	16.15	Puits	Habitation + arrosage jardin
60	828222.9716	1842034.673	0.98	21.33	20.35	1.63	21.98	0.10	21.88	Puits	Utilisation pour le hangar
61	827832.7026	1841594.969	0.98	19.17	18.19	2.46	20.65	0.23	20.42	Forage	Lavage et remplissage des cuves sulfateuses
62	827092.344	1841474.796	0.63	17.45	16.82	2.03	18.85	0.00	18.85	Forage	Habitation (filtration complète) + irrigation (serres)
63	828206.3664	1841120.292	0.85	18.20	17.35	4.25	21.60	1.00	20.60	Puits	Habitation + lavage des cuves
64	827385.8695	1840765.725	0.86	13.90	13.04	3.66	16.70	0.00	16.70	Puits	Irrigation
65	826877.0731	1840539.116	1.22	10.53	9.31	5.10	14.41	0.32	14.09	Forage	Non utilisé
66	828960.0114	1841602.03	2.07	22.88	20.81	5.72	26.53	1.11	25.42	Puits	Irrigation
67	828776.3967	1842344.195	0.44	22.73	22.29	3.42	25.71	0.58	25.13	Forage	2 habitations (7pers.) + arrosage jardin
68	829161.0212	1842217.432		23.44		Absent	/	Absent	27.47	Puits	Non utilisé
69	828041.465	1842431.025	2.54	23.15	20.61	3.56	24.17	0.00	24.17	Puits	Habitation (3)
70	830437.8739	1842213.842	0.62	31.56	30.94	2.48	33.42	0.00	33.42	Puits	Non utilisé
71	829434.889	1841723.743	1.47	23.30	21.83	3.16	24.99	-2.97	27.96	Puits	Habitation + irrigation des serres (3 ha au goutte à goutte)
72	827864.3902	1841052.983		16.72		Refus	/	Refus	19.42	Puits	Habitation + irrigation
73	829193.4377	1841132.566	1.12	20.57	19.45	6.45	25.90	0.00	25.90	Puits	Irrigation serres (1,5 ha : goutte à goutte et aspersion)
74	829722.886	1840862.091	0.55	19.33	18.78	2.75	21.53	-6.45	27.98	Puits	Habitation + irrigation
75	827611.0032	1838343.118	1.00	6.86	5.86	5.13	10.99	0.86	10.13	Puits	Irrigation serres (3 ha : goutte à goutte)
76	829933.9467	1839607.815	0.62	16.80	16.18	4.68	20.86	0.75	20.11	Puits	Non utilisé
77	831119.9315	1841077.312	0.48	24.72	24.24	11.40	35.64	0.35	35.29	Forage	Habitation (1) + coopérative

N_de terrain	X	Y	Différence	Z_piézo déc2000 fév2001	Z_piézo nov2003	Niv_piezo m%margelle	Z_margelle m_NGF	Margelle m%TN	TN_m_NGF	Type	Usage
78	830480.6424	1840672.274	1.02	20.52	19.50	5.00	24.50	-6.72	31.22	Puits	Habitation (2) + irrigation (serres)
79	829464.2326	1840500.622	0.85	17.57	16.72	8.75	25.47	0.00	25.47	Forage	Non utilisé
80	829311.162	1840839.65	0.86	18.66	17.80	8.67	26.47	0.66	25.81	Puits	Non utilisé
81	828175.6078	1840546.574	0.98	13.55	12.57	6.63	19.20	-0.20	19.40	Forage	Habitation (3 pers)
82	830097.3579	1840007.892		18.41		Refus	/	Refus	29.11	Puits	Habitation (2) + (irrigation en secours)
84	830600	1838010	4.60	13.60	9.00	4.40	13.40		0.00	Piézomètre	Surveillance SHELL Aubette
85	830520	1837470	3.55	13.60	10.05	3.55	13.60		0.00	Piézomètre	Surveillance SHELL Aubette
86	830820	1837300	2.00	16.20	14.20	2.00	16.20		0.00	Piézomètre	Surveillance SHELL Aubette
87	830730	1836750	0.03	11.19	11.16	1.48	12.64		0.00	Piézomètre	Surveillance SHELL Raffinerie
88	831080	1836470	0.07	9.30	9.23	2.96	12.19		0.00	Piézomètre	Surveillance SHELL Raffinerie
89	831030	1835910	0.11	6.36	6.25	0.93	7.18		0.00	Piézomètre	Surveillance SHELL Raffinerie
90	830120	1836160	-0.28	7.25	7.53	1.24	8.77		0.00	Piézomètre	Surveillance SHELL Chimie
91	829660	1836800	-0.14	7.14	7.28	3.09	10.37		0.00	Piézomètre	Surveillance SHELL Chimie
92	830130	1836960	-0.12	11.29	11.41	1.18	12.59		0.00	Piézomètre	Surveillance SHELL Chimie
93	829220	1837250	-0.01	7.90	7.91	4.65	12.56		0.00	Piézomètre	Surveillance SHELL Chimie
94	829850	1837560	-0.48	10.61	11.09	2.48	13.57		0.00	Piézomètre	Surveillance SHELL Chimie
95	830614.5514	1841722.958	0.14	30.11	29.97	4.05	34.02	0.30	33.72	Forage	Arrosage + pompe à chaleur pour l'habitation
96	828733.9988	1840559.878	1.33	15.96	14.63	7.59	22.22	0.12	22.10	Forage	Habitation
97	826579.0205	1839666.354	0.72	7.95	7.23	0.75	7.98	-2.50	10.48	Puits	Habitation +irrigation (serres)
98	827146.2793	1838764.833	1.10	5.56	4.46	3.24	7.70	-1.60	9.30	Puits	Irrigation (vergers)
99	828840.5179	1834957.634	-0.06	0.46	0.52	0.75	1.27	0.00	1.27	Puits	Arrosage jardin + basse-cour
100	829091.1879	1834835.976	0.07	0.36	0.29	0.61	0.90	0.00	0.90	Puits	Arrosage jardin + poules
101	829141.8579	1836215.168	0.15	3.05	2.90	4.97	7.87	1.10	6.77	Puits	Arrosage jardin + lavage voiture

N_de terrain	X	Y	Différence	Z_piézo déc2000 fév2001	Z_piézo nov2003	Niv_piezo m%margelle	Z_margelle m_NGF	Margelle m%TN	TN_m_NGF	Type	Usage
102				0.00		non retenu	/	non retenu	0.00	Forage	Habitations (3) + arrosage jardin
102bis	826075.3548	1838012.997	0.25	2.61	2.36	2.26	4.62	0.60	4.02	Puits	Non utilisé
104	833625.5467	1842938.864	1.53	51.00	49.47	3.79	53.26	0.95	52.31	Puits	Arrosage jardin
105	827085.6965	1835445.482	0.51	0.97	0.46	0.53	0.99	0.00	0.99	Puits (forage)	Arrosage jardin (habitation)
105bis				0.00		non retenu	/	non retenu	0.00	Forage	Habitation
107	825396.3569	1838212.104		0.79		pas de GPS	/	pas de GPS	0.79	Exutoire naturel	Déversement du marais dans l'Arc
107bis	825906.1028	1838394.316		3.01		pas de GPS	/	pas de GPS	3.01		
108	831167.2396	1842562.494	0.57	34.85	34.28	6.53	40.81	1.43	39.38	Puits	Non utilisé
109	832919.7615	1842165.776	1.30	38.23	36.93	3.00	39.93	0.45	39.48		
16 b				0.00		non retenu	/	non retenu	35.20	Forage	
21b				0.00		non retenu	/	non retenu	9.11	Forage	

Annexe 5

Rapport Diren des mesures réalisées sur l'Arc, décembre 2002

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

DIRECTION REGIONALE DE
L'ENVIRONNEMENT
PROVENCE - ALPES - CÔTE D'AZUR

AQUIFERE DE L'ARC
DE LA PLAINE DE BERRE L'ETANG

Résultats des mesures complémentaires à l'étude hydrogéologique de juin 2001 en vue d'évaluer la pollution nitratée apportée par l'aquifère aux eaux de surface

Décembre 2002

AQUIFERE DE L'ARC DE LA PLAINE DE BERRE L'ETANG

Résultats des mesures complémentaires à l'étude hydrogéologique de juin 2001, en vue d'évaluer la pollution nitratée apportée par l'aquifère aux eaux de surface.

Dans le cadre de la politique régionale de l'eau qui a mis l'accent sur la lutte contre les pollutions diffuses des eaux souterraines, et du Schéma d'aménagement et de gestion des eaux du bassin versant de l'Arc dont la démarche diagnostic avait mis en avant les problèmes de qualité de la nappe alluviale de l'Arc, une étude hydrogéologique de l'aquifère de la plaine de Berre l'Etang avait été commandée en juillet 2000 par la DIREN au bureau d'études IPSEAU afin de faire le point sur son état quantitatif et qualitatif.
L'étude remise en Septembre 2001 et présentée aux élus du secteur le 7 Décembre 2001 avait montré la dégradation importante de l'aquifère, dans la plaine des Gravons, par les nitrates et les pesticides.
Une approche théorique par calcul avait permis d'évaluer les apports directs d'azote de la nappe à l'étang de Berre (40t/an), et indirects par écoulement dans l'Arc (220t/an). Ce dernier apport avait été établi à partir d'évaluations des débits drainés par l'Arc et des teneurs moyennes en nitrates de l'aquifère drainé.
Il avait été convenu que cette dernière approche devrait être précisée par une campagne de mesures des débits de l'Arc et de sa qualité physico-chimique (notamment de ses teneurs en nitrates), vu l'enjeu qualitatif pour l'Etang de Berre.

Ces mesures complémentaires commandées par la DIREN à la Société du Canal de Provence, ont été réalisées au cours de l'année 2002 _ voir ci joint le compte rendu des résultats par la SCP et la carte de localisation des points de mesures_

A partir des résultats bruts du tableau 1, un calcul des différences de débits entre stations (traduisant les apports de la nappe ou à la nappe), a été effectué ainsi qu'un calcul des flux de nitrates (et d'azote d'origine nitrates) au niveau de chaque station de mesure (traduisant le flux de la nappe + le flux de la rivière), et entre les stations (traduisant le flux en provenance de la nappe). Les résultats sont présentés dans le tableau 2.
Leur examen fait apparaître clairement :

- un drainage de la nappe par l'Arc bien marqué entre les stations 3 et 4 (augmentation des débits de 160 l/s en moyenne) et un peu moins marqué entre les stations 2 et 3 (augmentation des débits de 125 l/s en moyenne). Une seule diminution de débit apparaît le 17/10/02 entre les stations 1 et 2, elle n'est pas significative pour être retenue.
- Une augmentation nette des teneurs en nitrates du cours d'eau entre les stations 3 et 4 (11 mg/l en moyenne), à mettre en relation avec l'apport de débit en provenance de la nappe.

L'influence de la nappe sur la qualité des eaux de l'Arc étant confirmée, en étiage, par la baisse de température de l'eau entre les stations 3 et 4, ainsi que par la baisse significative des teneurs en orthophosphates des eaux entre les stations 2 et 4 (les eaux souterraines sont plus froides et moins riches en orthophosphates).

Les flux de nitrates calculés s'élèvent à environ 1500t/an à la station aval (4), dont environ 1000t proviennent de l'Arc à l'amont et 500 t environ proviennent de la nappe essentiellement entre les stations 3 et 4.
Il est à remarquer que la concentration en nitrates des eaux de la nappe drainées par l'Arc entre les stations 3 et 4, calculée à partir du flux, est d'environ 100 mg/l. Cette valeur est en accord avec les teneurs en nitrates des eaux souterraines au droit de l'Arc entre ces deux stations (voir carte IPSEAU).
Par ailleurs si l'on prend en compte l'estimation faite par IPSEAU du flux de nitrates de la nappe se déversant directement dans l'étang ,(180 t/an), cela nous conduit à un flux total de **680t/an** de nitrates amenés par la nappe à l'étang.

Si l'on veut estimer les flux totaux d'azote, il faudrait prendre en compte les autres formes de cet élément, mais on ne dispose que des valeurs de NH4. Les autres formes de l'azote n'ont pas été analysées, elles sont cependant habituellement négligeables dans les eaux souterraines, mais, par contre, peuvent être plus importantes dans l'Arc.

L'examen des valeurs de NH4 dans le tableau 1 montre (pour les trois périodes de mesures concernées), un apport quasi nul de ce polluant par la nappe, et des valeurs faibles en provenance de l'Arc amont (seules les mesures du 17/10/02 fournissent des valeurs un peu plus importantes). Le flux moyen en NH4 de l'Arc reste cependant faible (environ 6t/an à la station aval, soit 5t/an exprimé en flux d'azote), comme le montre le tableau 2b.

La traduction en flux **d'azote total** (valeur par défaut pour les eaux superficielles) fournit donc respectivement les valeurs suivantes : 335t à la station aval dont 217t proviennent de l'Arc; et 118t. de la nappe.
Donc environ 1/3 de l'azote véhiculé par l'Arc vers l'étang de Berre provient de l'aquifère.

Il est à remarquer que les proportions évaluées par l'étude IPSEAU en 2001(600t d'azote apportés par l'Arc dont 220t provenant de l'aquifère) sont donc conservées. Les valeurs absolues des apports évaluées dans l'étude IPSEAU en 2001 et celles calculées à partir des mesures de la SCP de 2002 sont dans un rapport de 1 à 2. Cette différence peut être liée aux conditions climatiques différentes lors de l'acquisition des données.

Par ailleurs l'estimation par IPSEAU du flux d'azote de la nappe, se déversant directement dans l'étang étant de 40t/an, le flux total d'azote apporté à l'étang par la nappe peut donc être estimé, sur la base des mesures effectuées en 2002, à : 118 + 40 =**158t /an.**

Aix en Provence le 17/12/02.

SOCIETE DU CANAL DE PROVENCE
ET D'AMENAGEMENT DE LA REGION PROVENCALE
SERVICE DEVELOPPEMENT
Laboratoire d'Analyses des Terres et des Eaux (LATE)

Accrédité COFRAC – Réf. 1-1192

RESULTATS DES CAMPAGNES DE MESURES ET DE DEBITS SUR L'ARC (BERRE – 2002)

Le tableau ci-joint récapitule l'ensemble des résultats.

1. Les campagnes de prélèvements

Quatre campagnes ont été réalisées (13.06, 11.07, 11.10 et 21.11.2002).

Les deux premières l'ont été en période de basses eaux, la seconde en étiage sévère. La quatrième l'a été en période de hautes eaux.

2. Les points de prélèvements

Quatre points ont été définis dans le cahier des charges :

- **Point 1** : Amont zone a étudié (Jas de Bourges)
- **Point 2** : Niveau pont SNCF (niveau zone intermédiaire)
- **Point 4** : à l'aval du Pont de Mauran
- **Point 3** : à l'amont du Pont de Mauran (hors influence Etang de Berre)

3. Les prestations réalisés

Chaque point a été investigué :

- Au niveau de la qualité des eaux (physico-chimie basique)
- Au niveau d'une mesure de débit (par jaugeage au micromoulinet).

4. Les résultats

L'ensemble des résultats est récapitulé dans le tableau ci-joint :

Commentaires :

4.1. Minéralisation (Cations et anions majeurs)

Sur l'ensemble des quatre campagnes, il n'y a pas d'évolution significative de la minéralisation Cations/Anions majeurs de l'amont vers l'aval (Calcium/Magnesium, Sodium/Potassium, Chlorures/Sulfates).

4.2. Les teneurs en nitrates

Sur chaque campagne, il y a toujours un différentiel positif entre les points 3 et 4 (amont et aval Mauran). Ce différentiel est nettement souligné en périodes de basses eaux, moins en hautes eaux.

4.3. Les mesures de débits

Là aussi sur les quatre campagnes, le débit du point 4 est constamment supérieur à celui du point 3, alors qu'il n'y a pas d'apport manifeste d'eaux superficielles.

4.4. Autres paramètres

La température du point 4 est en période de basses eaux significativement inférieure à celle du point 3.

En conclusion,

Le différentiel positif décelà en nitrates et en débit entre les points 3 et 4, amont et aval Mauran est significatif d'une alimentation en eau souterraine enrichie en Nitrates.

Il serait judicieux d'exprimer cet apport en terme de flux de nitrates,

L'ingénieur chimiste,

Jean-Pierre MORI

SOCIETE DU CANAL DE PROVENCE

Laboratoire d'Analyses des Terres et des Eaux (LATE)

Le Tholonet, le 26/11/2002

RESULTATS DES CAMPAGNES DE MESURES ET DE DEBITS SUR L'ARC (TERRITOIRE DE BERRE L'ETANG)

Date	Libellé des Points de prélèvements	pH	Conductivité µs	Calcium mg/l Ca	Magnésium mg/l Mg	Sodium mg/l Na	Potassium mg/l K	Ammonium mg/l NH4	Phosphate oPO4	Chlorures mg/l Cl	Sulfates mg/l SO4	Nitrates mg/l NO3	Débits m3/s	Température ° C
13.06.02	Point 1 : Jas de Bourges	8,30	808	110	15	48	6,4	0,04		56	120	12	1,068	23,4
13.06.02	Point 2 : Amont Pont SNCF	8,30	830	110	15	50	6	0,03		56	130	12	1,171	22,9
13.06.02	Point 3 : Amont Mauran	8,10	852	110	15	60	5,6	0,03		58	140	13	1,346	21,8
13.06.02	Point 4 : Aval Mauran	8,10	876	120	15	50	5,8	0,04		56	140	24	1,452	20,4
11.07.02	Point 1 : Jas de Bourges	8,70	900	120	16	52	7,4	< 0,02	1,5	68	160	12	0,29	26
11.07.02	Point 2 : Amont Pont SNCF	8,30	896	120	16	50	6,4	0,03	1,2	66	160	10	0,407	25
11.07.02	Point 3 : Amont Mauran	8,20	902	120	16	50	6,5	0,02	1,1	68	160	12	0,47	23
11.07.02	Point 4 : Aval Mauran	8,30	950	140	17	48	7,4	< 0,02	0,69	68	170	36	0,61	17,5
17.10.02	Point 1 : Jas de Bourges	8,50	856	130	17	42	5,6	0,4	0,94	54	140	15	2,563	17
17.10.02	Point 2 : Amont Pont SNCF	8,40	844	120	17	40	5,4	0,23	0,85	54	150	14	2,417	17
17.10.02	Point 3 : Amont Mauran	8,40	768	110	16	36	4,8	0,16	0,74	46	130	11	2,59	17
17.10.02	Point 4 : Aval Mauran	8,48	770	110	15	34	5	0,18	0,69	46	130	16	2,85	17
21.11.02	Point 1 : Jas de Bourges	8,60	848	130	18	42	4,6			50	150	16	4,52	13
21.11.02	Point 2 : Amont Pont SNCF	8,40	845	130	18	42				50	140	15	4,85	13,8
21.11.02	Point 3 : Amont Mauran	8,40	843	140	18	34	4,6			48	140	15	4,74	13,5
21.11.02	Point 4 : Aval Mauran	8,40	848	140	19	36	4,8			48	140	18	4,88	13,5

L'ingénieur chimiste,

Jean-Pierre MORI

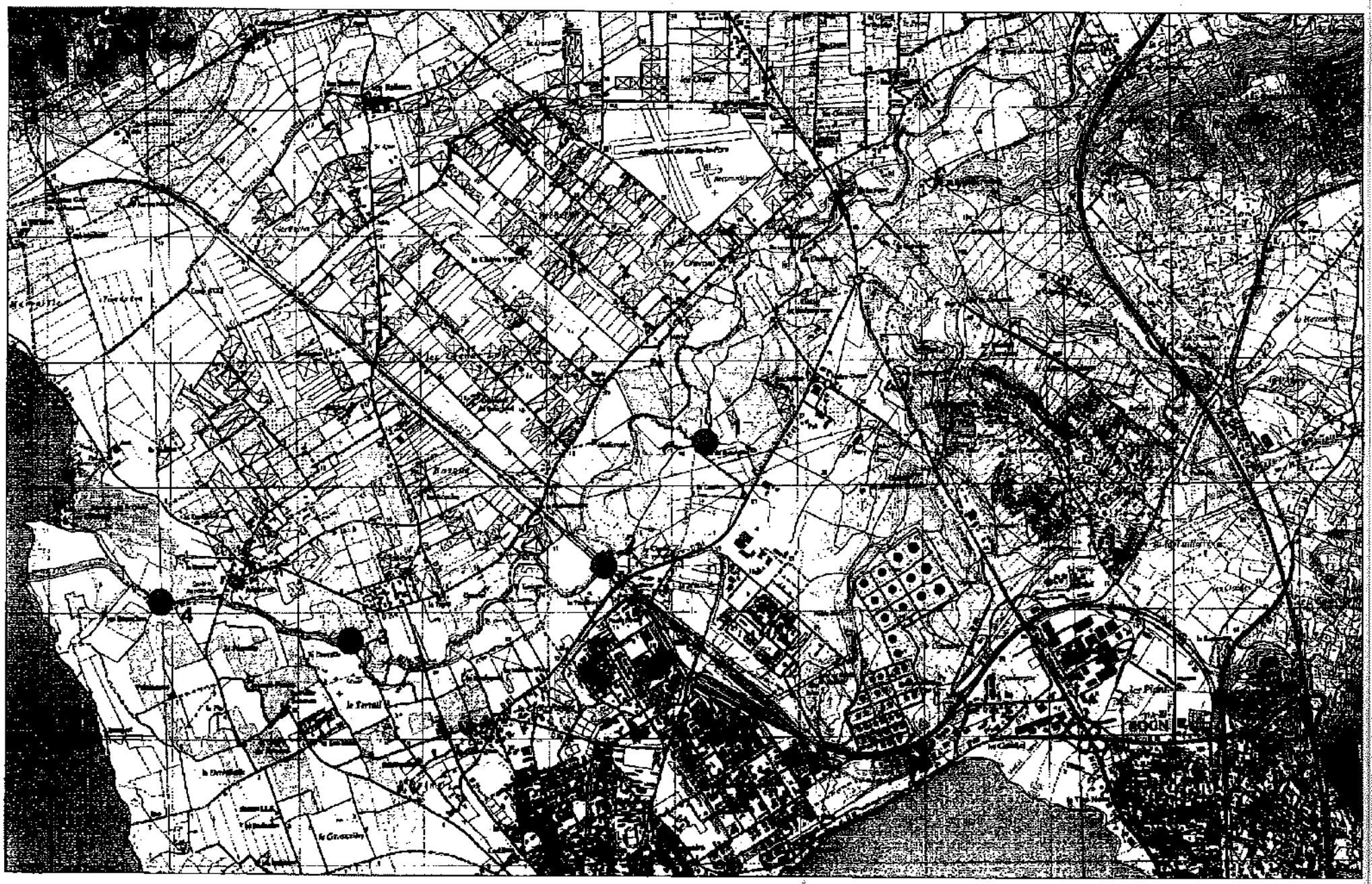
Calcul des Flux de NO3 sur l'Arc

T. 2

Date	Paramètre	St 1	St 2-1	St 2	St 3-2	St 3	St 4-3	St4	St 4-1
13/06/02	Débit (l/s)	1066	105	1171	175	1346	106	1452	386
	[NO3](mg/l)	12		12		13		24	
	Flux NO3(kg/j)	1105	109	1214	298	1512	1499	3011	1906
	[NO3]nappe (mg/l)		12		20		164		57
11/07/02	Débit (l/s)	290	117	407	63	470	140	610	320
	[NO3](mg/l)	12		10		12		36	
	Flux NO3(kg/j)	301	51	352	136	487	1410	1897	1597
	[NO3]nappe (mg/l)		5		25		117		56
17/10/02	Débit (l/s)	2563	-148	2417	173	2590	260	2850	287
	[NO3](mg/l)	15		14		11		16	
	Flux NO3(kg/j)	3322	0	2924	0	2462	1478	3940	618
	[NO3]nappe (mg/l)		0		0		66		25
21/11/02	Débit (l/s)	4520	130	4650	90	4740	140	4880	360
	[NO3](mg/l)	16		15		15		18	
	Flux NO3(kg/j)	6248	0	6026	117	6143	1446	7589	1341
	[NO3]nappe (mg/l)		0		15		120		43

Moyennes	Débit (l/s)	2110	52	2161	125	2287	162	2448	336
	[NO3](mg/l)	14		13		13		24	
	[NO3]nappe (mg/l)		9		13		105		47
	Flux NO3(kg/j)	2744	40	2629	138	2651	1458	4109	1365
	Flux NO3(t/an)	1002	15	960	50	968	532	1500	498
	Flux N (t/an)	220	3	211	11	213	117	330	110

SITUATION DES POINTS DE MESURES



Calcul des Flux de NH4 sur l'Arc	Tableau 2b

Date	Paramètre	St 1	St 2-1	St 2	St 3-2	St 3	St 4-3	St4	St 4-1
13/06/02	Débit (l/s)	1066	105	1171	175	1346	106	1452	386
	[NH4](mg/l)	0,04		0,03		0,03		0,04	
	Flux NH4(kg/j)	4	0	3	0	3	2	5	1
	[NH4]nappe (mg/l)		0		0		0		0
11/07/02	Débit (l/s)	290	117	407	63	470	140	610	320
	[NH4](mg/l)	0,02		0,03		0,02		0,02	
	Flux NH4(kg/j)	1	1	1	0	1	0	1	1
	[NH4]nappe (mg/l)		0		0		0		0
17/10/02	Débit (l/s)	2563	-146	2417	173	2590	260	2850	287
	[NH4](mg/l)	0,4		0,23		0,16		0,16	
	Flux NH4(kg/j)	89	0	48	0	36	9	44	0
	[NH4]nappe (mg/l)		0		0		0		0
21/11/02	Débit (l/s)	4520	130	4650	90	4740	140	4880	360
	[NH4](mg/l)								
	Flux NH4(kg/j)								
	[NH4]nappe (mg/l)								

Moyennes	Débit (l/s)	1306	25	1332	137	1469	169	1637	331
	[NH4](mg/l)	0		0		0		0	
	[NH4]nappe (mg/l)		0		0		0		0
	Flux NH4(kg/j)	31	0	17	0	13	3	17	1
	Flux NH4(t/an)	11	0	6	0	5	1	6	0
	Flux N (t/an)	9	0	5	0	4	1	5	0

Annexe 6

Elements de calcul du bilan hydrogéologique : Bilan entrées/sorties de la nappe alluviale

NOTE EXPLICATIVE – CALCUL DU BILAN HYDROGEOLOGIQUE

1) Apports d'eaux (entrées)

- **Pluviométrie**

Les données sur les apports d'eau par les pluies sont estimées à partir du rapport BRGM R 38 975 (Daum et al, 1996).

L'étude menée par le BRGM en 1996 a permis d'évaluer les pluies efficaces moyennes annuelles en France, sur la période 1965-1994, en tenant compte de la variabilité de la réserve en eau du sol.

Les pluies et les ETP Penman décadaires ont été acquises auprès de Météo France (station de Marignane).

Le calcul des pluies efficaces a été effectué au pas de temps décadaire à l'aide du logiciel GARDENIA (BRGM).

Une valeur de 50 mm a été retenue pour la réserve en eau du sol.

Le volume d'eau apporté par les **pluies** a été estimé à **7,65 Mm3/an**.

Remarque : La valeur estimée précédemment dans la synthèse hydrogéologique de la région PACA (Gravost, 1985), nous semble surestimée et a donc été remplacée.

- **Pertes des cours d'eau (Arc, Durançole)**

Les apports d'eau depuis les cours d'eau vers la nappe sont difficiles à estimer.

Rivière de l'Arc :
On dispose de peu de données pour l'Arc, en dehors des cartes piézométriques indiquant que la nappe est alimentée par la rivière sur la partie amont, au Nord-Est de la N113.
Les seules données disponibles correspondent au drainage de la nappe (pertes) par l'Arc, dans sa partie aval (Diren, 2002).
Le **volume d'eau** apporté par **l'Arc n'a pas pu être estimé**. Des mesures de débits différentiels amont/aval, à différentes périodes seraient nécessaires.
Durançole :
Elle prend naissance à la source de Calissanne, et s'écoule directement vers l'étang de Berre. Elle est donc limitée à la partie Nord-Ouest de la plaine.
On ne dispose d'aucune donnée sur les liens entre la Durançole et la nappe.
Dans une 1ère approche, et du fait de la moindre importance de la Durançole par rapport à l'Arc, les apports d'eau depuis la Durançole ont été négligés.

- **Apports par les canaux d'irrigation (canaux gravitaires de l'Arc et réseau SCP)**

Les canaux d'irrigation sont de 2 types :

- ☞ Prises d'eau de la rivière de l'Arc, gérées par des ASA [21] d'irrigants ;
- ☞ Eau provenant de la Durance – réseau sous pression géré par la SCP[22].

Les données de débit transitant par les canaux d'irrigation ont été obtenues auprès des différents gestionnaires des réseaux.

Afin d'évaluer les infiltrations d'eau vers la nappe, à partir des quantités d'eau prélevées pour l'irrigation, on a considéré que la plante absorbe environ 1/4 à 1/3 de l'eau apportée par les canaux (*source : chambre d'agriculture des Bouches-du-Rhône*).
→ On considère donc que 2/3 environ des quantités d'eau aspergées s'infiltrent vers la nappe.

Après calcul des eaux apportées par les **canaux d'irrigation**, et non restituées à la rivière, on estime à **environ 7,8 Mm^3/an** le total des eaux s'infiltrant vers la nappe alluviale.

- **Nappe alluviale – amont**

Cet apport d'eau correspond au volume d'eau transitant au sein de la nappe, en limite du « système aquifère », c'est-à-dire en amont de la plaine, dans le secteur de l'autoroute A7.

Le volume d'eau apporté par la nappe en amont a été estimé dans la synthèse hydrogéologique régionale (Gravost, 1985) à **0,5 Mm^3/an**.

- **Apports du substratum encaissant**

Les liens hydrauliques entre les niveaux aquifères du substratum encaissant, et les alluvions quaternaires, sont difficiles à appréhender.

Toutefois, d'après les données hydrogéologiques, il semble que la nappe alluviale draine en partie les aquifères du substratum encaissant, notamment des calcaires du chainon de La Fare.
Le **volume d'eau** apporté par le **substratum encaissant** n'a pas pu être estimé.

[21] ASA : Association Syndicale Autorisée
[22] SCP : Société du Canal de Provence

2) Pertes d'eau (sorties)

- **Drainage par les cours d'eau (Arc, Durançole)**

De même que pour les apports d'eau depuis les cours d'eau, les pertes sont difficiles à estimer.

Rivière de l'Arc :

On dispose de données de débit en 2002 (Diren) qui ont permis d'estimer les volumes d'eau apportés par la nappe à la rivière de l'Arc entre le Jas de Bourges (centre de la plaine) et Mauran (aval).

La nappe peut également être drainée par l'Arc dans le secteur situé entre le jas de Bourges et la N113. Le volume drainé dans ce secteur ne peut être estimé, et a été négligé dans une 1ère approche.

Le débit moyen de drainage de la nappe a été estimé à environ 0,38 m^3/s, soit un volume total d'eau drainé par l'Arc estimé à **10,5 Mm^3/an**.

Durançole :
On ne dispose d'aucune donnée sur les liens entre la Durançole et la nappe.

- **Forages agricoles (et privés)**

La liste des forages agricoles déclarés a été obtenue auprès des services de police de l'eau de la DDAF (volumes prélevés > 1000 m^3/an).
Au total, une 100aine de forages agricoles est répertoriée. Les débits de prélèvements peuvent atteindre 90 m^3/h.
Le volume total prélevé a été estimé pour une période de pompage de 6 mois (avril à octobre), et un pompage sur les puits 12h/24h, soit un total estimé de **3,69 Mm3/an**.
A ces pompages, il faut ajouter les prélèvements par les puits privés domestiques, non répertoriés. On ne dispose d'aucune information, même approximative sur le nombre de puits, et les quantités prélevées. On peut toutefois estimer que les débits sont plutôt faibles par rapport aux puits agricoles.
Remarques :
- Une partie des eaux prélevées par les forages agricoles se réinfiltrent vers la nappe. Cette partie n'a pas été estimée.
- Les puits privés peuvent jouer un rôle important localement, comme cela est supposé à Berre l'étang. Il est donc difficile de négliger leur influence.
- Aucun puits industriel n'est répertorié dans la zone d'étude (*source : DRIRE, 2006*).

- **Exutoire direct vers l'étang de Berre**

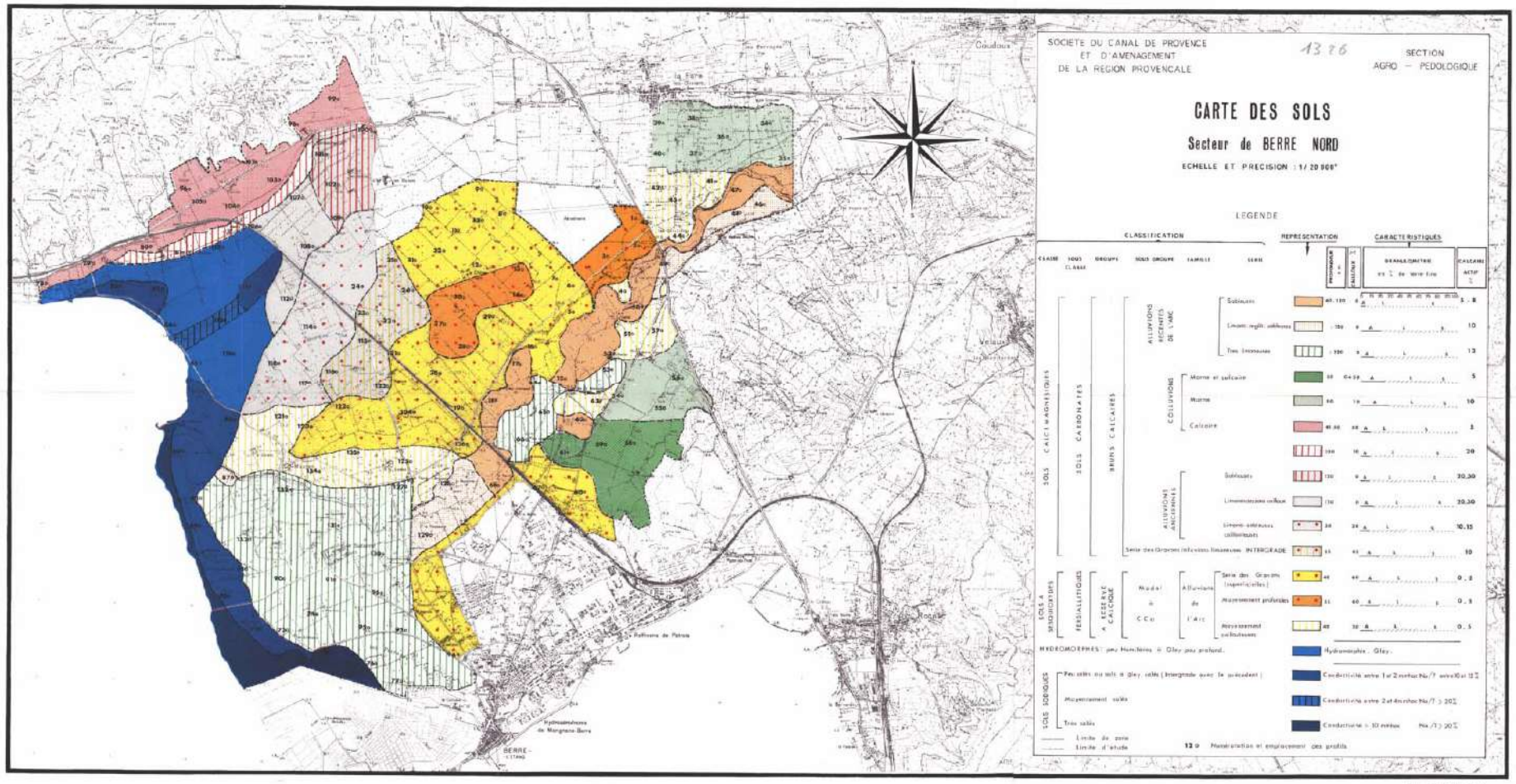
Une partie de la nappe est drainée par l'Arc est s'écoule donc indirectement vers l'étang de Berre. Le reste s'écoule de manière directe vers l'étang de Berre.
Les sorties d'eau vers l'étang de Berre ont été estimés en 2001 (Ipseau), selon des calculs basés sur la méthode de Darcy, en tenant compte de la pente du niveau piézométrique, et de la transmissivité de l'aquifère alluvial. Le volume annuel d'écoulement de la nappe vers l'étang est estimé à **4,5 Mm^3/an**.

Bilan hydrogéologique - nappe alluviale de l'Arc de Berre

Entrées		Sorties			
Type d'apports	**Volume (m3/an)**	**Type de prélèvement**	**Volume (m3/an)**	**Source d'info**	**Commentaire / Incertitude**
Précipitations efficaces	7.65E+06	/	/	Précipitations efficaces en France (Daum et al, 1996)	Incertitude modérée
Alimentation par l'Arc	n.c.	Drainage par l'Arc	1.05E+07	Sur la base de campagnes de mesures de débits (Diren, 2002)	Incertitude élevée
Alimentation par la Durançole	/	Drainage par la Durançole	/	Pas de données	Négligé
Canaux d'irrigation (infiltrations vers la nappe)	7.78E+06	Captages agricoles Puits privés : ?	3.69E+06	Données collectées en 2006 (sources : ASA, DDA)	Prélèvements sous-estimés (puits privés non évalués)
Nappe amont	5.00E+05	Ecoulement nappe vers l'étang Berre	4.50E+06	Etude hydrogéologique (Ipseau, 2001)	Incertitude élevée
Substratum encaissant (Versant la fare et Bruni)	n.c.	/	/	Pas de données	
TOTAL Entrées	**1.59E+07**	**TOTAL Sorties**	**1.87E+07**		

Annexe 7

Carte des sols de la plaine de Berre (SCP, 1968)


SOCIETE DU CANAL DE PROVENCE
ET D'AMENAGEMENT
DE LA REGION PROVENCALE
SECTION
AGRO – PEDOLOGIQUE
CARTE DES SOLS
Secteur de BERRE NORD
ECHELLE ET PRECISION : 1/ 20 000°
LEGENDE
CLASSIFICATION
REPRESENTATION
CARACTERISTIQUES
SOLS CALCIMAGNESIQUES
SOLS CARBONATES
BRUNS CALCAIRES
ALLUVIONS RECENTES DE L'ARC
COLLUVIONS
ALLUVIONS ANCIENNES
SOLS A SESQUIOXYDES
FERSIALLITIQUES
A RESERVE CALCIQUE
SOLS SODIQUES
HYDROMORPHES
Hydromorphes. Gley.
Limite de zone
Limite d'étude
Numérotation et emplacement des profils

Annexe 8

Exemple de rapport d'analyses (nitrates et pesticides) - Laboratoire Départemental d'Analyses (LDA) de la Drôme

- LA DRO ME - laboratoires

ENVIRONNEMENT – SÉCURITÉ ALIMENTAIRE – AGRICULTURE
AGRÉMENT DES MINISTÈRES CHARGÉS DE LA SANTÉ, DE L'AGRICULTURE
ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE – MEMBRE DE AFNOR, RAEMA, AGLAE BIPEA, AGHTM

Débiteur: voir en bas de page

Destinataire:

BRGM
A l'attention de M. MOULIN MARC
117 AVENUE DE LUMINY
BP 168
13276 MARSEILLE CEDEX 09
France

REÇU
Le 29 NOV. 2006
Répondu le .....

Rapport d'essai n° 813603
Lieu de prélèvement : BERRE
Code point fixe :
Commune:NON INDIQUEE
Nature: Eau de piézomètre
Prélevé le 01/08/2006 par Le client
Imprimé le 27/11/2006

Origine de l'eau :.

Reçu le 02/08/2006
Date de première impression

Dossier n° **121955** Echantillon n° **813603**

Libellé de l'échantillon: Echantillon PZ3

RAPPORT D'ANALYSE : Les résultats et commentaires ne concernent que l'échantillon soumis à l'analyse. Les incertitudes de mesure sont disponibles sur demande. La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale.
L'accréditation atteste de la compétence du laboratoire pour les seuls essais couverts par l'accreditation qui sont identifiés par une étoile :(*)

Commentaires (hors champ de l'accréditation):
néant

Code Sandre	Paramètres physicochimiques	méthode	Résultats	Unités	SQ(1)	CMA
	Date de mise en analyse (Chimie eau)		02/08/2006			
	Date de mise en analyse (MPM)		03/08/2006			
1335	Ammonium (NH4) (*)	NF T 90 015-2	< 0.05	mg/l	0.05	0.5
1340	Nitrates (*)	NF EN ISO 10304-1	34.0	mg (NO3)/l	1.0	50
1339	Nitrites (*)	NF EN ISO 26777	< 0.02	mg (NO2)/l	0.02	0.5
	Orthophosphates (P) (*)	NF EN 1189	< 0.03	mg (P)/l	0.03	
1433	Orthophosphates (PO4) (*)	Calcul	< 0.1	mg (PO4)/l	0.1	
1393	Fer total (Fe) (*)	NF EN ISO 11885	< 5	µg/l	5	200
	Silicium (*)	NF EN ISO 11885	3.9	mg/l	0.1	

SQ(1): seuil de quantification-ND:non déterminé CMA:Concentration maximum admissible (normes européennes) pour la matrice prélevée

Analyse prise en charge par: BRGM
Analyse demandée par: BRGM

Dr A. REME	Dr B. BEUGNIES	J.P CASTILLO	F. MASSAT
Vétérinaire biologiste	Vétérinaire biologiste	Ingénieur	Ingénieur

Dossier n° **121955** Echantillon n° **813603**

Libellé de l'échantillon: Echantillon PZ3

Code Sandre	Paramètres physicochimiques	méthode	Résultats	Unités	SQ(1)	CMA
1348	Silice totale (SiO2) (*)	Calcul	8.3	mg/l	0.2	

SQ(1): seuil de quantification-ND:non déterminé CMA:Concentration maximum admissible (normes européennes) pour la matrice prélevée

cofrac ESSAIS

LABORATOIRE DÉPARTEMENTAL D'ANALYSES
ANTENNE DRÔME – 37 AVENUE LAUTAGNE – BP 118, 26904 VALENCE CEDEX 9 – TÉL: 04 75 81 70 70 – FAX: 04 75 81 70 71
ANTENNE ARDÈCHE – 2 AVENUE CLAUDE EXPILLY – 07600 VALS-LES-BAINS – TÉL: 04 75 37 45 82 – FAX: 04 75 37 56 14
laboratoires@cg26.fr – www.ladrome.fr – SIREN 222 6000 17 – SIRET 222 6000 17 000 81 – CODE APE 743B

Seules certaines prestations d'analyses sont couvertes par l'accréditation
Accréditation n° 1-0852 (Portée communiquée sur demande)

Dossier n° **121955** Echantillon n° **813603**

Libellé de l'échantillon: Echantillon PZ3

SYNTHESE ET COMMENTAIRES DES RESULTATS D'ANALYSES DE MICROPOLLUANTS ORGANIQUES

Mise en route des analyses:

Date d extraction liquide/liquide **02/08/2006**

Extraction de un litre d'eau, par un mélange de Dichlorométhane-Acétate d'ethyle, à plusieurs pH suivie d'une multi détection systématique à l'issue d'une chromatographie gazeuse et liquide. La combinaison de ces techniques permet d'une part de quantifier le composé et d'obtenir simultanément la confirmation par une autre méthode de détection.

Date d''analyse de l'aminotriazole **12/08/2006**

Dérivation directe de 1 ml d échantillon à pH 5.5 avec de la fluorescamine

Date d'analyse du glyphosate et de l'AMPA **01/09/2006**

Dérivation de l'echantillon avec le 9-fluoroénylméthyl chloroformiate (FMOCCl).

Substances trouvées:

Code Sandre	Paramètres	Concentration (1)	Méthode	Famille
1877	Imidaclopride	0.20 µg/l	Méthode interne 1	Insecticides Chloronicotiniles
1263	Simazine (*)	Présence µg/l	Méthode interne 1	Herbicides Triazines
2045	Terbutylazine deséthyl (*)	0.07 µg/l	Méthode interne 1	Herbicides Triazines

(1) **Présence**:La valeur est comprise entre la Ld (limite de détection) et la limite de quantification . En général Ld=SQ(1)/3

Présence : La molécule a été identifiée mais la quantité ne peut être rendue.La valeur se situe entre la limite de quantification et la limite de détection (première approximation LD = LQ/3). Nous ne pouvons pas assurer la valeur quantitative puisqu'elle se situe en dehors de notre domaine validé. Cette notion est intéressante pour évaluer l'évolution d'un paramètre dans le temps

SQ(1): seuil de quantification-ND:non déterminé **CMA**:Concentration maximum admissible (normes européennes) pour la matrice prélevée

cofrac ESSAIS

LABORATOIRE DÉPARTEMENTAL D'ANALYSES
ANTENNE DRÔME – 37 AVENUE LAUTAGNE – BP 118, 26904 VALENCE CEDEX 9 – TÉL: 04 75 81 70 70 – FAX: 04 75 81 70 71
ANTENNE ARDÈCHE – 2 AVENUE CLAUDE EXPILLY – 07600 VALS-LES-BAINS – TÉL: 04 75 37 45 82 – FAX: 04 75 37 56 14
laboratoires@cg26.fr – www.ladrome.fr – SIREN 222 6000 17 – SIRET 222 6000 17 000 81 – CODE APE 743B

Seules certaines prestations d'analyses sont couvertes par l'accréditation
Accréditation n° 1-0852 (Portée communiquée sur demande)

Dossier n° **121955** Echantillon n° **813603**

Libellé de l'échantillon: Echantillon PZ3

Méthodes et Techniques	
Méthode interne 1	CMO_MT02 : Multidétection chromotographie en phase gazeuse (ECD/NPD,Spectrométrie de masse) Chromatographie en phase liquide (DAD,fluorescence, Spectrométrie de masse MS/MS)
Méthode interne 2	CMO_MT08 : Dosage de l'aminotriazole dérivation à la fluorescamine HPLC fluorescence
Méthode interne 3	CMO_MT14 : Dosage du glyphosate de l'AMPA et du glufosinate dérivation au FMOCCL HPLC fluorescence

SQ(1): seuil de quantification-ND:non déterminé **CMA**:Concentration maximum admissible (normes européennes) pour la matrice prélevée

cofrac ESSAIS

LABORATOIRE DÉPARTEMENTAL D'ANALYSES
ANTENNE DRÔME – 37 AVENUE LAUTAGNE – BP 118, 26904 VALENCE CEDEX 9 – TÉL: 04 75 81 70 70 – FAX: 04 75 81 70 71
ANTENNE ARDÈCHE – 2 AVENUE CLAUDE EXPILLY – 07600 VALS-LES-BAINS – TÉL: 04 75 37 45 82 – FAX: 04 75 37 56 14
laboratoires@cg26.fr – www.ladrome.fr – SIREN 222 6000 17 – SIRET 222 6000 17 000 81 – CODE APE 743B

Seules certaines prestations d'analyses sont couvertes par l'accréditation
Accréditation n° 1-0852 (Portée communiquée sur demande)

Dossier n° **121955** Echantillon n° **813603**

Libellé de l'échantillon: Echantillon PZ3

Code Sandre	Paramètre	Famille	Méthode	N° CAS	Résultat-unité		SQ(1)
Aminotriazole		**Nombre de molécules analysées: 1**					
1105	Aminotriazole (*)	H-Triazoles	Méthode interne 2	61-82-5	< 0.05	µg/l	0.05
Glyphosate , AMPA Glufosinate		**Nombre de molécules analysées: 3**					
1506	Glyphosate (*)	H-Amino phosphonates	Méthode interne 3	1071-83-6	< 0.10	µg/l	0.10
1907	AcideAminoMéthylPhosphonique (AMPA) (*)	M-Métabolites	Méthode interne 3		< 0.10	µg/l	0.10
2731	Glufosinate d'ammonium (*)	H-Amino Phosphonates	Méthode interne 3	77182-82-2	< 0.10	µg/l	0.10
Herbicides forme ester		**Nombre de molécules analysées: 16**					
2873	2,4 D-methyl-ester	H-Aryloxyacides	Méthode interne 1	1928-38-7	< 0.05	µg/l	0.05
2872	2,4 D- isopropyl-ester	H-Aryloxyacides	Méthode interne 1	94-11-1	< 0.05	µg/l	0.05
2871	Ioxynil methyl ester	H-Benzonitriles	Méthode interne 1	3336-40-1	< 0.05	µg/l	0.05
1942	Ioxynil octanoate	H-Benzonitriles	Méthode interne 1	3861-47-0	< 0.05	µg/l	0.05
2745	MCPA-1-butyl ester	H-Aryloxyacides	Méthode interne 1	1713-12-8	< 0.05	µg/l	0.05
2747	MCPA-butoxyethyl ester	H-Aryloxyacides	Méthode interne 1	19480-43-4	< 0.05	µg/l	0.05
2746	MCPA-2-ethylhexyl ester	H-Aryloxyacides	Méthode interne 1	26544-20-7	< 0.05	µg/l	0.05
2748	MCPA-ethyl-ester	H-Aryloxyacides	Méthode interne 1	2698-38-6	< 0.05	µg/l	0.05
2749	MCPA-methyl-ester	H-Aryloxyacides	Méthode interne 1	2436-73-9	< 0.05	µg/l	0.05
2870	Mecoprop-n iso-butyl ester	H-Aryloxyacides	Méthode interne 1		< 0.05	µg/l	0.05
2752	Mecoprop-2-butoxyethyl ester	H-Aryloxyacides	Méthode interne 1	23359-62-8	< 0.05	µg/l	0.05
2755	Mecoprop-methyl ester	H-Aryloxyacides	Méthode interne 1	2786-19-7	< 0.05	µg/l	0.05
2750	Mecoprop-1-octyl ester	H-Aryloxyacides	Méthode interne 1	161922-37-8	< 0.05	µg/l	0.05
2751	Mecoprop-2,4,4-trimethylpentyl ester	H-Aryloxyacides	Méthode interne 1	217487-13-3	< 0.05	µg/l	0.05
2753	Mecoprop-2-ethylhexyl ester	H-Aryloxyacides	Méthode interne 1	71526-69-7	< 0.05	µg/l	0.05
2754	Mecoprop-2-octyl ester	H-Aryloxyacides	Méthode interne 1	28473-03-2	< 0.05	µg/l	0.05
Pesticides		**Nombre de molécules analysées: 348**					
1264	2,4,5-T (*)	H-Aryloxyacides	Méthode interne 1	93-76-5	< 0.020	µg/l	0.020
1141	2,4-D (*)	H-Aryloxyacides	Méthode interne 1	94-75-7	< 0.020	µg/l	0.020
1142	2,4-DB	H-Aryloxyacides	Méthode interne 1	94-82-6	< 0.040	µg/l	0.040
1212	2,4-MCPA (*)	H-Aryloxyacides	Méthode interne 1	97-74-6	< 0.020	µg/l	0.020

SQ(1): seuil de quantification-ND:non déterminé CMA:Concentration maximum admissible (normes européennes) pour la matrice prélevée

cofrac ESSAIS

LABORATOIRE DÉPARTEMENTAL D'ANALYSES
ANTENNE DRÔME – 37 AVENUE LAUTAGNE – BP 118, 26904 VALENCE CEDEX 9 – TÉL: 04 75 81 70 70 – FAX: 04 75 81 70 71
ANTENNE ARDÈCHE – 2 AVENUE CLAUDE EXPILLY – 07600 VALS-LES-BAINS – TÉL: 04 75 37 45 82 – FAX: 04 75 37 56 14
laboratoires@cg26.fr – www.ladrome.fr – SIREN 222 6000 17 – SIRET 222 6000 17 000 81 – CODE APE 743B

Seules certaines prestations d'analyses sont couvertes par l'accréditation
Accréditation n° 1-0852 (Portée communiquée sur demande)

Dossier n° **121955** Echantillon n° **813603**

Libellé de l'échantillon: Echantillon PZ3

Pesticides **Nombre de molécules analysées: 348**

1213	2,4-MCPB (*)	H-Aryloxyacides	Méthode interne 1	94-81-5	< 0.040	µg/l	0.040
1903	Acetochlor	H-Amides	Méthode interne 1	34256-82-1	< 0.020	µg/l	0.020
1970	Acifluorfen	H-Diphényl éthers	Méthode interne 1	50594-66-6	< 0.040	µg/l	0.040
1688	Aclonifen	H-Diphényl éthers	Méthode interne 1	74070-46-5	< 0.050	µg/l	0.050
1310	Acrinathrine	I-Norpyréthrates	Méthode interne 1	101007-06-1	< 0.020	µg/l	0.020
1101	Alachlore	H-Amides	Méthode interne 1	15972-60-8	< 0.040	µg/l	0.040
1169	Dichlorprop (*)	H-Aryloxyacides	Méthode interne 1	120-36-5	< 0.020	µg/l	0.020
1102	Aldicarbe	I-Carbamates	Méthode interne 1	116-06-3	< 0.050	µg/l	0.050
1103	Aldrine (*)	I-Organo-chlorés	Méthode interne 1	309-00-2	< 0.010	µg/l	0.010
1697	Allethrine	I-Pyréthrinoïdes de synthèse	Méthode interne 1	584-79-2	< 0.010	µg/l	0.010
1812	Alphaméthrine	I-Pyréthrinoïdes de synthèse	Méthode interne 1	67375-30-8	< 0.020	µg/l	0.020
1104	Amétryne	H-Triazines	Méthode interne 1	834-12-8	< 0.020	µg/l	0.020
2012	Amidosulfuron	H-Sulfonylurées	Méthode interne 1	120923-37-7	< 0.100	µg/l	0.100
1308	Amitraze	I-Formamidines	Méthode interne 1	33089-61-1	< 0.020	µg/l	0.020
2013	Anthraquinone	I-Divers	Méthode interne 1	84-65-1	< 0.020	µg/l	0.020
1965	Asulam	H-Carbamates	Méthode interne 1	3337-71-1	< 0.100	µg/l	0.100
1107	Atrazine (*)	H-Triazines	Méthode interne 1	1912-24-9	< 0.020	µg/l	0.020
1108	Atrazine déséthyl (*)	H-Triazines	Méthode interne 1	6190-65-4	< 0.020	µg/l	0.020
1109	Atrazine déisopropyl (*)	H-Triazines	Méthode interne 1	1007-28-9	< 0.100	µg/l	0.100
2014	Azaconazol	F-Triazoles	Méthode interne 1	60207-31-0	< 0.040	µg/l	0.040
2015	Azamétiphos	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	35575-96-3	< 0.010	µg/l	0.010
1110	Azinphos éthyl (*)	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	2642-71-9	< 0.040	µg/l	0.040
1111	Azinphos méthyl (*)	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	86-50-0	< 0.040	µg/l	0.040
1951	Azoxystrobin	F-Strobilurines	Méthode interne 1	131860-33-8	< 0.010	µg/l	0.010
1687	Bénalaxyl	F-Amines amides	Méthode interne 1	71626-11-4	< 0.010	µg/l	0.010
1764	Benthiocarbe	H-Carbamates	Méthode interne 1	28249-77-6	< 0.02	µg/l	0.02
1329	Bendiocarbe	I-Carbamates	Méthode interne 1	22781-23-3	< 0.020	µg/l	0.020
1112	Benfluraline	H-Toluidines	Méthode interne 1	1861-40-1	< 0.020	µg/l	0.020
2924	Benfuracarbe	H-Carbamates	Méthode interne 1	82560-54-1	< 0.1	µg/l	0.1
2074	Benoxacor	H-Divers	Méthode interne 1	98730-04-2	< 0.02	µg/l	0.02
1407	Bénomyl	F-Carbamates	Méthode interne 1	17804-35-2	< 0.080	µg/l	0.080

SQ(1): seuil de quantification-ND:non déterminé CMA:Concentration maximum admissible (normes européennes) pour la matrice prélevée

cofrac ESSAIS

LABORATOIRE DÉPARTEMENTAL D'ANALYSES
ANTENNE DRÔME – 37 AVENUE LAUTAGNE – BP 118, 26904 VALENCE CEDEX 9 – TÉL: 04 75 81 70 70 – FAX: 04 75 81 70 71
ANTENNE ARDÈCHE – 2 AVENUE CLAUDE EXPILLY – 07600 VALS-LES-BAINS – TÉL: 04 75 37 45 82 – FAX: 04 75 37 56 14
laboratoires@cg26.fr – www.ladrome.fr – SIREN 222 6000 17 – SIRET 222 6000 17 000 81 – CODE APE 743B

Seules certaines prestations d'analyses sont couvertes par l'accréditation
Accréditation n° 1-0852 (Portée communiquée sur demande)

Dossier n° **121955** Echantillon n° **813603**

Libellé de l'échantillon: Echantillon PZ3

Pesticides **Nombre de molécules analysées: 348**

1113	Bentazone (*)	H-Diazines	Méthode interne 1	25057-89-0	< 0.020	µg/l	0.020
	Béta-cyfluthrine	I-Pyréthrinoïdes de synthèse	Méthode interne 1	68359-37-5	< 0.02	µg/l	0.02
1119	Bifénox	H-Diphényl éthers	Méthode interne 1	42576-02-3	< 0.050	µg/l	0.050
1120	Bifentrine	I-Pyréthrinoïdes de synthèse	Méthode interne 1	82657-04-3	< 0.020	µg/l	0.020
1502	Bioresméthrine	I-Pyréthrinoïdes de synthèse	Méthode interne 1	28434-01-7	< 0.040	µg/l	0.040
1529	Bitertanol	F-Triazoles	Méthode interne 1	70585-36-3	< 0.040	µg/l	0.040
1686	Bromacil	H-Diazines	Méthode interne 1	314-40-9	< 0.050	µg/l	0.050
1859	Bromadiolone	R-Coumarin anticoagulant	Méthode interne 1	28772-56-7	< 0.100	µg/l	0.100
1123	Bromophos éthyl	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	4824-78-6	< 0.040	µg/l	0.040
1124	Bromophos méthyl	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	2104-96-3	< 0.040	µg/l	0.040
1685	Bromopropylate	I-Carbinols	Méthode interne 1	18181-80-1	< 0.020	µg/l	0.020
1125	Bromoxynil	H-Benzonitriles	Méthode interne 1	1689-84-5	< 0.040	µg/l	0.040
1860	Bromuconazole	F-Triazoles	Méthode interne 1	116255-48-2	< 0.020	µg/l	0.020
1861	Bupirimate	F-Diazines	Méthode interne 1	41483-43-6	< 0.020	µg/l	0.020
1862	Buprofézine	I-Acaricides	Méthode interne 1	69327-76-0	< 0.050	µg/l	0.050
1126	Butraline	H-Toluidines	Méthode interne 1	33629-47-9	< 0.040	µg/l	0.040
1531	Buturon (*)	H-Urées substituées	Méthode interne 1	3766-60-7	< 0.050	µg/l	0.050
1863	Cadusaphos	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	95465-99-9	< 0.020	µg/l	0.020
1127	Captafol	F-Dicarboximides	Méthode interne 1	2425-06-1	< 0.020	µg/l	0.020
1128	Captane	F-Dicarboximides	Méthode interne 1	133-06-2	< 0.040	µg/l	0.040
1463	Carbaryl	I-Carbamates	Méthode interne 1	63-25-2	< 0.050	µg/l	0.050
1129	Carbendazime	F-Carbamates	Méthode interne 1	10605-21-7	< 0.100	µg/l	0.100
1333	Carbétamide	H-Carbamates	Méthode interne 1	16118-49-3	< 0.040	µg/l	0.040
1130	Carbofuran	I-Carbamates	Méthode interne 1	1563-66-2	< 0.050	µg/l	0.050
1131	Carbophénothion	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	786-19-6	< 0.04	µg/l	0.04
1864	Carbosulfan	I-Carbamates	Méthode interne 1	55285-14-8	< 0.020	µg/l	0.020
1865	Chinométhionate	F-Diazines	Méthode interne 1	2439-01-2	< 0.020	µg/l	0.020
2016	Chlorbromuron	H-Urées substituées	Méthode interne 1	13360-45-7	< 0.010	µg/l	0.010
1336	Chlorbufame	H-Carbamates	Méthode interne 1	1967-16-4	< 0.040	µg/l	0.040
1132	Chlordane (*)	I-Organo-chlorés	Méthode interne 1	57-74-9	< 0.020	µg/l	0.020

SQ(1): seuil de quantification-ND:non déterminé **CMA**:Concentration maximum admissible (normes européennes) pour la matrice prélevée

cofrac ESSAIS

LABORATOIRE DÉPARTEMENTAL D'ANALYSES
ANTENNE DRÔME – 37 AVENUE LAUTAGNE – BP 118, 26904 VALENCE CEDEX 9 – TÉL: 04 75 81 70 70 – FAX: 04 75 81 70 71
ANTENNE ARDÈCHE – 2 AVENUE CLAUDE EXPILLY – 07600 VALS-LES-BAINS – TÉL: 04 75 37 45 82 – FAX: 04 75 37 56 14
laboratoires@cg26.fr – www.ladrome.fr – SIREN 222 6000 17 – SIRET 222 6000 17 000 81 – CODE APE 7438

Seules certaines prestations d'analyses sont couvertes par l'accréditation
Accréditation n° 1-0852 (Portée communiquée sur demande)

Dossier n° **121955** Echantillon n° **813603**

Libellé de l'échantillon: Echantillon PZ3

Pesticides **Nombre de molécules analysées: 348**

1756	Chlordane alpha	I-Organo-chlorés	Méthode interne 1	5103-71-9	< 0.020	µg/l	0.020
1757	Chlordane Béta	I-Organo-chlorés	Méthode interne 1	5103-74-2	< 0.020	µg/l	0.020
1758	Chlordane gamma	I-Organo-chlorés	Méthode interne 1	5566-34-7	< 0.020	µg/l	0.020
1866	Chlordécone (*)	I-Organo-chlorés	Méthode interne 1	143-50-0	< 0.010	µg/l	0.010
1464	Chlorfenvinphos (*)	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	470-90-6	< 0.020	µg/l	0.020
2950	Chlorfluazuron		Méthode interne 1	71422-67-8	< 0.05	µg/l	0.05
1133	Chloridazone	H-Diazines	Méthode interne 1	1698-60-8	< 0.050	µg/l	0.050
1134	Chlorméphos	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	24934-91-6	< 0.040	µg/l	0.040
1341	Chloroneb	F-Dérivés du benzène	Méthode interne 1	2675-77-6	< 0.040	µg/l	0.040
1684	Chlorophacinone	R-Indanédione anticoagulant	Méthode interne 1	3691-35-8	< 0.050	µg/l	0.050
1473	Chlorothalonil	F-Dérivés du benzène	Méthode interne 1	1897-45-6	< 0.040	µg/l	0.040
1683	Chloroxuron (*)	H-Urées substituées	Méthode interne 1	1982-47-4	< 0.050	µg/l	0.050
1474	Chlorpropham	H-Carbamates	Méthode interne 1	101-21-3	< 0.020	µg/l	0.020
1083	Chlorpyriphos éthyl (*)	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	2921-88-2	< 0.020	µg/l	0.020
1540	Chlorpyriphos méthyl (*)	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	5598-13-0	< 0.020	µg/l	0.020
1353	Chlorsulfuron	H-Sulfonylurées	Méthode interne 1	64902-72-3	< 0.040	µg/l	0.040
1867	Chlorthal	H-Dérivés phtaliques	Méthode interne 1	1861-32-1	< 0.040	µg/l	0.040
1813	Chlorthiamide	H-Benzonitriles	Méthode interne 1	1918-13-4	< 0.010	µg/l	0.010
1136	Chlortoluron (*)	H-Urées substituées	Méthode interne 1	15545-48-9	< 0.050	µg/l	0.050
2017	Clomazone	H-Isoxazolidines	Méthode interne 1	81777-89-1	< 0.040	µg/l	0.040
2018	Cloquintocet méxyl	H-Dérivés quinoline	Méthode interne 1	99607-70-2	< 0.100	µg/l	0.100
1682	Coumaphos	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	56-72-4	< 0.050	µg/l	0.050
2019	Coumatétralyl	R-Dérivés du benzène	Méthode interne 1	5836-29-3	< 0.040	µg/l	0.040
1137	Cyanazine (*)	H-Triazines	Méthode interne 1	21725-46-2	< 0.040	µg/l	0.040
1696	Cycluron	H-Urées substituées	Méthode interne 1	2163-69-1	< 0.020	µg/l	0.020
1681	Cyfluthrine	I-Pyréthrinoïdes de synthèse	Méthode interne 1	68359-37-5	< 0.020	µg/l	0.020
1139	Cymoxanil	F-Amines amides	Méthode interne 1	57966-95-7	< 0.100	µg/l	0.100
1140	Cyperméthrine (*)	I-Pyréthrinoïdes de synthèse	Méthode interne 1	52315-07-8	< 0.020	µg/l	0.020
1680	Cyproconazol	F-Triazoles	Méthode interne 1	94361-06-5	< 0.050	µg/l	0.050
1359	Cyprodinil	F-Anilinopyrimidines	Méthode interne 1	121552-61-2	< 0.040	µg/l	0.040

SQ(1): seuil de quantification-ND:non déterminé **CMA**:Concentration maximum admissible (normes européennes) pour la matrice prélevée

cofrac ESSAIS

LABORATOIRE DÉPARTEMENTAL D'ANALYSES
ANTENNE DRÔME – 37 AVENUE LAUTAGNE – BP 118, 26904 VALENCE CEDEX 9 – TÉL: 04 75 81 70 70 – FAX: 04 75 81 70 71
ANTENNE ARDÈCHE – 2 AVENUE CLAUDE EXPILLY – 07600 VALS-LES-BAINS – TÉL: 04 75 37 45 82 – FAX: 04 75 37 56 14
laboratoires@cg26.fr – www.ladrome.fr – SIREN 222 6000 17 – SIRET 222 6000 17 000 81 – CODE APE 7438

Seules certaines prestations d'analyses sont couvertes par l'accréditation
Accréditation n° 1-0852 (Portée communiquée sur demande)

Dossier n° **121955** Echantillon n° **813603**

Libellé de l'échantillon: Echantillon PZ3

Pesticides **Nombre de molécules analysées: 348**

1143	DDD-2,4' (*)	I-Organo-chlorés	Méthode interne 1	53-19-0	< 0.010	µg/l	0.010
1144	DDD-4,4' (*)	I-Organo-chlorés	Méthode interne 1	72-54-8	< 0.010	µg/l	0.010
1145	DDE-2,4' (*)	I-Organo-chlorés	Méthode interne 1	3424-82-6	< 0.010	µg/l	0.010
1146	DDE-4,4' (*)	I-Organo-chlorés	Méthode interne 1	72-55-9	< 0.010	µg/l	0.010
1147	DDT-2,4' (*)	I-Organo-chlorés	Méthode interne 1	789-02-6	< 0.010	µg/l	0.010
1148	DDT-4,4' (*)	I-Organo-chlorés	Méthode interne 1	50-29-3	< 0.010	µg/l	0.010
1149	Deltaméthrine (*)	I-Pyréthrinoïdes de synthèse	Méthode interne 1	52918-63-5	< 0.020	µg/l	0.020
1550	Déméton (O+S)	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	8065-48-3	< 0.100	µg/l	0.100
1153	Déméton S methyl	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	919-86-8	< 0.100	µg/l	0.100
1154	Déméton S methyl sulfone	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	17040-19-6	< 0.100	µg/l	0.100
1155	Desmétryne	H-Triazines	Méthode interne 1	1014-69-3	< 0.020	µg/l	0.020
1156	Diallate	H-Carbamates	Méthode interne 1	2303-16-4	< 0.050	µg/l	0.050
1157	Diazinon (*)	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	333-41-5	< 0.040	µg/l	0.040
1480	Dicamba	H-Dérivés de l acide benzoïque	Méthode interne 1	1918-00-9	< 0.040	µg/l	0.040
1679	Dichlobenil	H-Benzonitriles	Méthode interne 1	1194-65-6	< 0.050	µg/l	0.050
1159	Dichlofenthion	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	97-17-6	< 0.020	µg/l	0.020
1360	Dichlofluanide	F-Sulfamides et dérivés soufrés	Méthode interne 1	1085-98-9	< 0.040	µg/l	0.040
1171	Dichlofop méthyl	H-Aryloxyphénoxy	Méthode interne 1	51338-27-3	< 0.040	µg/l	0.040
2011	Dichloro benzamide 2,6	M-Métabolites	Méthode interne 1	2008-58-4	< 0.020	µg/l	0.020
1170	Dichlorvos (*)	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	62-73-7	< 0.040	µg/l	0.040
1172	Dicofol	I-Divers	Méthode interne 1	115-32-2	< 0.020	µg/l	0.020
1173	Dieldrine (*)	I-Organo-chlorés	Méthode interne 1	60-57-1	< 0.010	µg/l	0.010
1402	Diéthofencarbe	F-Carbamates	Méthode interne 1	87130-20-9	< 0.040	µg/l	0.040
1905	Difénoconazole	F-Hétérocycles soufrés	Méthode interne 1	119446-68-3	< 0.050	µg/l	0.050
1488	Diflubenzuron	I-Benzoyl urées	Méthode interne 1	35367-38-5	< 0.050	µg/l	0.050
1814	Diflufénicanil	H-Phénoxy nicotinanilide	Méthode interne 1	83164-33-4	< 0.020	µg/l	0.020
1870	Diméfuron	H-Dérivés de l acide benzoïque	Méthode interne 1	34205-21-5	< 0.020	µg/l	0.020
2546	Dimétachlor	H-Divers	Méthode interne 1	50563-36-5	< 0.05	µg/l	0.05
1678	Diméthénamide	H-Amides	Méthode interne 1	87674-68-8	< 0.040	µg/l	0.040

SQ(1): seuil de quantification-ND:non déterminé **CMA**:Concentration maximum admissible (normes européennes) pour la matrice prélevée

cofrac ESSAIS

LABORATOIRE DÉPARTEMENTAL D'ANALYSES
ANTENNE DRÔME – 37 AVENUE LAUTAGNE – BP 118, 26904 VALENCE CEDEX 9 – TÉL: 04 75 81 70 70 – FAX: 04 75 81 70 71
ANTENNE ARDÈCHE – 2 AVENUE CLAUDE EXPILLY – 07600 VALS-LES-BAINS – TÉL: 04 75 37 45 82 – FAX: 04 75 37 56 14
laboratoires@cg26.fr – www.ladrome.fr – SIREN 222 6000 17 – SIRET 222 6000 17 000 81 – CODE APE 743B

Seules certaines prestations d'analyses sont couvertes par l'accréditation
Accréditation n° 1-0852 (Portée communiquée sur demande)

Dossier n° **121955** Echantillon n° **813603**

Libellé de l'échantillon: Echantillon PZ3

Pesticides **Nombre de molécules analysées: 348**

1175	Diméthoate (*)	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	60-51-5	< 0.100	µg/l	0.100
1403	Diméthomorphe	F-Morpholines	Méthode interne 1	110488-70-5	< 0.100	µg/l	0.100
1698	Dimetilan	I-Carbamates	Méthode interne 1	644-64-4	< 0.040	µg/l	0.040
1871	Diniconazole	F-Triazoles	Méthode interne 1	83657-24-3	< 0.040	µg/l	0.040
1490	DiNitroOrthoCrésol (DNOC)	H-Dinitrophénols	Méthode interne 1	534-52-1	< 0.050	µg/l	0.050
1677	Dinocap	F-Dérivés du phénol	Méthode interne 1	39300-45-3	< 0.050	µg/l	0.050
1491	Dinosèbe	H-Dinitrophénols	Méthode interne 1	88-85-7	< 0.050	µg/l	0.050
1176	Dinoterbe	H-Dinitrophénols	Méthode interne 1	1420-07-1	< 0.050	µg/l	0.050
1492	Disulfoton	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	298-04-4	< 0.050	µg/l	0.050
1966	Dithianon	F-Divers	Méthode interne 1	3347-22-6	< 0.050	µg/l	0.050
1177	Diuron (*)	H-Urées substituées	Méthode interne 1	330-54-1	< 0.020	µg/l	0.020
1929	1-(3,4-Dichlorophényl)-3-MéthylUrée	M-Métabolites	Méthode interne 1	3567-62-2	< 0.020	µg/l	0.020
1930	1-(3,4-DichloroPhényl) Urée	M-Métabolites	Méthode interne 1	2327-02-8	< 0.020	µg/l	0.020
1178	Endosulfan Aplha (*)	I-Organo-chlorés	Méthode interne 1	959-98-8	< 0.020	µg/l	0.020
1179	Endosulfan Béta (*)	I-Organo-chlorés	Méthode interne 1	33213-65-9	< 0.020	µg/l	0.020
1742	Endosulfan Sulfate (*)	I-Organo-chlorés	Méthode interne 1	1031-07-8	< 0.020	µg/l	0.020
1743	Endosulfan (somme)	I-Organo-chlorés	Méthode interne 1		< 0.020	µg/l	0.020
1181	Endrine (*)	I-Organo-chlorés	Méthode interne 1	72-20-8	< 0.010	µg/l	0.010
1744	Epoxyconazole	F-Triazoles	Méthode interne 1	106325-08-0	< 0.020	µg/l	0.020
1182	EPTC	H-Carbamates	Méthode interne 1	759-94-4	< 0.040	µg/l	0.040
2869	1-(4-IsopropylPhényl) Urée	M-Métabolites	Méthode interne 1	56046-17-4	< 0.020	µg/l	0.020
1809	Esfenvalérate	I-Pyréthrinoïdes de synthèse	Méthode interne 1	66230-04-4	< 0.040	µg/l	0.040
1763	Ethidimuron	H-Urées substituées	Méthode interne 1	30043-49-3	< 0.050	µg/l	0.050
1183	Ethion	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	563-12-2	< 0.020	µg/l	0.020
1874	Ethiophencarbe	I-Carbamates	Méthode interne 1	29973-13-5	< 0.050	µg/l	0.050
1184	Ethofumésate	H-Dérivés du benzofuranne	Méthode interne 1	26225-79-6	< 0.040	µg/l	0.040
1495	Ethoprophos	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	13194-48-4	< 0.040	µg/l	0.040
2020	Famoxadone	F-Oxazolidinediones	Méthode interne 1	131807-57-3	< 0.020	µg/l	0.020
2057	Fénamidone	F-Divers	Méthode interne 1	161326-34-7	< 0.050	µg/l	0.050
1185	Fénarimol	F-Diazines	Méthode interne 1	60168-88-9	< 0.040	µg/l	0.040
2742	Fénazaquin	I-Acaricides	Méthode interne 1	120928-09-8	< 0.020	µg/l	0.020

SQ(1): seuil de quantification-ND:non déterminé **CMA**:Concentration maximum admissible (normes européennes) pour la matrice prélevée

cofrac ESSAIS

LABORATOIRE DÉPARTEMENTAL D'ANALYSES
ANTENNE DRÔME – 37 AVENUE LAUTAGNE – BP 118, 26904 VALENCE CEDEX 9 – TÉL: 04 75 81 70 70 – FAX: 04 75 81 70 71
ANTENNE ARDÈCHE – 2 AVENUE CLAUDE EXPILLY – 07600 VALS-LES-BAINS – TÉL: 04 75 37 45 82 – FAX: 04 75 37 56 14
laboratoires@cg26.fr – www.ladrome.fr – SIREN 222 6000 17 – SIRET 222 6000 17 000 81 – CODE APE 743B

Seules certaines prestations d'analyses sont couvertes par l'accréditation
Accréditation n° 1-0852 (Portée communiquée sur demande)

Dossier n° **121955** Echantillon n° **813603**

Libellé de l'échantillon: Echantillon PZ3

Pesticides **Nombre de molécules analysées: 348**

1906	Fenbuconazole	F-Triazoles	Méthode interne 1	114369-43-6	< 0.100	µg/l	0.100
1186	Fenchlorfos	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	299-84-3	< 0.05	µg/l	0.05
2743	Fenhéxamide	F-Divers	Méthode interne 1	126833-17-8	< 0.05	µg/l	0.05
1187	Fénitrothion	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	122-14-5	< 0.040	µg/l	0.040
1973	Fénoxaprop éthyl	H-Aryloxyphénoxy	Méthode interne 1	82110-72-3	< 0.040	µg/l	0.040
1967	Fénoxycarbe	I-Carbamates	Méthode interne 1	79127-80-3	< 0.040	µg/l	0.040
1188	Fenpropathrine	I-Pyréthrinoïdes de synthèse	Méthode interne 1	64257-84-7	< 0.020	µg/l	0.020
1700	Fenpropidine	F-Pipéridines	Méthode interne 1	67306-00-7	< 0.050	µg/l	0.050
1189	Fenpropimorphe	F-Morpholines	Méthode interne 1	67306-03-0	< 0.050	µg/l	0.050
1190	Fenthion	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	55-38-9	< 0.040	µg/l	0.040
1500	Fénuron	H-Urées substituées	Méthode interne 1	101-42-8	< 0.040	µg/l	0.040
2021	Ferbam	F-Carbamates	Méthode interne 1	14484-64-1	< 0.080	µg/l	0.080
2009	Fipronil	I-Phénylpyrazoles	Méthode interne 1	200068-37-3	< 0.010	µg/l	0.010
1939	Flazasulfuron	H-Sulfonylurées	Méthode interne 1	104040-78-0	< 0.100	µg/l	0.100
1404	Fluazifop-p-butyl	H-Aryloxyphénoxy	Méthode interne 1	79241-46-6	< 0.050	µg/l	0.050
2022	Fludioxonil	F-Phénylpyrroles	Méthode interne 1	131341-86-1	< 0.040	µg/l	0.040
1676	Flufénoxuron (*)	I-Acyl urées	Méthode interne 1	101463-69-8	< 0.050	µg/l	0.050
2023	Flumioxazine	H-N-phénylimides	Méthode interne 1	103361-09-7	< 0.020	µg/l	0.020
2565	Flupyrsulfuron méthyl	H-Divers	Méthode interne 1	144740-54-5	< 0.100	µg/l	0.100
2056	Fluquinconazole	F-Triazoles	Méthode interne 1	114369-43-6	< 0.010	µg/l	0.010
1974	Fluridone	H-Pyrolidones	Méthode interne 1	59756-60-4	< 0.050	µg/l	0.050
1675	Flurochloridone	H-Pyrolidones	Méthode interne 1	61213-25-0	< 0.040	µg/l	0.040
1765	Fluroxypyr	H-Dérivés picoliniques	Méthode interne 1	69377-81-7	< 0.040	µg/l	0.040
2024	Flurprimidol	F-Divers	Méthode interne 1	56425-91-3	< 0.020	µg/l	0.020
2008	Flurtamone	H-Furanones	Méthode interne 1	96525-23-4	< 0.020	µg/l	0.020
1194	Flusilazole	F-Triazoles	Méthode interne 1	85509-19-9	< 0.050	µg/l	0.050
1503	Flutriafol	F-Triazoles	Méthode interne 1	76674-21-0	< 0.050	µg/l	0.050
1192	Folpel	F-Dicarboximides	Méthode interne 1	133-07-3	< 0.020	µg/l	0.020
2075	Fomesafen	H-Diphényl éthers	Méthode interne 1	72178-02-0	< 0.05	µg/l	0.05
1674	Fonofos	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	944-22-9	< 0.020	µg/l	0.020
1504	Formothion	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	2540-82-1	< 0.040	µg/l	0.040

SQ(1): seuil de quantification-ND:non déterminé CMA:Concentration maximum admissible (normes européennes) pour la matrice prélevée

cofrac ESSAIS

LABORATOIRE DÉPARTEMENTAL D'ANALYSES
ANTENNE DRÔME – 37 AVENUE LAUTAGNE – BP 118, 26904 VALENCE CEDEX 9 – TÉL: 04 75 81 70 70 – FAX: 04 75 81 70 71
ANTENNE ARDÈCHE – 2 AVENUE CLAUDE EXPILLY – 07600 VALS-LES-BAINS – TÉL: 04 75 37 45 82 – FAX: 04 75 37 56 14
laboratoires@cg26.fr – www.ladrome.fr – SIREN 222 6000 17 – SIRET 222 6000 17 000 81 – CODE APE 743B

Seules certaines prestations d'analyses sont couvertes par l'accréditation
Accréditation n° 1-0852 (Portée communiquée sur demande)

Dossier n° **121955** Echantillon n° **813603**

Libellé de l'échantillon: Echantillon PZ3

Pesticides **Nombre de molécules analysées: 348**

1908	Furalaxyl	F-Amines amides	Méthode interne 1	57646-30-7	< 0.050	µg/l	0.050
2567	Furathiocarbe	H-Carbamates	Méthode interne 1	65907-30-4	< 0.02	µg/l	0.02
2047	Haloxyfop	H-Aryloxyphénoxy	Méthode interne 1	69806-34-4	< 0.100	µg/l	0.100
2046	HCH epsilon (*)	I-Organo-chlorés	Méthode interne 1	6108-10-7	< 0.010	µg/l	0.010
1203	HCH Gamma (Lindane) (*)	I-Organo-chlorés	Méthode interne 1	58-89-9	< 0.010	µg/l	0.010
1200	HCH Alpha (*)	I-Organo-chlorés	Méthode interne 1	319-84-6	< 0.010	µg/l	0.010
1201	HCH Beta (*)	I-Organo-chlorés	Méthode interne 1	319-85-7	< 0.010	µg/l	0.010
1202	HCH Delta (*)	I-Organo-chlorés	Méthode interne 1	319-86-8	< 0.010	µg/l	0.010
1197	Heptachlore (*)	I-Organo-chlorés	Méthode interne 1	76-44-8	< 0.010	µg/l	0.010
1198	Heptachlore époxyde (*)	I-Organo-chlorés	Méthode interne 1	1024-57-3	< 0.010	µg/l	0.010
1910	Hepténophos	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	23560-59-0	< 0.020	µg/l	0.020
1199	Hexachlorobenzène (*)	I-Organo-chlorés	Méthode interne 1	118-74-1	< 0.010	µg/l	0.010
1405	Hexaconazole	F-Triazoles	Méthode interne 1	79983-71-4	< 0.100	µg/l	0.100
1875	Hexaflumuron	I-Benzoyl urées	Méthode interne 1	86479-06-3	< 0.040	µg/l	0.040
1673	Hexazinone (*)	H-Triazinones	Méthode interne 1	51235-04-2	< 0.050	µg/l	0.050
1876	Hexythiazox	I-Acaricides	Méthode interne 1	78587-05-0	< 0.050	µg/l	0.050
1704	Imazalil	F-Imidazoles	Méthode interne 1	35554-44-0	< 0.020	µg/l	0.020
1911	Imazamétabenz-méthyl	F-Imidazoles	Méthode interne 1	81405-85-8	< 0.050	µg/l	0.050
1877	**Imidaclopride**	**I-Chloronicotiniles**	**Méthode interne 1**	**38261-41-3**	0.20	µg/l	**0.050**
2025	Iodofenphos	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	18181-70-9	< 0.020	µg/l	0.020
2563	Iodosulfuron méthyl	H-Sulfonylurées	Méthode interne 1	144550-36-7	< 0.07	µg/l	0.07
1205	Ioxynil	H-Benzonitriles	Méthode interne 1	1689-83-4	< 0.040	µg/l	0.040
1206	Iprodione	F-Divers	Méthode interne 1	36734-19-7	< 0.040	µg/l	0.040
	Iprovalicarbe	F-Carbamates	Méthode interne 1	140923-17-7	< 0.100	µg/l	0.100
1976	Isazofos	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	42509-80-8	< 0.040	µg/l	0.040
1207	Isodrine	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	465-73-6	< 0.020	µg/l	0.020
1829	Isophenphos	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	25311-71-1	< 0.040	µg/l	0.040
1208	Isoproturon (*)	H-Urées substituées	Méthode interne 1	34123-59-6	< 0.040	µg/l	0.040
1672	Isoxaben	H-Benzamides	Méthode interne 1	82558-50-7	< 0.040	µg/l	0.040
1945	Isoxaflutole	H-Isoxazoles	Méthode interne 1	14112-29-0	< 0.020	µg/l	0.020
1950	Kresoxim méthyl	F-Strobilurines	Méthode interne 1	143390-89-0	< 0.010	µg/l	0.010

SQ(1): seuil de quantification-ND:non déterminé **CMA**:Concentration maximum admissible (normes européennes) pour la matrice prélevée

cofrac ESSAIS

LABORATOIRE DÉPARTEMENTAL D'ANALYSES
ANTENNE DRÔME – 37 AVENUE LAUTAGNE – BP 118, 26904 VALENCE CEDEX 9 – TÉL: 04 75 81 70 70 – FAX: 04 75 81 70 71
ANTENNE ARDÈCHE – 2 AVENUE CLAUDE EXPILLY – 07600 VALS-LES-BAINS – TÉL: 04 75 37 45 82 – FAX: 04 75 37 56 14
laboratoires@cg26.fr – www.ladrome.fr – SIREN 222 6000 17 – SIRET 222 6000 17 000 81 – CODE APE 743B

Seules certaines prestations d'analyses sont couvertes par l'accréditation
Accréditation n° 1-0852 (Portée communiquée sur demande)

Dossier n° **121955** Echantillon n° **813603**

Libellé de l'échantillon: Echantillon PZ3

Pesticides **Nombre de molécules analysées: 348**

1094	Lambda cyhalothrine	I-Pyréthrinoïdes de synthèse	Méthode interne 1	91465-08-6	< 0.020	µg/l	0.020
1406	Lénacile	H-Diazines	Méthode interne 1	2164-08-1	< 0.100	µg/l	0.100
1209	Linuron (*)	H-Urées substituées	Méthode interne 1	330-55-2	< 0.020	µg/l	0.020
2026	Lufénuron	I-Benzoyl urées	Méthode interne 1	103055-07-8	< 0.020	µg/l	0.020
1210	Malathion (*)	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	121-75-5	< 0.040	µg/l	0.040
1214	Mecoprop (*)	H-Aryloxyacides	Méthode interne 1	7085-19-0	< 0.020	µg/l	0.020
1968	Mefénacet	H-Amides	Méthode interne 1	73250-68-7	< 0.040	µg/l	0.040
1878	Mépronil	F-Amines amides	Méthode interne 1	55814-41-0	< 0.040	µg/l	0.040
2578	Mésosulfuron Méthyl	H-Sulfonylurées	Méthode interne 1	208465-21-8	< 0.100	µg/l	0.100
1510	Mercaptodiméthur	F-Dérivés du benzène	Méthode interne 1	2032-65-7	< 0.050	µg/l	0.050
1706	Métalaxyle	F-Amines amides	Méthode interne 1	57837-19-1	< 0.020	µg/l	0.020
1215	Métamitron	H-Triazinones	Méthode interne 1	41394-05-02	< 0.050	µg/l	0.050
1670	Métazachlore (*)	H-Amides	Méthode interne 1	67129-08-2	< 0.050	µg/l	0.050
1216	Méthabenzthiazuron	H-Urées substituées	Méthode interne 1	18691-97-9	< 0.040	µg/l	0.040
1217	Méthidathion (*)	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	950-37-8	< 0.040	µg/l	0.040
1218	Méthomyl	I-Carbamates	Méthode interne 1	16752-77-5	< 0.100	µg/l	0.100
1511	Méthoxychlore (*)	I-Organo-chlorés	Méthode interne 1	72-43-5	< 0.020	µg/l	0.020
1515	Métobromuron (*)	H-Urées substituées	Méthode interne 1	3060-89-7	< 0.020	µg/l	0.020
1221	Métolachlore (*)	H-Amides	Méthode interne 1	51218-45-2	< 0.020	µg/l	0.020
1912	Métosulam	H-Triazolopyrimidines	Méthode interne 1	139525-85-1	< 0.100	µg/l	0.100
1222	Métoxuron (*)	H-Urées substituées	Méthode interne 1	19937-59-8	< 0.040	µg/l	0.040
1225	Métribuzine	H-Triazinones	Méthode interne 1	21087-64-9	< 0.050	µg/l	0.050
1797	Metsulfuron méthyl	H-Sulfonylurées	Méthode interne 1	74223-64-6	< 0.100	µg/l	0.100
1226	Mévinphos (*)	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	7786-34-7	< 0.040	µg/l	0.040
1707	Molinate	H-Carbamates	Méthode interne 1	2212-67-1	< 0.020	µg/l	0.020
1227	Monolinuron (*)	H-Urées substituées	Méthode interne 1	1746-81-2	< 0.020	µg/l	0.020
1228	Monuron (*)	H-Urées substituées	Méthode interne 1	150-68-5	< 0.020	µg/l	0.020
1881	Myclobutanyl	F-Triazoles	Méthode interne 1	88671-89-0	< 0.050	µg/l	0.050
1516	Naled	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	300-76-5	< 0.040	µg/l	0.040
1519	Napropamide	H-Amides	Méthode interne 1	15299-99-7	< 0.020	µg/l	0.020
1937	Naptalam	H-Dérivés phtaliques	Méthode interne 1	132-66-1	< 0.020	µg/l	0.020

SQ(1): seuil de quantification-ND:non déterminé **CMA**:Concentration maximum admissible (normes européennes) pour la matrice prélevée

cofrac ESSAIS

LABORATOIRE DÉPARTEMENTAL D'ANALYSES
ANTENNE DRÔME – 37 AVENUE LAUTAGNE – BP 118, 26904 VALENCE CEDEX 9 – TÉL: 04 75 81 70 70 – FAX: 04 75 81 70 71
ANTENNE ARDÈCHE – 2 AVENUE CLAUDE EXPILLY – 07600 VALS-LES-BAINS – TÉL: 04 75 37 45 82 – FAX: 04 75 37 56 14
laboratoires@cg26.fr – www.ladrome.fr – SIREN 222 6000 17 – SIRET 222 6000 17 000 81 – CODE APE 743B

Seules certaines prestations d'analyses sont couvertes par l'accréditation
Accréditation n° 1-0852 (Portée communiquée sur demande)

Dossier n° **121955** Echantillon n° **813603**

Libellé de l'échantillon: Echantillon PZ3

Pesticides **Nombre de molécules analysées: 348**

1520	Néburon	H-Urées substituées	Méthode interne 1	555-37-3	< 0.040	µg/l	0.040
1669	Norflurazon	H-Diazines	Méthode interne 1	27314-13-2	< 0.050	µg/l	0.050
2737	Nor flurazon desméthyl	H-Divers	Méthode interne 1		< 0.050	µg/l	0.050
1883	Nuarimol	F-Diazines	Méthode interne 1	63284-71-9	< 0.040	µg/l	0.040
2027	Ofurace	F-Amines amides	Méthode interne 1	58810-48-3	< 0.010	µg/l	0.010
1668	Oryzalin	H-Toluidines	Méthode interne 1	19044-88-3	< 0.050	µg/l	0.050
1667	Oxadiazon (*)	H-Dérivés de oxadiazole	Méthode interne 1	19666-30-9	< 0.020	µg/l	0.020
1666	Oxadixyl (*)	F-Amines amides	Méthode interne 1	77732-09-3	< 0.020	µg/l	0.020
1850	Oxamyl	I-Carbamates	Méthode interne 1	23135-22-0	< 0.100	µg/l	0.100
1231	Oxydémeton méthyl	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	301-12-2	< 0.100	µg/l	0.100
1952	Oxyfluorfène	H-Diphényl éthers	Méthode interne 1	42874-03-3	< 0.100	µg/l	0.100
1232	Parathion éthyl (*)	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	56-38-2	< 0.040	µg/l	0.040
1233	Parathion méthyl (*)	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	298-00-0	< 0.040	µg/l	0.040
1762	Penconazole	F-Triazoles	Méthode interne 1	66246-88-6	< 0.050	µg/l	0.050
1887	Pencycuron	F-Phénylurées	Méthode interne 1	66063-05-6	< 0.050	µg/l	0.050
1234	Pendimethaline (*)	H-Toluidines	Méthode interne 1	40487-42-1	< 0.020	µg/l	0.020
1235	Pentachlorophénol	H-Triazolinones	Méthode interne 1	87-86-5	< 0.050	µg/l	0.050
1888	Pentachlorobenzène (*)	F-Dérivés du benzène	Méthode interne 1	608-93-5	< 0.050	µg/l	0.050
1523	Perméthrine	I-Pyréthrinoïdes de synthèse	Méthode interne 1	52645-53-1	< 0.020	µg/l	0.020
1236	Phenmédiphame	H-Carbamates	Méthode interne 1	13684-63-4	< 0.100	µg/l	0.100
1525	Phorate	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	298-02-2	< 0.040	µg/l	0.040
1237	Phosalone (*)	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	2310-17-0	< 0.040	µg/l	0.040
1971	Phosmet	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	732-11-6	< 0.020	µg/l	0.020
1238	Phosphamidon	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	13171-21-6	< 0.050	µg/l	0.050
1665	Phoxime	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	14816-18-3	< 0.100	µg/l	0.100
1709	Piperonyl butoxide	I-Divers	Méthode interne 1	51-03-6	< 0.040	µg/l	0.040
1528	Pirimicarbe	I-Carbamates	Méthode interne 1	23103-98-2	< 0.02	µg/l	0.02
1253	Prochloraze	F-Imidazoles	Méthode interne 1	67747-09-5	< 0.050	µg/l	0.050
1664	Procymidone	F-Dicarboximides	Méthode interne 1	32809-16-8	< 0.040	µg/l	0.040
1710	Promecarbe	I-Carbamates	Méthode interne 1	28916-00-9	< 0.050	µg/l	0.050
1711	Prométon	H-Triazines	Méthode interne 1	1610-18-0	< 0.040	µg/l	0.040

SQ(1): seuil de quantification-ND:non déterminé *CMA*:Concentration maximum admissible (normes européennes) pour la matrice prélevée

cofrac ESSAIS

LABORATOIRE DÉPARTEMENTAL D'ANALYSES
ANTENNE DRÔME – 37 AVENUE LAUTAGNE – BP 118, 26904 VALENCE CEDEX 9 – TÉL : 04 75 81 70 70 – FAX : 04 75 81 70 71
ANTENNE ARDÈCHE – 2 AVENUE CLAUDE EXPILLY – 07600 VALS-LES-BAINS – TÉL : 04 75 37 45 82 – FAX : 04 75 37 56 14
laboratoires@cg26.fr – www.ladrome.fr – SIREN 222 6000 17 – SIRET 222 6000 17 000 81 – CODE APE 743B

Seules certaines prestations d'analyses sont couvertes par l'accréditation
Accréditation n° 1-0852 (Portée communiquée sur demande)

Dossier n° **121955** Echantillon n° **813603**

Libellé de l'échantillon: Echantillon PZ3

Pesticides **Nombre de molécules analysées: 348**

1254	Prométhryne	H-Triazines	Méthode interne 1	7287-19-6	< 0.050	µg/l	0.050
1712	Propachlor	H-Amides	Méthode interne 1	1918-16-7	< 0.040	µg/l	0.040
1532	Propanil	H-Amides	Méthode interne 1	709-98-8	< 0.040	µg/l	0.040
1972	Propaquizafop	H-Aryloxyphénoxy	Méthode interne 1	111479-05-1	< 0.040	µg/l	0.040
1255	Propargite	I-Sulfones et sulfonates	Méthode interne 1	2312-35-8	< 0.050	µg/l	0.050
1256	Propazine (*)	H-Triazines	Méthode interne 1	139-40-2	< 0.020	µg/l	0.020
1533	Propétamphos (*)	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	31218-83-4	< 0.040	µg/l	0.040
1889	Prophénophos	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	41138-08-7	< 0.040	µg/l	0.040
1257	Propiconazole	F-Triazoles	Méthode interne 1	60207-90-1	< 0.100	µg/l	0.100
1535	Propoxur	I-Carbamates	Méthode interne 1	114-26-1	< 0.040	µg/l	0.040
1414	Propyzamide	H-Amides	Méthode interne 1	23950-58-5	< 0.040	µg/l	0.040
1092	Prosulfocarbe	H-Carbamates	Méthode interne 1	52888-80-9	< 0.040	µg/l	0.040
1949	Prétilachlore	H-Divers	Méthode interne 1	51218-49-6	< 0.02	µg/l	0.02
2576	Pyraclostrobine	F-Strobilurines	Méthode interne 1	175013-18-0	< 0.05	µg/l	0.05
1258	Pyrazophos	F-Diazines	Méthode interne 1	13457-18-6	< 0.020	µg/l	0.020
1890	Pyridabène	I-Acaricides	Méthode interne 1	96489-71-3	< 0.040	µg/l	0.040
1259	Pyridate	H-Diazines	Méthode interne 1	55512-33-9	< 0.050	µg/l	0.050
1663	Pyrifénox	F-Divers	Méthode interne 1	88283-41-4	< 0.020	µg/l	0.020
1432	Pyriméthanil	F-Anilinopyrimidines	Méthode interne 1	53112-28-0	< 0.040	µg/l	0.040
1260	Pyrimiphos éthyl	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	23505-41-1	< 0.040	µg/l	0.040
1261	Pyrimiphos méthyl	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	29232-93-7	< 0.040	µg/l	0.040
1891	Quinalphos (*)	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	13593-03-8	< 0.040	µg/l	0.040
2028	Quinoxyfen	F-Phénoxyquinoléines	Méthode interne 1	124495-18-7	< 0.010	µg/l	0.010
1538	Quintozène (*)	F-Dérivés du benzène	Méthode interne 1	82-68-8	< 0.010	µg/l	0.010
2069	Quizalofop	H-Aryloxyphénoxy	Méthode interne 1	76578-12-6	< 0.05	µg/l	0.05
2070	Quizalofop éthyl	H-Aryloxyphénoxy	Méthode interne 1	76578-14-8	< 0.02	µg/l	0.02
2029	Rotenone	I-Acaricides	Méthode interne 1	83-79-4	< 0.040	µg/l	0.040
	S-Métolachlore		Méthode interne 1	87392-12-9	< 0.05	µg/l	0.05
1923	Sébuthylazine (*)	H-Triazines	Méthode interne 1	7286-69-3	< 0.020	µg/l	0.020
1262	Secbuméton	H-Triazines	Méthode interne 1	26259-45-0	< 0.040	µg/l	0.040
1263	**Simazine (*)**	**H-Triazines**	**Méthode interne 1**	**122-34-9**	Présence	µg/l	**0.020**

SQ(1): seuil de quantification-ND:non déterminé ***CMA***:Concentration maximum admissible (normes européennes) pour la matrice prélevée

cofrac ESSAIS

LABORATOIRE DÉPARTEMENTAL D'ANALYSES
ANTENNE DRÔME – 37 AVENUE LAUTAGNE – BP 118, 26904 VALENCE CEDEX 9 – TÉL: 04 75 81 70 70 – FAX: 04 75 81 70 71
ANTENNE ARDÈCHE – 2 AVENUE CLAUDE EXPILLY – 07600 VALS-LES-BAINS – TÉL: 04 75 37 45 82 – FAX: 04 75 37 56 14
laboratoires@cg26.fr – **www.ladrome.fr** – SIREN 222 6000 17 – SIRET 222 6000 17 000 81 – CODE APE 743B

Seules certaines prestations d'analyses sont couvertes par l'accréditation
Accréditation n° 1-0852 (Portée communiquée sur demande)

Dossier n° **121955** Echantillon n° **813603**

Libellé de l'échantillon: Echantillon PZ3

Pesticides **Nombre de molécules analysées: 348**

2664	Spiroxamine	F-Divers	Méthode interne 1	118134-30-8	< 0.100	µg/l	0.100
1662	Sulcotrione	H-Tricétones	Méthode interne 1	99105-77-8	< 0.040	µg/l	0.040
1894	Sulfotep	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	3689-24-5	< 0.050	µg/l	0.050
1193	Tau-fluvalinate	I-Pyréthrinoïdes de synthèse	Méthode interne 1	102851-06-9	< 0.040	µg/l	0.040
1694	Tébuconazole	F-Triazoles	Méthode interne 1	107534-96-3	< 0.060	µg/l	0.060
1895	Tébufénozide	I-Benzhydrazides	Méthode interne 1	112410-23-8	< 0.040	µg/l	0.040
1896	Tébufenpyrad	I-Acaricides	Méthode interne 1	119168-77-3	< 0.040	µg/l	0.040
1661	Tébutame	H-Amides	Méthode interne 1	35256-85-0	< 0.020	µg/l	0.020
1897	Téflubenzuron	I-Benzhydrazides	Méthode interne 1	83121-18-0	< 0.050	µg/l	0.050
1898	Teméphos	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	3383-96-8	< 0.100	µg/l	0.100
1659	Terbacile	H-Diazines	Méthode interne 1	5902-51-2	< 0.040	µg/l	0.040
1267	Terbuphos	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	13071-79-9	< 0.020	µg/l	0.020
1269	Terbutryne	H-Triazines	Méthode interne 1	886-50-0	< 0.040	µg/l	0.040
1266	Terbuméton	H-Triazines	Méthode interne 1	33693-04-8	< 0.020	µg/l	0.020
1268	Terbutylazine (*)	H-Triazines	Méthode interne 1	5915-41-3	< 0.020	µg/l	0.020
2045	**Terbutylazine deséthyl (*)**	**H-Triazines**	**Méthode interne 1**	**30123-63-4**	0.07	µg/l	**0.020**
2010	Tétrachlorobenzène (*)	F-Dérivés du benzène	Méthode interne 1	634-66-2	< 0.050	µg/l	0.050
1277	Tétrachlorvinphos	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	961-11-5	< 0.040	µg/l	0.040
1660	Tétraconazole	F-Triazoles	Méthode interne 1	112281-77-3	< 0.100	µg/l	0.100
1900	Tétradifon	I-Sulfones et sulfonates	Méthode interne 1	116-29-0	< 0.100	µg/l	0.100
1713	Thiabendazole	F-Carbamates	Méthode interne 1	148-79-8	< 0.020	µg/l	0.020
1714	Thiazasulfuron	H-Urées substituées	Méthode interne 1	25366-23-8	< 0.080	µg/l	0.080
1913	Thifensulfuron méthyl	H-Sulfonylurées	Méthode interne 1	79277-27-3	< 0.100	µg/l	0.100
1093	Thiodicarbe	I-Carbamates	Méthode interne 1	59669-26-0	< 0.060	µg/l	0.060
2071	Thiométon	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	640-15-3	< 0.100	µg/l	0.100
1719	Tolylfluanide	F-Sulfamides et dérivés soufrés	Méthode interne 1	731-27-1	< 0.040	µg/l	0.040
1658	Tralomethrine	I-Pyréthrinoïdes de synthèse	Méthode interne 1	66841-25-6	< 0.020	µg/l	0.020
1544	Triadimefon	F-Triazoles	Méthode interne 1	43121-43-3	< 0.050	µg/l	0.050
1280	Triadimenol	F-Triazoles	Méthode interne 1	55219-65-3	< 0.100	µg/l	0.100
1281	Triallate	H-Carbamates	Méthode interne 1	2303-17-5	< 0.040	µg/l	0.040

SQ(1): seuil de quantification-ND:non déterminé ***CMA***:Concentration maximum admissible (normes européennes) pour la matrice prélevée

cofrac ESSAIS

LABORATOIRE DÉPARTEMENTAL D'ANALYSES
ANTENNE DRÔME – 37 AVENUE LAUTAGNE – BP 118, 26904 VALENCE CEDEX 9 – TÉL: 04 75 81 70 70 – FAX: 04 75 81 70 71
ANTENNE ARDÈCHE – 2 AVENUE CLAUDE EXPILLY – 07600 VALS-LES-BAINS – TÉL: 04 75 37 45 82 – FAX: 04 75 37 56 14
laboratoires@cg26.fr – www.ladrome.fr – SIREN 222 6000 17 – SIRET 222 6000 17 000 81 – CODE APE 743B

Seules certaines prestations d'analyses sont couvertes par l'accréditation
Accréditation n° 1-0852 (Portée communiquée sur demande)

Dossier n° **121955** Echantillon n° **813603**

Libellé de l'échantillon: Echantillon PZ3

Pesticides **Nombre de molécules analysées: 348**

1914	Triasulfuron	H-Sulfonylurées	Méthode interne 1	82097-50-5	< 0.100	µg/l	0.100
1901	Triazamate	I-Carbamyl triazoles	Méthode interne 1	112143-82-5	< 0.100	µg/l	0.100
1657	Triazophos	I-Organo-phosphorés	Méthode interne 1	24017-47-8	< 0.100	µg/l	0.100
1288	Triclopyr (*)	H-Dérivés picoliniques	Méthode interne 1	55335-06-3	< 0.020	µg/l	0.020
2678	Trifloxystrobine	F-Divers	Méthode interne 1	141517-21-7	< 0.05	µg/l	0.05
1902	Triflumuron	I-Benzoyl urées	Méthode interne 1	64628-44-0	< 0.100	µg/l	0.100
1289	Trifluraline (*)	H-Toluidines	Méthode interne 1	1582-09-8	< 0.020	µg/l	0.020
1291	Vinchlozoline (*)	F-Dicarboximides	Méthode interne 1	50471-44-8	< 0.020	µg/l	0.020

Fin du rapport n° 813603

SQ(1): seuil de quantification-ND:non déterminé CMA:Concentration maximum admissible (normes européennes) pour la matrice prélevée

cofrac ESSAIS

LABORATOIRE DÉPARTEMENTAL D'ANALYSES
ANTENNE DRÔME – 37 AVENUE LAUTAGNE – BP 118, 26904 VALENCE CEDEX 9 – TÉL: 04 75 81 70 70 – FAX: 04 75 81 70 71
ANTENNE ARDÈCHE – 2 AVENUE CLAUDE EXPILLY – 07600 VALS-LES-BAINS – TÉL: 04 75 37 45 82 – FAX: 04 75 37 56 14
laboratoires@cg26.fr – www.ladrome.fr – SIREN 222 6000 17 – SIRET 222 6000 17 000 81 – CODE APE 743B

Seules certaines prestations d'analyses sont couvertes par l'accréditation
Accréditation n° 1-0852 (Portée communiquée sur demande)

Annexe 9

Résultats de l'enquête sur l'usage de produits phytosanitaires en zone non agricole (ZNA)

Organisme	Résultats enquête	Zones de traitement	Type de traitement	Produits utilisés	Quantité produit	Substances actives	Mode d'application	Périodes de traitement	Précision de l'information - remarques
Gestionnaires voies de transport									
Autoroute Sud de la France (ASF)	Réponse par téléphone uniquement	Autoroute A7 et A8	Désherbage	n.c.*		Glyphosate	Application locale	Au cas par cas, si besoin Pas de traitement en 2006	Majeure partie des eaux de ruissellement des chaussées sont évacuées par les fossés, et rejetées directement dans l'Arc
DDE Service territoriale	Réponse par téléphone uniquement	Routes D10, D20, D21, N113	Désherbage	Mitchell 480 et Arlen		Diuron, Aminotriazole, Thiocyanate d'ammonium	Application locale (sulfateuse à dos)	Au cas par cas, si besoin	
SNCF Etablissement logistique infrastructure	Réponse détaillée par courrier	Voie ferrée reliant Arles à Marseille (et ses abords)	Désherbage (préventif)	Traffic allé/ Environet	102 l/ 45 l	Aminotriazole, Isoxaben, Glyphosate	Train désherbeur	Printemps (mars à juin)	Auparavant, utilisation de dichlorobenil également
			Désherbage (curatif)	Illico TL Express/ Clinic EV/ Pavanet	15 l/ 7,5 l/ 1,5 l	Aminotriazole, Aclonifen, Thiocyanate d'amonnium, Glyphosate, MCPA, Dichloprop-p	Train désherbeur	Septembre (Illico et Clinic) Juin (Pavanet)	
Aérodrôme de Berre - la Fare	Réponse courrier + discussion téléphonique	/	/	/		/	/	/	Absence de traitement - aérodrôme enherbé - uniquement fauchage

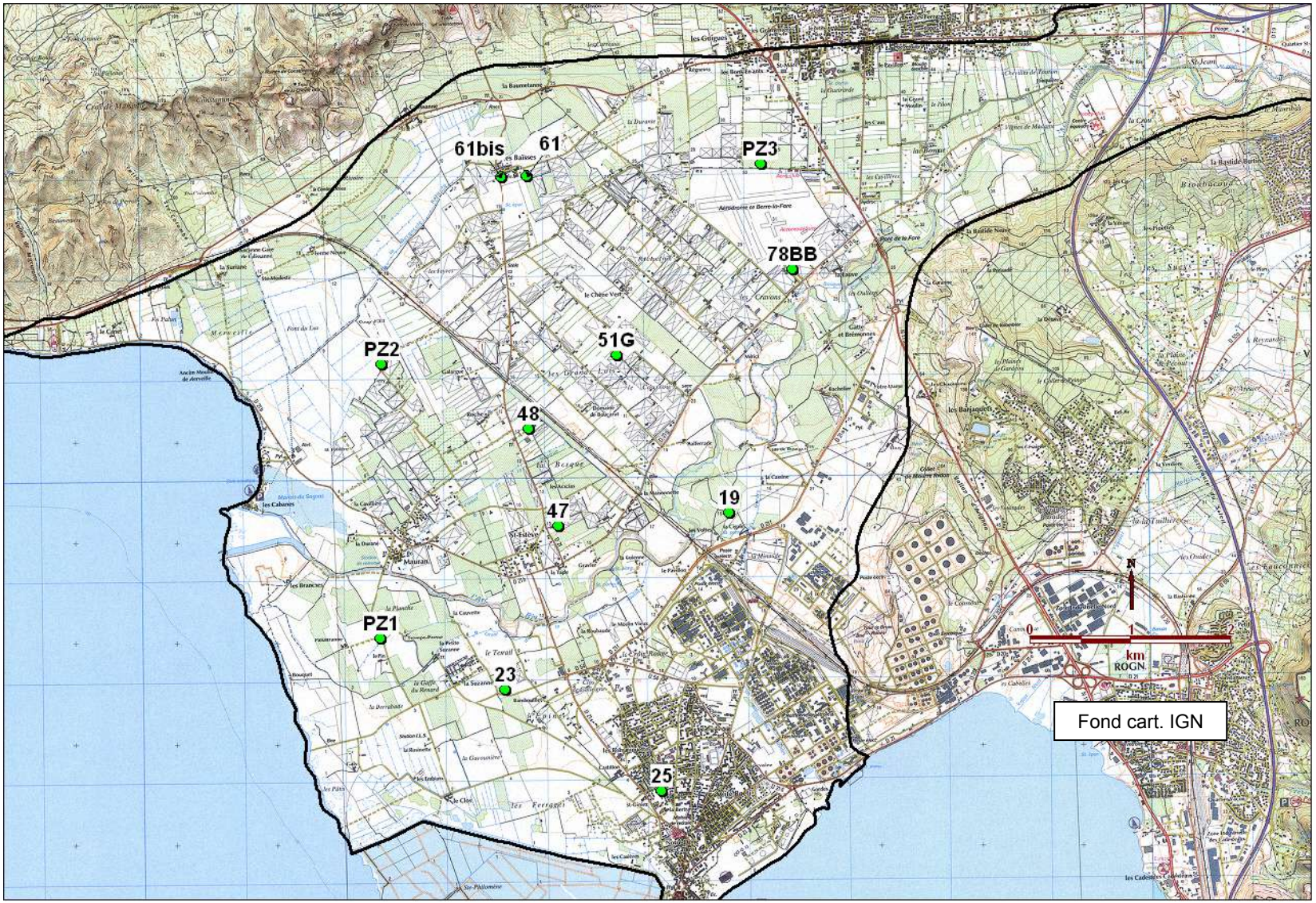
Organisme	Résultats enquête	Zones de traitement	Type de traitement	Produits utilisés	Quantité produit	Substances actives	Mode d'application	Périodes de traitement	Précision de l'information - remarques
Communes									
Mairie de Berre l'Etang	Réponse détaillée par courrier	Espaces verts, bords de routes	Désherbage	Roundup/ Oxalis/ Hortil Pelouse	50 l/ 50 l/ ?	Glyphosate Diméthylamine, Mecoprop		Mars/Avril, Aout	
		Espaces verts et parcs	Fongicides	Mycloss Bouillie bordelaise	?/ 10 kg	Myclobutanil Sulfate de cuivre		Mars, Novembre	
		Espaces verts et parcs	Insecticides	Fresbee Dipel Kyros EV	?/ ?/ 1 l	Deltaméthrine Bacillus Thuringiensis Bifenthrine		Mars	
Mairie de la Fare les Oliviers	Réponse en attente								
Mairie de Lançon-Provence	Réponse en attente								

Organisme	Résultats enquête	Zones de traitement	Type de traitement	Produits utilisés	Quantité produit	Substances actives	Mode d'application	Périodes de traitement	Précision de l'information - remarques
Lutte contre les nuisibles									
EID Direction	Réponse détaillée par courrier + Fichier informatique des zones de traitement	Zones humides, marais, proches étang de Berre	Lutte contre les moustiques	Vectobac (12AS et WG)/ Abate 500E/ Paluthion CE	14,2 kg/ 185 l/ 11 l	Bacillus thuringiensis, Téméphos, Fénitrothion		Abate (Téméphos) toute l'année Autres produits : variable	Bacillus thuringiensis : produit phyto, d'origine naturelle
		Zone urbaine (Berre), (Bouches d'égoût pluviales)	Lutte contre les moustiques	Vectobac 12AS/ Bactimos/ Kothrine 15-5	98 l/ 2,6 l/ 2,4 l	Bacillus thuringiensis et sphaericus Deltaméthrine et Esbiothrine		L'été essentiellement	Bacillus thuringiensis : produit phyto, d'origine naturelle
ONF	Réponse détaillée par courrier + Fichier informatique des zones de traitement	Pinèdes fréquentées par le public	Lutte contre les chenilles processionnaires	Dipel 8L ou Foray 48B	2 à 3 l/ha	Bacillus thuringiensis	Aspersion par hélicoptère		Bacillus thuringiensis : produit phyto, d'origine naturelle
Sites industriels									
Shell	Réponse détaillée par courrier	Zones imperméabilisées, zones de stockage, bords de routes	Désherbage (+ lutte contre chenilles processionnaires)	Arlen EVP/ Weedazol TL total/ 2DP/ Clinic DT	2800 l/ 2800 l/ 800 l/400 l	Diuron, Aminotriazole, Thiocyanate d'ammonium, 2,4D, Dichloroprop-p, Glyphosate (+ Bacillus thuringiensis ?)	Traitement systématique au printemps, puis retouches ponctuelles Traitement contre chenilles processionnaires à l'automne	Désherbage : Mars, Avril, Mai Lutte contre chenilles : Octobre, Novembre	Autres molécules utilisées auparavant : Bromacil, Hexazinone, Ustilan (Ethidimuron)
Linde Gas	Réponse détaillée par courrier	Massifs, Massifs et haies, Lauriers roses	Désherbage Fongicide Insecticide	Pendulum+Stratagel/ Tchao 400 EV Gypsy Flo Alphasis, Huron	6 l/ 7 l/ 2 l/ 5,6 l/ 1,6 l	Pendiméthaline, Oxyfluorfène, Glyphosate Sulfate de cuivre Huile blanche, Alphaméthrine	En préventif pour le désherbant anti-germinatif et le sulfate de cuivre, puis en curatif selon les "attaques"	Désherbage : février, puis Mars Fongicides, insecticides : en avril	

*n.c. : non connu

Annexe 10

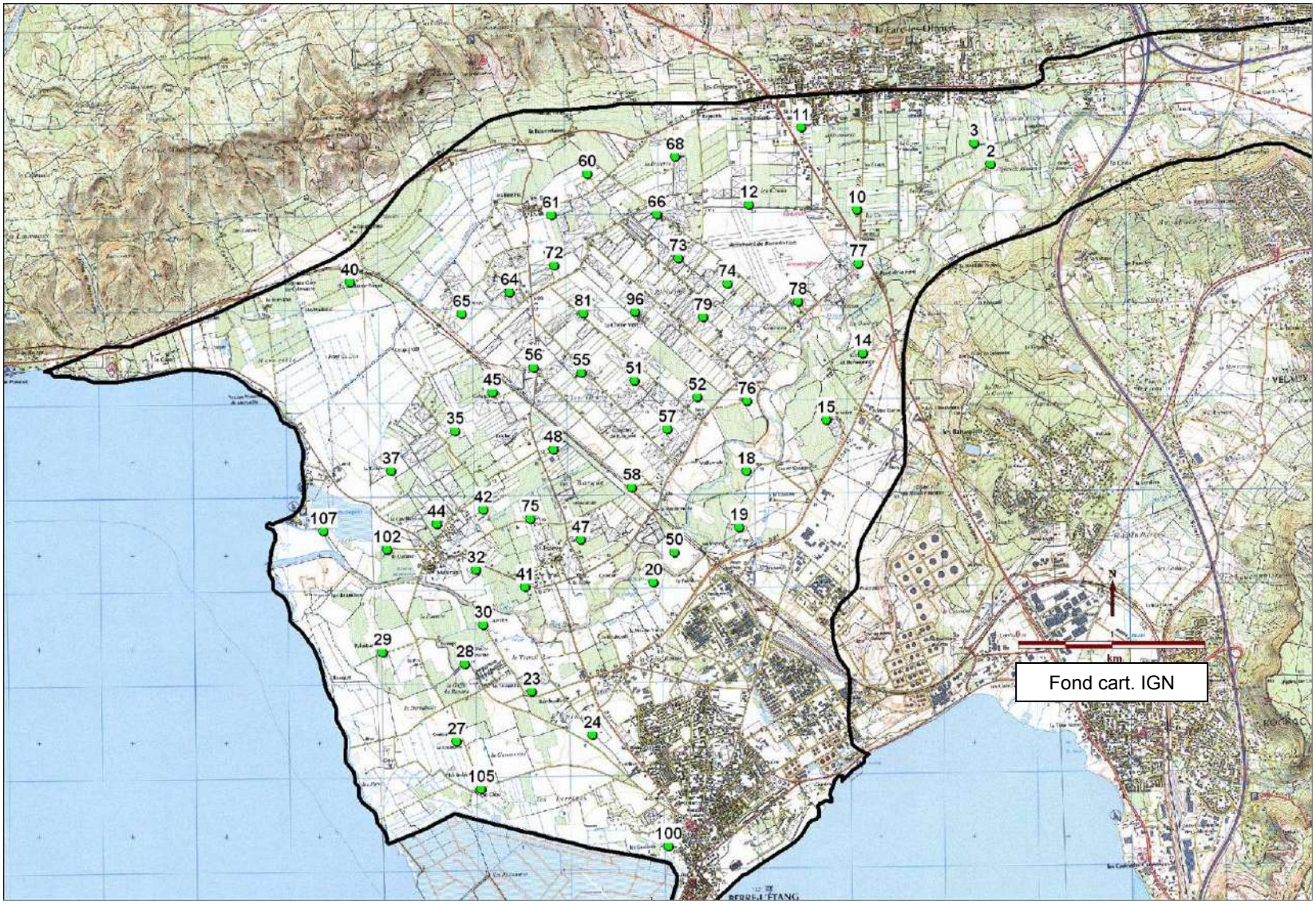
Carte de localisation des campagnes d'analyses conjointes pesticides et nitrates du BRGM (2006)


61bis
61
PZ3
78BB
51G
PZ2
48
19
47
PZ1
23
25
N
0
1
2
km
Fond cart. IGN

Annexe 11

Analyses de pesticides dans les eaux de la nappe – Données d'analyses antérieures à 2006

Points de prélèvements – étude IPSEAU 2001



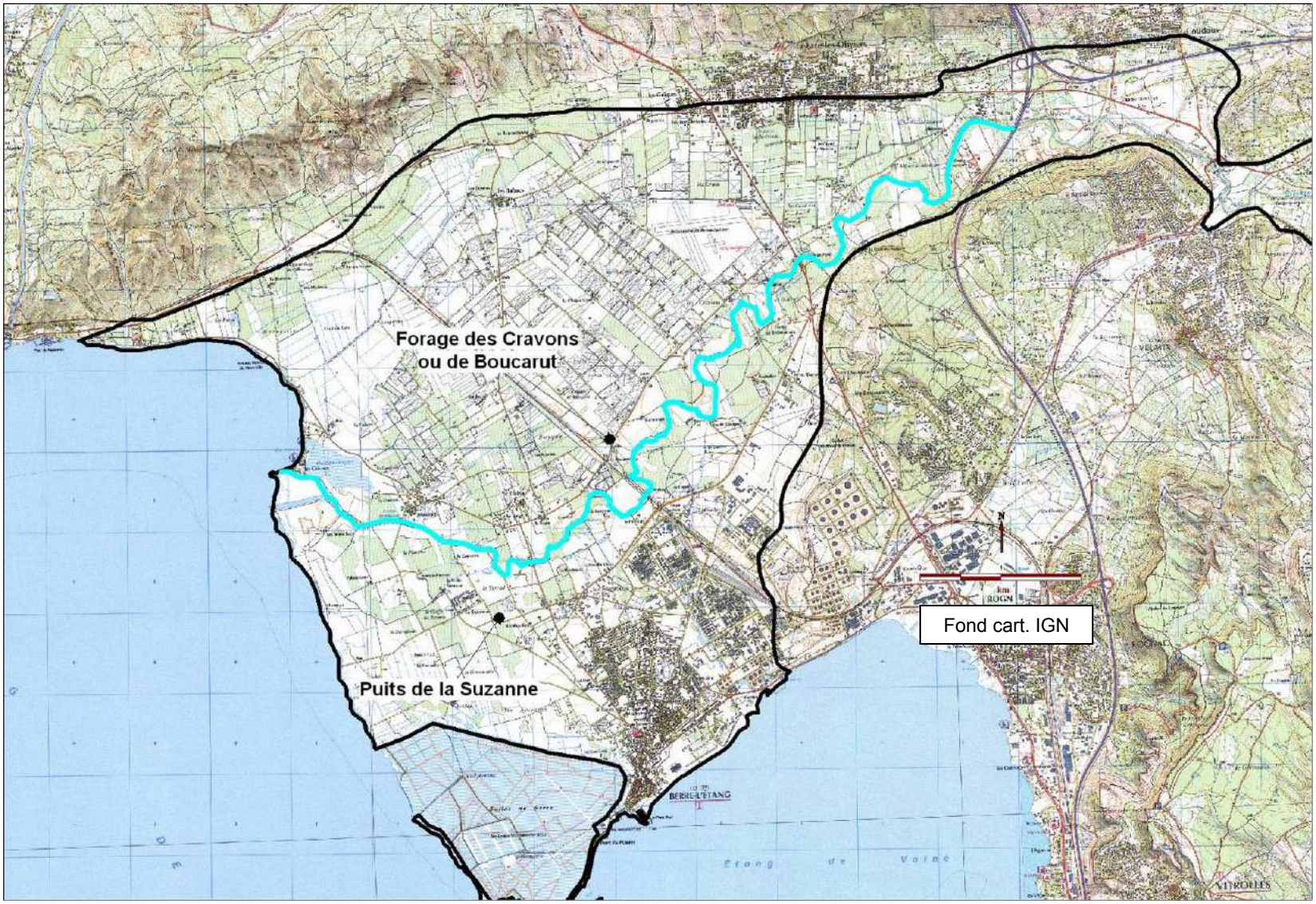
Résultats d'analyse pesticides – étude IPSEAU 2001

Code point	Code étude	Coord X (L2E)	Coord Y (L2E)	Date_prelev (IPSEAU)	2,4-MCPA	2.6-dichlorobenzamide	Atrazine	Atrazine déséthyl	Bromacil	Chlorfenvinphos	Diméthoate	Diuron	Ethidimuron	Furalaxyl	Hexazinone	Imidaclopride	Iprodione	Lindane	Mamthion	Metalaxyl	Norflurazon	Procymidone	Oxadixyl	Simazine	Terbuthylazine	Terbuthylazine déséthyl
7713037002	2	832540.7495	1842145.875	07/02/2001																	0.17			0.02		0.02
7713037003	3	832360.9966	1842367.335	07/02/2001																						0.06
7713037009	10	831110	1841650	07/02/2001											0.23						0.06			0.02		0.02
7713037010	11	830510.796	1842535.345	07/02/2001			0.02	0.03	0.13			0.06														
7713037011	12	829949.7873	1841711.6	07/02/2001																				0.04		0.1
7713014001	14	831169.5125	1840114.145	07/02/2001													0.04									
7713014002	15	830777.248	1839402.075	07/02/2001																						0.09
7713014005	18	829922.2588	1838853.981	07/02/2001																						
7713014006	19	829847.6111	1838254.391	07/02/2001																						0.08
7713014007	20	828925.3807	1837659.922	07/02/2001																						0.02
7713014009	23	827622.1854	1836490.97	07/02/2001								0.07	1.7										0.06	0.03		
7713014011	24	828277.5683	1836028.592	07/02/2001		0.07																				
7713014014	27	826815.7322	1835955.733	07/02/2001																						
7713014015	28	826909.8203	1836788.066	07/02/2001																						
7713014016	29	826022.955	1836913.315	07/02/2001																					0.09	
7713014017	30	827108.6973	1837207.245	07/02/2001																						
7713014019	32	827025.2794	1837794.423	07/02/2001																0.15			0.1	0.04		0.05
7713014020	35	826805.4632	1839282.84	07/02/2001												0.11				0.07			0.17			
7713014022	37	826113.3089	1838852.271	07/02/2001												0.2				0.03			0.06			
7713051002	40	825674.1564	1840874.074	07/02/2001																						
7713014023	41	827556.4262	1837609.807	07/02/2001							0.08							0.21	0.17					0.08	0.07	
7713014024	42	827105.3389	1838443.455	07/02/2001										0.26						0.13			0.08	0.04		0.08
7713014026	44	826606.8162	1838287.199	07/02/2001												0.13				0.1			0.24	0.02		
7713014027	45	827201.5397	1839692.429	07/02/2001												0.17				0.13			0.48			0.05
7713014029	47	828148.5235	1838118.535	07/02/2001																0.58			0.03	0.02		0.06
7713014030	48	827854.1699	1839087.232	07/02/2001										0.07		0.58				0.17			0.03	0.04		
7713014031	50	829150.486	1837986.141	07/02/2001																			0.17			
7713014033	51	828726.3659	1839820.31	07/02/2001												0.27				0.17			0.1	0.03		
7713014034	52	829395.1293	1839650.111	07/02/2001																				0.03		0.03
7713014035	55	828156.6171	1839906.866	07/02/2001																0.05			0.38	0.02		
7713014036	56	827642.222	1839959.944	07/02/2001																0.16			0.5	0.02		
7713014037	57	829073.3441	1839300.693	07/02/2001			0.04			2.4						0.16								0.09		
7713014038	58	828698.0125	1838678.154	07/02/2001																						
7713051003	60	828222.9716	1842034.673	07/02/2001												0.13				0.11			0.14			
7713051004	61	827832.7026	1841594.969	07/02/2001																						0.05
7713051006	64	827385.8695	1840765.725	07/02/2001												0.3				0.09		0.04	0.3			0.05
7713051007	65	826877.0731	1840539.116	07/02/2001																			0.05			0.03
7713014041	66	828960.0114	1841602.03	07/02/2001																			0.09	0.03		0.12
7713051009	68	829161.0212	1842217.432	07/02/2001																					0.04	
7713051012	72	827864.3902	1841052.983	07/02/2001												0.16							0.2			0.05

Code point	Code étude	Coord X (L2E)	Coord Y (L2E)	Date_prelev (IPSEAU)	2,4-MCPA	2.6-dichlorobenzamide	Atrazine	Atrazine déséthyl	Bromacil	Chlorfenvinphos	Diméthoate	Diuron	Ethidimuron	Furalaxyl	Hexazinone	Imidaclopride	Iprodione	Lindane	Mamthion	Metalaxyl	Norflurazon	Procymidone	Oxadixyl	Simazine	Terbuthylazine	Terbuthylazine déséthyl
7713014042	**73**	829193.4377	1841132.566	07/02/2001										1.68						0.5				0.07		
7713014043	**74**	829722.886	1840862.091	07/02/2001		0.03		0.03																		
7713014044	**75**	827611.0032	1838343.118	07/02/2001	0.07															0.18			0.02	0.05	0.03	0.04
7713014045	**76**	829933.9467	1839607.815	07/02/2001																						
7713014046	**77**	831119.9315	1841077.312	07/02/2001																				0.03		0.05
7713014047	**78**	830480.6424	1840672.274	07/02/2001					0.11							0.11				0.05			0.7	0.03		0.1
7713014048	**79**	829464.2326	1840500.622	07/02/2001																						
7713014049	**81**	828175.6078	1840546.574	07/02/2001														0.08					1.9	0.02		
7713014061	**96**	828733.9988	1840559.878	07/02/2001																0.18			0.32	0.02		0.06
7713014063	**100**	829091.1879	1834835.976	07/02/2001																						
7713014065	**102**	826075.3548	1838012.997	07/02/2001																			0.04	0.05		0.06
7713014066	**105**	827085.6965	1835445.482	07/02/2001									0.9											0.02		
7713014069	**107**	825396.3569	1838212.104	07/02/2001																			0.04			

NB : Les substances analysées, mais dont les teneurs sont inférieures aux seuils de détection, ne sont pas indiquées

Points de prélèvements – suivi agence de l'eau RMC (2001-2006)



Suivi analytique – forages des Cravons (2001-2006)

Pt_prelev (suivi AE RMC)	**Date_prelev**	Atrazine (µg/l)	Atrazine déséthyl (µg/l)	Diuron (µg/l)	Glyphosate (µg/l)	Métolachlore (µg/l)	Simazine (µg/l)	Terbuthylazine (µg/l)	Terbuthylazine déséthyl (µg/l)	**Total Pesticides (µg/l)**
Forage Cravons	**29/05/2001**	0.02	0.03	< 0,02		< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	**0.05**
Forage Cravons	**19/07/2001**	< 0,02	< 0,02	< 0,02		< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	**< 0,10**
Forage Cravons	**24/09/2001**	< 0,02	< 0,02	< 0,02		< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	**< 0,10**
Forage Cravons	**26/11/2001**	0.19	0.13	0.09		< 0,02	0.08	< 0,02	0.05	**0.75**
Forage Cravons	**12/03/2002**	< 0,02	< 0,02	< 0,02		< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	**< 0,10**
Forage Cravons	**19/06/2002**	< 0,02	< 0,02	< 0,02		< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	**< 0,10**
Forage Cravons	**10/09/2002**	< 0,02	< 0,02	< 0,02		< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	**< 0,10**
Forage Cravons	**10/12/2002**	< 0,02	< 0,02	< 0,02		< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	**< 0,10**
Forage Cravons	**11/03/2003**	< 0,02	< 0,02	< 0,02		< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	**< 0,10**
Forage Cravons	**11/06/2003**	< 0,02	< 0,02	0.02		< 0,02	< 0,02	0.02	< 0,02	**0.04**
Forage Cravons	**09/09/2003**	< 0,02	< 0,02	0.02		< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	**0.02**
Forage Cravons	**09/12/2003**	< 0,02	< 0,02	< 0,02		< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	**< 0,10**
Forage Cravons	**21/06/2004**	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,05	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,05	**< 0,10**
Forage Cravons	**26/07/2004**	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,05	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,05	**< 0,10**
Forage Cravons	**27/09/2004**	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,05	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,05	**< 0,10**
Forage Cravons	**15/11/2004**	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,05	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,05	**< 0,10**
Forage Cravons	**11/01/2005**	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,05	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,05	**< 0,10**
Forage Cravons	**28/02/2005**	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,05	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,05	**< 0,10**
Forage Cravons	**16/05/2005**	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,05	0.05	< 0,03	0.03	< 0,05	**0.14**
Forage Cravons	**25/07/2005**	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,05	0.05	< 0,03	0.06	< 0,05	**0.11**
Forage Cravons	**29/09/2005**	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,05	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,05	**< 0,10**
Forage Cravons	**02/11/2005**	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,05	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,05	**< 0,10**
Forage Cravons	**06/02/2006**	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,05	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,05	**< 0,10**
Forage Cravons	**24/04/2006**	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,05	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,05	**< 0,10**
Forage Cravons	**02/05/2006**	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,05	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,05	**< 0,10**
Forage Cravons	**18/07/2006**	< 0.025	< 0.025	< 0.025	0.84	< 0.025	< 0.025	< 0.025	< 0.05	**< 0,10**
Forage Cravons	**29/08/2006**	< 0.025	< 0.025	< 0.025	0.06	< 0.025	< 0.025	< 0.025	< 0.05	**< 0,10**
Forage Cravons	**10/10/2006**	< 0.025	< 0.025	< 0.025	0.12	< 0.025	< 0.025	< 0.025	< 0.05	**0.12**

NB : Les substances analysées, mais dont les teneurs sont inférieures aux seuils de détection, ne sont pas indiquées

Suivi analytique – puits de la Suzanne (2001-2006)

Num	Pt_prelev	Date_prelev	Atrazine	Atrazine déséthyl	Diuron(*)	Ethidimuron	Monuron	Oxadixyl (*)	Simazine(*)	Terbutylazine	Terbutylazine déséthyl (µg/l)	Total pesticides
23	La Suzanne	01/02/2001			0.074	1.7		0.06	0.026			1.86
23	La Suzanne	juil-01	0.02		0.36	0		0.13	0.03	0.02	0.05	0.61
23	La Suzanne	oct-01	0.02	0.04	0.23	1.08		0	0.04			1.41
23	La Suzanne	févr-02	0.02		0.05	0		0	0			0.07
23	La Suzanne	avr-02	0		0.07	0.74		0.03	0			0.84
23	La Suzanne	juil-02	0		0.03	1		0.03	0			1.06
23	La Suzanne	oct-02	0.02		0.05	1.4		0.03	0			1.5
23	La Suzanne	févr-03	0		0.03	1.7		0.03	0			1.76
23	La Suzanne	avr-03	0		0.03	0.23		0.02	0			0.28
23	La Suzanne	juil-03	0		0.02	0.55	0.02	0.02	0			0.61
23	La Suzanne	oct-03	0		0.04	0.44		0	0			0.48
23	La Suzanne	janv-05	0		0.02	0.14		0	0			0.16
23	La Suzanne	mai-05	0		0.03	0.13	0.02	0	0			0.18
23	La Suzanne	11/04/2006	0		0.02	0.22	0.02	0.03	0			0.29

NB : Les substances analysées, mais dont les teneurs sont inférieures aux seuils de détection, ne sont pas indiquées

Suivi analytique des eaux de l'Arc (2002 – 2006)

Données d'analyses des pesticides dans l'Arc, à Mauran (1998-2006) – source : agence de l'eau RMC

PESTICIDES	30/1/02	26/2/02	26/3/02	24/7/02	27/8/02	24/9/02	28/10/02	20/11/02	17/12/02	29/1/03	23/1/06	21/2/06	21/3/06	18/4/06	29/5/06	12/6/06	11/7/06	1/8/06	19/9/06	17/10/06	14/11/06	12/12/06
2 4 5 T (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
2 4 D (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
2 4 D isopropyl ester (µg/l)											< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
2 4 D méthyl ester (µg/l)											< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
2 4 DB (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
2 4 MCPA (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
2 4 MCPB (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
2 6 Dichlorobenzamide (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Acétochlore (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Acifluorfen (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Aclonifen (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Acrinathrine (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Alachlore (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Aldicarbe (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Aldicarbe sulfone (µg/l)											< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Aldicarbe sulfoxyde (µg/l)											< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Alléthrine (µg/l)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Aldrine (µg/l)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Alphaméthrine (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Amétryne (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Amidosulfuron (µg/l)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Aminotriazole (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	1.34	0.19	0.25	< 0.05	0.11	0.83	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.05	< 0.05	0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.1	< 0.05
Amitraze (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
AMPA (µg/l)	0.85	0.47	0.2	0.62	0.54	0.44	0.49	0.33	0.22	0.3	0.54	0.39	0.83	1.1	1.3	0.87	1.4	0.57	< 0.1	1.3	1.3	0.78
Anthraquinone (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Asulame (µg/l)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Atrazine (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0.04	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Atrazine 2 hydroxy (µg/l)											< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Atrazine déisopropyl (µg/l)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Atrazine déséthyl (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Azaconazole (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Azaméthiphos (µg/l)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Azinphos éthyl (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Azinphos méthyl (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Azoxystrobine (µg/l)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.13	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Bénalaxyl (µg/l)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Bendiocarbe (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Benfluraline (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Benfuracarbe (µg/l)											< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Bénomyl (µg/l)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Benoxacor (µg/l)											< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02

Suivi analytique des eaux de l'Arc (2002 – 2006)

Données d'analyses des pesticides dans l'Arc, à Mauran (1998-2006) – source : agence de l'eau RMC

PESTICIDES	30/1/02	26/2/02	26/3/02	24/7/02	27/8/02	24/9/02	28/10/02	20/11/02	17/12/02	29/1/03	23/1/06	21/2/06	21/3/06	18/4/06	29/5/06	12/6/06	11/7/06	1/8/06	19/9/06	17/10/06	14/11/06	12/12/06
Bentazone (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Benthiocarbe (µg/l)											< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Beta cyfluthrine (µg/l)											< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Bifénox (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Bifenthrine (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Bioresméthrine (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Bitertanol (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Bromacil (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Bromadiolone (µg/l)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Bromophos éthyl (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Bromophos méthyl (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Bromoxynil (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Bromopropylate (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Bromuconazole (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Bupirimate (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Buprofézine (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Butraline (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Buturon (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Cadusafos (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Captafol (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Captane (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Carbaryl (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Carbendazime (µg/l)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Carbétamide (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Carbofuran (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.9	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Carbofuran 3 hydroxy (µg/l)											< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Carbophénothion (µg/l)											< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Carbosulfan (µg/l)											< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Chinométhionate (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Chlorobromuron (µg/l)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Chlorbufame (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Chlordane (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Chlordane alpha (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Chlordane beta (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Chlordane gamma (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Chlordécone (µg/l)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Chlorfenvinphos (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Chlorfluazuron (µg/l)											< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Chloridazone (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Chlorméphos (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04

Suivi analytique des eaux de l'Arc (2002 – 2006)

Données d'analyses des pesticides dans l'Arc, à Mauran (1998-2006) – source : agence de l'eau RMC

PESTICIDES	30/1/02	26/2/02	26/3/02	24/7/02	27/8/02	24/9/02	28/10/02	20/11/02	17/12/02	29/1/03	23/1/06	21/2/06	21/3/06	18/4/06	29/5/06	12/6/06	11/7/06	1/8/06	19/9/06	17/10/06	14/11/06	12/12/06
Chloronèbe (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Chlorophacinone (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Chlorothalonil (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Chloroxuron (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Chlorprophame (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Clopyralide (µg/l)											< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Chlorpyriphos éthyl (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Chlorpyriphos méthyl (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Chlorsulfuron (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Chlorthal (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Chlorthiamide (µg/l)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Chlortoluron (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Clomazone (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Cloquintocet mexyl (µg/l)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Coumaphos (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Coumatétralyl (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Cyanazine (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Cycluron (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Cyfluthrine (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Cymoxanil (µg/l)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Cyperméthrine (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Cyproconazole (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Cyprodinil (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
DPU (métabolite Diuron) (µg/l)											< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
DCPMU (métabolite Diuron) (µg/l)											< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0.02	< 0.02	0.03	< 0.02	0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
DDD-o,p' (µg/l)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
DDD-p,p' (µg/l)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
DDE-o,p' (µg/l)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
DDE-p,p' (µg/l)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
DDT-o,p' (µg/l)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
DDT-p,p' (µg/l)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Deltaméthrine (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Déméton O + S (µg/l)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Déméton S méthyl (µg/l)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Déméton S méthyl sulfone (µg/l)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Desmétryne (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Diallate (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Diazinon (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Dicamba (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Dichlobénil (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Dichlofenthion (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02

Suivi analytique des eaux de l'Arc (2002 – 2006)

Données d'analyses des pesticides dans l'Arc, à Mauran (1998-2006) – source : agence de l'eau RMC

PESTICIDES	30/1/02	26/2/02	26/3/02	24/7/02	27/8/02	24/9/02	28/10/02	20/11/02	17/12/02	29/1/03	23/1/06	21/2/06	21/3/06	18/4/06	29/5/06	12/6/06	11/7/06	1/8/06	19/9/06	17/10/06	14/11/06	12/12/06
Dichlofluanide (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Dichlorprop (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Dichlorvos (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Diclofop méthyl (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Dicofol (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Dieldrine (µg/l)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Diéthofencarbe (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Difénoconazole (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Diflufénicanil (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Diflubenzuron (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Diméfuron (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Dimétachlore (µg/l)											< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Diméthénamide (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Diméthoate (µg/l)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Diméthomorphe (µg/l)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Dimétilan (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Diniconazole (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Dinocap (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Dinosèbe (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Dinoterbe (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Diquat (µg/l)											< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Disulfoton (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Dithianon (µg/l)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Diuron (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0.03	0.03	< 0.02	< 0.02	0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	< 0.02	0.1	0.02	0.08	0.02	0.02	0.05
DNOC (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.06	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Endosulfan alpha (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Endosulfan beta (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Endosulfan sulfate (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Endrine (µg/l)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Epoxiconazole (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
EPTC (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Esfenvalérate (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Ethidimuron (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Ethion (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Ethiophencarbe (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Ethofumésate (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	0.14	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Ethoprophos (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Famoxadone (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Fénamidone (µg/l)											< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Fénarimol (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04

Suivi analytique des eaux de l'Arc (2002 – 2006)

Données d'analyses des pesticides dans l'Arc, à Mauran (1998-2006) – source : agence de l'eau RMC

PESTICIDES	30/1/02	26/2/02	26/3/02	24/7/02	27/8/02	24/9/02	28/10/02	20/11/02	17/12/02	29/1/03	23/1/06	21/2/06	21/3/06	18/4/06	29/5/06	12/6/06	11/7/06	1/8/06	19/9/06	17/10/06	14/11/06	12/12/06
Fénazaquin (µg/l)											< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Fenbuconazole (µg/l)											< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Fenchlorphos (µg/l)											< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Fenhexamide (µg/l)											< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Fénitrothion (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Fénoxaprop éthyl (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Fénoxycarbe (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Fenpropathrine (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Fenpropidine (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Fenpropimorphe (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Fenthion (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Fénuron (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Ferbam (µg/l)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Fipronil (µg/l)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Flazasulfuron (µg/l)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Fluazifop-p-butyl (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Fludioxonil (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Flufénoxuron (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Flumioxazine (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Flupyrsulfuron méthyl (µg/l)											< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Fluquinconazole (µg/l)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Flurochloridone (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Fluridone (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Fluroxypyr (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Flurprimidol (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Flurtamone (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Flusilazole (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Flutriafol (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Folpel (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Fomesafen (µg/l)											< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Fonofos (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Formothion (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Furalaxyl (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Furathiocarbe (µg/l)											< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Glufosinate-ammonium (µg/l)											< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Glyphosate (µg/l)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.27	< 0.1	0.31	0.12	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.26	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Haloxyfop-R (µg/l)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
HCH alpha (µg/l)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
HCH beta (µg/l)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
HCH delta (µg/l)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
HCH epsilon (µg/l)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01

Suivi analytique des eaux de l'Arc (2002 – 2006)

Données d'analyses des pesticides dans l'Arc, à Mauran (1998-2006) – source : agence de l'eau RMC

PESTICIDES	30/1/02	26/2/02	26/3/02	24/7/02	27/8/02	24/9/02	28/10/02	20/11/02	17/12/02	29/1/03	23/1/06	21/2/06	21/3/06	18/4/06	29/5/06	12/6/06	11/7/06	1/8/06	19/9/06	17/10/06	14/11/06	12/12/06
HCH gamma (µg/l)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.02	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Heptachlore (µg/l)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Heptachlore époxyde (µg/l)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Heptenophos (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Hexaconazole (µg/l)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Hexaflumuron (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Hexazinone (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Hexythiazox (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Imazalil (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Imazaméthabenz méthyl (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Imidaclopride (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Iodofenphos (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Iodosulfuron méthyl (µg/l)											< 0.07	< 0.07	< 0.07	< 0.07	< 0.07	< 0.07	< 0.07	< 0.07	< 0.07	< 0.07	< 0.07	< 0.07
Ioxynil (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Ioxynil methyl ester (µg/l)											< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Ioxynil octanoate (µg/l)											< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Iprodione (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Iprovalicarbe (µg/l)											< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
IPU (métabolite Isoproturon) (µg/l)											< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Isodrine (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Isofenphos (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Isoproturon (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Isoxaben (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Isoxaflutol (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Isazofos (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Kresoxim méthyl (µg/l)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Lambda Cyhalothrine (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Lénacile (µg/l)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Linuron (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Lufénuron (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Malathion (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
MCPA 1 butyl ester (µg/l)											< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
MCPA 2 ethylexyl ester (µg/l)											< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
MCPA butoxyethyl ester (µg/l)											< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
MCPA ethyl ester (µg/l)											< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
MCPA methyl ester (µg/l)											< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Mécoprop (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Mecoprop 1 octyl ester (µg/l)											< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Mecoprop 2 butoxyethyl ester (µg/l)											< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Mecoprop 2 ethylhexyl ester (µg/l)											< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05

Suivi analytique des eaux de l'Arc (2002 – 2006)

Données d'analyses des pesticides dans l'Arc, à Mauran (1998-2006) – source : agence de l'eau RMC

PESTICIDES	30/1/02	26/2/02	26/3/02	24/7/02	27/8/02	24/9/02	28/10/02	20/11/02	17/12/02	29/1/03	23/1/06	21/2/06	21/3/06	18/4/06	29/5/06	12/6/06	11/7/06	1/8/06	19/9/06	17/10/06	14/11/06	12/12/06
Mecoprop 2 octyl ester (µg/l)											< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Mecoprop 2,4,4 trimethylphenyl ester (µg/l)											< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Mecoprop methyl ester (µg/l)											< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Mecoprop n isobutyl ester (µg/l)											< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Méfenacet (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Mépronil (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Mercaptodiméthur (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Métalaxyl (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Métamitrone (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Métazachlore (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Méthabenzthiazuron (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Méthamidophos (µg/l)											< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Méthidathion (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Méthomyl (µg/l)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.05	< 0.05	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Méthoxychlore (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Métobromuron (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Métolachlore (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Métosulame (µg/l)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Métoxuron (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Métribuzine (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Metsulfuron méthyl (µg/l)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Mévinphos (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Molinate (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Monolinuron (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Monuron (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Myclobutanil (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Naled (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Naphtalame (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Napropamide (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Néburon (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Nicosulfuron (µg/l)											< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Norflurazon (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Norflurazon desméthyl (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Nuarimol (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Ofurace (µg/l)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Ométhoate (µg/l)											< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Oryzalin (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Oxadiazon (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Oxadixyl (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0.06	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Oxamyl (µg/l)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Oxydéméton méthyl (µg/l)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1

Suivi analytique des eaux de l'Arc (2002 – 2006)

Données d'analyses des pesticides dans l'Arc, à Mauran (1998-2006) – source : agence de l'eau RMC

PESTICIDES	30/1/02	26/2/02	26/3/02	24/7/02	27/8/02	24/9/02	28/10/02	20/11/02	17/12/02	29/1/03	23/1/06	21/2/06	21/3/06	18/4/06	29/5/06	12/6/06	11/7/06	1/8/06	19/9/06	17/10/06	14/11/06	12/12/06
Oxyfluorfène (µg/l)											< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Paraquat (µg/l)											< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Parathion éthyl (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Parathion méthyl (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Penconazole (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Pencycuron (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Pendiméthaline (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Perméthrine (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Phenmédiphame (µg/l)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Phorate (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Phosalone (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Phosmet (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Phosphamidon (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Phoxime (µg/l)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Piperonil butoxide (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	0.09	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	0.1	< 0.04	0.04
Pirimicarbe (µg/l)											< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Pretilachlore (µg/l)											< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Prochloraze (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Procymidone (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Profénofos (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Promécarbe (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Prométon (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Prométryne (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Propachlore (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Propanil (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Propaquizafop (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Propargite (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Propazine (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Propétamphos (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Propiconazole (µg/l)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Propoxur (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0.02	0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Propyzamide (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	0.05	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Prosulfocarbe (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Pyraclostrobine (µg/l)											< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Pyrazophos (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Pyridabène (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Pyridate (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Pyrifénox (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Pyriméthanil (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Pyrimiphos éthyl (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Pyrimiphos méthyl (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04

Suivi analytique des eaux de l'Arc (2002 – 2006)

Données d'analyses des pesticides dans l'Arc, à Mauran (1998-2006) – source : agence de l'eau RMC

PESTICIDES	30/1/02	26/2/02	26/3/02	24/7/02	27/8/02	24/9/02	28/10/02	20/11/02	17/12/02	29/1/03	23/1/06	21/2/06	21/3/06	18/4/06	29/5/06	12/6/06	11/7/06	1/8/06	19/9/06	17/10/06	14/11/06	12/12/06
Quinalphos (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Quinoxyfen (µg/l)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Quizalofop (µg/l)											< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Quizalofop éthyl (µg/l)											< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Quintozène (µg/l)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Roténone (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Sébuthylazine (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Secbumeton (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Simazine (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0.08	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Simazine hydroxy (µg/l)											< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
S Métolachlore (µg/l)											< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Spiroxamine (µg/l)											< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Sulcotrione (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Sulfotep (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Taufluvalinate (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Tébuconazole (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Tébufénozide (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Tébufenpyrad (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Tébutame (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0.03	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Téflubenzuron (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Téméphos (µg/l)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Terbacile (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Terbuméton (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Terbuphos (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Terbuthylazine (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0.03	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Terbuthylazine déséthyl (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0.04	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Terbuthylazine hydroxy (µg/l)											< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Terbutryne (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Tétrachlorobenzène (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Tétrachlorvinphos (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Tétraconazole (µg/l)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Tétradifon (µg/l)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Thiabendazole (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Thiazasulfuron (µg/l)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Thifensulfuron méthyl (µg/l)											< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Thiodicarbe (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Thiofanox (µg/l)											< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Thiofanox sulfone (µg/l)											< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Thiofanox sulfoxyde (µg/l)											< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Thiométon (µg/l)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Tolylfuamide (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Tralométhrine (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02

Suivi analytique des eaux de l'Arc (2002 – 2006)

Données d'analyses des pesticides dans l'Arc, à Mauran (1998-2006) – source : agence de l'eau RMC

PESTICIDES	30/1/02	26/2/02	26/3/02	24/7/02	27/8/02	24/9/02	28/10/02	20/11/02	17/12/02	29/1/03	23/1/06	21/2/06	21/3/06	18/4/06	29/5/06	12/6/06	11/7/06	1/8/06	19/9/06	17/10/06	14/11/06	12/12/06
Triadiméfon (µg/l)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Triadiménol (µg/l)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Triallate (µg/l)	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04	< 0.04
Triasulfuron (µg/l)											< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Triazamate (µg/l)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Triazophos (µg/l)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Trichlopyr (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Trichlorfon (µg/l)											< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Trifloxystrobine (µg/l)											< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Triflumuron (µg/l)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Trifluraline (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Vinclozoline (µg/l)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02

Arc à Berre l'Etang - pont de Mauran (aval zone étude) : données Agence de l'eau rmc
X : 826 389 Y : 1 837 666

Annexe 12

Liste de pesticides non analysés en 2006 (et répertoriés par l'étude des pratiques agricoles de la plaine de Berre)

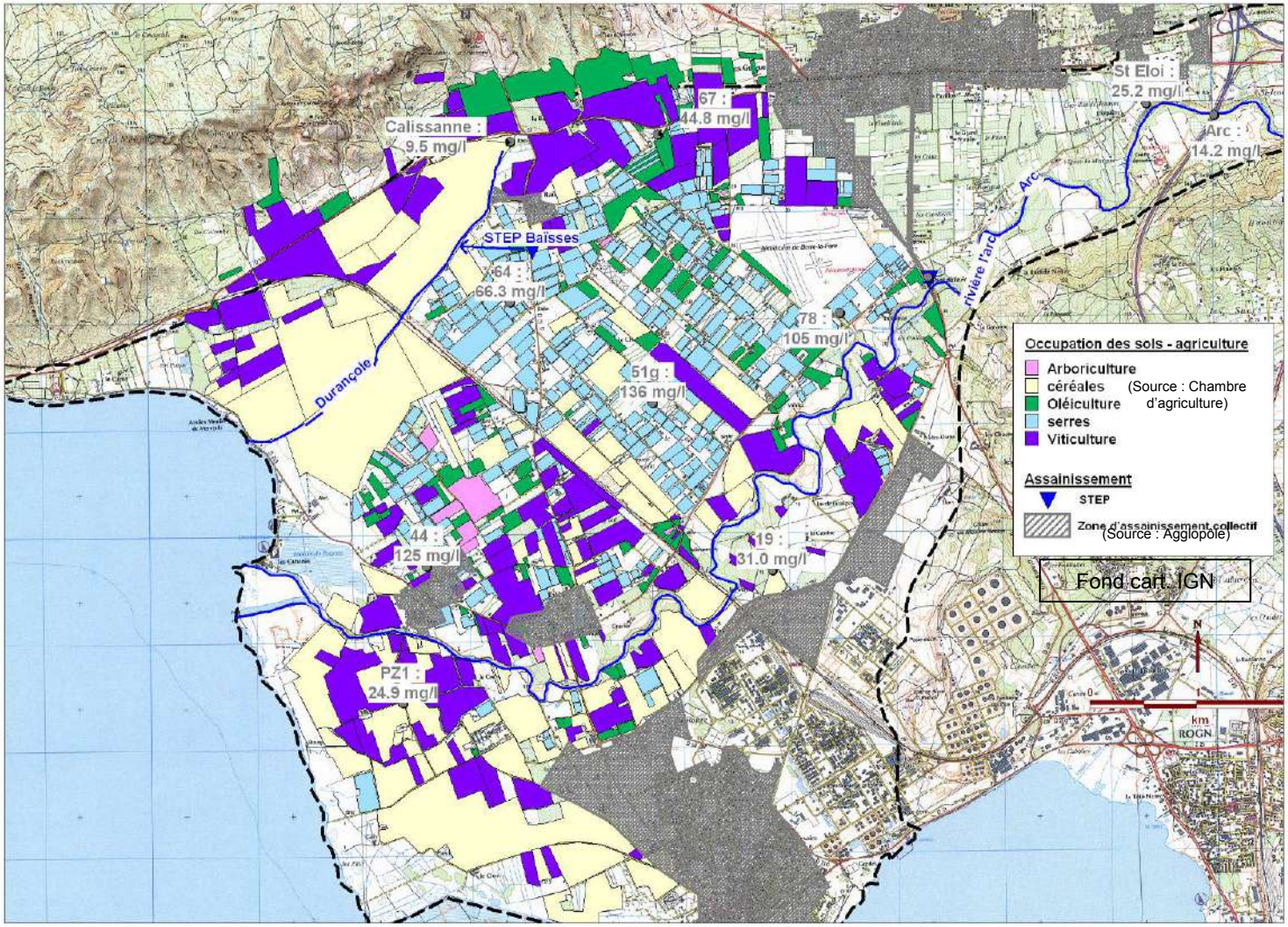
Matière active	Type/usage	Type culture
Abamectin	insecticide	culture sous abris : tomates, melon, aubergine
Acéphate	insecticide (retiré en 2004)	cultures sous abris : salade
Cyromazine	insecticide	culture sous abris : tomates
Diquat	herbicide	vigne
Ethefon	éclaircissage	vigne
Fenbutatin	insecticide	culture sous abris : tomates, melon, courgette
Formétanate	insecticide	culture sous abris : tomates
Fosetyl	fongicide	vigne, cultures sous abris : salade
Hexithiazox	insecticide	culture sous abris : tomates
Hymexazol	fongicide	culture sous abris : tomates
Indoxacabe	insecticide	vigne
Mancozebe	fongicide	vigne, culture sous abris : tomates, melon, salade
Mefenpyr-diethyl	herbicide	Blé dur
Métaldéhyde	molluscicide	cultures sous abris : salade
Paraquat	herbicide	vigne
Propamocarbe HCL	fongicide	culture sous abris : tomates, melon
Pymétrozine	insecticide	culture sous abris : tomates, melon, aubergine
Pyrimicarbe	insecticide	culture sous abris : tomates, melon, aubergine, courgette
Pyriproxyfen	insecticide	culture sous abris : tomates

Matière active	Type/usage	Type culture
Silthiofam	fongicide/traitement semences	Blé dur
Strobilurine	fongicide	vigne
Thiofanate méthyl	fongicide	arboriculture, culture sous abris : tomates, aubergine
Zoxamide	fongicide	vigne

Annexe 13

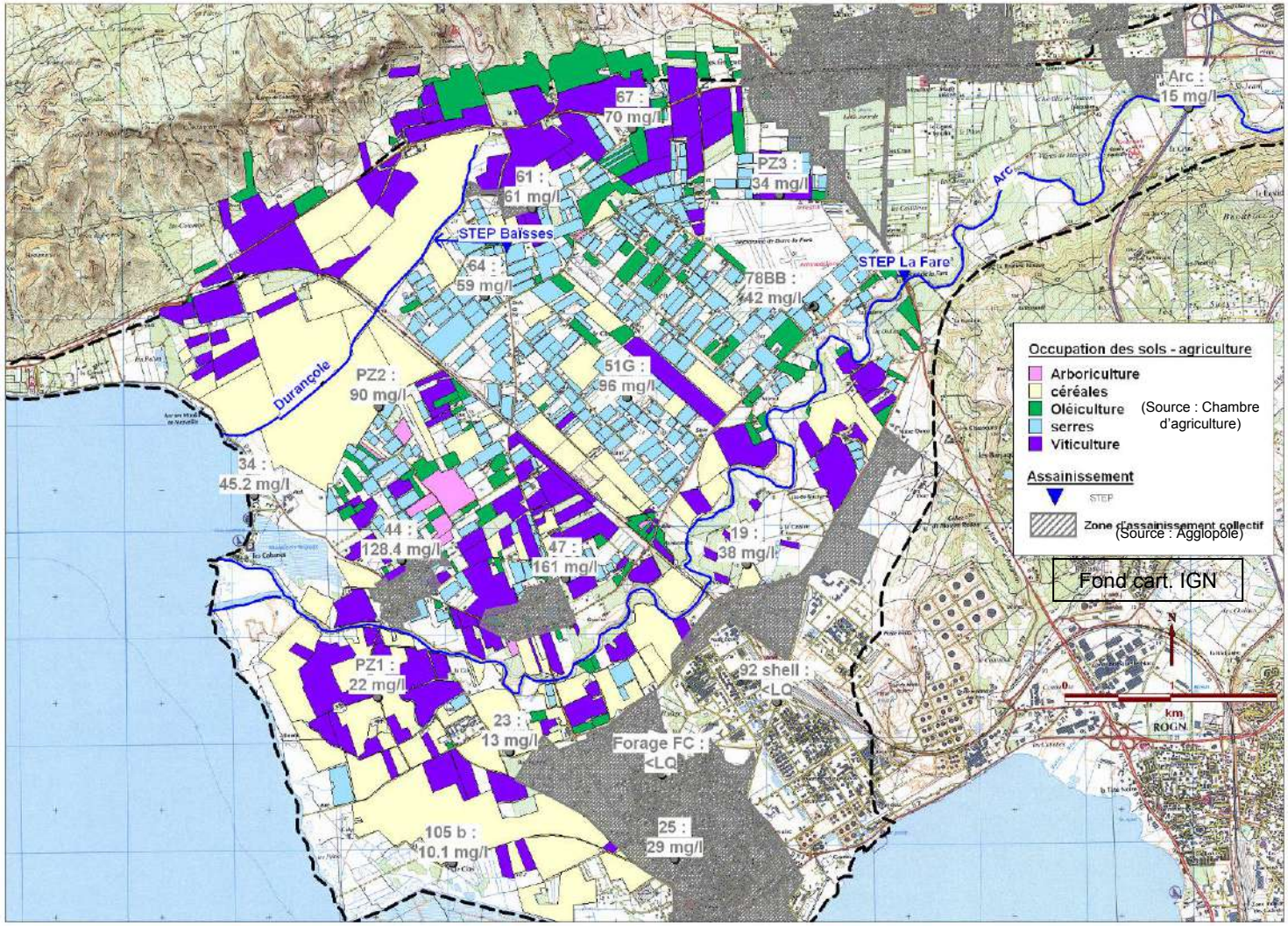
Analyses des nitrates dans les eaux de la nappe –Résultats d'analyses du BRGM (Oct. 05, Avr. 06, Aout 06, Nov. 06)

Points de prélèvements – BRGM – Octobre 2005



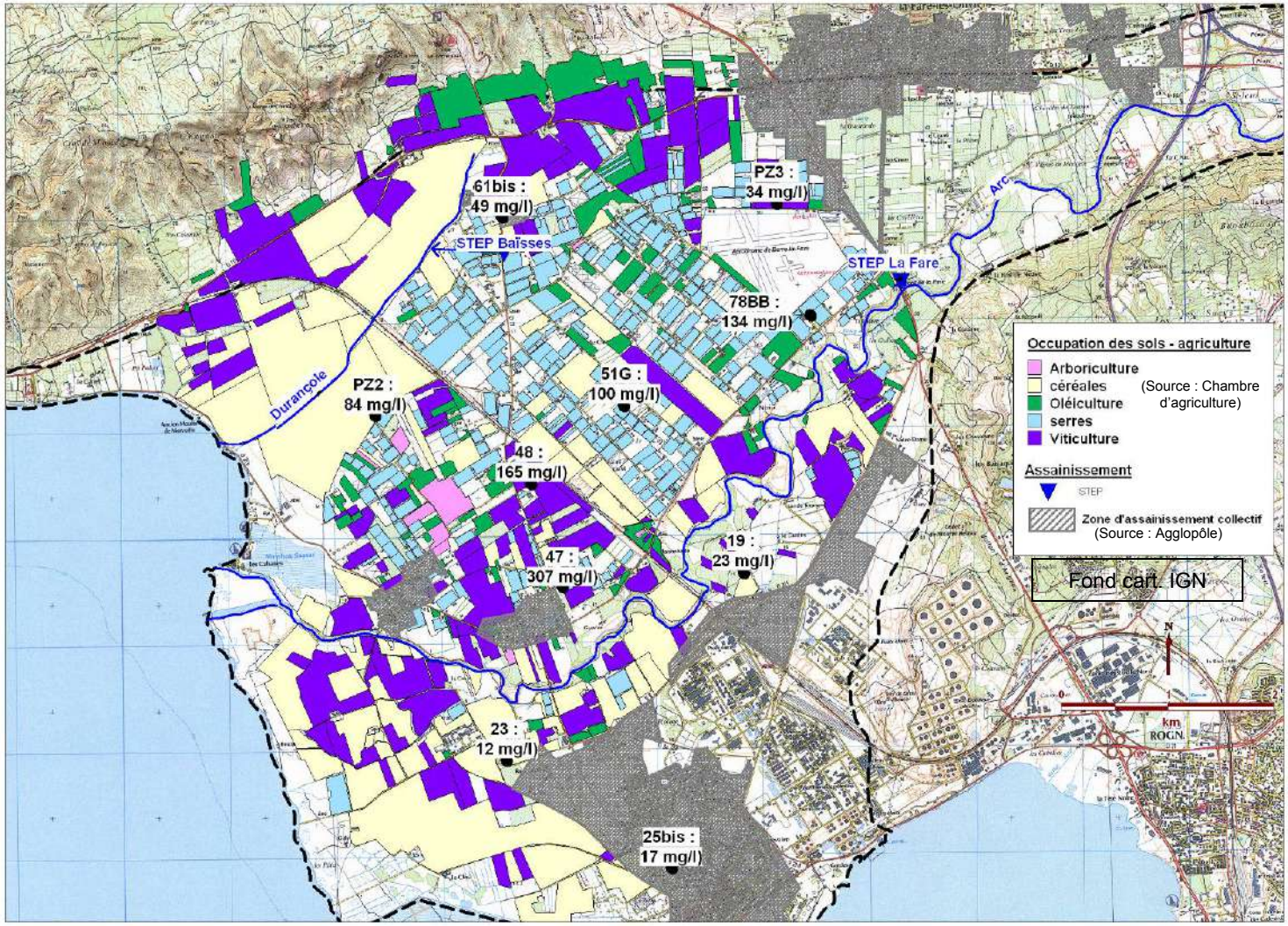
N°	Num	Description	TYPE	PROF M	Z TN	Z PROF	X	Y	Date analyses	T°C	pH	pot Eh (mv)	Num	Conduct (à 25°C)	O2 dissous (%)	*Cu (µg/l)	*F (mg/l)	*K (mg/l)	*NH4 (mg/l)	*NO2 (mg/l)	*NO3 (mg/l)	*PO4 (mg/l)
1	Arc	Rivière ARC	Eau de surface	0.00	40.00	0.00	833997	1842529	25/10/2005	17.0	8.10	311	Arc	883	100	3	0.02	7.0	0.3	0.52	**14.2**	0.8
2	Calissanne	Sce la Calissanne	Source	0.00	19.00	0.00	827390	1842271	25/10/2005	19.2	7.10	335	Calissanne	1738	60	< LQ	< LQ	7.0	< LQ	< LQ	**9.5**	< LQ
3	PZ1	Forage PZ1	Forage	13.00	0.00	0.00	826380	1837002	25/10/2005	17.3	7.00	326	PZ1	926	71	< LQ	< LQ	2.9	< LQ	< LQ	**24.9**	< LQ
4	19	Puits n°19	Puits	8.50	17.96	9.46	829848	1838254	25/10/2005	16.9	7.00	330	19	955	100	8	< LQ	3.8	< LQ	< LQ	**31.0**	< LQ
5	44	Puits n°44	Puits	13.00	5.59	7.41	826607	1838287	25/10/2005	17.0	7.10	329	44	1026	74	4	< LQ	5.1	< LQ	< LQ	**125**	< LQ
6	51g	Forage 51G	Puits	13.00	20.01	7.01	828726	1839820	25/10/2005	19.4	7.20	319	51g	1112	96	8	< LQ	16.4	< LQ	< LQ	**136**	< LQ
7	64	Puits n°64	Puits	10.00	16.70	6.70	827386	1840766	25/10/2005	18.3	7.10	330	64	909	85	3	< LQ	6.8	< LQ	< LQ	**66.3**	0.2
8	67	Forage n°67	Forage	14.00	25.13	11.13	828776	1842344	25/10/2005	18.5	7.00	326	67	994	100	16	0.02	6.2	< LQ	< LQ	**44.8**	< LQ
9	78B	Puits n°78B	Puits	18.00	31.22	13.22	830481	1840672	25/10/2005	17.6	7.10	332	78	1037	94	7	< LQ	8.6	< LQ	< LQ	**105**	< LQ
10	St Eloi	Puits St-Eloi	Forage	n.c.	0.00	0.00	833362	1842637	26/10/2005	16.5	6.90	334	St Eloi	1164	87	5	0.02	2.1	< LQ	< LQ	**25.2**	< LQ
11	STEP la Fare	STEP	Eau de surface	0.00	0.00	0.00	831317	1841003	26/10/2005	20.0	7.80	282	STEP la Fare	1408	68	4	0.04	20.6	74.0	0.16	**< LQ**	1.2

Points de prélèvements – BRGM – Avril 2006



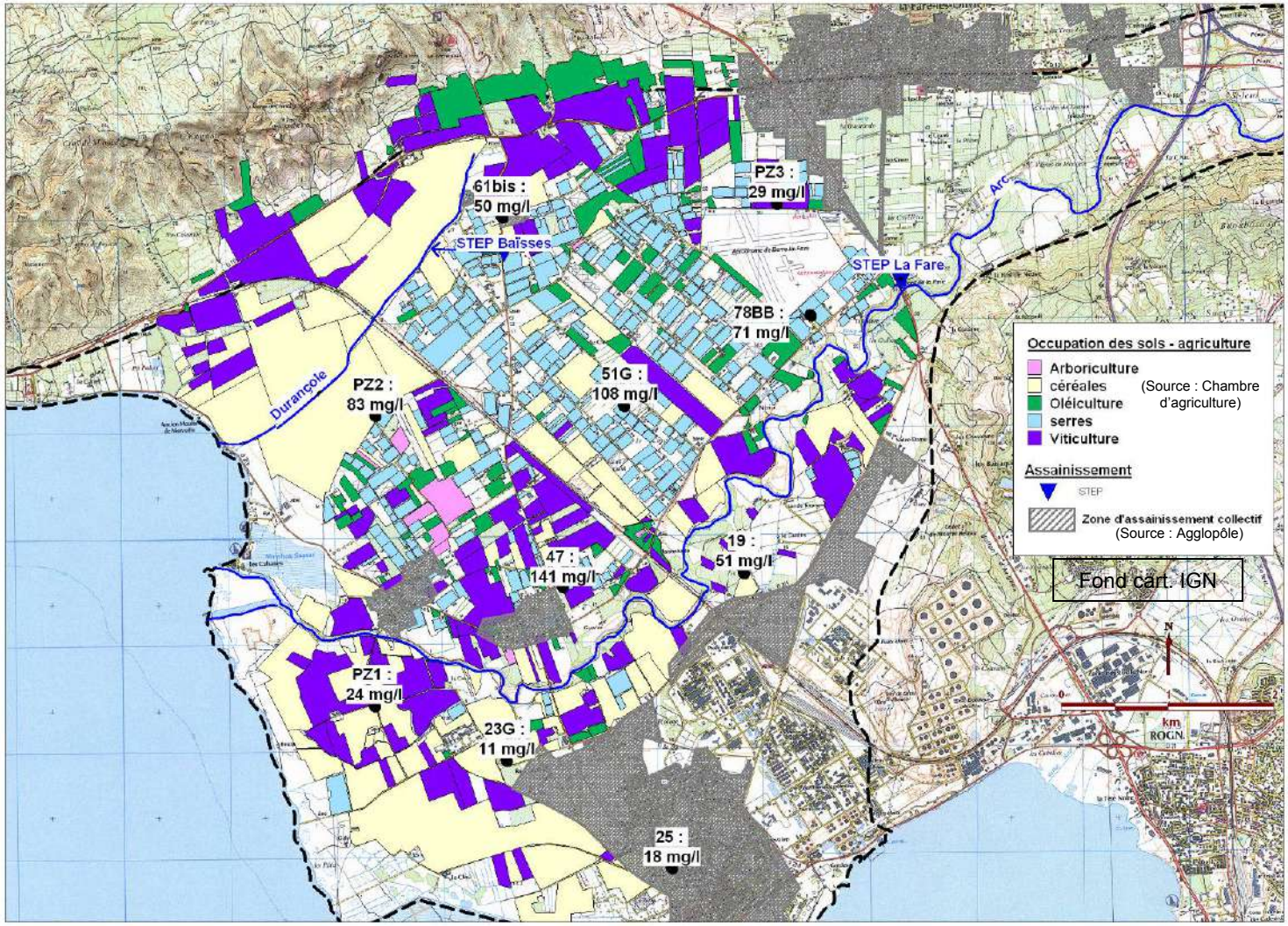
N_	NUM	DESCRIPTION	PROF_M	X LAMB_II	Y LAMB_II	DATE PRELEV.	NH4 MG_L LDA26	T°C	pH	pot Eh (mv)	NUM	Conduct (à 25°C)	O2 dissous (%)	NO3_MG_L LDA26	NO3_MG_L BRGM	NO3_MG_L retenu	NO2 MG_L LDA26	P MG_L LDA26	PO4 MG_L LDA26	FE G_L LDA26	K MG_L BRGM
1	Arc	rivière / La pomme de pin	0.00	834003.1	1842538.7			12.9	7.95	179	Arc	791	100		15.1	15					6.5
4	19	Les cigalons	8.50	829847.6	1838254.3	11/04/2006	< 0.05	13.6	6.99	167	19	960	51.9	38	37.4	38	< 0.02	< 0.03	< 0.1	<5	4.2
13	23	La Suzanne	5.00	827622.19	1836490.97	11/04/2006	< 0.05	14.6	6.96	163	23	1264	78.6	13	12.6	13	< 0.02	< 0.03	< 0.1	55	4.4
12	25	La Bertranne	2.60	829172.82	1835481.93	11/04/2006	< 0.05	12.4	7.07	154	25	1548	28	29	28.5	29	0.02	< 0.03	< 0.1	7	7.7
5	44	Mauran	13.00	826606.5	1838288.1	12/04/2006		16.7	7.01	184	44	1007	81.1		128.4	128.4					5.8
/	47	St Estève	14.00	828148.52	1838118.53	11/04/2006	< 0.05				47			161		161	< 0.02	< 0.03	< 0.1	26	
6	51G	Les grands lots	13.00	828725.5	1839820.2	11/04/2006	0.06	16.6	7.11	110	51G	989	99	97	95.2	96	<0,02	< 0.03	< 0.1	188	14.8
/	61	Baisses	8.00	827832.7	1841594.97	11/04/2006	< 0.05				61			61		61	< 0.02	< 0.03	< 0.1	464	
7	64	Les Peyres	10.00	827385.8	1840766.2	12/04/2006		15.0	6.98	189	64	850	62.1		59.1	59					7.7
8	67	La Duranne	14.00	828775.9	1842344.2	12/04/2006		18.1	6.76	159	67	1028	82.5		69.6	70					6.6
9	78B	Les Cravons	18.00	830480.7	1840672.5	11/04/2006	< 0.05	17.0	7.01	163	78B	870	68	42	41.9	42	< 0.02	< 0.03	< 0.1	9	3.9
3	PZ1	La Palustranne	13.00	826380	1837002.6	11/04/2006	< 0.05	13.9	6.92	169	PZ1	960	23	22	22	22	< 0.02	< 0.03	< 0.1	<5	2.9
/	PZ2	La Grande Bosque	13.00	826390	1839730	11/04/2006	< 0.05				PZ2			90		90	< 0.02	< 0.03	< 0.1	11	
/	PZ3	Les Craus	15.00	830159.2	1841720.9	11/04/2006	< 0.05				PZ3			34		34	< 0.02	< 0.03	< 0.1	23	
14	Canal irrigation	SCP (eau durance)	0.00	835160.9	1844409.1	11/04/2006		10.5	8.05	155	Canal irrigation	471	98.5		2.2	2.2					1.3
15	Forage FC	La Molle	25.00	829049.4	1836279.3	12/04/2006		16.3	7.02	56	Forage FC	1233	0		<LQ	<LQ					4.2
16	105 b	Le Clos	13.00	827085.96	1835445	12/04/2006		12.5	6.94	191	105 b	1506	20.3		10.1	10.1					9.1
17	34	Merveilles	11.50	825219.96	1838898.94	12/04/2006		14.4	7.22	159	34	1604	82		45.2	45.2					11.2
18	PZ Amont (54)	Saint-Jean, Près pts BSS 10203X0054	11.50	834139	1842694.2			16.9	7.39	88	PZ Amont (54)	873	2.2		1.1	1.1					4
19	92 shell	Site shell	25.00	830129.98	1836960.05	12/04/2006		18.3	6.72	161	92 shell	2080	41		<LQ	<LQ					6.3
20	Serre	Solution nutritive serres tomate	0.00	/	/						Serre				483	483					17

Points de prélèvements – BRGM – Août 2006



Num	Description/lieu-dit	PROF_M	X (Lamb II E)	Y (Lamb II E)	Date_prelev	NH4 (mg/l)	NO3 (mg/l)	NO2 (mg/l)	P (mg/l)	PO4 (mg/l)	Fe (µg/l)
19	Les cigalons	8.50	829847.6	1838254.3	01/08/2006	<0,05	23	<0,02	0.06	0.2	<5
23	La Suzanne	5.00	827622.1854	1836490.97	01/08/2006	0.07	12	<0,02	0.03	0.1	<5
25bis	La Bertranne	5.00	829172.82	1835481.93	01/08/2006	<0,05	17	0.04	0.09	0.3	56
47	St Estève	14.00	828148.5235	1838118.535	01/08/2006	<0,05	307	<0,02	<0,03	<0,1	151
51G	Les grands lots	13.00	828725.5	1839820.2	01/08/2006	<0,05	100	<0,02	<0,03	<0,1	316
61bis	Baisses	12.00	827580	1841590	01/08/2006	<0,05	49	0.02	<0,03	<0,1	<5
78B	Les Cravons	18.00	830480.7	1840672.5	01/08/2006	<0,05	134	<0,02	<0,03	<0,1	24
48	St Joseph	6.00	827854.1699	1839087.232	01/08/2006	<0,05	165	<0,02	<0,03	<0,1	16
PZ2	La Grande Bosque	13.00	826390	1839730	01/08/2006	<0,05	84	<0,02	<0,03	<0,1	<5
PZ3	Les Craus	15.00	830159.2	1841720.899	01/08/2006	<0,05	34	<0,02	<0,03	<0,1	<5

Points de prélèvements – BRGM – Novembre 2006

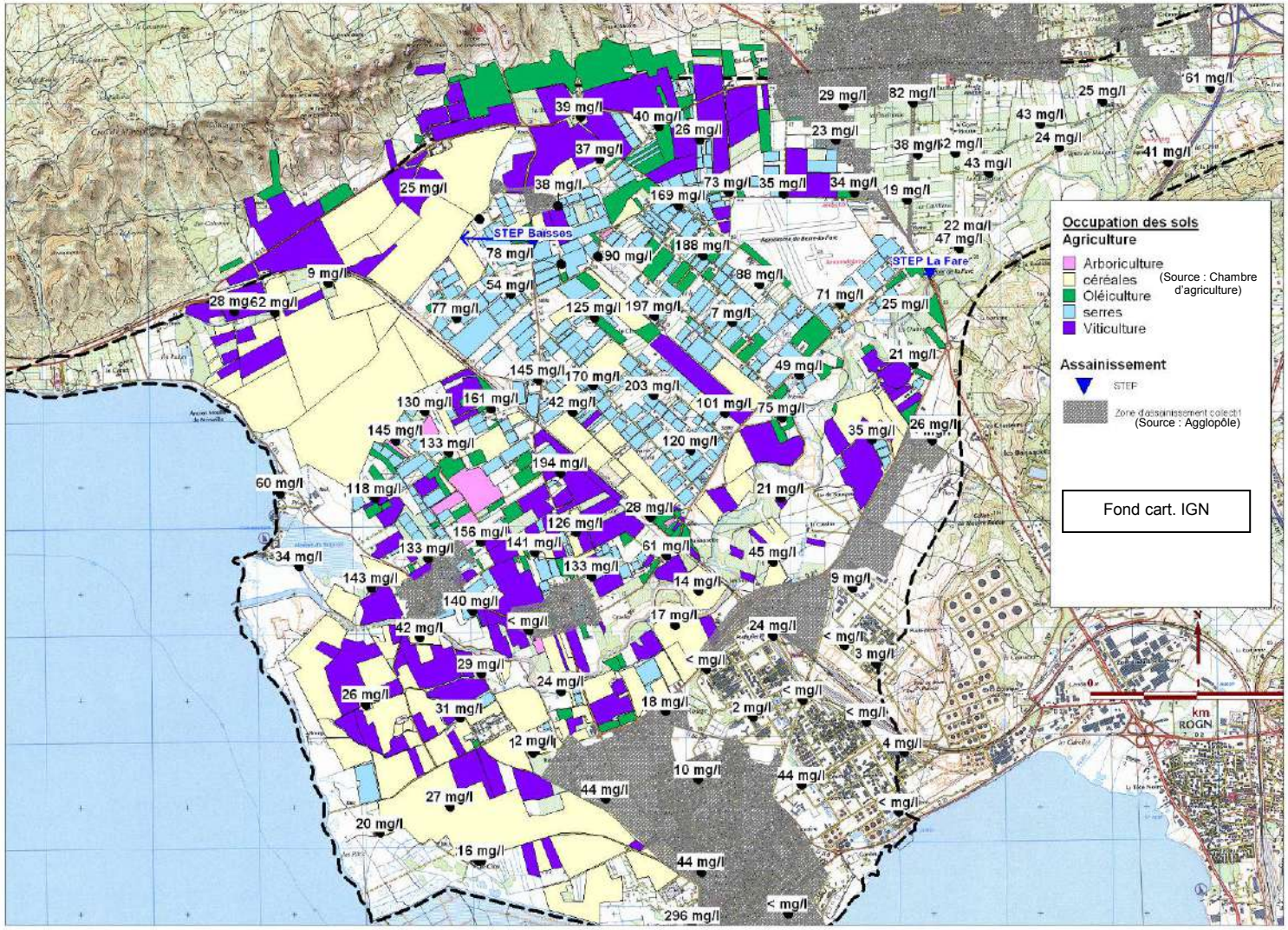


Num	Description/lieu-dit	PROF_M	X (Lamb II E)	Y (Lamb II E)	Date_prelev	NH4 (mg/l)	NO3 (mg/l)	NO2 (mg/l)	P (mg/l)	PO4 (mg/l)	Fe (µg/l)
19	Les cigalons	8.50	829847.6	1838254.3	15/11/2006	< 0.05	51	< 0.02	< 0.03	< 0.1	7
23G	La Suzanne	5.00	827622.1854	1836490.97	15/11/2006	< 0.05	11	< 0.02	< 0.03	< 0.1	< 5
25	La Bertranne	25.00	829172.82	1835481.93	15/11/2006	< 0.05	18	0.11	< 0.03	< 0.1	765
47	St Estève	14.00	828148.5235	1838118.535	15/11/2006	< 0.05	141	< 0.02	< 0.03	< 0.1	17
51G	Les grands lots	13.00	828725.5	1839820.2	15/11/2006	< 0.05	108	< 0.02	< 0.03	< 0.1	335
61bis	Baïsses	?	827580	1841590	15/11/2006	< 0.05	50	< 0.02	< 0.03	< 0.1	35
78B	Les Cravons	18.00	830480.7	1840672.5	15/11/2006	< 0.05	71	< 0.02	< 0.03	< 0.1	12
PZ1	La Palustranne	13.00	826380	1837002.6	15/11/2006	< 0.05	24	< 0.02	< 0.03	< 0.1	11
PZ2	La Grande Bosque	13.00	826390	1839730	15/11/2006	< 0.05	83	< 0.02	< 0.03	< 0.1	< 5
PZ3	Les Craus	15.00	830159.2	1841720.899	15/11/2006	< 0.05	29	< 0.02	< 0.03	< 0.1	23

Annexe 14

Analyses des nitrates dans les eaux de la nappe – Résultats d'analyses antérieures à 2006

Points de prélèvements – étude IPSEAU 2001



Résultats d'analyse – étude IPSEAU 2001

Num	X	Y	Cond_µS/cm	O2_mg_l	NH4_mg_l	NO3_mg_l	NO2_mg_l	P_µg_l	PO4_µg_l
1b	832950	1842580	1060	2.1	<	**25**	<	<	0
2	832541	1842146	911	0.6	<	**24**	0.1	48	147.12
3	832361	1842367	1149	0.7	<	**43**	<	<	0
4	831563	1842095	997	0.6	<	**162**	<	<	0
5	831878	1841903	919	0.5	<	**43**	<	<	0
7b	831682	1841325	897	1.8	<	**22**	<	<	0
8	831601	1841200	1137	2.1	<	**47**	<	<	0
9	831208	1842081	1022	1.6	<	**38**	<	<	0
10	831110	1841650	802	0.3	0.09	**19**	<	<	0
11	830511	1842535	779	0.3	<	**29**	<	<	0
12	829950	1841712	955	0.8	<	**35**	<	<	0
13	833564	1842008	828	2.4	<	**41**	<	45	
14	831170	1840114	945	0.9	<	**21**	<	<	0
15	830777	1839402	653	0.5	<	**35**	<	<	0
16	831346	1839396	1682	2.6	1.93	**<**	0.02	<	0
16b	831360	1839450	927	1.5	<	**26**	<	<	0
18	829922	1838854	905	0.9	<	**21**	<	<	0
19	829848	1838254	1024	0.6	<	**45**	<	<	0
20	828925	1837660	1006	0.6	<	**17**	<	<	0
21b	828840	1836850	1800	2.4	<	**18**	<	<	
23	827597	1836465	1418	2.6	<	**18**	<	<	0
23b	827622	1836491	794	2	1.46	**2**	0.03	139	426.035
24	828278	1836029	1189	1.5	<	**44**	<	<	0
25	829173	1835342	1260	1.7	<	**44**	<	<	0

Résultats d'analyse – étude IPSEAU 2001

Num	X	Y	Cond_µS/cm	O2_mg_l	NH4_mg_l	NO3_mg_l	NO2_mg_l	P_µg_l	PO4_µg_l
26	826154	1835713	950	0.6	<	**20**	<	<	0
27	826816	1835956	1078	1.2	<	**27**	<	<	0
28	826910	1836788	941	0.7	<	**31**	<	<	0
29	826023	1836913	1393	0.9	<	**26**	<	<	0
30	827109	1837207	921	0.7	<	**29**	<	<	0
31	827858	1837036	932	1.2	<	**24**	<	<	0
32	827025	1837794	1011	1.4	<	**140**	<	<	0
34	825220	1838899	1625	1.2	<	**60**	<	48	147.12
35	826805	1839283	1005	0.8	<	**133**	<	45	137.925
36	826304	1839394	1168	1.5	<	**145**	<	<	0
37	826113	1838852	1183	1.5	<	**118**	<	<	0
38	824785	1840603	1383	1.2	<	**28**	<	<	0
39	825171	1840595	1893	0.9	<	**62**	<	<	0
40	825674	1840874	1807	1.5	<	**9**	<	<	0
41	827556	1837610	1054	1.2	0.13	**<**	<	<	0
42	827105	1838443	1069	0.8	<	**156**	<	<	0
43	826530	1837543	968	3.7	<	**42**	<	<	0
44	826607	1838287	1014	0.7	<	**133**	<	<	0
45	827202	1839692	1146	1.4	<	**161**	<	<	0
46	827999	1838531	1137	1	<	**126**	<	<	0
47	828149	1838119	1106	1	0.09	**133**	0.02	155	475.075
48	827854	1839087	1151	0.9	<	**194**	<	<	0
50	828850	1838313	1247	1.1	<	**61**	<	<	0
50b	829150	1837986	910	1.2	<	**14**	0.04	<	0
51	828726	1839820	1139	0.8	<	**203**	0.04	<	0
52	829395	1839650	985	0.4	<	**101**	<	<	0

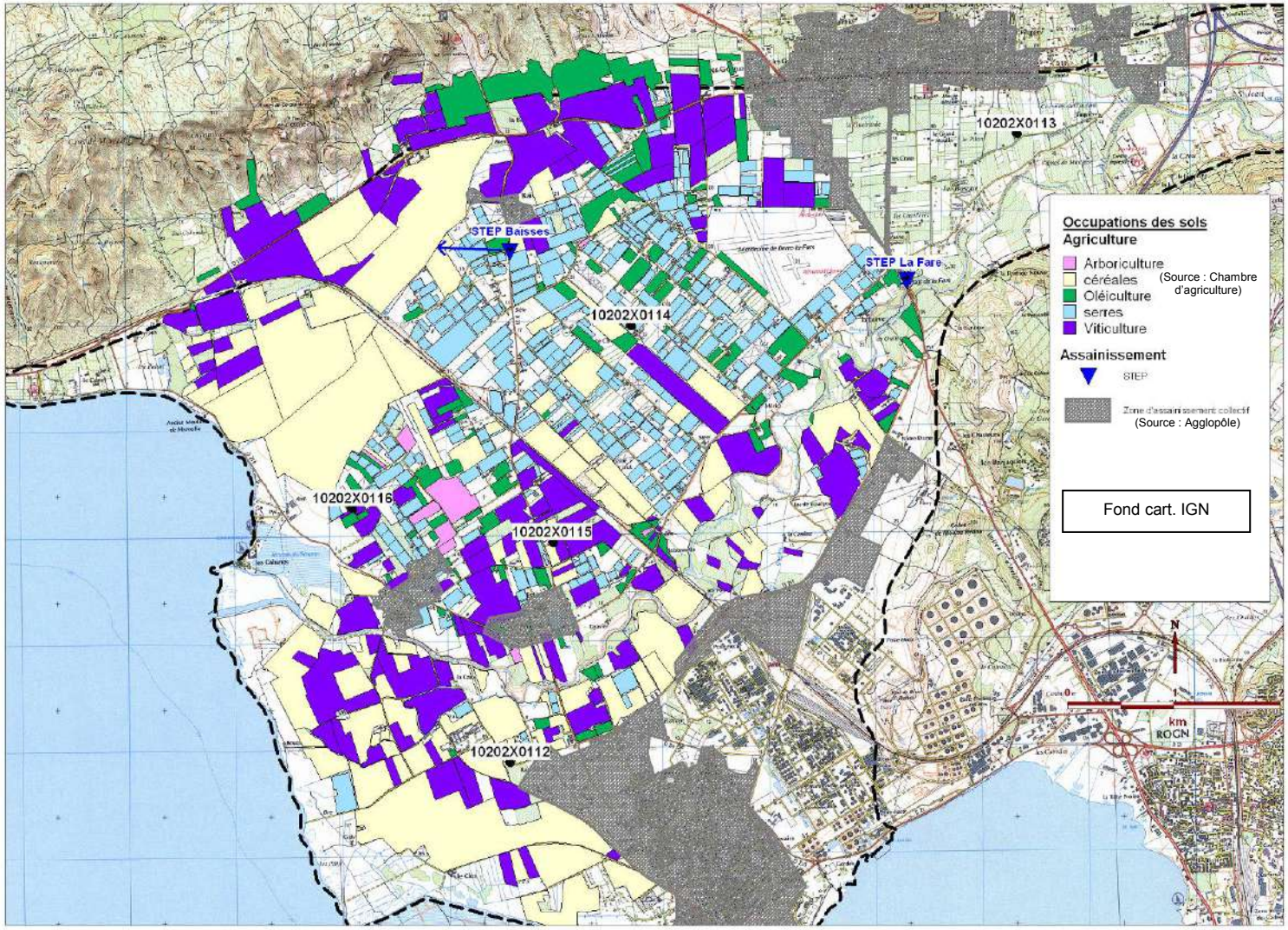
Résultats d'analyse – étude IPSEAU 2001

Num	X	Y	Cond_µS/cm	O2_mg_l	NH4_mg_l	NO3_mg_l	NO2_mg_l	P_µg_l	PO4_µg_l
55	828157	1839907	1097	0.5	<	**170**	<	<	0
56	827642	1839960	1026	0.8	<	**145**	<	<	0
57	829073	1839301	949	0.8	<	**120**	<	<	0
58	828698	1838678	817	0.6	0.18	**28**	1.1	<	0
59	827971	1839661	1140	0.6	<	**42**	<	<	0
60	828223	1842035	982	0.7	<	**37**	<	38	116.47
61	827833	1841595	993	0.7	<	**38**	<	<	0
62	827092	1841475	1046	0.6	<	**25**	0.32	<	0
63	828206	1841120	959	0.7	<	**90**	<	<	0
64	827386	1840766	981	1	<	**54**	<	<	0
65	826877	1840539	1194	1.6	<	**77**	<	<	0
66	828960	1841602	1202	0.7	<	**169**	<	<	0
67	828776	1842344	1016	0.7	<	**40**	0.03	<	0
68	829161	1842217	940	0.6	<	**26**	<	<	0
69	828041	1842431	985	0.6	<	**39**	<	<	0
70	830438	1842214	1024	0.4	<	**23**	<	<	0
71	829435	1841724	977	0.7	<	**73**	<	<	0
72	827864	1841053	976	0.3	<	**78**	<	<	0
73	829193	1841133	1256	0.7	<	**188**	<	<	0
74	829723	1840862	835	0.8	<	**88**	<	<	0
75	827611	1838343	1069	0.6	<	**141**	<	<	0
76	829934	1839608	1139	1.6	<	**75**	<	<	0
77	831120	1841077	926	0.4	<	**25**	<	<	0
78	830481	1840672	972	0.5	<	**71**	<	<	0
79	829464	1840501	445	2.5	6.3	**7**	<	<	0
81	828176	1840547	1016	1.1	<	**125**	<	<	0

Résultats d'analyse – étude IPSEAU 2001

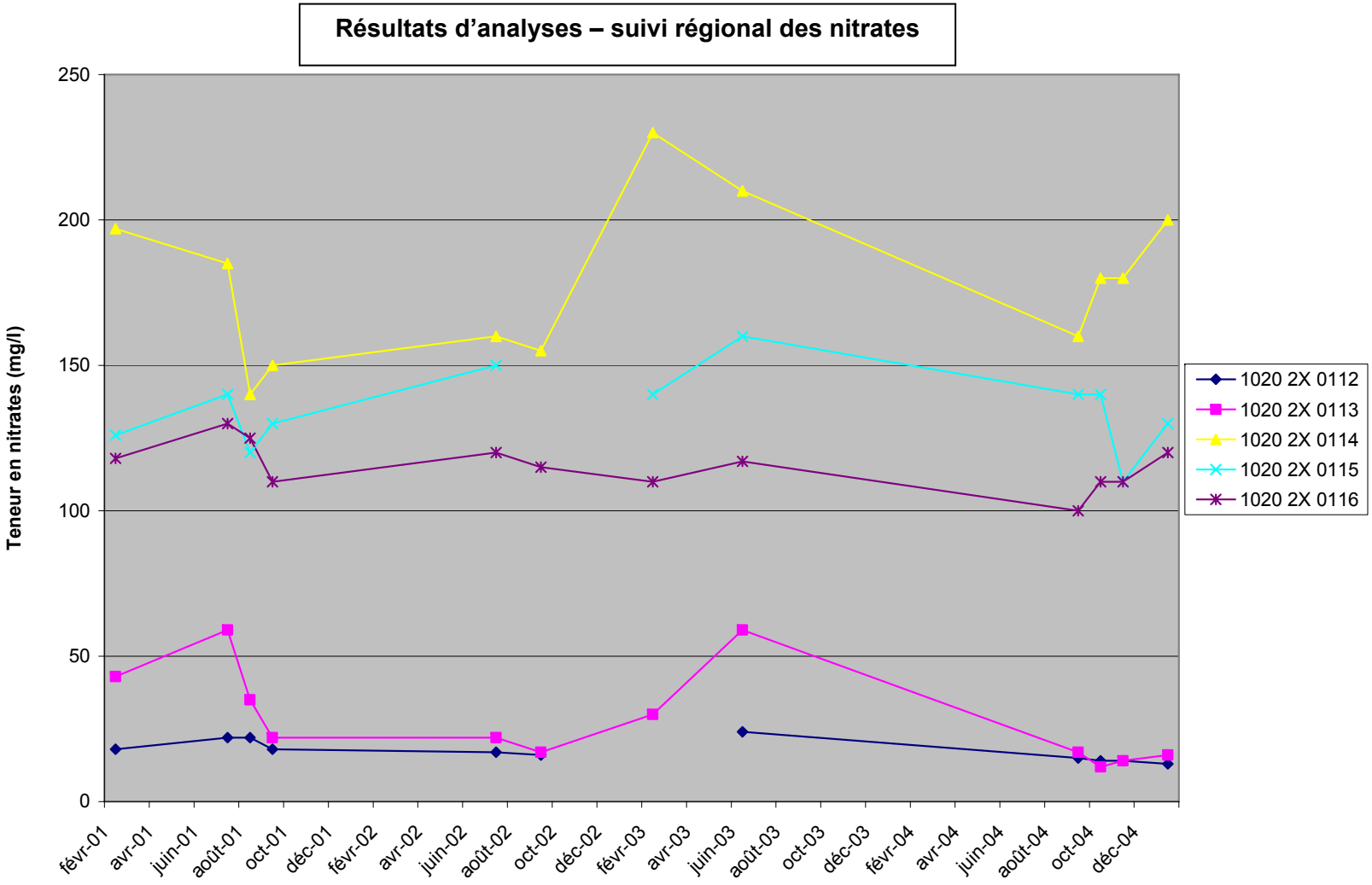
Num	X	Y	Cond_µS/cm	O2_mg_l	NH4_mg_l	NO3_mg_l	NO2_mg_l	P_µg_l	PO4_µg_l
82	830097	1840008	937	0.7	<	**49**	<	<	0
84	830600	1838010	871	1.4	<	**9**	<	<	0
85	830520	1837470	1995	39	0.4	**<**	0.14	<	0
86	830820	1837300	2438	3.3	<	**3**	0.17	<	0
87	830730	1836750	2535	2.3	0.32	**<**	<	<	0
88	831080	1836470	433	2.1	<	**4**	<	<	0
89	831030	1835910	1159	6	<	**<**	<	<	0
90	830120	1836160	4060	8.4	<	**44**	0.07	<	0
91	829660	1836800	1182	6.7	2.4	**2**	0.08	<	0
92	830130	1836960	1140	0.7	<	**<**	<	<	0
93	829220	1837250	1457	4.2	<	**<**	<	<	0
94	829850	1837560	1618	0.9	<	**24**	<	<	0
95	830615	1841723	957	0.6	<	**34**	<	<	0
96	828734	1840560	1142	0.6	<	**197**	0.02	<	0
97	826579	1839666	1055	0.6	0.08	**130**	0.16	<	0
100	829091	1834836	4020	9.6	<	**296**	0.06	383	1173.895
101	829142	1836215	1139	1.6	<	**10**	<	<	0
102	826075	1838013	1004	1.8	<	**143**	<	<	0
103	833960	1842700	1107	0.9	<	**61**	<	<	0
105	827086	1835445	2128	3.1	<	**36**	<	328	1005.32
105b	827110	1835450	1357	0.5	<	**16**	<	<	0
106	829990	1834950	22080	8.8	3.31	**<**	0.02	<	0
107	825396	1838212	1440	3.8	<	**34**	0.04	<	0
108	831167	1842562	1394	1.7	<	**82**	<	<	0

Points de prélèvements – suivi régional des nitrates (Source : DIREN PACA)



Résultats d'analyses – suivi régional des nitrates

N° BSS	04/02/01	07/02/01	10/07/01	07/08/01	06/09/01	27/09/01	01/07/02	19/08/02	19/09/02	10/02/03	26/02/03	20/06/03	06/09/04	29/09/04	19/10/04	25/11/04	18/01/05
1020 2X 0112	18		22	22	18		17		16			24	15		14	14	13
1020 2X 0113		43	59	35	22		22		17	30		59	17		12	14	16
1020 2X 0114		197	185	140	150			160	155		230	210		160	180	180	200
1020 2X 0115	126		140	120	130		150			140		160	140		140	110	130
1020 2X 0116	118		130	125		110	120		115	110		117		100	110	110	120


Résultats d'analyses – suivi régional des nitrates
Teneur en nitrates (mg/l)
250
200
150
100
50
0
févr-01
avr-01
juin-01
août-01
oct-01
déc-01
févr-02
avr-02
juin-02
août-02
oct-02
déc-02
févr-03
avr-03
juin-03
août-03
oct-03
déc-03
févr-04
avr-04
juin-04
août-04
oct-04
déc-04
1020 2X 0112
1020 2X 0113
1020 2X 0114
1020 2X 0115
1020 2X 0116

Suivi analytique du forage des Cravons – nitrates et physico-chimie (2001-2006)

Forage des Cravons – suivi analytique 2001-2006 – Source : agence de l'eau RMC														
PHYSICO-CHIMIE	29/05/01	19/07/01	24/09/01	26/11/01	12/03/02	19/06/02	10/09/02	10/12/02	11/03/03	11/06/03	09/09/03	09/12/03	21/06/04	26/07/04
Température (° C)	18.4	18.3	17.5	15.2	15.4	18.6	19.3	12.1	15.7	21.2	18.7	15.3	19.3	19
pH (unités pH)	7.1	6.9	7.3	7.2	7.3	7.1	7	7.2	7.2	7	7.1	7.3	7.07	8.68
Conductivité (µSiemens / cm)	810	837	750	697	668	799	815	822	807	866	877	764	790	947
Oxygène dissous (mg/l)	6.1	6.6	7.2	7.6	7.9	7.1	8.6	6.9	8.6	7.6	7.4	6.4	4.05	4.54
Eh (mV)	175	225	152	157	237	195	69	236	242	245	232	234	167	81
Nitrates (mg/l NO3)	**11.6**	**14**	**8**	**5.3**	**6.9**	**14**	**19**	**12**	**12**	**23**	**22**	**7**	**16.1**	**16.1**
Nitrites (mg/l NO2)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Ammonium (mg/l NH4)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Potassium (mg/l)	2.1	2.2	2	1.7	1.8	2.2	2.4	1.9	1.7	2.2	2.3	2	2.3	2.1
Phosphore total (mg/l P)	< 0.05												< 0.05	< 0.05
Phosphates (mg/l PO4)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.03	< 0.03
Fer (µg/l)	25	6	220	103	11	< 5	17	36	15	< 5	10	17	< 50	< 50
Silice (mg/l SiO2)	10.4	10.9	9.6	9.2	9.6	10.3	10.1	8.1	9.8	10.7	9.6	9.4	9.3	10

Forage des Cravons – suivi analytique 2001-2006 – Source : agence de l'eau RMC														
PHYSICO-CHIMIE	27/09/04	15/11/04	11/01/05	28/02/05	16/05/05	25/07/05	29/09/05	02/11/05	06/02/06	24/04/06	02/05/06	18/07/06	29/08/06	10/10/06
Température (° C)	18.9	14.6	14	7.6	17.1	16.7	17.1	17	10.2	16.3	16.3	21.4	17.2	17.3
pH (unités pH)	7.1	8	7.4	7.6	7.3	7.8	9.9	8	7.6	7.7	7.4	7.2	7.2	7.7
Conductivité (µSiemens / cm)	702		815	630	722	572	692	778	793	755	765	875	887	878
Oxygène dissous (mg/l)	6.9	4.7	5.9	2.9	6.3	6.9	6.8	4.9	2.4	7	6.9	7.7	6.7	7.9
Eh (mV)	217	34	-30	49	86.1	123	55	166	180			49	47	92
Nitrates (mg/l NO3)	**8.4**	**8.3**	**8.2**	**7.6**	**10.3**	**15.2**	**10.8**	**8.9**	**7.2**	**11.5**	**11.4**	**10.7**	**12.5**	**6.8**
Nitrites (mg/l NO2)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Ammonium (mg/l NH4)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Potassium (mg/l)	2.1	2	2	2	2.5	2.4	2.6	2.4	2.3	2.3	2.4	2.7	2.3	2.5
Phosphore total (mg/l P)	< 0.05	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Phosphates (mg/l PO4)	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.01	< 0.01
Fer (µg/l)	< 50	< 50	< 50	< 50	50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50
Silice (mg/l SiO2)	9.3	11.2	10.2	10.2	10.3	9.8	9.4	7.7	8.9	9.3	10.5	10.6	9.5	9.6

Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 6009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

Service géologique régional Provence-Alpes-Côte d'Azur
117, avenue de Luminy
BP 160
13276 – Marseille Cedex 09 – France
Tél. : 04.91.17.74.77 – Fax : 04.91.17.20.40