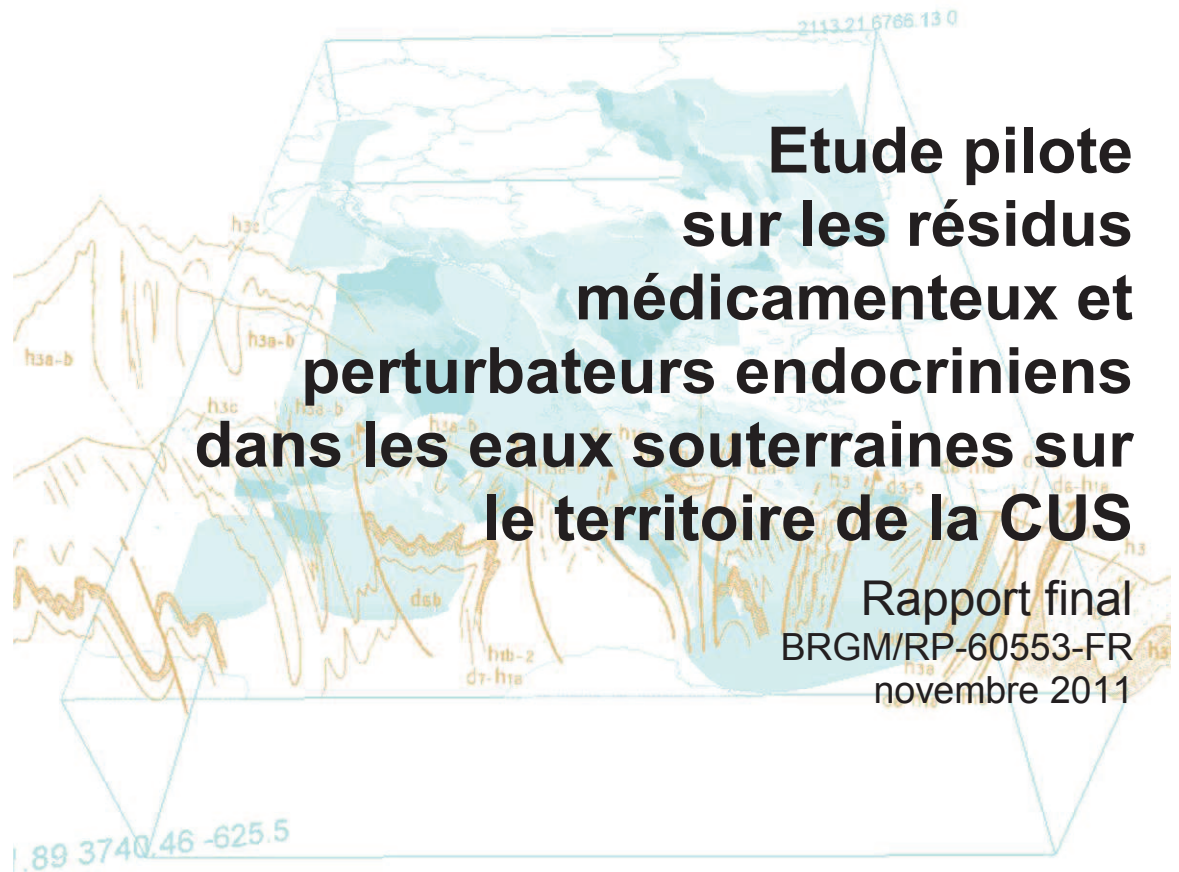


Document public



# Etude pilote sur les résidus médicamenteux et perturbateurs endocriniens dans les eaux souterraines sur le territoire de la CUS

Rapport final  
BRGM/RP-60553-FR  
novembre 2011





Document public

# Etude pilote sur les résidus médicamenteux et perturbateurs endocriniens dans les eaux souterraines sur le territoire de la CUS

Rapport final  
BRGM/RP-60553-FR  
Novembre 2011

Étude réalisée dans le cadre des projets  
de Service public du BRGM 2010 -10EAUK72

**S. Guignat, S. Urban**

**Vérificateur :**

Nom : N. Baran  
Date : 14/12/2011

**Approbateur :**

Nom : AV Barras  
Date : 15/12/2011

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

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



**Mots clés** : substances pharmaceutiques, perturbateurs endocriniens, éthylène glycol, STEP, eaux souterraines, Nappe d'Alsace, CUS

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

**Guignat S., Urban S.** (2011) – Etude pilote des résidus médicamenteux et perturbateurs endocriniens dans les eaux souterraines sur le territoire de la CUS. Rapport final. BRGM/RP-60553-FR, 60 p., 29 ill., 7 annexes.

© BRGM, 2011, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

## Synthèse

A la demande de la Communauté Urbaine de Strasbourg, une étude a été commanditée au BRGM afin de réaliser un premier inventaire sur un nombre limité de points d'eau souterraine de la présence de molécules médicamenteuses, d'hormones humaines et de quelques micropolluants aux effets perturbateurs endocriniens reconnus. Ces mesures ont été effectuées dans les eaux de la nappe sur le territoire de la Communauté Urbaine de Strasbourg.

33 principes actifs ont été recherchés dont 25 substances médicamenteuses appartenant à 8 classes thérapeutiques particulièrement utilisées et susceptible de persister dans l'environnement, 7 molécules aux effets perturbateurs endocriniens reconnus comprenant d'une part des stéroïdes naturels et pharmaceutiques et d'autre part des surfactants et détergents et enfin l'éthylène glycol. Les analyses de médicaments ont été réalisées par le laboratoire du BRGM Orléans, l'analyse des stéroïdiens par l'IDAC à Nantes et l'éthylène glycol à SGS Multilab à Evry. Les méthodes d'analyses retenues pour la matrice eau souterraine présentent des limites de quantification variables d'une molécule à une autre (de 4 ng/l pour le naproxène à 45 ng/l au maximum pour le 2 - Hydroxybuprofène). Compte-tenu de la matrice spécifique, les limites de quantification sont pour la plupart des molécules supérieures dans l'effluent de station d'épuration que dans les eaux souterraines.

15 ouvrages ont préalablement été sélectionnés sur l'ensemble du territoire d'étude dans le cadre de l'Observatoire de la Nappe Phréatique (ONAP). Ces points concernent 14 points d'accès aux eaux souterraines et un rejet de station d'épuration (STEP), retenu afin de caractériser une des sources potentielles de contamination des eaux souterraines.

La campagne de prélèvements a été réalisée fin juillet 2010 et a portée au final sur 13 ouvrages : 12 points d'accès à la nappe - 2 points s'étant révélés inaccessibles sur les 14 préalablement retenu, et un rejet de STEP.

L'ensemble des points d'accès aux eaux souterraines sélectionnés puisent dans la nappe alluviale du Rhin, nappe non captive et vulnérable située dans un environnement de surface très urbanisé au droit du site d'étude. La présence localement d'intercalaires argileux permet de distinguer les alluvions en un horizon supérieur et inférieur. 9 sont des piézomètres qui captent l'horizon supérieur tandis que les captages des 3 pompes à chaleur captent l'horizon inférieur.

Le prélèvement en sortie de station d'épuration est l'échantillon qui représente la plus grande diversité de substances médicamenteuses quantifiées (19 sur les 25 étudiées) et les concentrations les plus élevées pour la plupart des paramètres ainsi que pour la somme des teneurs. Un seul perturbateur endocrinien a été quantifié, le bisphénol A. Contrairement aux substances médicamenteuses, ce n'est pas dans le rejet STEP que la concentration mesurée pour le bisphénol A est la plus forte.

Au droit des points d'accès aux eaux souterraines 5 molécules sur les 33 ont été quantifiées au moins une fois dont 4 substances médicamenteuses et un perturbateur endocrinien, le bisphénol A. Entre 1 et 4 substances ont été quantifiées par échantillon.

Concernant les molécules médicamenteuses, la concentration maximale a été mesurée pour l'acide salicylique. Cette molécule a été systématiquement détectée. Toutefois l'acide salicylique, métabolite de l'aspirine, est présente naturellement dans l'environnement et est utilisée pour d'autres usages que pharmaceutique (cosmétique). Ces origines multiples pourraient être un facteur explicatif à la présence de cette molécule dans l'ensemble des points d'eau mais aussi les fortes teneurs au droit des points captant la partie supérieure des alluvions échantillonnés.

Concernant les perturbateurs endocriniens, aucun stéroïdien n'a été quantifié tant dans les eaux souterraines que dans le rejet STEP ; il en est de même pour les alkylphénols. Le bisphénol A a été mesuré à des teneurs supérieures dans les eaux souterraines que dans le rejet STEP avec des concentrations relativement importantes (3 points avec des concentrations > 100ng/l). On observe par ailleurs, qu'il a été quantifié au droit de 6 piézomètres peu profonds mais n'a pas été détecté au droit des 3 pompes à chaleurs, captant l'horizon inférieur de l'aquifère.

L'éthylène glycol, analysé pour évaluer l'impact de l'utilisation de pompes à chaleur, n'a pas été quantifié.

La comparaison eaux souterraines brutes et eau traitée en sortie de STEP est délicate en raison du peu d'analyses disponibles en aval de celle-ci. De plus, la forte variabilité des fluctuations en entrée de STEP selon les heures de la journée et des saisons induit une hétérogénéité des eaux de rejets et donc des molécules rencontrées comme de leurs concentrations mesurées. Aussi on n'observe pas de corrélation évidente entre substances détectées au droit des eaux souterraines et dans le rejet STEP.

Le tableau ci-dessous récapitule les principaux résultats au droit des eaux souterraines. Compte tenu des sources multiples de l'acide salicylique dans les eaux souterraines, la colonne « substances médicamenteuses » a été divisée en deux sous-partie – avec et sans acide salicylique.

		Juillet 2010		
		Substances médicamenteuses	Perturbateurs endocriniens	Ethylène glycol
campagne	Nbre de points d'accès aux eaux souterraines prélevés et analysés	12	12	12
	Nbre de molécules analysées	25	7	1
résultats hors acide salicylique (avec acide salicylique)	Nbre de points avec molécules quantifiées	8 (12)	6	substance non détectée
	Nbre de molécules détectées	4	1	
	Nbre de molécules quantifiées par échantillon	entre 1 et 3	1	
	Echelle de concentrations mesurées	2 à 43 ng/l (22 à 785 ng/l)	17 à 232	
	Somme des teneurs mesurées par points d'eau	0 à 43 ng/l, (22 à 828 ng/l) moyenne : 12 ng/l (112 ng/l)	0 à 232 ng/l, moyenne : 35 ng/l	
	Molécules les plus courantes	acide salicylique (12), carbamazépine (7), oxazépam (2), acide fénofibrique (1)	Bisphénol A (6)	
	Molécules mesurées avec les plus fortes concentrations	acide salicylique (785 ng/l), carbamazépine (43 ng/l), oxazépam (3 ng/l), acide fénofibrique (7ng/l)	Bisphénol A (232 ng/l)	

Les concentrations en substances médicamenteuses mesurées dans les eaux souterraines sont globalement faibles et vont de quelques dizaines à quelques centaines de nano grammes par litre. 5 substances ont néanmoins été détectées et leur quantification est significative pour 3 molécules : acide salicylique, carbamazépine et bisphénol A. Ces résultats sont en cohérence avec les études similaires menées sur le plan national (bassins Adour-Garonne, Seine-Normandie et Loire Bretagne) et en concordance avec la consommation (acide salicylique - métabolite de l'aspirine très fortement consommé et bisphénol A - utilisé dans une large variété de produits) et la persistance dans l'environnement (carbamazépine – molécule qui se dégrade difficilement et lentement).

En parallèle, à cette étude, deux campagnes ont été menées par la Région Alsace sur l'ensemble de la nappe d'Alsace sur les résidus médicamenteux.

Les résultats de ce projet constituent une photographie grossière de la présence de molécules médicamenteuses et de perturbateurs endocriniens dans la nappe d'Alsace sur le territoire de la CUS. Une évaluation plus complète de leur répartition et de leur évolution au cours du temps demande la programmation de futures campagnes d'analyse.





# Sommaire

<b>1. Introduction .....</b>	<b>11</b>
<b>2. Méthodologie.....</b>	<b>13</b>
2.1. SUBSTANCES ANALYSEES .....	13
2.1.1. Molécules médicamenteuses .....	14
2.1.2. Les perturbateurs endocriniens .....	18
2.1.3. L'éthylène glycol.....	19
2.2. SOURCES POTENTIELLES DE CONTAMINATION DANS L'ENVIRONNEMENT .....	19
2.3. STRATEGIE D'ECHANTILLONNAGE.....	21
<b>3. Investigations .....</b>	<b>23</b>
3.1. PRESENTATION DU SITE D'ETUDE .....	23
3.1.1. Contextes géologique et hydrogéologique.....	23
3.1.2. Conditions hydrologiques .....	26
3.1.3. Contexte anthropique .....	27
3.1.4. Vulnérabilité de l'aquifère .....	27
3.2. DEROULEMENT DE LA CAMPAGNE .....	27
3.3. CONDITIONNEMENT ET ANALYSES DES ECHANTILLONS.....	31
<b>4. Résultats.....</b>	<b>33</b>
4.1. CLASSEMENT PAR TYPE D'EAUX.....	33
4.1.1. Eaux usées traitées en sortie de STEP .....	33
4.1.2. Eaux souterraines brutes.....	34
4.2. CLASSEMENT PAR GROUPE DE SUBSTANCES.....	41
4.2.1. Substances médicamenteuses.....	41
4.2.2. Perturbateurs endocriniens .....	47
4.2.3. Ethylène glycol .....	49
<b>5. Etudes similaires sur le plan national.....</b>	<b>51</b>
5.1. BASSIN LOIRE-BRETAGNE.....	51
5.2. BASSIN ADOUR-GARONNE .....	51

5.3. BASSIN SEINE-NORMANDIE .....	52
<b>6. Synthèse et interprétation générale .....</b>	<b>53</b>
<b>7. Conclusions et perspectives .....</b>	<b>57</b>
<b>8. Bibliographie .....</b>	<b>59</b>

## Liste des illustrations

Illustration 1 : Substances pharmaceutiques analysées .....	14
Illustration 2 : perturbateurs endocriniens analysés .....	18
Illustration 3 : Choix des points de prélèvements .....	21
Illustration 4 : Contexte hydrogéologique et géologique du site d'étude .....	24
Illustration 5 : Caractéristiques physiques des points de prélèvements .....	26
Illustration 6 : carte de localisation des points de prélèvements .....	28
Illustration 7 : Informations ouvrages de prélèvements .....	29
Illustration 8 : paramètres physicochimique mesurés in-situ .....	30
Illustration 9 : concentration des substances quantifiées dans le rejet de laSTEP .....	33
Illustration 10 : proportion des substances médicamenteuses détectées dans les eaux souterraines .....	34
Illustration 11 : nombre de piézomètres (sur un total de 13) impactés par molécules .....	35
Illustration 12 : somme des concentrations mesurées au droit des points d'accès à la nappe et nombre de substances quantifiées .....	36
Illustration 13 : somme des concentrations mesurées hors acide salicylique par points d'eau .....	36
Illustration 14 : Diagramme des teneurs mesurés sur les 3 ouvrages les plus impactés .....	37
Illustration 15 : photographie de l'environnement immédiat du piézomètre 02348X0002 .....	38
Illustration 16 : diagraphie conductivité –température - 02348X0002/WANTZENAU .....	38
Illustration 17 : photographie de l'environnement immédiat du piézomètre 02726X0339/GRAV .....	39
Illustration 18 : diagraphie conductivité –température - 02726X0339/GRAV .....	39
Illustration 19 : photographie de l'environnement immédiat du piézomètre 02723X1465/PZ6 .....	40
Illustration 20 : diagraphie conductivité –température - 02723X1465/PZ6 .....	40
Illustration 21 : liste des molécules médicamenteuses recherchées et limite de quantification .....	41
Illustration 22 : cartographie de la concentration en acide salicylique .....	43

Illustration 23 : cartographie de la concentration en carbamazépine .....	44
Illustration 24 : cartographie de la concentration en oxazépam .....	45
Illustration 25 : cartographie de la concentration en oxazépam .....	46
Illustration 26 : liste des perturbateurs endocriniens recherchés et limite de quantification .....	47
Illustration 27 : concentrations cumulées en ng/l des perturbateurs endocriniens par points de prélèvement.....	48
Illustration 28 : Cartographie de la concentration en Bisphénol A.....	49
Illustration 29 : Répartition du nombre de quantifications par classe de concentration et par molécule étudiée pour les eaux souterraines (en bleu) et le rejet de la STEP (en rouge).....	53

## Liste des annexes

Annexe 1 ONAP : Carte d'implantation des points de prélèvements sélectionnés par rapport aux sources potentielles .....	61
Annexe 2 APRONA : Bulletin hydrologique de la nappe d'Alsace pour le mois de juillet 2010 .....	63
Annexe 3 Compte-rendu de la campagne de prélèvement .....	65
Annexe 4 Fiches « qualité » par points d'eau .....	67
Annexe 5 Bordereaux de résultats d'analyses des substances médicamenteuses .....	69
Annexe 6 Bordereaux de résultats d'analyses des perturbateurs endocriniens.....	71
Annexe 7 Bordereaux de résultats d'analyses de l'éthylène glycol .....	73



# 1. Introduction

La Communauté Urbaine de Strasbourg a chargé le BRGM, Service Géologique Régional Alsace, de réaliser une étude pilote sur les résidus médicamenteux ainsi que certaines hormones naturelles et synthétiques et quelques micropolluants aux effets perturbateurs endocriniens reconnus dans les eaux souterraines afin d'obtenir une première photographie de leur répartition dans la nappe d'Alsace au droit du territoire de la CUS. L'étude est cofinancée par l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse, la Région Alsace et la Communauté Urbaine de Strasbourg dans le cadre des travaux de l'Observatoire de la Nappe au droit de la Communauté Urbaine de Strasbourg et de la dotation BRGM (fiche programme de service public 10EAUK72).

Face à l'évidence de la présence et la persistance de résidus de médicaments dans les milieux aquatiques et les préoccupations concernant l'exposition aux substances chimiques actives sur le système hormonal dits « perturbateurs endocriniens » dans l'environnement, cette étude tend à établir un premier bilan et dresser une cartographie de la présence de ces substances dans les eaux souterraines au droit de la CUS.

Cette étude est un projet pilote à l'échelle d'un territoire urbain, complémentaire à l'étude menée par la Région Alsace sur les substances médicamenteuses dans le cadre de l'inventaire régional 2009/2010. Elle s'insère dans le cadre de l'Observatoire de la nappe phréatique (ONAP) – Programme 2009 – Axe 1 : recherche de résidus de médicaments dans la ressource en eaux souterraines.

Le rapport décrit de façon sommaire les caractéristiques des substances médicamenteuses et des perturbateurs endocriniens retenus ainsi que les procédures qui ont cadré la campagne de prélèvement et d'analyse. En relation avec les contextes géologique et hydrogéologique, l'analyse des résultats est abordée dans un premier temps par type d'eau avant de procéder à leur interprétation détaillée par substances. En l'absence de valeurs guides et seuils de potabilité pour ces substances, quelques études similaires menées sur le territoire national afin d'apporter des éléments comparatifs au vu de ces premiers résultats.



## 2. Méthodologie

### 2.1. SUBSTANCES ANALYSEES

Les 33 principes actifs analysés au cours de ces travaux ont été choisis en raison de leur grand volume de prescription en France<sup>1</sup> et de leur consommation, dotés d'une certaine persistance dans l'environnement, et d'un éventuel impact des composés chimiques actifs sur le système hormonal, dits « perturbateurs endocriniens ».

La recherche a porté sur :

- 25 molécules médicamenteuses ou dérivés,
- 7 perturbateurs endocriniens : stéroïdes naturels et pharmaceutiques ainsi que des surfactants et détergents,
- L'éthylène glycol.

La présence de produits pharmaceutiques et de leurs produits de dégradation est suspectée dans l'environnement, au niveau d'effluents de STEP, d'eaux superficielles et d'eaux souterraines. Ils se trouvent à l'état de trace (quelques nanogrammes/litres) dans les eaux souterraines car ils sont imparfaitement éliminés par les systèmes d'assainissement et migrent vers les eaux souterraines. De telles concentrations ne sont pas à même de créer des effets de toxicité aiguë ; d'éventuels effets à long terme, en cas de synergie notamment, sur les écosystèmes et la santé restent encore à évaluer. Aucune de ces substances pharmaceutiques n'est actuellement retenue dans la Directive Cadre sur l'Eau, mais certaines sont actuellement à l'étude.

Les perturbateurs endocriniens comprennent les stéroïdiens ainsi que les détergents et plastifiant. Imparfaitement retenus par les systèmes de traitement des eaux usées, ces molécules sont susceptibles de perturber le système endocrinien, en particulier en mimant l'action des œstrogènes. Parmi elles, deux substances sont listées par la Directive Cadre sur l'Eau comme « substance prioritaire » : le nonylphénol – substance dangereuse prioritaire DCE et l'octylphénol – substance prioritaire DCE.

Enfin, l'éthylène glycol, utilisé comme fluide réfrigérant pour les pompes à chaleur, a quant à lui été retenu pour mesurer l'impact et l'importance de celles-ci sur le territoire de la CUS.

---

<sup>1</sup> CNAMTS (2003) Médic'assurance Maladie : les médicaments remboursés en 2001 et 2002 par le régime général d'assurance maladie.

### 2.1.1. Molécules médicamenteuses

Ces composés synthétiques d'usage très répandu ont été créés à but thérapeutique. 4 000 matières actives pharmaceutiques sont autorisées en Europe pour l'homme ou l'animal.

Les vingt-cinq substances pharmaceutiques analysées dans le cadre de cette étude représentent les principales classes thérapeutiques d'usage courant en France. Ces molécules, parmi lesquelles sont inclus les métabolites, présentent diverses actions pharmacologiques récapitulées dans l'illustration 1.

Action pharmacologique	Molécules	Molécule mère	Caractéristique particulière
analgésique	Paracetamol		consommation
anti-inflammatoire	Acide Salicylique*	aspirine	consommation
	Diclofenac		consommation
	Ketoprofene		consommation
	Ibuprofene		consommation
	Naproxene		consommation
	1-Hydroxyibuprofene*	ibuprofène	consommation
	2-Hydroxyibuprofene*		consommation
	o-desmethylnaproxene*	naproxène	consommation
psychotrope	Oxazepam*	benzodiazépines	persistance
	Lorazepam		
	Zolpidem		
	Bromazepam		
	Alprazolam		
bêtabloquants	Atenolol		
	Metoprolol		
	Propranolol		
hypolipidémiant	Bezafibrate		
	Acide 4-chlorobenzoïque*	bézafibrate	
	Acide fenofibrique*	fénofibrate	
	Gemfibrozil		
antibiotique	Sulfamethoxazole		
	Trimethoprim		
antiépileptiques	Carbamazepine		persistance
Diurétique	Furosemide		

Illustration 1 : Substances pharmaceutiques analysées

Les médicaments les plus prescrits en France (consommation) sont des analgésiques à base de paracétamol (2000T/an principe actif) et des anti-inflammatoires. Viennent ensuite les psychotropes (antidépresseurs et anxiolytiques), les bêtabloquants (rythme cardiaque), et les hypolipidémiant (diminuent les lipides sanguins).



L'oxazépam et la carbamazépine sont connues pour leur forte persistance dans l'environnement (dégradation lente).

Les caractéristiques des substances médicamenteuses sont décrites de façon sommaire ci-dessous par familles de composés pharmaceutiques d'après l'étude BRGM/RP-54484-FR.

#### **a) Les analgésiques et anti-inflammatoires**

Les analgésiques sont des médicaments qui diminuent ou suppriment la douleur. Le paracétamol fait partie des analgésiques les plus couramment délivrés sans ordonnance en France. Il est également utilisé chez l'animal et en particulier dans les élevages. C'est une substance qui est facilement dégradable (biodégradation supérieure à 95 %).

L'ibuprofène, le kétoprofène, le naproxène et le diclofénac sont des anti-inflammatoires non stéroïdiens. Ils soulagent l'inflammation, la douleur et la raideur associées à diverses affections. Ils ont également un effet analgésique. Ces quatre substances font partie des vingt-cinq molécules les plus prescrites en France et ont été retrouvées en concentrations non négligeables dans différents cours d'eau français (Budzinski et Togola, 2006 ; Togola, 2006).

Le kétoprofène est également un médicament vétérinaire utilisé dans les élevages.

#### **b) Les psychotropes**

Le zolpidem est un hypnotique de type benzodiazépine prescrit pour provoquer et/ou maintenir le sommeil. C'est la dixième molécule la plus vendue en France.

L'alprazolam, le bromazépam, le lorazépam et l'oxazépam sont des anxiolytiques prescrits pour les traitements de longue durée des manifestations d'anxiété et d'angoisse et éventuellement pour le sevrage alcoolique. Ces quatre molécules font partie des 100 molécules les plus prescrites en France.

#### **c) Les bêtabloquants**

Le métoprolol, l'aténolol et le propranolol sont des substances qui empêchent l'adrénaline (un des nombreux neurotransmetteurs présents dans le cerveau) de se fixer sur ses récepteurs, réduisant ainsi le rythme cardiaque.

#### **d) Les hypolipémiants**

Les hypolipémiants, tels que le fénofibrate, le bézafibrate et le gemfibrozil, sont utilisés pour abaisser les concentrations plasmatiques élevées de cholestérol et de triglycérides.

### **e) Les antibiotiques**

Le sulfaméthoxazole et le triméthoprim sont des antibiotiques généralement utilisés en synergie. Ce sont des antibactériens qui agissent notamment contre *Escherichia coli*.

Le triméthoprim est aussi utilisé dans les élevages.

### **f) Les anti-épileptiques**

La carbamazépine est un anti-convulsivant généralement utilisé pour le traitement des crises d'épilepsie et un thymorégulateur préconisé dans certains traitements psychiatriques. Elle peut également être utilisée pour le traitement de certains types de douleurs nerveuses.

Cette substance est particulièrement étudiée en raison de sa forte persistance dans l'environnement (Andreozzi *et al.*, 2002). Elle est peu biodégradable et est faiblement éliminée lors de son passage en station d'épuration (Joss *et al.*, 2005).

### **g) Les diurétiques**

Les diurétiques, tel que le furosémide, sont des substances qui entraînent une augmentation de la sécrétion urinaire et qui peuvent être utilisées notamment pour traiter l'hypertension artérielle ou l'insuffisance cardiaque en diminuant le volume sanguin.

Le furosémide peut également être utilisé chez les animaux d'élevage.

### **h) Les métabolites pharmaceutiques**

On appelle métabolites les composés issus de la métabolisation de la molécule constituant le principe actif du médicament, par l'organisme humain ou animal.

Nombre de composés pharmaceutiques sont métabolisés dans l'organisme ou dans le milieu naturel après excrétion. Parfois, le métabolite est la forme biologiquement active du composé (exemple de l'acide fénofibrique, forme active de la pro-drogue le fénofibrate) et peut alors présenter un risque pour l'environnement supérieur à celui du composé parent. C'est donc le métabolite, excrété par l'organisme, qui pourra être retrouvé dans l'environnement.

De plus, les métabolites, généralement plus polaires que les composés parents, vont plus facilement être transférés dans les compartiments aquatiques.

L'identification de ces substances est difficile : si les métabolites sont connus grâce aux études de pharmacocinétique, les produits de dégradation, obtenus lors du traitement des eaux usées et dans le milieu naturel, sont encore relativement méconnus.

Six métabolites et leurs composés parents ont été recherchés dans cette étude :

- l'acide salicylique, métabolite de l'aspirine. Outre son usage domestique, il est utilisé dans les élevages et est naturellement présent dans l'environnement. Composé naturel de certains résidus de végétaux comme le saule ou les résineux, il migre dans les eaux souterraines ;
- le 1-hydroxyibuprofène et le 2-hydroxyibuprofène, métabolites de l'ibuprofène ;
- l'o-desméthyl naproxène, métabolite du naproxène ;
- l'acide 4-chlorobenzoïque, principal métabolite du bézafibrate. Le bézafibrate est la forme active qui est majoritairement excrétée, l'acide est formé lors de l'excrétion et également après son introduction dans les systèmes aquatiques. L'acide 4-chlorobenzoïque peut aussi être utilisé comme un intermédiaire de synthèse dans la fabrication des colorants de certains fongicides et comme additif dans certaines peintures et adhésifs ;
- l'acide fénofibrique, métabolite du fénofibrate. Le fénofibrate est métabolisé dès l'absorption à plus de 90 % en acide fénofibrique qui est la forme active et qui sera donc potentiellement majoritairement retrouvée dans l'environnement ;
- l'oxazépam est à la fois un composé parent et un métabolite d'autres benzodiazépines (diazépam, nordiazépam, bromazépam, etc.).

### 2.1.2. Les perturbateurs endocriniens

Durant ces trente dernières années, il a été constaté qu'une variété de composé chimiques, de type hormones naturelles et synthétiques, pesticides, additifs utilisés dans l'industrie du plastique et surfactants pouvaient perturber les mécanismes hormonaux. Les effets attribués aux perturbateurs endocriniens incluent le développement de cancers de la prostate et des testicules, une diminution de la production de sperme chez les hommes ainsi qu'une démasculinisation, une féminisation, une altération des fonctions immunes et une diminution de la fertilité chez des oiseaux, poissons et mammifères (T. Dagnac - Analyse de polluants organiques et organométalliques – 2005).

Les 7 molécules analysées au cours de ces travaux sont mentionnées dans l'illustration 2 :

GROUPE	Hormones / Usages	Molécules	Caractéristique
stéroïdes	Estrogène	Estrone	hormone naturelle
		17-béta-estradiol	hormones synthétiques
		17-alpha-éthynil-estradiol	
		16-alpha-hydroxy-estrone	
surfactants ou agents tensio-actif	alkylphénols	Bisphénol A	composé traceur des eaux usées
		4-Nonylphénol	
		4-tert-Octylphénol	

Illustration 2 : perturbateurs endocriniens analysés

#### a) Stéroïdes naturels :

Les hormones stéroïdiennes excrétées par les hommes et les animaux sont introduites dans l'environnement par le déversement d'eaux usées domestiques ainsi que par le rejet d'excréments d'animaux. L'estrone est synthétisée naturellement par les mammifères, cette molécule constitue la source principale d'estrogène dans les eaux usées.

#### b) Stéroïdes pharmaceutiques :

Les estrogènes administrés lors de thérapies de substitution hormonale ainsi que ceux contenus dans les contraceptifs ou encore présents dans les traitements de certains cancers représentent également une source de contamination environnementale.

Le 17-alpha-éthynil-estradiol est présent dans les pilules contraceptives largement utilisées en France ; il a été estimé que son excrétion journalière était de 35µg/jour/femme.<sup>2</sup>

### **c) Agents de surface et plastifiants :**

Ces agents tensio-actifs entrent dans la composition de tous les produits nettoyants et sont également employés dans l'industrie du textile, dans les plastifiants, les peintures, le papier ou encore les antioxydants. Ils sont produits en très grande quantité et couramment utilisés dans l'industrie, l'agriculture et dans les activités domestiques (détergents). Par conséquent ils peuvent être retrouvés dans l'environnement à un niveau de concentration supérieur à celui des hormones (µg/L). Ils sont susceptibles de perturber le système endocrinien, en particulier en mimant l'action des œstrogènes

Cette étude porte sur deux surfactants non ioniques, produits de polymérisation, comportant des fonctions alcools et un plastifiant. On distingue :

- Les alkylphénols : surfactants anioniques encore fréquemment utilisés comme détergents industriels et agent de mouillage.
- Le bisphénol A : composé chimique synthétique, issu de la réaction entre le phénol et l'acétone. Il entre dans la composition des récipients en polycarbonates et autres plastiques (Utilisation européenne actuelle : 700 000 tonnes<sup>3</sup>)Le bisphénol A est utilisé à plus de 90 % pour la production de polycarbonates, de résines époxydes, de résines polyester-styrène insaturées et de retardateurs de flamme.

### **2.1.3. L'éthylène glycol**

Cette substance est présente dans les circuits de refroidissement des pompes à chaleur, son analyse permettra donc de faire un premier état des lieux de leur impact sur les eaux souterraines.

## **2.2. SOURCES POTENTIELLES DE CONTAMINATION DANS L'ENVIRONNEMENT**

En général, les médicaments ingérés par les patients sont excrétés principalement sous leur forme inactivée (métabolites). Cependant, pour certaines molécules, les produits excrétés peuvent présenter une activité biologique une fois dans l'environnement pour deux raisons : si la métabolisation n'est pas complète et que la forme active prédomine ou si les métabolites sont eux-mêmes actifs.

---

<sup>2</sup> <http://www.ac-nancy-metz.fr/pres-etab/varoq/ASPIRINE/ASPI1.HTM>

<sup>3</sup> Source : **Tracol R, Duchemin J**, DRASS Basse Normandie et Agence de l'Eau Seine Normandie (2009)

Ces produits se retrouvent alors dans le réseau d'eaux usées et sont éliminés en proportion variable dans les STEP selon d'une part le type de molécules et le type de filières de traitement d'autre part.

En parallèle, d'autres sources de contamination du milieu naturel existent :

- les médicaments jetés avec les déchets ménagers qui peuvent polluer les sols et les eaux souterraines en cas d'enfouissement en décharge.
- les produits vétérinaires administrés aux animaux d'élevage.
- les hôpitaux qui sont une source importante de rejets de certains médicaments via les eaux usées.

Les sources d'introduction d'agents de surface et plastifiants dans les eaux souterraines sont multiples. Migrant assez facilement dans l'eau, ces molécules atteignent l'environnement :

- Par des pertes durant leur fabrication et par relargage via les produits finis.
- Par l'intermédiaire des eaux usées domestiques, des eaux usées industrielles, des décharges industrielles et lixiviat.
- Par ailleurs, les eaux de ruissellement contribuent à la pollution diffuse par lessivage des sols.

### 2.3. STRATEGIE D'ECHANTILLONNAGE

Le choix des sites a été réalisé en concertation avec le service de l'Ecologie Urbaine de Strasbourg en appui avec le bureau d'étude en charge du programme de l'ONAP CUS<sup>4</sup>.

Le choix des points de prélèvement a porté sur un réseau piézométrique composé de 15 ouvrages, dont 10 répartis uniformément sur la CUS et 5 ciblés en aval de zones jugées a priori à risque :

- Dans les eaux de rejet de la station d'épuration de la CUS et à son aval
- En aval des anciennes STEP de Geispolsheim et Plobsheim
- En aval du rejet des eaux pluviales du Parc d'Innovation d'Illkirch :
- En aval des déversoirs d'orage
- En aval d'hôpitaux

Ces zones ont été définies à risque au regard du contexte hydraulique du secteur d'étude exposant une relation forte entre le régime des eaux de surface et l'aquifère. L'illustration 3 récapitule la localisation des piézomètres retenus par rapport aux sources potentielles de pollution et la cartographie est présentée en annexe 1.

COMMUNE	CODE BSS	LOCALISATION	SOURCE POTENTIELLE MEDICAMENTS	TOTAL SOURCES POTENTIELLES
ESCHAU	02726X0016	A L'EXTREMITE NORD DE LA RUE DU COUVENT, AU NORD-OUEST D'ESCHAU	INDUSTRIE	LILLY FRANCE - AVAL DEVERSOIR ORAGE + PERIURBAIN
GEISPOLSEIM*	02722X0582	GEISPOLSEIM GARE, SOUS-STATION ELECTRIQUE PK 7.900, A 400 M AU SUD DE L'A35	TOUTES	ANCIENNE STATION EPURATION + CENTRE SPORTIF - AVAL NAPPE
ILLKIRCH	02723X1466	DANS LE BOIS D'ILLKIRCH, EN BORDURE DU CHEMIN FORESTIER LONGEANT LE SCHWARZWASSER	RECHERCHE	PARC INNOVATION - AVAL REJET EAUX PLUVIALES
LINGOLSHEIM	02722X0959	RUE DE CUSTINES	INDUSTRIE	"OCTAPARMA" - AVAL DEVERSOIR ORAGE
PLOBSEIM**	02727X0021	LIEU-DIT OBERTEIL, A 1.5 KM AU NORD-EST DU VILLAGE	TOUTES	STATION EPURATION - AVAL NAPPE + URBAIN NON CIBLE
STRASBOURG	02723X1463	STADES MUSAU, PRES DE LA RUE DES CORPS DE GARDE	MEDICAL	STADE EGALITE + HOPITAL MILITAIRE - AVAL NAPPE
STRASBOURG	02723X0708	ZURICH ASSURANCES - PLACE DES CORBEAUX	MEDICAL	HOPITAL CIVIL - AVAL NAPPE
STRASBOURG	02723X0049	BATIMENT ALLIANZ - A 1.8 KM AU NORD-EST DE L'HOPITAL CIVIL	MEDICAL	"HOPITAL CIVIL" - AVAL DEVERSOIR ORAGE
STRASBOURG	02723X1465	JARDINS FAMILIAUX EGLISE ROUGE / SCHILTIGHEIMERMATT, RUE DU HAEGELBERG, PRES DU CENTRE DE JOUR	MEDICAL + AGROALIMENTAIRE	AVAL DO FOSSE DES REMPARTS (HautePierre + Abattoir) + JARDINS EGLISE ROUGE + HELENENGARTEN + SCHILTIGHEIMERMATT AVAL NAPPE
STRASBOURG	02347X0534	STADE PAUL NICOLAS, AU NORD, COTE RUE DE LA KIRNECK	MEDICAL	STADE PAUL NICOLAS AVAL NAPPE + AVAL DO DOERNEL CLINIQUES Bethesda ET de l'Orangerie
STRASBOURG	02346X0136	A 1.6 KM AU NORD-EST DE HAUTEPIERRE, ENTRE LES RUES DU CHARME ET BECQUEREL	MEDICAL	(HOPITAL + JARDINS) HAUTEPIERRE AVAL NAPPE
LA WANTZENAU	sans objet	STATION EPURATION - REJET AU RHIN	TOUTES	STATION EPURATION
LA WANTZENAU	02348X0367	STATION EPURATION, EN LIMITE NORD	TOUTES	STATION EPURATION - AVAL NAPPE
LA WANTZENAU*	02348X0211	A 600 M AU SUD-EST DE KILSTETT	TOUTES	STATION EPURATION - AVAL NAPPE
LA WANTZENAU	02348X0002	A 800 M AU SUD DU VILLAGE	TOUTES	STATION EPURATION - AVAL NAPPE

\* ouvrage non prélevé, inaccessible

\*\* ouvrage non prélevé, remplacé par le 02726X00339/gravière Helmbacher à Eschau

Illustration 3 : Choix des points de prélèvements

<sup>4</sup> ONAP, programme 2009. Axes 1 et 2 : recherche de résidus médicaments et de traces de produits phytosanitaires dans la ressource en eaux souterraines. Phase 1 : Conception des réseaux de piézomètres.





## 3. Investigations

Les investigations menées sur le terrain dans le cadre de cette étude se sont déroulées lors de la dernière semaine du mois de juillet 2010. Les contextes géologique et hydrogéologique du site d'étude ainsi que les conditions hydrauliques observées lors de la campagne permettent d'appréhender les relations d'échanges hydrauliques entre eaux superficielles et eaux souterraines. Les procédures ayant cadré cette campagne sont décrites par la suite.

### 3.1. PRESENTATION DU SITE D'ETUDE

#### 3.1.1. Contextes géologique et hydrogéologique

Le site d'étude s'étend sur 20 km du Sud au Nord de la commune d'Eschau à La Wantzenau et sur 8km d'Ouest en Est de Lingolsheim à Strasbourg.

L'altitude varie entre 134 et 146 m avec un modelé de plaine au centre et le commencement du plateau du Kochersberg dans la partie Nord-Ouest. Le plateau du Kochersberg, basse terrasse du Rhin, est une région loessique largement défrichée.

Au niveau du bassin de Strasbourg, les sédiments plio-quadernaires atteignent une épaisseur de 80m. Les alluvions sablo-graveleuses quadernaires sont le siège de la nappe phréatique du Rhin. L'ensemble de ces terrains repose sur des marnes d'âge oligocène qui constituent le substratum imperméable de l'aquifère rhénan. Cette formation alluviale se développe sous une faible couverture de limons sableux.

Le centre plaine est drainé du Sud au Nord par le Rhin (d'origine alpine) et son affluent l'Ill (d'origine jurassienne). Le réseau hydrographique est dense et dominé par la rivière Ill. L'Ill draine les rivières vosgiennes et reçoit en amont du site d'étude la Scheer et l'Andlau. En traversant l'agglomération, elle reçoit successivement l'Ehn, la Bruche puis la Souffel. L'Ill conflue également avec les anciens bras du Rhin, Rhin tortu et Schwartwasser et traverse le canal de la Marne au Rhin.

La nappe rhénane fait partie d'un système hydrologique intégrant dans un même ensemble la nappe, les rivières et le Rhin. Au niveau du territoire de la CUS, le drainage de la nappe par les cours d'eau est dominant. Ce processus d'échanges nappe – rivières est renforcé en période de hautes eaux.

L'eau de la nappe du Rhin supérieur s'écoule globalement dans une direction Sud-Nord, parallèlement au Rhin.

Plusieurs gravières sont présentes dans le Sud du secteur, entre Eschau, Ostwald et Lingolsheim. Les plans d'eau résultant sont en connexion plus ou moins directe avec la nappe des alluvions qui les alimente.

L'illustration 4 présente ces contextes géologique et hydrogéologique.

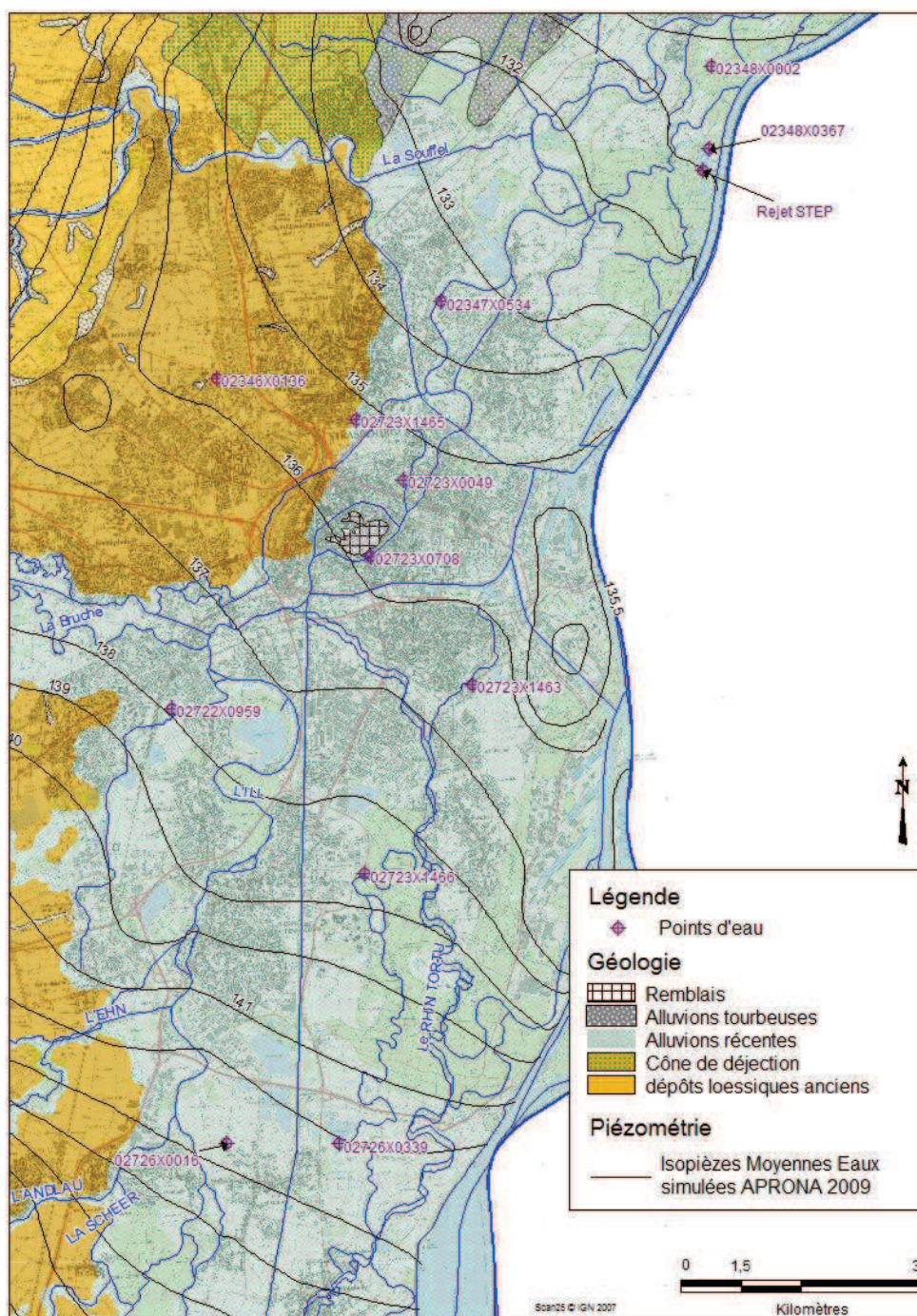


Illustration 4 : Contexte hydrogéologique et géologique du site d'étude

Les points d'accès aux eaux souterraines sélectionnés puisent dans cette nappe alluviale, nappe phréatique rencontrée sous une couverture relativement perméable située dans un environnement de surface très urbanisé.

Le rejet de la station d'épuration s'effectue dans le Rhin en aval de l'agglomération et du site d'étude, en limite Nord du Bois de la Robertsau, entre les communes de Strasbourg et de La Wantzenau.

Au droit des alluvions rhénanes récentes, sont implantés 11 des 12 ouvrages suivis. Sous une faible couverture de limons de débordement de l'III, le sous-sol est constitué de sable et galets de calcaire et de roches cristallines d'origine alpine. Ces alluvions sont caractérisées par une granulométrie étendue allant du sable fin au gros galet.

La présence d'un niveau argileux plus ou moins continue à une vingtaine de mètres de profondeur permet de dissocier les alluvions en deux horizons distincts. Cet intercalaire argileux a été observé au droit de deux ouvrages 02723X0708/PACZurich et 02723X0049/PACAllianz.

La profondeur des ouvrages varie de 4,5 m – 02348X0002/LaWantzenau à 12 m pour les piézomètres et de 32,5 à 36 m – 02723X0049/PACAllianz - pour les pompes à chaleur (PAC).

Les 9 piézomètres captent la nappe de l'horizon supérieur tandis que les 3 captages des pompes à chaleur captent celle de l'horizon inférieur.

Le niveau piézométrique mesuré lors de la campagne de prélèvement - fin juillet 2010 - est comprise dans le centre plaine entre 0.69 mètres sous le sol au Sud (02726X0016 - Fischgiesen) et 3.97m au Nord (02348X0367/PZSTEP).

Un ouvrage, le piézomètre 02346X0136/PAC GROUPAMA, est quant à lui implanté au droit de la terrasse de loess de Schiltigheim. Ce dernier traverse une couverture loessique épaisse d'une dizaine de mètres avant de reconnaître la partie supérieure des alluvions sablo-graveleuse rhénanes jusqu'à la fin du sondage profond de 39 m. Le niveau statique rencontré après foration était de 11.15m en avril 1984.

Les caractéristiques ainsi que certaines coupes lithologiques et techniques de ces ouvrages sont accessibles sur le site <http://infoterre.brgm.fr/> et <http://brar.brgm.fr/>.

Géologie	COMMUNE	CODE BSS	SITE	Altitude m	prof- ondeur en m	Niveau Statique/ Sol m	coupe existante
Alluvions Rhénanes récentes	ESCHAU	02726X0016	Fischgiesen	143,68	6,58	0,69	non
	ESCHAU	02726X0339	Gravière Helmbacher	143	7	1	non
	ILLKIRCH	02723X1466	PZ8 - BOIS D'ILLKIRCH	143	12	2,76	oui
	LINGOLSHEIM	02722X0959	PZ7	139	12	2,94	oui
	STRASBOURG	02723X1463	PZ4 - STADE MUSAU	138	12	3,45	oui
	STRASBOURG	02723X0708	PAC ZURICH ASSURANCES	141	32,5	3,85 le 12/12/82	oui
	STRASBOURG	02723X0049	PAC ALLIANZ	140	36	0,45 le 24/02/95	oui
	SCHILTIGHEIM	02723X1465	PZ6 - JARDINS FAMILIAUX	139	12	2,77	oui
	STRASBOURG	02347X0534	PZ2 - STADE PAUL NICOLAS	136	12	0,97	oui
	STRASBOURG	REJET STEP	REJET STEP	134			
	STRASBOURG	02348X0367	PIEZO STEP	134	12	3,97	non
LA WANTZENAU	02348X0002	BOIS DE LA WANTZENAU	136	4,5	2,14	non	
Terrasse de loess	STRASBOURG	02346X0136	PAC GROUPAMA	146	39	11,15 le 23/04/84	oui

Illustration 5 : Caractéristiques physiques des points de prélèvements

### 3.1.2. Conditions hydrologiques

Les conditions hydrologiques observées lors de la campagne ont été recueillies dans les bulletins hydrologiques mensuels édités par l'APRONA (Association pour la protection de la nappe phréatique de la Plaine d'Alsace), la DREAL et Météo France (annexe2).

Cette campagne a été réalisée en période de moyennes eaux. Les niveaux moyens de la nappe d'Alsace du mois de juillet 2011 sont en baisse par rapport à ceux du mois précédent mais proches des normales saisonnières.

Les hauteurs des précipitations du mois de juillet 2010 sont légèrement excédentaires sur le site d'étude et représentent entre 125 et 150% des normales. Les pluies se sont produites essentiellement sous forme d'averses parfois orageuses. Le débit des rivières (Bruche, Ill et Rhin) se situent entre le débit moyen et le quinquennal sec. L'Ill, du fait de ses affluents vosgiens, est en basses eaux. Le Rhin est quant à lui en période transitoire entre hautes et basses eaux.

Le Rhin, par un processus d'échange nappe-rivière, alimente en permanence la nappe. En période de moyennes et basses eaux, ce processus est d'autant plus positif que le drainage est faible pour une alimentation constante. Toutefois cette alimentation de la nappe par le Rhin est à relativiser au droit de la CUS au regard des nombreux aménagements de son cours. Au vu des conditions hydrologiques observées lors de la campagne, les rivières sont quant à elles en drainage de la nappe.

### **3.1.3. Contexte anthropique**

D'une superficie de 306 km<sup>2</sup>, la Communauté Urbaine de Strasbourg regroupe 28 communes et compte 451 240 habitants.

La STEP traite un volume de 1 000 000 équivalent habitants. Le traitement de la station d'épuration est à boues activées en aération prolongée avec dénitrification et déphosphatation. Les débits de rejet moyen sont de 190 000 m<sup>3</sup> / jours. Ils varient au cours de la journée, avec une augmentation le matin, ainsi qu'au cours des saisons et de façon occasionnelle en fonction des orages (réseaux non séparatifs).

Au droit de la Communauté Urbaine de Strasbourg, les réseaux d'assainissement sont pour la plupart unitaires. Lors d'épisodes pluvieux, ces réseaux sont saturés et en surcharge. Les « trop-plein » se déversent ainsi dans les différents cours d'eau présents comme l'Ill, la Bruche, la Souffel et par conséquent les impactent. Des déversoirs d'orages sont répartis sur l'ensemble du territoire afin de limiter cet impact. Dans ce contexte, cinq piézomètres ont été sélectionnés à l'aval de déversoirs d'orage.

### **3.1.4. Vulnérabilité de l'aquifère**

La vulnérabilité de la nappe est entre autre fonction de la perméabilité des formations superficielles sus-jacentes à l'aquifère.

Au niveau du centre plaine, la nappe se situe à faible profondeur sous une couverture de limons argileux discontinue et fine et donc relativement perméable, située dans un environnement de surface très urbanisé. La présence d'intercalaires argileux localement permet de dissocier les alluvions en un horizon superficiel et inférieur. L'horizon inférieur est dans une moindre mesure soumis aux pressions de surface.

Plus à l'Est, au niveau de la terrasse de Schiltigheim, la couverture loessique d'une dizaine de mètres d'épaisseur est considérée comme moyennement à peu perméable assurant une protection de l'aquifère vis-à-vis des pollutions superficielles.

Les zones de remblai se localisent essentiellement au niveau des zones de bâti et favorise l'écoulement des eaux de ruissellement.

## **3.2. DEROULEMENT DE LA CAMPAGNE**

La campagne de prélèvement entreprise les 27, 28 et 29 juillet 2010 a porté sur 13 points de prélèvement, dont un rejet de STEP sur les 15 préalablement sélectionnés.

La localisation de ces 13 points de contrôle est rappelée sur le plan de situation de l'illustration 6.

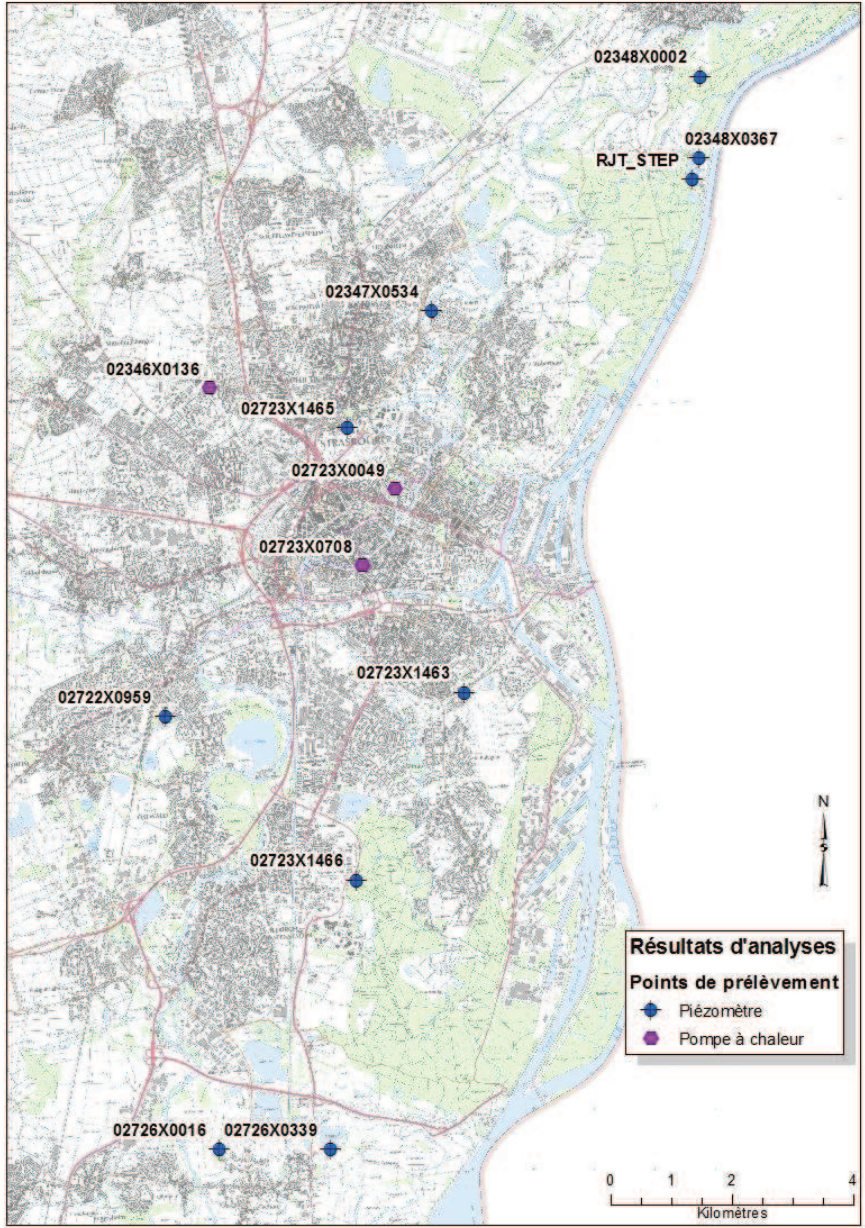


Illustration 6 : carte de localisation des points de prélèvements

Deux prélèvements n'ont pu être réalisés sur deux piézomètres faute d'accessibilité. Ceux-ci se situent aux antipodes de la zone d'étude, l'un à l'amont - extrémité Sud-Ouest, le deuxième à l'aval - extrémité Sud Est. De plus, au niveau du secteur de la commune d'Eschau, un piézomètre non productif a été remplacé par un second situé un kilomètre plus à l'ouest. Enfin, un piézomètre (02348X0002/Wantzenau) s'est révélé peu productif lors des opérations de purge conduisant à un prélèvement délicat. Le compte-rendu de cette campagne de prélèvement est présenté en annexe 4.

Une diagraphie conductivité - température a été opérée au droit de chaque piézomètre avant pompage et prélèvement. Les 3 ouvrages PAC n'ont pas donné lieu à une diagraphie du fait de leur raccordement à une installation géothermique. La diagraphie a pour objet d'observer les variations de ces deux paramètres et d'identifier des zones homogènes et/ou différenciées. Ces diagraphies sont présentées dans le chapitre résultats des eaux souterraines brutes pour les 3 ouvrages présentant les plus fortes concentrations en substances analysées.

Préalablement à l'échantillonnage des eaux souterraines, chaque piézomètre a été purgé d'au moins 3 fois son volume et ce jusqu'à stabilisation des paramètres physico-chimiques mesurés in-situ. Le piézomètre 02348X0002/Wantzenau se dénoyant lors des opérations de purge, les prélèvements ont été réalisés après un seul renouvellement de la colonne d'eau.

Au droit des piézomètres, les échantillons ont été prélevés à l'aide d'une pompe immergée twister, de débit 500L/h ; excepté pour le piézomètre 02348X0002/Wantzenau de diamètre trop étroit prélevé à l'aide d'une pompe péristaltique.

Au droit des pompes à chaleur, les prélèvements ont été réalisés au robinet après purge de ceux-ci, sans pompage préalable du fait de leur exploitation continue. Le prélèvement au niveau du rejet de STEP s'est fait à l'aide d'un béccher en polyéthylène, préalablement lavé à l'acide nitrique, au bout d'une perche.

Une mesure du niveau piézométrique a été réalisée au début, en cours et en fin de chaque pompage. Les conditions de prélèvements sont résumées dans le tableau de l'illustration 7.

DATE	COMMUNE	CODE BSS	SITE	Observation	Profondeur (m)	Niveau Statique/Sol	prélèvement	Diagraphie
27/07/2010	LINGOLSHEIM	02722X0959	PZ7		12	2,94	tuyau sortie de pompe	oui
27/07/2010	STRASBOURG	02723X1463	PZ4 - STADES MUSAU		12	3,45	tuyau sortie de pompe	non
27/07/2010	STRASBOURG	02723X0708	PAC ZURICH ASSURANCES			3,85 le 12/12/82	au robinet sortie forage	non
27/07/2010	STRASBOURG	02723X0049	PAC ALLIANZ			0,45 le 24/02/95	au robinet sortie forage	non
27/07/2010	SCHILTIGHEIM	02723X1465	PZ6 - JARDINS FAMILIAUX		12	2,77	tuyau sortie de pompe	oui
27/07/2010	STRASBOURG	02347X0534	PZ2 - STADE PAUL NICOLAS		12	0,97	tuyau sortie de pompe	oui
28/07/2010	ESCHAU	02726X0016	Fischgiesen		6,58	0,69	tuyau sortie de pompe	oui
28/07/2010	ILLKIRCH	02723X1466	PZ8 - BOIS D'ILLKIRCH		12	2,76	tuyau sortie de pompe	oui
28/07/2010	STRASBOURG	02346X0136	PAC GROUPAMA			11,15 le 23/04/84	au robinet sortie forage	non
29/07/2010	ESCHAU	02726X0339	Gravière Helmbacher	remplace le 02727X0021	7	1	tuyau sortie de pompe	oui
29/07/2010	STRASBOURG	REJET STEP	REJET STEP					
29/07/2010	STRASBOURG	02348X0367	PIEZO STEP		12	3,97	tuyau sortie de pompe	oui
29/07/2010	LA WANTZENAU	02348X0002	BOIS DE LA WANTZENAU	ouvrage dénoyé après purge. Attente réapprovisionnement à chaque prélèvement	4,5	2,14	tuyau sortie de pompe	oui

Illustration 7 : Informations ouvrages de prélèvements

Pendant la purge, les paramètres physico-chimiques, pH, température, conductivité, potentiel d'oxydo-réduction et concentration en oxygène dissous, ont été mesurés in situ en continu. Les valeurs de fin de purge mesurées lors du prélèvement sont indiquées dans le tableau de l'illustration 8.

COMMUNE	CODE BSS	SITE	température °C	pH	Conductivité µS/cm à 25°C	Oxygène %	Eh (NHE) mV
ESCHAU	02726X0016	Fischgiesen	11,8	7,13	747	1,5	399
ESCHAU	02726X0339	Gravière Helmbacher	19,4	7,34	424	3,9	110
ILLKIRCH	02723X1466	PZ8 - BOIS D'ILLKIRCH	12,3	7,33	596	34,3	421
LINGOLSHEIM	02722X0959	PZ7	12,5	7,3	682	4,1	344
STRASBOURG	02723X1463	PZ4 - STADE MUSAU	14,6	7,17	802	22,1	356
STRASBOURG	02723X0708	PAC ZURICH ASSURANCES	13,7	7,84	527	28,9	383
STRASBOURG	02723X0049	PAC ALLIANZ	14,4	7,46	624	12,9	365
SCHILTIGHEIM	02723X1465	PZ6 - JARDINS FAMILIAUX	13,6	7,13	856	13,5	397
STRASBOURG	02347X0534	PZ2 - STADE PAUL NICOLAS	13,7	7,24	714	3,1	423
STRASBOURG	02348X0367	PIEZO STEP	13,1	7,7	435	25,9	374
LA WANTZENAU	02348X0002	BOIS DE LA WANTZENAU	14,5	7,63	470	11,2	379
STRASBOURG	02346X0136	PAC GROUPAMA	14,3	7,73	658	71,2	452
LA WANTZENAU	REJET STEP	REJET STEP	21,4	7,17	690	59,1	171

*Illustration 8 : paramètres physicochimique mesurés in-situ*

Les eaux de rejet de la STEP présentent une température élevée au regard des eaux souterraines et du Rhin, qui sont de l'ordre de 12 à 13 °C. La conductivité est relativement faible au regard des eaux de rejets de STEP.

La température des eaux souterraines prélevées lors de cette campagne varie de 11,8 à 19,4°C au droit de la même commune, ce qui suppose un effet de site important. L'écart type avoisine 2 et la moyenne est de 13,5°C (si on exclut la valeur supérieure). Cette température est relativement élevée au regard d'une température moyenne et stable tout au long de l'année, de l'ordre de 11 à 12°C mesurée dans les études antérieures..

Le pH varie de 7,13 à 7,84 avec une moyenne de 7,42. Le pH est légèrement basique du fait de la nature carbonatée des alluvions d'origine rhénane.

La conductivité électrique des eaux souterraines varie de 424 à 856 µS/cm à 25°C avec une moyenne de 644.58. Les eaux présentent une minéralisation moyenne.

La quantité d'oxygène en solution dans l'eau est très variable d'un point à l'autre (1,5 à 71,2%).



Le potentiel d'oxydoréduction est positif ; il oscille entre 110 et 452mV. Plus le potentiel d'oxydoréduction est faible, plus le milieu est réducteur, plus il est fort plus le milieu est oxydant.

Le piézomètre 02726X0339/GRAV se distingue par une température particulièrement élevée, influencée par l'eau de surface de la gravière en connexion directe avec l'aquifère. L'oxygène dissout et le potentiel redox sont faibles, probables témoins d'un milieu réducteur.

De fortes conductivités, supérieures à 700  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à 25°C, ont été mesurées au droit de 4 piézomètres, dont 3 situés à l'aval de déversoirs d'orage et le 4ème à l'aval de l'hôpital militaire.

### **3.3. CONDITIONNEMENT ET ANALYSES DES ECHANTILLONS**

Chaque prélèvement a donné lieu à 7 échantillons conditionnés sous forme de :

- 5 flaconnages de verre ambré 1L,
- 1 flaconnage verre ambré 30mL et
- 1 flaconnage PVC 30mL.

Ces échantillons conservés en glacières maintenues en basse température ont été transportés et traités sous 48h au laboratoire du BRGM Orléans pour l'analyse des produits pharmaceutiques et de l'IDAC à Nantes pour l'analyse des perturbateurs endocriniens. Les bordereaux d'analyses figurent en annexes 3 à 6.

L'analyse de l'éthylène glycol a été confiée au laboratoire SGS Multilab.

Le laboratoire BRGM est accrédité COFRAC pour l'analyse des eaux souterraines.

Les eaux captées au droit des ouvrages étaient claires et sans odeur significative excepté au droit du piézomètre 02348X0002 où l'eau présentait une faible turbidité.

