

Note de synthèse sur l'opération de recherche de substances émergentes polaires dans les eaux souterraines en Europe organisé par le JRC

Aquaref I-B-01
Appui aux donneurs d'ordre, surveillance milieux

C. Berho, J.P Ghestem

Décembre 2011

Programme scientifique et technique
Année 2011

Contexte de programmation et de réalisation

Ce rapport a été réalisé dans le cadre du programme d'activité AQUAREF pour l'année 2011.

Auteur(s) : C. Berho, JP Ghestem

Catherine Berho
BRGM
c.berho@brgm.fr

Jean-Philippe Ghestem
BRGM
jp.Ghestem@brgm.fr

Vérification du document :

Marie-Pierre Strub
INERIS
Marie-Pierre.STRUB@ineris.fr

Les correspondants

Onema : Christian JOURDAN, ONEMA, c.jourdan@onema.fr

Etablissement : Jean-Philippe GHESTEM, BRGM, Service MMA, jp.ghestim@brgm.fr

Référence du document : Catherine Berho, JP Ghestem -Note de synthèse sur l'opération de recherche de substances émergentes polaires dans les eaux souterraines en Europe organisé par le JRC - Rapport AQUAREF 2011 – 28 p.

Droits d'usage :	<i>Accès libre</i>
Couverture géographique :	International
Niveau géographique :	National
Niveau de lecture :	Professionnels, experts
Nature de la ressource :	Document

Avec l'approbation et le soutien de



et le soutien de



SOMMAIRE

1.	Présentation de l'étude	7
1.1.	CONTEXTE	7
1.2.	OBJECTIF & PRINCIPE	7
1.3.	DEROULEMENT	12
2.	Résultats	15
2.1.	EN EUROPE	15
2.2.	EN FRANCE	18
3.	Conclusion	23
4.	Bibliographie	24

Liste des annexes :

Aucune

Avec l'approbation et le soutien de



et le soutien de



TITRE : NOTE DE SYNTHÈSE SUR L'OPÉRATION DE RECHERCHE DE SUBSTANCES ÉMERGENTES POLAIRES DANS LES EAUX SOUTERRAINES EN EUROPE ORGANISÉ PAR LE JRC

AUTEUR(S) C. BERHO, JP GHESTEM

RESUME

L'Institut de l'Environnement et de la Durabilité du Centre Communautaire de Recherche européen (JRC-IES) a conduit durant l'automne 2008 une étude fournissant la première revue à l'échelle européenne de l'occurrence de micropolluants organiques polaires dans les eaux souterraines. Cette note de synthèse, basée sur la publication de Loos et al., 2010, présente de façon synthétique la méthodologie mise en œuvre ainsi que les principaux résultats de cette étude. Elle décrit également plus spécifiquement les résultats obtenus pour les eaux souterraines échantillonnées en France. Dans le cadre de cette étude, 164 échantillons d'eaux souterraines prélevés dans 23 pays européens ont été analysés afin de connaître leur contamination par 59 substances polaires sélectionnées parmi des substances dites « émergentes » mais aussi des substances plus classiquement surveillées. La liste de substances inclue des substances pharmaceutiques, des antibiotiques, des pesticides et leurs produits de transformation, des substances perfluorées (PFAs), des benzotriazoles, des hormones, des alkylphénols, le diéthyltoluamide (DEET) et le triclosan. Une trentaine d'institutions ont participé à l'exercice d'échantillonnage et toutes les analyses ont été réalisées par le JRC-IES. Parmi les 164 sites, 12 concernent la France.

Parmi les substances les plus souvent détectées en Europe, aux niveaux de concentrations les plus significatifs, on trouve le DEET, la caféine, le PFOA, l'atrazine, la deséthylatrazine, le 1H-benzotriazole, le méthylbenzotriazole, la deséthylterbutylazine, le PFOS. Le nombre maximal de composés détectés dans les eaux souterraines européennes échantillonnées est de 29 et aucun échantillon n'est exempt des molécules recherchées, du fait notamment des limites de détection basses (de 0.1 à 1 ng/L pour la plupart des composés considérés).

Parmi les composés recherchés, 11 composés ont été fréquemment détectés à des teneurs supérieures à la norme de qualité relative aux pesticides (NQ de 0,1 µg/L). Cependant, seuls 1,7 % des analyses effectuées sur un jeu de 8000 analyses ont montré des concentrations supérieures à 0,1 µg/L.

En France, les résultats montrent la présence de 7 à 27 des composés ciblés dans les 12 sites échantillonnés. Seules 4 valeurs sont supérieures à 0,1 µg/L. Parmi les substances quantifiées à la plus grande fréquence et aux concentrations les plus élevées, on trouve des pesticides classiquement surveillés (la deséthylatrazine, l'atrazine, la deséthylterbutylazine, la simazine), des composés perfluorés (PFOS, PFHxS, PFOA) et des composés pharmaceutiques (caféine, carbamazépine).

Les résultats obtenus en France sont en accord avec les autres pays européens concernant les substances les plus retrouvées. En revanche, contrairement aux résultats européens le nonylphénol et le ter octylphénol n'ont pas été retrouvés.

Mots clés (thématique et géographique) :

Eaux souterraines, substances émergentes, Europe

Avec l'approbation et le soutien de



et le soutien de



TITLE : SYNTHESIS OF THE PAN-EUROPEAN SURVEY ON THE OCCURRENCE OF SELECTED POLAR ORGANIC PERSISTENT POLLUTANTS IN GROUND WATER CONDUCTED BY THE JRC

AUTHOR(S) : C. BERHO, JP GHESTEM

ABSTRACTS

The Joint Research Centre's Institute for Environment and Sustainability (JRC-IES) organized the first pan-European survey on the occurrence of selected polar organic pollutants in European ground waters in Autumn 2008. This synthetic report, based on the publication of Loos and al ., 2010, presents the implemented methodology as well as the main results. It describes also more specifically the results obtained in France. 164 samples of groundwater from 23 European countries were analyzed to screen 59 polar substances selected among "emerging pollutants" but also substances more classically monitored. The list of substances includes pharmaceutical substances, antibiotics, pesticides and their by-products, perfluorinated substances (PFAs), benzotriazoles, hormones, alkylphenols, diethyltoluamide (DEET) and triclosan. Thirty institutions took part in this exercise and all the analysis were performed by the JRC. Among the 164 samples, 12 samples came from France.

DEET, caffeine, PFOA, atrazine, deséthylatrazine, 1H-benzotriazole, méthylbenzotriazole, deséthylterbutylazine, PFOS are the most often substances detected at the most significant levels of concentrations. The maximal number of compounds detected in sampled European groundwaters is 29 and none of samples was free of emerging substances, due to the low limits of detection (from 0.1 to 1 ng / L for the majority of targeted compounds).

Among the targeted substances, 11 were frequently detected at concentrations higher than the quality standard relative to pesticides (NQ of 0,1 µg / L). However, only 1,7 % of analyses of the 8000 analyses performed showed concentrations higher than 0,1 µg / L.

In France, the results demonstrated the presence from 7 to 27 compounds targeted in 12 sampled sites. Only 4 values are higher than 0,1 µg/L. Among substances detected with the highest frequency and with the highest concentrations, we find classically monitored pesticides (desethylatrazine, atrazine, desethylterbutylazine, simazine), perfluorinated compounds (PFOS, PFHxS, PFOA) and pharmaceutical compounds (caffeine, carbamazepine).

The results obtained in France are in agreement with the other European countries concerning the most detected substances. On the contrary, nonylphenol and the octylphenol were not detected.

Key words (thematic and geographical area) :

groundwater, emerging substances, Europe



**Note de synthèse sur l'opération de
recherche de substances
émergentes polaires dans les eaux
souterraines en Europe organisée
par le JRC**

Rapport final
BRGM/RP-60612-FR
Décembre 2011



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Note de synthèse sur l'opération de recherche de substances émergentes polaires dans les eaux souterraines en Europe organisée par le JRC

Rapport final

BRGM/RP-60612-FR
Décembre 2011

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM 2011

C. Berho
Avec la collaboration de
J.P Ghestem

Vérificateur :

Nom : Anne TOGOLA

Date : 09/12/11

Signature :

Approbateur :

Nom : Gilles HERVOUET

Date : 15/12/11

Signature :

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

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.

Mots clés : eaux souterraines ; substances émergentes ; Europe ; pesticides, composés pharmaceutiques ; hormones ; produits industriels ; perfluorés ; phénols

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

C. Berho, JP Ghestem (2011). Note de synthèse sur l'opération de recherche de substances émergentes polaires dans les eaux souterraines en Europe organisée par le JRC. Rapport BRGM/RP-60612-FR, 28 pages, 4 tableaux, 2 figures.

Synthèse

L'Institut de l'Environnement et de la Durabilité du Centre Communautaire de Recherche européen (JRC-IES) a conduit durant l'automne 2008 une étude fournissant la première revue à l'échelle européenne de l'occurrence de micropolluants organiques polaires dans les eaux souterraines. Cette note de synthèse, basée sur la publication de Loos et *al.*, 2010, présente de façon synthétique la méthodologie mise en œuvre ainsi que les principaux résultats de cette étude. Elle décrit également plus spécifiquement les résultats obtenus pour les eaux souterraines échantillonnées en France. Dans le cadre de cette étude, 164 échantillons d'eaux souterraines prélevés dans 23 pays européens ont été analysés afin de connaître leur contamination par 59 substances polaires sélectionnées parmi des substances dites « émergentes » mais aussi des substances plus classiquement surveillées. La liste de substances inclut des substances pharmaceutiques, des antibiotiques, des pesticides et leurs produits de transformation, des substances perfluorées (PFAs), des benzotriazoles, des hormones, des alkylphénols, le diéthyltoluamide (DEET) et le triclosan. Une trentaine d'institutions ont participé à l'exercice d'échantillonnage et toutes les analyses ont été réalisées par le JRC-IES. Parmi les 164 sites, 12 concernent la France.

Parmi les substances les plus souvent détectées en Europe, aux niveaux de concentrations les plus significatifs, on trouve le DEET, la caféine, le PFOA, l'atrazine, la deséthylatrazine, le 1H-benzotriazole, le méthylbenzotriazole, la deséthylterbutylazine, le PFOS. Le nombre maximal de composés détectés dans les eaux souterraines européennes échantillonnées est de 29 et aucun échantillon n'est exempt des molécules recherchées, du fait notamment des limites de détection basses (de 0,1 à 1 ng/L pour la plupart des composés considérés).

Parmi les composés recherchés, 11 composés ont été fréquemment détectés à des teneurs supérieures à la norme de qualité relative aux pesticides (NQ de 0,1 µg/L). Cependant, seuls 1,7 % des analyses effectuées sur un jeu de 8000 analyses ont montré des concentrations supérieures à 0,1 µg/L.

En France, les résultats montrent la présence de 7 à 27 des composés ciblés dans les 12 sites échantillonnés. Seules 4 valeurs sont supérieures à 0,1 µg/L. Parmi les substances quantifiées à la plus grande fréquence et aux concentrations les plus élevées, on trouve des pesticides classiquement surveillés (la deséthylatrazine, l'atrazine, la deséthylterbutylazine, la simazine), des composés perfluorés (PFOS, PFHxS, PFOA) et des composés pharmaceutiques (caféine, carbamazépine).

Les résultats obtenus en France sont en accord avec les autres pays européens concernant les substances les plus retrouvées. En revanche, contrairement aux résultats européens le nonylphénol et le ter-octylphénol n'ont pas été retrouvés.

Sommaire

1. Présentation de l'étude.....	7
1.1. CONTEXTE.....	7
1.2. OBJECTIF ET METHODE	7
1.3. DEROULEMENT	12
2. Resultats	15
2.1. EN EUROPE	15
2.2. EN FRANCE.....	18
3. Conclusion.....	23
4. Bibliographie	24

Liste des tableaux

Tableau 1 : Liste des substances sélectionnées pour l'étude	9
Tableau 2 : Localisation des eaux souterraines échantillonnées en France	11
Tableau 3 : Résultats de l'essai européen (Loos et al., 2010)	15
Tableau 4 : Résultats de l'essai pour la France	20

Liste des figures

Figure 1: Sites d'échantillonnage des eaux souterraines. Quelques sites en Autriche et Pologne sont manquants (extrait de Loos et al., 2010)	10
Figure 2: Nombre d'échantillons dont la concentration est supérieure à 0,1 µg/L (figure A) et à 10 ng/L (figure B) (extrait de Loos et al., 2010).....	17

1. Présentation de l'étude

1.1. CONTEXTE

Les eaux souterraines constituent la principale source d'alimentation en eau potable en Europe. La directive 2006/118/CE du Parlement européen et du Conseil, du 12 décembre 2006, sur la protection des eaux souterraines contre la pollution et la détérioration, directive fille de la DCE (2000) a pour objectif d'introduire des critères pour l'évaluation de l'état chimique des eaux souterraines. Cette évaluation est basée sur les normes européennes de qualité des eaux souterraines pré-existantes (nitrates, pesticides & biocides Annexe I de la directive fille) ainsi que sur des valeurs seuils fixés par les États membres, pour les polluants, qui ont été identifiés comme contribuant à caractériser les masses d'eau souterraine comme étant à risque. En ce qui concerne les pesticides, la directive fille fixe une valeur de 0,1 µg/L pour les pesticides et leurs produits de dégradation et une valeur de 0,5 µg/L pour la somme des pesticides présents dans un échantillon.

Il existe différentes sources de contamination des eaux souterraines : infiltration d'eaux usées, lessivage de boues d'épandage, transferts de produits phytosanitaires appliqués en agriculture... Aux Etats-Unis, l'USGS a réalisé en 2000 une étude destinée à recenser les composés pharmaceutiques et autres polluants organiques dans les eaux souterraines et destinées à l'alimentation d'eau potable. En Europe, une attention moindre a été portée à la surveillance des eaux souterraines en comparaison aux eaux de surface, bien qu'il existe des études à l'échelle locale mettant en évidence la présence de composés organiques polaires dans les eaux souterraines (pesticides, composés pharmaceutiques, bisphénol A et nonylphénol).

En France, une étude prospective de recherche de substances émergentes, concernant 500 sites en France Métropolitaine a été lancée en 2011 à la suite de l'étude du JRC présentée ici. Elle porte sur environ 350 substances. Elle sera complétée en 2012 par une étude similaire dans les DOM. Les résultats de l'étude JRC ont été utilisés pour l'établissement d'une partie de la liste des polluants d'intérêts de la campagne française de 2011.

1.2. OBJECTIF ET METHODE

Devant le manque de données représentatives à l'échelle européenne, l'Institut de l'Environnement et de la Durabilité du Centre communautaire de recherche européen (JRC-IES) a organisé, à la manière de l'étude réalisée en eau de surface (Loos et al., 2009), une étude destinée à la mise en évidence de l'occurrence de micropolluants organiques polaires dans les eaux souterraines européennes, durant l'automne 2008 (8 semaines) (Loos et al., 2010).

Une trentaine d'organismes, dont le BRGM pour la France, ont participé à l'exercice de prélèvement et toutes les analyses ont été réalisées par le JRC-IES.

La plupart des points de prélèvements choisis par les différents participants européens sont des stations permanentes des programmes nationaux de surveillance. Compte tenu du mode d'organisation de la campagne, de la méthode utilisée (très peu de points, échantillonnage à la charge des organismes nationaux), aucun critère de sélection tel que la représentativité de la station de prélèvement ou le niveau de contamination n'a été appliqué par les participants européens, par ailleurs, en charge du choix des points et de l'échantillonnage. Ce point constitue une des limites de cette campagne.

164 échantillons d'eaux souterraines prélevés dans 23 pays européens ont été analysés afin de suivre leur contamination par 59 substances polaires sélectionnées, incluant des substances pharmaceutiques, des antibiotiques, des pesticides et leurs produits de dégradation, des substances perfluorées (PFAs), des benzotriazoles, des hormones, des alkyphénols, le diethyltoluamide (DEET) et le triclosan. La sélection des molécules a été réalisée sur la base des composés pharmaceutiques et des pesticides recherchés lors de l'étude réalisée en eau de surface (Loos et al., 2009). D'autres composés, en majorité des pesticides détectés lors d'études précédentes aux Etats-Unis et en Allemagne ont été ajoutés tels que le DEET, le N,N'-Dimethylsulfamide (DMS), le chloridazone (Chloridazon-desphenyl, Chloridazon-methyl-desphenyl). Le Tableau 1 présente les substances sélectionnées dans le cadre de cette étude sur les eaux souterraines conduite par le JRC et celles qui ont été sélectionnées pour les différentes campagnes exceptionnelles de recherche de substances émergentes en France (campagnes eau souterraine métropole 2011, eau de surface métropole et DOM 2011 et 2012 et eau souterraine DOM 2012).

Tableau 1 : Liste des substances sélectionnées pour l'étude

Famille	Composé	Substances prioritaires ESU	CAMPAGNE ESO France 2011 Substances analysées	CAMPAGNE ESO DOM France 2012 Substances sélectionnées	CAMPAGNE ESU France 2012 Substances sélectionnées
Pesticides	Déséthyl-Atrazine		X	X	
	Atrazine	X	X	X	
	Déséthylterbuthylazine		X	X	
	Simazine	X	X		
	Bentazone				
	Hexazinone			X	
	DEET ; N,N-diéthyl-3-méthylbenzamide		X		
	Terbuthylazine				
	Propazine		X		X
	Chlortoluron			X	
	Diuron	X	X	X	
	Métolachlor		X	X	X
	Isoproturon	X	X	X	
	Méthabenzthiazuron				
	Mécoprop				
	Linuron			X	
	2,4 D ; acide dichlorophénoxyacétique				
	MCPA ; acide 2-méthyl-4-chlorophénoxyacétique				
	Dichlorprop				
	2,4,5-T				
	Alachlor	X		X	
	Diazinon			X	X
	N,N-Diméthylsulfamide				
	Chloridazon-méthyl-desphenyl				
	Chloridazon-desphenyl				
Composés pharmaceutiques	Carbamazépine		X	X	X
	Caféine		X	X	
	Ketoprofène		X	X	X
	Diclofénac		X	X	
	Sulfaméthoxazole		X	X	X
	Ibuprofène		X	X	
Désinfectant	Triclosan		X	X	X
Hormones	Estrone		X	X	X
Produits à usage industriel benzotriazoles Composés perfluorés Phénols	Benzotriazole				
	Méthylbenzotriazole				
	PFOS ; acide perfluorooctane sulfonique		X	X	
	PFHxS ; Sulfonate de perfluorohexane				
	PFOA ; acide perfluorooctanoïque		X	X	
	PFBS ; sulfonate de perfluorobutane				
	PFHpA ; acide perfluoroheptanoïque		X	X	
	PFDA ; acide perfluorodécanoïque		X		
	PFNA ; acide perfluorononanoïque		X		
	2,4-Dinitrophénol				
	Bisphénol A		X	X	X
	NPE1C ; acide nonylphénoxyacétique				
	Nitrophénol				
	Nonylphénol	X		X	X
	tert-Octylphénol	X		X	

Bien qu'à l'échelle européenne, l'échantillonnage semble assez bien représentatif, on note que certains pays (France, Allemagne, Espagne) sont sous-représentés (Figure 1).

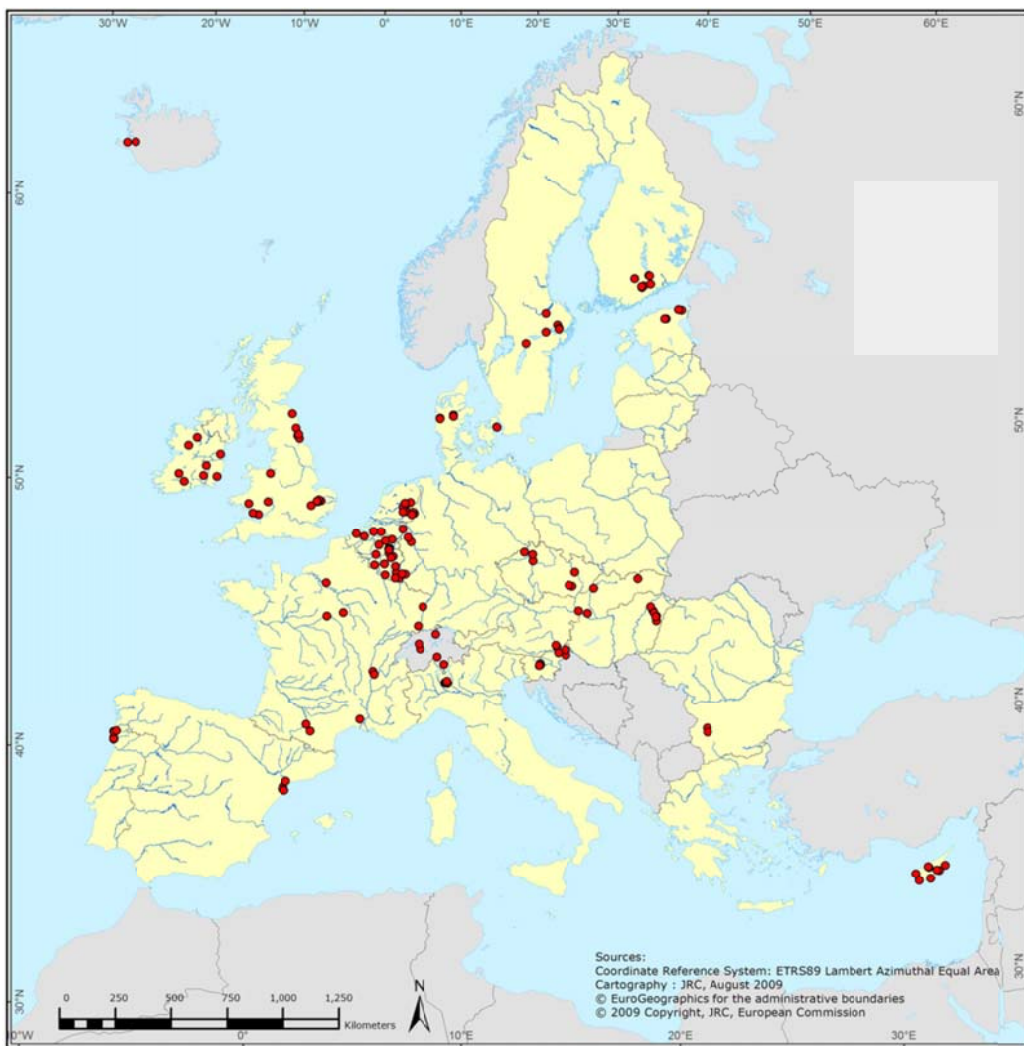


Figure 1: Sites d'échantillonnage des eaux souterraines. Quelques sites en Autriche et Pologne sont manquants(extrait de Loos et al., 2010)

12 points d'échantillonnage présentés en Tableau 2 en France ont été proposés par le BRGM lors de la participation à cet essai européen.

Tableau 2 : Localisation des eaux souterraines échantillonnées en France

Localisation (département)	Code BSS	Contexte majoritaire	Latitude	Longitude
Ariège 1	10577X0138/F	Agricole (Système culturaux & parcellaires complexes)	N 43.424774	E 1.41216
Ariège 2	10577X0153/F	Agricole	N 43.171066	E 1.672038
Bas Rhin 1	02726X0235/F	Urbain	N 48.495537	E 7.684678
Haut Rhin	04137X0018/15	Urbain	N 47.71524	E 7.42145
Loiret (Source du bouillon)	03982X0043/HY	Industriel & Commercial (Zones industrielles et commerciales)	N 47.850262	E 1.937293
Bas Rhin (Crau)	04137X0178/PZ3	Forestier (Forêt et végétation arbustive en mutation)	N 47.71108	E 7.42911
Yvelines (Les Bîmes - Mareil sur Mauldre)	01821X0036/S1	Agricole (prairies)		
Rhône 1	06987F0013	Agricole (prairies)	N 45.796111	E 4.894444
Rhône 2	07224X0142	Agricole (terres arables hors périmètre d'irrigation)	N 45.680833	E 4.979167
Val d'Oise (Brévilles)	01257X1006/HY	Agricole (systèmes culturaux et parcellaires complexes & terres arables hors périmètres d'irrigation)	N 49.176944	E 1.688889
Loiret (3 Fontaines)	03661X0070/PAEP	Agricole (terres arables hors périmètre d'irrigation)	N 48.056062	E 2.901226
Gard (Fontaine de Nîmes)	09651X0009/S	Urbain	N 43.841253	E 4.346145

1.3. DEROULEMENT

L'échantillonnage des eaux souterraines a été effectué par les laboratoires européens participants à l'aide d'un flaconnage propre et conditionné (flacon de 1 L en PE ou PP lavé au méthanol) fourni par le JRC. Les flacons ont été remplis en laissant un espace d'air et ont été stockés à 4°C au réfrigérateur avant l'envoi au JRC sous 48 h dans des boîtes isothermes à 4 °C. Les échantillons ont été stockés à 4 °C au JRC avant analyse, l'extraction ayant été effectuée sous 48 h après l'arrivée des échantillons.

Les échantillons d'eau décantés ont été dopés à l'aide de traceurs radiomarqués. L'extraction a ensuite été réalisée sur phase solide (SPE) à l'aide de cartouches OASIS HLB (200 mg). L'analyse des extraits a été réalisée par chromatographie liquide haute performance couplée à la spectrométrie de masse SM² utilisant 3 méthodes différentes : une méthode en mode d'ionisation négative, une méthode en mode d'ionisation positive et une méthode pour les alkylphénols et les estrogènes en utilisant une phase mobile HPLC différente. La liste des molécules relevant de chacune des méthodes est disponible dans la publication de Loos et al., 2009. Pour certains produits de dégradation de pesticides, les échantillons ont été directement injectés en UPLC /MS/MS (analyse effectuées à IWW en Allemagne). Les contrôles qualité conduits sont similaires à ceux conduits lors de l'essai en eau de surface (Loos et al., 2009 ; Strub, 2009).

Les matériels et les méthodes utilisés pour cette étude présentent des performances analytiques élevées. Le critère retenu par les auteurs est la limite de détection. Pour la plupart de substances, elle est comprise entre 0,1 et 1 ng/L.

Quelques éléments techniques mis en place par le JRC pour cette étude, et liés à l'échantillonnage et à l'analyse nécessitent quelques commentaires :

- Le flaconnage choisi ne correspond pas aux prescriptions AQUAREF (ainsi qu'à la plupart des recommandations normatives sur le sujet) qui recommandent de choisir un flaconnage en verre pour les composés organiques (à l'exception de quelques composés spécifiques)
- Contrairement à ce qui est requis dans le cadre de l'application de la DCE pour les composés organiques, les analyses ont été effectuées sur des échantillons décantés plutôt que sur des échantillons bruts. On peut cependant supposer que la décantation a peu d'impact étant donné qu'il s'agit d'eaux souterraines, (matrices généralement peu chargées en matières en suspension) et que les composés recherchés sont des composés organiques polaires, ayant donc plus d'affinité pour la phase aqueuse que pour les matières en suspension.
- Les auteurs de la publication ne précisent pas le délai total entre l'échantillonnage et l'analyse.

- Les auteurs basent leurs interprétations sur la notion de « détection » d'une substance (concentration supérieure à la limite de détection de la méthode d'analyse). En France, dans les programmes de surveillance « réglementaires », la limite de quantification basée sur la norme NFT 90210 (2009) est la référence pour indiquer la présence ou pas d'une substance. C'est également la notion de limite de quantification qui est mentionnée dans la directive européenne 2009/90/CE et sur lequel des critères de performance sont établis pour les laboratoires. L'utilisation dans l'étude de la notion de limite de détection peut se concevoir de par le caractère exploratoire de l'étude et de l'objectif de déterminer à bas niveau la présence ou l'absence des substances étudiées.

2. Resultats

2.1. EN EUROPE

Le Tableau 3 présente les résultats de l'étude.

Tableau 3 : Résultats de l'essai européen (Loos et al., 2010)¹

Molécule	LD [ng/L]	N°CAS	Famille	Fréq [%]	Max [ng/L]	Moy [ng/L]	Méd [ng/L]	Per90 [ng/L]
DEET	0.4	134-62-3	pesticide	83.5	454	9	1	9
Caféine	1.0	58-08-2	c.pharmaceutique	82.9	189	13	4	32
PFOA	0.4	335-67-1	c.perfluoré	65.9	39	3	1	6
Atrazine	0.4	1912-24-9	pesticide	56.1	253	8	1	24
Deséthylatrazine (DEA)	0.4	6190-65-4	pesticide	54.9	487	17	1	50
1H-Benzotriazole	1.0	95-14-7	benzotriazole	53.0	1032	24	1	40
Méthylbenzotriazole	1.0	13351-73-0	benzotriazole	51.8	516	20	4	42
Deséthylterbutylazine (DET)	0.4	30125-63-4	pesticide	49.4	266	7	0	12
PFOS	0.4	1763-23-1	c.perfluoré	48.2	135	4	0	11
Simazine	0.5	122-34-9	pesticide	43.3	127	7	0	17
Carbamazépine	0.5	298-46-4	c.pharmaceutique	42.1	390	12	0	20
Acide nonylphénoxyacide NPE1C	0.5	3115-49-9	phénol	41.5	11 316	263	0	127
Bisphénol A	1.0	80-05-7	phénol	39.6	2299	79	0	73
PFHxS	0.4	355-46-4	c.perfluoré	34.8	19	1	0	5
Terbutylazine	0.3	5915-41-3	pesticide	33.5	716	6	0	2
Bentazone	0.4	25057-89-0	pesticide	31.7	10 550	116	0	15
Propazine	0.3	139-40-2	pesticide	31.7	25	1	0	2
PFHpA	0.4	375-85-9	c.perfluoré	29.9	21	1	0	1
2,4-Dinitrophenol	1.0	51-28-5	phénol	29.3	122	4	0	6
Diuron	0.3	330-54-1	pesticide	28.7	279	3	0	3
Sulfamethoxazole	0.5	723-46-6	c. pharmaceutique	24.4	38	2	0	4
PFDA	0.4	83-89-6	c.perfluoré	23.8	11	0	0	1
tert octylphénol	0.4	140-66-9	phénol	23.2	41	1	0	2
Métolachlor	0.3	51218-45-2	pesticide	20.7	209	2	0	2
Nitrophénol	4.0	100-02-7	phénol	20.1	152	4	0	8
Isoproturon	0.2	34123-59-6	pesticide	20.1	22	0	0	0
Hexazinone	0.3	51235-04-2	pesticide	17.7	589	4	0	1
desphenylchloridazon	50	6339-19-1	pesticide	16.5	13 000	176.9	0	217
PFBS	0.3	375-73-5	c.perfluoré	15.2	25	0	0	1
PFNA	0.4	375-95-1	c.perfluoré	15.2	10	0	0	0
Mecoprop	0.2	7085-19-0	pesticide	13.4	785	7	0	1
N N'-diméthylsulfamide	50	3984-14-3	pesticide	11.6	52 000	332	0	50
Nonylphénol	30.0	84852-15-3	phénol	11.0	3850	83	0	39
kétoprofène	1.0	22071-15-4	c. pharmaceutique	10.4	2886	26	0	2
Diazinon	0.3	333-41-5	pesticide	9.1	1	0	0	0
MCPA	0.1	94-74-6	pesticide	7.9	36	0	0	0
Chlortoluron	0.3	15545 - 48 - 9	pesticide	7.9	91	1	0	0
Ibuprofène	0.2	15687-27-1	c. pharmaceutique	6.7	395	3	0	0
méthyl-desphénylchloridazon	50	17254-80-7	pesticide	6.1	1200	19.1	0	0
Méthabenzthiazuron	0.3	18691-97-9	pesticide	5.5	104	1	0	0
Dichlorprop	0.1	120-36-5	pesticide	4.9	3199	36	0	0
Diclofénac	0.2	15307-86-5	c. pharmaceutique	4.9	24	0	0	0
Alachlor	0.3	15972-60-8	pesticide	4.9	27	0	0	0
Acide 2,4-dichlorophénoxyacétique	0.1	94-75-7	pesticide	3.7	12	0	0	0
Acide 2,4,5-trichlorophénoxyacétique	0.2	93-76-5	pesticide	3.7	3	0	0	0
Linuron	0.3	330-55-2	pesticide	2.4	293	2	0	0
Triclosan	2.0	3380-34-5	phénol	1.8	9	0	0	0
Estrone	1.0	53-16-7	hormone	0.6	4	0	0	0

164 échantillons analysés ; LD: limite de détection ; Après vérification auprès de l'auteur, cette limite correspond à une estimation du ratio signal/bruit ; fréq : fréquence de détection (%) ; max : concentration maximale (ng/L) ; méd : concentration médiane (ng/L) ; Per90 : percentile 90% ; En bleu : composés prioritaires de la DCE ; En vert : Métabolites de pesticides analysés par IWW Water centre (Allemagne) ;

Ces résultats montrent que :

- Les composés les plus fréquemment détectés sont (fréquence > 50%): le DEET, la caféine, le PFOA, l'atrazine, la deséthylatrazine, le 1H-Benzotriazole, le méthylbenzotriazole.
- Parmi les 59 substances recherchées, certaines n'ont jamais été détectées. Le naproxène, le propanil, le fénarimol, le gemfibrozil, le PFHxA, le PFUnA, le métoxuron, le carbaryl, et le molinate ; le benzafrate et l'oestrone ont été détectés une seule fois.
- D'autres composés sont peu détectés: le triclosan (1.8%), le linuron (2.4%), 2,4,5-T (3.7%), 2,4-D (3.7%), l'alachlor (4.9%), le diclofénac (4.9%), le dichlorprop (4.9%), le méthabenzthiazuron (5.5%), le méthylchloridazone (6.1%), l'ibuprofène (6.7%), le chlortoluron (7.9%), le MCPA (7.9%), et le diazinon (9.1%).
- Certains composés peuvent être présents à de très fortes concentrations (de l'ordre du µg/L) : N,N0-Dimethylsulfamide, (DMS) (52 µg/L; 1 échantillon), le desphenyl chloridazone (13 µg/L), le NPE1C (11 µg/L), la bentazone (11 µg/L), le nonylphénol (3.8 µg/L), le dichlorprop (3.2 µg/L), le kétoprofène (2.9 µg/L), le bisphénol A (2.3 µg/L), et le 1H-benzotriazole (1.0 µg/L).
- Il n'existe pas de relation entre fréquence et concentration maximale mesurée : A titre d'exemple, le nonylphénol, le dichlorprop, le kétoprofène, (fréquence inférieure à 31,7 % et concentrations maximales supérieures à 1 µg/L). De même les composés retrouvés fréquemment ne sont pas présents en fortes concentrations (PFOA : fréquence 66% concentration max : 39 ng/L)

La Figure 2 présente la fréquence des composés dont la concentration est supérieure à 0,1 µg/L (figure A) et à 10 ng/L (figure B), seuils choisis par les auteurs de la publication. On constate que :

- Le chloridazone (Chloridazon-desphenyl) est le composé dont la concentration est le plus souvent supérieure à 0,1 µg/L (NQE des pesticides) (26 fois) suivi de NPE1C (20 fois), du Bisphénol A (12 fois) etc...
- Les composés dont les concentrations sont supérieures à 10 ng/L sont la caféine (48 fois), la carbamazépine (31 fois), l'atrazine (28 fois) etc....

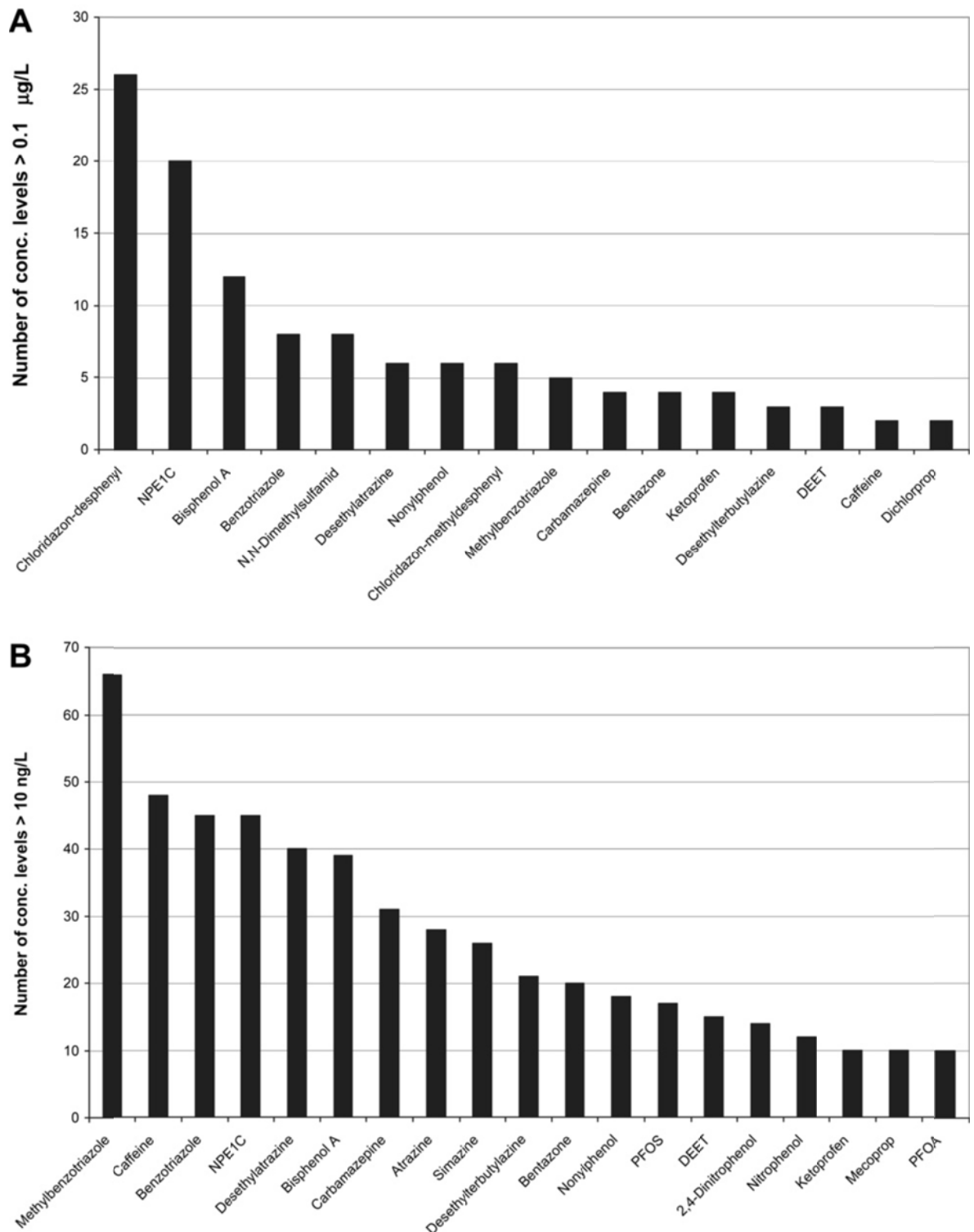


Figure 2: Nombre d'échantillons dont la concentration est supérieure à 0,1 µg/L (figure A) et à 10 ng/L (figure B) (extrait de Loos et al., 2010)

Si on s'intéresse aux résultats par famille d'usage des composés, le composé pharmaceutique le plus détecté est la carbamazépine (fréquence 42 % ; concentration maximale de 390 ng/L), suivi du sulfaméthoxazole (fréquence : 24%, concentration

max faible 38 ng/L (Table 1). Ces résultats sont en accord avec d'autres études qui ont déjà mis en évidence la présence de ces deux composés dans les eaux souterraines (Rabiet et al., 2006; Barber et al., 2009). Les pesticides constituent l'une des familles les plus retrouvées dans les eaux souterraines en Europe. 29% des échantillons contiennent au moins un pesticide à une teneur supérieure à 0,1 µg/L et 10 % des échantillons dépassent une concentration totale en pesticides de 0,5 µg/L. Le DEET, un insecticide est le plus fréquemment détecté, ainsi que d'autres herbicides et leurs métabolites tels que l'atrazine, la deséthylatrazine, la deséthylterbutylazine, la simazine, la terbutylazine, la bentazone, la propazine, le diuron, le chloridazone (desphenyl et methyl-desphenyl), le mécoprop, le N,N'-Dimethylsulfamide (DMS), le MCPA, et le dichlorprop. Les pesticides ou leurs métabolites dont la concentration est supérieure à 0,1 µg/L sont le plus fréquemment par ordre décroissant :

- le desphenylchloridazon,
- le N,N'-Dimethylsulfamide (DMS),
- la deséthylatrazine,
- le methyl-desphenylchloridazon,
- la bentazone,
- la deséthylterbutylazine,
- le DEET,
- le dichlorprop.

Concernant la famille des alkylphénols, le nonylphénol n'apparaît ni parmi les substances les plus fréquemment détectées, ni parmi celles présentant les plus fortes concentrations. Cependant, il faut noter que la limite de détection est relativement élevée en comparaison des autres composés. Le NPE1C, métabolite de tensio-actifs à base de nonylphénol ethoxylé, est l'un des composés les plus détectés associé à une concentration maximale forte (11 µg/L). Ces résultats sont en accord avec d'autres publications, Ahel et al. (1996) et Swartz et al. (2006), et montrent que le NPE1C est un contaminant persistant dans les eaux souterraines en Europe. Le bisphénol A (composé entrant dans la composition des plastiques en polycarbonate) a été détecté à une fréquence relativement haute (40 %) associé à une concentration maximale élevée (2.3 µg/L). Ces résultats sont en adéquation avec des études précédentes qui ont montré la présence de ce composé dans des eaux souterraines (concentration maximale de 920 ng/L) (Hohenblum et al., 2004). Le triclosan a été détecté dans 3 échantillons seulement (fréquence 1,8 %) à des concentrations faibles (7-9 ng/L).

2.2. EN FRANCE

Le Tableau 4 présente les résultats obtenus en France, les substances étant classées par fréquence de détection décroissante. Les cellules en bleu indiquent les substances analysées dans le cadre de la campagne exceptionnelle des eaux souterraines 2011 en France. Le nombre de molécules détectées varie de 7 à 27 sur les 12 échantillons. On constate que les résultats obtenus sont en accord avec les autres pays

européens concernant les substances les plus retrouvées en France (fréquence de détection supérieure à 50 %) :

- pesticides (la deséthylatrazine, l'atrazine, la déséthylterbutylazine),
- composés perfluorés (PFOS, PFOA),
- benzotriazole et méthylbenzotriazole,
- caféine, carbamazépine.

100% des échantillons analysés présentent de l'atrazine et de la deséthylatrazine. Ce résultat est accord avec le fait que la majeure partie des points se situent dans un contexte agricole.

D'autre part, certains composés sont détectés à des teneurs supérieures à 0,1 µg/L (NQ des pesticides pour les eaux souterraines):

- la concentration en deséthylatrazine mesurée à Brévilles (487 ng/L) correspond à la valeur maximale mesurée lors de l'essai européen ;
- la concentration en benzotriazole (124 ng/L) mesurée à la Fontaine de Nîmes est de 124 ng/L ;
- la concentration en méthylbenzotriazole (213 ng/L) mesurée dans le haut Rhin est de 213 ng/L ;
- Notons une forte concentration en bisphénol A observée à la Fontaine de Nîmes (1,5 µg/L).

En revanche, contrairement aux résultats européens pour lesquels le nonylphénol et le ter-octylphénol ont été retrouvés à des fréquences de 23 et 11% respectivement, ces composés ne sont pas retrouvés en France. Concernant le DEET, il est détecté en France à une fréquence plus faible qu'en Europe (50 % pour 83 %) à de faibles niveaux de concentrations (concentration maximale de 6ng/L). Le sucralose mesuré au cours de l'essai n'a pas été présenté dans la publication de Loos et al., 2010 : 6 échantillons sur les 164 présentaient du sucralose à de faibles concentrations. Sur ces 6 échantillons, 2 concernent la France, où le sucralose a été détecté à des concentrations de 26.6 et 62.3 ng/L (Bas Rhin et Gard).

Nous remarquons que six composés pour lesquels la fréquence de détection est supérieure à 50% n'ont pas été recherchés lors de la campagne exceptionnelle 2011 dans les eaux souterraines françaises : le PFhxS, la bentazone, le PFBS, le benzotriazole, le méthylbenzotriazole. Plus précisément le benzotriazole et le méthylbenzotriazole sont détectés à des teneurs relativement importantes (jusqu'à 123 ng/L et 213 ng/L, Echantillons du Gard et du Haut Rhin). La bentazone fait déjà partie de beaucoup de réseaux de surveillance en France. Les benzotriazoles et perfluorés indiqués avaient bien été présélectionnées mais elles n'ont pas été retenues dans les listes finales de la campagne exceptionnelle.

Tableau 4 : Résultats de l'essai pour la France

Eaux souterraines (département)	Famille	Ariège 1 (ng/L)	Ariège 2 (ng/L)	Les Bîmes forage	Rhône 1 (ng/L)	Rhône 2 (ng/L)	Val d'oise (Brévilles) (ng/L)	Loiret (3 Fontaines)	Bas Rhin (Crau)	Bas Rhin (ng/L)	Haut Rhin (ng/L)	Gard (Fontaine de Nîmes)	Loiret (Source du bouillon)	Fréquence de détection [%]	Max (ng/L)	Moy (ng/L)	Méd (ng/L)	Per90 (ng/L)	Limite de détection JRC (ng/L)
Déséthyl-Atrazine	pesticide	29,4	46,9	63,5	7,9	8,6	486,9	65,1	61,3	48,5	52,9	5,3	4,4	100	487	73	48	65	0,4
Atrazine	pesticide	33,5	25,8	30,7	4,6	3,6	75,2	27,2	61,6	7,0	24,1	0,6	4,0	100	75	25	25	59	0,4
PFOS ; acide perfluorooctane sulfonique	produit à usage industriel (c. perfluoré)	3,9	6,8	22,8	17,3	1,7	0,6	0,0	9,1	20,1	7,7	9,0	12,6	92	23	9	8	20	0,4
Déséthylterbutylazine	pesticide	1,6	2,0	4,8	9,1	2,4	0,0	11,8	1,2	4,8	0,9	9,6	1,2	92	12	4	2	10	0,4
PFHxS ; Sulfonate de perfluorohexane	produit à usage industriel (c. perfluoré)	1,7	14,2	6,9	7,6	4,8	0,0	0,0	2,1	18,2	2,0	4,1	4,6	83	18	6	4	13	0,4
Simazine	pesticide	58,2	66,4	81,6	0,0	0,0	7,1	21,1	29,8	7,6	17,2	4,4	9,5	83	82	25	13	66	0,5
Bentazone	pesticide	17,6	0,4	7,0	0,0	43,8	13,5	2,5	0,0	3,4	0,0	5,3	11,2	75	44	9	4	17	0,4
PFOA ; acide perfluorooctanoïque	c. perfluoré	1,3	0,0	5,1	5,6	1,2	0,0	0,0	1,0	2,1	1,3	5,1	2,9	75	6	2	1	5	0,4
Carbamazépine	c. pharmaceutique	0,8	0,0	66,5	11,0	0,0	0,0	4,0	13,8	12,8	1,3	32,6	39,5	75	66	15	7	39	0,5
PFBS ; sulfonate de perfluorobutane	produit à usage industriel (c. perfluoré)	0,4	3,9	0,7	0,4	0,0	0,0	0,0	0,3	1,3	3,5	5,4	0,0	67	5	1	0	4	0,3
Benzotriazole	produit à usage industriel	51,7	0,0	24,8	0,0	0,0	0,0	0,0	22,4	36,6	7,3	123,7	29,6	58	124	25	15	50	1,0
Méthylbenzotriazole	produit à usage industriel	7,1	0,0	38,3	63,8	0,0	0,0	0,0	0,0	31,0	213,2	59,0	81,9	58	213	41	19	80	1,0
Sulfaméthoxazole	c. pharmaceutique	2,5	0,0	4,0	8,1	0,0	0,0	0,0	3,7	3,5	0,0	1,9	7,0	58	8	3	2	7	0,5
Caféine	c. pharmaceutique	14,8	0,0	0,0	30,0	60,5	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	75,8	3,1	50	76	16	2	57	1,0
Hexazinone	pesticide	0,0	0,6	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	5,0	0,0	0,3	0,4	50	5	1	0	2	0,3
DEET ; N,N-diéthyl-3-méthylbenzamide	pesticide	0,0	0,4	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,4	6,5	0,4	50	6	1	0	1	0,4
Terbutylazine	pesticide	0,3	0,0	0,5	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	1,7	0,3	50	2	0	0	1	0,3
Propazine	pesticide	0,3	0,0	1,0	0,0	0,0	0,8	1,0	0,5	1,2	0,0	0,0	0,0	50	1	0	0	1	0,3

Note de synthèse sur l'opération de recherche de substances émergentes polaires dans les eaux souterraines en Europe organisée par le JRC

Eaux souterraines (département)	Famille	Ariège 1 (ng/L)	Ariège 2 (ng/L)	Les Bîmes forage	Rhône 1 (ng/L)	Rhône 2 (ng/L)	Val d'oise (Brévilles) (ng/L)	Loiret (3 Fontaines)	Bas Rhin (Grau)	Bas Rhin (ng/L)	Haut Rhin (ng/L)	Gard (Fontaine de Nîmes)	Loiret (Source du bouillon)	Fréquence de détection [%]	Max (ng/L)	Moy (ng/L)	Méd (ng/L)	Per90 (ng/L)	Limite de détection JRC (ng/L)
2,4-Dinitrophénol	produit à usage industriel	0,0	5,6	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	13,7	1,4	0,0	42	14	3	0	11	1,0
Chlortoluron	pesticide	0,8	0,0	1,9	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	2,2	0,0	0,0	7,9	42	8	1	0	3	0,3
Diuron	pesticide	0,0	0,0	13,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	2,0	3,0	2,8	42	13	2	0	4	0,3
Métolachlor	pesticide	13,3	0,0	0,0	0,3	0,9	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,3	42	13	1	0	1	0,3
Bisphénol A	produit à usage industriel	29,7	73,1	0,0	0,0	0,0	9,5	0,0	0,0	0,0	81,1	1555,8	0,0	42	1556	146	0	80	1,0
PFHpA ; acide perfluoroheptanoïque	produit à usage industriel (c. perfluoré)	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	1,8	1,1	33	2	0	0	1	0,4
Isoproturon	pesticide	0,0	0,0	2,6	0,0	0,0	5,5	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	3,1	33	6	1	0	3	0,2
NPE1C ; acide nonylphénoxyacétique	produit à usage industriel	0,0	0,0	30,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	7,2	25	30	4	0	9	0,5
Sucralose *	Edulcorant	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,6	0,0	62,3	0,0	17	62	7	0	24	30,0
Ketoprofène	c. pharmaceutique	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	8,7	0,0	17	9	1	0	2	1,0
PFDA ; acide perfluorodécanoïque	produit à usage industriel (c. perfluoré)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	1,1	0,0	17	1	0	0	0	0,4
Méthabenzthiazuron	pesticide	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	17	1	0	0	0	0,3
Nitrophénol	produit à usage industriel	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	8	5	0	0	0	4,0
Mécoprop	pesticide	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	0,0	8	3	0	0	0	0,2
Diclofénac	c. pharmaceutique	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	8	0	0	0	0	0,2
PFNA ; acide perfluorononanoïque	produit à usage industriel (c. perfluoré)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	8	1	0	0	0	0,4
Linuron	pesticide	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	8	1	0	0	0	0,3
2,4 D ; acide dichlorophénoxyacétique	pesticide	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0	0,1

Note de synthèse sur l'opération de recherche de substances émergentes polaires dans les eaux souterraines en Europe organisée par le JRC

Eaux souterraines (département)	Famille	Ariège 1 (ng/L)	Ariège 2 (ng/L)	Les Bîmes forage	Rhône 1 (ng/L)	Rhône 2 (ng/L)	Val d'oise (Brévilles) (ng/L)	Loiret (3 Fontaines)	Bas Rhin (Crau)	Bas Rhin (ng/L)	Haut Rhin (ng/L)	Gard (Fontaine de Nîmes)	Loiret (Source du bouillon)	Fréquence de détection [%]	Max (ng/L)	Moy (ng/L)	Méd (ng/L)	Per90 (ng/L)
2,4 D;acide dichlorophénoxyacétique	pesticide	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
MCPA ; acide 2-méthyl-4-chlorophénoxyacétique	pesticide	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Dichlorprop	pesticide	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
2,4,5-T	pesticide	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Ibuprofène	c. pharmaceutique	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Triclosan	désinfectant	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Alachlor	pesticide	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Diazinon	pesticide	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Nonylphénol	produit à usage industriel	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Estrone	hormone	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
tert-Octylphénol	produit à usage industriel	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
N,N-Dimethylsulfamide	pesticide	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Chloridazon-méthyl-desphenyl	pesticide	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Chloridazon-desphenyl	pesticide	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Nombre de résultats positifs		19	12	24	13	9	9			26	17		24					

*Le sucralose mesuré au cours de l'essai n'a pas été considéré dans la publication de Loos et al., 2009. En bleu les substances analysées dans le cadre de la campagne exceptionnelle des eaux souterraines 2011 en France

3. Conclusion

Cette étude exploratoire concernant l'identification de la présence de substances pour la plupart « émergentes » et donc peu surveillées à l'heure actuelle, a permis d'analyser 54 composés polaires dans 164 eaux souterraines de 23 pays européens. La fréquence moyenne de détection est de 25 % alors qu'elle était de 61 % lors de l'étude similaire conduite dans les eaux de surface (Loos et al., 2009). Ces résultats montrent que la contamination chimique des eaux souterraines est moindre par rapport à celle des eaux de surface. Parmi les composés les plus fréquemment détectés on trouve

- le DEET,
- la caféine,
- le PFOA,
- l'atrazine,
- la deséthylatrazine,
- le 1H-benzotriazole,
- méthylbenzotriazole,
- la deséthylterbutylazine,
- le PFOS...

Parmi ces substances les plus fréquemment détectées, le DEET, le 1H-benzotriazole et le méthylbenzotriazole ne font pas partie des substances sélectionnées pour les campagnes exceptionnelles 2011 et 2012 en France et dans les DOM.

Certains composés ont été retrouvés à des teneurs supérieures à 0,1 µg/L (NQ relative aux pesticides) tels que par exemple, le desphenylchloridazone, le NPE1C, le bisphénol A, les benzotriazoles, le DMS... En France, 12 eaux souterraines ont été échantillonnées. Les analyses révèlent la présence de 7 à 27 des composés recherchés dont l'atrazine et la deséthylatrazine de façon systématique. Les résultats obtenus en France sont en accord avec les autres pays européens concernant les substances les plus retrouvées. En revanche, contrairement aux résultats européens le nonylphénol et le ter-octylphénol n'ont pas été retrouvés.

Ces résultats obtenus à l'échelle européenne sont en bonne adéquation avec l'étude américaine de Barnes et al. (2008) et Focazio et al. (2008) : bien que les fréquences de détection ne soient pas directement comparables (du fait d'une limite de détection plus élevée dans l'étude des eaux américaines), dans les deux cas, les mêmes molécules sont les plus fréquemment retrouvées (i.e le DEET, le bisphénol A, la caféine, le méthyl 1H benzotriazole). Les résultats concernant les pesticides sont également en accord avec les résultats d'une étude plus ancienne réalisée de 1993-1995 aux Etats-Unis, qui montrent que parmi les pesticides les plus fréquemment retrouvés figurent l'atrazine, la deséthylatrazine, la simazine, le métolachlor (Kolpin et al., 1998). Cependant, à la différence de l'étude américaine (fréquence de 15 % avec une limite de détection de 1 µg/L pour le triclosan), le triclosan n'est pas retrouvé dans les eaux souterraines européennes.

4. Bibliographie

Ahel, M., Schaffner, C., Giger, W., 1996. Behavior of alkylphenolpolyethoxylate surfactants in the aquatic environment-III. Occurrence and elimination of their persistent metabolites during infiltration of river water to ground water. *Water Res.* 30, 37-46.

Barber, L.B., Keefe, S.H., LeBlanc, D.R., Bradley, P.M., Chapelle, F.H., Meyer, M.T., Loftin, K.A., Kolpin, D.W., Rubio, F., 2009. Fate of sulfamethoxazole, 4-nonylphenol, and 17 β -estradiol in ground water contaminated by wastewater treatment plant effluent. *Environ. Sci. Technol.* 43, 4843-4850.

Barnes, K.K., Kolpin, D.W., Furlong, E.T., Zaugg, S.D., Meyer, M.T., Barber, L.B., 2008. A national reconnaissance of pharmaceuticals and other organic wastewater contaminants in the United States e I) Ground water. *Sci. Total Environ.* 402, 192-200,

Focazio, M.J., Kolpin, D.W., Barnes, K.K., Furlong, E.T., Meyer, M.T., Zaugg, S.T., Barber, L.B., Thurman, M.E., 2008. A national reconnaissance for pharmaceuticals and other organic wastewater contaminants in the United States e II) Untreated drinking water sources. *Sci. Total Environ.* 402, 201-216.

Hohenblum, P., Gans, O., Moche, W., Scharf, S., Lorbeer, G., 2004. Monitoring of selected estrogenic hormones and industrial chemicals in ground waters and surface waters in Austria. *Sci. Total Environ.* 333, 185-193.

Kolpin, D.W., Barbash, J.E., Gilliom, R.J., 1998. Occurrence of pesticides in shallow ground water of the United States: Initial results from the water-quality assessment program. *Environ. Sci. Technol.* 32, 558-566.

Loos, R., Gawlik, B.M., Locoro, G., Rimaviciute, E., Contini, S., Bidoglio, G., 2009. EU-wide survey of polar organic persistent pollutants in European river waters. *Environ. Poll.* 157, 561-568.

Loos R, Locoro G, Comero S, Contini S, Schwesig D, Werres F, Balsaa P, Gans O, Weiss S, Blaha L, Bolchi M, Gawlik BM. 2010, Pan-European survey on the occurrence of selected polar organic persistent pollutants in ground water. *Water Res.* 44, 4115-26.

Rabiet, M., Togola, A., Brissaud, F., Seidel, J.-L., Budzinski, H., Elbaz-Poulichet, F., 2006. Consequences of treated water recycling as regards pharmaceuticals and drugs in surface and ground waters of a medium-sized Mediterranean catchment. *Environ. Sci. Technol.* 40, 5282-5288.

Strub MP., 2009. Note de synthèse Réf. : DRC-09-95687-05294B. Enseignements nationaux de l'opération européenne de recherche des substances émergentes dans les eaux de surface.

Swartz, C.H., Reddy, S., Benotti, M.J., Yin, H., Barber, L.B., Brownawell, B.J., Rudel, R.A., 2006. Steroid estrogens, nonylphenol ethoxylate metabolites, and other wastewater contaminants in ground water affected by a residential septic system on Cape Cod, MA. *Environ. Sci. Technol.* 40, 4894-4902.



**Centre scientifique et technique
Service MMA**

3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34