



# PIÉZOMÈTRES PROFONDS

## Annexe du 2<sup>e</sup> volet de l'étude ERMES 2016

*L'analyse des résultats a principalement été axée sur les pesticides et les nitrates afin d'observer leur migration en profondeur suite aux problématiques qualitatives induites par ces deux familles de substances au sein des couches superficielles de la nappe phréatique d'Alsace.*

*Si les teneurs en nitrates ne semblent pas constituer une menace directe pour les couches profondes, la présence de pesticides et de métabolites est à contrario remarquable. Des métabolites d'herbicides (S-métolachlore et triazines notamment) sont retrouvés à des fréquences et teneurs relativement élevées.*

*Les couches profondes de l'aquifère ne semblent donc pas pouvoir jouer un rôle de « sanctuaire » et sont impactées par les pollutions diffuses.*

### ▲ Contexte général de la campagne de mesures

#### ● Rappel sur le contexte hydrogéologique de la nappe phréatique d'Alsace :

La partie alsacienne de l'aquifère du Fossé rhénan est principalement constituée d'un remplissage alluvionnaire d'origine alpine marqué par une hétérogénéité granulométrique du Sud vers le Nord. Entre Bâle et Mulhouse, les alluvions sont très grossières puis s'affinent progressivement en direction de Karlsruhe. Dans sa partie nord au-delà d'Erstein, l'aquifère présente des intercalaires argileux dont l'épaisseur et l'étendue augmentent au niveau de Strasbourg et deviennent suffisantes pour constituer des barrières hydrauliques.

Ces contextes confèrent un caractère multicouche à l'aquifère alsacien. De manière globale, deux compartiments se distinguent : les « couches superficielles », entre 0 et 50 m, et les « couches profondes » au-delà de 50 m. Localement, ces horizons argileux peu perméables peuvent être présents dès environ 30 m de profondeur à l'image du secteur du bassin potassique.

#### ● Objet de la campagne de mesures des piézomètres profonds :

La campagne de mesures des piézomètres profonds concerne exclusivement la nappe phréatique d'Alsace et non les aquifères du Sundgau. Ces prélèvements spécifiques ont été réalisés en mars 2017.

La plupart des points de mesures prélevés en 2016 captent la nappe d'Alsace à moins de 50 m de profondeur (couches superficielles). L'intérêt principal des mesures est d'examiner si les problématiques mises en évidence en surface (notamment via la publication ERMES-Alsace

de 2017 sur les pesticides et les nitrates) migrent vers le fond de l'aquifère. Pour mémoire, les couches profondes sont préférentiellement exploitées pour la production d'eau potable car sensées être moins vulnérables aux pollutions.

#### ● Réseau de mesures et programme analytique :

Le réseau de mesures des piézomètres profonds a permis de disposer en 2017 de 84 échantillons d'eau prélevés à différentes profondeurs au droit des 33 piézomètres ou sites de mesures. La répartition de ces 33 piézomètres est présentée sur la carte 1.

Le réseau de mesure utilisé est identique à 2009 et complété avec 5 piézomètres supplémentaires situés à Illzach(1), Strasbourg (1) et Wissembourg (3). Un piézomètre situé à Reguisheim a été rebouché entre 2009 et 2017 et n'a donc pas été prélevé.

#### 3 types de piézomètres ont été prélevés : unique, multicrèpinés et multitubes.

Ces deux derniers types permettent de capter plusieurs niveaux aquifères distincts et au droit d'un seul site de mesures.

Les piézomètres multicrèpinés ont été prélevés selon la méthode dite de prélèvement en double flux. Elle consiste à mettre en place un double pompage dans l'ouvrage, de suivre les flux arrivant des différentes crépines via un micro moulinet et de faire un prélèvement par pompage en face de la crépine visée. Au total, 29 des 84 échantillons ont été réalisés avec cette méthode.

Pour mémoire, le réseau de mesure est défini à partir d'ouvrages existants et créés dans le cadre d'études ou de suivis spécifiques (ex : suivi de la salure en aval des mines de potasses d'Alsace). A cet effet, la répartition des piézomètres n'est pas homogène et 3 secteurs peuvent être ici distingués :

- le secteur du Pliocène de Haguenau (3 piézomètres),
- le secteur de Strasbourg-Erstein (9 piézomètres),
- le secteur Sud Alsace (21 piézomètres).

De par leur localisation, ces secteurs ne peuvent pas être considérés comme représentatifs de la situation globale à l'échelle de toute la nappe d'Alsace mais permettent néanmoins de fournir une indication sur les transferts verticaux potentiels au droit de ces secteurs.

Parmi les 395 substances analysées dans le cadre du projet ERMES-Alsace, 146 substances dont 130 micropolluants ont été recherchées sur ce réseau. La majorité des micropolluants sont des pesticides et leurs métabolites (88 substances au total). Lors de l'inventaire en 2009, 42 substances avaient été analysées.

Le programme analytique avec classement par famille est présenté avec le diagramme ci-contre (illustration 1). La liste complète des substances analysées est reportée dans le [tableau de synthèse de résultats](#) du rapport ERMES-Alsace 2019 concernant les micropolluants. Les données brutes sont téléchargeables sur la [page web ERMES-Alsace 2016](#) (site internet de l'APRONA).

● **Méthodologie pour l'exploitation des résultats :**

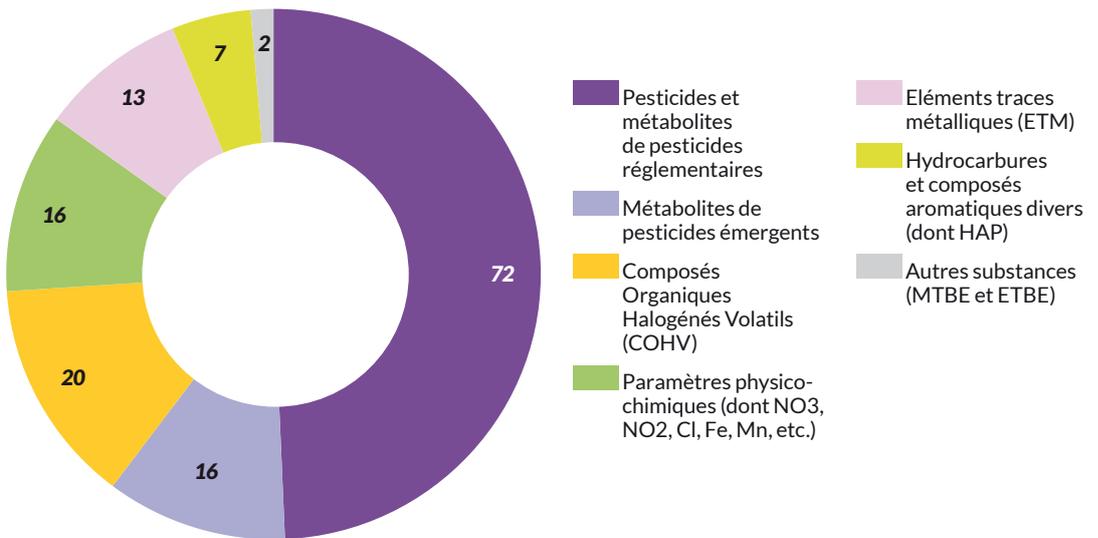
Dans un souci d'harmonisation, les résultats ont été exploités selon 4 tranches de profondeur différentes comme en 2009 soit : 0 - 30 m, 30 - 60 m, 60 - 100 m et > 100 m.

Ce découpage se justifie par le fait que dans certains secteurs les premières séries argileuses interviennent à partir de 30 m (bassin potassique). La répartition des points de mesures selon ces 4 tranches de profondeur est résumée dans le tableau 1. On notera qu'il existe peu d'ouvrages permettant de réaliser des échantillons au-delà de 100 m. Pour le reste des ouvrages, la répartition des échantillons, en fonction des tranches de profondeur, est assez homogène.

Classe de profondeur	[0-30m]	]30-60m]	]60-100m]	>100m	Toutes classes confondues
Nombre de points de mesures	25	32	21	6	84

**Tableau 1 :**  
 nombre de points d'échantillonnages par classe de profondeur

**Illustration 1 :**  
 décomposition du programme analytique par grandes familles de substances (hors paramètres de sommes)



Carte 1 :

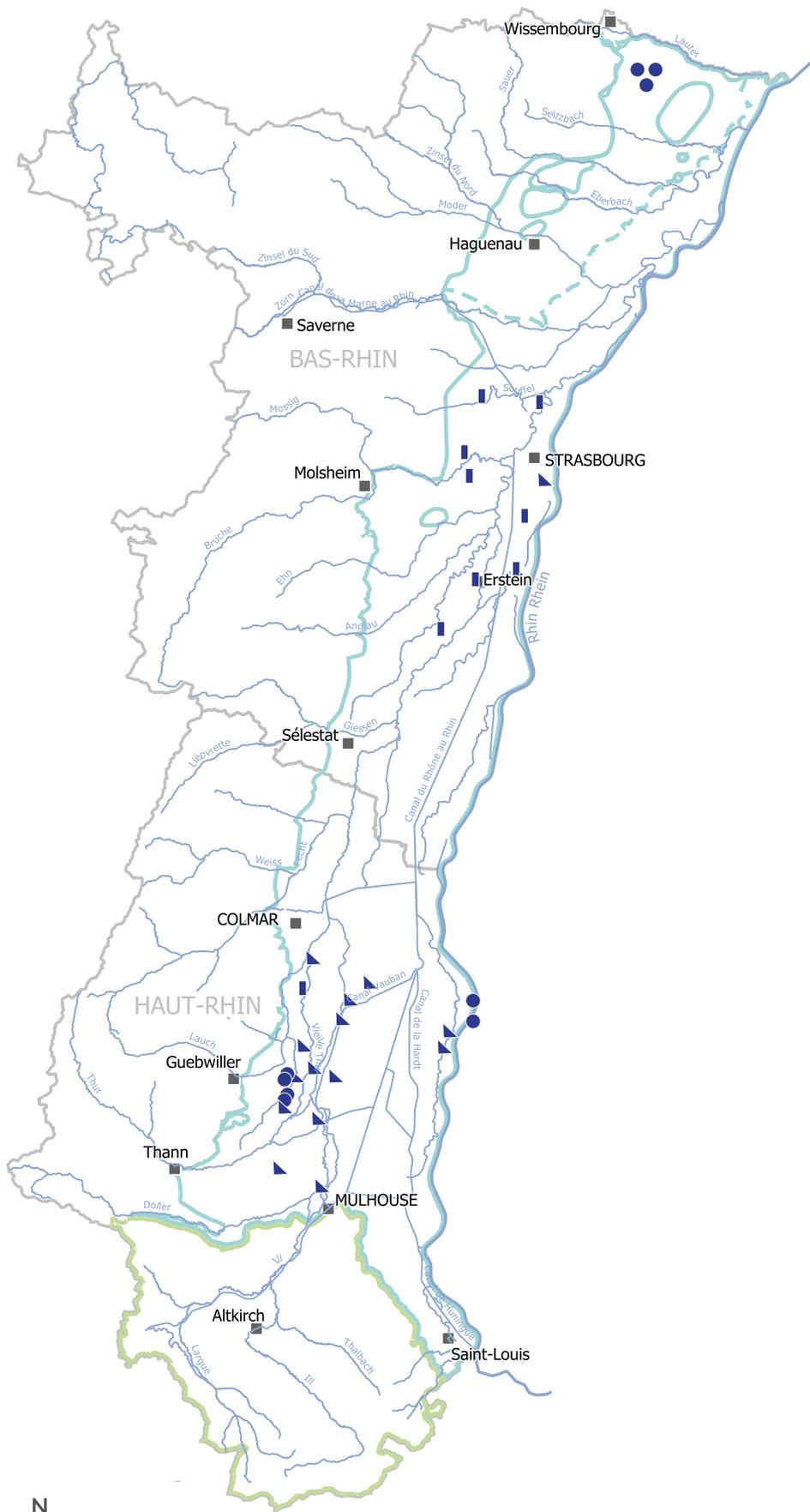
▲ Réseau de mesures des piézomètres profonds dans la nappe phréatique d'Alsace

Données 2017

Réseau « piézomètres profonds » (selon type d'ouvrage)

- Multicrèpinés
- ▲ Multitubes
- Unique

- Nappe d'Alsace
- ▤ Pliocène de Haguenau
- ▨ Aquifères du Sundgau
- Cours d'eau principaux



Projet ERMES Alsace - Juillet 2019  
 Évolution de la Ressource et Monitoring des Eaux Souterraines en Alsace  
 Conception : Observatoire de la nappe d'Alsace (APRONA)  
 Données : APRONA - ERMES Rhin - Région Grand Est - BRAR  
 Financeurs :



## Analyse des résultats

Les analyses et interprétations des résultats suivantes détaillent :

- Le cas des nitrates et des pesticides (dont métabolites) en raison de leurs problématiques au droit des couches superficielles (suivant l'étude ERMES- Alsace publiée en 2017 sur ces paramètres) ;
- un examen des dépassements de valeurs seuils pour l'eau potable pour l'ensemble des substances analysées et disposant de valeurs de références.

### Nitrates

Les concentrations en nitrates ont été mesurées sur 84 échantillons. Elles sont regroupées par classes de concentrations en fonction de la profondeur de prélèvement dans le graphique 1.

**Graphique 1 :**  
pourcentage de points d'échantillonnage par classes de concentrations pour le paramètre « nitrates »  
(84 échantillons)



Le graphique 1 permet d'afficher la tendance globale de diminution des teneurs en nitrates avec la profondeur. 4 échantillons dans le secteur Sud Alsace dépassent le seuil de 50 mg/L et sont situés à moins de 50 m de profondeur.

**Aucun dépassement de la limite de qualité n'est relevé au-delà de 60 m.**

En 2009, un seul échantillon présentait un dépassement de la limite de qualité à plus de 60 m de profondeur (secteur Sud Alsace).

Les données montrent néanmoins une contamination plus marquée sur le secteur Sud Alsace. Au-delà de 30 m de profondeur, la plupart des valeurs supérieures à 25 mg/L

sont notées sur ce secteur alors que la majorité des valeurs mesurées au niveau de Strasbourg-Erstein se situent en dessous de 25 mg/L (toutes profondeurs confondues).

Le tableau 2 distingue par tranche de profondeur et par secteur, les moyennes de concentrations en nitrates. Les moyennes calculées sont effectivement plus hautes dans le secteur Sud Alsace que pour les points situés au nord.

Une moyenne de 20,2 mg/L est encore relevée entre 60 et 100 m de profondeur dans le secteur Sud-Alsace, contre 8,8 mg/L seulement pour les secteurs Strasbourg-Erstein / Pliocène de Haguenau. Les moyennes calculées au-delà de 100 m doivent cependant être prises avec les précautions d'usage car elles ne prennent en compte que 3 valeurs.

**Tableau 2 :**  
moyennes des concentrations en nitrates par tranches de profondeur et par secteur  
(mg/L NO<sub>3</sub>)

	Secteur Strasbourg-Erstein / Pliocène de Haguenau	Secteur Sud Alsace
[0 - 30 m]	18,1 (calculé sur 10 valeurs)	29,0 (calculé sur 15 valeurs)
]30 - 60 m]	15,4 (calculé sur 16 valeurs)	31,2 (calculé sur 16 valeurs)
]60-100 m]	8,8 (calculé sur 11 valeurs)	20,2 (calculé sur 10 valeurs)
> 100 m	16,6 (calculé sur 3 valeurs)	8,7 (calculé sur 3 valeurs)

## ▲ Pesticides et métabolites de pesticides

Les mesures de substances pesticides ont porté sur une liste de 88 molécules et 84 échantillons. En 2009, seuls 9 pesticides avaient été recherchés. Les 88 molécules analysées en 2017 sont réparties selon 2 listes:

- **72 pesticides et métabolites réglementaires** faisant l'objet d'un suivi réglementaire au titre de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) et pour lesquels un risque sanitaire est avéré en cas d'usage pour l'eau potable (avec les limites de qualité 0,1 µg/L par substance et 0,5 µg/L pour la somme des substances)
- **16 métabolites de pesticides émergents** pour lesquels la prise en compte réglementaire est en cours d'évolution ou a récemment évolué (suivant des études réalisées par l'ANSES).

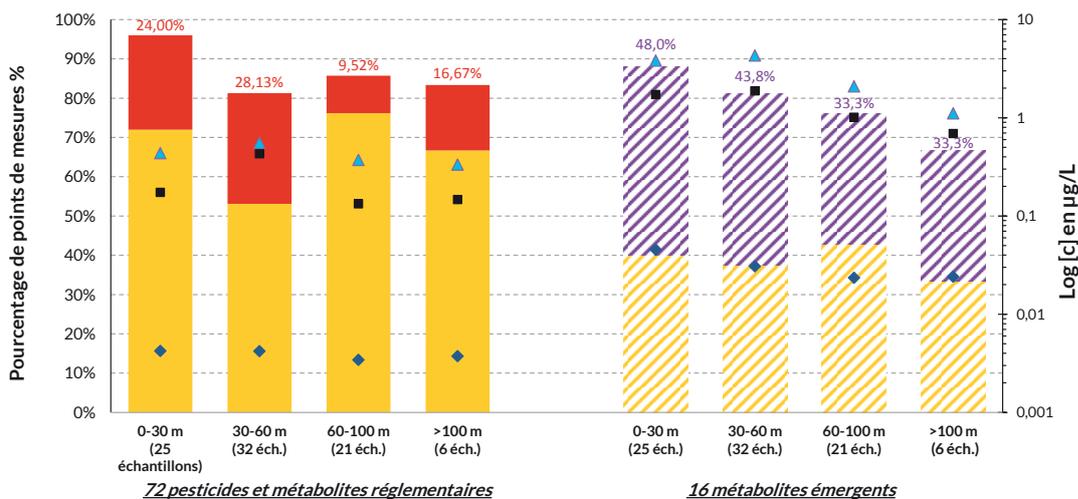
### Etat des lieux de la contamination par les pesticides en fonction de la profondeur

Le graphique 2 représente par tranches de profondeur, les fréquences de quantification et les fréquences de dépassement des limites de qualité/valeurs seuils pour les 2 listes énoncées.

**Graphique 2 :**  
fréquences de quantification  
et fréquences de dépassement  
des valeurs seuils prises  
en compte par tranches de  
profondeur.

72 pesticides et métabolites réglementaires / 16 métabolites de pesticides émergents.

(84 échantillons)



- Fréquence de dépassement de la limite de qualité pour une substance (0,1µg/L) ou pour la somme des substances (0,5 µg/L)
- Fréquence de quantification
- ▨ Fréquences de quantification et de dépassement (valeur de 0,1µg/L et pour une substance) pour les «métabolites émergents»
- Concentration maximale (µg/L)
- ◆ Concentration moyenne (µg/L) avec LQ/2
- ▲ Somme des concentrations la plus élevée de tout les échantillons (µg/L)

### • Liste des 72 pesticides et métabolites de pesticides réglementaires (cf. graphique 2)

Quelle que soit la profondeur, la nappe phréatique d'Alsace est impactée par la présence de pesticides avec des fréquences de quantification élevées et situées entre 81 et 96%.

Des dépassements de limite de qualité (par substance ou en somme) sont observés à toutes les profondeurs, y compris au-delà de 60 m.

Comparées aux tranches inférieures à 60 m, les tranches les plus profondes (de 60-100 m et >100m) affichent tout de même les fréquences de dépassements des limites de qualité les plus faibles (environ 9,5 et 16,5 %). Néanmoins, ces taux restent élevés. Les forts taux de dépassements de 24% et de 28,1% observés entre 0 et 60 m de profondeur rejoignent le rang des résultats obtenus lors de la campagne de mesures 2016 sur les couches superficielles.

Concernant les substances les plus quantifiées (au-delà de 60 m de profondeur), les observations suivent deux approches :

#### • Les substances issues de pollutions agricoles diffuses :

dans ce premier cas, les substances qui ont pu migrer en profondeur sont vraisemblablement l'atrazine, l'atrazine déséthyl (DEA), la déisopropyl déséthyl atrazine (DEDIA), la bentazone, le metalaxyl, l'énacile, bromacil et florasulam.

Hormis le metalaxyl, ce sont tous des herbicides de grandes cultures (ex : maïs, blé, betterave). Seuls la bentazone et le florasulam sont encore autorisés. Les dépassements de limites de qualité sont globalement peu fréquents et sont liés aux triazines ;

#### • Les substances issues de pollution ponctuelles industrielles :

dans ce cas, figurent le lénacile et le bromacil dont la présence est liée à l'accident industriel de l'entreprise Dupont de Nemours à Cernay. Pour toutes les profondeurs, les dépassements de limites de qualité sont majoritairement imputables au lénacile et au bromacil, et par conséquent attribués au secteur Sud Alsace.

● **Liste des 16 métabolites de pesticides émergents** (cf. graphique 2)

L'analyse des fréquences de quantification et de dépassement de la valeur arbitraire de 0,1 µg/L pour les métabolites émergents permet de bien mettre en évidence une contamination des couches profondes de l'aquifère.

**Les taux de quantification varient de 88% (0-30m) à 67% (>100m), signifiant une présence forte sur toute la colonne d'eau de la nappe phréatique.**

Comme le soulignait le premier volet de l'étude ERMES-Alsace 2016 publiée en 2017 sur les pesticides, les niveaux de concentrations mesurés sont également élevés puisque entre 48 et 33% des points de mesures présentent des teneurs supérieures à 0,1 µg/L pour au moins une substance.

A profondeur comparable pour ces 16 métabolites, les concentrations maximales, les concentrations moyennes et les sommes maximales de concentrations sont toutes plus élevées que pour les 72 pesticides et métabolites réglementaires.

Les métabolites d'herbicides sont les substances les plus quantifiées des couches profondes (>60 m).

**Les métabolites les plus occurrents sont les métolachlore ESA, métolachlore OXA et alachlore ESA.**

D'autres métabolites sont également significativement retrouvés (taux de quantification entre 10 et 20%) : métolachlore NOA, acétochlore ESA, diméthénamide ESA, alchlore OXA.

● **Diversité des substances retrouvées tous pesticides et métabolites confondus**

La diversité des molécules quantifiées diminue avec la profondeur en passant de 20 substances (de 0 à 30 m) à 12 substances (après 100 m) pour les 72 pesticides et métabolites réglementaires. Le même constat est partagé pour les métabolites émergents : 13 substances identifiées entre 0 et 30 m et seulement 6 au-delà de 100 m.

D'une manière générale, les métabolites, qu'il soit émergents ou non, sont plus représentés que les substances actives à toutes profondeurs.

Fait remarquable, les substances les plus retrouvées sont quasiment toujours les mêmes : atrazine, atrazine déséthyl, métolachlore ESA et OXA, alachlore ESA et bentazone.

▲ **Dépassements relatifs des valeurs seuils «eau potable» par tranche de profondeur pour toutes les substances analysées.**

Le graphique 3 résume, par tranche de profondeur, à quelles substances ou familles de substances sont proportionnellement attribués les dépassements de valeurs seuils.

La méthodologie appliquée est identique à celle présentée dans le rapport ERMES-Alsace de 2019 sur les micropolluants (chapitre « Qualité globale de la ressource au regard des critères de potabilité »)

Cette analyse ne tient pas compte :

- des 16 métabolites de pesticides émergents pour lesquels les seuils à prendre en compte ne sont pas définitifs pour toutes les substances ;
- de 3 métaux pouvant naturellement être présents dans les eaux souterraines et n'étant cadrés que par des limites de référence pour l'eau potable: fer, manganèse et zinc ;
- de la température de l'eau, du pH, de la conductivité et du carbone organique.

Au total, 116 substances ou sommes de substances sont considérées.

Les sulfates, chlorures et sodium (classes orange/jaune) constituent la première cause de dépassement des valeurs seuils considérées (soit ici des limites de référence pour l'eau potable). La présence importante de ces éléments naturels est à relier au fait que près de la moitié des 33 sites de mesures sont situés au droit du panache de pollution saline des mines de potasses.

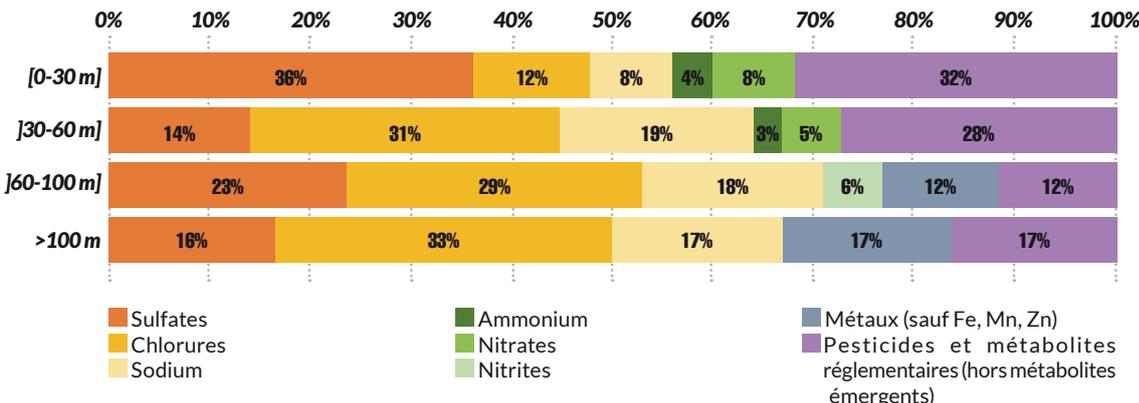
En dehors des 3 éléments chimiques sulfate, chlorure et sodium peu problématiques d'un point de vue sanitaire,

**les pesticides (dont leurs métabolites) sont les substances contribuant le plus aux dépassements des valeurs seuils.**

La pollution azotée (classes vertes) est proportionnellement peu contributrice et s'atténue avec la profondeur.

A noter que les COHV et HAP pris en compte dans cet exercice ne présentent aucun dépassement de leurs valeurs seuils.

**Graphique 3 :**  
répartition des fréquences de dépassement relatives aux limites de qualité et de référence (hors température, conductivité, pH, carbone organique, sulfates, fer, manganèse, zinc et métabolites de pesticides émergents)  
116 substances possédant une valeur seuil pour l'eau potable  
(84 échantillons)



## ▲ Synthèse

L'objectif principal de cette analyse était de vérifier si les pollutions connues de surface (nitrates et pesticides en particulier) migraient en profondeur, à l'endroit où la ressource est notamment exploitée ou exploitable pour la production d'eau potable.

Les nitrates ne semblent pas représenter une menace importante en terme de migration verticale bien que certaines des concentrations relevées en profondeur témoignent bien d'un impact anthropique (environ 15% des échantillons > 25 mg/l à plus de 60 m).

En revanche, pour les pesticides, les résultats soulignent que ceux-ci ont bien atteints les couches profondes en particulier certaines triazines et leurs métabolites (atrazine, DEA, DEDIA) ou encore les métabolites du S-métolachlore. Ces substances sont imputables à un usage agricole en tant qu'herbicides pour grandes cultures.

Les couches profondes de la nappe ne sont plus vierges de polluants. Les pesticides et leurs métabolites, qu'ils soient émergents ou non, sont pour certains d'entre eux retrouvés à des niveaux de quantification et à des teneurs relativement élevés.

Il n'est pas à exclure que d'autres micropolluants, par exemple les composés perfluorés analysés dans le cadre de la campagne de mesure ERMES en 2016 mais non recherchés lors de cette campagne sur les piézomètres profonds en 2017 pourraient également être présents au sein des couches profondes de la nappe phréatique d'Alsace.



**APRONA**  
Site du Biopôle  
28, rue de Herrlisheim  
68021 COLMAR  
+33 (0)3 67 82 00 50  
contact@aprona.net  
[www.aprona.net](http://www.aprona.net)



*Partenaires techniques et financiers :*

