

Surveillance de la qualité des eaux souterraines



**MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET DE LA COHÉSION
DES TERRITOIRES**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Rédacteurs

QUIOT Fabrice - INERIS

GUERIN Valérie - BRGM

BOISSARD Geoffrey - BRGM

Historique des versions du document

Version	Date	Auteurs	Commentaires
1	2018	BRGM INERIS Ministère en charge de l'écologie	
2	2019	BRGM INERIS Ministère en charge de l'écologie	
3	2022	BRGM INERIS Ministère en charge de l'écologie	Mise à jour au regard des évolutions réglementaires et techniques depuis les premières versions du guide

SOMMAIRE

1.	Contexte et objectifs	6
2.	Notions de base pour la surveillance des eaux souterraines	9
2.1	Définitions	9
2.2	Illustrations	12
2.3	Comment une pollution de surface peut-elle impacter les eaux souterraines et migrer au sein de ce milieu ?	14
3.	Mise en place et réalisation d'une surveillance des eaux souterraines	16
3.1	Quelle peut être la durée d'une surveillance des eaux souterraines ?	16
3.2	Quels sont les éléments à considérer en premier lieu pour définir une surveillance ?	17
3.3	Comment orienter le choix du nombre et du lieu d'implantation des points d'accès à l'eau souterraine ?	19
3.4	Comment orienter le choix des caractéristiques des points de surveillance ?	25
3.5	Comment choisir les substances/paramètres à suivre ?	29
3.6	Comment choisir la fréquence ?	30
3.7	Comment s'assurer de la représentativité de l'échantillonnage ?	33
3.8	Comment qualifier un impact ?	34
4.	Du rapport de surveillance au bilan quadriennal	36
4.1	Situation 1 : situation « normale »	36
4.2	Situation 2 : situation « anormale » expliquée suite à vérification	37
4.3	Situation 3 : situation « anormale » expliquée suite à une étude complémentaire	39
4.4	Situation 4 : situation « anormale » expliquée suite à des diagnostics	40
5.	Proposition de trame de rapport pour une campagne de surveillance des eaux souterraines	41
6.	Fiche pratique 1 - Rapport de surveillance	43
6.1	Contexte de gestion	43
6.2	Références documentaires et référentiels méthodologiques	48
6.3	Présentation de la campagne menée	49
6.4	Interprétation des résultats	53
6.5	Recommandations et perspectives	57
7.	Proposition de trame pour un bilan quadriennal de la surveillance des eaux souterraines	59
8.	Fiche Pratique 2 - Bilan quadriennal	62
8.1	Contexte de gestion	62
8.2	Références documentaires et référentiels méthodologiques	62
8.3	Surveillance des eaux souterraines (mises à jour)	62
8.3.1	Rappels sur le contexte naturel et les source(s) de pollution	63
8.3.2	Mise à jour du contexte du site	63
8.3.3	Synthèse chronologique des événements survenus depuis la mise en place de la surveillance	64
8.3.4	Situation actuelle	65
8.3.5	Schéma conceptuel	67
8.4	Bilan quadriennal de la surveillance des eaux souterraines	68

8.4.1	Évaluation qualitative	71
8.4.2	Évaluation quantitative	71
8.5	Recommandations et perspectives	72

Tableaux

Tableau 1	: Contextes de gestion d'une ICPE et durée d'une surveillance du milieu eau souterraine	16
Tableau 2	: Proposition d'un nombre minimal d'ouvrages à considérer selon différents contextes (sur site et hors site, afin de définir l'extension du panache en cas de pollution ; ouvrage en vert en amont hydraulique, ouvrage en rose en aval et boussole donnant sens d'écoulement)	20
Tableau 3	: Check-list pour les rapports de surveillance	42
Tableau 4	: Description des ouvrages du réseau de surveillance d'une nappe alluviale surmontant une nappe dans des calcaires	47
Tableau 5	: Description du plan d'échantillonnage sur les différents ouvrages du réseau	50
Tableau 6	: Résultats des analyses chimiques et mesures sur site avec critères de gestion associés (quelques substances et pH ici en exemple)	52
Tableau 7	: Check-list pour les bilans quadriennaux	61
Tableau 8	: Tableau reprenant les évolutions de la surveillance (les modifications survenues)	64

Figures

Figure 1	: Contextes de gestion d'une ICPE et surveillance du milieu eau souterraine	6
Figure 2	: Aquifère et nappe	12
Figure 3	: Aquifère à nappe libre	13
Figure 4	: Aquifère à nappe captive (seconde nappe depuis la surface du sol, indiquée par la flèche)	13
Figure 5	: Aquifère à nappe perchée (première nappe depuis la surface du sol, indiquée par la flèche)	13
Figure 6	: Ouvrage de surveillance	13
Figure 7	: Milieu poreux	14
Figure 8	: Milieu fracturé	14
Figure 9	: Milieu karstique	14
Figure 10	: Pollution d'une nappe – cas d'une pollution liée à une ou plusieurs substances solubles (panache violet présent sur les 2/3 de la nappe) pour une source située en amont	15
Figure 11	: Effet du gradient hydraulique et des hétérogénéités sur la propagation d'une pollution dans un aquifère alluvial (milieu poreux)	21
Figure 12	: Évolution d'un panache au cours du temps et du réseau de surveillance associé suite à l'appauvrissement de la source (évolution du réseau entre phases 2 et 3 après sa mise en place à l'issue de la phase 1)	23
Figure 13	: Abandon et comblement	24
Figure 14	: Profondeurs à envisager selon les polluants en présence – cas d'un aquifère homogène – pour une source située en amont	26
Figure 15	: Technique de forage (double cimentation) destinée à éviter la contamination croisée d'une nappe « profonde »	27
Figure 16	: Différents types d'ouvrages pouvant être mis en place pour une surveillance des eaux souterraines (crépine unique à gauche et « flute de pan » à droite)	28
Figure 17	: Démarche pour établir la fréquence de surveillance en amont d'un enjeu	32
Figure 18	: Du rapport de surveillance au bilan quadriennal : situation normale	37
Figure 19	: Du rapport de surveillance au bilan quadriennal : situation anormale expliquée suite à vérification (cas des années 1 à 3)	38
Figure 20	: Du rapport de surveillance au bilan quadriennal : situation anormale expliquée suite à vérification (cas de l'année 4, dernière année d'un bilan quadriennal)	38
Figure 21	: Du rapport de surveillance au bilan quadriennal : situation anormale expliquée suite à une étude complémentaire	39
Figure 22	: Du rapport de surveillance au bilan quadriennal : situation anormale expliquée suite à des	

diagnostics	40
Figure 23 : Plan d’implantation du réseau de surveillance	44
Figure 24 : Schéma conceptuel hydrodynamique et réseau de surveillance (cas d’une surveillance préventive, en l’absence de pollution du milieu eau souterraine, la flèche indique le sens d’écoulement)	45
Figure 25 : Point de mesure de la piézométrie pour les différents ouvrages du réseau de surveillance (repère altimétrique, recommandé en m NGF en France métropolitaine).....	48
Figure 26 : Évolution conjointe de la concentration (PzA à PzD) et de la piézométrie sur l’un des ouvrages représentatif (ici PzA).....	54
Figure 27 : Carte piézométrique actualisée - campagne N (avec isopièzes et sens d’écoulement de la nappe).....	55
Figure 28 : Réseau de surveillance et localisation d’un ouvrage dit sentinelle (entre la source de pollution et un enjeu)	58
Figure 29 : Surveillance actuelle des eaux souterraines (sens d’écoulement en basses eaux donné par la flèche).....	65
Figure 30 : Illustration reprenant les caractéristiques des ouvrages intégrés au réseau de surveillance	67
Figure 31 : Évolution des concentrations observées sur l’aquifère XX entre 2004 et 2008 pour la substance X biodégradable.....	69
Figure 32 : Évolution conjointe de la concentration observée en différents points dans l’aquifère XX entre 2004 et 2008 pour la substance X et de la piézométrie sur le site reportée pour le Pz2....	70

Annexe

Annexe 1 : La Directive Cadre sur l’Eau ou DCE	75
--	----

Abréviations

ADES : Accès aux Données sur les Eaux Souterraines
AEP : Alimentation en Eau Potable
AM : Arrêté Ministériel
AN : Atténuation Naturelle
AP : Arrêté Préfectoral
APMG : Arrêté Ministériel de Prescriptions Générales
APC : Arrêté Préfectoral Complémentaire
BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières
BSS : Banque du Sous-Sol
BTEX : Benzène ; Toluène ; Éthylbenzène ; Xylènes (ortho, méta et para)
BQ : Bilan Quadriennal
COHV : Composés Organiques Halogénés Volatils
CPIS : Conception de Programme d’Investigations ou de Surveillance
CV : Chlorure de Vinyle
DCE : Directive Cadre sur l’Eau
DNAPL : Dense, Non-Aqueous Phase Liquid
DREAL : Direction Régionale de l’Environnement, de l’Aménagement et du Logement
DRIEAT : Direction Régionale et Interdépartementale de l’Environnement, de l’Aménagement et des Transports
EQRS : Évaluation Quantitative du Risque Sanitaire
ETM : Éléments Traces Métalliques

GIDAF : Gestion Informatisée des Données d'Autosurveillance Fréquente
HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
ICPE : Installations Classées pour la Protection de l'Environnement
IOTA : Installations, Ouvrages, Travaux et Activités
IEM : Interprétation de l'État des Milieux
Ineris : Institut National de l'Environnement industriel et des RISques
ISDND : Installation de Stockage de Déchets non Dangereux
LNAPL : Light, Non-Aqueous Phase Liquid
LQ : Limite de Quantification
MTECT : Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires
NQE : Norme de Qualité Environnementale
PCE : Perchloroéthylène (ou tétrachloroéthylène)
PG : Plan de Gestion
SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SANDRE : Service d'Administration Nationale des Données et Référentiels sur l'Eau
SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SIGES : Système d'Information pour la Gestion des Eaux Souterraines
SUIVI : Prestation élémentaire correspondant à la surveillance environnementale
VS : Valeur Seuil

1. Contexte et objectifs

L'autorisation environnementale, applicable à compter du 1^{er} mars 2017, regroupe désormais les différentes procédures et décisions environnementales requises, notamment pour les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et les installations, ouvrages, travaux et activités (IOTA) soumises au régime de l'autorisation. Ce dispositif s'inscrit dans le processus de simplification administrative et de modernisation du droit de l'environnement. Il confirme la volonté de traiter de façon cohérente tous les aspects de la protection de l'environnement.

Les installations soumises à cette procédure doivent, en ce qui concerne le milieu « eau », respecter les principes de [la directive cadre sur l'eau \(DCE\)](#) du 23 octobre 2000, qui reflète la politique communautaire globale dans ce domaine. Elle définit un cadre pour la gestion et la protection des eaux par grand bassin hydrographique au plan européen avec une perspective de développement durable. Ainsi, comme précisé dans son 1^{er} article considérant, « L'eau n'est pas un bien marchand comme les autres mais un patrimoine qu'il faut protéger, défendre et traiter comme tel ».

L'un des éléments importants de cette politique est le maintien de la qualité des eaux souterraines, d'où la nécessité de les surveiller. Outre son intérêt en tant que ressource, ce milieu s'avère aussi être un vecteur de pollution « invisible » depuis la surface du sol. Le présent guide décrit les mesures à prendre pour assurer cette surveillance tout au long de la vie d'une ICPE. Il concerne donc à la fois la surveillance réalisée dans le cadre de l'exploitation « normale » de l'ICPE, la surveillance résultant de diagnostics de pollution des eaux souterraines faisant suite par exemple au traitement de pollutions accidentelles ou chroniques, et enfin la surveillance résultant d'une cessation d'activité.



Figure 1 : Contextes de gestion d'une ICPE et surveillance du milieu eau souterraine

Dans le cas des ICPE, une surveillance du milieu eau souterraine peut ainsi être prescrite dans différentes situations. Les objectifs de la caractérisation et du contrôle de ce milieu peuvent être, selon le contexte de gestion :

- De définir un état initial ;
- De surveiller l'absence d'impact ;
- De mettre en évidence un éventuel impact et de suivre son évolution ;
- De dimensionner une ou plusieurs mesures de gestion adaptées et proportionnées ;
- D'évaluer l'efficacité et la pérennité de ces mesures.

Pour une ICPE soumise à évaluation environnementale avant le début de son activité (cas 1, **Figure 1**) :

Le projet doit disposer d'une étude d'impact et d'un état des lieux de la qualité des eaux souterraines (article R. 122-2 du code de l'environnement). À noter que la Directive européenne relative aux émissions industrielles, dite IED (Industrial Emissions Directive), impose également aux installations concernées la rédaction d'un rapport de base intégrant notamment un volet dédié aux eaux souterraines (article L. 515-30 du code de l'environnement).

Pour une ICPE en activité (cas 2 et 3, **Figure 1**) :

L'arrêté ministériel de prescriptions générales (AMPG) du 2 février 1998 modifié indique les installations concernées par une surveillance des eaux souterraines et distingue le cas d'une surveillance préventive (article 65) de celui d'une surveillance menée en contexte de pollution (article 65bis).

Pour une ICPE en cessation d'activité (cas 4, **Figure 1**) :

La procédure de cessation d'activité doit conduire à vérifier l'absence d'impact de l'activité sur les milieux et notamment les eaux souterraines. La Loi n°2020-1525 du 7 décembre 2020 d'accélération et de simplification de l'action publique (dite loi « ASAP ») mentionne à son article 57 la protection des intérêts relatifs à la ressource en eau (article L. 211-1 du code de l'environnement) pour les cessations d'activité des ICPE soumises à autorisation et enregistrement.

Quel que soit le contexte, le réseau de surveillance mis en place apporte deux types d'informations :

- des informations sur la vitesse, la(es) direction(s) et le(s) sens d'écoulement (via la mesure des niveaux d'eau souterraine ou niveaux piézométriques) ;
- des informations sur la qualité du milieu (via la détermination de concentrations suite à l'échantillonnage).

À noter que les substances analysées doivent tenir compte des activités passées et présentes du site, et être échantillonnées suivant un protocole stable, afin d'assurer la représentativité des mesures, et permettre la comparaison des résultats.

Lorsque des mesures de gestion ont été mises en œuvre, l'état des lieux « statique » délivré par le « schéma conceptuel », complété le cas échéant par les résultats de la surveillance en place, permet de construire un modèle de fonctionnement du site. Ce dernier donne une vision dynamique de l'efficacité de la gestion mise en place.

L'échantillonnage et les analyses sont placés sous la responsabilité, selon le cas, du pétitionnaire, de l'exploitant ou encore du maître d'ouvrage. Il veille à la bonne application des modalités de surveillance, prévues par la réglementation nationale, et atteste auprès des autorités compétentes de la régularité des résultats obtenus. Le cas échéant, le dépassement des valeurs admissibles et, de manière plus générale, toute évolution anormale/atypique des paramètres suivis (substances, paramètres physico-chimiques, niveaux piézométriques) doit être renseignée dans les rapports de surveillance destinés à interpréter les résultats de la surveillance. Des propositions d'actions doivent accompagner ces constats (cf. fiches pratiques aux chapitres 6 et 8).

S'il est fait appel à un prestataire pour établir les rapports de surveillance, ce dernier doit se conformer aux exigences de la surveillance, conseiller et alerter en tant que de besoin le donneur d'ordre, mais il n'endosse aucune responsabilité pour le compte de son client sur les suites qui pourraient être données.

Lorsqu'une surveillance environnementale est en place, il est recommandé de réaliser un bilan de cette surveillance, par exemple, tous les quatre ans. Il ne s'agit en aucune manière de modifier la fréquence de la

surveillance déjà en place pour la ramener à une fréquence quadriennale, mais bien d'analyser et d'exploiter régulièrement les résultats de la surveillance environnementale lorsqu'elle est requise et en place, pour l'adapter aux évolutions constatées.

Par ailleurs, ce bilan quadriennal ne dispense en aucun cas d'un examen des résultats obtenus lors de chaque campagne de surveillance, ni de prendre les mesures appropriées en cas de constats d'anomalies.

La réalisation des rapports de surveillance et des bilans quadriennaux est encadrée par la norme NF X31-620-2. Cette norme fixe les exigences attendues au travers des prestations globales respectives suivantes : SUIVI (surveillance environnementale) et BQ (bilan quadriennal).

Les modalités d'allègement ou d'arrêt de la surveillance s'appuient sur un examen critique du bilan quadriennal en faisant le lien avec les éventuelles mesures de gestion qui ont été mises en œuvre. À l'occasion de ce bilan, de nouvelles actions peuvent être envisagées au regard de l'évolution de la situation et de l'évolution des connaissances :

- arrêt ou poursuite de la surveillance ;
- renforcement ou allègement de la surveillance (réseau, substance / paramètre, etc.) ;
- mesures de gestion complémentaires.

Les modalités d'examen par l'administration des demandes d'évolution et d'arrêt de la surveillance sont détaillées dans un guide « Evolution et arrêt de la surveillance des eaux souterraines » dans sa version en vigueur.

Dans le cas des ICPE, ces nouvelles prescriptions sont prises en compte par la révision ou l'abrogation de l'arrêté préfectoral de surveillance.

Le présent guide est le résultat des réflexions menées en groupe de travail (MTECT, DREAL, BRGM et Ineris) puis d'une consultation des DREAL/DRIEAT et de quelques industriels et bureaux d'étude du domaine de la gestion des sites et sols pollués. Il fait suite au constat que la qualité des rapports de surveillance et de bilans quadriennaux reçus par l'inspection des installations classées (DREAL ou DRIEAT) s'avère aujourd'hui inégale. La volonté du Ministère en charge de l'environnement est donc de mettre à disposition des modèles de rapports (rapport de surveillance/bilan quadriennal) définissant le contenu attendu. Ce guide a été établi avec l'état des connaissances actuelles, il pourra être amené à évoluer en fonction de connaissances nouvelles ou de retours d'expériences sur son utilisation.

Un rappel des éléments structurants de la réglementation, que ce guide explicite, se trouve en annexe.

Les recommandations du présent guide sont applicables pour toutes les ICPE. À noter néanmoins quelques spécificités pour les installations de stockage de déchets (notamment ISDND) qui sont détaillées dans le guide MTECT « Surveillance des eaux souterraines appliquée aux installations de stockages de déchets » dans sa version en vigueur, venant compléter celui-ci.

Des conseils pour la surveillance des eaux souterraines dans le cadre de la fin de suivi des ISDND sont également disponibles dans le guide Ineris (réf. Ineris-21-200359-2443842-v1.0, du 29 mars 2021) intitulé « Guide de recommandations pour l'évaluation de l'acceptabilité d'une sortie de suivi de post-exploitation des installations de stockage de déchets non dangereux ».

2. Notions de base pour la surveillance des eaux souterraines

Les éléments repris dans ce chapitre ont vocation à donner des définitions ainsi qu'à préciser les typologies d'aquifères considérés et à illustrer la vulnérabilité des nappes aux pollutions.

2.1 Définitions

Sont reprises ci-après quelques définitions amendées issues de normes existantes, à savoir : la norme internationale sur les termes employés dans certains domaines de la caractérisation de la qualité de l'eau, FD ISO 6107-2 ainsi que les normes françaises en lien avec la surveillance du milieu eau souterraine, en particulier dans le domaine des ICPE et des sites pollués, NF X31-614 et NF X31-615.

Aquifère (voir figure 2)

Corps (couche, massif) de roches perméables comportant une zone saturée - ensemble du milieu solide et de l'eau contenue - suffisamment conducteur d'eau souterraine pour permettre son écoulement et son captage en quantité appréciable. Un aquifère comporte une zone saturée en eau et peut comporter une zone non saturée en eau (zone du sous-sol comprise entre le toit de la formation et la surface de la zone saturée pour une nappe libre).

Note : sa limite supérieure est appelée « toit de l'aquifère » et sa base est appelée « mur de l'aquifère ».

Coupe technique & lithologique

Ensemble des informations : méthode de foration, équipement, observations dont les terrains traversés. Le terme de log de sondage est également employé pour ce qui concerne la coupe lithologique (terrains traversés).

Crépine

Tubage dont la paroi est percée d'ouvertures de formes diverses disposées régulièrement, à travers lesquelles l'eau de l'aquifère pénètre dans le forage.

Échantillon

Partie, idéalement représentative, prélevée dans une masse d'eau définie, de façon intermittente ou continue, afin d'en examiner diverses caractéristiques définies. L'échantillon peut correspondre en pratique, selon les analyses à réaliser, à un ou à plusieurs flacons conditionnés selon des modalités spécifiques.

Échantillonnage

Action qui consiste à prélever une partie, considérée comme représentative, d'une masse d'eau en vue de l'examen de diverses caractéristiques définies.

Équipement

Ensemble des tubages pleins ou crépinés, massifs filtrants, étanchéité, cimentation et protection en tête.

Forage (de contrôle, de surveillance) (voir figure 6)

Trou nu et son équipement, réalisé spécifiquement pour la surveillance des eaux souterraines. Dans certains contextes un forage en trou nu peut être retenu. Le terme de piézomètre est souvent employé.

Limite de quantification

Valeur ou signal de sortie calculé à partir de la limite de détection, par exemple deux ou trois fois la limite de détection à une concentration de l'élément à déterminer qui puisse raisonnablement être établie avec un niveau acceptable de justesse et de fidélité.

Note : la limite de quantification peut être obtenue à l'aide d'un échantillon ou d'un étalon approprié comme étant le plus petit point d'étalonnage sur la courbe d'étalonnage (à l'exclusion du blanc).

Nappe (voir figure 2)

Ensemble de l'eau présente dans la zone saturée d'un aquifère, dont toutes les parties sont en liaison hydraulique.

Nappe captive (voir figure 4)

Nappe ou partie d'une nappe soumise en tous points à une pression supérieure à la pression atmosphérique, et dont la surface piézométrique est supérieure à la cote du toit de l'aquifère qui la contient.

Nappe d'eau perchée (voir figure 5)

Masse isolée d'eau souterraine limitée latéralement et verticalement, localisée dans la zone non saturée recouvrant une masse d'eau souterraine beaucoup plus importante.

Nappe libre (voir figure 3)

Nappe dont la surface piézométrique est à la pression atmosphérique (surface libre). Le niveau de cette nappe peut fluctuer dans la zone de battement qui, suivant la période, peut être saturée ou non saturée.

Nappe superficielle ou nappe phréatique

Première nappe rencontrée. Il s'agit d'une nappe généralement libre dont la surface est proche du sol et dont l'alimentation et la qualité de l'eau sont dépendantes des activités de surface.

Ouvrage

Nom générique regroupant les puits, forages de contrôle/surveillance ou piézomètres.

Perméabilité (coefficient de Darcy, conductivité hydraulique)

Propriété d'un corps, d'un milieu solide – notamment un sol, une roche – à se laisser pénétrer et traverser par un fluide, notamment l'eau, sous l'effet d'un gradient de potentiel. Paramètre exprimant quantitativement cette propriété, relativement aux caractéristiques du fluide, notamment l'eau : flux pouvant passer à travers une section unitaire du milieu considéré, sous l'effet d'une unité de gradient de charge hydraulique, dans des conditions déterminées de pression et de température (grandeur homogène assimilée à une vitesse, notée K). Elle s'exprime en $[V]/[T]$.

Prélèvement

Extraction d'un volume d'eau représentatif.

Piézomètre (voir figure 6)

Ouvrage servant à mesurer la hauteur piézométrique (côte altimétrique de la surface de l'eau) et éventuellement la qualité des eaux si son équipement est adapté.

Puits

Ouvrage permettant d'exploiter les eaux souterraines. Il peut également jouer le rôle de piézomètre, son utilisation pour la surveillance chimique n'est pas toujours adaptée.

Solvants légers de la phase organique LNAPL

Composés organiques ayant une faible solubilité dans l'eau et une masse volumique inférieure à celle de l'eau, les produits pétroliers par exemple.

Solvants denses de la phase organique DNAPL

Composés organiques ayant une faible solubilité dans l'eau et une masse volumique supérieure à celle de l'eau, par exemple les hydrocarbures chlorés tels que le trichloroéthane.

Zone saturée

Partie d'une zone aquifère dans laquelle l'espace poral est entièrement rempli de liquide au moment considéré.

Zone non saturée en eau – zone vadose

Partie d'une zone aquifère dans laquelle les espaces poreux de la formation ne sont pas totalement remplis d'eau ; reliée à l'atmosphère et ventilée de façon continue ou régulière.

2.2 Illustrations

Les figures qui suivent illustrent certains termes définis ci-avant et illustrent les différentes typologies d'aquifères pouvant être rencontrées.

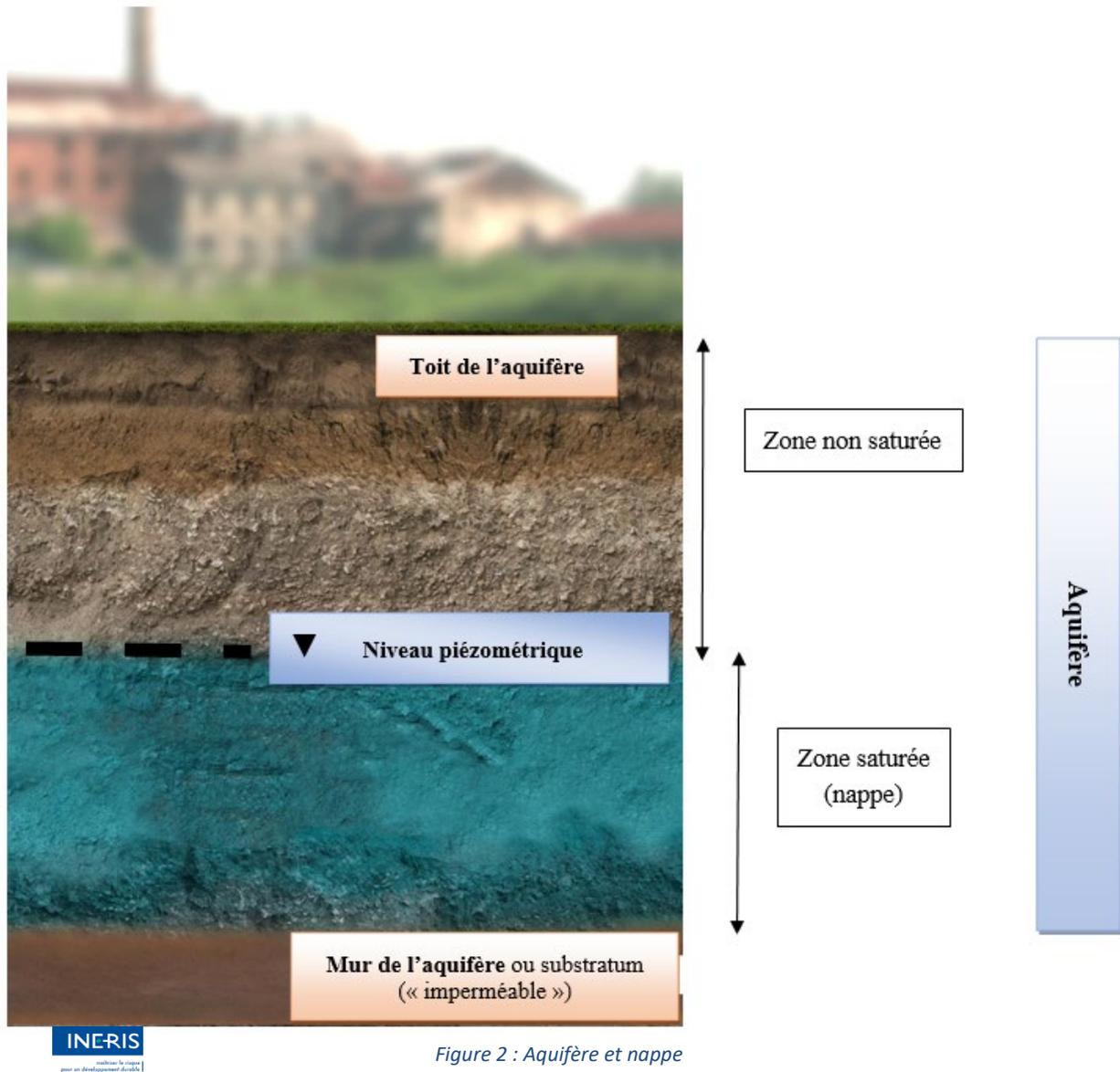


Figure 2 : Aquifère et nappe

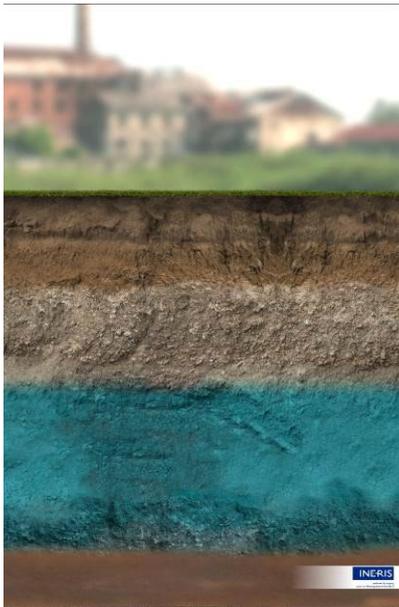


Figure 3 : Aquifère à nappe libre



Figure 4 : Aquifère à nappe captive (seconde nappe depuis la surface du sol, indiquée par la flèche)

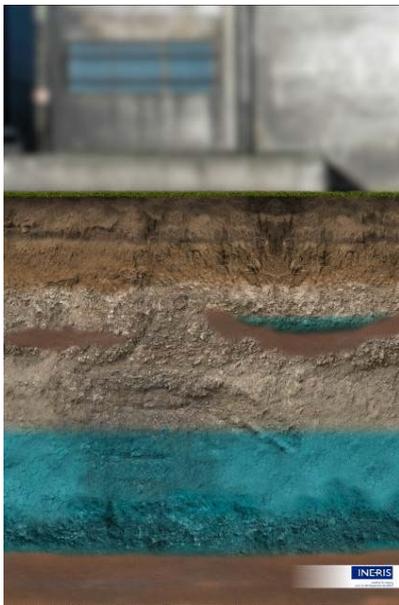


Figure 5 : Aquifère à nappe perchée (première nappe depuis la surface du sol, indiquée par la flèche)

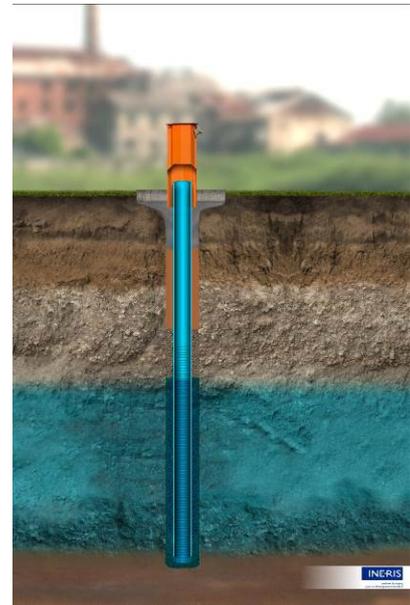


Figure 6 : Ouvrage de surveillance

Les cas illustrés ici (**Figure 3 à Figure 5**) sont des cas simples. Dans la nature, des cas plus complexes existent :

- Un aquifère peut être multicouche (cas des bassins sédimentaires) ;
- Une ou plusieurs couches semi-perméables peuvent favoriser le transfert entre deux niveaux au sein d'un aquifère multicouche ;
- L'eau peut circuler dans des fractures (milieu fracturé) ou des conduits et cavités (milieu karstique) comme indiqué au 2.3.

2.3 Comment une pollution de surface peut-elle impacter les eaux souterraines et migrer au sein de ce milieu ?

Selon le contexte naturel, l'eau souterraine migre à travers des pores, des conduits, ou des fractures du sol. Sont illustrés ci-dessous ces trois types de milieux : le milieu poreux (**Figure 7**), le milieu fracturé (**Figure 8**) et le milieu karstique (**Figure 9**).

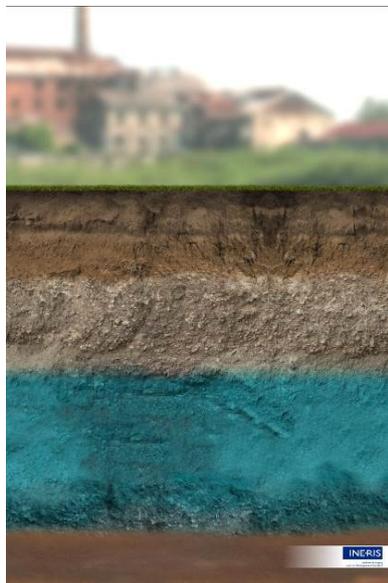


Figure 7 : Milieu poreux



Figure 8 : Milieu fracturé



Figure 9 : Milieu karstic

L'eau s'infiltré depuis la surface du sol et une partie finit par atteindre la zone saturée de l'aquifère (nappe superficielle) ; c'est le mécanisme de recharge de la nappe. En fonction du contexte, cette eau pourra par la suite migrer horizontalement ou verticalement (en présence de fractures, de conduits et cavités karstiques, le temps de transfert est très rapide).

De la même manière, une pollution provenant de la surface du sol, d'une canalisation ou d'une cuve enterrée, parvient jusqu'à la nappe superficielle sous forme pure (huileuse par exemple), sous forme dissoute voire sous forme particulaire (certains polluants pouvant être retenus sur les particules du fait du mécanisme de sorption pour les HAP ou d'échange cationique pour les ETM).

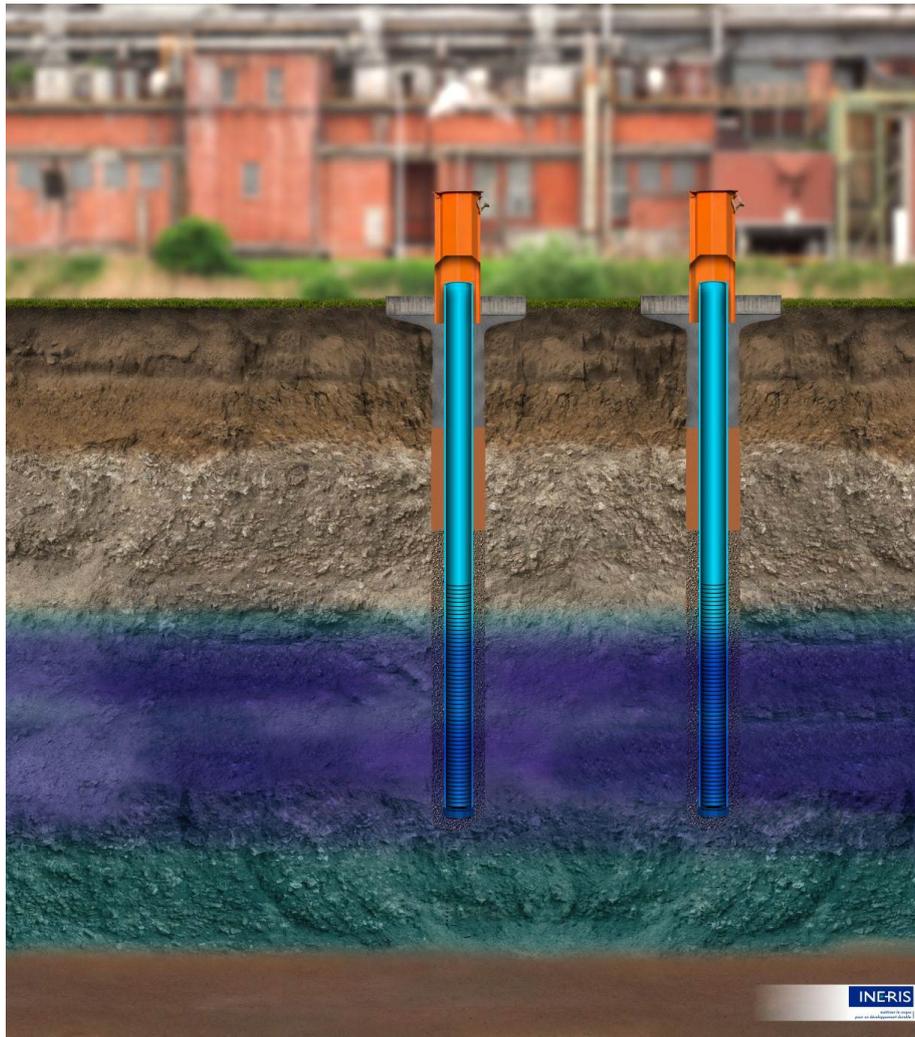


Figure 10 : Pollution d'une nappe – cas d'une pollution liée à une ou plusieurs substances solubles (panache violet présent sur les 2/3 de la nappe) pour une source située en amont

3. Mise en place et réalisation d'une surveillance des eaux souterraines

Plus le constat d'une dégradation du milieu eau souterraine est tardif, plus il est difficile et coûteux d'étudier et de gérer une éventuelle pollution. Or, la surveillance préventive et l'exploitation régulière des données acquises permettent de constater précocement une dégradation, d'optimiser la surveillance et de la rationaliser. Pour mener à bien cette mission de prévention et de gestion d'une pollution, le suivi doit être correctement dimensionné, réalisé et doit pouvoir évoluer au cours du temps.

Ce chapitre illustre les grandes questions à se poser lorsqu'une surveillance des eaux souterraines doit être menée.

Ce chapitre n'a pas vocation à être exhaustif, des liens vers des normes ou guides techniques existants sont d'ailleurs proposés pour approfondissement. Le parti pris a été d'illustrer les points de faiblesses actuellement rencontrés.

3.1 Quelle peut être la durée d'une surveillance des eaux souterraines ?

La durée d'une surveillance peut aller d'une à quatre campagnes dans le cadre de la définition d'un fond hydrogéochimique ou environnement local témoin (état initial ou rapport de base) à plusieurs campagnes annuelles, selon une fréquence plus ou moins élevée (voir tableau ci-dessous).

Tableau 1 : Contextes de gestion d'une ICPE et durée d'une surveillance du milieu eau souterraine

Contexte de gestion (cf. Figure 1)		Objectif	Durée	
État initial/rapport de base (IED)	Demande concernant une nouvelle activité ICPE (autorisation environnementale)	Réaliser un état des lieux de la qualité des eaux souterraines, des caractéristiques de l'aquifère	Surveillance sur une durée permettant de définir l'amont et l'aval hydraulique, et l'état du milieu en conditions de hautes et basses eaux	Au moins 2 campagnes par an (hautes et basses eaux) sur 2 ans (les campagnes doivent idéalement être poursuivies après une première mesure pendant toute la durée d'instruction de la demande)
Surveillance préventive	Activité ICPE en cours (autosurveillance)	Suivre les effets de l'activité sur les eaux souterraines	Tant que l'ICPE est en activité	
Incident/Accident	Découverte d'une pollution récente	Suivre l'impact sur les eaux souterraines, évaluer l'efficacité d'un traitement en cours	Tant que le critère de gestion n'est pas atteint	De quelques mois à plusieurs années
Cessation d'activité	Arrêt de l'activité ICPE	S'assurer de l'absence d'impact de l'activité sur le milieu eau souterraine	Surveillance sur une durée permettant de constater l'état du milieu en conditions de hautes et basses eaux	De quelques mois à plusieurs années selon les éventuelles données déjà disponibles (liées en particulier à l'autosurveillance) ou le type d'activité

De nombreux sites peuvent avoir une surveillance prescrite à la fin de leur activité, sur une période plus ou moins longue et quel que soit le régime ICPE. À titre d'exemple, les Installations de Stockage de Déchets non Dangereux (ISDND) doivent être suivies pendant *a minima* 25 ans après leur cessation d'activité (arrêté du

15 février 2016 modifié).

En lien avec la durée d'une surveillance, il convient de rappeler qu'au fil du temps un ouvrage se dégrade. En effet, différents phénomènes peuvent altérer le tubage, la crépine ou encore la protection de surface (capot ou margelle). À titre d'exemple, la crépine peut être en partie colmatée par des fines ou l'activité bactérienne, un tubage peut être déformé par des mouvements de terrain. Pour garantir la bonne représentativité d'un point d'accès à l'eau souterraine, il est recommandé d'effectuer des vérifications, plus ou moins régulières comme : la profondeur, le rabattement au cours de la purge (ceci nécessite de disposer d'un état initial de l'ouvrage comportant un essai de débit ou au moins d'avoir archivé le rabattement initial lors de la première purge de l'ouvrage), qui sont des indices de dégradation. Il existe également des caméras permettant de vérifier de visu l'état de l'ouvrage, une inspection caméra est ainsi recommandée tous les 8 ans (2 bilans quadriennaux) notamment en cas d'hydrogéochemie « agressive » (faible ou fort pH, biodégradation en cours, fortes teneurs en Fe, Mn par exemple).



Évolution des pratiques

Une « fiche de vie » par ouvrages permet d'assurer la traçabilité des informations relatives au nivellement et au repère associé, aux modalités d'accès ou d'entretien, ou encore au suivi de la profondeur, et s'il y a lieu, au nom du propriétaire/gestionnaire, etc.

3.2 Quels sont les éléments à considérer en premier lieu pour définir une surveillance ?

Pour rappel, la mise en place de la surveillance des eaux souterraines s'appuie sur une étude hydrogéologique préalable. Cette étude considère généralement différents éléments repris ci-après.

Éléments concourant à la connaissance du contexte naturel :

- La géologie (lithologie, présence de fractures, karstification, etc.) ;
- L'hydrogéologie (nombre et typologie du ou des aquifères, type de nappe : libre, captive, semi-captive ; épaisseur de la zone non saturée ; perméabilité ; variation périodique du niveau piézométrique, de la direction, sens et vitesse d'écoulement des eaux souterraines, etc.) ;
- L'hydrologie (pluviométrie et infiltration efficace, présence d'eau de surface, niveau limnimétrique, relation eau de surface - eau souterraine, etc.) ;
- L'hydrogéochemie (notamment pH et potentiel d'oxydoréduction (E_H), déterminants pour appréhender la mobilité des polluants, en particulier dans le cas des ETM).

Ces éléments sont indispensables pour définir le réseau (position, nombre et profondeur) et évaluer la vulnérabilité intrinsèque de la (des) nappe(s) au droit du site.

Pour aller plus loin



Infoterre (ADES, BSS : le code BSS correspond au code national du dossier de l'ouvrage souterrain au sein de la Banque du Sous-Sol (BSS). Il permet de désigner tout objet ayant trait à la géologie notamment tout point d'eau d'origine souterraine qu'il s'agisse d'un puits, d'une source ou d'un forage).

<http://infoterre.brgm.fr/>.

SIGES (Système d'Information pour la Gestion des Eaux Souterraines).

Ex. Région Centre-Val de Loire : <http://sigescen.brgm.fr/>.

Identification des substances à rechercher

Il est important de connaître la nature, le volume et la localisation des produits utilisés par le passé ou actuellement. Il ne faut pas oublier de considérer les substances éventuellement apparues au fil du temps (métabolites de biodégradation par exemple). Ces données sont nécessaires pour définir les substances/paramètres à considérer. La nature des substances va conditionner leur comportement au sein de l'aquifère (dans le sol et l'eau souterraine). Le comportement est à prendre en compte dans le dimensionnement des ouvrages comme indiqué par la suite (en particulier pour le choix de la profondeur et de la position de la crépine).

L'identification des substances doit pouvoir s'appuyer dans le cadre de la gestion d'un site pollué sur l'étude historique, documentaire et mémorielle (prestation élémentaire A110 de la norme NF X31-620-2).

Pour aller plus loin



La matrice « activités – polluants » actualisée en 2015 par le BRGM est disponible sur le site du ministère en charge de l'environnement : <http://ssp-infoterre.brgm.fr/matrice-activites-polluants>.

Les informations relatives aux effets toxicologiques sont consultables sur le portail Substances chimiques de l'Ineris : <https://substances.ineris.fr/fr/>.

Identification des enjeux et des usages

L'identification des usages liés à l'eau passe par la recherche de captages d'alimentation en eau potable, de captages industriels, agricoles et de puits de particuliers. Ces informations sont actualisées lors d'un bilan quadriennal. À titre d'exemple, l'installation ou l'arrêt d'un pompage peut induire une modification du sens de migration de la nappe et donc du panache de polluants et donc une évolution concernant l'exposition à la pollution.

La présence de bâtiments dans la zone d'étude est également à identifier. En effet, des composés gazeux présents dans les sols et les eaux souterraines sont susceptibles de se volatiliser et de transiter via les gaz du sol jusqu'à des habitations (air intérieur).

Pour aller plus loin



Le « guide pratique pour la caractérisation des gaz du sol et de l'air intérieur en lien avec une pollution des sols et/ou des eaux souterraines », élaboré en novembre 2016 par le BRGM et l'Ineris pour le compte du ministère en charge de l'environnement, présente les stratégies d'échantillonnage, les protocoles de prélèvement des gaz du sol et des mesures d'air ainsi que les modalités d'interprétation des résultats : <http://ssp-infoterre.brgm.fr/guide-pratique-caracterisation-gaz-du-sol-et-air-interieur>.

Cette recherche est menée autour du site dans un périmètre défini au regard des connaissances disponibles, comme l'amont et l'aval hydraulique, ou encore la vitesse d'écoulement et les possibilités de transfert gazeux en zone non saturée.

Le périmètre à considérer peut-être plus ou moins important car, d'une part, l'amont et l'aval peuvent varier au cours d'un même cycle hydrologique en fonction des relations entre eau de surface et eau souterraine, d'autre part, en contexte fissuré ou karstique, il peut s'avérer nécessaire de considérer un usage implanté à plusieurs kilomètres du site étudié compte tenu d'un écoulement rapide au sein de ces milieux.

Ces éléments sont essentiels pour définir le réseau ; un ou plusieurs points de surveillance sont généralement nécessaires pour une surveillance de qualité entre l'ICPE ou le site pollué et les usages existants.



Évolution des pratiques

Ces éléments (contexte, substances, enjeux) peuvent évoluer dans le temps, une actualisation est obligatoire dans le cadre de la réalisation d'un bilan quadriennal. Selon les modifications constatées, il convient d'envisager une évolution de la surveillance (points, substances/paramètres, fréquence).

À noter que les enseignements de l'étude hydrogéologique préalable à la mise en place d'une surveillance sont repris, voire complétés et actualisés selon le cas, dans le cadre d'études ultérieures telles que :

- Une étude de vulnérabilité des milieux (prestation élémentaire A120 de la norme NF X31-620-2) ;
- Une étude portant sur l'analyse des enjeux sur la ressource en eau (prestation élémentaire A300 de la norme NF X31-620-2).

3.3 Comment orienter le choix du nombre et du lieu d'implantation des points d'accès à l'eau souterraine ?

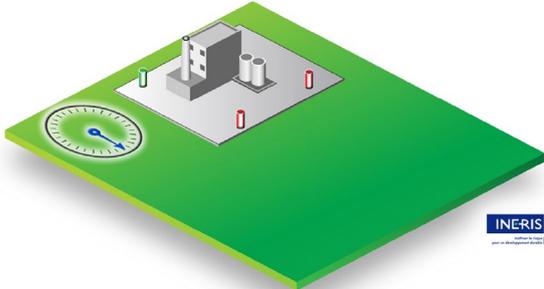
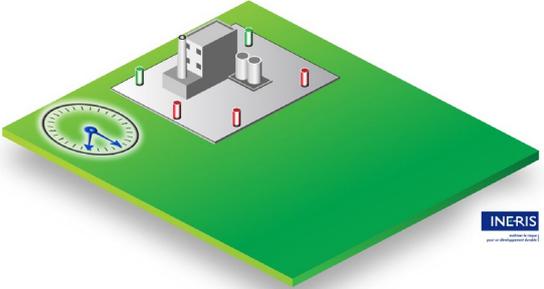
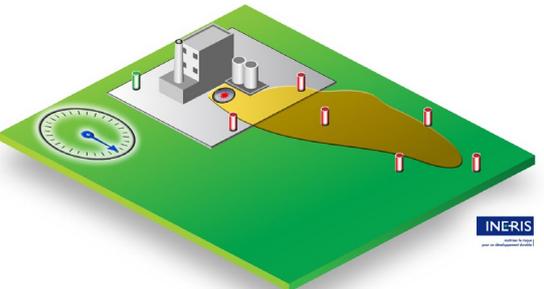
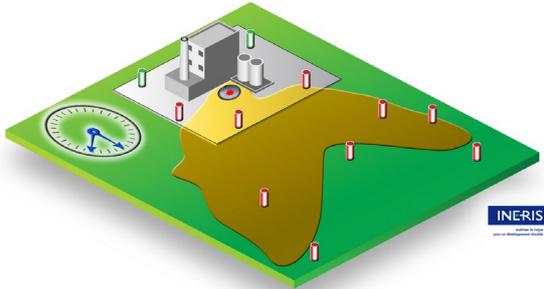
Le nombre et la localisation des ouvrages sont des choix reposant principalement sur les informations disponibles sur le contexte naturel et les enjeux.

Le Tableau 2 indique le nombre d'ouvrages à considérer pour quelques grandes typologies de cas. Le nombre de piézomètres indiqué dans ce tableau correspond à une situation jugée satisfaisante pour mener à bien la surveillance. Toutefois, ce nombre peut être adopté au regard du contexte hydrogéologique ou à d'autres facteurs propres au site étudié (taille du site, existence d'une ou plusieurs sources de pollution, présence d'autres piézomètres plus éloignés, etc.) Le nombre de piézomètres indiqué ne correspond pas forcément à celui des investigations menées au préalable pour connaître l'hydrogéologie locale.

Il est important de signaler que l'implantation d'ouvrages en amont du site étudié (non impacté, hors zone d'influence) est indispensable afin d'être en mesure de discerner la part de pollution potentiellement imputable aux activités du site. Ainsi, lorsque direction et sens d'écoulement varient (au cours d'un cycle hydrologique ou sous l'influence de pompes), il peut être nécessaire de disposer de plusieurs ouvrages destinés à surveiller l'amont hydraulique.

L'existence d'une pollution en provenance d'un autre site, en amont hydraulique par exemple, peut également conduire à intégrer au suivi des ouvrages complémentaires.

Tableau 2 : Proposition d'un nombre minimal d'ouvrages à considérer selon différents contextes (sur site et hors site, afin de définir l'extension du panache en cas de pollution ; ouvrage en vert en amont hydraulique, ouvrage en rose en aval et boussole donnant sens d'écoulement)

Contexte	Nombre minimal d'ouvrage	Illustration
Pollution non détectée Une seule direction, sens d'écoulement	3	
Pollution non détectée Variation direction, sens d'écoulement	5	
Pollution détectée Une seule direction, sens d'écoulement	6-8	
Pollution détectée Variation direction, sens d'écoulement	10-12	
Autres cas : milieu fracturé, phase plongeante (DNAPL), nappes superposées, etc.	> 12	

Lorsque des ouvrages hors site préexistent, ils peuvent être intégrés au réseau de surveillance à condition d'avoir accès à certaines informations. Ces informations portent notamment sur l'accessibilité et l'état de l'ouvrage en surface et en profondeur (accumulation de sédiments, détérioration de la crépine), le nivellement (altitude en mètres rapportée à un réseau de nivellement officiel (NGF en France métropolitaine)). Le nivellement est réalisé par un géomètre professionnel (géomètre expert, technicien géomètre, etc.), ou à défaut par le bureau d'étude, si cette compétence existe en interne (sous réserve d'une précision suffisante pour réaliser une piézométrie fiable). La coupe technique est également un élément important afin de juger de la pertinence du positionnement de la zone crépinée au regard des terrains traversés et des substances présentes.

Point d'attention



Un forage ou puits de particulier peut constituer un point d'accès à la piézométrie ou autrement dit à l'altitude de la nappe. Concernant son intégration à un réseau de surveillance pour y réaliser un prélèvement, il convient de disposer d'éléments permettant de juger de la représentativité des futurs échantillons (via notamment l'analyse des coupes technique et lithologique, la réalisation d'un essai de pompage et/ou d'un passage caméra pour évaluer son état). En effet, contrairement à un ouvrage spécifique, le puits privé n'a pas été mis en place selon les recommandations normatives qui s'appliquent (NF X31-614). Toutefois, et en lien avec une IEM, il peut être décidé de surveiller la qualité des eaux souterraines au regard d'un usage et dans ce cas les puits peuvent être intégrés au réseau de surveillance.

Selon les caractéristiques hydrogéologiques locales (gradient hydraulique, dispersivité, perméabilité), la géométrie des panaches sera variable (**Figure 11**). Il pourra donc être nécessaire d'implanter un réseau resserré et/ou densifié, pour être à même d'intercepter un éventuel panache avec un degré d'incertitude acceptable.

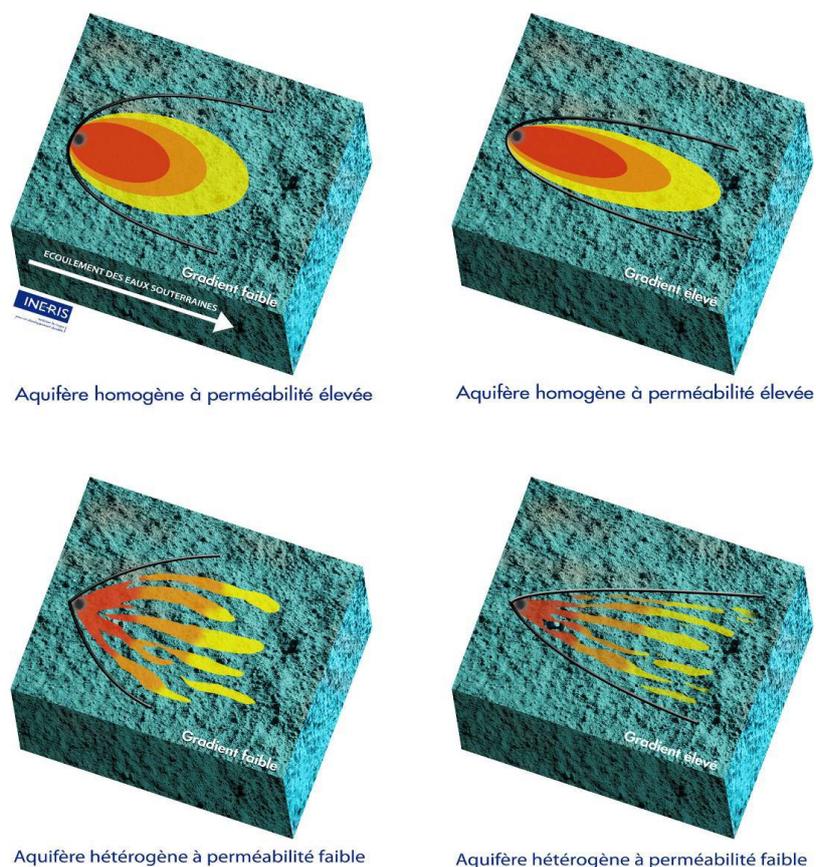


Figure 11 : Effet du gradient hydraulique et des hétérogénéités sur la propagation d'une pollution dans un aquifère alluvial (milieu poreux)

Ces illustrations montrent que l'hétérogénéité des terrains traversés ajoute une difficulté au choix de l'implantation des ouvrages.

Dans le cas d'aquifères de types fracturés ou karstiques, les écoulements sont généralement méconnus. La réalisation d'ouvrages s'appuie sur l'étude du champ de fracturation dans le cas des milieux fracturés ou des informations acquises auprès de spéléologues pour les milieux karstiques (comme c'est le cas pour une recherche de ressource en eau). En pratique, le choix de l'implantation des ouvrages dans de tels milieux est soumis à de fortes incertitudes. Il s'agira en tout état de cause de se concentrer sur la prévention et d'identifier les exutoires de l'eau souterraine transitant sous le site. Dans la mesure du possible et selon les enjeux, les résurgences (sources) seront donc préalablement identifiées et intégrées à la surveillance pour être échantillonnées en cas de pollution présumée ou avérée.

Pour aller plus loin



« Surveillance des eaux souterraines au droit des installations classées en milieu karstique », BRGM décembre 2005. <http://ficheinfoterre.brgm.fr/document/RP-54596-FR>

« Guide technique pour la surveillance des eaux souterraines en milieu de socle », BRGM, Décembre 2020. <http://ficheinfoterre.brgm.fr/document/RP-70250-FR>.

Les évolutions constatées quant à la géométrie du panache (extension, régression) doivent conduire au final à faire évoluer et à optimiser le nombre et l'implantation des ouvrages.

Les schémas de la Figure 12 illustrent l'évolution d'un panache de pollution, notamment suite à la maîtrise de la source et en présence de phénomènes concourant à l'atténuation naturelle du panache.

Pour aller plus loin



L'optimisation de la densité et de la position des ouvrages peut s'appuyer sur un outil d'aide à la décision comme MAROS (Monitoring and Remediation Optimization System). <https://www.epa.gov/>.

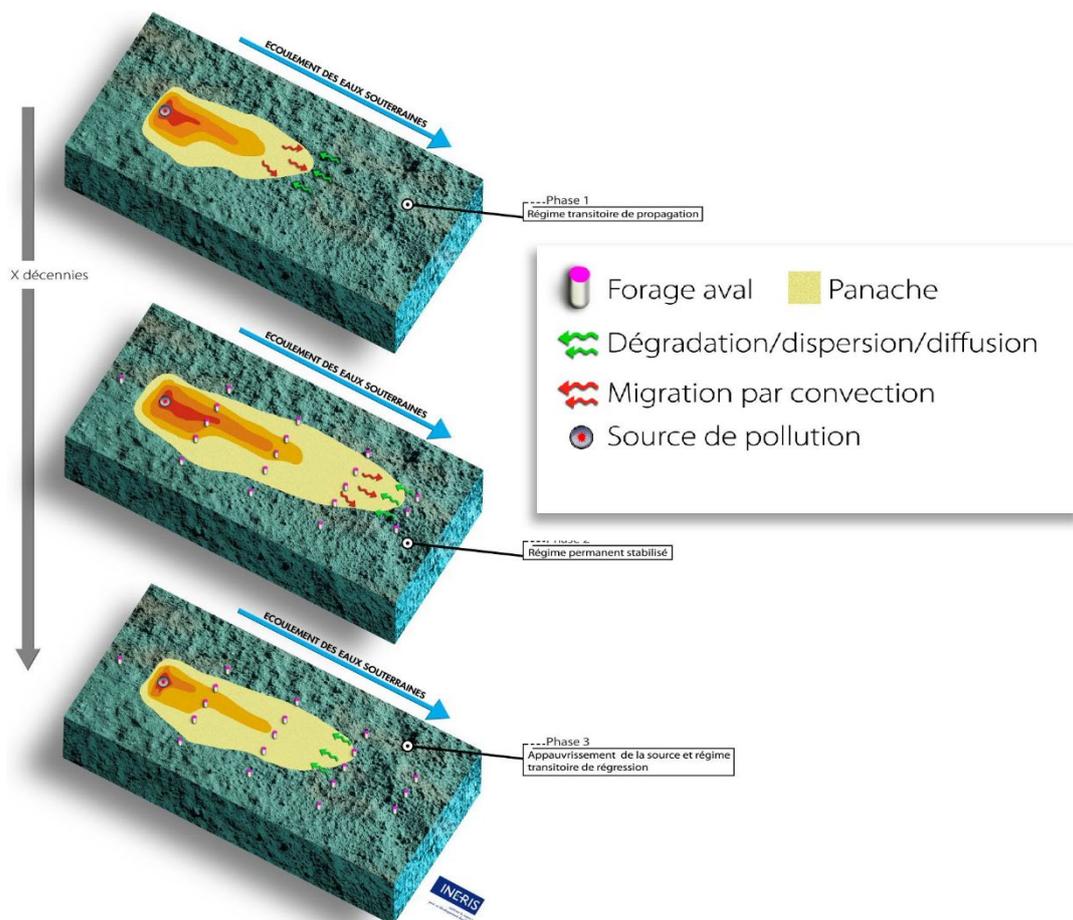


Figure 12 : Évolution d'un panache au cours du temps et du réseau de surveillance associé suite à l'appauvrissement de la source (évolution du réseau entre phases 2 et 3 après sa mise en place à l'issue de la phase 1)

L'abandon d'un ouvrage qui n'est plus jugé pertinent doit être réalisée dans des conditions garantissant la protection de l'environnement. Un bouchon de cimentation et le comblement du tubage sont recommandés (voir **Figure 13** et normes NF X31-614 et NF X10-999). En effet les ouvrages non ou mal condamnés peuvent être des voies de transfert de pollution de la surface du sol vers les eaux souterraines.

Évolution des pratiques

Au sujet du nombre de ouvrages, il convient de citer la possibilité de mutualiser les efforts. Une démarche unique en France, de mutualisation de la surveillance des eaux souterraines à l'échelle d'un bassin industriel, a fait l'objet d'une analyse par l'Ineris au cours de l'année 2013, afin d'en réaliser un retour d'expérience pour favoriser la mutualisation sur d'autres zones industrielles denses. En effet, le contexte naturel, et qui plus est un panache de pollution, ne connaît pas de frontière foncière ou administrative.

Le territoire concerné, d'une surface d'environ 1000 km², est situé en Picardie Maritime, dans le département de la Somme. C'est sur ce territoire que plus de 50 industriels sont actuellement regroupés au sein de l'association AQUA Picardie Maritime (AQUA PM). L'association compte également parmi ses membres des collectivités territoriales et d'autres structures associées comme la CCI Littoral Hauts de France et la DREAL Hauts de France qui apportent un soutien en moyens humains et financiers.

Une analyse de la pertinence et de la cohérence de la stratégie mise en œuvre a notamment été menée. Une enquête auprès des membres de l'association a permis de connaître le point

de vue des différentes parties prenantes.

L'analyse conduite indique que les exploitants d'ICPE ont pu réaliser des économies du fait de la mutualisation de la surveillance et que la gestion administrative de la surveillance prescrite par le Préfet s'en est trouvée facilitée.

Toutefois, pour qu'elle puisse être menée à bien, cette démarche doit pouvoir s'appuyer sur des éléments techniques pertinents, suffisants et sur un porteur de la démarche collective, ici la CCI Littoral Hauts de France.

« AQUA Picardie Maritime - Retour d'expérience de la surveillance des eaux souterraines mutualisée, menée à l'échelle d'un territoire industrialisé depuis plus de 10 ans », Ineris 2013. <https://www.ineris.fr/fr/>

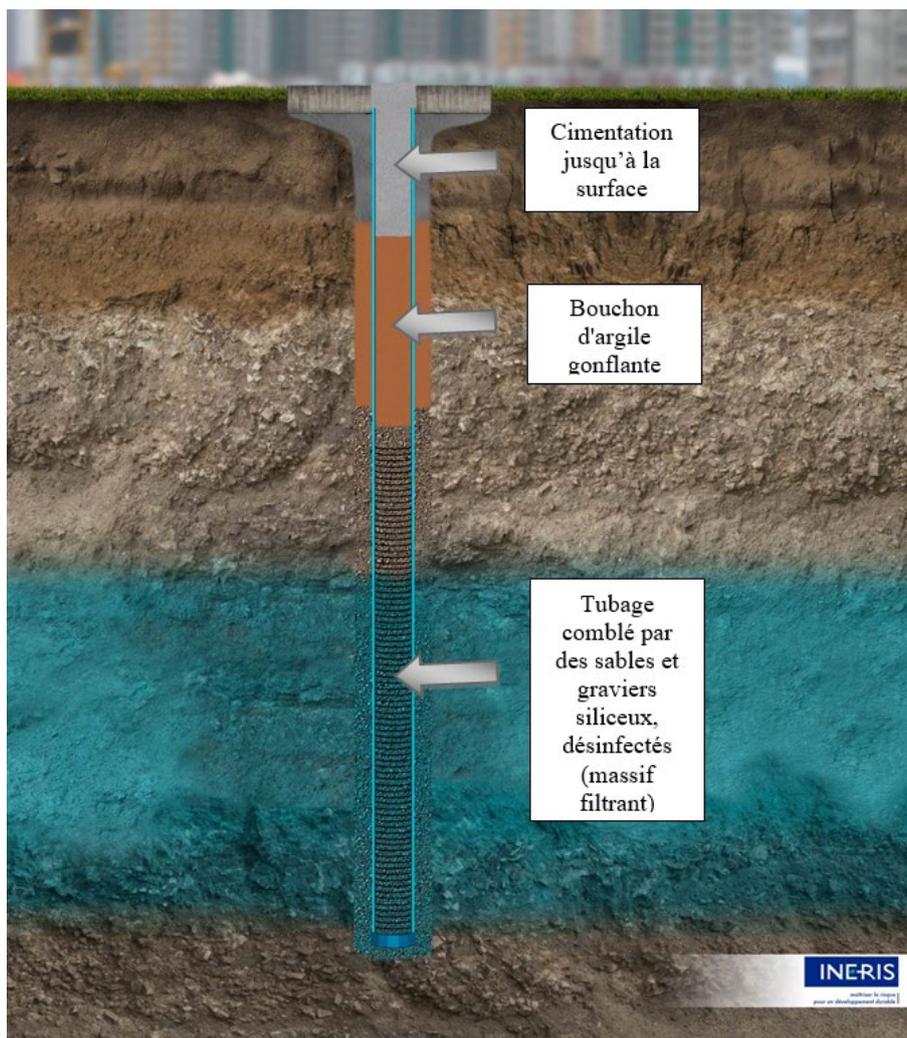


Figure 13 : Abandon et comblement

3.4 Comment orienter le choix des caractéristiques des points de surveillance ?

Dans la mesure où les ouvrages de surveillance n'ont pas vocation à être utilisés comme puits d'alimentation en eau pour un usage agricole, industriel, de consommation ou géothermique mais bien comme un ouvrage de contrôle des eaux souterraines dans le cadre de la surveillance de pollutions potentielles ou avérées, la référence normative volontaire pour la réalisation d'ouvrages de surveillance de la qualité des eaux souterraines est la norme NF X31-614. Il est hautement recommandé de s'y référer pour compléter les éléments qui suivent.

Pour aller plus loin



« Réalisation de piézomètres dans le domaine des ICPE et/ou des sites pollués : état des lieux et recommandations », Ineris 2017. Rapport complété par un film illustrant les recommandations de la norme NF X31-614. <http://ssp-infoterre.brgm.fr/realisation-piezometres-domaine-icpe-ou-ssp>.

Les caractéristiques des ouvrages et en particulier la profondeur, la position de la crépine, le diamètre et la nature des tubages, sont définies au regard du contexte naturel et du comportement des polluants. Le comportement des polluants dans les sols et les nappes est différent selon les propriétés physico-chimiques des substances.

Trois grandes typologies de substances sont à distinguer (Figure 14) :

- Pour les substances solubles (alcools, sels, etc.), la profondeur de l'ouvrage est fonction de l'éloignement à la source (du fait de la dispersion verticale et de la réalimentation de la nappe par infiltration) ;
- Pour les substances solubles issues de phases organiques flottantes (LNAPL), le niveau piézométrique doit en toute situation hydrogéologique se situer en face de la zone crépinée pour permettre la mise en évidence d'une phase pure. À proximité de la source des ouvrages superficiels peuvent suffire (leur profondeur sera à augmenter avec l'éloignement à la source de pollution). Toutefois, dans certains cas, des doublets d'ouvrages destinés à un échantillonnage multiniveau peuvent être nécessaires pour aider à appréhender l'extension verticale de la fraction soluble ;
- Pour les substances solubles issues de phases organiques plongeantes (DNAPL), les ouvrages doivent permettre d'investiguer la nappe sur tout ou partie de sa hauteur en fonction de l'ancienneté de la pollution, du volume perdu et de la capacité de rétention du milieu. Dans le cas des DNAPL, des ouvrages destinés à un échantillonnage multiniveau sont pertinents pour aider à appréhender l'extension verticale et l'hétérogénéité de la pollution (stratification du panache de pollution).

En cas de pollution ancienne, étendue, et selon le contexte hydrogéologique, la pertinence d'investigations complémentaires au niveau de nappes plus profondes devra être évaluée (cas des aquifères multicouches). En effet, bien que des « barrières » naturelles puissent exister, comme en particulier une couche peu perméable, une pollution peut avoir migré au fil du temps et impacté une ressource profonde (pour l'eau potable, l'irrigation ou encore la géothermie).

Pour aller plus loin



« Guide sur le comportement des polluants dans les sols et les nappes », BRGM dans sa version en vigueur. <http://ssp-infoterre.brgm.fr/guide-comportement-polluants>.

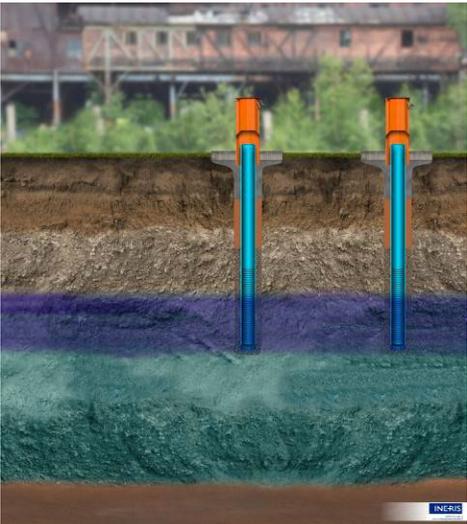
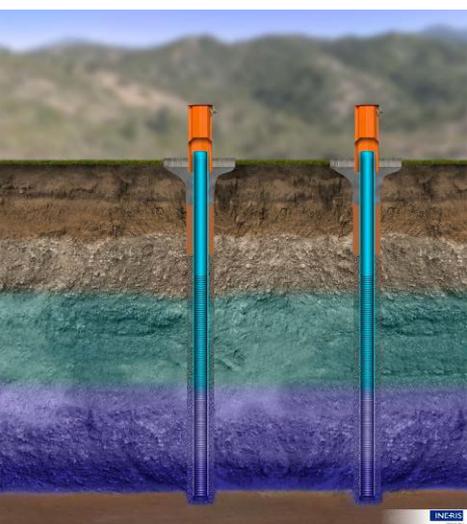
	<p>Situation avec pollution liée à la présence d'une phase organique flottante (LNAPL)</p>
	<p>Situation intermédiaire avec une pollution liée à une ou plusieurs substances solubles</p>
	<p>Situation avec pollution liée à la présence d'une phase organique plongeante (DNAPL)</p>

Figure 14 : Profondeurs à envisager selon les polluants en présence – cas d'un aquifère homogène – pour une source située en amont

Point d'attention



Lors de la mise en place des ouvrages, il convient d'éviter les zones sources pour ne pas risquer la dispersion de la pollution et limiter le risque de pollutions croisées. Les ouvrages ne doivent pas mettre en communication deux niveaux au sein d'un aquifère multicouches. Il existe pour cela des techniques de foration adaptées pour limiter le risque de pollution (cf. technique de forage illustrée Figure 15).

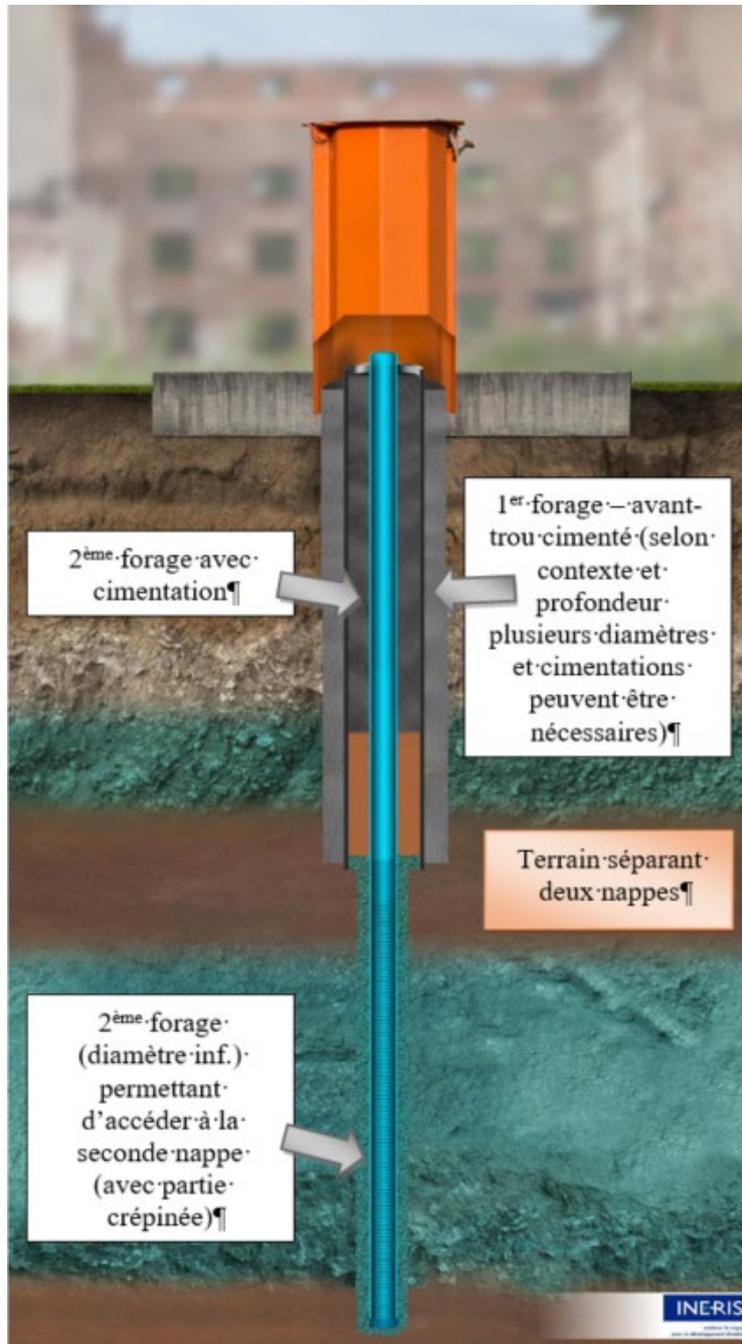


Figure 15 : Technique de forage (double cimentation) destinée à éviter la contamination croisée d'une nappe « profonde »

Les ouvrages donnent accès au milieu eau souterraine, selon les profondeurs atteintes et les niveaux crépinés, ils permettent d'échantillonner sur tout ou partie de la colonne d'eau (échantillon moyen ou spécifique à un niveau).

La nature de l'ouvrage, en particulier ses caractéristiques techniques, influence la représentativité de l'échantillonnage, il est donc important de disposer des coupes techniques et lithologiques et de conserver cette information. En outre, ces informations permettent de vérifier que l'ouvrage ne favorise pas les transferts de polluants dans la nappe sous-jacente et ne met pas en relation deux nappes superposées.

Selon le contexte, différents types d'ouvrages peuvent être implantés dont ceux permettant d'accéder à plusieurs niveaux (**Figure 16**).

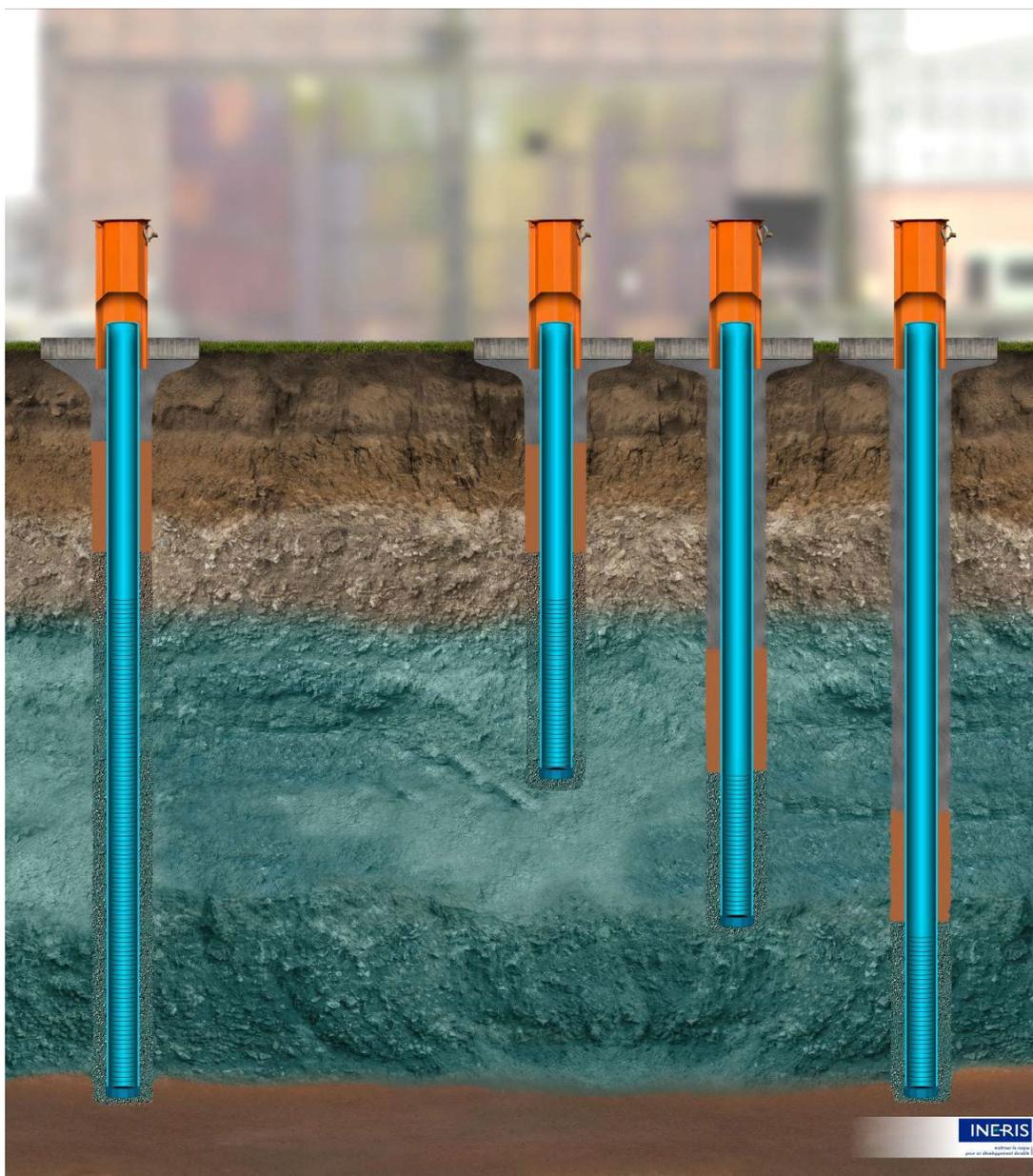


Figure 16 : Différents types d'ouvrages pouvant être mis en place pour une surveillance des eaux souterraines (crépine unique à gauche et « flûte de pan » à droite)

L'application des recommandations de la norme NF X31-614 est sensée satisfaire aux conditions de représentativité de l'ouvrage.



Point d'attention

L'intégration d'un ouvrage préexistant à un réseau de surveillance doit s'appuyer sur des éléments permettant de juger de la représentativité des futurs échantillons (via notamment l'analyse des coupes technique et lithologique, la réalisation d'un essai de pompage et/ou d'un passage caméra pour évaluer son état).

Le nivellement (altitude Z (en mètres) mesuré par un géomètre) des ouvrages permet de définir l'altitude du niveau piézométrique (ou niveau de la nappe). Cette information conduit à identifier l'amont et l'aval hydraulique. Une grande fiabilité est nécessaire car les écarts entre l'amont et l'aval sur un site peuvent être faibles (nappe alluviale du Rhône, de la Seine, etc.), quelques centimètres seulement (1 à 2 cm). Ce nivellement est indispensable et fait par un géomètre ; il est concomitant de la mise en place des ouvrages et est refait suite à tout incident ou à toute suspicion de mouvement de la tête des ouvrages. Le repère des mesures piézométriques est clairement identifié de manière pérenne sur la tête de l'ouvrage et être mentionné sur tous les documents lors des mesures. Exceptionnellement, un nivellement relatif peut être réalisé en cas d'éloignement important de la borne nivelée la plus proche.

Le géoréférencement (X, Y par un géomètre) est également important notamment quand les ouvrages sont implantés dans des zones naturelles où ils sont parfois difficiles à retrouver sous la végétation. L'exploitant fait inscrire les ouvrages de surveillance à la Banque du Sous-Sol, auprès du Service Géologique Régional du BRGM.

Depuis le 1^{er} mars 2017, en application de l'article L. 214-1 du code de l'environnement, la mise en place de ces ouvrages est soumise, sans condition de profondeur, à déclaration au titre de la rubrique IOTA 1.1.1.0. Les ouvrages de plus de 10 m de profondeur doivent également être déclarés au titre de l'article L. 411-1 du code minier, mais, en application de l'article L. 411-2 du code minier, la déclaration au titre du code de l'environnement vaut déclaration au titre du code minier.

Les ouvrages relevant de la rubrique 1.1.1.0 sont soumis aux prescriptions de l'arrêté du 11 septembre 2003 portant application du décret n° 96-102 du 2 février 1996 et fixant les prescriptions générales applicables aux sondage, forage, création de puits ou d'ouvrage souterrain soumis à déclaration en application des articles L. 214-1 à L. 214-3 du code de l'environnement et relevant de la rubrique 1.1.1.0 de la nomenclature annexée au décret n° 93-743 du 29 mars 1993 modifié. Conformément à l'article 15 de cet arrêté, il est possible de déroger à certaines prescriptions en en faisant la demande lors de la déclaration.

3.5 Comment choisir les substances/paramètres à suivre ?

Selon le contexte, les éléments à intégrer au programme analytique peuvent varier.

Dans le cas d'une surveillance préventive, le programme doit contenir :

- Les traceurs spécifiques du site (« signature du site ») ;
- Les traceurs de mobilité : substances les plus mobiles (sels, chlorures, sulfates, etc.) et les plus persistantes ;
- Les substances « porteuses » du risque : toxiques, cancérigènes ;
- Quelques paramètres globalisants dont les conditions physico-chimiques (pH, E_H, conductivité, température, oxygène dissous, etc.) qui sont des éléments de compréhension des mécanismes liés au transport du polluant.

Dans le cas d'une surveillance destinée à suivre des polluants biodégradables, ce programme analytique est complété par :

- Les molécules mères et les molécules filles (produits de dégradation) ;
- Les accepteurs/donneurs d'électrons (indices d'atténuation naturelle comme les formes du fer, les sulfates, les nitrates, etc.).

Point d'attention



Lorsqu'une substance biodégradable est intégrée à une surveillance, il est nécessaire d'identifier au regard du retour d'expérience ou de la bibliographie une ou plusieurs éventuelles molécules de biodégradation qui peuvent s'avérer plus toxiques, et/ou plus mobiles que ladite molécule « mère » (exemple de COHV : en présence de perchloroéthylène (PCE) le mécanisme de biodégradation conduit généralement à observer du chlorure de vinyle (CV), qui est plus toxique pour l'homme et plus soluble que le PCE).

Le programme doit également tenir compte de la présence en amont hydraulique d'une activité, présente ou passée, pouvant impacter le milieu.

Point d'attention



Des déversements, d'acides ou de bases ou encore de produits fermentescibles, susceptibles de faire évoluer le potentiel d'oxydo-réduction (E_H) et le pH peuvent influencer sur la mobilité des métaux et métalloïdes (ETM d'origine naturelle ou anthropique) et engendrer des pollutions secondaires.

Certains arrêtés comme l'AM du 15 février 2016 portant sur les ISDND, fixent les substances/paramètres à surveiller mais dans la plupart des cas, il conviendra de définir ces substances au regard des informations collectées sur le site étudié.

3.6 Comment choisir la fréquence ?

La fréquence de l'échantillonnage est elle aussi à adapter au contexte hydrogéologique, aux polluants recherchés ainsi qu'aux enjeux.

Dans le cadre d'un suivi préventif, la fréquence de surveillance définie par l'article 65 de l'AMPG du 2 février 1998 modifié est d'au moins deux fois par an, si possible dans des configurations hydrogéologiques contrastées. La détermination de la fréquence peut s'appuyer sur un calcul tel que celui présenté ci-dessous, dans le cas d'un milieu poreux et d'une nappe libre. Il est toutefois nécessaire de disposer d'un minimum d'éléments avant de déterminer la fréquence la plus adaptée (cf. étude hydrogéologique préalable).

La vitesse effective de l'eau dans les formations poreuses saturées est déterminée par l'équation suivante :

$$V_e = K i / n_e$$

avec :

V_e : vitesse effective

K : conductivité hydraulique

i : gradient hydraulique (variation de charge hydraulique entre deux points de mesure), $i = (H_2 - H_1) / L$

n_e : porosité efficace.

Lorsqu'il s'agira de contrôler l'absence d'impact en direction d'un enjeu, le temps de transfert « t » entre l'ouvrage de contrôle et l'enjeu, séparés par une distance « d », est estimé de la manière suivante :

$$t = d / V_e$$

avec :

t : temps de transfert

d : distance entre l'ouvrage de contrôle et l'enjeu.

La fréquence entre les campagnes est au maximum égale au temps de transfert entre l'ouvrage de contrôle (dernier ouvrage en aval) et l'enjeu. Cette approche reste sécuritaire dans la mesure où elle n'intègre pas le facteur de retard (sorption) ou la biodégradation qui peuvent influencer sur la migration d'un panache de pollution. Elle nécessite toutefois de disposer d'informations sur les paramètres hydrodynamiques K et n_e (déterminés à partir de la bibliographie ou via essai(s) de nappe).

Les schémas Figure 17 illustrent l'évolution d'un panache en phase d'extension, et la distance à considérer entre l'ouvrage de contrôle et l'enjeu pour déterminer la fréquence de surveillance.

D'autres méthodes peuvent être employées pour déterminer la fréquence, mais en tout état de cause, le choix de la fréquence de surveillance retenue doit être argumentée.

Une fois la fréquence déterminée, les périodes retenues pour l'échantillonnage (campagnes) au cours de l'année doivent considérer les périodes de hautes eaux et de basses eaux et de mobilisation possibles des polluants (en lien avec l'hydrogéologie du secteur, la pluviométrie et les relations avec les eaux de surface). En effet, il est nécessaire de disposer d'informations au cours de ces situations particulières où la pollution peut être diluée ou encore remobilisée (s'il existe une source résiduelle en zone non saturée).

Une fois définie, la période d'intervention doit être respectée d'une année sur l'autre. Néanmoins, la fréquence doit être augmentée en cas de constat de pollution ou d'évolution non attendue d'une pollution (cf. Chapitre III).

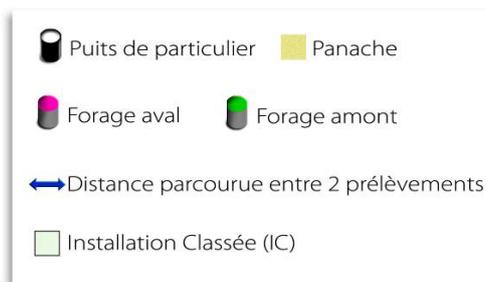
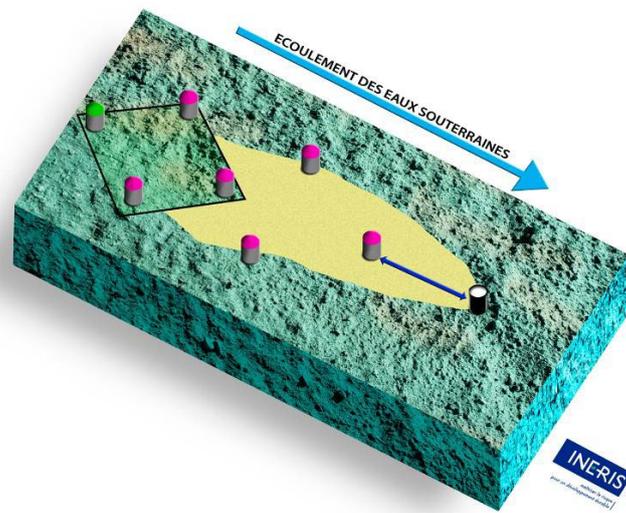
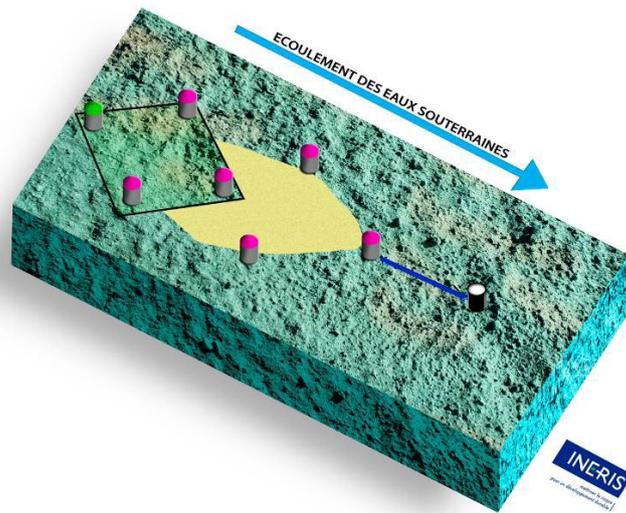


Figure 17 : Démarche pour établir la fréquence de surveillance en amont d'un enjeu

Pour aller plus loin



L'optimisation de la fréquence suite à une première période de surveillance peut s'appuyer sur un outil d'aide à la décision comme le logiciel HYPE (BRGM).
<https://www.brgm.fr/fr/logiciel/hype-outil-caracterisation-evaluation-tendances-evolution-temporelle-qualite-eaux>.

3.7 Comment s'assurer de la représentativité de l'échantillonnage ?

Outre l'implantation et le choix de l'équipement de l'ouvrage, les procédures et matériels utilisés sur le terrain pour l'échantillonnage ont une influence sur les concentrations mesurées.

Pour assurer au mieux la représentativité de l'échantillonnage, la norme NF X31-615 et les prescriptions de la norme NF X31-620-2 donnent les recommandations sur la façon optimale de procéder.

Une attention particulière doit notamment être portée à :

- Renseigner toutes les informations exigées dans la fiche de prélèvement ;
- Respecter le protocole de prélèvement défini ;
- Maîtriser les étapes de conditionnement, stockage, transport (en moins de 48 h), etc.

Le laboratoire retenu doit pour chacun des composés recherchés être en capacité d'assurer l'atteinte des limites de quantification (LQ) attendues.

Pour aller plus loin

Influence du protocole :

« Comparaison entre outils et protocoles d'échantillonnage des eaux souterraines sur le site atelier de la Crau – BIODÉPOL » Ineris 2016. <https://www.ineris.fr/fr/>.

« Exercice de comparaison mené par l'Ineris sur la période 2014-2017 » Ineris 2017. <http://ssp-infoterre.brgm.fr/contamination-eaux-souterraines-contexte-icpe-sites-pollues-comparaison-outils-protocoles>.

« Représentativité des échantillons d'eau prélevés en forages de contrôle » ADEME, 2005. <http://www.ademe.fr/>.

Outils multiniveau :

« Tests d'outils innovants pour la caractérisation haute résolution des sites pollués - Flux et concentrations ».

<http://ssp-infoterre.brgm.fr/tests-outils-innovants-caracterisation-HR-sites-pollues>

« Prélèvements d'eau souterraine à différents niveaux - Recensement des méthodes et matériels disponibles ».

<http://ssp-infoterre.brgm.fr/prelevements-eau-souterraine-a-differents-niveaux-recensement-methodes-materiels>.

Évolution des pratiques

Deux types d'échantillonnage sont envisageables :

- Échantillonnage simple niveau, à privilégier pour :
 - Surveillance préventive ;
 - Suite à pollution par substances solubles (miscibles) ;
 - Suite à pollution, pour la caractérisation du risque associée à un usage (exemple : arrosage d'un potager).
- Échantillonnage multiniveau, pour suivre la stratification d'un panache. Cette approche est en particulier à retenir pour les pollutions par des phases pures organiques (DNAPL, « plongeantes ») et considérant également l'épaisseur de la nappe et son hétérogénéité (présence de niveaux plus ou moins perméables au sein de la zone saturée).

3.8 Comment qualifier un impact ?

À noter que la surveillance des eaux souterraines menée préventivement en application de l'article 65 de l'AMPG du 2 février 1998 modifié relève de l'article 65bis dès lors qu'un incident, un accident conduit à une pollution de ce milieu. Toute installation présentant une pollution des eaux souterraines du fait de son activité se voit donc prescrire une surveillance afin de suivre l'évolution de la situation et d'évaluer l'efficacité des mesures de gestion.

La dégradation du milieu et donc la qualification d'un impact sont établies suite à l'interprétation des données acquises, considérant à la fois les précédents résultats et les critères de gestion retenus (il peut s'agir d'un niveau de flottants, de comparer l'amont et l'aval hydraulique, de valeurs seuils liées à la réglementation ou issues d'un calcul comme indiqué ci-après).

Améliorations des pratiques



L'incertitude analytique est également à considérer lors de la qualification d'un impact. Les graphes de restitution des résultats doivent donc intégrer l'incertitude analytique fournie par le laboratoire. À noter que celle-ci peut être demandée au laboratoire si elle n'a pas été transmise avec les bordereaux d'analyses. Différents documents traitent de l'estimation de l'incertitude analytique en laboratoire et les méthodes de calculs varient entre laboratoires, il faut donc bien veiller à reporter les incertitudes fournies à chaque campagne car elles ont pu évoluer dans le temps.

Ainsi, plusieurs aspects entrent en ligne de compte lors de l'évaluation d'un impact, notamment l'évolution depuis les précédentes campagnes. En effet, un impact pourra être mis en évidence si les concentrations mesurées s'écartent significativement de la gamme de concentrations considérée comme « usuelle ».

Une augmentation sera considérée comme significative si elle est au-delà de la variabilité du fond hydrogéochimique naturel ou anthropique (enveloppe de concentrations en prenant en compte l'incertitude analytique). Cette appréciation à dire d'expert pourra s'accompagner d'une approche statistique si le nombre de données est suffisant.

L'impact s'évalue également au regard des éléments liés à l'état initial (si pertinents), en comparant les résultats entre aval et amont hydraulique, et/ou par comparaison des résultats aux valeurs de gestion réglementaires applicables selon la substance et l'usage de l'eau considéré.

En l'absence de valeurs réglementaires et selon le contexte de gestion, il est possible d'utiliser les éléments issus d'une démarche d'Interprétation de l'État des Milieux (IEM) ou d'une évaluation quantitative du risque sanitaire (EQRS, dans le cadre du plan de gestion).

Dans le cas d'une nappe impactée par des substances volatiles (benzène, perchloroéthylène, etc.), le risque sanitaire associé à un dégazage depuis les eaux souterraines sera aussi à considérer.

Point d'attention



La recherche d'une substance dans le milieu eau est généralement associée à l'existence d'une valeur de gestion réglementaire (cf. arrêté du 11 janvier 2007 sur l'eau potable et potabilisable, schémas directeurs comme les SDAGE, SAGE, etc.). L'existence d'une telle valeur doit être considérée lors des échanges avec le laboratoire d'analyses, en effet, la limite de quantification (LQ) doit être adaptée (exemple : une limite de quantification à 10 µg/L pour rechercher une substance dont la valeur de gestion est de 5 µg/L est inadapté).

Pour aller plus loin



« Synthèse des valeurs réglementaires pour les substances chimiques, en vigueur dans l'eau, les denrées alimentaires et dans l'air en France ». <https://www.ineris.fr/fr/> ou <http://ssp-infoterre.brgm.fr/synthese-valeurs-reglementaires-eau-denrees-air>

Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique.

Arrêté du 17 décembre 2008 modifié établissant les critères d'évaluation et les modalités de détermination de l'état des eaux souterraines et des tendances significatives et durables de dégradation de l'état chimique des eaux souterraines.

Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE). Schéma d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE).

Concernant la comparaison des résultats acquis à des données antérieures, il convient de rappeler que dans le cadre de l'autosurveillance ou surveillance préventive (article 65 de l'AMPG du 2 février 1998 modifié), l'application GIDAF (pour Gestion Informatisée des Données d'Autosurveillance Fréquente) est l'outil permettant à l'exploitant de déclarer en ligne et transmettre ses résultats d'analyses à l'Inspection des Installations classées.

L'arrêté ministériel du 28 avril 2014 fixe l'obligation d'utiliser l'application GIDAF¹ dès lors qu'un arrêté (préfectoral ou ministériel) prescrit la transmission à l'Inspection d'une donnée de surveillance. Il est à noter que la base de données GIDAF n'a pas vocation à servir de système permettant à l'exploitant de bancariser ses propres données. Par ailleurs, la déclaration via GIDAF ne remplace pas la rédaction des rapports de surveillance et de bilans quadriennaux, toutefois ces derniers peuvent être joints via l'application GIDAF à l'Inspection en remplacement d'un envoi « papier ».

Les informations que l'on doit trouver dans les rapports de surveillance / bilans quadriennaux en lien avec GIDAF sont les suivants :

- L'arrêté préfectoral qui prescrit l'autosurveillance ;
- Pour chaque point de surveillance :
 - Le type d'ouvrage;
 - La position hydraulique et la date de mise à jour de la position hydraulique ;
 - Le code BSS;
 - Les coordonnées X, Y.
- Pour chaque site de mesure² :
 - La profondeur et la profondeur minimale et maximale s'il y a plusieurs sites de mesures ;
 - Le libellé du site;
 - Le support analysé (eau, sédiment...).

¹ <https://monaiot.developpement-durable.gouv.fr/page/presentation-generale-gidaf>

² Pour les « eaux souterraines », les points de surveillance peuvent disposer de un ou plusieurs site(s) de mesure. La définition du Sandre en donne la définition suivante : « Les sites de mesure sont les différents espaces géographiques de référence où il est recommandé d'effectuer les mesures in situ ou les prélèvements en vue d'analyses ». En effet, le suivi de la qualité des eaux souterraines peut être réalisé à différentes profondeurs sur un point de surveillance donné. Par exemple, un point de surveillance qui rencontre trois formations aquifères pourra être défini dans GIDAF sous la forme d'un point avec trois sites de mesure, chacun de ces sites étant défini par une profondeur minimale et une profondeur maximale.

- Les informations sur le prélèvement (support, méthode, opérateur, date et heure, débit de prélèvement, profondeur de prélèvement, volume pompé, volume purgé, commentaire) ;
- Les informations sur l'analyse (méthode, remarque, lieu, qualification, statut de la mesure et code SIRET du laboratoire).

GIDAF



Le manuel utilisateur en ligne présente de manière détaillée :

- les principaux concepts sur lesquels se base l'application ;
- les modalités de connexion ;
- les grandes fonctionnalités de l'application (de la saisie des données de déclaration aux restitutions).

<https://monaiot.developpement-durable.gouv.fr/page/guide-eaux-souterraines>.

4. Du rapport de surveillance au bilan quadriennal

Selon les recommandations formulées dans les chapitres suivants (trames), le bilan quadriennal se doit d'être plus complet et exhaustif que le rapport de surveillance. Il doit conduire à une validation de la surveillance actuelle ou à proposer des évolutions (optimisation, rationalisation).

Cette évolution a pour objectif de « mieux surveiller ». Mieux surveiller peut impliquer une diminution ou une augmentation de la fréquence, l'abandon ou l'ajout d'ouvrage et/ou des substances/paramètres suivis.

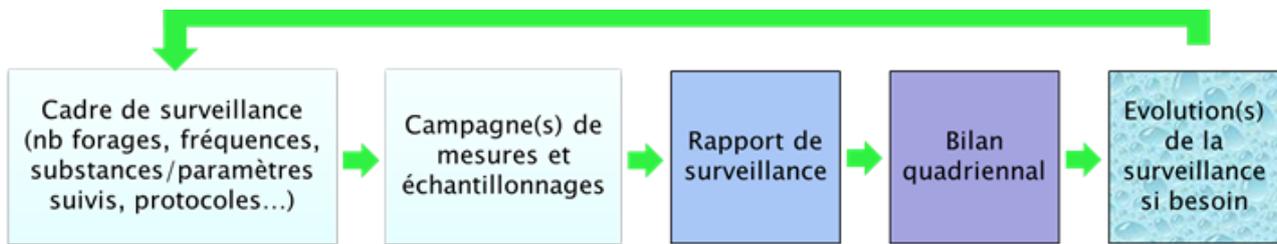
Les illustrations qui suivent présentent la place respective du rapport de surveillance et du bilan quadriennal dans le cadre de la surveillance du milieu eau souterraine pour différentes situations rencontrées dans le domaine des ICPE et des sites pollués.

Le bilan quadriennal peut être anticipé dès lors qu'une demande d'évolution qui tendrait vers l'arrêt est souhaitée.

4.1 Situation 1 : situation « normale »

En situation normale, un ou plusieurs rapports de surveillance par an sont exigés ; puis, par exemple tous les 4 ans, un bilan quadriennal est réalisé. Ce bilan est l'occasion d'analyser les résultats obtenus de manière plus approfondie, avec du recul, et en essayant de mettre en perspective les résultats obtenus par rapport aux évolutions et événements connus par le site durant cette période. Ce bilan peut conduire à une évolution de la surveillance (nombre de points, substances/paramètres suivis et fréquence). Par évolution, s'entend aussi bien un allègement qu'un renforcement.

À noter que le bilan récapitule l'ensemble des résultats collectés depuis la mise en place de la surveillance (et pas seulement sur les quatre dernières années) et en analyse la dynamique.



Le rapport de surveillance peut mentionner des évolutions à envisager à court ou moyen terme sans attendre le bilan quadriennal : par exemple, dans le cas de l'obstruction ou de la « perte » d'un ouvrage, il faudra rapidement envisager d'identifier la cause et/ou y remédier (déboucher voire refaire le forage)

Figure 18 : Du rapport de surveillance au bilan quadriennal : situation normale

L'évolution ou l'arrêt sont proposés sur la base d'une analyse de la situation. Ils sont justifiés dans un bilan quadriennal.

Les modifications suivantes, pour lesquelles un bilan quadriennal n'est pas nécessaire, ne relèvent pas de cette démarche et peuvent faire suite à une proposition intégrée à un rapport de surveillance :

- Le remplacement d'un ouvrage défaillant ;
- L'ajout de substances à rechercher en lien avec une évolution des procédés et produits utilisés, transformés ou stockés sur site.

Le guide « Évolution et arrêt de la surveillance des eaux souterraines » traite spécifiquement de la démarche pour évaluer la recevabilité d'une demande d'évolution ou d'arrêt de la surveillance des eaux souterraines (<http://ssp-infoterre.brgm.fr/surveillance-qualite-eaux-souterraines-appliquee-aux-icpe-sites-pollues>).

4.2 Situation 2 : situation « anormale » expliquée suite à vérification

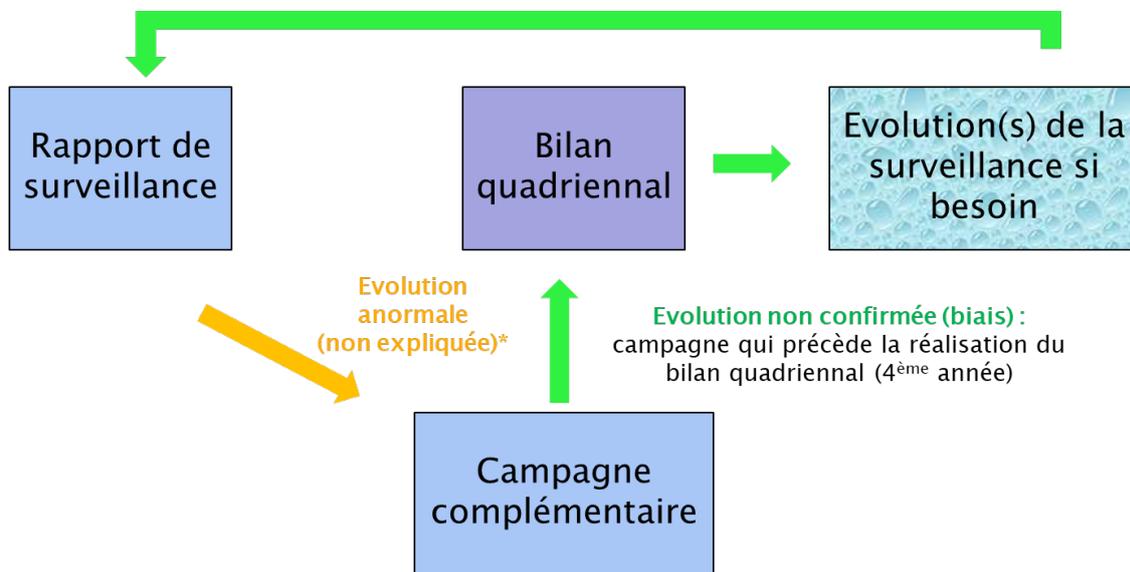
En cas de résultats anormaux (en considérant l'incertitude analytique), il faut tout d'abord vérifier le respect des conditions d'échantillonnage et la survenue de tout événement permettant d'expliquer ce résultat. Cette vérification se fait par discussion avec l'équipe responsable de la campagne de surveillance. En parallèle, une discussion avec le laboratoire permet de vérifier l'absence de biais analytiques (inversion d'échantillon, erreur de dilution, erreur d'unité). En outre, le donneur d'ordre doit également être sollicité (la réalisation de travaux sur le site, un incident, peuvent expliquer les résultats obtenus). Enfin, les conditions sur site doivent être analysées (événement climatique exceptionnel, situation de la nappe...).

Si cet examen permet de mettre en évidence que l'origine des résultats anormaux est liée à l'échantillonnage ou l'analyse, voire à un événement (anthropique ou naturel) survenu récemment sur le site, le cycle de suivi se poursuit comme prévu.

Si ce premier examen ne permet pas d'expliquer les résultats anormaux, une campagne d'échantillonnage complémentaire doit être réalisée au plus tôt (fréquence de surveillance modifiée ponctuellement). Si les résultats anormaux ne sont pas confirmés, la surveillance se poursuit conformément à la planification initiale comme l'illustre le schéma suivant.

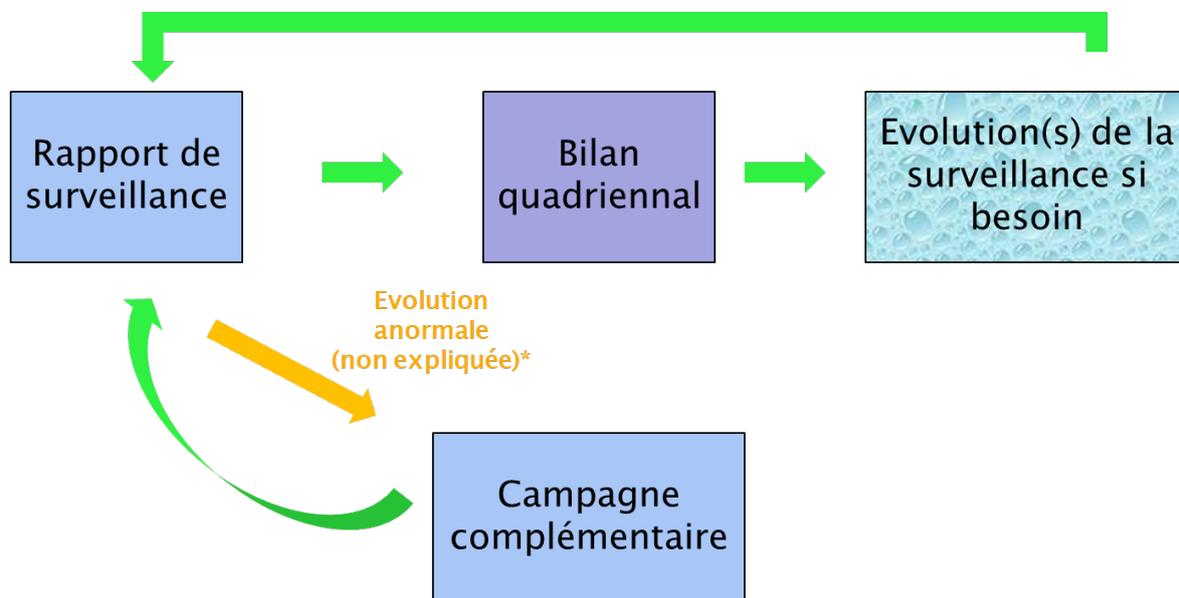
Deux cas peuvent ainsi se présenter :

- Lorsque l'anomalie est détectée entre l'année 1 et 3, la campagne complémentaire est à détailler dans un rapport de surveillance (**Figure 19**) ;
- Lorsque l'anomalie est détectée juste avant la fin de la période de surveillance quadriennale, les résultats de cette campagne complémentaire sont intégrés au bilan quadriennal (**Figure 20**).



* Laboratoire et intervenant contactés

Figure 19 : Du rapport de surveillance au bilan quadriennal : situation anormale expliquée suite à vérification (cas des années 1 à 3)



* Laboratoire et intervenant contactés

Figure 20 : Du rapport de surveillance au bilan quadriennal : situation anormale expliquée suite à vérification (cas de l'année 4, dernière année d'un bilan quadriennal)

4.3 Situation 3 : situation « anormale » expliquée suite à une étude complémentaire

Dans le cas où les résultats anormaux sont confirmés par la campagne complémentaire, une recherche de l'origine anthropique ou naturelle de ces résultats doit être réalisée.

Dans un premier temps, une étude, sans investigation dans un premier temps, doit chercher à expliquer cette évolution anormale. Par exemple, un ouvrage qui se retrouverait hors panache de pollution en raison d'une variation du sens d'écoulement peut expliquer une diminution anormale. Un évènement naturel (fortes pluies, inondation conduisant à remobiliser la pollution) ou un accident/incident récent peuvent également expliquer des résultats anormalement élevés.

La compréhension d'une évolution anormale des résultats (piézométrie, concentration) conduit à envisager des évolutions de la surveillance.

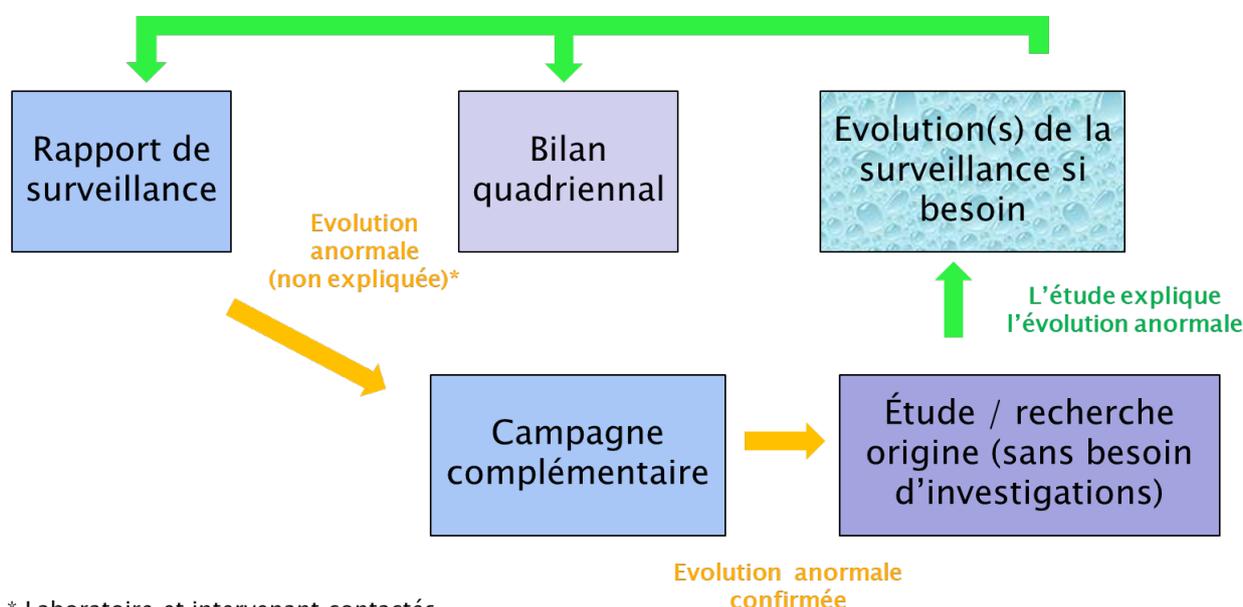


Figure 21 : Du rapport de surveillance au bilan quadriennal : situation anormale expliquée suite à une étude complémentaire

Remarque : dans cette situation, la découverte d'une pollution via la surveillance doit conduire à engager une démarche de gestion proportionnée et adaptée.

4.4 Situation 4 : situation « anormale » expliquée suite à des diagnostics

Si l'étude préalable à toute investigation, recommandée à l'étape précédente, ne permet pas d'expliquer cette évolution anormale, alors il convient d'engager des diagnostics. Au terme de ces investigations, qui peuvent concerner différents milieux, des travaux doivent également être engagés pour maîtriser la ou les sources identifiées et/ou les éventuels impacts en cas d'évolution à la hausse.

Les investigations peuvent utilement s'appuyer sur l'état de l'art et notamment les exigences de la norme NF X31-620-2.

Après avoir trouvé une explication, de même que précédemment, la démarche de surveillance est poursuivie conformément à la planification initiale en y apportant les évolutions nécessaires.

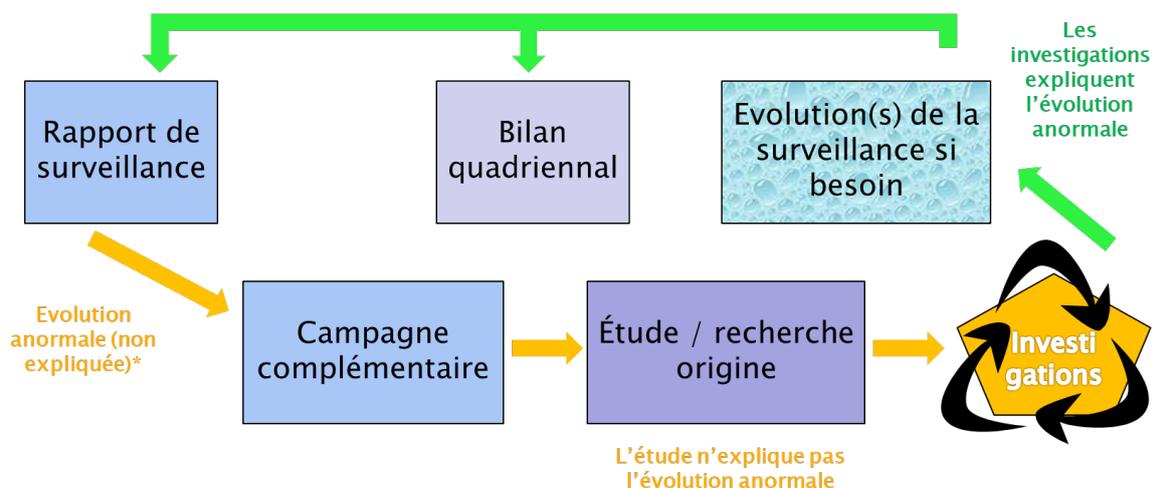


Figure 22 : Du rapport de surveillance au bilan quadriennal : situation anormale expliquée suite à des diagnostics

Remarque : il arrive que des situations restent inexpliquées, néanmoins, ce constat doit être formulé à l'issue de la réalisation d'investigations proportionnées et adaptées.

Point d'attention



Outre le bilan réalisé tous les 4 ans, une étude (situation 3) et éventuellement des investigations (situation 4) peuvent donc être engagées de manière anticipée afin de rechercher l'origine d'une évolution « anormale », un dépassement de critère (et conduire in fine à une évolution).

5. Proposition de trame de rapport pour une campagne de surveillance des eaux souterraines

Le rapport relatif à une campagne de surveillance a pour objet de :

- Résumer la campagne réalisée ;
- Restituer les résultats acquis au cours de l'intervention ;
- Mettre en évidence un éventuel impact ou une évolution non attendue d'une pollution préalablement identifiée et en cours de gestion depuis la précédente campagne.

Le rapport de surveillance à rédiger porte sur la campagne « N » menée dans le cadre d'une surveillance basée sur une fréquence donnée, les campagnes précédentes N-1, N-2, etc. ont fait l'objet de rapports de surveillance antérieurs.

Un modèle de rapport à compléter pour une campagne de surveillance a été développé, l'objectif étant d'harmoniser les pratiques et d'apporter un cadre méthodologique en incluant des modèles des illustrations attendues. Ces propositions correspondent à un minimum, et d'autres informations et illustrations sont à ajouter au regard du contexte.

Ce modèle concerne plus particulièrement la restitution d'une surveillance menée sur du moyen à du long terme (dans le cadre d'une surveillance en cours d'activité, après cessation d'activité ou pour une opération de dépollution).

Le rapport de surveillance s'articule autour de 5 chapitres et comporte des annexes. Ce rapport peut intégrer des informations et des illustrations issues du dernier bilan quadriennal. Une fiche pratique développe les éléments présentés ci-dessous.

SOMMAIRE

*Synthèse

Résumé technique et non technique

1- Contexte de gestion

2- Références documentaires et référentiels méthodologiques

3- Présentation de la campagne menée

4- Interprétation des résultats

5- Recommandations et perspectives

Annexes (selon les cas) :

- Extrait de l'Arrêté Préfectoral (volet surveillance du milieu eau souterraine)
- Plan de localisation des ouvrages et coupes
- Fiches de prélèvement liées à la campagne (avec éventuellement bordereaux de suivi des déchets si évacuation des eaux de purge par le prestataire)
- Bordereaux d'analyses
- Synthèse (tableau et graphique) des résultats (mesures et analyses)
- Carte piézométrique actualisée (pour toutes les nappes suivies).

**La synthèse intègre une check-list (fiche qui suit complétée par le rédacteur du rapport de surveillance) : cette dernière liste les éléments intégrés au rapport de surveillance et les éventuelle(s) remarque(s) liée(s) à l'impossibilité de traiter un aspect.*



Évolution des pratiques

Le fait de disposer d'une synthèse permettra d'homogénéiser les pratiques et de faciliter le traitement de l'information et au final d'améliorer la surveillance du milieu.

Tableau 3 : Check-list pour les rapports de surveillance

Place dans le sommaire proposé	Informations à intégrer	Sources potentielles d'informations	Cocher si traité	Commentaires
Résumé non technique et résumé technique	Synthèse des principaux résultats			
Contexte de gestion	Cadre de la surveillance (surveillance préventive, surveillance post accidentelle, etc.)	Arrêté Préfectoral		
	Schéma conceptuel (intégrant les ouvrages de surveillance)	Rapports techniques antérieurs (étude d'impact, diagnostic, bilan quadriennal, etc.)		
	Critères de gestion (valeurs de concentrations pour substances suivies ou niveaux de flottants, etc.)	Arrêté Préfectoral ou rapports techniques antérieurs (plan de gestion, etc.)		
Références documentaires et méthodologiques	Référentiels utilisés			
Présentation de la campagne menée	Présentation du suivi actuel (points, substances/paramètres, fréquence), du plan d'échantillonnage	Étude hydrogéologique ayant servi à la définition du réseau ou précédent rapport de surveillance, bilan quadriennal Arrêté Préfectoral		
	Présentation des caractéristiques des ouvrages (diamètre, position des crépines, niveaux d'eau) et résultats du nivellement (par un géomètre) avec indication du niveau repère	Rapport(s) de forage Rapport(s) de nivellement		
	Réalisation de l'échantillonnage (remarques éventuelles sur l'état des ouvrages ou toute autre observation pouvant agir sur la représentativité des résultats)	Fiche(s) de prélèvement, CR de mission de l'équipe de préleveurs (à compléter d'échanges à tracer si besoin)		
Présentation de la campagne menée/Annexes	Fiche(s) de prélèvement Bordereaux d'analyses Cartes piézométriques Ensemble des résultats des mesures (niveaux, physico-chimie, chimie)			
Interprétation des résultats	Levée de doute vis-à-vis des résultats illustrés si ceux-ci mettent en exergue une incohérence	Contacts avec le préleveur, le laboratoire, interroger le donneur d'ordre quant à de récents travaux sur site, etc.		
	Interprétation s'appuyant notamment sur l'évolution vis-à-vis des résultats des précédentes campagnes (sur 2 ans) Cartes et/ou chroniques de concentrations, de paramètres physico-chimiques	Rapports de surveillance antérieurs Évolution récente de la surveillance		
Recommandations et perspectives	Si besoin, propositions d'actions à engager à court terme afin d'expliquer une situation « anormale » et la corriger			

6. Fiche pratique 1 - Rapport de surveillance

SYNTHÈSE (cf. check-list présentée précédemment à compléter par le rédacteur du rapport de surveillance).

6.1 Contexte de gestion

Objet : ce premier chapitre donne une description succincte du cadre de l'intervention et des moyens employés.

L'objectif de la surveillance est notamment lié au contexte de gestion associé (cf. illustration au chapitre I), il conviendra donc de préciser s'il s'agit d'une surveillance préventive, en l'absence de pollution connue, ou curative, en cas de pollution avérée. Ainsi, selon le cas, la surveillance peut avoir pour objet de mettre en évidence un éventuel impact ou de suivre l'évolution d'une pollution précédemment identifiée.

Par ailleurs, les critères de gestion retenus doivent également être présentés à ce stade (état initial, amont hydraulique, valeurs réglementaires, etc.).

À noter que l'objectif et les critères de gestion retenus sont également liés à la présence d'enjeux ou de cibles, comme la présence de puits de particuliers, en aval hydraulique du site. Cette information doit apparaître clairement à ce stade du rapport de surveillance (car il influence en particulier le choix des valeurs seuils issues de la réglementation).

Bonnes pratiques/recommandations



Il convient de joindre en annexe l'Arrêté Préfectoral ou tout du moins un extrait indiquant les prescriptions relatives à la surveillance des eaux souterraines (que ce soit un arrêté d'autorisation, complémentaire, voire de mesure d'urgence) ou le programme de surveillance validé par l'administration sans qu'il soit forcément prescrit.

Le réseau de surveillance en place doit être présenté (avec fréquence de surveillance, caractéristiques des ouvrages, etc.).

Exemple de rédaction



Le réseau et le programme de surveillance sont définis par l'Arrêté Préfectoral du XX (cf. **annexe extrait**).

La surveillance porte sur l'aquifère XX (...) craie fissurée, marneuse dans sa moitié inférieure dont les niveaux piézométriques varient de XX à XX m de profondeur environ cf. la surveillance menée semestriellement depuis XX. Le sens d'écoulement au droit du site est orienté vers le XX (...) (cf. **annexe carte**).

Le réseau de surveillance actuellement en place est constitué de XX ouvrages (cf. **annexe plan de localisation des ouvrages et coupes**).

Ce réseau permet de répondre aux attentes de l'AP en termes de suivi de la qualité des eaux souterraines et de suivi de la piézométrie (cf. **tableau de synthèse concernant la demande**) et d'interpréter les résultats au regard des critères de gestion associés qui sont XX.

Cette présentation s'appuie sur une cartographie et des illustrations décrites ci-après. Ces éléments doivent évoluer en fonction des connaissances acquises **et être actualisés dans le cadre d'un bilan quadriennal de la surveillance**.

Synthèse sous forme cartographique

Dans le cadre de la description du suivi en cours, il convient de cartographier sur un document comprenant une échelle et le Nord (document qui peut être reporté en annexe) :

- La localisation de l'installation et de(s) source(s) (potentielles) de pollution ;
- Les points de surveillance (piézomètres, puits (pour le niveau) et forages (pour la qualité et le niveau)) et leur position (amont, aval, etc.) ;
- L'axe d'écoulement principal (sur une ou plusieurs cartes si celui-ci varie dans le temps) ;
- Les principaux enjeux en présence (et en particulier ceux en lien avec l'axe d'écoulement principal) ;
- Les ouvrages autour du site susceptibles d'influencer les écoulements (puits industriels, agricoles, etc.).

L'échelle est à adapter au cas par cas, mais elle doit permettre de visualiser *a minima* le site dans son ensemble et son environnement proche.

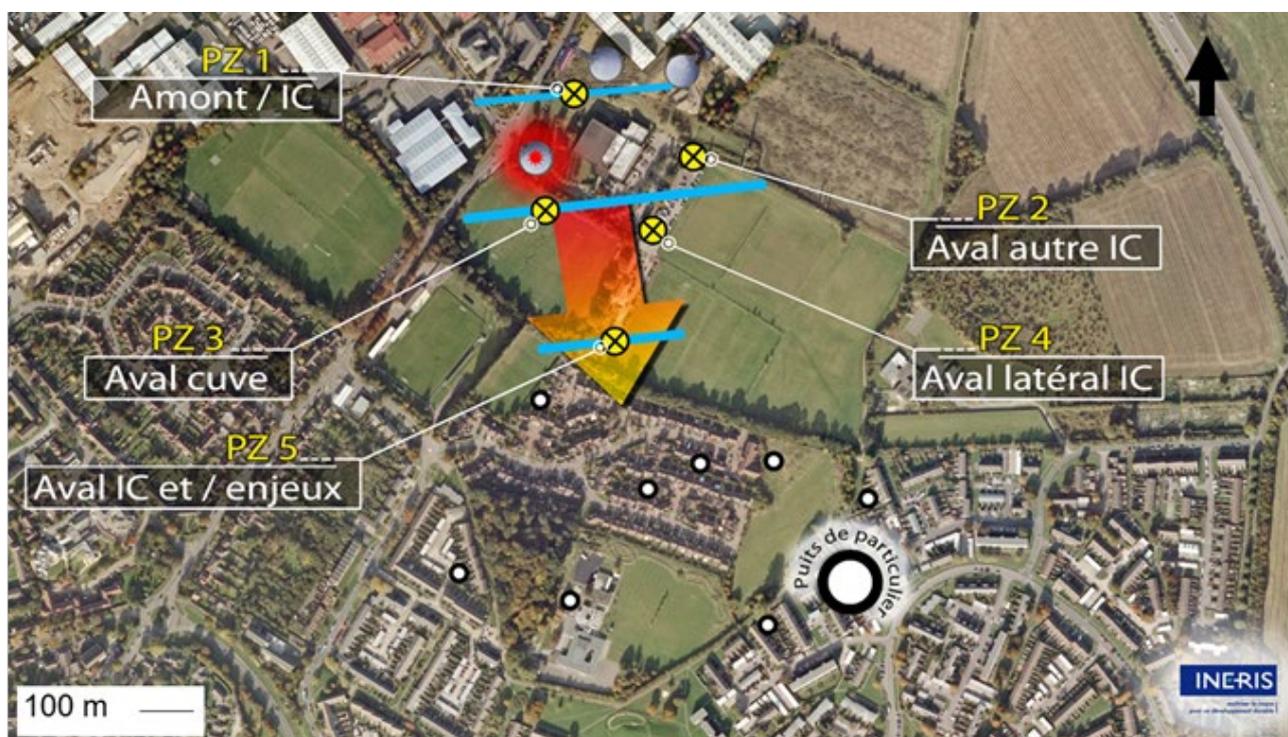


Figure 23 : Plan d'implantation du réseau de surveillance

Synthèse sous forme d'illustration

Un schéma conceptuel comme celui proposé ci-après doit être présenté afin de mettre en perspective les aspects source(s) ; milieu eau souterraine et éventuellement autres milieux associés dans la migration de la pollution et enjeux.

Ce schéma reprend la nature et la localisation des sources potentielles ou avérées, une coupe schématique de la géologie du secteur ainsi que les principales informations hydrogéologiques (profondeur de la nappe, sens d'écoulement) et enfin les enjeux (usages de l'eau, habitations, etc.). Ce schéma reprend la localisation des ouvrages et des zones crépinées.

L'illustration suivante porte sur une surveillance préventive.



*Figure 24 : Schéma conceptuel hydrodynamique et réseau de surveillance
(cas d'une surveillance préventive, en l'absence de pollution du milieu eau souterraine, la flèche indique le sens d'écoulement)*

Concernant les points de surveillance, il conviendra d'intégrer au rapport de surveillance un tableau synthétisant les principales informations issues :

- Des coupes ou logs des ouvrages (fournis par les foreurs et annexés au rapport de surveillance), à noter que d'éventuels indices organoleptiques observés en cours de foration doivent être consignés sur le log de sondage, en particulier l'observation de phases pures et d'indices organoleptiques sur les carottes ou cuttings (déblais) ;
- Des données de nivellement : altitude des ouvrages (rapporté à un réseau de nivellement officiel) et point de mesure de la piézométrie.

Certaines de ces informations doivent aussi être consignées sur les fiches de prélèvement avec photographie (voir le modèle proposé dans la norme NF X31-615).

Tableau 4 : Description des ouvrages du réseau de surveillance d'une nappe alluviale surmontant une nappe dans des calcaires

Ouvrage	Coordonnées X, Y (LB93) altitude Z du point de repère (ex. m NGF)	Date de mise en place	code BSS	code(s) SANDRE substances / paramètres	Diamètre tubage (intérieur, mm)	Profondeur (m/repère)	Zone(s) crépinée(s) (m/repère)	Profondeur(s) de prélèvement(s) (m/repère)	Nappe suivie et position dans le réseau
Pz1	XX; YY; ZZ	2010	08035X0391/F	1114 (benzène) 1517 (naphtalène)	52	12,5	3-12,5	6	Nappe alluviale - amont
Pz2	XX; YY; ZZ	2010	08035X0394/F	1114 (benzène) 1517 (naphtalène)	52	12,0	3-12	6	Nappe alluviale -aval Est
Pz3	XX; YY; ZZ	2010	08035X0395/F	1114 (benzène) 1517 (naphtalène)	52	12,0	3-12	6	Nappe alluviale -aval Sud
Pz4	XX; YY; ZZ	2012	08035X0396/F	1114 (benzène) 1517 (naphtalène)	52	60,5	25-60,5	45	Nappe des calcaires - aval Sud-Ouest
Pz5	XX; YY; ZZ	2012	08035X0397/F	1114 (benzène) 1517 (naphtalène)	52	63,0	25-63	45	Nappe des calcaires - amont
Pz6	XX; YY; ZZ	2014	08035X0398/F	1114 (benzène) 1517 (naphtalène)	78	62,0	25-62	45	Nappe des calcaires - aval Sud-Est
Pz7	XX; YY; ZZ	2014	08035X0399/F	1114 (benzène) 1517 (naphtalène)	78	15,0	3-8/10-15	6/12	Nappe alluviale -aval fuite cuve

Selon la situation, et en particulier en cas de surveillance portant sur plusieurs nappes, un tableau dédié à chacune d'elles peut être proposé afin de clarifier les informations disponibles.

Concernant la mention du point de repère de l'altitude de l'ouvrage, conserver la mémoire de sa localisation (sur le tube, sur la margelle, *etc.* ; **Figure 25**) est essentiel pour le calcul du niveau d'eau à partir de la mesure de la profondeur. En effet, ce point doit être marqué par une signalisation visuelle pérenne (gravure, point de peinture ou autre, à l'emplacement où le nivellement a été fait) : en tête de tubage, au sol, ou encore depuis la margelle (attention son altitude peut légèrement varier sur le pourtour). Toutes les modifications liées au nivellement doivent être tracées (changement de repère, changement de référentiel, toute dégradation engendrant une modification de l'ouvrage, *etc.*).



Figure 25 : Point de mesure de la piézométrie pour les différents ouvrages du réseau de surveillance (repère altimétrique, recommandé en m NGF en France métropolitaine)

Compléments potentiels à ce premier chapitre

Sur la base du dernier bilan quadriennal (suivant la trame présentée ci-après), le rapport de surveillance peut être enrichi par les informations suivantes :

- Synthèse chronologique des événements survenus depuis la mise en place de la surveillance (voir bilan quadriennal) ;
- Synthèse des ouvrages de surveillance et principales caractéristiques (voir bilan quadriennal).

6.2 Références documentaires et référentiels méthodologiques

*Objet : ce second chapitre assure la conservation de la mémoire, la traçabilité de l'étude ayant défini la surveillance en place, des précédentes campagnes et des études ayant pu conduire à définir des critères de gestion (état initial, environnement local témoin, valeurs de gestion réglementaire, *etc.*).*

Les références des derniers rapports de surveillance (N-1, N-2, *etc.*) sont à intégrer afin de pouvoir s'y référer, par exemple, pour vérifier le maintien du plan d'échantillonnage entre deux campagnes récentes.

Les référentiels utilisés sont cités : normes, guides de bonnes pratiques et protocoles sur lesquels s'appuie la surveillance.

6.3 Présentation de la campagne menée

Objet : Ici apparaissent des informations sur ce qui a été réalisé, dans quelles conditions, les éventuels problèmes rencontrés, les résultats obtenus (sans interprétation à ce stade).

Exemple de rédaction



Campagne menée du XX au XX.

Mesures (XX) et prélèvement d'eau souterraine réalisés sur le réseau de surveillance actuellement en place constitué de XX ouvrages (forage, puits, sources) (cf. annexe coupes et fiches de prélèvement).

Analyses réalisées le XX par XX (cf. annexe bordereaux d'analyses).

Commentaire(s) éventuel(s) : ouvrage XX à sec ou vandalisé, condition météorologique défavorable, etc.

Les informations concernant la campagne d'échantillonnage sur le terrain ainsi que les analyses en laboratoire doivent être reportées dans les fiches de prélèvement et les bordereaux d'analyses (à reporter en annexe). Les bordereaux analytiques doivent intégrer les incertitudes du laboratoire. Ces documents spécifiques sont à reporter en annexe. Ils permettent d'expliquer un résultat ou encore d'assurer le respect du protocole tout au long de la surveillance même en cas de changement d'intervenants.

Certaines informations telles que des dégradations d'ouvrages ou l'absence de fermeture de ces derniers doivent être consignées, en effet, elles peuvent permettre d'expliquer des anomalies éventuelles.

Bonnes pratiques/recommandations



Lors de la réalisation d'un échantillonnage, il convient d'assurer la traçabilité de certaines informations. Pour cela, la personne ayant réalisé l'échantillonnage remplit une fiche de prélèvement qui doit permettre après coup de disposer d'éléments en cas d'anomalie constatée/supposée au regard des résultats du laboratoire. Cette fiche est décrite dans la norme NF X31-615, elle doit donner notamment la profondeur de purge et de prélèvement, le débit associé, etc.

Les principaux éléments du plan d'échantillonnage doivent être repris sous la forme d'un tableau, comme illustré ci-après (tableau 4).

Bonnes pratiques/recommandations



Les modalités de traitement des échantillons doivent être détaillées, des informations comme la fraction analysée (brute ou filtrée), d'éventuels prétraitements comme la décantation, doivent apparaître sous forme de tableau ou dans le texte.

Les résultats doivent tout d'abord avoir fait l'objet d'un examen préalable afin d'en vérifier la cohérence. Par exemple, une lecture rapide des résultats d'analyses peut permettre de déceler des incohérences qui peuvent s'expliquer suite à un échange avec l'équipe intervenant sur site ou le laboratoire.

Point d'attention



Inversion d'échantillon, erreur d'unité, erreur de report ou changement de fraction analysée (préparation notamment : décantation, filtration, etc.) ou dans la méthode d'analyse utilisée.

Tableau 5 : Description du plan d'échantillonnage sur les différents ouvrages du réseau

Ouvrage	Repère alt. (ex. m NGF)	Prof. nappe (m) / Niveau piézométrique (ex. m NGF)	Type d'échantillonnage	Isolement de deux portions d'aquifère	Position du(des) outils d'isolement	Purge préalable	Mode de purge	Débit de purge (m3/h)	Condition d'arrêt de la purge	Profondeur de purge (m)	Mode de prélèvement	Profondeur de prélèvement	Débit de prélèvement (m3/h)	Ordre de prélèvement	
Pz1	Haut tube	5,22 / 146	multiniveau	obturateur pneumatique (packer)	15m	Niveau 1	oui	statique	0,3	stabilisation des paramètres physico-chimiques	7	pompage: pompe XX	7	0,06	4
	Haut tube	5,22 / 146				Niveau 2	oui	statique	0,3	stabilisation des paramètres physico-chimiques	20	pompage : pompe YY	20	0,06	5
Pz2	Sol	4,02 / 146,5	simple niveau			oui	statique	0,3	stabilisation des paramètres physico-chimiques	7,5	pompage: pompe XX	7,5	0,06	1	
Pz3	Haut tube	12,11 / 148,2	simple niveau			oui	statique	0,3	stabilisation des paramètres physico-chimiques	21	pompage : pompe YY	21	0,06	2	
Pz4	Haut tube	10,02 / 148,8	simple niveau			oui	statique	0,3	stabilisation des paramètres physico-chimiques	20,5	pompage : pompe YY	20,5	0,06	3	
Pz5	Haut tube	4,51 / 148,1	multiniveau	non		Niveau 1	oui	dynamique	0,3	stabilisation des paramètres physico-chimiques		Préleveur commandé	6	0,06	6
	Haut tube	4,51 / 148,1				Niveau 2	oui	dynamique	0,3	stabilisation des paramètres physico-chimiques		Préleveur commandé	12	0,06	8
Pz6	Haut tube	5,80 / 147	simple niveau			oui	statique	0,3	stabilisation des paramètres physico-chimiques	7,2	pompage: pompe XX	7,2	0,06	7	
Pz7	Haut tube	5,51 / 148,1	simple niveau			non	statique	0,3	stabilisation des paramètres physico-chimiques	7,8	pompage: pompe XX	7,8	0,06	9	

Les résultats qualitatifs et quantitatifs font ensuite l'objet d'une restitution sous forme de tableaux, la date d'acquisition apparaît clairement.

Bonnes pratiques/recommandations



Concernant les résultats d'analyses, les tableaux de restitution des résultats doivent notamment contenir la limite de quantification (LQ) pour la substance analysée, l'unité de mesure.

L'incertitude doit être reportée sur les graphes.

La méthode d'analyse utilisée et la norme associée ainsi que la fraction analysée et le conditionnement sont par ailleurs mentionnés dans le bordereau d'analyse.

Le critère de gestion ou seuil associé doit lui aussi clairement apparaître (valeur réglementaire, *etc.*).

Par ailleurs, il est souhaitable de pouvoir identifier dans les tableaux de résultats le ou les ouvrages en amont hydraulique (celui-ci étant une référence essentielle dans l'évaluation d'un impact).

Synthèse sous forme de tableaux – cf. Tableau 6.

Tableau 6 : Résultats des analyses chimiques et mesures sur site avec critères de gestion associés
(quelques substances et pH ici en exemple)

Substances	Points de surveillance description	octobre-11	avril-12	septembre-12	mars-13	octobre-13	avril-14	Incertitude	LQ	An. I Arrêté 11 janvier 2007 Limite de qualité	An. I Arrêté 11 janvier 2007 Référence de qualité	autre référence (bon état chimique, valeurs EQRS...)
Arsenic (µg/L)	Pz1 - amont	n.m.	n.m.	n.m.	<5	n.m.	n.m.	10 %	1	10	...	15
	Pz3 - latéral	n.m.	n.m.	n.m.	<5	n.m.	n.m.					
	Pz4 - latéral	n.m.	n.m.	n.m.	<5	<1	15					
	Pz6 - aval	-	-	-	<5	<1	11					
	Pz7 - avant puits privé	n.m.	n.m.	n.m.	<5	n.m.	n.m.					
Cadmium (µg/L)	Pz1 - amont	n.m.	<5	<5	<5	n.m.	n.m.	10 %	0,5	5	...	1
	Pz3 - latéral	<5	n.m.	<5	<5	n.m.	n.m.					
	Pz4 - latéral	<5	n.m.	<5	<5	<0.5	<0.5					
	Pz6 - aval	-	-	-	<5	<0.5	<0.5					
	Pz7 - avant puits privé	<5	n.m.	<5	<5	n.m.	n.m.					
Mercure (µg/L)	Pz1 - amont	n.m.	<0.2	<0.2	<0.2	n.m.	n.m.	20 %	0,015	1
	Pz3 - latéral	<0.2	n.m.	<0.2	<0.2	n.m.	n.m.					
	Pz4 - latéral	<0.2	n.m.	<0.2	<0.2	<0.015	<0.015					
	Pz6 - aval	-	-	-	<0.2	<0.015	<0.015					
	Pz7 - avant puits privé	<0.2	n.m.	<0.2	<0.2	n.m.	n.m.					
Paramètres physico-chimiques (exemple pH)	Pz1 - amont	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	0,1	na			
	Pz3 - latéral	7,8	7,8	7,9	7,8	7,8	7,8					
	Pz4 - latéral	7,9	7,8	7,7	7,7	7,7	7,7					
	Pz6 - aval	7,5	7,5	7,4	7,5	7,5	7,5					
	Pz7 - avant puits privé	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8					
n.m. : non mesuré	n.a. : non applicable											
(-) : non créé												

6.4 Interprétation des résultats

Objet : les résultats sont étudiés au regard de la tendance précédemment observée : conforme, apparition d'une éventuelle dégradation de la qualité du milieu ou évolution de la situation « anormale » vis-à-vis des actions entreprises. Cette analyse se fait aux moyens de graphiques et/ou de cartes.

Synthèse sous forme graphique

Il convient de disposer de graphiques de suivi temporels (ou chroniques) des niveaux et des concentrations. À noter que dans le cadre d'un rapport de surveillance de ce type il ne s'agira pas d'interpréter l'ensemble de ces chroniques mais les derniers résultats en considérant seulement les dernières campagnes (à adapter au cas étudié, mais de l'ordre de 4 campagnes sur les deux dernières années pour ce qui concerne la majorité des surveillances actuellement en cours, fréquence généralement semestrielle).

Bonnes pratiques/recommandations



Il conviendra de faire apparaître systématiquement la piézométrie sur un graphique. Les mesures piézométriques utilisées pour l'établissement des cartes piézométriques sont des données « synchrones ». Une attention particulière doit être portée à cet aspect sur des sites où les niveaux sont influencés par des pompes intermittentes et/ou par le niveau d'un cours d'eau ou la marée du fait des relations entre eau souterraine et eau de surface. Concernant la marée, il peut s'agir de sites éloignés du littoral, ainsi, à plus de 100 km de l'estuaire de la Seine, la marée induit encore un changement de direction et sens d'écoulement plusieurs fois par jour au sein de la nappe alluviale.

La représentation au sein d'un même graphe des niveaux d'eau et des concentrations permet une interprétation commune des évolutions observées comme l'illustre la Figure 26. Par exemple, la remobilisation de polluants en zone non saturée lors d'une remontée du niveau de la nappe est un phénomène bien connu, il explique souvent un relargage se traduisant par l'augmentation des concentrations.

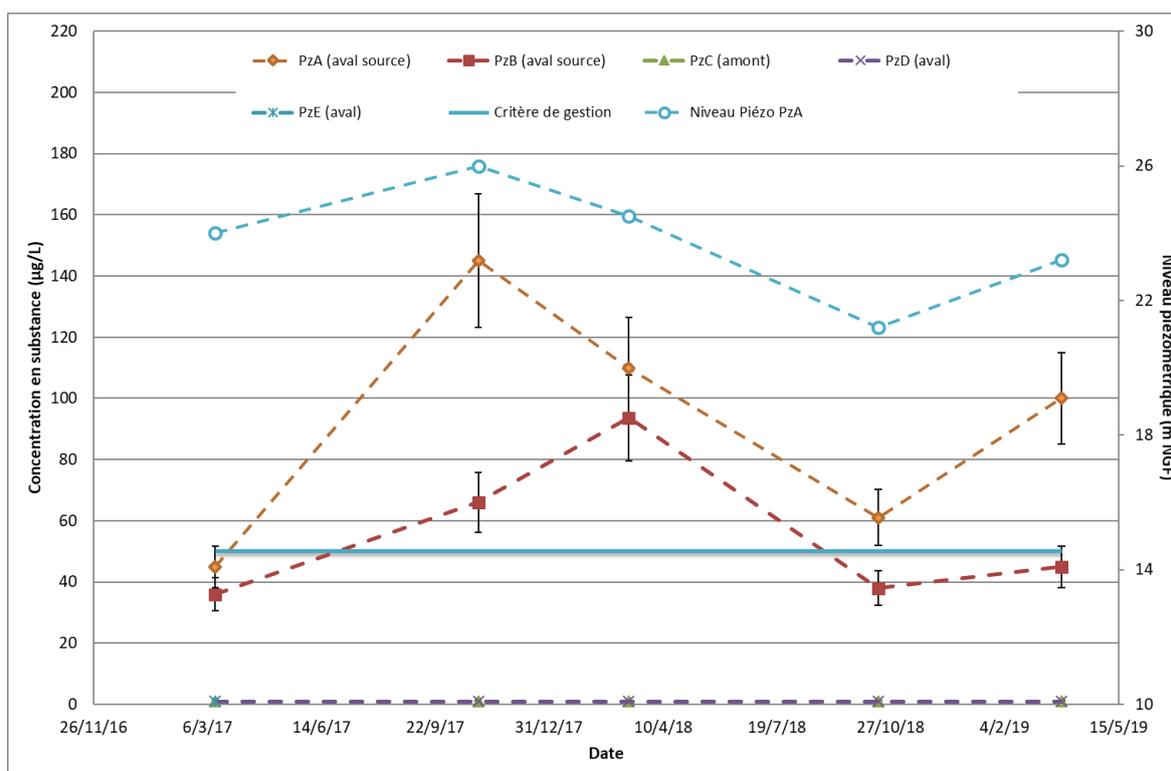


Figure 26 : Évolution conjointe de la concentration (PzA à PzD) et de la piézométrie sur l'un des ouvrages représentatif (ici PzA)

Sur cette illustration, les concentrations mesurées lors de la dernière campagne sont comparées aux valeurs des campagnes précédentes (au moins 3 à 4 campagnes précédentes et/ou 2 dernières années) et aux critères de qualité des eaux préalablement établis : la concentration dans des environnements non impactés par l'activité du site (ici l'amont avec Pz1) et la valeur réglementaire (ici 50 µg/L).

Il apparaît qu'une baisse des niveaux piézométriques se traduit par une diminution des concentrations en aval de la source notamment (PzA et PzB). *A contrario*, une augmentation des niveaux piézométriques se traduit par une augmentation des concentrations en aval de la source. Ces observations peuvent conduire à émettre l'hypothèse du relargage de polluants dissous lors de la montée du niveau d'eau dans la zone non saturée et de l'existence (persistance) d'une source sol.

Remarques : dans certains cas, seule une analyse piézométrie/concentration ouvrage par ouvrage s'avérera pertinente (le cas présenté ici considère que PzA est représentatif de la situation piézométrique sur l'ensemble de la zone d'étude).

L'évolution de l'épaisseur des phases pures de « flottant » (LNAPL) et/ou « plongeant » (DNAPL) devra être suivie et éventuellement reportée également sur un graphique.

Pour aller plus loin



L'évolution de l'épaisseur de flottant peut varier avec le battement de la nappe et il conviendra de considérer que la mesure effectuée n'est pas celle de l'épaisseur réelle dans l'aquifère, une correction doit en effet être appliquée compte-tenu de la nature du fluide étudié (cette correction est explicitée en annexe G de la norme NF X31-615).

Synthèse sous forme cartographique

Une carte piézométrique, pour chaque nappe étudiée, est nécessaire pour illustrer les résultats de la campagne N (ces cartes peuvent être fournies en annexe). Les informations piézométriques et de concentrations peuvent également être reportées ensemble sur des cartographies afin de faciliter l'interprétation.

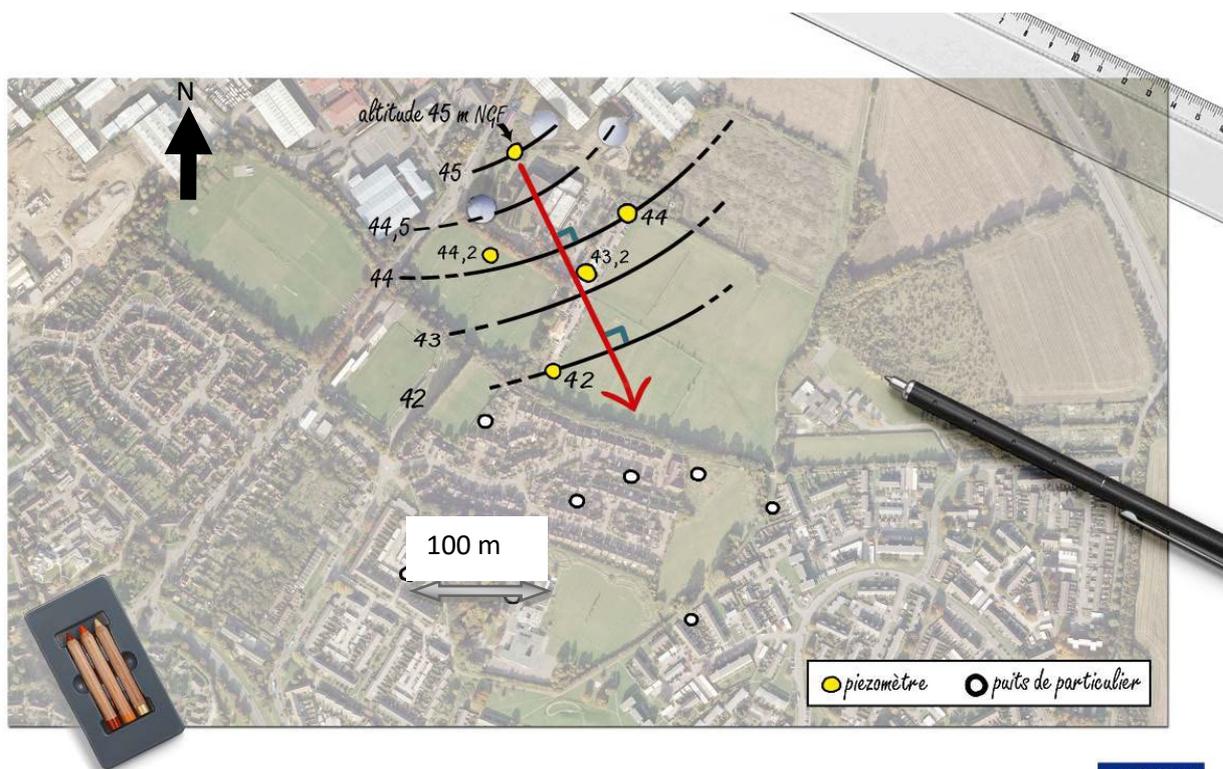


Figure 27 : Carte piézométrique actualisée - campagne N
(avec isopièzes et sens d'écoulement de la nappe)

Évolution des pratiques

Le suivi du niveau piézométrique est généralement réalisé ponctuellement, en lien avec la fréquence des campagnes. Or, la mise en place de sondes automatiques permet d'acquérir une chronique journalière, particulièrement intéressante pour la connaissance du milieu, et *in fine* pour interpréter les résultats d'une autosurveillance et/ou pour dimensionner la gestion d'une pollution de façon proportionnée et adaptée (exemple : définir un niveau maximum, observer la relation avec un cours d'eau, identifier les périodes de « hautes et basses eaux », observer les variations inter et intra annuelles).

Par ailleurs, selon le contexte naturel et les enjeux, le suivi du niveau d'eau dans le(s) cours d'eau et ou plan(s) d'eau proche(s) du site peut s'avérer nécessaire. En parallèle à l'acquisition des données piézométriques, l'analyse de ce niveau (dit limnimétrie), et de son évolution, permet de mettre en exergue des relations entre eau souterraine et eau de surface ainsi que les changements associés de direction et sens d'écoulement de l'eau souterraine transitant au droit du site.



Modalités d'interprétation des données de qualité (constat d'impact) :

- Comparaison aux valeurs précédentes ;
- Comparaison aux critères de qualité des eaux préalablement établis :
 - À l'état initial de l'environnement ;
 - Aux concentrations dans des environnements non impactés par l'activité du site (amont hydraulique) ;
 - Aux valeurs réglementaires;
 - voire à des critères liés à une évaluation des risques.

Il faut raisonner en ordres de grandeur pour les concentrations (incertitudes liées à l'échantillonnage et à l'analyse).



Point d'attention

L'interprétation doit intégrer les incertitudes analytiques et en cas de résultats « anormaux », il conviendra de vérifier le résultat avec le laboratoire, de revenir aux fiches de terrain, voire de refaire une campagne avant d'enclencher des actions correctives (cf. chapitre III).

L'interprétation s'appuie également si nécessaire sur :

- La(les) date(s) de changement de laboratoire, de méthodes analytiques et/ou de prestataire d'échantillonnage ;
- La(les) date(s) de travaux, sur ou autour du site.

Ces informations sont disponibles si un bilan quadriennal a été réalisé récemment. Sinon, il conviendra de se rapprocher du donneur d'ordre afin de disposer d'informations récentes pour interpréter les résultats.

Ainsi, en cas d'évolution « anormale », d'inversion de tendance (récente) ou de dépassement d'un critère de gestion (concentrations amont, valeur réglementaire notamment) ; le rapport de surveillance tente d'expliquer ce constat en se basant sur :

- Les événements « anthropiques » survenus récemment (changement de protocole, travaux, mise en place ou arrêt d'un pompage, etc.) ;
- Les événements « naturels » survenus récemment (précipitations très élevées ou très faibles, atténuation naturelle d'une pollution résiduelle, etc.).

Remarque : à défaut d'enregistrements du niveau piézométrique en continu sur le site, l'utilisation de chroniques piézométriques pour un point du réseau de surveillance des nappes (site ADES), proche du site et dans un même contexte hydrogéologique, peut s'avérer utile.

Exemples de rédaction

L'absence d'impact constaté est cohérente avec la bonne maîtrise des émissions du site et l'absence d'incident survenu depuis la dernière campagne de XXX.

Depuis la dernière campagne, les concentrations en XX et YY ne montrent pas d'évolution significative ce qui indique un état stationnaire du panache.

L'évolution observée sur la teneur en oxygène dissous (quasi disparition) et le potentiel d'oxydo-réduction (diminution) montrent que la nappe subit un impact par un produit dégradé qui induit une consommation de l'oxygène par des bactéries.

La régression du panache est confirmée, les concentrations en XX et YY indiquant de nouveau la diminution observée lors de la campagne précédente.

Les concentrations en XX et YY mesurées dans la nappe superficielle sont plus importantes que lors de la campagne précédente, ce constat peut s'expliquer par le niveau exceptionnellement haut de la nappe ayant pu occasionner une remise en solution de polluants situés en zone non saturée.



Point d'attention



En cas de déversement accidentel, l'atteinte éventuelle de la nappe va dépendre des volumes concernés et des temps de transfert en zone non saturée, il faudra tenir compte de ce retard pour qualifier définitivement une absence d'impact. Par exemple, une surveillance renforcée durant 1 mois après la découverte d'une fuite pourrait se révéler être une mesure insuffisante pour identifier une dégradation de la qualité des eaux souterraines à un ouvrage situé 200 m à l'aval et avec une zone non saturée épaisse de 10 m.

Évolution des pratiques



L'absence de justification de l'évolution des concentrations observées depuis la dernière campagne et de mise en perspective par rapport aux événements récents sur et autour du site n'est pas acceptable au regard de l'objectif d'un rapport de surveillance.

6.5 Recommandations et perspectives

Si le dépassement d'un critère de gestion est observé au cours de la campagne menée, il faut donc (cf. Chapitre 3) :

- Vérifier les incertitudes sur l'échantillonnage et l'analyse (contacter le laboratoire ou la personne en charge de la campagne si besoin), rechercher une explication liée à des travaux récents auprès du donneur d'ordre ;
- Procéder à une nouvelle campagne si la démarche précédente ne permet pas d'expliquer le résultat ;
- Engager une réflexion plus poussée en réalisant en premier lieu une étude documentaire pour déterminer l'origine de ce constat, puis en mettant en œuvre dans un second temps des diagnostics complémentaires, en particulier si la tendance se confirme.

Lorsque les concentrations dans les ouvrages situés en aval hydraulique dépassent les critères de gestion, il faut implanter un ou plusieurs ouvrages complémentaires afin de connaître l'étendue de la zone impactée (dans le cadre d'un plan de gestion et/ou d'une interprétation de l'état des milieux). En cas d'extension du panache hors site, cette démarche permettra de mener à bien l'IEM, de vérifier la compatibilité entre usages et qualité des eaux souterraines.

Comme l'illustre la Figure 28, l'ouvrage le plus en aval permet de circonscrire la zone impactée. Parfois qualifié de sentinelle en présence d'un enjeu, il doit permettre de déterminer l'extension longitudinale du panache.

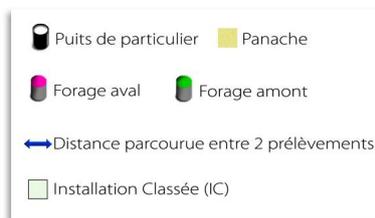
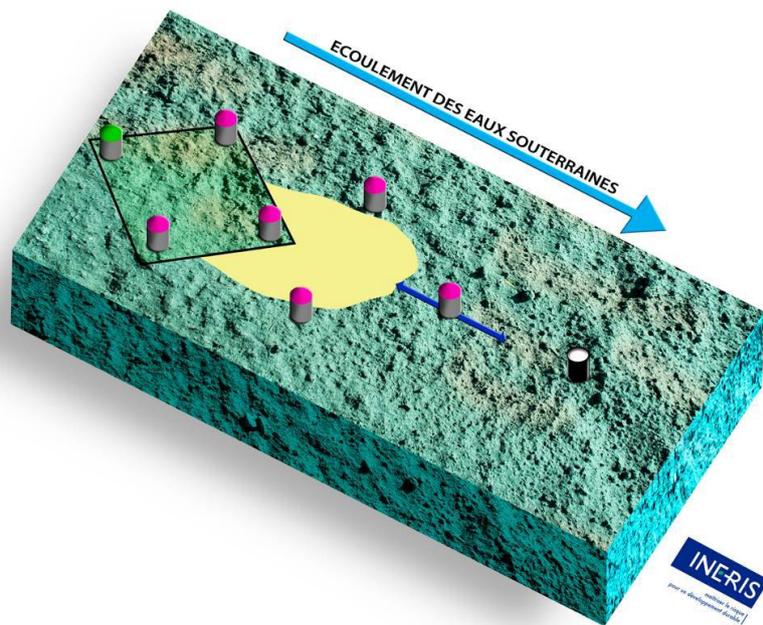


Figure 28 : Réseau de surveillance et localisation d'un ouvrage dit sentinelle (entre la source de pollution et un enjeu)

7. Proposition de trame pour un bilan quadriennal de la surveillance des eaux souterraines

Le bilan quadriennal a pour objectif la mise en perspective des résultats acquis au cours de l'ensemble des campagnes de surveillance, un bilan quadriennal étant recommandé par la méthodologie de 2017. Le bilan quadriennal doit notamment permettre de vérifier la pertinence du réseau au regard d'évolutions constatées : sur la piézométrie (des pompages ayant pu modifier l'écoulement, etc.), sur les concentrations (apparition ou évolution d'un panache) et/ou sur le contexte (apparition/disparition d'enjeux).

Point d'attention



Lorsqu'une surveillance environnementale est en place, il est recommandé de réaliser un bilan de cette surveillance, par exemple, tous les quatre ans. Il ne s'agit en aucune manière de modifier les modalités de la surveillance déjà en place pour les ramener à une fréquence quadriennale, mais bien d'analyser et d'exploiter régulièrement les résultats de la surveillance environnementale lorsqu'elle est requise et en place, pour l'adapter aux évolutions constatées.

Au final, cet examen approfondi des résultats de surveillance justifie les propositions d'évolution du réseau qui s'avèrent nécessaires, que ce soit pour le nombre de points, la fréquence de surveillance et/ou les substances/paramètres considérés. L'argumentaire développé peut s'appuyer sur des outils statistiques et géostatistiques si le nombre et la qualité des données le permettent.

Un modèle de bilan quadriennal a été développé, l'objectif étant, comme pour le rapport de surveillance, d'harmoniser les pratiques et d'apporter un cadre méthodologique en incluant des modèles d'illustrations attendus. Ces propositions correspondent à un minimum, et d'autres informations et illustrations sont à ajouter au regard du contexte.

Le bilan quadriennal s'articule autour de 5 chapitres et comporte des annexes. Certains chapitres sont identiques à ce qui est attendu dans le rapport de surveillance, cependant, le niveau de détail exigé est plus élevé dans le cadre d'un bilan quadriennal. Une fiche pratique développe les éléments présentés ci-dessous.

SOMMAIRE

*Synthèse

Résumé technique et non technique

1- Contexte de gestion

2- Références documentaires et référentiels méthodologiques

3- Surveillance des eaux souterraines (mises à jour)

rappels sur contexte naturel et source(s) de pollution,

mise en place de la surveillance,

synthèse des évolutions de la surveillance,

situation actuelle,

schéma conceptuel.

4- Bilan de la surveillance des eaux souterraines

5- Recommandations et perspectives

Annexes (selon le cas) :

extrait de l'Arrêté Préfectoral (volet surveillance du milieu eau souterraine),

plan de localisation des ouvrages et coupes,

cartes piézométriques illustrant les différents régimes d'écoulement (hautes eaux et basses eaux à différentes périodes si nécessaire) pour chaque nappe surveillée,

campagne initiale (définition de l'état initial),

étude hydrogéologique préalable ayant servie de base à la définition du réseau,

synthèse (tableau et graphique) des résultats (mesures et analyses).

*La synthèse intègre une check-list (fiche qui suit à compléter par le rédacteur du bilan quadriennal) : cette dernière liste les éléments intégrés au bilan quadriennal et les éventuelle(s) remarque(s) liée(s) à l'impossibilité de traiter un aspect.



Évolution des pratiques

Le fait de disposer d'une synthèse permettra d'homogénéiser les pratiques et de faciliter le traitement de l'information et au final d'améliorer la surveillance du milieu.

Tableau 7 : Check-list pour les bilans quadriennaux

Place dans le sommaire proposé	Informations à intégrer	Sources potentielles d'informations	Cocher si traité	Commentaires
Résumé non technique et résumé technique	Synthèse des principales évolutions constatées			
Contexte de gestion	Cadre de la surveillance (surveillance préventive, surveillance post accidentelle, etc.)	Arrêté Préfectoral		
	Critères de gestion (valeurs de concentrations pour substances suivies ou niveaux de flottants, etc.)	Arrêté Préfectoral ou rapports techniques antérieurs (Plan de gestion, etc.)		
Références documentaires et méthodologiques	Référentiels utilisés			
Surveillance des eaux souterraines	Contexte naturel et source(s) de pollution	Rapports antérieurs et/ou bases de données (Infoterre, BASOL, BASIAS, etc.)		
	Mise en place de la surveillance et évolution(s)	Étude hydrogéologique ayant servi à la définition du réseau ou précédent bilan quadriennal (avec évolution)		
	Présentation du suivi actuel (points, substances / paramètres, fréquence)	Étude hydrogéologique ayant servi à la définition du réseau ou précédent rapport de surveillance, bilan quadriennal Arrêté Préfectoral		
	Présentation des caractéristiques des ouvrages (diamètre, position des crépines, niveaux d'eau) et résultats du nivellement (par un géomètre) avec indication du niveau repère	Rapport(s) de forage Rapport(s) de nivellement		
	Schéma conceptuel actualisé (intégrant les ouvrages de surveillance)	Informations actualisée (substances, enjeux, direction/sens d'écoulement, etc.) sur la base d'une visite, d'échange avec le donneur d'ordre ou la consultation de bases de données		
Bilan de la surveillance des eaux souterraines	Évolution constatée concernant les écoulements - Cartes piézométriques - Graphes d'évolution temporelle	Résultats des mesures (niveaux) Fiche(s) de prélèvement		
	Évolution constatée concernant la qualité des eaux souterraines (concentrations et paramètres physico-chimiques selon le cas) :- Cartes de l'emprise du panache - Graphes d'évolution temporelle - Tableau de synthèse	Résultats des mesures (physico-chimiques) Fiche(s) de prélèvement Bordereaux d'analyses		
	Interprétation s'appuyant notamment sur l'évolution vis-à-vis des résultats antérieurs et depuis le début du suivi. Cohérence avec les événements « anthropiques » et/ou « naturels » survenus	Rapports de surveillance et bilans quadriennaux antérieurs Échanges avec donneur d'ordre, etc. Consultation de bases de données (météo par exemple)		
	Questionnement vis-à-vis de l'optimisation de la surveillance actuellement menée : Réponses aux questions à se poser (cf. guide MTE, « Evolution et arrêt de la surveillance des eaux souterraines »)	Informations acquises précédemment Tableaux de questionnement sur : « évolution portant sur les ouvrages de surveillance », « évolution portant sur la fréquence de surveillance », « évolution portant sur le nombre de substances / paramètres suivis »		
	Évaluation temporelle (optionnelle)	Outil statistique		
	Évaluation spatiale (optionnelle)	Outil géostatistique		
Recommandations et perspectives	Si besoin, propositions d'actions à engager afin d'optimiser la surveillance			

8. Fiche Pratique 2 - Bilan quadriennal

SYNTHÈSE (cf. check-list présentée précédemment à compléter par le rédacteur du bilan quadriennal).

8.1 Contexte de gestion

Objet : ce premier chapitre donne une description du cadre de l'intervention.

Cf. Rapport de surveillance

Ce chapitre est pour partie similaire à celui du rapport de surveillance. Il ne porte pas sur les moyens employés pour mener à bien la surveillance du milieu, ceux-ci étant détaillés par la suite au chapitre 3.

Dans le cadre d'un bilan quadriennal, le schéma conceptuel doit être actualisé en conclusion du chapitre 3. En conséquence, il peut ne pas apparaître dans ce premier chapitre ou si c'est le cas, il conviendra **de bien préciser à ce stade qu'il s'agit de la version antérieure non actualisée.**

8.2 Références documentaires et référentiels méthodologiques

Objet : ce second chapitre assure la conservation de la mémoire, la traçabilité des précédentes campagnes, des études réalisées : étude hydrogéologique, diagnostic, études ayant pu conduire à définir des critères de gestion (état initial, environnement local témoin, valeurs de gestion réglementaires).

Les documents consultés doivent être mentionnés : les références des études antérieures, en particulier celles ayant conduit à la définition du réseau de surveillance et des modalités de suivi (étude hydrogéologique, étude historique, diagnostic, etc.), si une étude spécifique a été réalisée elle est jointe pour tout ou partie en annexe.

La liste complète des références et des documents de suivi existants devra être fournie en annexe (rapports de surveillance antérieurs portant sur les campagnes N-1, N-2, etc.).

Les référentiels utilisés sont cités : les normes, guides de bonnes pratiques et protocoles sur lesquels s'appuie la surveillance.

8.3 Surveillance des eaux souterraines (mises à jour)

Objet : ce chapitre présente les éléments constitutifs du réseau de surveillance, son état actuel et les informations liées à la définition de la surveillance, il porte en outre sur la mise à jour de ces informations ce qui peut conduire à proposer une mise à jour du schéma conceptuel.

8.3.1 Rappels sur le contexte naturel et les source(s) de pollution

Cette section permet de donner des informations sur le milieu de transfert « eau » au travers des éléments suivants :

- La géologie via un extrait de la carte géologique ;
- L'hydrogéologie avec le ou les aquifère(s) concerné(s) et leur typologie associée (milieu poreux, fracturé, karstique) ;
- Le type de nappe (libre, captive, semi-captive) ;
- Le réseau hydrographique existant et, si disponibles, des éléments quant aux relations avec les eaux souterraines ;
- Les données climatiques, notamment la pluviométrie.

Cette section permet aussi de donner des informations sur l'état qualitatif de la (les) nappe(s) : informations liées à la campagne(s) de définition d'un état initial (extraits en annexes).

Mise en place de la surveillance (et précédentes évolutions)

Sont reportées ici les informations relatives à la définition du réseau, des ouvrages et à l'évolution de la surveillance voire du site :

- Étude spécifique à introduire si elle existe, avec notamment la justification des choix vis-à-vis de la localisation des points de surveillance, de la fréquence des campagnes, des substances/paramètres suivis (extraits en annexe) ;
- Informations quant à la réalisation des ouvrages à l'aide du rapport de forage, et notamment de la profondeur et de l'équipement (position des crépines) ;
- Information quant au choix du plan d'échantillonnage ;
- Information sur l'évolution de la surveillance (ouvrages dégradés).

8.3.2 Mise à jour du contexte du site

Sont reportées ici toutes les informations pouvant avoir une incidence sur la pertinence de la surveillance actuelle et/ou permettant l'interprétation des données de surveillance :

- Ajout d'une famille de substances dans les procédés, stockage de déchets sur site ;
- Travaux d'extension, d'aménagements ou autres réalisés sur site ;
- la situation de la ou des source(s) de pollution (selon le cas : potentielle, présumée, avérée) ;
- Vieillessement d'un confinement éventuel, sa durée de vie attendue et l'évolution de la source en relation avec cette durée de vie ;
- Accidents/incidents s'étant produit sur site ou au niveau de sites industriel voisins ;
- Enjeux ou captage industriel qui ne sont plus à considérer ou inversement, etc.

La description de la surveillance en cours s'appuie sur une carte comprenant une échelle graphique et le Nord.

Cf. Rapport de surveillance

8.3.3 Synthèse chronologique des événements survenus depuis la mise en place de la surveillance

Une synthèse chronologique des événements survenus depuis la mise en place de la surveillance est proposée. Cette synthèse souligne les événements particuliers tels que :

- Des travaux;
- L'arrêt ou le démarrage de pompes ;
- Des changements de prestataires pour l'échantillonnage ou l'analyse.

Tous les éléments susceptibles d'expliquer des anomalies observées dans les résultats de surveillance et éventuellement des modifications de tendance, dépassement de critères de gestion sont à prendre en compte. L'histoire de la surveillance du site peut être tracée par exemple dans un tableau, il peut ensuite être repris dans le cadre de futurs rapports de surveillance.

Tableau 8 : Tableau reprenant les évolutions de la surveillance (les modifications survenues)

		Aménagements	Intervention terrain	Laboratoire d'analyse	Modification substances / paramètre	Modification fréquence	Modification ouvrage	Modification outils et protocoles
2010	Campagne 1 février		Prestataire 1	Prestataire 1			Mise en place de XX	Purge à la pompe immergée puis bailer
	Campagne 2 mai				Ajout de la substance XX			
	Campagne 3 septembre	Excavation de la zone XX					Ajout de XX	
	Campagne 4 décembre							
2011	Campagne 1 mars				Abandon de la substance XX			
	Campagne 2 mai	Aménagement XX					Abandon de XX car aménagement de XX	
	Campagne 3 octobre					Trimestrielle à semestrielle		

2016	Campagne 1 mars		Prestataire 2					
	Campagne 2 octobre							
2017	Campagne 1 mars			Prestataire 2				Purge à la pompe immergée puis prélèvement avec la même pompe (débit diminué)
	Campagne 2 octobre							

Bonne pratique



Lorsque le protocole de prélèvement est modifié (exemple : abandon d'un bailer et utilisation d'une pompe immergée ; changement de laboratoire avec préparation de l'échantillon différente, etc.), l'information doit clairement apparaître dans les rapports de surveillance ultérieurs et également dans le bilan quadriennal. Il convient, dès la première campagne où la modification est appliquée, de réaliser l'échantillon en doublon sur tout ou partie du réseau afin de caractériser l'éventuel écart induit par les modifications du protocole. Cette démarche est éventuellement à poursuivre sur plusieurs campagnes selon les premiers résultats, le contexte et l'enjeu associé à la surveillance du milieu eau souterraine.

8.3.4 Situation actuelle

En accord avec les éléments de la synthèse qui précède, sont indiqués, sur une carte et/ou un tableau, afin de présenter l'état actuel :

- Les points de surveillance ;
- La(es) direction(s)/sens d'écoulement (plusieurs cartes si nécessaires pour intégrer des variations saisonnières et la présence de plusieurs nappes surveillées) ;
- La situation mise à jour des enjeux.

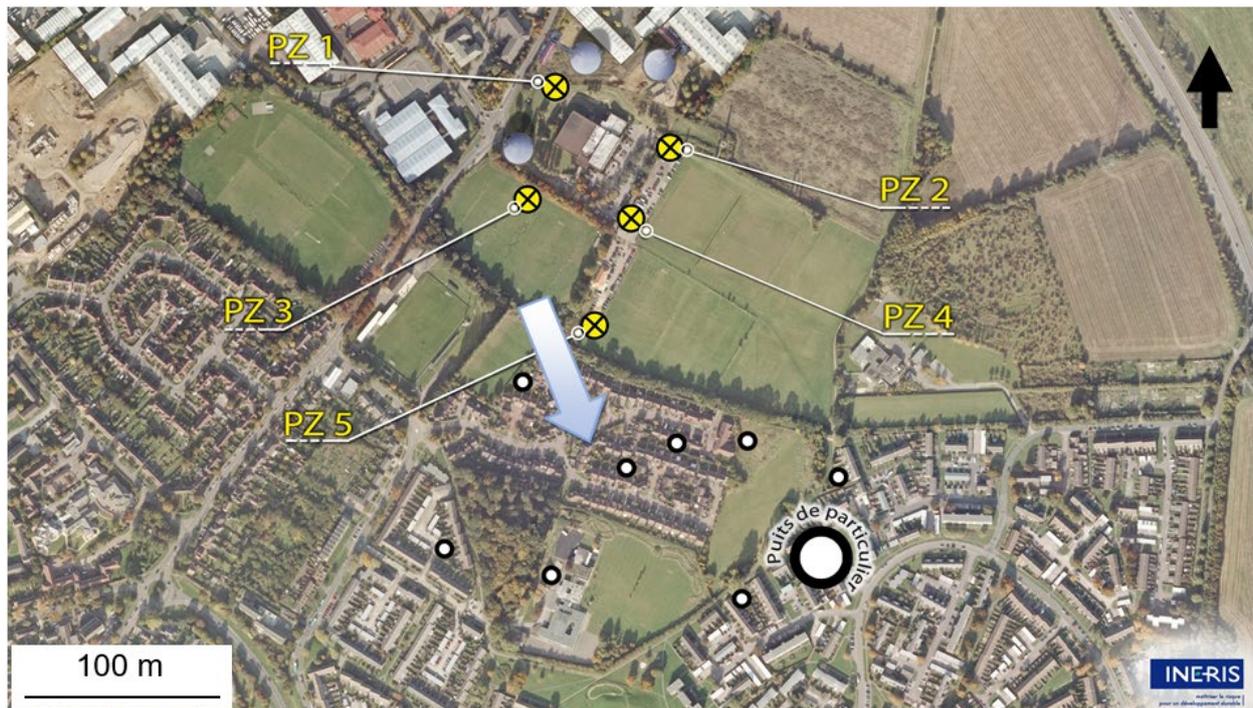


Figure 29 : Surveillance actuelle des eaux souterraines
(sens d'écoulement en basses eaux donné par la flèche)

Les protocoles de prélèvement sont synthétisés dans un tableau qui reprend : le type de purge éventuellement pratiquée, sa profondeur et son débit, la position et le mode de prélèvement (avec également matériel utilisé et débit appliqué s'il s'agit d'une pompe).

Cf. Rapport de surveillance

Évolution des pratiques

Il peut être nécessaire de vérifier l'état des ouvrages. Cette étape s'appuie notamment sur une mesure du rabattement en pompage et son évolution dans le temps, voire sur une inspection caméra (ces informations sont reportées sur les fiches de prélèvement, cf. norme NF X31-615). Il est à noter qu'un ouvrage de surveillance a une durée de vie limitée et qu'un état des lieux régulier et une inspection caméra tous les 8 ans sont recommandés (deux bilans quadriennaux).

Mesures initiales pouvant être recommandées sur un ouvrage afin de juger de son état au fil du temps :

- mesure profondeur (sédimentation);
- piézométrie (en m NGF);
- diagraphie (pH, T, Eh, conductivité).
- « essai de pompage » (mesure du rabattement/débit).



Synthèse des ouvrages de surveillance et principales caractéristiques

Les caractéristiques et informations quant à l'état des ouvrages permettant d'accéder aux eaux souterraines sont importantes. L'illustration de ces éléments apporte une vision des points de surveillance, de la qualité de l'information qui en est issue. Un exemple est donné sur la Figure 30 ci-après.

Les informations reportées dans ce cadre sont à moduler selon le cas mais *a minima* sont reportées, les altitudes en m, la position des crépines, l'état actuel et la situation de l'ouvrage (amont hydraulique, etc.). Cette illustration est enrichie selon le cas par des niveaux piézométriques, les niveaux échantillonnés, la présence d'obstacles (obstruant totalement ou partiellement le tubage, cf. cas des Pz5 et Pz7), etc. La présence de cette illustration ne dédouane pas, en particulier dans le cadre d'un bilan quadriennal, de l'obligation de fournir en annexe les informations obtenues de la part des foreurs.

Remarque : il arrive parfois que les crépines aient été réalisées manuellement à partir de tubes pleins (pratique à proscrire pour assurer la cohérence de l'ouverture de la crépine). Toutefois, si cette pratique est constatée sur la base d'une inspection caméra par exemple, cette observation doit être inscrite pour en assurer la traçabilité.

Cette synthèse peut également être reprise dans le cadre de futurs rapports de surveillance.

Évolution des pratiques

Lors d'un premier bilan quadriennal, pour vérifier la pertinence des points de surveillance, il convient de rechercher et d'analyser les informations suivantes à partir des rapports de forages :

- L'argumentaire justifiant les choix d'équipement retenus (diamètre, zone crépinée, massif filtrant, etc.) ;
- un descriptif du matériel (foreuse, pompes, outils divers, compresseur, etc.) ;
- l'organisation du chantier, ainsi que les précautions mises en œuvre pour éviter d'éventuelles pollutions ;
- les caractéristiques physico-chimiques des divers fluides utilisés sur le chantier (boues, carburants, huiles hydrauliques, lubrifiants, etc.) ;
- les diverses phases de réalisation ;
- le mode de développement (mise à l'eau claire, type de pompage, éventuels traitements à l'acide ou à l'hexamétaphosphate, etc.).



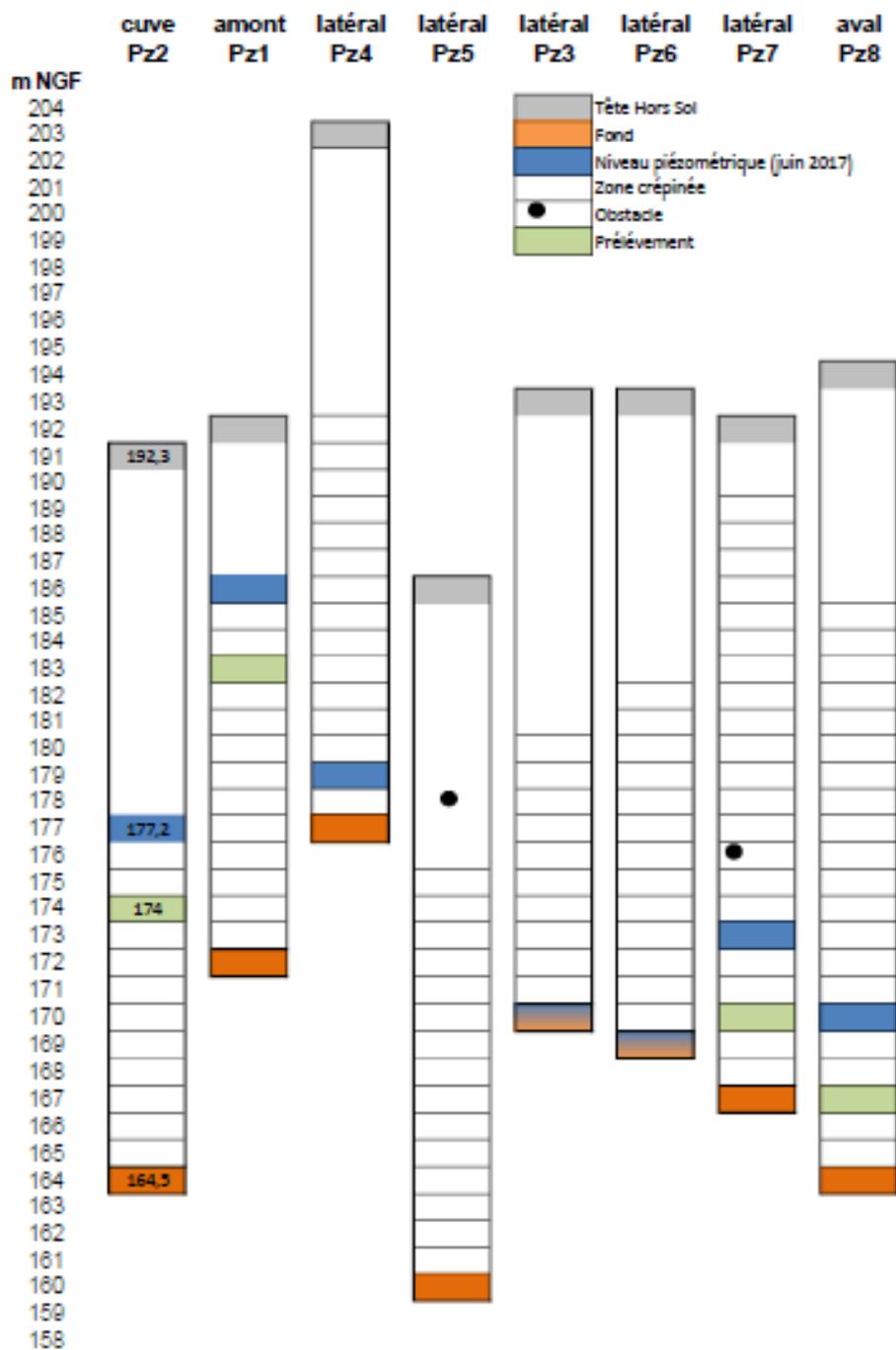


Figure 30 : Illustration reprenant les caractéristiques des ouvrages intégrés au réseau de surveillance

8.3.5 Schéma conceptuel

Au regard des éléments de ce chapitre, les relations entre Source(s) - Transfert - Enjeux sont illustrées via un schéma conceptuel actualisé. Comme indiqué, le précédent schéma peut être intégré au chapitre 1 afin de mettre en avant des évolutions.

8.4 Bilan quadriennal de la surveillance des eaux souterraines

Objet : ce chapitre se base sur ce qui précède pour dresser un bilan quadriennal de la surveillance menée depuis plusieurs années et intégrant l'ensemble des informations disponibles, il doit conduire à proposer si besoin des évolutions en s'appuyant sur des éléments factuels issus du chapitre précédent (abandon d'un captage d'alimentation en eau potable (AEP), ouvrage non adapté, etc.).

Ce chapitre présente l'interprétation, **depuis le début de la surveillance**, en intégrant les facteurs explicatifs anthropiques et/ou naturels de :

- L'évolution des écoulements ;
- L'évolution de la qualité des eaux souterraines.

Tout bilan quadriennal doit conduire à un questionnement sur la surveillance actuelle.

À partir de là, une optimisation peut être jugée nécessaire et conduite selon deux approches :

- Une évaluation « qualitative » ;
- Une évaluation « quantitative » ; complémentaire à l'évaluation « qualitative », elle peut permettre de justifier les propositions d'évolution de la surveillance tout en se basant sur des tests statistiques :
 - Évaluation temporelle (recherche de tendances, etc.) ;
 - Évaluation spatiale (recherche de redondance entre ouvrages, d'ouvrages manquants, etc.).

Ces tests permettent de traiter notamment les sites avec une quantité de données importante et sans *a priori*.

Contrairement au rapport de surveillance, le bilan quadriennal intègre donc l'analyse des évolutions observées sur l'ensemble de la chronique à disposition ou autrement dit depuis le début de la surveillance.

Comme indiqué, l'interprétation des données acquises sur le long terme se base, comme dans le cadre d'un rapport de surveillance, sur la recherche d'événements « anthropiques » ou « naturels » permettant d'expliquer une observation telle que :

- Une évolution « anormale », l'inversion de tendance ;
- Un dépassement d'un critère de gestion (concentrations amont, valeur réglementaire par exemple).

Dans ce cas, la recherche de l'origine de ce constat porte sur :

- Les événements « anthropiques » survenus (changement de protocole, travaux, mise en place ou arrêt d'un pompage, etc.) ;
- Les événements « naturels » survenus (précipitations très élevées ou inversement, atténuation naturelle d'une pollution résiduelle, etc.).

Les illustrations qui suivent apportent des exemples d'évolutions liées à l'Atténuation Naturelle (AN) des polluants (exemple 1) et à la mise en solution d'une source présente en zone non saturée d'un aquifère lors de la remontée du niveau piézométrique (exemple 2).

Exemple 1

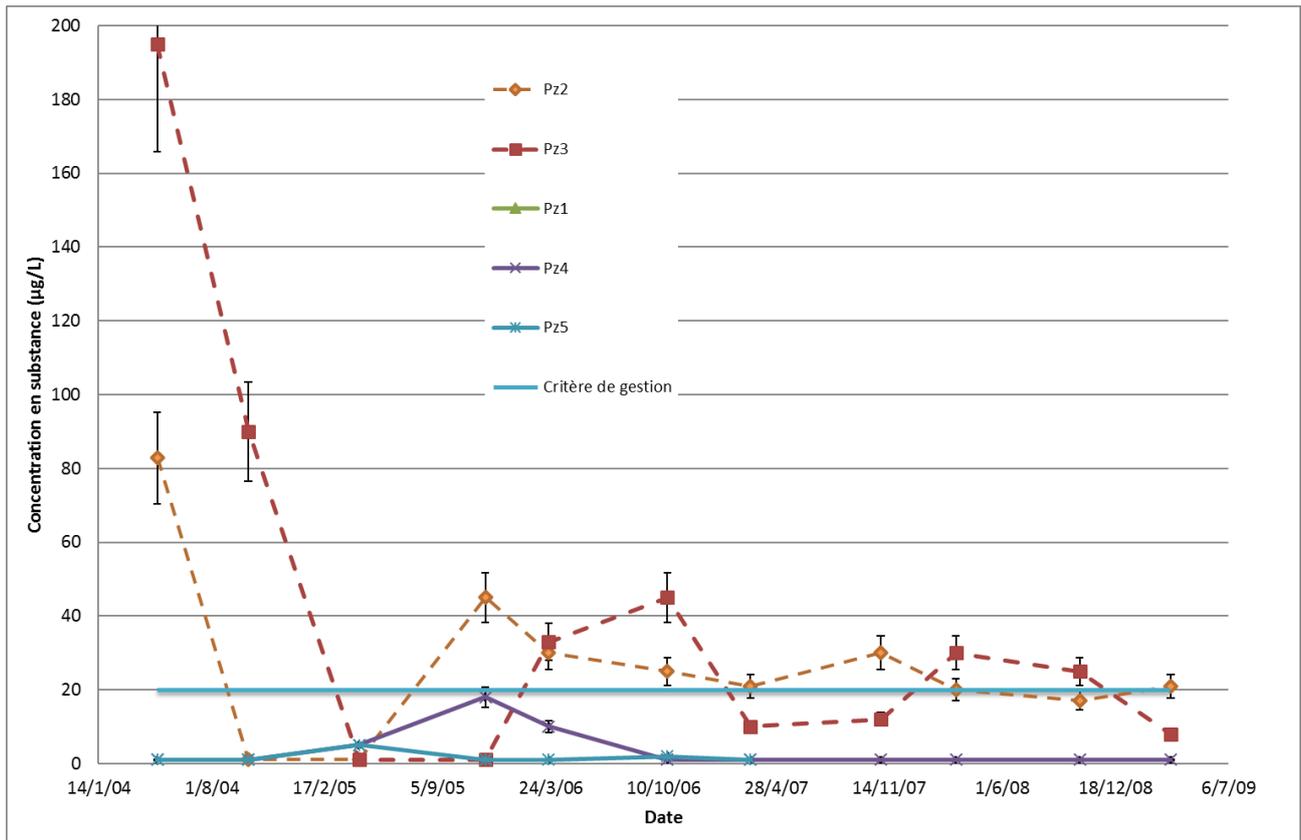


Figure 31 : Évolution des concentrations observées sur l'aquifère XX entre 2004 et 2008 pour la substance X biodégradable

Les concentrations diminuent nettement après le traitement de la source de pollution entre la fin 2004 et le début d'année 2005 (précédente action de maîtrise de la source). Depuis 2005 et après une phase de rebond (augmentation), les concentrations ont tendance à de nouveau baisser entre 2006 et 2009. Cette observation est associée à des indices de biodégradation (suivi pH, E_H , oxygène dissous, nitrates, etc.) : l'AN du polluant attendue sur ce site est bien effective (à démontrer via d'autres éléments dans le cadre d'une démarche spécifique).

Remarque : la piézométrie est étudiée en parallèle sur d'autres graphiques.

Exemple 2

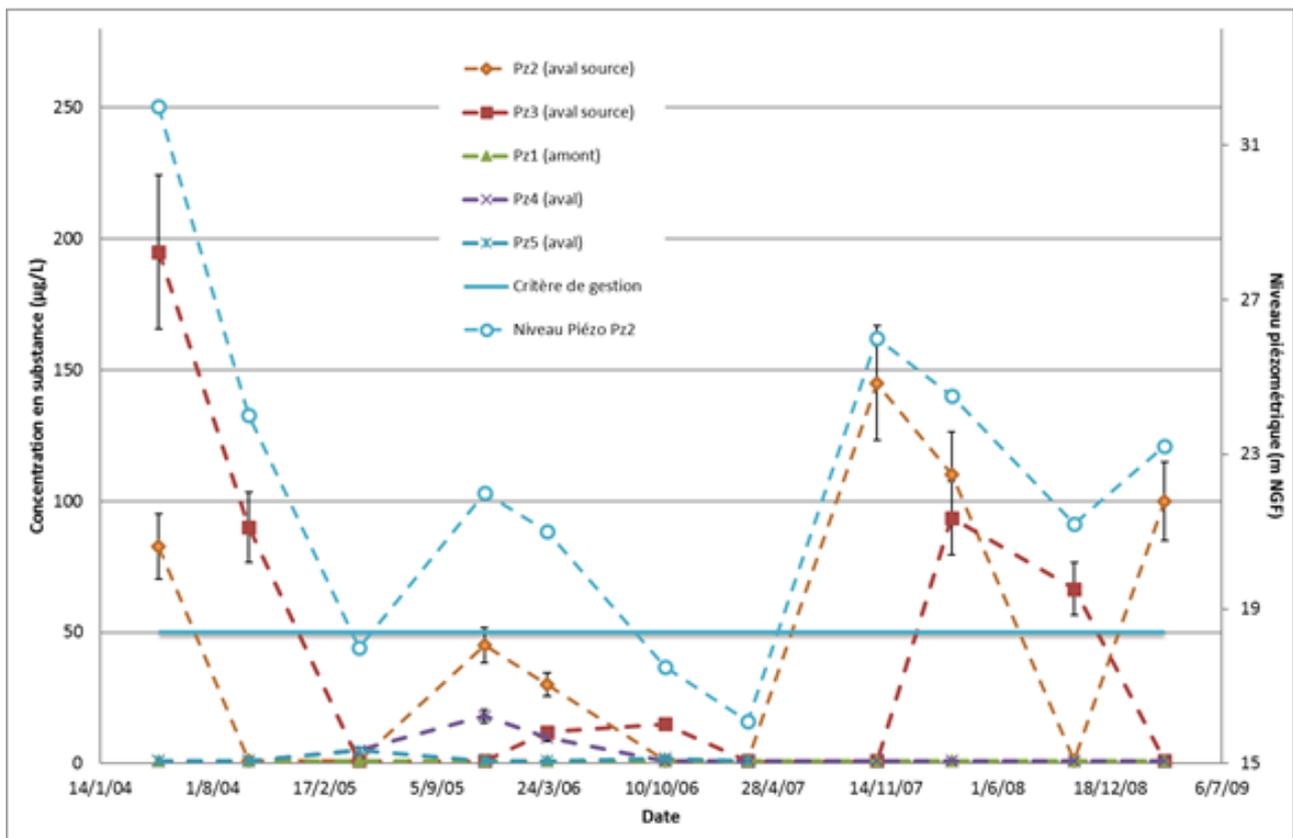


Figure 32 : Évolution conjointe de la concentration observée en différents points dans l'aquifère XX entre 2004 et 2008 pour la substance X et de la piézométrie sur le site reportée pour le Pz2

Un niveau de la nappe élevé (illustrer sur le graphe via les mesures en Pz2) correspond à une augmentation des concentrations en aval de la zone source (Pz2 et Pz3). Ce phénomène est observé sur toute la période de surveillance de 2004 à 2008 : une remobilisation de la pollution est ainsi observée lors de chaque remontée de la nappe.

Remarque : si sur un site les piézométries sont très différenciées selon les ouvrages, il faudra présenter un graphique reprenant les niveaux mesurés au cours du temps sur tous les ouvrages.

Exemples de rédaction

- Après enquête auprès de l'exploitant, le pic de concentration en XX observé lors de la campagne de XX peut s'expliquer par une perte lors du remplissage de la cuve de XX le XX ;
- Les concentrations mesurées sont corrélées au niveau de la nappe, ceci indique vraisemblablement qu'une partie de la pollution se situe dans la zone de battement de la nappe ;
- Les faibles piézométries mesurées sur les 4 dernières années s'expliquent par la faible pluviométrie sur cette période. La baisse des concentrations associée peut s'expliquer par une source de pollution qui se retrouve alors hors d'eau et/ou par une plus faible lixiviation par les eaux météoriques des polluants persistants en zone non saturée.



Selon le cas, une interprétation des données physico-chimiques (T, pH, E_H, conductivité, oxygène dissous) est également réalisée pour mettre en avant un phénomène, étayer l'interprétation.

8.4.1 Évaluation qualitative

L'évaluation qualitative est à mener dans tous les cas lors d'un bilan quadriennal. Elle repose sur des questions dont les réponses sont apportées au regard des informations qui précèdent. Un ensemble de questionnements permet de mettre en exergue certains éléments qui conduisent à argumenter quant à la nécessité d'une évolution de la surveillance et des points à reconsidérer (par exemple la fréquence).

Un guide spécifique présente la démarche proposée pour évaluer la recevabilité d'une demande d'évolution ou d'arrêt de la surveillance (guide « Evolution et arrêt de la surveillance des eaux souterraines » dans sa version en vigueur) et liste les questionnements à avoir.

Point d'attention



Deux exemples d'évolutions qui peuvent être proposées suite à cette évaluation :
L'abandon d'un AEP conduit à proposer l'abandon de l'ouvrage d'alerte destiné à contrôler un éventuel impact sur cet enjeu.

Une crépine localisée sous le niveau piézométrique (ou de la nappe) ne permet pas de suivre des produits dits « flottants » ainsi que l'épaisseur de cette phase surnageante (cas des BTEX en phase pure : LNAPL). Si tel était son objectif, l'ouvrage doit être remplacé.

8.4.2 Évaluation quantitative

Cette approche quantitative nécessite un minimum de données (nombre d'ouvrages, nombres de campagnes) pour être menée, elle vient en complément de l'analyse qualitative.

L'évaluation quantitative d'une tendance à partir des résultats disponibles peut s'appuyer sur l'utilisation d'outils statistiques (« étude des chroniques ») dédiés à l'analyse des tendances.

L'évaluation quantitative de la redondance ou du manque d'ouvrages peut être menée à l'aide d'outils géostatistiques.

Pour aller plus loin



L'outil HYPE permet l'étude statistique des chroniques d'évolution de la qualité des eaux souterraines. Il intègre les méthodes statistiques les plus puissantes et robustes dans ce domaine spécifique. Informations et téléchargement sur le site du BRGM.

<https://www.brgm.fr/fr/logiciel/hype-outil-caracterisation-evaluation-tendances-evolution-temporelle-qualite-eaux>.

8.5 Recommandations et perspectives

Ce dernier chapitre reprend le cadre et l'objectif de la surveillance et donne une synthèse des conclusions en termes d'évolution : nécessaires ou non, et si oui quelle(s) recommandation(s) au regard de l'évaluation qualitative voire quantitative menée.

Exemples de rédaction

Abandon voire remplacement d'ouvrages :

Pz4 – abandon sans remplacement

Texte : Pourquoi et où ?

Pz10 – abandon et remplacement

Texte : Pourquoi et où ?

...

Ajout d'un ouvrage :

Texte : Pourquoi et où ?



Point d'attention

Une demande d'évolution de la surveillance à la baisse sans justification aucune et alors que les concentrations mesurées ne montrent pas de tendance à la baisse et sont supérieures aux critères de gestion retenus ne peut être acceptée.



Annexe 1 : La Directive Cadre sur l'Eau ou DCE

Comme développé dans la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués du 19 avril 2017, dans le domaine de la protection du milieu eau (eau de surface et eau souterraine), les exigences de la réglementation nationale proviennent pour une part importante de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) du 23 octobre 2000 (directive 2000/60) qui vise à donner une cohérence à l'ensemble de la législation nationale en lien avec la politique communautaire dans ce domaine. Elle définit un cadre pour la gestion et la protection des eaux par grand bassin hydrographique au plan européen avec une perspective de développement durable.

La DCE fixe des objectifs pour la préservation et la restauration de l'état des eaux superficielles (eaux douces et eaux côtières) et pour les eaux souterraines. L'objectif général est d'atteindre le bon état des différents milieux sur tout le territoire européen.

Parmi les objectifs environnementaux cités dans l'article 4 de la DCE (paragraphe 1), on peut citer les suivants :

- « Les États membres mettent en œuvre les mesures nécessaires pour prévenir ou limiter le rejet de polluants dans les eaux souterraines et pour prévenir la détérioration de l'état de toutes les masses d'eau souterraines... » ;
- « Les États membres mettent en œuvre les mesures nécessaires pour inverser toute tendance à la hausse, significative et durable, de la concentration de tout polluant résultant de l'impact de l'activité humaine afin de réduire progressivement la pollution des eaux souterraines. ».

L'échéance pour la réalisation des objectifs est fixée à l'année 2027.

Les Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) définissent les orientations nécessaires pour une gestion équilibrée de la ressource en eau, intégrant par ailleurs les mesures nécessaires à la préservation des espaces naturels et de la biodiversité.

Selon la Directive Cadre sur l'Eau, la définition du bon état chimique des masses d'eau souterraine est basée sur le respect des objectifs environnementaux dans les milieux associés aux eaux souterraines et sur le maintien des usages humains et de la production d'eau potable en particulier.

Le point 2.4.5 de l'annexe V de la DCE précise que « les résultats des différents points de surveillance dans une masse d'eau souterraine sont réunis pour la masse tout entière ». Pour qu'une masse d'eau soit en bon état, il faut :

- « Que la valeur moyenne des résultats de la surveillance à chaque point de la masse ou du groupe de masses d'eau souterraine soit calculée ;
- Que, conformément à l'article 17, ces valeurs moyennes soient utilisées pour démontrer le respect du bon état chimique des eaux souterraines. ».

Ces différents articles illustrent bien que le respect des normes de qualité et valeurs seuils doit être vérifié à l'échelle de la masse d'eau. Des moyennes géographiques et temporelles à l'échelle de la masse d'eau doivent être considérées pour en vérifier le bon état. Ces articles montrent également les possibilités de dérogations mises à disposition du gestionnaire de bassin en cas de dépassements locaux de valeurs qui permettent une gestion à l'échelle du bassin.

La loi n° 2004-338 du 21 avril 2004 porte la transposition de la directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau.

Ce contexte est également développé de manière plus approfondie dans la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués du 19 avril 2017.

Compte tenu de leur intérêt dans le cadre de la surveillance des effets de l'activité d'une ICPE sur le milieu eau souterraine et de la gestion des sites pollués, les textes suivants sont mentionnés :

- Arrêté du 17 décembre 2008 modifié établissant les critères d'évaluation et les modalités de détermination de l'état des eaux souterraines et des tendances significatives et durables de dégradation de l'état chimique des eaux souterraines ;
- Arrêté du 17 juillet 2009 relatif aux mesures de prévention ou de limitation des introductions de polluants dans les eaux souterraines. Ce document fixe la liste des substances dangereuses mentionnées à l'article R. 212-9-1 du code de l'environnement relatif à la prévention de l'introduction de toute substance dangereuse dans les eaux souterraines. Il permet au préfet coordonnateur de bassin de fixer des dispositions plus strictes d'interdiction de substances dangereuses ou de limitation de l'introduction de polluants non dangereux lorsque cela est nécessaire pour atteindre le bon état des eaux prévu au IV de l'article L. 212-1 du code de l'environnement. Selon l'article 4 de cet arrêté, « Le programme de mesures (...) comprend toutes les mesures destinées à limiter l'introduction [des] polluants dans les eaux souterraines, de telle sorte qu'elle n'entraîne pas de dégradation ou de tendances à la hausse significatives et durables des concentrations de polluants dans les eaux souterraines. Ces mesures tiennent compte des meilleures pratiques établies, notamment des meilleures pratiques environnementales et des meilleures techniques disponibles » ;
- Arrêté du 27 juillet 2015 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement. Cet arrêté comprend les Normes de Qualité Environnementales (NQE) (concentrations maximales admissibles et de valeurs moyennes annuelles, comme l'exige la DCE) ;
- Arrêté du 7 août 2015 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 établissant le programme de surveillance de l'état des eaux en application de l'article R. 212-22 du code de l'environnement.

À l'échelle d'un site, ce sont les résultats des mesures hors influence du site (en amont) qui vont permettre de statuer sur sa contribution du site à la dégradation des milieux pour les substances liées à l'activité actuelle ou historique menée sur le site.

En cas de constats d'anomalie sur ces milieux et si les diagnostics montrent que la zone étudiée est à l'origine des dépassements, il convient alors de poursuivre le processus de gestion en lien avec les autorités administratives compétentes.

Si la zone étudiée n'est pas à l'origine des anomalies constatées, une information sur le dépassement des valeurs de références doit être fournie aux autorités administratives compétentes (gestionnaire du milieu concerné).



Pour aller plus loin

Portail Légifrance : <https://www.legifrance.gouv.fr/>.

Portail Aida : <https://aida.ineris.fr/>.

Ministère de la Transition écologique et
de la Cohésion des territoires
92 055 La Défense cedex
Tel. 01 40 81 21 22



**MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET DE LA COHÉSION
DES TERRITOIRES**

*Liberté
Égalité
Fraternité*