

DOCUMENT D'ORIENTATION TECHNIQUE N° 3 RELATIF A L'INDICATEUR 6.3.2 DES ODD : SURVEILLANCE ET ÉTABLISSEMENT DE RAPPORTS POUR LES EAUX SOUTERRAINES



Dans le cadre de l'indicateur 6.3.2 des ODD relatif à la qualité des eaux en milieux ambiants, le présent document fournit des orientations techniques supplémentaires sur les défis à relever en matière de surveillance et d'établissement de rapports pour les eaux souterraines. Il accompagne la méthodologie étape par étape et fait partie d'une série de documents et d'études de cas qui fournissent des conseils techniques plus détaillés sur des aspects spécifiques de la méthodologie des indicateurs. Ces documents ont été créés en réponse aux commentaires reçus à la suite de la collecte de données de base de 2017. Ces ressources et d'autres sont disponibles sur la plateforme de connaissances de l'indicateur 6.3.2 (<https://communities.unep.org/display/sdg632>).

Ce document s'adresse aux professionnels qui souhaitent obtenir de plus amples informations sur la manière de mettre en œuvre la méthodologie des indicateurs pour les eaux souterraines et de renforcer la surveillance des eaux souterraines dans leur propre pays. Le document :

1. Fournit des orientations sur l'identification des aquifères et la définition des masses d'eau souterraines.
2. Examine les possibilités d'échantillonnage des eaux souterraines.
3. Aborde la question du choix des paramètres et des rapports de niveau 1 et 2 pour la qualité des eaux souterraines.

INTRODUCTION

Les données de surveillance recueillies pour l'indicateur 6.3.2 des ODD devraient fournir suffisamment d'informations sur l'état de la qualité des eaux en milieux ambiants à l'échelle nationale et permettre de dégager des tendances à long terme. Cela nécessite des données pour les groupes de paramètres de base provenant de sites dans tout le pays, et des mesures à prendre de manière standardisée et cohérente. La première campagne mondiale de collecte de données en 2017 a été nettement moins productive pour les eaux souterraines que pour les eaux de surface, et moins de pays ont communiqué la qualité de leurs eaux souterraines. Cela n'est pas surprenant et a été une caractéristique commune et constante de ces activités dans le passé. Ce document examine les raisons de cette situation et recommande de renforcer les programmes de surveillance des eaux souterraines afin de fournir de meilleures informations sur la qualité de l'eau en milieu ambiant, et de rendre les rapports sur les eaux souterraines plus fiables et comparables.

Ce document a été produit par John Chilton, ancien directeur exécutif de l'Association internationale des hydrogéologues. Mars 2020, au nom du Programme des Nations unies pour l'environnement GEMS/Eau.

POURQUOI LA SURVEILLANCE DES EAUX SOUTERRAINES EST-ELLE PLUS DIFFICILE QUE CELLE DES EAUX DE SURFACE ?

De nombreuses raisons expliquent pourquoi les programmes de surveillance de la qualité de l'eau ne fournissent pas les informations qu'ils devraient. La surveillance doit être considérée comme un cercle ou une chaîne continue (CEE-ONU, 2000), partant des besoins en informations et passant par la stratégie de surveillance, la conception du réseau, l'échantillonnage, l'analyse, le traitement des données, l'analyse et l'établissement des rapports pour fournir des informations de manière claire et ponctuelle. Si une étape ou un maillon de la chaîne (Figure 1) n'est pas entrepris de manière adéquate, l'ensemble du processus peut ne pas générer de données utiles. Les facteurs communs d'échec proviennent de :

- ne pas définir les besoins en informations et les objectifs du programme de surveillance ;
- ne pas tenir suffisamment compte du cadre physique dans la conception du réseau ;
- une planification insuffisante du prélèvement, de la manipulation, du stockage et de l'analyse des échantillons ;
- le manque de contrôle et d'assurance de la qualité ;
- une mauvaise gestion et interprétation des données qui en résultent ;
- l'absence d'analyse, de retours et de modifications de la conception si nécessaire.

L'objectif spécifique de l'indicateur 6.3.2 est de fournir un mécanisme permettant de déterminer si les efforts déployés pour maintenir et améliorer la qualité de l'eau en milieu ambiant portent leurs fruits, en utilisant des données tirées des programmes de surveillance nationaux, qui auront leurs propres objectifs.

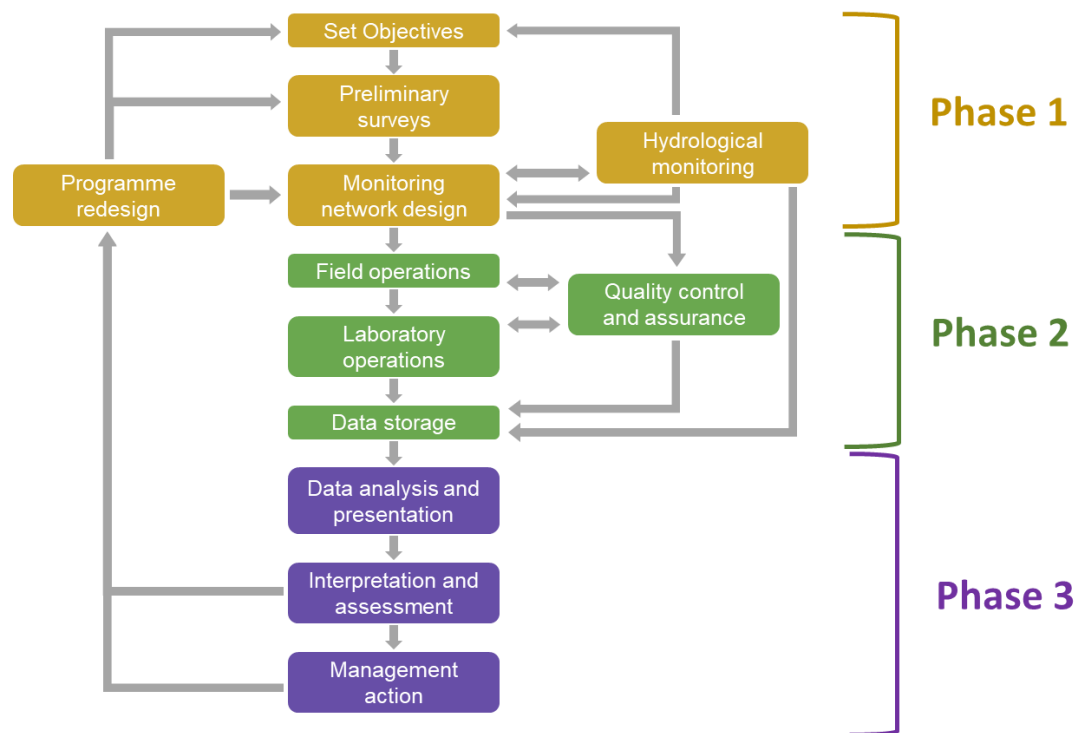


Figure 1. Organigramme de la conception du programme de surveillance de la qualité de l'eau. Modifié d'après Chapman et al. (2005)

Le défi de la surveillance de la qualité des eaux souterraines est fondamentalement différent de celui des rivières et des lacs (IAH, 2017). La surveillance des rivières peut fournir une image composite pour un bassin versant étendu, en neutralisant l'effet des facteurs locaux de la station d'échantillonnage. En général, c'est l'inverse pour les eaux souterraines, pour lesquelles l'influence de facteurs très locaux, tels que la contamination de la tête de puits, la profondeur des puits, les taux de pompage, le captage immédiat et les protocoles d'échantillonnage, peut être dominante. Cela peut fausser le tableau plus général de la qualité des eaux souterraines pour l'aquifère, et doit être compris et pris en compte.

Pour les eaux souterraines, les contraintes générales décrites ci-dessus sont souvent associées à un manque de connaissances hydrogéologiques, ce qui affaiblit à la fois la conception du réseau de surveillance et l'interprétation des résultats. Parfois, cela s'explique par le fait que la surveillance des eaux souterraines est établie par des professionnels des eaux de surface comme une extension d'un programme existant sur les eaux de surface sans tenir compte de l'hydrogéologie ; souvent, les informations hydrogéologiques ou l'expertise des eaux souterraines nécessaires n'existent tout simplement pas. C'est important, car les aquifères, et les masses d'eau souterraine qu'ils contiennent, sont généralement plus complexes que les eaux de surface et beaucoup moins accessibles pour l'échantillonnage. L'inaccessibilité contribue à rendre les eaux souterraines attrayantes comme source d'approvisionnement. Si les aquifères sont moins accessibles, il est probable qu'ils aient une eau naturelle de bonne qualité (à quelques exceptions près) et qu'ils soient protégés des activités polluantes à la surface terrestre. Cependant, une fois polluée, la lenteur du mouvement de l'eau dans l'aquifère signifie que la qualité des eaux souterraines peut prendre des décennies à se rétablir.

La plupart des eaux souterraines ont un temps de séjour beaucoup plus long que les eaux de surface. Cela laisse le temps aux interactions physico-chimiques de se produire entre les eaux souterraines à faible débit et les matériaux formant l'aquifère, et la composition chimique de l'eau peut changer au fur et à mesure de son écoulement (Chilton, 1996). Du point de vue de la surveillance, la lenteur du mouvement signifie qu'en général, les eaux souterraines doivent être échantillonnées moins fréquemment que les eaux de surface, mais l'obtention d'une image représentative de la qualité des eaux souterraines peut nécessiter une plus grande densité d'échantillonnage (IAH, 2017). En outre, la profondeur et la complexité du sous-sol des aquifères ont une incidence majeure sur le choix du point de prélèvement du réseau d'eaux souterraines et sur l'interprétation des résultats obtenus. Les échantillons prélevés dans des puits situés à proximité immédiate peuvent donner des résultats très différents, surtout s'ils puisent de l'eau à différentes profondeurs dans l'aquifère ou même dans différents aquifères.

IDENTIFICATION DES AQUIFERES ET DEFINITION DES MASSES D'EAU SOUTERRAINES

Les deux premières étapes de la méthodologie de l'indicateur 6.3.2 comprennent 1) l'établissement de Districts hydrographiques déclarants (DHD) basés sur les bassins hydrographiques et 2) la définition des masses d'eau qui s'y trouvent. Pour les eaux souterraines, cela signifie qu'il faut identifier l'emplacement des aquifères productifs et la manière dont ils pourraient être subdivisés en masses d'eau souterraines. Comme pour les eaux de surface, les éléments définis comme masses d'eau souterraines forment des unités distinctes qui sont classées comme « bonnes » ou « mauvaises ».

Dans certains pays, en particulier les États membres de l'UE et d'autres qui se sont alignés sur la législation environnementale de l'UE, des efforts considérables ont déjà été déployés par les services géologiques nationaux ou les agences environnementales pour satisfaire à leurs obligations de définir les masses d'eau souterraines. Les orientations techniques à l'appui de la législation les aident à le faire de manière cohérente et comparable (CE, 2004), mais les exigences en matière de données et l'expertise nécessaire à cette fin sont considérables. Ces pays sont également susceptibles d'avoir des programmes de surveillance de la qualité des eaux souterraines bien développés et sont encouragés à utiliser les mêmes unités de déclaration pour l'établissement des rapports de l'indicateur 6.3.2.

Pour de nombreux autres pays, l'emplacement des aquifères et leur importance en tant que sources d'eau souterraine sont connus. Cependant, la nature des systèmes d'écoulement des eaux souterraines dans ces aquifères — d'où proviennent et où vont les eaux souterraines — peut ne pas être bien connue et il se peut qu'il n'y ait pas d'exigence nationale pour définir les masses d'eau souterraines. Les programmes de surveillance existants peuvent être très variables en termes de couverture du réseau, d'adéquation des points d'échantillonnage, de fréquence d'échantillonnage et de choix des paramètres. D'autres pays en savent peut-être encore moins sur leurs aquifères et leurs eaux souterraines, ils n'ont peut-être pas ou peu de surveillance régulière en place et disposent de très peu de données sur la qualité de leurs eaux souterraines. Certains pays ne disposent pas du tout de données de surveillance, mais aspirent à développer un programme de surveillance de la qualité des eaux souterraines.

Dans tous ces cas, comme base pour identifier les aquifères et comprendre les systèmes d'écoulement des eaux souterraines, il est essentiel de développer des modèles hydrogéologiques conceptuels simples. Ces cartes ne sont pas plus sophistiquées qu'une carte montrant l'étendue de la surface de l'affleurement de divers aquifères et non-aquifères, et de simples coupes transversales. Ces sections doivent indiquer les origines des eaux souterraines, les directions d'écoulement et les lieux de déversement (Figure 2). Cela est important, car la source d'alimentation, qui pourrait être une infiltration provenant des précipitations ou des masses d'eau de surface, est également susceptible d'être une source d'apports de pollution dans l'aquifère, contribuant ainsi à la détérioration de la qualité. De même, les lieux de déversement dans les sources, les rivières, les lacs ou les zones humides, ou bien dans les puits d'eau, sont les points où la mauvaise qualité des eaux souterraines a un impact sur les récepteurs (Figure 2).

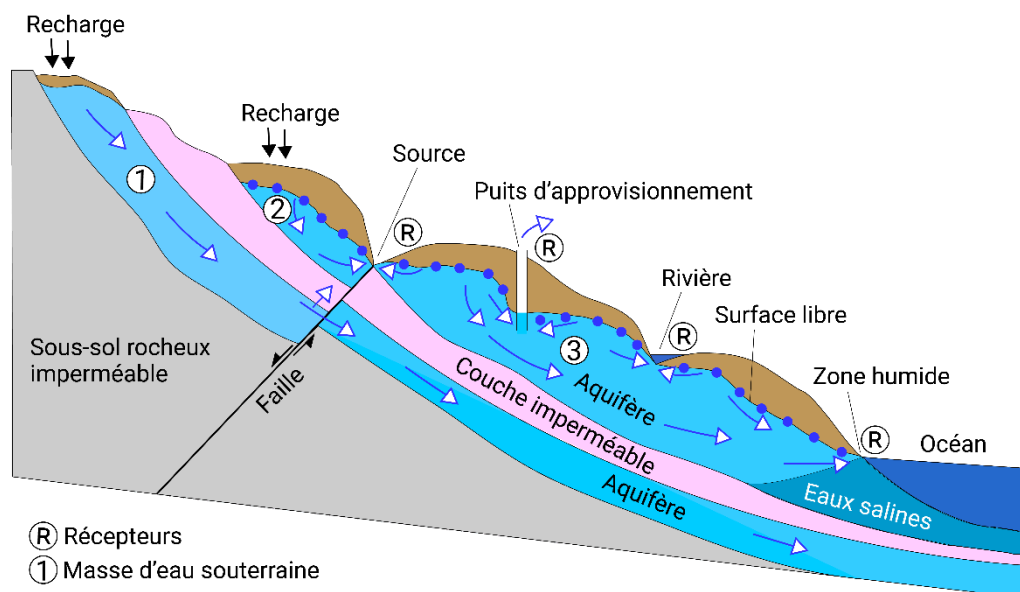


Figure 2 : Modèle hydrogéologique conceptuel simple pour aider à visualiser les affleurements des aquifères, les lieux d'alimentation des eaux souterraines, les directions d'écoulement des eaux souterraines et les points de décharge

Même lorsque les modèles hydrogéologiques conceptuels ne sont pas encore disponibles, presque tous les pays disposent de cartes géologiques, peut-être préparées pour la prospection minière ou pétrolière. On peut y voir les principaux types de formations géologiques et identifier celles qui sont susceptibles de fournir des aquifères productifs. Bien sûr, cela peut être facilement confirmé si les aquifères sont déjà largement utilisés pour fournir de l'eau. Si l'agence responsable de la surveillance ne dispose pas elle-même d'une expertise en matière d'eaux souterraines, il convient de demander l'aide du service géologique national, d'une université locale ou d'une société de conseil appropriée.

Dans les DHD basés sur les bassins hydrographiques, les masses d'eau souterraines doivent être définies pour permettre la description de la qualité en milieu ambiant. La méthodologie de l'indicateur 6.3.2 prévoit que, dans l'idéal, les masses d'eau devraient être dimensionnées de manière à garantir qu'elles sont homogènes en termes de qualité de l'eau, et qu'elles peuvent être classées en utilisant relativement peu de points de surveillance (Doc. d'orientation 1). Cependant, comme cela a été clairement indiqué, les aquifères peuvent être complexes et loin d'être homogènes. Lorsqu'un aquifère doit être divisé en masses d'eau souterraines, celles-ci doivent être des systèmes à flux discret dans lesquels les eaux souterraines ne se déplacent pas au-delà des limites. Les éléments suivants peuvent fournir des critères utiles pour une telle subdivision.

- Lorsqu'il existe suffisamment de données à partir desquelles des cartes du niveau des eaux souterraines peuvent être établies, les masses peuvent être délimitées par des lignes de partage des eaux souterraines. La Figure 3 montre trois de ces masses d'eau souterraines dans un aquifère recouvrant des roches imperméables et plongeant sous des strates superposées. Toutefois, contrairement aux limites des masses d'eau de surface, les limites des masses d'eau souterraines ainsi définies peuvent ne pas être statiques et

peuvent se déplacer de manière saisonnière, en réponse au changement climatique et à l'alimentation à long terme et aux effets du pompage des puits situés à proximité des limites.

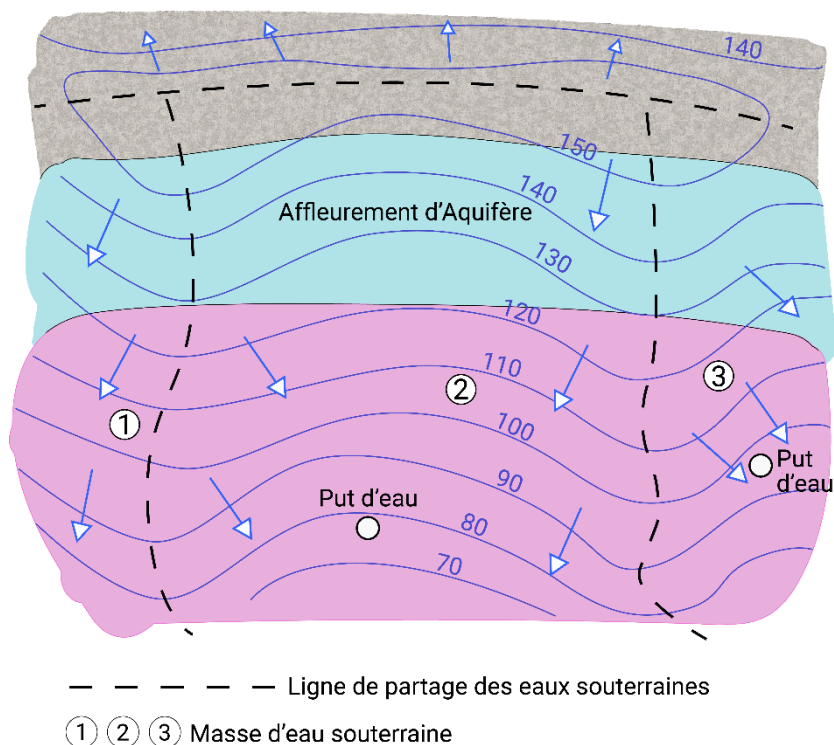


Figure 3. Masses d'eau souterraines définies par les divisions de débit

- Si de telles données ne sont pas disponibles, les limites pourraient être basées sur les captages d'eau de surface, qui sont souvent suivis de près par les lignes de partage des eaux souterraines. La Figure 4 montre deux masses d'eau souterraines ainsi définies.

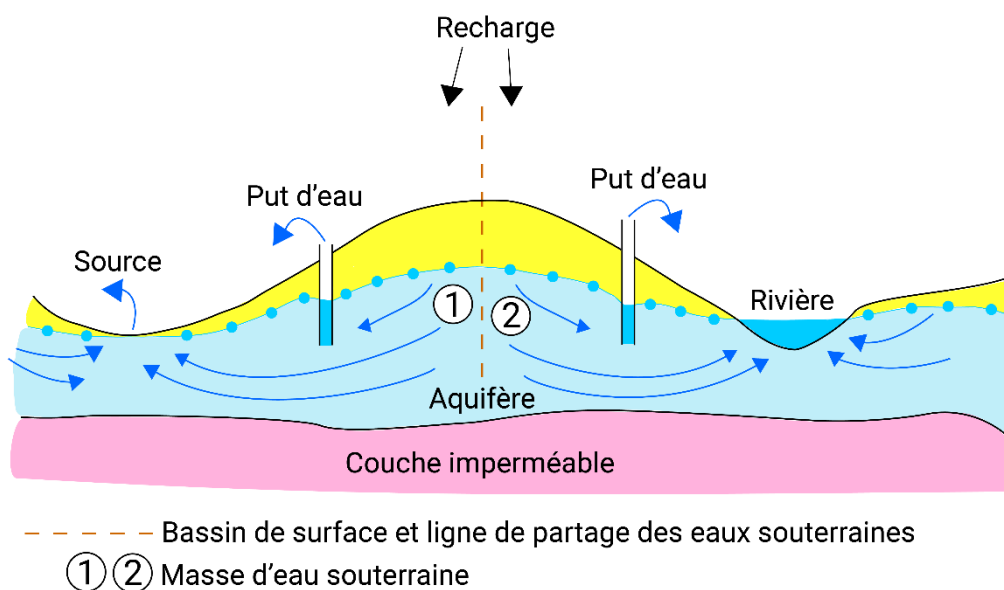


Figure 4 Masses d'eau souterraines définies par les captages de surface et les lignes de partage des eaux souterraines

- Lorsque des failles géologiques majeures amènent des matériaux imperméables contre un aquifère, limitant l'écoulement des eaux souterraines, cela peut également former une limite appropriée. Dans la figure 2,

l'aquifère supérieur non confiné est divisé en deux masses d'eau souterraines (dont l'une est assez petite) par une grande faille. Dans l'aquifère confiné sous-jacent, le déplacement de la faille n'est pas suffisant pour entraver l'écoulement des eaux souterraines.

- Dans le cas d'aquifères relativement petits et peu profonds formés par des sédiments alluviaux ou fluvio-glaciaires et recouvrant un substratum rocheux moins perméable, l'ensemble de l'aquifère peut constituer une masse d'eau souterraine.

La complexité des aquifères, leur dimension verticale en termes de variation de qualité et la lenteur de leur mouvement font que même des masses d'eau souterraines relativement petites ont peu de chances d'être correctement représentées par un, voire par un petit nombre de points de surveillance.

Les pays arides et semi-arides sont souvent caractérisés par des aquifères étendus, mais peu ou pas d'eau de surface, de sorte qu'il n'y a pratiquement pas de limites de bassin versant, que ce soit pour la définition du DHD ou des masses d'eau souterraines. En outre, ces aquifères sont souvent profonds, épais, plats, avec de faibles gradients de nappe phréatique et des temps de séjour mesurés en siècles plutôt qu'en décennies. Souvent, ils ne bénéficient pas d'une alimentation significative des eaux souterraines dans les conditions climatiques actuelles. Ces ressources en eaux souterraines « fossiles » ou non renouvelables sont souvent fortement exploitées, ce qui pose des problèmes de gestion considérables en termes de quantité d'eau. Cependant, ils sont bien protégés contre les éventuels impacts sur la qualité des activités à la surface du sol, et la qualité des eaux souterraines ne changera que très lentement. Il convient donc d'utiliser les unités de déclaration fondées sur les aquifères pour l'indicateur 6.3.2 dans ces contextes, qui peuvent également être l'un des rares exemples de masses d'eau souterraines pouvant être caractérisées par un petit nombre de points d'échantillonnage.

Une mise en garde s'impose toutefois. Dans ces régions arides, il existe également des aquifères de sable et de gravier beaucoup plus petits et moins profonds, souvent associés à des lits de rivière asséchés, des oueds et des oasis. Ces aquifères peuvent être très importants pour les communautés locales vis-à-vis de l'approvisionnement en eau et l'agriculture irriguée intensive, avec le potentiel d'impact significatif qui en résulte en termes de quantité et de qualité sur leurs eaux souterraines. Chacune peut être une masse d'eau souterraine distincte, déconnectée de la suivante, et nécessitera une surveillance plus fréquente, adaptée aux pressions locales et aux réactions plus rapides de ces systèmes d'eaux souterraines peu profondes.

Les aquifères, et donc potentiellement les masses d'eau souterraines, peuvent être traversés par des frontières internationales. Un aquifère peut s'alimenter dans un pays et se décharger dans un pays voisin. Là encore, les modèles conceptuels des eaux souterraines peuvent aider à déterminer si cela est susceptible de se produire (Lipponen & Chilton, 2018) et, si c'est le cas, un échange transfrontalier d'informations et une collaboration en matière de surveillance peuvent être nécessaires.

SELECTION DES POINTS DE PRELEVEMENT DES EAUX SOUTERRAINES

S'il existe un bon nombre d'options d'échantillonnage, l'emplacement général des points de surveillance doit être choisi de manière à refléter autant que possible l'ensemble de la masse d'eau souterraine, en particulier le système source — voie — récepteur d'écoulement des eaux souterraines décrit ci-dessus. En outre, le réseau devra peut-être tenir compte de la répartition de la population et de l'utilisation des terres, avec une plus grande densité de points de surveillance là où les pressions agricoles, urbaines et industrielles sont les plus fortes. Le choix devra peut-être également tenir compte de facteurs très localisés autour du point de surveillance qui pourraient influencer la qualité des eaux souterraines et la fiabilité de l'échantillonnage. Les points de surveillance qui sont ainsi gravement compromis ne doivent pas être utilisés.

Le choix du type de point de prélèvement influence également la fiabilité et la représentativité. Des échantillons d'eau souterraine peuvent être prélevés dans les puits existants fournissant de l'eau à usage domestique, municipal, d'irrigation ou industriel, dans les sources ou dans des puits de surveillance spécialement construits à cet effet. Chacun présente des avantages et des inconvénients (Tableau 1) en ce qui concerne l'aspect pratique, le coût et les aspects techniques. Il faut également les comprendre dans le contexte du cadre hydrogéologique local.

Tableau 1 Caractéristiques des points de prélèvement potentiels des eaux souterraines

Point de prélèvement	Avantages	Inconvénients
Puits d'approvisionnement municipal	<ul style="list-style-type: none"> peu coûteux et faciles à échantillonner échantillonnage répété, visites régulières un débit élevé, représentatif de la qualité de l'aquifère pompes qui fonctionnent régulièrement peut avoir des données de séries chronologiques existantes 	<ul style="list-style-type: none"> construction et source d'échantillon possibles incertaines, eau mélangée provenant de plusieurs profondeurs long délai possible après l'apparition de la pollution lieux fixés par la répartition de la population, couverture spatiale biaisée la municipalité/la compagnie des eaux peut ne pas autoriser l'échantillonnage
Puits d'irrigation	<ul style="list-style-type: none"> comme les trois premiers ci-dessus, mais il est moins probable qu'il existe des séries chronologiques 	<ul style="list-style-type: none"> comme les deux premiers ci-dessus, mais moins susceptible de disposer de données sur la construction une couverture spatiale biaisée en faveur des zones agricoles ne peut fonctionner que de façon saisonnière
Puits industriel	<ul style="list-style-type: none"> comme pour les puits d'irrigation ci-dessus 	<ul style="list-style-type: none"> comme pour le puits municipal, mais moins susceptible de disposer de données sur la construction
Puits domestique	<ul style="list-style-type: none"> peu coûteux et facile à échantillonner échantillonnage répété, visites régulières 	<ul style="list-style-type: none"> décharge faible et intermittente, en particulier avec une pompe manuelle peut nécessiter une purge pour éliminer l'eau stagnante à l'intérieur du puits peut être en panne et ne pas pomper peut être peu profond et moins représentatif de l'aquifère vulnérable à une pollution très locale
Forage de surveillance peu profond	<ul style="list-style-type: none"> peut fournir une alerte rapide en cas d'arrivée de polluants dans la nappe phréatique échantillonnage répété et régulier construction susceptible d'être pleinement connue des matériaux inertes peuvent être utilisés 	<ul style="list-style-type: none"> des coûts de construction modérés a besoin d'une pompe pour prélever l'échantillon soins nécessaires pour éliminer l'eau stagnante peu représentative de l'aquifère
Piézomètres multiniveaux	<ul style="list-style-type: none"> la construction doit être pleinement connue des matériaux inertes peuvent être utilisés alerte rapide des polluants dans la nappe phréatique peut indiquer une stratification verticale de la qualité des eaux souterraines peut indiquer des différences de hauteur de chute verticale et un mouvement de l'eau vers le haut ou vers le bas 	<ul style="list-style-type: none"> des coûts de construction élevés a besoin d'un entrepreneur et de matériaux spécialisés peut être difficile à installer correctement avec de bons joints entre les intervalles d'échantillonnage nécessite des dispositifs d'échantillonnage spéciaux et un opérateur qualifié
Sources	<ul style="list-style-type: none"> peu coûteuses et faciles à échantillonner échantillonnage répété et visites régulières les grandes sources peuvent être représentatives de masses d'eau souterraines importantes les sources utilisées pour l'approvisionnement public peuvent avoir des données de séries chronologiques existantes 	<ul style="list-style-type: none"> vulnérables aux sources de pollution locales peuvent être vulnérable aux pluies directes les petites sources peuvent représenter un écoulement superficiel

De nombreux programmes nationaux sur la qualité des eaux souterraines dépendent entièrement, ou presque, des puits d'approvisionnement existants pour un échantillonnage facile et peu coûteux, et pour l'accessibilité générale dans le contexte de visites régulières, à condition que l'agence de surveillance ait un accord avec l'exploitant du puits. Comme ces puits sont exploités fréquemment, voire plus ou moins continuellement, l'eau prélevée est susceptible d'être représentative de celle de l'aquifère (Tableau 1). Souvent, le plus grand inconvénient de ces puits est qu'il y a peu ou pas d'informations disponibles sur la profondeur des puits, les intervalles et les pompes, les niveaux d'eau, les matériaux de construction et les taux et temps de décharge des pompes. Ce manque de métadonnées peut entraver l'interprétation et la communication des résultats de la surveillance — certains puits peuvent puiser des eaux souterraines peu profondes et polluées dans la partie supérieure d'un aquifère, d'autres dans des sections plus profondes moins polluées, voire dans différents aquifères au sein d'une séquence stratifiée. Dans la mesure du possible, les puits de surveillance doivent être choisis parmi ceux pour lesquels des données de construction sont disponibles.

Une combinaison de puits municipaux, industriels et d'irrigation peut permettre une couverture adéquate des zones urbaines et agricoles par le réseau. Lorsqu'il n'y a pas ou peu d'irrigation ou de développement industriel, l'échantillonnage dans les zones rurales à partir de puits domestiques peut être la seule autre option. La sélection de petites pompes motorisées dans les écoles ou les cliniques peut permettre un accès régulier plus fiable et des échantillons plus représentatifs que les puits communautaires équipés de pompes manuelles.

Les sources sont souvent sous-évaluées en tant qu'option pour la surveillance de la qualité des eaux souterraines ; elles sont peu coûteuses et faciles à échantillonner sans l'instabilité résultant de la remontée des eaux souterraines à la surface, et elles sont généralement accessibles pour des visites régulières. Les grandes sources peuvent être représentatives de masses d'eau souterraines importantes et avoir des débits fiables même en saison sèche. Les petites fuites avec des chemins d'écoulement courts et peu profonds sont beaucoup moins durables et très vulnérables à la pollution locale, et doivent être évitées. Dans certaines zones de calcaire karstique, le mouvement des eaux souterraines peut être largement limité aux fractures et aux conduits reliés aux décharges des sources, et les sources peuvent donc être la seule option de surveillance réaliste.

Les forages construits spécifiquement pour l'observation sont utilisés dans certains programmes nationaux pour améliorer la couverture du réseau là où il n'y a pas de puits de pompage existants, et pour fournir une alerte rapide de la pollution atteignant la nappe phréatique avant qu'elle n'ait un impact sur les puits d'approvisionnement plus profonds. Cependant, leur utilisation nécessite des capitaux et des ressources techniques considérables pour la construction et pour les pompes d'échantillonnage, ainsi qu'une expertise pour l'échantillonnage, y compris la purge des eaux stagnantes (Misstear *et al.*, 2017). Ces forages sont largement utilisés pour surveiller les conditions des eaux souterraines locales autour des sources de pollution des eaux souterraines telles que les décharges. Les installations spécifiques à la profondeur, notamment les piézomètres emboîtés et les dispositifs d'échantillonnage à plusieurs niveaux, sont rarement utilisées dans la surveillance à grande échelle de la qualité de l'eau en milieu ambiant en raison de leur coût et de la complexité de l'installation et de l'échantillonnage, qui nécessitent respectivement des entrepreneurs de forage et des techniciens d'échantillonnage hautement qualifiés. Leur utilisation est largement limitée à la surveillance des principales sources de pollution, telles que les décharges ou les panaches industriels, où une dimension de profondeur bien caractérisée de l'évaluation de la qualité est essentielle pour observer la croissance et la propagation du panache ou pour évaluer l'impact de mesures correctives coûteuses.

FREQUENCE D'ÉCHANTILLONNAGE DES EAUX SOUTERRAINES

Comme pour les eaux de surface (document d'orientation 1), la fréquence d'échantillonnage des eaux souterraines devrait tenir compte des paramètres hydrologiques et hydrogéologiques et de leur influence sur les taux probables de variation de la qualité des eaux souterraines. Les données historiques ou une enquête préliminaire fournissent des informations pertinentes. Du point de vue de la conception de la surveillance, il est essentiel de savoir si les aquifères sont composés de matériaux non consolidés tels que du sable et des graviers dans des formations alluviales ou s'il s'agit de formations consolidées telles que du grès et du calcaire. Dans le premier cas, l'eau souterraine se déplace lentement entre les grains et dans le second, elle peut se déplacer beaucoup plus rapidement dans les fractures.

Ainsi, le minimum absolu pour l'échantillonnage des eaux souterraines devrait être d'une fois par an, mais avec les considérations suivantes modifiant le régime d'échantillonnage selon les besoins. Des fréquences plus élevées, d'au moins deux fois par an, sont nécessaires pour les eaux souterraines peu profondes qui sont sensibles aux influences saisonnières des précipitations, de l'alimentation, du pompage et de l'irrigation, ainsi que pour celles qui sont susceptibles d'avoir un impact urbain. Les échantillons doivent être prélevés avant et après la saison des pluies et/ou au moment des niveaux hauts et des bas des eaux souterraines, en tenant particulièrement compte des groupes de paramètres les plus sensibles à ces influences (Tableau 2) et en fournissant la base d'établissement de rapports de niveau 1. Des fréquences plus élevées, au moins quatre fois par an, sont nécessaires pour les calcaires karstiques. Les aquifères calcaires côtiers et insulaires peu profonds sont particulièrement sensibles à des changements de qualité plus rapides, car ils sont souvent densément peuplés et le régime des eaux souterraines fortement modifié par l'extraction, causant ou risquant de causer une intrusion saline. L'intervalle d'échantillonnage minimal d'une fois par an peut être maintenu pour les aquifères confinés (Figure 2) et pour ceux dont les eaux souterraines sont très anciennes et qui ne reçoivent pas actuellement d'alimentation active. Dans les deux cas, les changements de qualité seront probablement très lents. Il est peu probable que les groupes de paramètres pour l'établissement de rapports de l'indicateur 6.3.2 varient beaucoup et que d'autres indicateurs d'impacts humains spécifiques (Tableau 2) soient détectés. Ce cadre pour la fixation des fréquences de surveillance devrait être l'objectif d'un réseau de surveillance des eaux souterraines nouveau ou amélioré, bien qu'il soit reconnu que les ressources ne le permettent pas forcément dans l'immédiat.

OPERATIONS DE TERRAIN POUR LES EAUX SOUTERRAINES

De nombreux aspects des opérations sur le terrain pour les eaux souterraines sont les mêmes que pour les eaux de surface, y compris les considérations de santé et de sécurité. Le travail sur le terrain doit également suivre une procédure opérationnelle standard (Doc d'orientation 1) pour garantir la cohérence et la fiabilité. L'assurance de la qualité (QA) et le contrôle de la qualité (QC) sont également importants pour les eaux souterraines, et s'appliquent à toutes les étapes du programme de surveillance (Figure 1). Les notes de terrain sont utiles pour faciliter l'interprétation ainsi que pour la rédaction de rapports, et doivent inclure le débit estimé et la durée de fonctionnement de la pompe, ainsi que des observations des conditions autour du point de prélèvement des eaux souterraines, tel que des indices d'impact de pollution très localisés.

La qualité des eaux souterraines peut être influencée par les conditions hydrologiques et les variations saisonnières des niveaux et des débits des eaux souterraines. Bien qu'il puisse être difficile ou impossible d'accéder au puits pour mesurer le niveau des eaux souterraines, qui seront de toute façon perturbées par le pompage, la connaissance des variations locales de niveau et du niveau probable non perturbé au moment de l'échantillonnage fournit un contexte précieux pour les données sur la qualité de l'eau. L'exploitant du puits peut être en mesure de fournir ces informations. Lorsque des sources sont échantillonnées, le débit doit être estimé ; des débits très élevés après de fortes précipitations peuvent être dilués par le ruissellement local et la qualité ne serait pas nécessairement représentative de celle de l'aquifère.

Pour être sûr que l'échantillon est représentatif de l'eau de l'aquifère, il doit être prélevé sur un robinet d'échantillonnage situé dans la conduite montante aussi près que possible de la tête de pompe, plutôt que sur un réservoir ou un robinet du système de distribution d'eau. Le fait de faire passer les eaux souterraines de la profondeur aux différentes conditions de pression, de température et d'oxygène à la surface peut modifier leur caractère, ce qui est l'une des raisons pour la mesure de paramètres instables sur place. Pour les rejets faibles ou intermittents, la colonne d'eau stagnante dans le puits doit être retirée avec la pompe avant de prélever l'échantillon ; il existe des conseils sur l'estimation du volume à retirer pour être sûr de puiser l'eau dans l'aquifère plutôt que dans le puits (ASTM, 2006). On peut également le vérifier en surveillant la température et la conductivité de la décharge jusqu'à ce qu'une lecture stable représente l'eau de l'aquifère.

GROUPES DE PARAMETRES POUR LES EAUX SOUTERRAINES

Afin de maintenir la comparabilité mondiale des rapports pour l'indicateur 6.3.2, les paramètres de niveau 1 proposés pour les eaux souterraines sont la conductivité électrique, le pH et le nitrate (Tableau 2) qui, avec la

température, doivent être mesurés sur le terrain, au niveau du puits, du forage ou de la source. Ces caractéristiques simples à mesurer sont représentatives des impacts de la salinisation, de l'acidification et de l'enrichissement en nutriments (Tableau 2) qui sont pertinents partout, mais elles ne peuvent pas représenter tous les impacts sur la qualité des eaux souterraines, et l'adéquation d'un puits ou d'une source à l'eau potable ne peut pas être basée uniquement sur une évaluation de niveau 1.

Tableau 2 Groupes de paramètres pour la surveillance de la qualité des eaux souterraines (adapté de IAH, 2017)

Paramètres		Commentaires et raison de l'inclusion
Groupe de paramètres de niveau 1 pour les eaux souterraines pour des mesures périodiques dans toutes les situations — la fréquence dépend des caractéristiques de l'écoulement du système d'eaux souterraines		
CE	conductivité électrique	Mesure de la salinisation et aide à caractériser la masse d'eau
pH	acidité	Mesure de l'acidité et aide à caractériser la masse d'eau souterraine
NO₃	nitrate	Contaminant omniprésent, stable dans des conditions oxydantes, problème de santé pour la consommation humaine
La température (T) doit être mesurée et enregistrée en même temps que les autres paramètres,		
Des paramètres supplémentaires parmi lesquels ceux pour le rapport de niveau 2 pourraient être sélectionnés à une fréquence plus basse suite à des changements marqués dans les catégories ci-dessus		
Ca, Mg, Na, K	cations majeurs	Aidera à évaluer les processus hydrogéologiques et à détecter et diagnostiquer les changements temporels importants. Le chlorure peut être un indicateur sensible de toute une série d'impacts agricoles, urbains et industriels
Cl, HCO₃ SO₄	anions majeurs	
TSD	total des solides dissous	CE utilisée au niveau 1 comme substitut
Surveillance microbiologique des sources d'eau potable les sources désignées à risque par l'inspection sanitaire		
CF	coliformes fécaux	Une certaine surveillance est nécessaire pour les sources couramment utilisées sans désinfection, mais la grande variabilité temporelle et les difficultés d'échantillonnage signifient que cette surveillance devrait être combinée avec d'autres approches, y compris l'inspection sanitaire pour évaluer la vulnérabilité à la pollution microbienne
SF	streptocoques fécaux	
E Coli	<i>Escherichia coli</i>	
Paramètres supplémentaires nécessaires dans des contextes hydrogéologiques spécifiques pour lesquels ils pourraient être signalés au niveau 2		
F	fluorure	Essentiel dans certaines conditions hydrogéologiques en tant qu'indicateur des variations de la qualité des eaux souterraines naturelles qui affectent la santé humaine
AS	arsenic soluble	
U	uranium soluble	
NH₄	ammonium	Seulement dans des conditions fortement anoxiques/réductrices
Fe	fer soluble	
Mn	manganèse soluble	
P	orthophosphate	Uniquement dans les aquifères karstiques à pression agricole intensive

Paramètres supplémentaires indicatifs de la pollution lorsque des pressions agricoles, urbaines ou industrielles spécifiques ont été identifiées		
	des pesticides spécifiques	Chaque paramètre nécessitera des protocoles d'échantillonnage spécifiques utilisés par un personnel qualifié, et une analyse avec des limites de détection très basses dans des laboratoires dotés d'équipements coûteux et de personnel spécialisé
	certains produits organiques volatils	
	hydrocarbures sélectionnés	
	métaux lourds	
	nouveaux contaminants	

D'après les sources de données de niveau 2 proposées (document d'introduction, Figure 1), les paramètres chimiques supplémentaires sont probablement les indicateurs les plus utiles des autres pressions exercées sur les eaux souterraines, et également les plus susceptibles d'être disponibles dans les programmes de surveillance nationaux. Le Tableau 2 présente une approche hiérarchique pour la sélection des groupes de paramètres, qui est destinée à informer et à soutenir la mise en place d'une nouvelle surveillance des eaux souterraines ou l'augmentation des programmes existants, et qui peut également être utilisée pour les rapports de niveau 2.

Le choix des autres paramètres de surveillance et d'établissement des rapports doit être lié aux pressions locales et au contexte hydrogéologique (Tableau 2). Les ions majeurs sont souvent inclus de façon habituelle et peuvent fournir des preuves de l'évolution de la qualité le long du système d'écoulement des eaux souterraines, par exemple lorsque l'interaction avec les aquifères carbonatés augmente la minéralisation. La qualité microbienne est incluse dans le tableau 2 pour rappeler qu'il s'agit souvent d'une exigence de surveillance essentielle liée à la consommation humaine, mais pas pour la qualité en milieu ambiant dans l'indicateur 6.3.2 des ODD. Les pressions exercées sur les eaux souterraines peuvent être déjà apparentes à travers des programmes existants de développement agricole, urbain ou industriel et de surveillance, ou peuvent être identifiées dans les enquêtes préliminaires. Cela signifie qu'il n'existe pas de réponse unique et universelle « correcte » en ce qui concerne le choix des paramètres de surveillance, mais le tableau 2 peut fournir un cadre approprié. Le professionnel doit noter que la collecte d'échantillons d'eaux souterraines peut nécessiter des récipients spéciaux ou des procédures de terrain ; par exemple, les échantillons pour les analyses de cations et d'oligo-éléments doivent être filtrés et acidifiés puis stockés dans des récipients appropriés qui ne nuisent pas à la qualité de l'échantillon (Misstear *et al.*, 2017).

Les variations naturelles de la qualité des eaux souterraines d'origine géologiques peuvent être préjudiciables à la santé humaine, principalement l'arsenic et le fluorure (tableau 2). Les effets sur la santé peuvent déjà être apparents et des mesures d'atténuation, telles que l'élimination de l'arsenic et du fluorure des eaux souterraines captées, peuvent être utilisées. La surveillance des eaux souterraines doit être maintenue pour voir s'il existe des tendances en matière de qualité, en gardant à l'esprit que l'extraction des eaux souterraines peut modifier les conditions du sous-sol et encourager la mobilisation de ces contaminants. Lorsque la surveillance n'existe pas encore dans les milieux hydrogéologiques où ces paramètres sont le plus susceptibles de poser problème, comme les grands bassins alluviaux pour l'arsenic et les roches volcaniques, les vallées de rift et certaines zones du socle cristallin pour le fluor, il convient de l'établir.

CHOIX D'OBJECTIFS POUR LES EAUX SOUTERRAINES

La qualité des eaux souterraines en milieux ambiants peut être très variable d'un aquifère à l'autre, en fonction des conditions hydrologiques et hydrogéologiques. Les aquifères des régions humides et tempérées sont susceptibles d'avoir une faible minéralisation globale, indiquée par de faibles valeurs de CE en milieu ambiant, alors que ceux des terrains plus arides et moins bien alimentés peuvent avoir des valeurs de CE jusqu'à quatre ou cinq fois plus élevées. Les longues voies d'écoulement dans les aquifères profonds auront également tendance à produire une minéralisation élevée et des valeurs de CE plus élevées. Il faut donc s'attendre à une échelle de valeurs de référence pour l'état en milieu ambiant, où des valeurs CE plus élevées ne représentent pas nécessairement une pollution des ressources en eaux souterraines.

L'utilisation des valeurs indicatives existantes pour évaluer la qualité des eaux souterraines en milieu ambiant pour l'indicateur 6.3.2 des ODD peut ne pas toujours être appropriée. L'approche adoptée pour choisir les objectifs consiste à déterminer les valeurs qui sont dérivées de la qualité de fond ou de la qualité de référence des eaux souterraines au niveau local. Cela signifie que, du moins pour la CE, les objectifs choisis pour les aquifères ou les masses d'eau souterraines peuvent être préférables aux objectifs nationaux. Mais d'autre part, comme la surveillance et l'établissement de rapports des nitrates sont liés aux effets potentiels sur la santé humaine, il est probable que des objectifs nationaux soient appropriés.

RESUME

Ce document fournit des orientations techniques spécifiques sur la surveillance de la qualité en milieu ambiant des eaux souterraines dans le contexte de l'indicateur 6.3.2 des ODD. Les défis particuliers de la surveillance des eaux souterraines sont expliqués. Les aquifères doivent être identifiés et les masses d'eau souterraines définies à l'aide de modèles hydrogéologiques conceptuels simples basés sur les données disponibles. Les avantages et les inconvénients de l'utilisation des puits d'approvisionnement existants, des nouveaux puits de surveillance ou des sources pour l'échantillonnage des eaux souterraines sont discutés. Un cadre proposé de groupes de paramètres pour la surveillance des eaux souterraines peut être utilisé pour identifier les groupes de paramètres potentiels de niveau 2 et pour soutenir l'établissement ou l'amélioration de la surveillance nationale de la qualité des eaux souterraines.

RÉFÉRENCES

- ASTM, 2006. Standard Guide to Purging Methods for Wells Used for Ground-Water Quality Investigations, ASTM Standard D 6452, ASTM International, West Conshohocken, PA, États-Unis.
- Chapman, D.V., Meybeck, M. and Peters, N.E., 2005. Water Quality Monitoring. In: Anderson, M.G. [Ed.] *Encyclopaedia of Hydrological Sciences*. John Wiley & Sons
- Chilton P. J., 1996. Chapter 9: Groundwater. In Chapman, D. [Ed.] *Water Quality Assessments – A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*. Deuxième édition publiée par E&FN Spon pour l'Organisation des Nations Unies pour l'Éducation, la Science et la Culture, l'Organisation Mondiale de la Santé et le Programme des Nations Unies pour l'Environnement. Disponible via : https://www.who.int/water_sanitation_health/resourcesquality/wqachapter9.pdf
- EC, 2004 Groundwater body characterisation. Technical Report No 2. Disponible via : <https://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/groundwater/activities.htm>
- IAH, 2017 The UN-SDGs for 2030: Essential indicators for groundwater. Disponible via : <https://iah.org/education/professionals/strategic-overview-series>
- Lipponen A. & Chilton P. J., 2018. Development of cooperation on managing transboundary groundwaters in the pan-European region: The role of international frameworks and joint assessments. *Journal of Hydrology Regional Studies*; 20: 145-157.
- Missier B. D. R., Banks D. & Clark L., 2017. *Water wells and boreholes*, 2^{ème} édition. J Wiley & Sons, UK.
- CEE-ONU, 2000 Guidelines on monitoring and assessment of transboundary groundwaters. CEE-ONU,, Genève.