

# EAUX SOUTERRAINES

## Rendre visible l'invisible

Faits et chiffres



## L'état des ressources en eaux souterraines

Il est estimé que le volume d'eau douce liquide sur Terre (moins de 1 % de toute l'eau qui y est présente, que ce soit sous forme liquide, solide ou gazeuse) est de 10,6 millions de km<sup>3</sup> (figure 1). Or, ce volume est constitué d'eaux souterraines à près de 99 % (Shiklomanov et Rodda, 2003)<sup>1</sup>.

Au cours du siècle dernier, les prélèvements d'eau douce au niveau des cours d'eau, des lacs, des aquifères et des réservoirs artificiels ont fortement augmenté et continuent de croître dans la plupart des régions du monde. Dans les années 1950-1980, le taux d'augmentation fut particulièrement élevé (environ 3 % par an) ; cela s'explique, d'une part, par un taux de croissance démographique plus élevé et, d'autre part, par l'essor rapide de l'exploitation des eaux souterraines, notamment à des fins d'irrigation. Aujourd'hui, ce taux se situe aux environs de 1 % par an, ce qui correspond au taux de croissance démographique actuel.

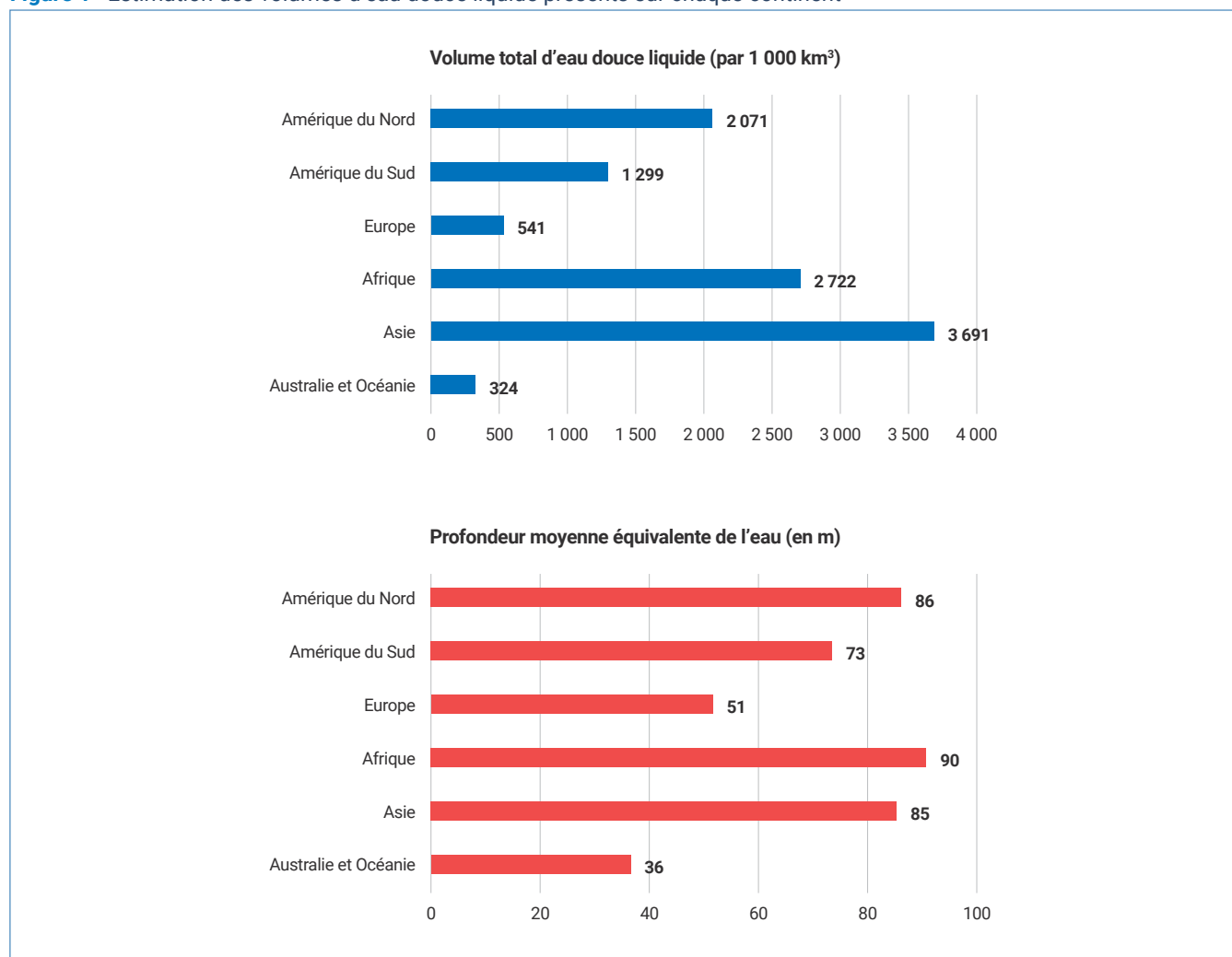
Les eaux souterraines fournissent environ 25 % de l'ensemble des extractions d'eau douce. Cependant, elles représentent une part beaucoup plus importante de notre consommation d'eau et les bénéfices qu'elles apportent sont plus importants encore.

En 2017, les prélèvements d'eaux souterraines dans le monde ont été estimés à 959 km<sup>3</sup>. Il est à noter que les volumes prélevés sont restés plus ou moins stables aux États-Unis d'Amérique (EU), dans la plupart des pays européens et en Chine.

L'Asie est responsable de la majeure partie des prélèvements d'eau douce dans le monde (64,5 %) devant l'Amérique du Nord (15,5 %), l'Europe (7,1 %), l'Afrique (6,7 %), l'Amérique du Sud (5,4 %), l'Australie et l'Océanie (0,7 %).

Si l'on s'intéresse à la répartition des prélèvements d'eaux souterraines par secteur d'utilisation, on constate que 69 % du volume total sert pour un usage agricole, 22 % pour des usages domestiques et 9 % pour des usages industriels.

**Figure 1** Estimation des volumes d'eau douce liquide présents sur chaque continent



Source : Shiklomanov et Rodda (2003) sur la base des données de Korzun (1974).

<sup>1</sup> Pour consulter toutes les sources bibliographiques de ce document, se référer au rapport disponible sur le site <https://fr.unesco.org/wwap>.

Il convient toutefois de préciser que cette répartition varie selon les continents.

Grâce aux volumes considérables d'eaux souterraines qu'ils renferment, les aquifères peuvent servir de relais en cas de pénurie d'eau, permettant aux populations de survivre même sous les climats les plus secs. En fonction de leur profondeur et de leurs caractéristiques géologiques, les aquifères sont relativement bien protégés contre les accidents de pollution en surface. Cependant, une fois que les eaux souterraines ont été contaminées, il peut être extrêmement difficile et coûteux de remédier au problème.

Les eaux souterraines offrent aux sociétés les opportunités de nombreux bénéfices sociaux, économiques et environnementaux, notamment en matière d'adaptation au changement climatique et de réalisation des objectifs de développement durable (ODD). Leur contribution pour satisfaire les demandes en eau est considérable.

Enfin, il faut savoir que si la plupart des nappes phréatiques situées à quelques centaines de mètres de profondeur contiennent de l'eau douce, plus de la moitié de toutes les nappes souterraines sous la surface terrestre sont salines et ne conviennent pas à la plupart des usages.

## Agriculture

L'agriculture irriguée représente encore 70 % des prélèvements d'eau douce (FAO, 2020). La transformation alimentaire nécessite également beaucoup de ressources en eau puisqu'elle peut absorber jusqu'à 5 % de toute l'eau utilisée dans le monde (Boretti et Rosa, 2019).

Afin de répondre aux besoins hydrauliques et agricoles mondiaux d'ici à 2050, y compris à une augmentation d'environ 50 % de la demande en denrées alimentaires, en aliments pour animaux et en biocarburants par rapport à 2012 (FAO, 2017), il est indispensable d'accroître la productivité agricole grâce à l'intensification durable des extractions d'eaux souterraines tout en réduisant l'impact de la production agricole sur l'eau et l'environnement (FAO, 2021).

Les eaux souterraines constituent une ressource essentielle pour l'agriculture irriguée, l'élevage ainsi que d'autres activités agricoles, dont la transformation alimentaire. Des études menées en Afrique, en Asie et en Amérique latine ont montré que lorsque les agriculteurs pauvres tentent d'améliorer leurs moyens de subsistance en pratiquant de petites activités agricoles ou l'élevage à échelle réduite, ils exploitent généralement les nappes souterraines à l'aide de petites pompes, ce qui profite aux femmes en particulier (Villholth, 2013a ; Shah et al., 2007 ; Van Koppen, 1998).

Depuis les années 1960, la superficie des terres équipées pour l'irrigation a plus que doublé dans le monde (Aquastat, n.d. ; Faostat, n.d.). On estime que 38 % des terres équipées pour l'irrigation ont recours aux nappes souterraines (Siebert et al., 2013). Certaines régions dépendent fortement des eaux souterraines pour l'irrigation, notamment l'Amérique du Nord et l'Asie du Sud, où 59 % et 57 % respectivement des zones équipées pour l'irrigation dépendent des eaux souterraines tandis que cette proportion tombe à 35 % en Afrique du Nord et à seulement 5 % en Afrique subsaharienne.

Selon les estimations, quelque 264 km<sup>3</sup> d'eaux de surface et d'eaux souterraines sont utilisés chaque année au niveau mondial pour produire du fourrage destiné au bétail, soit environ un cinquième des ressources en eau utilisées dans l'agriculture et moins d'un tiers des ressources en eau utilisées pour les cultures vivrières (Heinke et al., 2020).

La contribution économique des eaux souterraines au secteur agricole a été estimée à entre 210 et 230 milliards de dollars EU par an dans le monde (Shah et al., 2007). En outre, la productivité de l'eau, en termes de rendement des cultures par unité d'eau, est généralement plus élevée (parfois du simple au double) pour les eaux souterraines que pour les eaux de surface (Bierkens et al., 2019 ; Smilovic et al., 2015 ; Shah, 2007).

Selon les estimations, le commerce international des récoltes est à l'origine de l'épuisement d'environ 11 % (soit 25 km<sup>3</sup> par an) des nappes souterraines dans le monde (Dalin et al., 2017) ; cette activité contribue, certes, à la sécurité alimentaire et à la croissance économique mais elle participe également, de manière significative, à l'épuisement à grande échelle des aquifères situés sous les terres fertiles. Au nombre des principales cultures contribuant à l'épuisement des eaux souterraines figurent le blé, le maïs, le riz, la canne à sucre, le coton et le fourrage. Ces cultures font également l'objet d'un commerce important, ce qui se traduit par des empreintes hydriques extrêmement peu durables (Mekonnen et Gerbens-Leenes, 2020).

La pollution agricole est aujourd'hui considérée comme le principal facteur de dégradation des eaux continentales et côtières, dépassant les pollutions provenant des établissements humains et des activités industrielles (FAO, 2018a). Au sein de l'Union européenne (UE), 38 % des nappes d'eau sont exposées à des risques significatifs dus à la pollution agricole (WWAP, 2015). Aux États-Unis, l'agriculture constitue la principale source de pollution des rivières tandis qu'en Chine, elle est responsable d'une grande partie de la pollution des eaux de surface et souterraines par l'azote (FAO, 2013).

Aux États-Unis, la contamination des eaux souterraines par les pesticides coûterait entre 1,6 et 2 milliards de dollars EU par an, et l'eutrophisation des eaux douces, entre 1,5 et 2,2 milliards de dollars EU par an (Pimentel, 2005 ; Dodds et al., 2009).

De nombreuses zones irriguées dans le monde sont confrontées au double problème de la salinisation et de l'engorgement des sols. Actuellement, ces problèmes affectent plus de 20 % de toutes les zones irriguées dans le monde (Singh, 2021).

## Les établissements humains

Cinquante pour cent de la population urbaine mondiale est aujourd'hui desservie par des sources d'eaux souterraines (Foster et al., 2020a). Dans le cas de l'Union européenne et des États-Unis, les services d'eau publics utilisent les eaux souterraines pour alimenter 310 et 105 millions de personnes, respectivement.

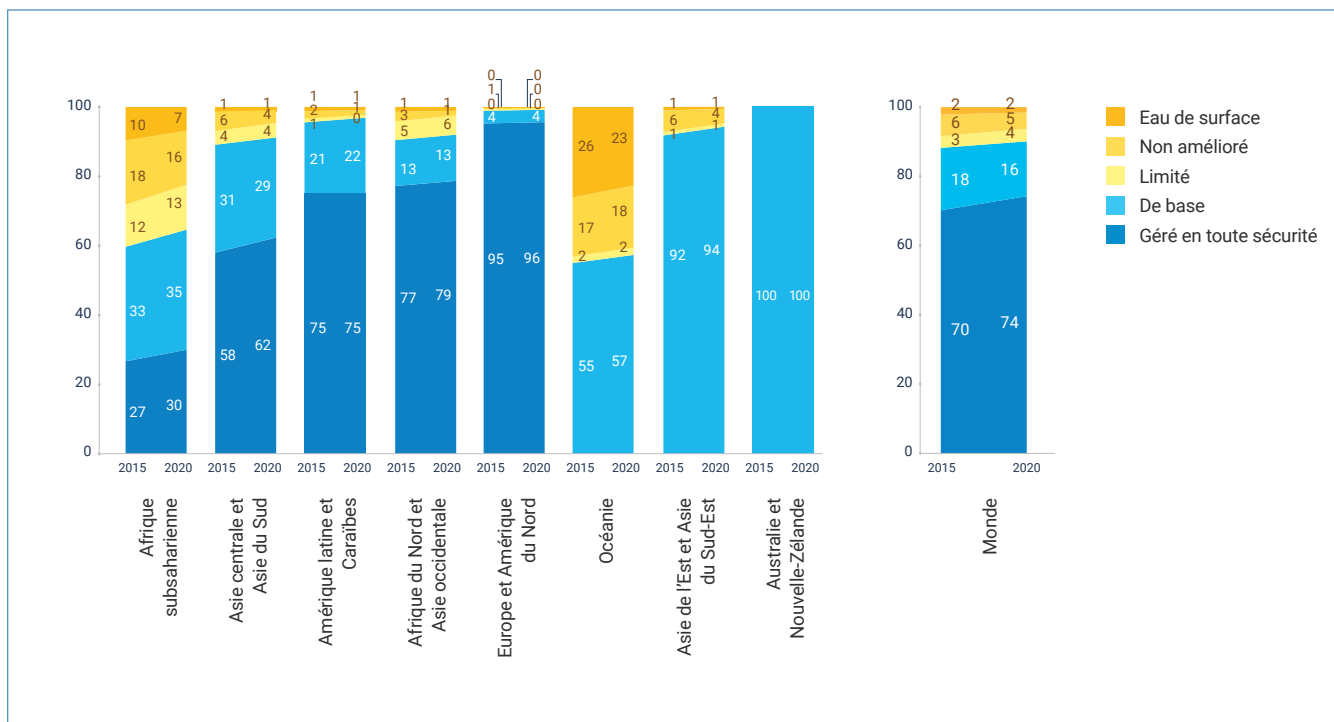
Les eaux souterraines contribuent indirectement à la réduction de la pauvreté urbaine dans la mesure où elles permettent aux services de distribution d'eau de mettre en place des approvisionnements à un coût beaucoup plus faible et de réduire les frais de raccordement.

Dans les zones côtières, la surexploitation des ressources en eaux souterraines entraîne une grave exposition des aquifères à des intrusions d'eau salée à grande échelle – un phénomène qui sera encore exacerbé par l'élévation du niveau de la mer due au changement climatique.

## Santé

Le pourcentage de la population mondiale utilisant un service d'approvisionnement en eau potable géré en toute sécurité est passé de 70 % à 74 %, mais les différences entre et au sein des régions restent considérables (figure 2). On dispose de statistiques similaires pour les services d'assainissement : ainsi, le pourcentage de la population mondiale utilisant un service d'assainissement géré en toute sécurité est passé de 47 % à 53 % au cours de la période 2015-2020. Le Programme commun OMS/UNICEF de suivi de l'approvisionnement en eau, de l'assainissement et de l'hygiène (JMP) indique qu'en 2020, 71 % de la population mondiale disposait d'un moyen élémentaire de se laver les mains à la maison avec du savon et de l'eau (OMS/UNICEF, 2021). De telles installations revêtent une plus grande importance depuis le début de la pandémie de la COVID-19, car il est démontré que le lavage des mains réduit fortement la transmission des virus (Brauer et al., 2020).

Figure 2 Distribution régionale et mondiale des services d'eau potable, 2015-2020 (%)



Note : En 2020, cinq régions ODD disposaient d'estimations sur la distribution d'eau potable gérée de façon sécurisée.

Source : adapté de OMS/UNICEF (2021, fig. 2 et 3, p. 8).

Le JMP ne précise pas la part des eaux souterraines dans les services d'eau, d'assainissement et d'hygiène (WASH) et son évolution, mais elle est sans aucun doute considérable.

## Industrie et énergie

Les statistiques relatives à l'extraction et à l'utilisation des ressources en eau par le secteur industriel restent extrêmement limitées. Ensemble, les secteurs de l'industrie et de l'énergie utilisent pourtant 19 % de l'eau douce mondiale (Aquastat, n.d.). Ces quantités ne se rapportent qu'à l'eau obtenue de façon autonome (qui inclut les eaux souterraines). Les données disponibles font également apparaître de grands écarts au niveau géographique, les prélèvements industriels allant de 5 % en Afrique à 57 % en Europe.

En 2020, sur 1 375 entreprises manufacturières dans le monde en ayant rendu compte auprès du CDP (anciennement le Carbon Disclosure Project), plus de la moitié (54 %) déclaraient que leurs activités directes impliquaient des eaux souterraines provenant de sources non renouvelables et renouvelables. Parmi celles-ci, 46 % avaient diminué leurs prélèvements d'eaux souterraines, 32 % les avaient maintenus au même niveau et 21 % les avaient augmentés par rapport à 2019 (CDP, non publié).

En outre, de nombreux procédés industriels utilisent les eaux souterraines dans des endroits où la disponibilité des eaux de surface est limitée en quantité mais aussi lorsque la qualité de l'eau est primordiale.

Le pompage électrique des eaux souterraines consomme environ sept fois plus d'énergie que le prélèvement des eaux de surface. En effet, l'extraction des eaux souterraines consomme environ 108 TWh par an, soit près de 0,5 % de la consommation mondiale d'électricité.

Le dessalement est jusqu'à dix fois plus énergivore que l'extraction des eaux souterraines.

L'un des avantages majeurs de l'énergie géothermique réside dans sa contribution à la décarbonisation des systèmes de chauffage et de climatisation domestiques, commerciaux et industriels, qui constituent au moins 40 % de la consommation mondiale d'énergie et des émissions de CO<sub>2</sub> (AIE, 2019b).

Ces dernières années, le développement relatif de l'énergie éolienne et de l'énergie solaire a dépassé celui de l'électricité géothermique, ce qui reflète le moindre coût des premières, qui sont aussi perçues comme moins risquées, ainsi que leur période d'amortissement

plus courte. Toutefois, contrairement aux centrales éoliennes et solaires, les centrales géothermiques sont parfaitement adaptées pour produire l'électricité courante de base. On prévoit que la puissance de base augmente d'environ 20 % entre 2020 et 2025 (Huttrer, 2021).

## Le changement climatique

Près de 4 milliards de personnes vivent dans des régions touchées par une grave pénurie d'eau au moins un mois par an (Mekonnen et Hoekstra, 2016). En général, les solutions adoptées dans les zones où l'indice de pénurie annuel dépasse 1,0 comprennent des transferts d'eau depuis les zones voisines excédentaires (si elles sont disponibles) ou l'appauvrissement des masses d'eau stockées dans les lacs, les réservoirs d'eau de surface et – surtout – les aquifères.

Le changement climatique a un impact direct sur la recharge naturelle des nappes souterraines. Toutefois, les prédictions concernant l'ampleur des effets du changement climatique sur la recharge des nappes à l'échelle mondiale présentent des lacunes.

Au sein de nombreux milieux, la transition vers des précipitations moins fréquentes mais plus abondantes devrait favoriser la recharge des nappes phréatiques.

La Gestion de la recharge des aquifères (MAR) est une intervention technique efficace qui permet d'utiliser la capacité de stockage naturelle des sous-sols. Grâce à cette intervention, les excédents d'eau, qui se seraient autrement perdus, sont temporairement stockés et mis à disposition pour une utilisation ultérieure appropriée. Au cours des soixante dernières années, MAR a vu son application multipliée par dix ; toutefois, le potentiel d'expansion demeure considérable et pourrait passer des 10 km<sup>3</sup>/an actuels à environ 100 km<sup>3</sup>/an (Dillon et al., 2019). MAR figure parmi les interventions les plus efficaces en matière de gestion des eaux souterraines.

On ignore encore quels sont exactement les effets du recul des glaciers alpins sur les systèmes de nappes souterraines.

L'élévation du niveau de la mer entraîne l'intrusion d'eau de mer dans les aquifères côtiers du monde entier (Michael et al., 2013).

Les eaux souterraines présentent un avantage majeur, leur résilience aux variations climatiques. En effet, les eaux souterraines ne dépendent pas seulement des précipitations des quelques dernières années ; elles sont alimentées par les précipitations sur plusieurs années, voire plusieurs décennies.

## Financer la durabilité

Si les estimations des investissements nécessaires pour atteindre l'ODD 6 varient en raison d'un manque de données précises et fiables, il est largement admis (Hutton et Varughese, 2016 ; CME, 2018 ; OCDE, 2019b) que les niveaux d'investissement actuels sont insuffisants pour atteindre les cibles définies.

Selon les projections, les besoins de financement, au niveau mondial, pour les infrastructures hydrauliques nécessaires à la réalisation de l'ODD 6 se chiffrent à 6 700 milliards de dollars EU d'ici à 2030 et 22 600 milliards de dollars EU d'ici à 2050 (OCDE, 2018). Les études montrent également que les gouvernements et les agences de développement ne disposent pas de fonds suffisants pour répondre à ces besoins (Kolker et al., 2016).

L'aide publique au développement (APD) dans le secteur de l'eau s'élève à environ 13 milliards de dollars EU par an, soit bien moins que ce qui est nécessaire, et environ 80 % des pays ayant rendu compte auprès de l'ONU de leurs avancements sur l'ODD 6 déclarent ne pas disposer de moyens suffisants pour atteindre les cibles nationales relativement à l'eau (ONU, 2018).

## Perspectives régionales

### Afrique subsaharienne

À ce jour, près de 400 millions d'Africains n'ont pas accès aux services d'eau les plus élémentaires (OMS/UNICEF, 2021).

Les études hydrogéologiques menées de façon approfondie à travers le continent ont révélé que l'Afrique possède d'importantes ressources en eaux souterraines. Ces ressources sont souvent considérées comme ayant le potentiel de transformer, dans son ensemble, la situation socio-économique (Foster et al., 2012), permettant de surmonter la variabilité hydrologique actuelle (Grey et Sadoff, 2007) et de répondre à la demande future.

Dans le contexte du changement climatique, les eaux souterraines seront certainement de plus en plus sollicitées comme une source fiable d'alimentation en eau partout en Afrique (Giordano, 2009 ; MacDonald et Calow, 2009).

Dans toute la région, la détérioration de la qualité des eaux souterraines causée par les humains s'accroît également en raison de facteurs tels que les activités minières (en Afrique du Sud par exemple), de mauvaises pratiques en matière d'irrigation (dans la vallée du Nil et le bassin du fleuve Sénégal par exemple) et l'urbanisation (par exemple à Nairobi, Accra, Maputo, etc.) (Lapworth et al., 2017).

La part du secteur agricole est d'environ 30 % dans le produit intérieur brut (PIB) de l'Afrique subsaharienne, bien que ce secteur emploie près de 65 % de la population, dont une majorité de femmes (Banque mondiale, 2018a), alors même que le continent pratique une agriculture essentiellement pluviale. Compte tenu de l'importance du secteur agricole sur le continent, toute amélioration y afférente est l'occasion de transformer les conditions de vie de l'ensemble de la population.

Actuellement, l'utilisation des ressources en eaux souterraines pour l'irrigation est limitée en partie à cause des coûts associés à l'exploration et à l'exploitation de ces ressources ainsi qu'aux difficultés de financement.

Dans de nombreux pays, le manque d'experts dans le domaine des eaux souterraines se répercute sur les effectifs des institutions et des administrations locales et nationales, ce qui entrave les initiatives émergentes visant à superviser efficacement la surveillance, la planification et l'exploitation des eaux souterraines.

L'Afrique subsaharienne enregistre le déficit de financement le plus élevé entre les dépenses actuelles et les montants nécessaires pour atteindre l'ODD 6 ; en effet, parvenir à un approvisionnement en eau de tous nécessite un investissement dix fois supérieur aux 13,2 milliards de dollars EU dépensés actuellement (Watts et al., 2021). Une grande partie de cette somme servirait à financer l'exploitation, la maintenance et la réhabilitation des systèmes existants quand ceux-ci ne parviennent souvent pas à attirer des financements.

### Europe et Amérique du Nord

Environ 75 % des habitants de l'UE dépendent des eaux souterraines pour leur alimentation en eau (Commission européenne, 2008).

En 2015, les États-Unis ont prélevé 311,5 millions de m<sup>3</sup>/jour d'eau douce souterraine, soit environ 8 % de plus qu'en 2010 (Dieter et al., 2018), et ce bien que leurs prélèvements d'eau douce aient tendance à diminuer depuis 2005.

Sur les 36 pays partageant des aquifères transfrontaliers dans la région, vingt-quatre ont déclaré avoir conclu des accords opérationnels couvrant 70 % ou plus de leur zone aquifère transfrontalière (CEE/UNESCO, 2021).

### Amérique latine et Caraïbes

En raison de l'abondance relative des eaux de surface et du niveau limité d'utilisation des eaux souterraines, moins de 30 % de l'eau douce prélevée en Amérique latine et dans les Caraïbes provient de sources souterraines. Dans les pays qui ont besoin des eaux souterraines, la moitié environ des extractions est utilisée pour l'irrigation, un tiers pour usage domestique et le reste pour une utilisation industrielle (Aguilar-Barajas et al., 2015).

Dans des pays comme le Costa Rica et le Mexique, les eaux souterraines alimentent 70 % des foyers en zones urbaines et satisfont pratiquement toute la demande en eau domestique en zones rurales. Elles représentent également 50 % de l'eau utilisée par le secteur industriel (Campuzano et al., 2014).

Dans toute la région, on constate des faiblesses dans la protection et la surveillance des eaux souterraines, entraînant leur exploitation intensive et/ou leur contamination, ce qui compromet à terme leur durabilité (Campuzano et al., 2014) ainsi que leur accessibilité aux populations les plus vulnérables, dont l'approvisionnement en eau potable dépend de ces sources (WWAP, 2019).

Dans la région, la qualité des eaux souterraines est le plus fréquemment affectée par la présence d'éléments indésirables d'origine naturelle (principalement l'arsenic et le fluor), de polluants anthropiques (nitrates, polluants fécaux, pesticides), de divers composés d'origine industrielle (sous-produits miniers, solvants organochlorés, hydrocarbures, composés phénoliques, etc.) et de polluants émergents, tels que les cosmétiques, les antibiotiques, les hormones et les nanomatériaux.

On estime que les conflits liés à la pollution et à l'épuisement des eaux souterraines survenus entre 2000 et 2019 sont plus de quatre fois plus nombreux que ceux qui ont éclaté entre 1980 et 1999 (ICTA-UAB, n.d.).

Dans les Caraïbes, où les eaux de surface tendent à être relativement rares, les eaux souterraines représentent environ 50 % de l'eau prélevée.

Enfin, le changement et la variabilité climatiques, notamment l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des ouragans, constituent des menaces plus graves pour les petits États insulaires en développement (PEID) des Caraïbes, en raison des ondes de tempête et de l'infiltration des puits qu'ils provoquent.

### **Asie et Pacifique**

Première région du monde en termes de superficie (28 millions de km<sup>2</sup>) et de population (4,7 milliards d'habitants), la région Asie-Pacifique est responsable de la majeure partie des extractions d'eaux souterraines dans le monde.

Dans cette région, l'exploitation des eaux souterraines est essentiellement motivée par l'augmentation de la demande en eau due à la croissance démographique, au développement économique rapide et à l'amélioration du niveau de vie. L'utilisation des ressources en eaux souterraines a en effet apporté de nombreux avantages pour l'irrigation, l'activité industrielle, les usages domestiques, la résilience à la sécheresse et l'amélioration des moyens de subsistance.

Ces avantages socio-économiques ont joué un rôle crucial pour le secteur agricole, un secteur essentiel au développement économique de nombreux pays en développement de la région et qui consomme environ 82 % du total de l'eau prélevée (Aquastat, n.d.).

Toutefois, le prélèvement non durable des ressources en eaux souterraines, associé aux impacts du changement climatique, a entraîné l'épuisement des aquifères et une pénurie d'eau accrue en plusieurs endroits à travers la région. En outre, la qualité des eaux souterraines est menacée par divers facteurs anthropiques et géogéniques qui accentuent le stress hydrique.

Les impacts du changement climatique sur la variabilité des précipitations exacerbent encore la pression sur les ressources en eaux souterraines, en particulier dans les régions dotées d'un climat semi-aride à aride et les PEID du Pacifique, où les eaux souterraines sont menacées par l'élévation du niveau de la mer alors qu'elles constituent la seule source fiable d'eau douce (Ashfaq et al., 2009 ; Asoka et al., 2017 ; Bouchet et al., 2019 ; Dixon-Jain et al., 2014).

### **Région arabe**

La région arabe compte parmi les régions les plus pauvres en eau du monde.

Cette situation a poussé les pays à puiser dans d'autres ressources en eau conventionnelles et non conventionnelles afin de répondre à leurs besoins en eau douce. Les eaux souterraines constituent ainsi la source d'eau la plus utilisée dans au moins onze des vingt-deux États arabes et représentent plus de 80 % des prélèvements d'eau douce en Libye, à Djibouti, en Arabie saoudite et en Palestine (Aquastat, n.d.).

À l'exception des Comores, tous les États arabes puisent dans une ou plusieurs nappes souterraines transfrontalières parmi les 42 systèmes aquifères transfrontaliers qui couvrent près de 58 % de la région arabe.

L'analyse des données fournies par la mission GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) a non seulement permis de confirmer une tendance significative à la baisse des réserves d'eaux souterraines entre 2002 et 2019, mais elle a également mis en évidence l'effet de la variabilité saisonnière sur ces réserves, conjugué aux prélèvements excessifs d'eaux souterraines lors des périodes de sécheresse.

En outre, on estime que l'épuisement des eaux souterraines dans les aquifères, et plus particulièrement dans les aquifères dont les ressources en eaux souterraines ne sont pas renouvelables, s'élève à 317 % du volume renouvelable persistant au sein des sols des États membres du Conseil de coopération des États arabes du Golfe (Al-Zubari et al., 2017).

Préparé par le WWAP | Engin Koncagül et Michael Tran

Cette publication est produite par le WWAP pour le compte d'ONU-Eau.

Illustration de couverture par Davide Bonazzi

Traduit par International Translation Agency Ltd (ITA)

Conçu et mis en page par Marco Tonsini



© UNESCO 2022

Les désignations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent, de la part de l'UNESCO, aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. Les idées et opinions exprimées dans cette publication sont celles des auteurs ; elles ne reflètent pas nécessairement les points de vue de l'UNESCO et n'engagent en aucune façon l'Organisation.

Pour plus d'informations sur les droits et licences, voir le rapport complet sur <https://fr.unesco.org/wwap>.

Programme mondial de l'UNESCO pour l'évaluation des ressources en eau

Bureau du programme d'évaluation mondiale de l'eau

Division des sciences de l'eau, UNESCO

06134 Colombella, Pérouse, Italie

Email: [wwap@unesco.org](mailto:wwap@unesco.org)

<https://fr.unesco.org/wwap>



**unesco**

Programme mondial  
pour l'évaluation  
des ressources en eau

Nous remercions le Gouvernement italien et la  
Région Umbria pour leur soutien financier.



**Regione Umbria**



**Climatiquement neutre**  
Production  
ClimatePartner.com/12066-2002-1001

