

Qualité de l'eau à l'avenir

Les spécialistes s'attendent à ce que la température moyenne de l'air s'élève d'environ 3 °C d'ici 2100 (par rapport à la période 1981–2010). Ce réchauffement touche aussi les eaux suisses : à Bâle, la température du Rhin a ainsi augmenté de plus de 2 °C depuis 1960 (fig. 5). Les **changements climatiques** et les apports de chaleur provenant de STEP ou d'installations de refroidissement contribuent notablement à cette évolution. Les changements climatiques affectent la **qualité de l'eau** de différentes façons. Dans les cours d'eau, les substances sont moins diluées en été, car les **débâts** sont plus faibles. En outre, la hausse des températures peut entraîner une raréfaction de l'oxygène et favoriser la propagation de maladies chez les poissons. La diminution de la teneur en oxygène et le réchauffement sont également observés dans les nappes souterraines alimentées par les rivières. L'impact de ces changements sur la qualité de l'eau souterraine est encore mal connu. Le réchauffement est en revanche moins rapide dans les nappes souterraines éloignées des cours d'eau et rechargées par les précipitations. La multiplication et l'intensification prévisibles des **fortes précipitations** causeront une surcharge des réseaux d'égouts dans les zones urbanisées, avec pour conséquence des apports de polluants accrus dans les cours d'eau (déversement d'eaux mixtes). L'augmentation des cumuls pluviométriques en hiver devrait également renforcer le lessivage des nitrates et l'érosion. Avec le réchauffement, la stratification thermique des **lacs** se stabilisera, ce qui entravera le brassage et provoquera une raréfaction de l'oxygène en profondeur aux dépens de la biodiversité. Selon les spécialistes, la croissance économique, démographique et urbaine ainsi que les nouveaux modes de consommation auront d'ici 2100 un impact global sur la **qualité de l'eau** plus important que les changements climatiques (fig. 7). Il importe donc de réduire l'apport de substances dans l'environnement en général, ainsi que l'apport direct de nutriments et de polluants dans les eaux en particulier.

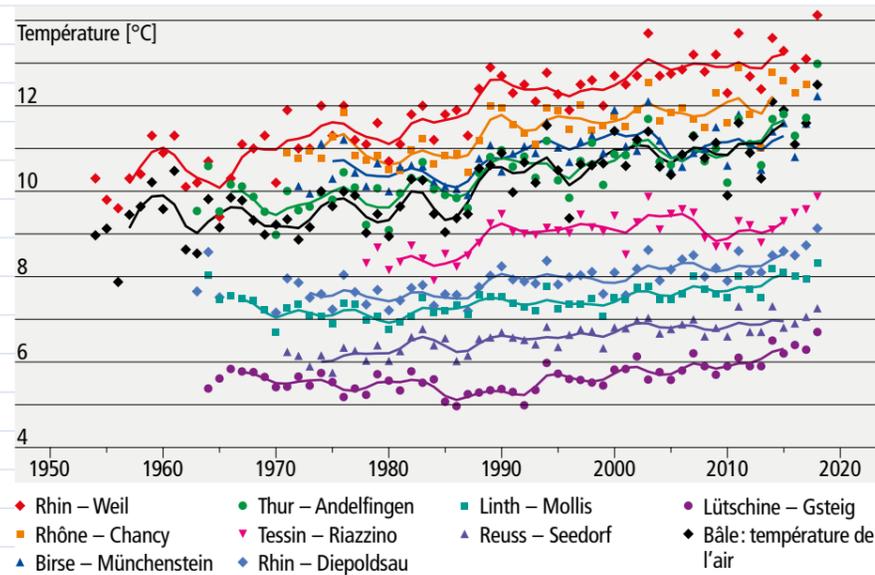


Fig. 5 : Evolution de la température de l'air à Bâle et de la température de l'eau de neuf stations de mesure. La hausse des températures entre 1987 et 1988 est nettement moins marquée aux stations présentant des moyennes basses (p. ex. Lütschine–Gsteig) qu'à celle de Riazino, par exemple. On notera également que la température de la Lütschine varie peu d'une année à l'autre. Ces deux constats s'expliquent par l'effet stabilisateur des glaciers. (Source : OFEV)

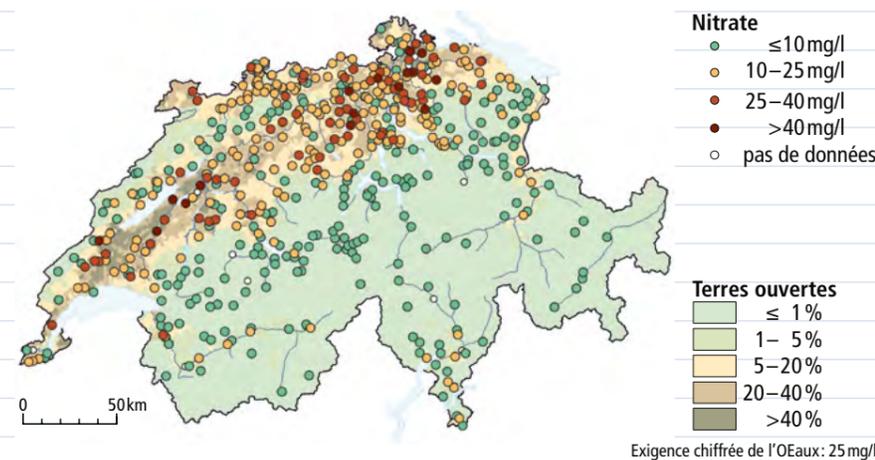


Fig. 6 : Nitrates dans les eaux souterraines par rapport à l'utilisation agricole (2019). C'est dans le Moyen Pays voué à une agriculture intensive que les concentrations sont les plus fortes. (Source : Observation nationale des eaux souterraines NAQUA, OFEV 2020)



Fig. 7 : Le vieillissement des infrastructures (50 à 80 % des raccordements d'immeubles doivent être remis en état) et l'évolution socio-économique, notamment la croissance urbaine et démographique, ont un impact beaucoup plus important sur la gestion des eaux urbaines que les changements climatiques. (photo : SWIP, dans PNR 61 Rapport de synthèse)

Une eau cristalline

Tout comme la quantité disponible, la **qualité de l'eau** est essentielle pour une **gestion durable de l'eau** (fig. 1). Elle est déterminée par diverses caractéristiques physiques (p. ex. température), chimiques (p. ex. substances dissoutes), biologiques (p. ex. microorganismes) et organoleptiques (p. ex. goût). Toutes les ressources en eau contiennent à la fois des composants issus de processus physiques, chimiques et biologiques naturels et des substances provenant d'activités humaines, surtout dans les zones urbanisées, industrielles, artisanales et agricoles (fig. 2). Des substances d'origine naturelle et anthropique gagnent les ressources en eau via l'atmosphère et la surface terrestre et altèrent la qualité.



Fig. 1 : Interdiction de baignade dans le lac de Neuchâtel pollué en 1964 (© Keystone)

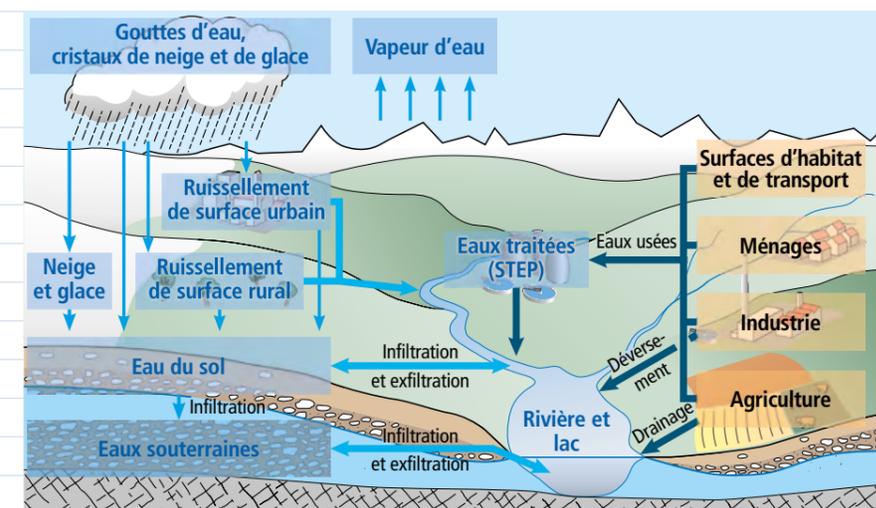


Fig. 2 : Ressources en eau dans l'atmosphère, à la surface de la terre et dans le sous-sol

Jusqu'au milieu du XIX^e siècle, les eaux de surface suisses étaient peu polluées en raison de la faible population et des cycles de nutriments majoritairement fermés (p. ex. agriculture). Les tanneries, blanchisseries et abattoirs y rejetaient toutefois des contaminants. A partir de 1850, les rejets d'eaux usées non traitées dans les lacs et les rivières du pays se sont accrus avec l'urbanisation et l'industrialisation galopantes ainsi qu'avec la construction de toilettes et d'égouts se déversant directement dans la nature. Le secteur de la pêche ayant tiré la sonnette d'alarme, les premières **stations d'épuration** (STEP) sont apparues dès 1917. Leur développement a toutefois été lent ; en 1965, seules 14 % des personnes vivant dans un ménage en Suisse étaient raccordées à une STEP (fig. 3). La baignade dans les rivières et les lacs est donc restée déconseillée jusque dans les années 1970 (fig. 1). Depuis, la qualité de l'eau s'est nettement améliorée, le taux de raccordement des ménages avoisinant aujourd'hui les 97 %.

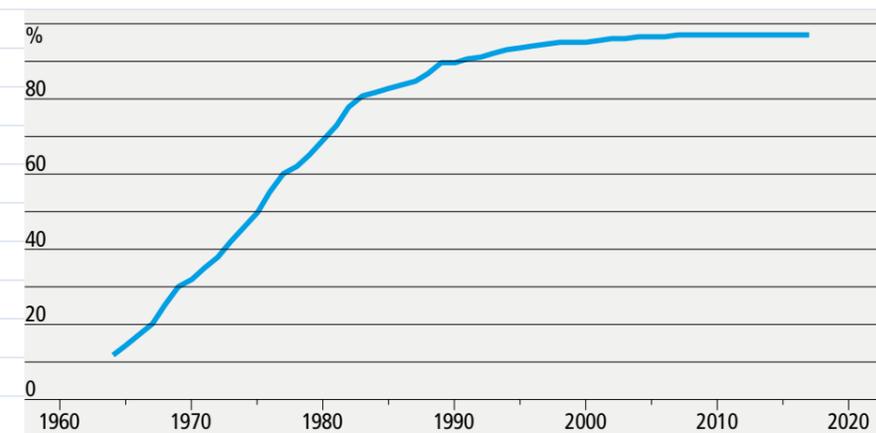


Fig. 3 : Pourcentage de la population raccordée à une STEP de 1964 à 2017 (OFEV 2020)

Substances dans l'eau

Les ressources hydriques de la terre contiennent des substances d'origine naturelle ou anthropique qui influent sur la **qualité de l'eau** (fig. 4 et tab. 1). Déjà dans l'atmosphère, des substances issues de processus naturels ou d'activités humaines s'accumulent dans les gouttes de pluie (p. ex. dioxyde de carbone de l'air, oxygène de la végétation, métaux lourds de l'industrie et du trafic). Elles atteignent la surface terrestre avec les **précipitations**, où elles s'ajoutent à d'autres substances comme le sel de déneigement des routes, les produits phytosanitaires et les engrais des champs et des jardins ou les biocides des façades, avant de gagner les eaux de surface et les eaux souterraines.

Epuration naturelle

Les **eaux souterraines** participent au cycle naturel de l'eau (fig. 4). Elles sont alimentées par l'eau de pluie et de fonte qui pénètre dans le sol, mais aussi par infiltration des eaux de surface. Leur teneur en minéraux augmente sous l'effet de l'interaction de l'eau infiltrée avec les particules du sol et de la réaction de l'eau souterraine avec la roche (**processus de minéralisation**). Agissant comme un filtre naturel, le sol épure l'eau qui s'infiltré (**processus d'épuration**). Ainsi, les nappes souterraines recouvertes d'une bonne couche de sol sont en général bien protégées contre les **micropolluants** biodégradables et peu mobiles. Une fois dans les eaux souterraines, les substances ne se décomposent pratiquement plus. Vu que l'eau souterraine séjourne souvent de nombreuses années, voire des décennies, dans le sous-sol, elle reste contaminée longtemps, même sans nouvel apport de polluants. Les **micro-organismes** pathogènes (p. ex. les bactéries et virus) présents dans l'eau peuvent provoquer des diarrhées. S'ils aboutissent dans le sous-sol, la plupart des micropolluants disparaissent en une dizaine de jours à cause des conditions défavorables qui y règnent. La composition chimique de l'**eau souterraine** dépend de l'eau d'infiltration, du type de sol et de roche ainsi que du temps de séjour dans

l'**aquifère**. Lorsque le sol est peu développé, la vitesse d'écoulement élevée et le temps de séjour dans l'aquifère limité, les processus d'épuration et de minéralisation sont souvent moins efficaces. Il existe trois types d'aquifères en Suisse. Dans les **aquifères en roches meubles** du Moyen Pays et des vallées alpines, l'eau s'écoule normalement à travers le sable, le gravier et les pierres à une vitesse régulière pouvant atteindre quelques dizaines de mètres par jour. Dans le Moyen Pays, même si les sols leur assurent en général une bonne protection, les nappes souterraines sont parfois fortement contaminées du fait de l'agriculture intensive et de la forte densité démographique. Dans les roches consolidées, la vitesse d'écoulement varie selon le type de roche : dans les **aquifères fissurés** en roches cristallines, l'eau parcourt jusqu'à plusieurs centaines de mètres par jour dans un réseau de fissures (p. ex. granit dans les Alpes) ; dans les roches détritiques, elle circule beaucoup plus lentement à travers les fissures et les pores (p. ex. molasse dans le Moyen Pays). Dans les **aquifères karstiques** du Jura et des Alpes, elle peut franchir plusieurs kilomètres par jour dans les vides du calcaire. Comme les sols des zones karstiques sont généralement peu développés, les eaux souterraines y sont particulièrement vulnérables aux polluants. L'eau souterraine peut s'exfiltrer dans les rivières et les lacs, ou réapparaître à l'air libre en formant une **source**. Ce phénomène apparaît là où des réseaux de fissures ou de cavités affleurent, mais aussi là où l'eau souterraine rencontre un **aquiclude**, une couche de roche plus profonde et peu perméable qui la force à remonter vers la surface. En Suisse, plus de 30 000 **captages de sources** conduisent l'eau de ces émergences naturelles vers des **réservoirs**. Dans les fonds de vallée, les aquifères en roches meubles sont généralement exploités au moyen de **puits de pompage** (fig. 4).

Ressources en eau potable

Les besoins en eau potable de la Suisse sont couverts à 80 % par les nappes souterraines

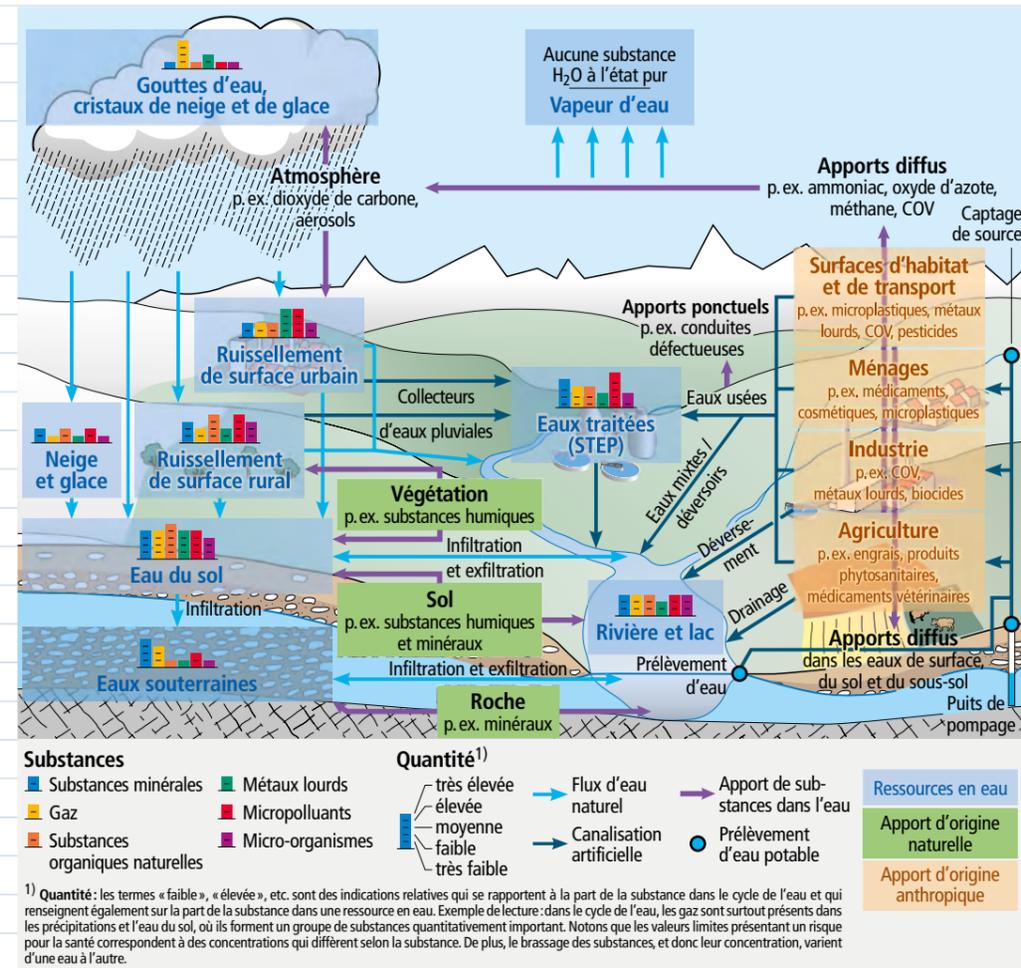


Fig. 4 : Vue d'ensemble des ressources en eau avec les principales substances qu'elles contiennent, les apports d'origine naturelle et anthropique ainsi que les prélèvements d'eau potable

Groupes de substances	Description	Exemples
Substances minérales	Éléments, ions et composés inorganiques, en partie nécessaires au métabolisme des organismes vivants.	calcium Ca^{2+} , magnésium Mg^{2+} , potassium K^+ , sodium Na^+ , fer Fe^{2+} et Fe^{3+} , nitrate NO_3^- , phosphate PO_4^{3-} , zinc Zn^{2+} , cuivre Cu^{2+}
Gaz	Présents dans l'atmosphère, l'hydrosphère et la pédosphère, où ils se dissolvent au contact de l'eau.	oxygène O_2 , dioxyde de carbone CO_2 , oxydes d'azote NO_x , dioxyde d'azote NO_2 , ammoniac NH_3 , dioxyde de soufre SO_2 , méthane CH_4 , COV
Substances organiques naturelles	Composés naturellement présents dans l'eau en faibles concentrations, en partie nécessaires au métabolisme des organismes vivants.	substances humiques, acides organiques, hydrates de carbone, protéines, graisses, COV (p. ex. substances végétales odorantes)
Métaux lourds	Métaux à haute densité ($>5,0\text{ g/cm}^3$) dissous ou sous forme de particules.	zinc Zn^{2+} , cuivre Cu^{2+} , plomb Pb^{2+} , mercure Hg^{2+} , cadmium Cd^{2+}
Micropolluants (composés traces organiques)	Issus des activités humaines quotidiennes et pouvant contaminer l'eau même en très faibles concentrations.	produits phytosanitaires (et leurs produits de dégradation), biocides, COV, microplastiques, médicaments à usage humain et vétérinaire
Micro-organismes	Êtres vivants microscopiques présents dans les cycles des matières (p. ex. décomposition), parfois pathogènes.	bactéries, virus, champignons, micro-algues, protozoaires

Tab. 1 : Groupes de substances dans les ressources en eau et exemples importants (en vert = composants naturels de l'eau, en rouge = substances issues d'activités humaines, en violet = substances d'origine naturelle et anthropique)

et à 20 % par les lacs. Environ 40 % de l'**eau souterraine** peut être utilisée directement, le reste devant être traité à l'aide de filtres, de chlore, de rayons UV ou d'ozone, par exemple. Lorsque les ressources souterraines ne sont pas disponibles en quantité et en qualité suffisantes, l'**alimentation artificielle des nappes** est pratiquée par infiltration de l'eau des rivières dans les aquifères voisins. L'**eau des lacs** nécessite un traitement complexe, car il faut éliminer les substances indésirables, mais aussi les algues et autre plancton. La pollution des lacs (p. ex. au phosphore) varie fortement, notamment en fonction de la densité de la population et du bétail dans le bassin versant.

Substances anthropiques

En Suisse, environ 30 000 substances différentes sont utilisées chaque jour. Certaines d'entre elles peuvent affecter la qualité de l'eau en tant qu'**apports diffus** (p. ex. provenant de l'agriculture, du trafic routier) via l'atmosphère et la surface du sol ou en tant qu'**apports ponctuels** à certains points de rejet (p. ex. effluents de STEP, conduites défectueuses). Dans les **zones urbanisées**, les eaux usées traitées entraînent des substances difficiles à éliminer dans les eaux de surface et les nappes souterraines, alors que les conduites vétustes ou les trop-pleins d'eaux pluviales laissent s'échapper des substances supplémentaires (p. ex. microplastiques, édulcorants, médicaments, cosmétiques). En Suisse, 50 à 80 % des raccordements d'immeubles devraient être remis en état. A cela s'ajoutent les apports des zones urbaines dotées de systèmes séparatifs et unitaires. Depuis les années 1960, les eaux pluviales sont collectées dans des canalisations distinctes (**système séparatif**) sur près de 30 % de la surface d'habitat et déversées dans les eaux de surface sans traitement. Les substances emportées par la pluie (p. ex. biocides pour les façades, abrasion des pneus) atteignent ainsi directement les milieux aquatiques. Sur les 70 % restants de la surface d'habitat, les eaux pluviales sont évacuées vers une STEP dans le même réseau que

les eaux usées (**système unitaire**). Si les précipitations dépassent la capacité du réseau unitaire ou de la STEP, une partie des eaux usées est déversée sans traitement dans les eaux de surface. Lors de l'évacuation des eaux des **voies de communication** (chemin de fer et routes), ce sont surtout des métaux lourds, des microplastiques et des composés organiques volatils (COV) qui aboutissent dans les eaux, directement ou via une STEP. Enfin, l'**industrie** et l'**artisanat** sont responsables d'apports variés de micropolluants, soit via une STEP, soit sous forme de déversement avec ou sans prétraitement. Dans les **régions agricoles**, différentes substances utilisées dans les engrais, les produits phytosanitaires et les médicaments vétérinaires sont rejetées dans l'environnement. Les nutriments qui ne sont pas absorbés par les plantes (p. ex. en cas de surfertilisation) pénètrent dans les cours d'eau, les lacs et les nappes souterraines par ruissellement, infiltration ou drainage (fig. 4). L'azote est particulièrement problématique sous forme de nitrates, car ceux-ci se lient peu aux particules du sol, sont très solubles et atteignent donc facilement les eaux souterraines (fig. 6). Un excédent de phosphore dans les lacs entraîne une accumulation de nutriments. Ce phénomène, appelé **eutrophisation** (du grec eutrophos « bien nourri »), favorise la croissance des algues. Lorsque ces dernières meurent et coulent au fond de l'eau, l'oxygène se raréfie, ce qui menace la biodiversité lacustre. Plusieurs lacs du Plateau doivent ainsi être aérés artificiellement. Dans les petits cours d'eau, ce sont surtout les **produits phytosanitaires** qui posent problème, car certains d'entre eux nuisent même à la faune et à la flore en quantités infimes. Tout comme les nitrates, les **produits phytosanitaires** et leurs produits de dégradation peuvent gagner les eaux souterraines. Selon les connaissances actuelles, les substances présentes dans l'eau potable ne sont pas dangereuses pour la santé humaine. Les polluants issus des régions agricoles et des zones urbanisées restent cependant trop répandus et menacent fortement la biodiversité des milieux aquatiques.



Fiche de travail: Une eau cristalline

Questions clés et exercices

Focus

Bien que la construction de stations d'épuration (STEP) ait permis d'améliorer la qualité de l'eau des rivières et des lacs suisses au cours des dernières décennies, l'état de nombreuses eaux de surface reste insatisfaisant. En Suisse, environ 30 000 substances différentes sont utilisées chaque jour. Elles atteignent l'environnement et les eaux via diverses activités agricoles, industrielles et domestiques ou via l'habitat et les transports.

Où peut-on prélever de l'eau potable de qualité irréprochable dans les zones urbanisées et les régions agricoles de Suisse?

Évaluez la qualité des différentes ressources en eau en identifiant et listant les substances d'origine naturelle ou anthropique qui pourraient s'y trouver (utilisez le tableau ci-après). Pour cela, faites appel à vos connaissances préalables. Localisez ensuite dans votre région les ressources en eau potable les plus prometteuses en termes de qualité et justifiez votre choix.

Ressources en eau	Substances présentes dans l'eau			Ressources en eau potable de qualité (bilan)
	d'origine naturelle	d'origine anthropique	d'origine anthropique et naturelle	
Vapeur d'eau				
Gouttes d'eau, cristaux de neige et de glace				
Neige et glace				
Eau du sol				
Eaux souterraines				
Ruissellement de surface en milieu urbain				
Ruissellement de surface en milieu rural				
Rivière et lac				

Savoir

Comparez vos réflexions sur la qualité des différentes ressources en eau et votre choix de ressources en eau potable de qualité pour la Suisse avec les connaissances spécialisées, puis complétez vos hypothèses dans le tableau.

Transfert

La croissance économique, démographique, urbaine et l'état des infrastructures d'eau augmentent la pression sur la qualité de l'eau.

Quelles mesures permettent-elles de maintenir ou d'améliorer la qualité de l'eau des rivières, des lacs et des nappes souterraines?

Dressez une liste de mesures permettant de garantir la qualité de l'eau à long terme en Suisse (utilisez le tableau ci-après).

Domaines	Stratégies et mesures
Approvisionnement en eau potable	
Agriculture	
Industrie et artisanat	
Développement urbain	
Épuration des eaux usées	
Ménages, individus	

Bibliographie

Blanc P., Schädler B., 2013 : L'eau en Suisse – un aperçu. Commission suisse d'hydrologie CHy, Berne.

Kunz M., Schindler Wildhaber Y., Dietzel A., Wittmer I., Leib V., 2016 : Etat des cours d'eau suisses. Résultats de l'Observation nationale de la qualité des eaux de surface (NAWA) 2011–2014. Office fédéral de l'environnement, Berne. Etat de l'environnement n° 1620 : 92 p.

Liechti P., 2010 : Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau. Analyses physico-chimiques, nutriments. Office fédéral de l'environnement, Berne. L'environnement pratique n° 1005 : 44 p.

Office fédéral de l'environnement (OFEV), 2014 : Grundlagen für die Wasserversorgung 2025. Risiken, Herausforderungen und Empfehlungen. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1404 : 116 p. (en allemand seulement)

Office fédéral de l'environnement (OFEV), 2019 : Etat et évolution des eaux souterraines en Suisse. Résultats de l'Observation nationale des eaux souterraines NAQUA, état 2016. Office fédéral de l'environnement, Berne. Etat de l'environnement n° 1901 : 144 p.

Office fédéral de l'environnement (OFEV), 2017 : Pour une meilleure qualité de l'eau. Magazine « environnement » 1/2017.