

Protection des eaux souterraines : aquifères karstiques et fissurés fortement hétérogènes

Un module de l'aide à l'exécution Protection des eaux souterraines



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'environnement OFEV

Protection des eaux souterraines : aquifères karstiques et fissurés fortement hétérogènes hétérogènes

Un module de l'aide à l'exécution Protection des eaux souterraines

Impressum

Valeur juridique

La présente publication est une aide à l'exécution élaborée par l'OFEV en tant qu'autorité de surveillance. Destinée en premier lieu aux autorités d'exécution, elle concrétise les exigences du droit fédéral de l'environnement (notions juridiques indéterminées, portée et exercice du pouvoir d'appréciation) et favorise ainsi une application uniforme de la législation. Si les autorités d'exécution en tiennent compte, elles peuvent partir du principe que leurs décisions seront conformes au droit fédéral. D'autres solutions sont aussi licites dans la mesure où elles sont conformes au droit en vigueur.

Éditeur

Office fédéral de l'environnement (OFEV)

L'OFEV est un office du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC).

Auteurs

Daniele Biaggi, Elena Hubert, Stéphane Kock (Geotechnisches Institut, Berne) ; Sybille Kilchmann (section Protection des eaux, division Eaux, OFEV)

Groupe d'accompagnement

Paul Bohrer (AWA, BE), Jean-Pierre Clément (AWA, BE), Markus Oberholzer (AWE, SG), Mauro Veronesi (Ufficio della protezione delle acque e dell'approvvigionamento idrico, TI), Pierre Christe (Service de l'environnement, VS), Ruth Badertscher (OFAG), Jan Béguin (OFAG), Samuel Cornaz (section Protection des eaux, division Eaux, OFEV), Reto Murali (section Qualité des eaux, division Eaux, OFEV), Michael Sinreich (division Hydrologie, OFEV), Clémence Dirac (division Forêts, OFEV), Simona Weber (Service juridique 3, OFEV)

Référence bibliographique

OFEV (éd.) 2022 : Protection des eaux souterraines : aquifères karstiques et fissurés fortement hétérogènes. Un module de l'aide à l'exécution Protection des eaux souterraines. Office fédéral de l'environnement, Berne. L'environnement pratique n° 2223 : 50 p.

Traduction

Service linguistique de l'OFEV

Mise en page

Funke Lettershop AG

Figures

Geotechnisches Institut, Berne

Photo de couverture

Paysage karstique dans les Préalpes

© Stefan Näff, Bottmingen

Téléchargement au format PDF

www.bafu.admin.ch/uv-2223-f

Il n'est pas possible de commander une version imprimée.

Cette publication est également disponible en allemand et en italien. La langue originale est l'allemand.

© OFEV 2022

Table des matières

Abstracts	5	Bibliographie	49
<hr/>			
Avant-propos	6		
<hr/>			
1 Bases et compétences	7		
1.1	Situation initiale	7	
1.2	Objectif des zones de protection des eaux souterraines dans les aquifères fortement hétérogènes	7	
1.3	Principales modifications des bases légales	8	
1.4	Compétences	9	
<hr/>			
2 Répartition et propriétés	10		
2.1	Perméabilité des aquifères karstiques et fissurés	10	
2.2	Subdivision en systèmes faiblement et fortement hétérogènes	11	
2.3	Hydrodynamique des eaux du sous-sol	13	
<hr/>			
3 Mesures d'organisation du territoire relatives aux eaux souterraines	15		
3.1	Principes	15	
3.2	Zone de protection des eaux souterraines S1	16	
3.3	Zone de protection des eaux souterraines S2	16	
3.4	Zone de protection des eaux souterraines S _h	17	
3.5	Zone de protection des eaux souterraines S _m	17	
3.6	Secteur A _u de protection des eaux	18	
3.7	Secteur A _o de protection des eaux permettant de protéger les eaux superficielles qui s'infiltrent	19	
3.8	Périmètres de protection des eaux souterraines	21	
3.9	Cas particulier : eaux souterraines d'aquifères karstiques fortement hétérogènes dotés d'une couche de couverture épaisse et peu perméable	21	
3.10	Cas particulier : captages avec exutoire en roches meubles	22	
<hr/>			
4 Mesures de protection et restrictions d'utilisation	24		
4.1	Zones de protection des eaux souterraines S _h et S _m	24	
4.2	Secteur A _o de protection des eaux	25	
4.3	Particularités des interventions dans le sous-sol	26	
4.4	Tableaux de référence	28	

Abstracts

The enforcement aid entitled Groundwater Protection in Highly Heterogeneous Karst and Fissured Aquifers is a module in the Confederation's Groundwater Protection enforcement aid. Its purpose is to harmonise groundwater protection measures in Switzerland. It describes the principles upon which groundwater protection zones (S1, S2, Sh, Sm) are designated in areas with highly heterogeneous karst and fissured aquifers. It also specifies the protective measures and restrictions on use for the Sh and Sm zones. The enforcement aid is primarily aimed at the enforcement authorities as well as at water companies and geological consulting and engineering firms.

La publication « Protection des eaux souterraines : aquifères karstiques et fissurés fortement hétérogènes » est un module de l'aide à l'exécution « Protection des eaux souterraines », élaborée par la Confédération. Elle a pour objectif l'uniformisation, au niveau national, des mesures en matière de protection des eaux souterraines. Cette aide à l'exécution décrit les principes de délimitation des zones de protection des eaux souterraines (S1, S2, Sh, Sm) dans les régions caractérisées par des aquifères karstiques et fissurés fortement hétérogènes. En outre, elle indique les mesures de protection et les restrictions d'utilisation applicables aux zones Sh et Sm. Cette aide à l'exécution est destinée en premier lieu aux autorités d'exécution ainsi qu'aux services des eaux et aux bureaux de conseil et d'ingénieurs en géologie.

Die Vollzugshilfe Grundwasserschutz in stark heterogenen Karst- und Kluft-Grundwasserleitern ist ein Modul der Vollzugshilfe des Bundes für den Grundwasserschutz. Sie soll die Massnahmen zum Grundwasserschutz in der Schweiz harmonisieren. Die Vollzugshilfe beschreibt die Grundsätze für die Ausscheidung der Grundwasserschutzzonen (S1, S2, Sh, Sm) in Gebieten mit stark heterogenen Karst- und Kluft-Grundwasserleitern. Zudem präzisiert sie die Schutzmassnahmen und Nutzungsbeschränkungen für die Zonen Sh und Sm. Die Vollzugshilfe richtet sich primär an die Vollzugsbehörden sowie an die Wasserversorgungen und an geologische Beratungs- und Ingenieurbüros.

L'aiuto all'esecuzione «Protezione delle acque sotterranee negli acquiferi in rocce carsiche e fessurate fortemente eterogenei» è un modulo dell'aiuto all'esecuzione per la protezione delle acque sotterranee elaborato dalla Confederazione. Esso mira ad armonizzare le misure relative alla protezione delle acque sotterranee in Svizzera. Questo aiuto all'esecuzione descrive i principi per delimitare le zone di protezione delle acque (S1, S2, Sh, Sm) negli acquiferi in rocce carsiche e fessurate fortemente eterogenei. Inoltre precisa le misure di protezione e le limitazioni d'uso per le zone Sh e Sm. L'aiuto all'esecuzione si rivolge in primo luogo alle autorità esecutive come pure ai gestori di impianti di approvvigionamento idrico e agli studi di consulenza e di ingegneria in ambito geologico.

Keywords:

Enforcement aid module, groundwater protection zones, karst and fissured aquifers, restrictions on use

Mots-clés :

module d'aide à l'exécution, zones de protection des eaux souterraines, aquifères karstiques et fissurés, restrictions d'utilisation

Stichwörter:

Vollzugshilfemodul, Grundwasserschutzzonen, Karst- und Kluft-Grundwasserleiter, Nutzungsbeschränkungen

Parole chiave:

modulo dell'aiuto all'esecuzione, zone di protezione delle acque sotterranee, acquiferi in zone carsiche e fessurate, limitazioni d'uso

Avant-propos

En Suisse, les eaux souterraines en tant que ressources en eau potable revêtent une grande importance. Afin de continuer à les protéger efficacement, il convient de mieux prendre en compte la diversité des caractéristiques que présentent les différents types d'aquifères. Il s'agit notamment de délimiter, selon des méthodes adéquates, des zones de protection des eaux souterraines pour les aquifères en roches meubles et pour les aquifères karstiques et fissurés fortement et faiblement hétérogènes.

Tandis qu'il existe depuis longtemps des règles tenant compte des propriétés hydrogéologiques des aquifères en roches meubles et des aquifères karstiques et fissurés faiblement hétérogènes, des règles différenciées applicables aux aquifères karstiques et fissurés fortement hétérogènes faisaient défaut. C'est pourquoi, à l'occasion de l'entrée en vigueur de la modification de l'ordonnance sur la protection des eaux au 1^{er} janvier 2016, un système spécifique de zones de protection des eaux souterraines a été introduit pour ces types d'aquifères également. Il prend en considération leurs particularités hydrogéologiques et impose des restrictions d'utilisation adaptées.

La présente publication est un module de l'aide à l'exécution « Protection des eaux souterraines ». Elle a été élaborée sous la direction de l'Office fédéral de l'environnement en étroite collaboration avec les services cantonaux de la protection des eaux. Destinée en premier lieu aux autorités cantonales d'exécution, elle s'adresse aussi aux propriétaires de captages et aux exploitants d'installations d'approvisionnement en eau. Elle est également utile pour les bureaux de géologie, d'études et d'ingénierie qui opèrent dans le domaine de la protection des eaux souterraines ou qui participent à la planification de projets de construction dans des régions où sont situés des aquifères fortement hétérogènes. Elle présente enfin un intérêt pour les particuliers qui exercent des activités et exploitent des installations dans des zones de protection des eaux souterraines, ainsi que pour les autorités communales concernées par ces zones de protection.

Après une présentation des bases ainsi que des caractéristiques des aquifères karstiques et fissurés fortement hétérogènes (chapitres 1 et 2), la délimitation des zones de protection des eaux souterraines d'après le nouveau système de zones de protection est abordée (chapitre 3). Enfin, les mesures de protection qui y sont associées sont expliquées et les restrictions d'utilisation dans les zones S_h et S_m sont exposées sous forme de tableaux de référence (chapitre 4). Le module de l'aide à l'exécution sert de présentation compréhensible et de concrétisation des nouvelles bases légales. Il doit ainsi garantir une mise en œuvre pratique et uniforme de la protection des eaux souterraines dans les aquifères karstiques et fissurés fortement hétérogènes.

Franziska Schwarz, vice-directrice
Office fédéral de l'environnement (OFEV)

1 Bases et compétences

1.1 Situation initiale

Depuis l'entrée en vigueur de la loi fédérale du 24 janvier 1991 sur la protection des eaux (LEaux, RS 814.20) et de l'ordonnance du 28 octobre 1998 sur la protection des eaux (OEaux, RS 814.201), la pratique d'exécution a montré que les règles initialement applicables aux aquifères karstiques et fissurés fortement hétérogènes donnent parfois lieu à des restrictions disproportionnées des autres utilisations. Dans la pratique, l'imposition de zones de protection des eaux souterraines souvent très étendues et assorties de restrictions d'utilisation sévères (p. ex. interdiction de construire dans les zones S1 et S2) a fréquemment généré d'importants conflits d'exploitation et, donc, posé de gros problèmes. Toutefois, même lorsque les restrictions d'utilisation sont appliquées de manière optimale, les propriétés hydrogéologiques de ce type particulier d'aquifères ne permettent bien souvent d'atteindre que partiellement la protection souhaitée. Par conséquent, il faudrait soit renoncer aux captages existants, soit réduire nettement l'utilisation du sol dans leurs bassins d'alimentation. Dans l'optique d'une exploitation durable des nappes souterraines concernées en tant que ressources en eau potable, ces deux scénarios ne seraient pas judicieux étant donné que l'utilisation de ces aquifères pour le captage de l'eau potable dans certaines parties du territoire suisse est nécessaire afin de garantir une sécurité d'approvisionnement suffisante. Parallèlement, le développement économique de ces régions doit demeurer possible.

Face à cette problématique, des modifications ont été apportées à l'OEaux et sont entrées en vigueur au 1^{er} janvier 2016. S'agissant des aquifères karstiques et fissurés fortement hétérogènes, l'ancien système prévoyant les zones S1, S2 et S3 a été adapté. Désormais, pour ces aquifères, les zones S1, S2, S_h et S_m sont délimitées et la zone S3 est supprimée. Les autorités d'exécution disposent ainsi d'un instrument qui tient compte des conditions hydrogéologiques particulières et qui vise à garantir une mise en œuvre pratique des mesures d'organisation du territoire relatives aux eaux souterraines dans les régions concernées.

1.2 Objectif des zones de protection des eaux souterraines dans les aquifères fortement hétérogènes

Du fait de leurs propriétés hydrogéologiques, les aquifères karstiques et fissurés fortement hétérogènes ne disposent souvent que d'une faible capacité d'épuration naturelle des eaux météoriques et superficielles qui s'infiltrent. Il est fréquent que l'effet filtrant de l'aquifère et des couches de protection qui le recouvrent (sol et couche de couverture) ne suffise pas à retenir efficacement les polluants et les agents pathogènes. Comme les eaux souterraines s'écoulent souvent très rapidement, le sous-sol n'a pas le temps d'éliminer l'essentiel des substances de nature à polluer les eaux et des impuretés microbiologiques, ce qui explique par exemple qu'une part considérable des germes pathogènes qui se sont retrouvés dans les eaux souterraines par infiltration survive jusqu'au captage. Si la délimitation de zones de protection des eaux souterraines conformes à la loi est une condition préalable à l'obtention d'une eau potable pure, elle ne peut toutefois garantir à elle seule que les exigences en la matière seront satisfaites à l'avenir indépendamment des conditions météorologiques. En règle générale, pour éliminer ces impuretés – en partie naturelles –, il est donc nécessaire de traiter les eaux souterraines avant qu'elles ne soient distribuées comme eau potable.

Les zones de protection des eaux souterraines dans les aquifères karstiques et fissurés fortement hétérogènes doivent protéger les eaux captées de sorte que leur qualité ou leur quantité ne soit pas compromise dans une mesure importante par les activités humaines. Mais comme les zones de protection sont souvent vastes, en particulier en milieu karstique, il est impossible d'y appliquer les différentes restrictions d'utilisation valables pour les aquifères en roches meubles. Pour obtenir néanmoins l'effet protecteur souhaité, certaines installations et activités sont admises, mais uniquement si l'on peut s'attendre, sur la base des documents fournis (notamment investigations hydrogéologiques)¹, à ce qu'elles n'engendrent pas une pollution supplémentaire des eaux souterraines – le cas échéant grâce à des mesures de protection adéquates – ou qu'elles n'altèrent pas l'hydrodynamique des eaux du sous-sol.

1.3 Principales modifications des bases légales

1.3.1 Prescriptions relatives au dimensionnement

Le critère fondamental pour dimensionner les zones de protection des eaux souterraines dans les aquifères karstiques et fissurés fortement hétérogènes reste la vulnérabilité. Contrairement à l'ancien système de zones de protection des eaux souterraines, la zone S1 englobe uniquement l'installation de captage et les terrains directement environnants, ainsi que les pertes et leur environnement immédiat si elles constituent une menace pour l'utilisation de l'eau potable. Large d'au moins 100 m dans le sens du courant, la zone S2 est délimitée uniquement autour du captage. Dans le bassin d'alimentation du captage, la zone S_h (h signifiant « haute vulnérabilité ») couvre les secteurs à haute vulnérabilité, et la zone S_m (m signifiant « vulnérabilité moyenne »), les secteurs de vulnérabilité moyenne. En substance, les zones S_h et S_m comprennent les parties du bassin d'alimentation du captage qui relevaient, selon l'ancienne législation, des zones S2 et S3. Les prescriptions relatives aux objectifs et au dimensionnement des différents secteurs de protection des eaux et zones de protection des eaux souterraines sont expliquées au chapitre 3 .

1.3.2 Restrictions d'utilisation

Les restrictions valables dans les zones S1 et S2 correspondent à celles prescrites pour les aquifères en roches meubles. La majeure partie des dispositions de la zone S3 s'applique dans la zone S_m. Désormais, il n'est plus permis d'y effectuer des travaux de construction qui ont des effets défavorables sur l'hydrodynamique des eaux du sous-sol. L'infiltration des eaux usées communales traitées issues de petites stations d'épuration est en revanche autorisée sous certaines conditions. Contrairement à la zone S2, il n'existe aucune interdiction générale de construire dans la zone S_h. La construction d'installations et l'exercice d'activités sont admis à condition qu'ils ne constituent pas une menace pour l'utilisation de l'eau potable. Par contre, l'épandage d'engrais de ferme liquides et d'engrais de recyclage liquides est interdit sans exception dans la zone S_h et l'infiltration des eaux à évacuer n'est permise que si elles sont non polluées (p. ex. eaux de toitures) et infiltrées à travers une couche de sol biologiquement active. Les restrictions d'utilisation sont détaillées au chapitre 4 .

1.3.3 Dispositions transitoires

Si des zones de protection des eaux souterraines sont déjà délimitées dans des aquifères karstiques et fissurés fortement hétérogènes en vertu de l'ancien droit, c'est-à-dire conformément aux exigences antérieures de l'ordonnance de 1998 sur la protection des eaux, alors il est possible de renoncer à la délimitation des zones S_h et S_m si les anciennes zones de protection garantissent une protection au moins équivalente et tant que les zones

¹ Art. 32, al. 3, OEaux

de protection existantes et leurs règlements ne font pas l'objet d'une révision importante². Il est donc essentiel que les zones de protection relevant de l'ancien droit aient été délimitées sur la base de critères de vulnérabilité.

Cependant, dans les zones existantes S2 et S3, les restrictions d'utilisation (p. ex. interdiction générale de construire dans la zone S2) demeurent en tout cas applicables. Les restrictions dérogatoires introduites pour les zones S_n et S_m ne s'appliquent pas ici. Le contrôle des zones de protection dans le cadre d'un renouvellement de concession, de conflits d'exploitation existants ou prévisibles ou de nouvelles connaissances hydrogéologiques peut entraîner une modification essentielle des zones de protection. La disposition transitoire n'étant pas limitée dans le temps, les zones relevant de l'ancien droit peuvent exister *ad vitam æternam* jusqu'à ce qu'une révision importante des zones de protection soit nécessaire.

1.4 Compétences

Il y a lieu de se référer aux « Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines »³ pour la répartition générale des compétences entre les différents acteurs dans le domaine de la protection des eaux souterraines. Dans le cadre du nouveau système de zones de protection, les compétences sont réparties comme suit. Il est essentiel que les cantons et les communes/distributeurs d'eau travaillent en étroite collaboration.

Cantons

En fonction des conditions hydrogéologiques, le service cantonal de la protection des eaux valide au cas par cas la décision de classer l'aquifère comme faiblement ou fortement hétérogène et fixe ainsi les critères à appliquer pour délimiter la zone de protection (durée d'écoulement ou vulnérabilité). Les guides pratiques portant sur la délimitation des zones de protection des eaux souterraines en milieu fissuré et karstique⁴ (« méthode EPIK ») fournissent des lignes directrices à ce sujet. En outre, le service cantonal de la protection des eaux décide si une zone de protection existante doit faire l'objet d'une révision importante (cf. 1.3.3)⁵.

Communes ou distributeurs d'eau

En qualité de propriétaires d'installations servant à l'approvisionnement en eau potable, les communes ou les distributeurs d'eau se chargent de collecter les données requises pour la délimitation des zones de protection. Lors de l'approvisionnement en eau potable, ils sont tenus de remplir⁶ en tout temps les exigences de la loi sur les denrées alimentaires et les objets usuels (LDAI, RS 817.0) et de l'ordonnance du DFI sur l'eau potable et l'eau des installations de baignade et de douche accessibles au public (RS 817.022.11) ainsi que de garantir, le cas échéant, l'efficacité des installations de traitement correspondantes.

² Dispositions transitoires de la modification du 4 novembre 2015, al. 2, OEaux

³ Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP), 2004, p. 101

⁴ Guide pratique « Délimitation des zones de protection des eaux souterraines en milieu fissuré », OFEFP et Office fédéral des eaux et de la géologie (OFEG), 2003, chapitre 3

⁵ Art. 19, al. 1, LEaux et Rapport explicatif concernant la modification de l'ordonnance sur la protection des eaux (https://www.admin.ch/ch/f/gg/pc/documents/2615/OEaux_Rapport-expl_fr.pdf)

⁶ En vertu de l'art. 23 LDAI, les communes et les distributeurs d'eau sont tenus, en tant que producteurs de denrées alimentaires, de réaliser des auto-contrôles. Ces auto-contrôles doivent être effectués selon la méthode HACCP (*Hazard Analysis and Critical Control Points*). Il faut également évaluer les risques dans le bassin d'alimentation du captage.

2 Répartition et propriétés

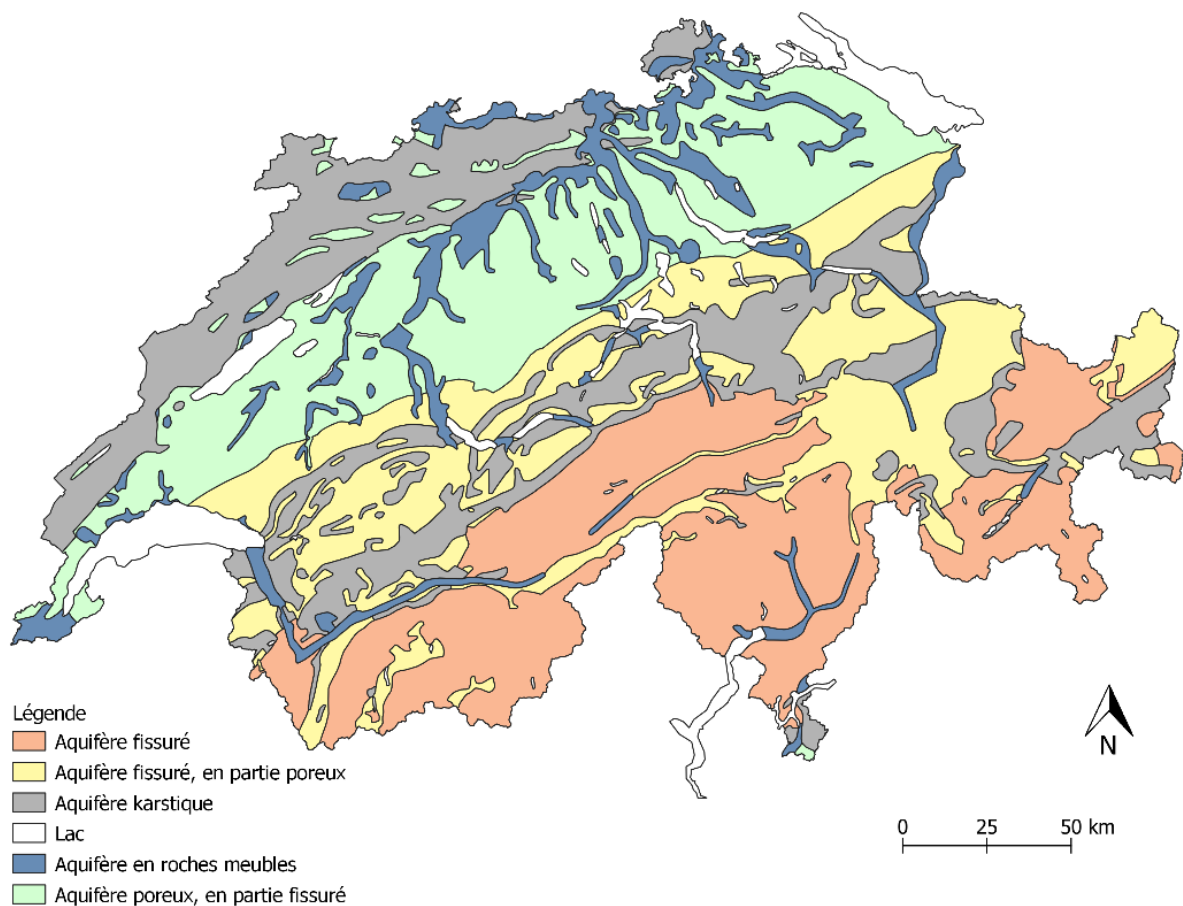
2.1 Perméabilité des aquifères karstiques et fissurés

S'agissant des roches consolidées, il convient de distinguer la perméabilité de la roche de celle liée aux discontinuités du massif. La première se rapporte à la porosité d'interstice de la roche, la seconde résulte des structures présentes dans le massif rocheux. En font notamment partie les discontinuités telles que les fissures et les joints de stratification, ainsi que les cavités karstiques. Dans les aquifères karstiques ou fissurés hétérogènes, une partie importante des eaux souterraines suit ces structures perméables.

Figure 1

Carte hydrogéologique de la Suisse présentant les aires de répartition des aquifères karstiques et fissurés

Les aquifères karstiques se situent principalement dans le Jura et les Préalpes, tandis que les aquifères fissurés fortement hétérogènes se trouvent avant tout dans les Préalpes et les Alpes.



2.2 Subdivision en systèmes faiblement et fortement hétérogènes

Le nouveau système de zones de protection qui est exposé dans la présente aide à l'exécution ne s'applique qu'aux aquifères karstiques et fissurés fortement hétérogènes. Par aquifères fortement hétérogènes, on entend les aquifères en roches consolidées qui se caractérisent notamment par des vitesses d'écoulement élevées ainsi que par des variations fortes et rapides du débit et de la qualité de l'eau. Ici, les structures perméables du sous-sol sont en liaison directe avec le captage. En outre, le temps de séjour des eaux souterraines dans ces aquifères n'augmente pas toujours à mesure que s'éloigne le captage, raison pour laquelle il n'est pas pertinent ici de suivre les principes de délimitation des zones de protection dans les systèmes faiblement hétérogènes, où le temps de séjour augmente en fonction de la distance avec le captage. Les zones de protection dans les systèmes fortement hétérogènes sont donc délimitées en fonction du degré de vulnérabilité déterminé dans le bassin d'alimentation du captage (cf. « méthode EPIK »).

Les critères et la méthode de distinction entre les aquifères fortement et faiblement hétérogènes – en particulier du point de vue du comportement hydrologique des débits des sources – sont décrits dans les guides pratiques « Délimitation des zones de protection des eaux souterraines en milieu fissuré » (OFEFP et OFEG, 2003⁷) et « Délimitation des zones de protection des eaux souterraines en milieu karstique » (« méthode EPIK »). Pour les aquifères karstiques et fissurés faiblement hétérogènes, il y a lieu de se référer aux modules de l'aide à l'exécution « Délimitation des zones de protection des eaux souterraines en milieu fissuré » (OFEFP et OFEG, 2003) et « Zones de protection des eaux souterraines en roches meubles » (OFEV, 2012).

Les aquifères karstiques faiblement hétérogènes incluent les aquifères dans des roches pouvant subir une érosion de type karstique qui ne sont pourtant pas karstiques ou faiblement seulement (p. ex. marnes calcaires ou dolomie). De tels aquifères se caractérisent souvent par des bassins d'alimentation et des sources de petite taille avec un faible débit.

⁷ Guide pratique « Délimitation des zones de protection des eaux souterraines en milieu fissuré », OFEFP et OFEG, 2003, fig. 7, p. 21

Tableau 1**Caractéristiques typiques des systèmes faiblement et fortement hétérogènes**

Les systèmes fortement hétérogènes font l'objet de la présente aide à l'exécution, tandis que les systèmes faiblement hétérogènes sont à traiter comme des aquifères en roches meubles.

Critère	Systèmes fortement hétérogènes	Systèmes faiblement hétérogènes
Critères généraux⁸		
Évolution dans le temps du débit de la source	Réaction rapide et marquée aux précipitations	Réaction différée et modérée aux précipitations
Évolution dans le temps des paramètres qualitatifs (p. ex. turbidité, température, conductivité et microbiologie)	Forte variabilité	Faible variabilité
Qualité de l'eau	Contaminations microbiologiques après les précipitations	Contaminations microbiologiques faibles ou continues
Vitesse d'écoulement	Vitesse d'écoulement élevée Même à des endroits éloignés du bassin d'alimentation, de courtes durées d'écoulement jusqu'au captage peuvent aller de quelques heures à quelques jours.	Faible vitesse d'écoulement La durée d'écoulement augmente à mesure que s'accroît la distance par rapport au captage.
Critères spéciaux pour les aquifères karstiques		
Formation des structures karstiques ⁹	Réseau karstique connexe, forte densité de conduits karstiques	Réseau karstique peu développé, structures karstiques localement limitées
Types de roches dominants	Calcaires, grès calcaires, gypse et anhydrite, sel	Marnes, schistes, conglomérats et brèches faiblement calcaires, dolomie
Critères spéciaux pour les aquifères fissurés		
Formation des discontinuités	Roches consolidées des Préalpes et des Alpes fortement tectonisées	Roches consolidées du Plateau faiblement tectonisées
Relief de surface	Fort relief de surface, gradient hydraulique élevé	Faible relief de surface, faible gradient hydraulique
Types de roches dominants	Grès, conglomérats sableux et marnes sableuses (Molasse subalpine, Flysch, Verrucano), schistes, calcaires siliceux, roches cristallines	Grès, conglomérats sableux et marnes sableuses (Molasse du Plateau)

⁸ Pour les systèmes faiblement hétérogènes, la totalité des critères généraux doit être démontrée. Dans le cas contraire, il faut partir du principe qu'il s'agit d'un système fortement hétérogène.

⁹ La formation d'un réseau karstique n'est souvent pas connue, alors que celui-ci existe bel et bien. Ce critère ne doit donc pas être surestimé.

2.3 Hydrodynamique des eaux du sous-sol

Dans les zones S_h et S_m , les travaux de construction ne doivent pas altérer l'hydrodynamique des eaux du sous-sol¹⁰. Dans les aquifères fortement hétérogènes, les eaux météoriques qui s'infiltrent suivent principalement les fissures ou conduits karstiques ouverts qui communiquent entre eux. Concernant le niveau piézométrique des eaux souterraines, le sous-sol est divisé en trois parties (cf. fig. 2)¹¹.

Zone vadose

Zone non saturée où l'eau transite depuis la surface jusqu'au niveau piézométrique des eaux souterraines du massif rocheux. Si un conduit karstique ou une zone fissurée peuvent rester secs pendant une longue période, ils permettent aussi à de grandes quantités d'eau (plusieurs centaines de litres voire quelques mètres cubes par seconde) de s'écouler en cas de crues.

Zone épiphréatique

Zone de fluctuation entre le niveau piézométrique en hautes eaux et en basses eaux, ce qui signifie que cette zone est périodiquement saturée en eau. Dans les systèmes karstiques, les variations de niveau de quelques dizaines de mètres sont courantes. Dans le cas extrême, elles peuvent atteindre plus de 100 m. Dans les aquifères fissurés, cela peut entraîner une mise en charge de certaines fractures.

Zone phréatique

Zone noyée en permanence située sous le niveau piézométrique en basses eaux. En situation d'étiage, seule l'eau de la zone phréatique s'écoule vers les exutoires du système.

Dans les aquifères fortement hétérogènes, de grandes quantités d'eau peuvent passer par des conduits karstiques ou des fissures ouvertes. Si ces conduits karstiques ou fissures sont bloqués par des constructions dans le sous-sol, l'hydrodynamique naturelle du système risque d'être altérée et les sources, d'être dégradées voire de se tarir. Il n'est pas autorisé d'entraver les captages des sources utilisés pour l'approvisionnement public en eau¹², et les atteintes doivent être évitées au moyen de mesures adaptées.

Si ces conduits karstiques sont coupés, il faut s'attendre à ce qu'un ouvrage souterrain subisse d'énormes conséquences compte tenu du risque d'augmentation soudaine du débit en cas de crues. Si ces conduits karstiques coupés restent ouverts pendant une longue période, le système karstique risque de se modifier de manière irréversible, par exemple du fait de l'érosion interne des sédiments déposés dans des parties du système karstique situées au-dessus de la coupure. En conséquence, les sources exploitées peuvent également être affectées de manière illicite.

La perméabilité des structures ouvertes qui laissent passer l'eau de manière temporaire ou durable doit donc être préservée. Cela concerne les trois zones du sous-sol susmentionnées (vadose, épiphréatique et phréatique). Afin que le niveau naturel des eaux souterraines ne baisse pas¹³, il est interdit d'évacuer de grandes quantités d'eau, par exemple en drainant les tunnels. Par ailleurs, il faut veiller à ce que les travaux souterrains

¹⁰ Annexe 4, ch. 125, al. 1, let. b, OEaux

¹¹ KarstALEA, chapitre 3 (en allemand)

¹² Dans le cas de captage de sources privés, il convient de respecter les droits de tiers (cf. art. 706 ss du code civil)

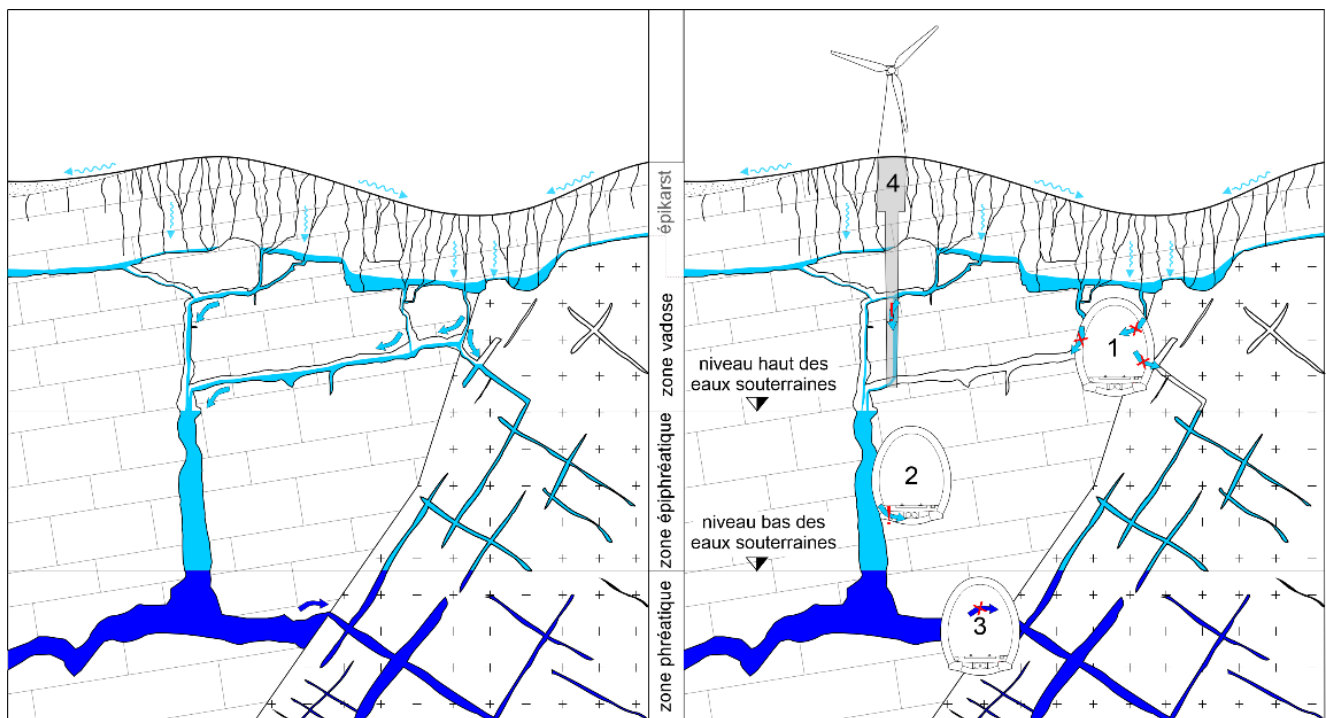
¹³ Art. 43, al. 1 et 6, LEaux

ne court-circuitent pas les différentes structures perméables¹⁴. Des mesures de construction adéquates doivent garantir, d'une part, l'écoulement libre des eaux souterraines et, d'autre part, l'étanchéité de l'ouvrage souterrain.

Figure 2

Hydrodynamique des eaux du sous-sol

Les constructions dans le sous-sol peuvent, par drainage, réduire l'alimentation en eau du système (1, 2), empêcher l'écoulement (3) ou altérer la perméabilité des structures (4).



¹⁴ Art. 43, al. 3, LEaux

3 Mesures d'organisation du territoire relatives aux eaux souterraines

3.1 Principes

Les principes suivants s'appliquent à la délimitation des zones de protection des eaux souterraines et des secteurs de protection des eaux dans les aquifères karstiques et fissurés fortement hétérogènes.

La cartographie de la vulnérabilité du bassin d'alimentation du captage constitue la base de la délimitation des zones de protection des eaux souterraines. Le degré de vulnérabilité est déterminé en fonction de l'épaisseur et de la nature des couches protectrices, de la formation du milieu karstique ou fissuré, ainsi que des conditions d'infiltration. Pour ce faire, il y a lieu d'appliquer la « méthode DISCO » dans les aquifères fissurés fortement hétérogènes et la « méthode EPIK » dans les aquifères karstiques fortement hétérogènes¹⁵.

Concernant les sources, le bassin d'alimentation hydrogéologique du captage est la zone de référence pour la délimitation des zones de protection des eaux souterraines.

Pour les puits de pompage, le principe valable dans les roches meubles selon lequel le bassin d'alimentation hydrogéologique et, partant, le dimensionnement des zones de protection sont déterminés par le prélèvement maximal autorisé s'applique aussi pour les aquifères fortement hétérogènes. De plus, il faut s'attendre à un état défavorable (niveau d'eau accru) compte tenu des conditions hydrauliques qui prévalent.

Les secteurs faiblement vulnérables du bassin d'alimentation d'un captage ne sont pas attribués aux zones de protection des eaux souterraines, mais au secteur A_u de protection des eaux.

Le but des zones de protection et des secteurs de protection des eaux dans les aquifères fortement hétérogènes, leurs bases de calcul et les surfaces qui leur sont attribuées, ainsi que des indications sur les nouveautés par rapport à l'ancienne réglementation sont résumés ci-après et représentés à la Figure 3. Les bases généralement applicables aux zones de protection des eaux souterraines S1 et S2, aux secteurs de protection des eaux A_u et A_o ainsi qu'à l'aire d'alimentation Z_u sont décrites dans les « Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines » (OFEFP, 2004).

¹⁵ Guide pratique « Délimitation des zones de protection des eaux souterraines en milieu fissuré », OFEFP et OFEG, 2003, chapitre 5, et Guide pratique « Cartographie de la vulnérabilité en régions karstiques », OFEV, 2020. Il convient de noter que l'actuelle « méthode DISCO » s'appuie encore sur l'ancien système de zones de protection (S1, S2, S3) pour attribuer les zones de protection des eaux souterraines. Ainsi, lors de l'attribution des zones de protection, la zone S2 peut être remplacée par la zone S_n , et la zone S3 par la zone S_m . Cela s'applique hors de la zone de protection rapprochée de 100 m autour du captage où une zone S2 est toujours délimitée.

Par rapport à la « méthode EPIK » de 1998, la version remaniée (en élaboration) accorde une plus grande importance aux couches protectrices.

3.2 Zone de protection des eaux souterraines S1

But	La zone S1 doit empêcher : <ul style="list-style-type: none"> • que le captage ainsi que son environnement immédiat soient endommagés ou pollués ; • que soit pollué l'environnement immédiat de structures géologiques dans lesquelles l'eau de surface arrive concentrée dans le sous-sol (pertes) et où existe une menace pour l'utilisation de l'eau potable.
Surfaces concernées	<ul style="list-style-type: none"> • Le captage et son environnement immédiat • Les pertes où existe une menace pour l'utilisation de l'eau potable, et leur environnement immédiat
Bases de calcul	Limite extérieure <ul style="list-style-type: none"> • Au moins 10 m autour de l'installation de captage (y c. drains) • Pertes et leur environnement immédiat
Nouveautés par rapport à l'OEaux avant le 1^{er} janvier 2016	Les lapiez, dolines, ruisseaux et autres secteurs à haute vulnérabilité qui ne satisfont pas aux nouveaux critères applicables à la zone S1 sont désormais attribués à la zone S _h .

Concernant les pertes, la zone S1 est uniquement délimitée s'il existe une menace pour l'utilisation de l'eau potable. Si une telle menace existe concrètement, il convient de procéder à une évaluation sur la base de critères hydrologiques comme le volume d'eau qui s'infiltre, la relation rapide avec le captage, etc. Les bases pour cette évaluation sont décrites dans le guide pratique « Cartographie de la vulnérabilité en régions karstiques » (« méthode EPIK »).

3.3 Zone de protection des eaux souterraines S2

But	La zone S2 doit empêcher : <ul style="list-style-type: none"> • que les eaux du sous-sol soient polluées par des excavations et travaux souterrains à proximité du captage ; • que l'écoulement soit entravé par des installations en sous-sol à proximité du captage.
Surfaces concernées	<ul style="list-style-type: none"> • Abords immédiats du captage
Bases de calcul	<ul style="list-style-type: none"> • Dans le sens du courant, la distance entre la zone S1 située autour du captage et la limite extérieure de la zone S2 est de 100 m au moins.
Nouveautés par rapport à l'OEaux avant le 1^{er} janvier 2016	La zone S2 dans les aquifères karstiques et fissurés fortement hétérogènes est exclusivement délimitée selon la « règle des 100 m au moins ». Les autres surfaces qui relevaient de la zone S2 en vertu de l'OEaux avant le 1 ^{er} janvier 2016 sont pour l'essentiel attribuées à la zone S _h (voir ci-après). Par exemple, plus aucune zone S2 n'est délimitée autour de la zone S1 pour les pertes.

L'effet filtrant de la couche de couverture et de l'aquifère ne suffit généralement pas dans les aquifères fortement hétérogènes à retenir efficacement les impuretés microbiologiques ou les substances de nature à polluer les eaux. En outre, la durée d'écoulement des eaux souterraines est la plupart du temps si courte que l'essentiel des agents pathogènes ou polluants n'est pas dégradé dans le sous-sol. Il est par exemple fréquent que des germes pathogènes survivent jusqu'à leur arrivée dans le captage. Ainsi, la zone S2 ne peut pas atteindre le même objectif que dans des aquifères faiblement hétérogènes ou homogènes. C'est la raison pour laquelle, dans les aquifères fortement hétérogènes, la zone S2 n'est plus délimitée que sur une étendue minimale pour protéger les abords immédiats du captage.

3.4 Zone de protection des eaux souterraines S_h

But	La zone S _h doit empêcher : <ul style="list-style-type: none"> • que l'eau souterraine soit polluée par la construction et l'exploitation d'installations et par l'utilisation de substances ; • que des travaux de construction altèrent l'hydrodynamique des eaux du sous-sol.
Surfaces concernées	<ul style="list-style-type: none"> • Secteurs à haute vulnérabilité <ul style="list-style-type: none"> – Secteurs sans couches protectrices (soit sans sol et couches de couverture, p. ex. lapiez) ou avec couches protectrices insuffisamment développées ou non continues dans lesquels l'épandage d'engrais de ferme liquides et d'engrais de recyclage liquides notamment constitue une menace pour l'utilisation de l'eau potable
Bases de calcul	• Détermination de la vulnérabilité : les secteurs à haute vulnérabilité doivent être attribués à la zone S _h .
Nouveautés par rapport à l'OEaux avant le 1^{er} janvier 2016	En substance, la zone S _h correspond, s'agissant de l'étendue, à l'ancienne zone S2 dans la mesure où elle est dénuée de couches protectrices suffisamment développées et continues. De plus, elle remplace toutes les zones S1 qui ne satisfont pas aux nouveaux critères de délimitation, p. ex. lapiez, dolines et ruisseaux.

Une évaluation de la vulnérabilité des eaux souterraines aux influences extérieures sert de critère pour les zones S_h et S_m (cf. « méthode EPIK »). Lors de la délimitation de la zone S_h, il faut donc faire particulièrement attention à la menace pour l'utilisation de l'eau potable que constitue l'épandage d'engrais de ferme liquides et d'engrais de recyclage liquides. En général, les secteurs du bassin d'alimentation du captage dénués de couches protectrices bien développées et continues présentent une vulnérabilité élevée et, partant, sont délimités en tant que zone S_h. Il en va de même s'il y a lieu de supposer que les couches protectrices ne présentent pas une capacité d'absorption suffisante des engrais liquides épandus. Dans le cadre de l'évaluation de la vulnérabilité, la nature des couches protectrices joue elle aussi un rôle plus important qu'avant. Par conséquent, les surfaces du bassin d'alimentation d'un captage sur lesquelles des engrais de ferme liquides et des engrais de recyclage liquides peuvent être épandus sans que cela ne constitue une menace pour l'utilisation de l'eau potable ne relèvent pas de la zone S_h. Elles sont plutôt à attribuer à la zone S_m ou au secteur A_u de protection des eaux en fonction de leur vulnérabilité.

3.5 Zone de protection des eaux souterraines S_m

But	La zone S _m doit empêcher : <ul style="list-style-type: none"> • que l'eau souterraine soit polluée par la construction et l'exploitation d'installations et par l'utilisation de substances ; • que des travaux de construction altèrent l'hydrodynamique des eaux du sous-sol.
Surfaces concernées	• Secteurs de vulnérabilité moyenne
Bases de calcul	• Détermination de la vulnérabilité : les secteurs de vulnérabilité moyenne doivent être attribués à la zone S _m .
Nouveautés par rapport à l'OEaux avant le 1^{er} janvier 2016	La zone S _m remplace plus ou moins l'ancienne zone S3 et des parties de l'ancienne zone S2 dotées de couches protectrices suffisamment développées et continues.

Les secteurs de vulnérabilité moyenne sont des surfaces dotées de couches protectrices bien développées et continues dont l'effet protecteur permet une utilisation d'intensité moyenne (p. ex. agriculture, infiltration des eaux traitées issues de petites stations d'épuration) sans que cela ne constitue une menace pour l'utilisation de l'eau potable (cf. « méthode EPIK »).

Dans les régions karstiques, il est possible de délimiter une aire d'alimentation Z_u à la place d'une zone S_m pour autant qu'une protection équivalente soit garantie¹⁶. Pour ce faire, il faut que les restrictions d'utilisation en vigueur dans ces zones Z_u soient identiques à celles d'une zone S_m (hors extraction de matériaux) et inscrites dans le règlement des zones de protection du captage. En outre, le plan des zones de protection ainsi que la carte de protection des eaux doivent indiquer clairement qu'il s'agit d'une aire d'alimentation Z_u en remplacement d'une zone S_m . Le modèle de géodonnées minimal de la Confédération « Mesures d'organisation du territoire relatives aux eaux (Zones de protection des eaux souterraines, périmètres de protection des eaux souterraines et secteurs de protection des eaux) » prévoit la désignation « S_mZ_u » (ID 131,132,130) à cette fin.

3.6 Secteur A_u de protection des eaux

But	• Le secteur A_u de protection des eaux assure la protection des eaux souterraines exploitables (ou ici, la protection du bassin d'alimentation des eaux souterraines utilisées).
Surfaces concernées	• Secteurs à faible vulnérabilité dans le bassin d'alimentation du captage qui ne sont pas attribués à la zone de protection des eaux souterraines
Bases de calcul	• Détermination du bassin d'alimentation du captage • Détermination de la vulnérabilité : secteurs à faible vulnérabilité
Nouveautés par rapport à l'OEaux avant le 1^{er} janvier 2016	Aucune

Les secteurs à faible vulnérabilité sont les secteurs dans lesquels une couche protectrice épaisse et peu perméable, par exemple, garantit un niveau de protection permettant une utilisation plus intense en surface que dans les zones de protection elles-mêmes, sans que cela ne constitue une menace pour l'approvisionnement en eau potable (cf. « méthode EPIK »). Ces secteurs du bassin d'alimentation du captage ne sont pas attribués aux zones de protection des eaux souterraines, mais au secteur A_u de protection des eaux. Cette attribution au secteur A_u de protection des eaux est obligatoire étant donné que cette partie du bassin d'alimentation du captage est nécessaire pour protéger les eaux souterraines exploitables (ou ici, utilisées)¹⁷.

Les bâtiments et installations, ainsi que les fouilles et travaux similaires, dans les secteurs particulièrement menacés, c'est-à-dire dans les zones de protection des eaux souterraines et dans le secteur A_u de protection des eaux, sont toujours soumis à autorisation cantonale conformément à l'art. 19, al. 2, LEaux, s'ils sont susceptibles de mettre en danger les eaux. Du fait de l'obligation d'autorisation, les cantons contrôlent ces bâtiments, installations et travaux dans le bassin d'alimentation d'un captage utilisé pour l'approvisionnement en eau potable, même s'ils se trouvent hors de la zone de protection. L'autorité accorde l'autorisation lorsque, des obligations et des conditions permettent de garantir une protection des eaux suffisante¹⁸.

¹⁶ Annexe 4, ch. 121, al. 1, let. b, OEaux

¹⁷ Annexe 4, ch. 111, al. 1, OEaux

¹⁸ Art. 32, al. 4, OEaux

3.7 Secteur A_o de protection des eaux permettant de protéger les eaux superficielles qui s'infiltrent

But	<ul style="list-style-type: none"> En complément de la zone de protection des eaux souterraines, le secteur A_o de protection des eaux peut être délimité afin d'assurer la protection des eaux superficielles et de leur zone littorale, dans la mesure où cela est nécessaire pour garantir une utilisation particulière (ici, l'utilisation comme eau potable des eaux souterraines sous l'influence des eaux superficielles qui s'infiltrent).
Surfaces concernées	<ul style="list-style-type: none"> Tronçons des cours d'eau de surface qui s'infiltrent et parties des glaciers qui constituent une menace pour l'utilisation de l'eau potable, en particulier s'ils alimentent le captage en eau depuis l'extérieur du bassin hydrogéologique
Bases de calcul	<ul style="list-style-type: none"> Détermination des conditions d'infiltration dans le bassin d'alimentation du captage
Nouveautés par rapport à l'OEaux avant le 1^{er} janvier 2016	Aucune

Dans le bassin d'alimentation hydrogéologique d'un captage, les eaux superficielles telles que les cours d'eau et les lacs peuvent s'infiltrer dans les eaux souterraines. Du fait de particularités morphologiques, des eaux superficielles peuvent également atteindre, via des horizons pédologiques et rocheux largement imperméables (p. ex. marnes ou schistes fins dans le bassin hydrologique), le bassin d'alimentation hydrogéologique d'une source en milieu karstique ou fissuré et s'y infiltrer. Certains bassins d'alimentation alpins sont également marqués par la fonte des glaciers. Les eaux libérées par les glaciers (susceptibles d'être polluées en raison des activités qui ont lieu sur le glacier) peuvent également s'infiltrer dans des pertes. Ces eaux superficielles peuvent être des vecteurs de pollution qui dégradent la qualité des eaux souterraines.

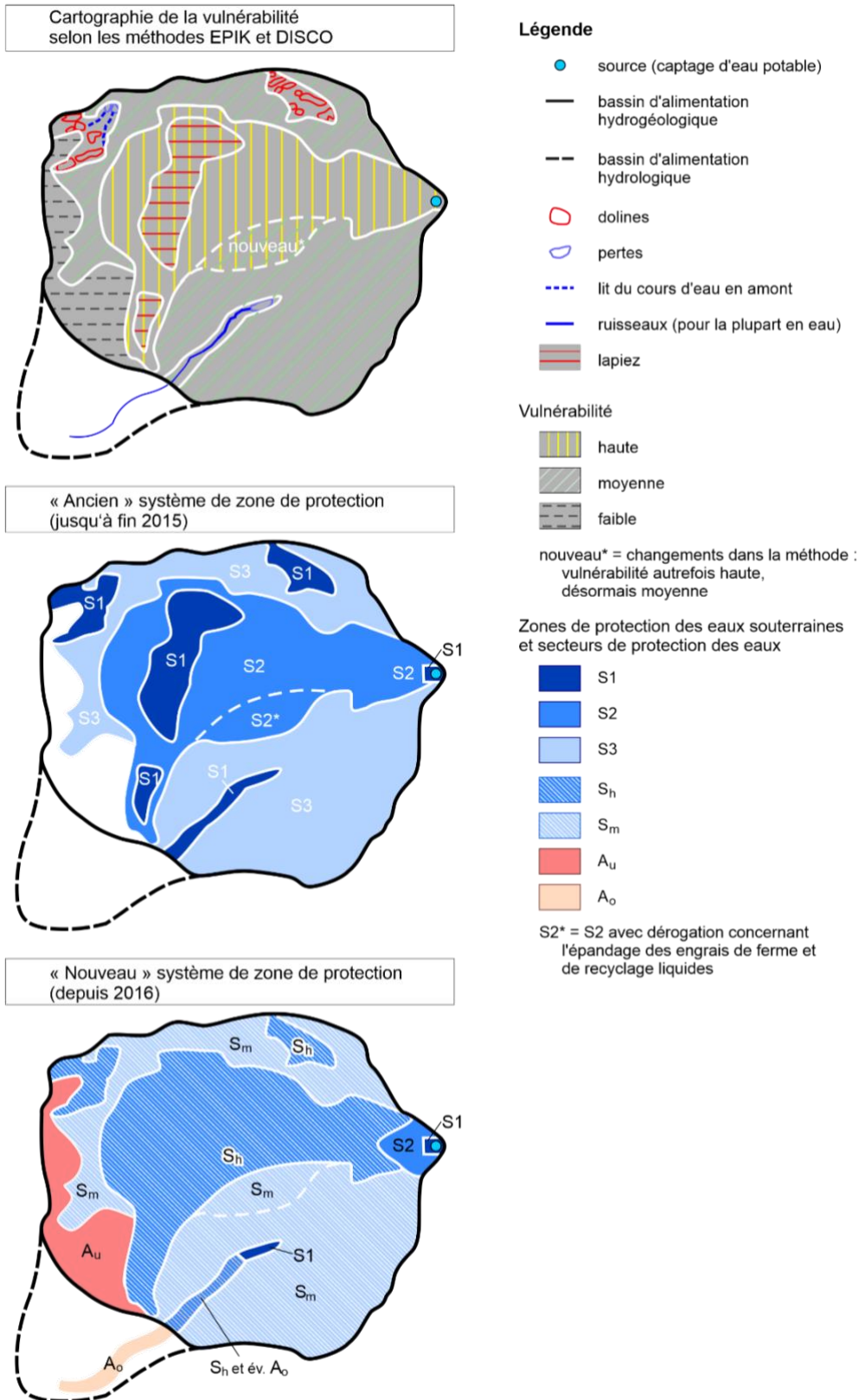
Si l'infiltration des eaux superficielles polluées menace l'utilisation de l'eau potable, ces eaux de surface ou ces glaciers doivent être protégés en conséquence. Dans le bassin hydrogéologique du captage, les eaux superficielles qui s'infiltrent et leur zone littorale sont attribuées, dans la plupart des cas, à la zone hautement vulnérable et une zone S_n est délimitée. S'il en résulte une protection équivalente, un secteur A_o de protection des eaux peut aussi être déterminé¹⁹. Par ailleurs, un tel secteur A_o peut protéger les tronçons des cours d'eau de surface ou les parties des glaciers situés hors du bassin hydrogéologique qui sont susceptibles de dégrader la qualité des eaux souterraines alimentant le captage. S'agissant des bassins d'alimentation à caractère agricole, la protection des eaux souterraines peut être renforcée grâce aux dispositions sur la désignation supplémentaire d'un secteur A_o de protection des eaux, applicables dans l'espace réservé aux eaux. Le secteur A_o de protection des eaux peut donc constituer un instrument de protection supplémentaire dans le cas d'aquifères karstiques et fissurés fortement hétérogènes.

¹⁹ Certains cantons disposent à cette fin de bases légales correspondantes.

Figure 3

Comparatif des systèmes de zones de protection

Comparaison de la délimitation des zones de protection des eaux souterraines et de la désignation des secteurs de protection des eaux dans des aquifères karstiques et fissurés fortement hétérogènes avant et après l'entrée en vigueur de la modification de l'O'Eaux.



3.8 Périmètres de protection des eaux souterraines

Les périmètres de protection des eaux souterraines protègent les nappes souterraines destinées à la future utilisation ou alimentation des eaux souterraines. Si des périmètres de protection sont délimités dans des secteurs comprenant des aquifères fortement hétérogènes, les restrictions sévères de la zone S2 s'y appliquent par analogie avec les périmètres de protection dans les aquifères en roches meubles, tant que l'emplacement et l'étendue des futures zones de protection ne sont pas connus²⁰. Cela peut entraîner de sévères restrictions d'utilisation en raison des conditions hydrogéologiques de secteurs très vastes. Il est donc recommandé de déterminer rapidement l'emplacement et l'étendue des futures zones de protection, de manière que les restrictions d'utilisation des surfaces correspondantes (zones S2, S_n ou S_m) s'appliquent.

3.9 Cas particulier : eaux souterraines d'aquifères karstiques fortement hétérogènes dotés d'une couche de couverture épaisse et peu perméable

Avec des puits de pompage qui prélèvent les eaux souterraines karstiques sous une couche de couverture continue, épaisse et peu perméable, le risque de pollution des eaux souterraines est généralement faible (cf. fig. 4). Il peut en aller de même s'agissant des captages de sources dans les tunnels ou les galeries en profondeur. Dans de tels cas particuliers, il est donc possible de déroger à la règle des 100 m pour le dimensionnement de la zone S2²¹. Dans le cas extrême, les eaux souterraines sont tellement bien protégées par l'épaisse couche de couverture, un bassin d'alimentation étendu et un grand réservoir d'eaux souterraines ainsi que par l'absence d'afflux rapides et d'infiltrations d'eaux superficielles, que le bassin d'alimentation ne compte aucun secteur présentant une vulnérabilité haute voire moyenne. Dans une telle situation, les zones S_n et, le cas échéant, S_m peuvent ne pas être nécessaires. Afin d'assurer une protection efficace des eaux souterraines profondes, il suffit alors de protéger le captage au moyen d'une zone S1 et d'une zone S2 éventuellement réduite.

Dans le cadre de l'évaluation de la vulnérabilité, il convient de vérifier si des afflux rapides vers le captage peuvent être vraiment exclus même si la couche de couverture est épaisse et peu perméable, et par exemple même si le niveau piézométrique s'abaisse du fait de l'utilisation des eaux souterraines, ce qui peut entraîner un changement de la direction du courant dans le sous-sol.

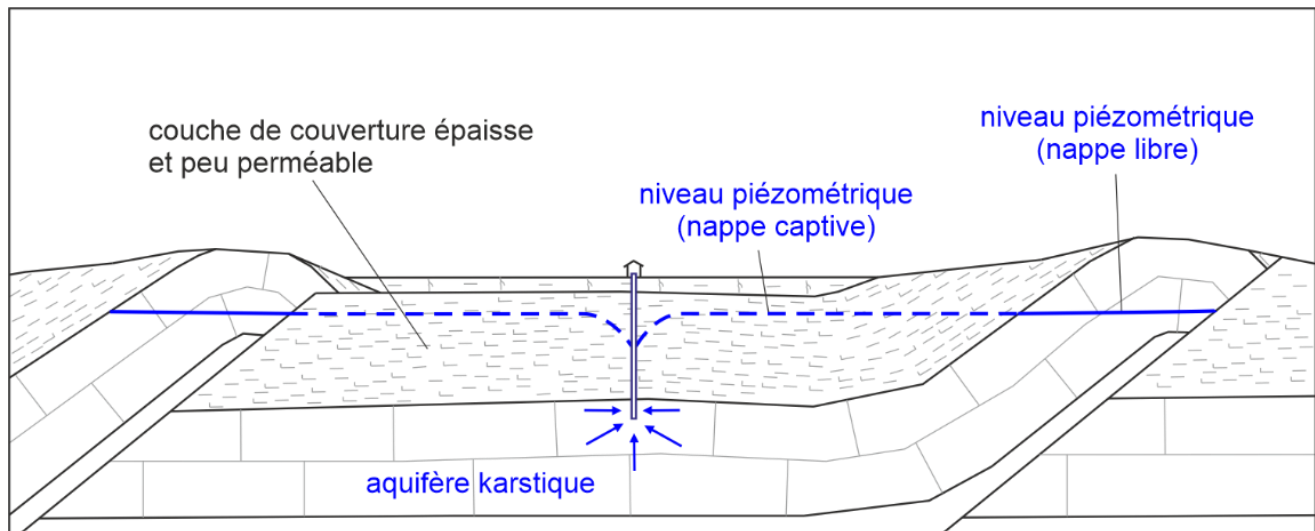
Dans ce cas également, il faut attribuer l'intégralité du bassin d'alimentation du captage au secteur A_u de protection des eaux qui protège en particulier les aquifères profonds. Cela permet de garantir le contrôle des interventions dans le sous-sol (soumises à autorisation) et d'empêcher une dégradation, induite par exemple par des forages.

²⁰ Annexe 4, ch. 23, al. 2, OEaux

²¹ Annexe 4, ch. 123, al. 3, let. a, OEaux

Figure 4

Utilisation des eaux souterraines d'aquifères fortement hétérogènes situés sous une couche de couverture épaisse



3.10 Cas particulier : captages avec exutoire en roches meubles

De nombreuses sources ne jaillissent pas directement des formations rocheuses karstiques ou fissurées, mais émergent en contre-bas dans des roches meubles (p. ex. éboulis de pente ou de blocs). Même si ces sources sont captées dans des roches meubles, la plupart de leurs eaux proviennent de l'aquifère karstique ou fissuré ; les sources revêtent alors souvent la typicité des aquifères fortement hétérogènes. Cependant, cette spécificité peut disparaître si l'eau souterraine séjourne dans la roche meuble pendant une période plus longue, et en particulier si la roche meuble en question n'est pas une accumulation de roches en pente mais un amas de sédiments exploité par des installations de pompage. Les eaux souterraines karstiques ou fissurées traversent ou alimentent les eaux souterraines en roches meubles avant d'être collectées. La distance d'écoulement dans la roche meuble peut ainsi être de plusieurs centaines de mètres. On retrouve fréquemment de tels systèmes mixtes avec une proportion notable d'eau karstique dans les aquifères en roches meubles notamment au pied sud du Jura.

Dans le cas de ces systèmes mixtes, il faut d'une part tenir compte, s'agissant de la délimitation de la zone de protection dans l'aquifère karstique ou fissuré hétérogène, du temps de séjour des eaux dans la roche meuble et, d'autre part, protéger le captage également dans la zone de l'aquifère en roches meubles. En d'autres termes :

- Les zones de protection S_h et S_m se limitent à l'aquifère karstique ou fissuré. Il faut estimer le temps de séjour entre l'exutoire au pied de la roche consolidée et le captage dans la roche meuble : si le temps de séjour dans la roche meuble est inférieur à dix jours, il convient de délimiter, en fonction de la vulnérabilité, les zones S_h ou S_m dans la partie karstique du bassin d'alimentation.
- Si le temps de séjour dans la roche meuble est supérieur à dix jours, il ne faut délimiter que la zone S_m dans la partie karstique du bassin d'alimentation.
- L'attribution à la zone S1 de la perte dans le cas d'aquifères karstiques ou fissurés est effectuée comme prévu en fonction de la situation.

-
- Dans la région de l'aquifère en roches meubles, il faut délimiter les zones S1 et S2 et, si nécessaire, la zone S3. Si la distance entre le captage et la zone karstique ou fissurée est supérieure à 100 m, l'étendue de la zone S2 et, si nécessaire, de la zone S3 dans l'aquifère en roches meubles est dimensionnée sur la base de la méthode isochrone. Cela peut avoir pour conséquence que la zone S2 est supérieure à 100 m pour les captages situés en roches meubles. Cependant, la zone S2 ou S3 se termine au plus tard lorsque la zone karstique ou fissurée est atteinte.

4 Mesures de protection et restrictions d'utilisation

4.1 Zones de protection des eaux souterraines S_h et S_m

Les objectifs de protection des zones S_h et S_m doivent empêcher que les eaux souterraines soient polluées par la construction et l'exploitation d'installations et par l'utilisation de substances, et que des travaux de construction altèrent l'hydrodynamique des eaux du sous-sol²². Cette similarité tient au fait que, contrairement aux aquifères en roches meubles et aux aquifères karstiques et fissurés faiblement hétérogènes, le temps de séjour dans les aquifères fortement hétérogènes n'augmente pas forcément à mesure que s'éloigne le captage, autrement dit, de courtes durées d'écoulement jusqu'au captage sont possibles depuis n'importe quel endroit du bassin d'alimentation.

Toutes les prescriptions valables dans la zone S_m s'appliquent aussi dans la zone S_h – par analogie à la relation entre les zones S2 et S3 pour les aquifères en roches meubles et les aquifères faiblement hétérogènes ; par ailleurs, il existe des restrictions supplémentaires dans la zone S_h en raison de la vulnérabilité plus élevée. Il en va de même pour la zone S2 proche du captage où s'appliquent les restrictions d'utilisation de la zone S_h en plus des restrictions plus strictes de la zone S2 (p. ex. interdiction générale de construire).

Ci-après sont brièvement expliquées les principales différences par rapport aux restrictions d'utilisation des zones S2 et S3 qui résultent des particularités hydrogéologiques des zones S_m et S_h . Les restrictions d'utilisation sont détaillées dans les tableaux de référence au point 4.

Utilisation de substances (engrais, produits phytosanitaires et produits de conservation du bois)

Toutes les restrictions d'utilisation de substances valables dans la zone S3 sont également valables dans la zone S_m . Par rapport à la zone S2, la principale différence relative aux restrictions d'utilisation de substances dans la zone S_h concerne l'utilisation des engrais de ferme liquides et des engrais de recyclage liquides. En principe, dans la zone S2 comme dans la zone S_h , l'utilisation des engrais de ferme liquides et de recyclage liquides est interdite. Cependant, tandis qu'il est possible de déroger à cette interdiction dans la zone S2 sous certaines conditions, cela ne l'est pas dans la zone S_h ²³, afin de tenir compte du fait que toute utilisation d'engrais de ferme liquides et d'engrais de recyclage liquides constitue une menace pour l'utilisation de l'eau potable étant donné la vulnérabilité élevée dans la zone S_h . Étant donné que les restrictions de la zone S_h s'appliquent également aux aquifères fortement hétérogènes des zones S2 (cf. ci-dessus), il n'est pas possible ici aussi d'octroyer une dérogation pour l'emploi d'engrais de ferme et de recyclage liquides.

De plus, les produits phytosanitaires sont parfois soumis à des interdictions d'utilisation différentes dans les zones S2 et S_h (cf. 4.4, tableau de référence).

²² Annexe 4, ch. 125, al. 1, let. a et b, OEaux

²³ Annexe 2.6, ch. 3.3.1, al. 2, ORRChim et annexe 2.6, ch. 3.3.2, al. 1, ORRChim

Infiltration des eaux à évacuer

L'infiltration des eaux à évacuer non polluées (p. ex. eaux de ruissellement de classe de pollution faible s'écoulant des voies de communication, des places et des toits) à travers une couche de sol biologiquement active est autorisée non seulement dans la zone S_m, mais aussi dans la zone S_h à certaines conditions²⁴, à la différence de la zone S2 dans laquelle l'infiltration des eaux à évacuer n'est généralement pas admise.

L'infiltration des eaux communales traitées issues de petites stations d'épuration est autorisée dans la zone S_m sous certaines conditions, dans la mesure où leur évacuation de la zone de protection entraîne un coût disproportionné et que toute menace pour l'utilisation de l'eau potable peut être exclue²⁵.

Bâtiments et installations

S'agissant des bâtiments et des installations, presque toutes les obligations de la zone S3 s'appliquent aussi dans la zone S_m. Une différence concerne les exigences posées aux constructions dans le sous-sol : tandis que, dans les aquifères en roches meubles ou les aquifères faiblement hétérogènes, ce sont surtout la capacité d'emmagasinement et la section d'écoulement qui sont pertinentes pour la protection quantitative, dans les aquifères karstiques et fissurés fortement hétérogènes, la dégradation d'un conduit karstique ou d'une fissure (principalement drainage ou obstruction) peut avoir des répercussions néfastes sur l'hydrodynamique et, partant, sur une ou plusieurs sources. C'est la raison pour laquelle l'hydrodynamique doit être protégée des effets défavorables des travaux de construction. Ainsi, les voies d'écoulement localement concentrées dans les aquifères fortement hétérogènes sont prises en compte et les impacts négatifs des modifications de la perméabilité peuvent être évités (voir aussi le point 3).

Contrairement à la zone S2, il n'est pas interdit de construire des installations dans la zone S_h : il est permis de construire ou d'agrandir des installations même lorsqu'aucun motif important ne le justifie²⁶. Comme dans la zone S2, les requérants sont tenus de prouver que l'installation située dans la zone S_h ne constitue pas une menace pour l'utilisation de l'eau potable. Les conditions hydrogéologiques du chantier, les travaux de construction proprement dits (sécurisation des fouilles, type et profondeur des fondations, drainage du chantier, etc.), l'entreposage et l'utilisation de substances de nature à polluer les eaux, ainsi que le mode d'élimination des eaux à évacuer sont notamment déterminants pour l'évaluation du risque.

4.2 Secteur A₀ de protection des eaux

S'agissant des bassins d'alimentation à caractère agricole, il faut noter que l'épandage d'engrais et de produits phytosanitaires est interdit dans l'espace réservé aux eaux²⁷. Concernant les cours d'eau pour lesquels un espace réservé aux eaux n'a pas été définitivement délimité, il n'est pas permis d'utiliser des engrais et des produits phytosanitaires sur une bande de 3 m de large le long de ces cours d'eau²⁸. De surcroît, les agriculteurs devant fournir les prestations écologiques requises sont tenus de ne pas utiliser de produits phytosanitaires sur une bande de 6 m de large au moins le long des cours d'eau (les traitements plante par plante des plantes posant

²⁴ Annexe 4, ch. 221^{ter}, al. 1, let. b, OEaux en relation avec l'art. 3 OEaux

²⁵ Annexe 4, ch. 221^{bis}, al. 1, let. c, OEaux en relation avec l'art. 8 OEaux

²⁶ Dans la zone S2, la construction d'installations peut être autorisée exceptionnellement si des motifs importants le justifient, à savoir si l'intérêt public de l'installation est au moins aussi important que celui présenté par la protection des eaux souterraines et si le site est imposé en raison de la fonction de l'installation (cf. annexe 4, ch. 222, al. 1, let. a, OEaux).

²⁷ Art. 41c, al. 3, OEaux

²⁸ Annexe 2.5, ch. 1.1, al. 1, let. e, ORRChim et annexe 2.6, ch. 3.3.1, al. 1, let. d, ORRChim

des problèmes sont autorisés excepté sur les trois premiers mètres)²⁹. Ces dispositions assurent une certaine protection des eaux souterraines en présence d'eaux superficielles qui s'infiltrent.

Pour une protection supplémentaire, il est également possible de désigner un secteur A_o de protection des eaux pour lequel les cantons peuvent définir les mesures de protection nécessaires au cas par cas. En général, les dispositions concernant la protection dans les secteurs de protection des eaux ne sont pas directement contraignantes pour les propriétaires (c.-à-d. qu'elles ne sont pas inscrites au registre foncier ou dans le cadastre des restrictions de droit public à la propriété foncière. Certains cantons disposent à cette fin de bases légales cantonales correspondantes). C'est pourquoi les restrictions d'utilisation spécifiques au secteur A_o de protection des eaux doivent la plupart du temps faire l'objet de décisions individuelles avec chaque propriétaire foncier concerné.

Dans certains cas, les pertes dans lesquelles les eaux souterraines sont menacées par l'infiltration temporaire des eaux superficielles (p. ex. d'une zone agricole située à proximité) peuvent être efficacement protégées par une digue défectrice : ainsi, les eaux superficielles polluées ne se retrouvent pas dans les eaux souterraines utilisées.

4.3 Particularités des interventions dans le sous-sol

La vulnérabilité sur laquelle se fonde la délimitation des zones de protection dans les aquifères karstiques et fissurés fortement hétérogènes est déterminée dans une large mesure par la formation de la couche de couverture (« méthode EPIK »). Ainsi, la délimitation des zones de protection repose majoritairement sur l'évaluation des paramètres relevés à la surface. Les interventions en sous-sol qui sont réalisées en aval de la couche protectrice doivent donc être évaluées différemment des interventions en surface.

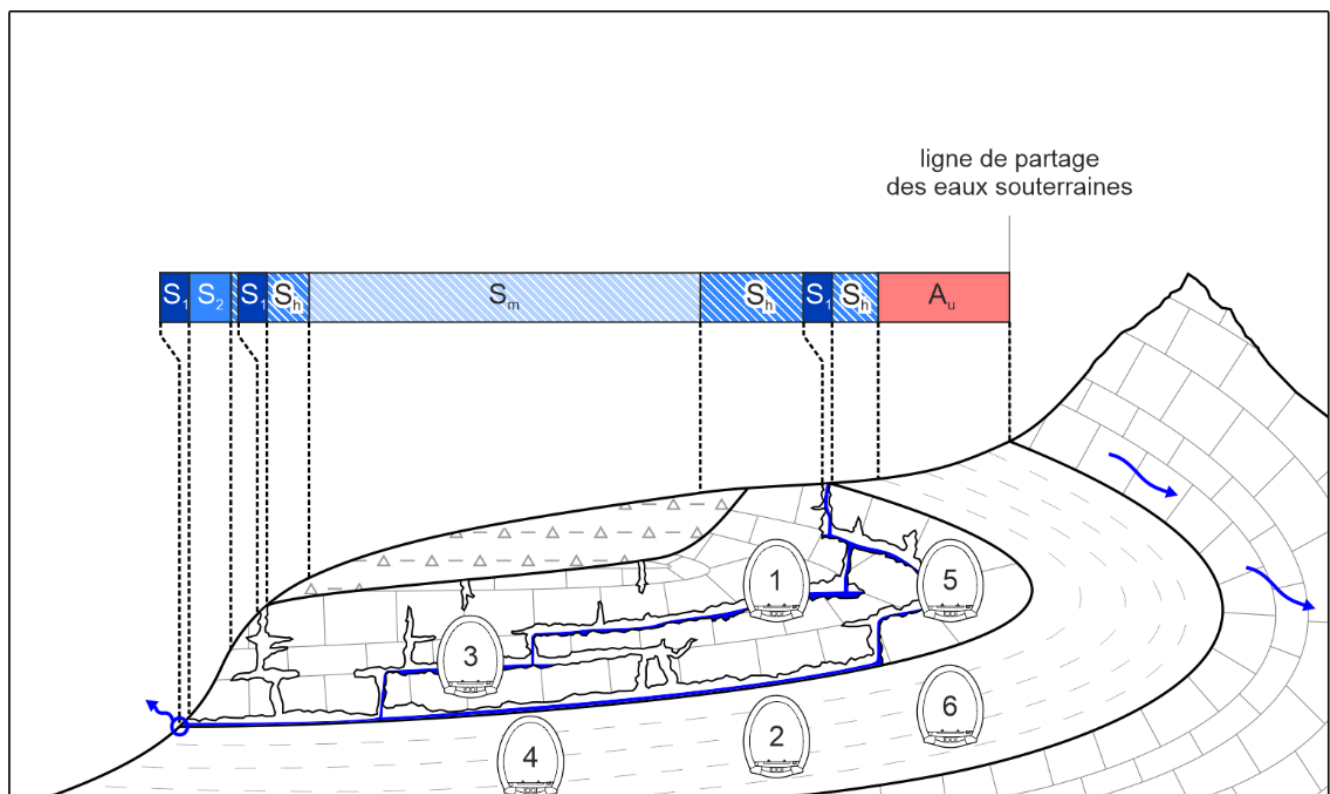
Les ouvrages souterrains et autres travaux de construction dans le sous-sol ne sont généralement autorisés que s'ils ne constituent pas une menace pour les eaux souterraines exploitables ou pour l'utilisation de l'eau potable. C'est pourquoi, si des bassins d'alimentation de captages dans des systèmes fortement hétérogènes sont concernés, il faut s'assurer que les interventions n'ont pas d'effets défavorables sur l'hydrodynamique des eaux du sous-sol³⁰. Le risque d'une telle altération en profondeur ne découle pas nécessairement des conditions en surface : il peut être plus bas ou plus haut dans le sous-sol que ce qu'indique la zone de protection délimitée à la surface.

²⁹ Annexe 1, ch. 9.6, de l'ordonnance sur les paiements directs

³⁰ Annexe 4, ch. 221^{bis}, al. 1, let. b, OEaux

Figure 5**Évaluation des travaux de construction dans le sous-sol**

Les projets de construction 1 et 2 se situent certes tous deux dans la zone S_h du point de vue de la surface, mais pas à la même profondeur dans le bassin d'alimentation du captage. Ils sont évalués différemment étant donné qu'ils peuvent avoir des répercussions différentes sur les eaux souterraines. Il en va de même pour les projets de construction 3 et 4 dans la zone S_m et pour les projets de construction 5 et 6 dans le secteur A_u de protection des eaux. L'évaluation des ouvrages souterrains dans le bassin d'alimentation d'un captage doit donc toujours être effectuée au cas par cas et après investigations relatives aux structures dans le sous-sol.



Dans les systèmes fortement hétérogènes, il est donc toujours nécessaire d'évaluer au cas par cas, dans le cadre de la procédure d'autorisation, l'admissibilité des interventions dans le sous-sol (p. ex. fondations profondes, ouvrages souterrains) dans le bassin d'alimentation d'un captage. Les données hydrogéologiques de base et les modèles conceptuels régionaux (p. ex. KARSYS, Malard et al., 2018) ayant servi à la délimitation des zones de protection peuvent contribuer aux investigations relatives aux structures dans le sous-sol et aider à l'évaluation. Pour des projets d'envergure, il peut être nécessaire d'élaborer un modèle géologique plus détaillé en 3D du secteur concerné pour mieux comprendre la circulation des eaux souterraines et dissocier les différents systèmes d'écoulement.

Afin d'évaluer l'admissibilité d'une intervention à l'aide des connaissances préalables ainsi que l'applicabilité des mesures visant à préserver l'hydrodynamique, les facteurs suivants sont décisifs.

1. Qualité de l'exploration hydrogéologique préalable dans la zone du projet : conditions dans le sous-sol, en particulier structures perméables ou potentiellement perméables, emplacement, formation et épaisseur des couches imperméables, voies d'écoulement et sources. Sur cette base, on évalue si et dans quelle mesure

l'intervention peut avoir une influence sur l'hydrodynamique des eaux du sous-sol ou sur l'utilisation de l'eau potable.

2. Marge de manœuvre pendant la phase de construction : possibilités de prendre des mesures appropriées pendant la réalisation du projet de construction afin d'éviter des altérations inattendues de l'hydrodynamique ou de pouvoir limiter ces dernières de manière suffisante.

Dans le cadre de la procédure d'autorisation, le maître d'ouvrage est tenu de prouver qu'un projet n'a aucune incidence sur l'hydrodynamique des eaux du sous-sol ou que des contre-mesures adéquates (réalisables et maîtrisables même avec des pressions hydrauliques très élevées p. ex.) sont proposées afin d'éviter de manière fiable que les conditions hydrogéologiques subissent une atteinte durable. Les documents correspondants doivent être établis et remis par le requérant. Pour les ouvrages souterrains, il convient de tenir compte des « Instructions pour l'application de la protection des eaux souterraines aux ouvrages souterrains » (OFEFP, 1998). Elles présentent notamment la méthodologie de l'analyse des scénarios, la surveillance des eaux souterraines et les mesures possibles durant le percement et le revêtement définitif. Par ailleurs, le manuel « KarstALEA : Instructions pratiques pour la prévision des dangers liés au karst lors de travaux souterrains » (Office fédéral des routes, OFROU, 2012) comprend une méthode proche de la pratique et recommandée pour évaluer et explorer le massif karstique dans l'optique de planifier les ouvrages souterrains.

Les autorités d'exécution déterminent si le niveau de protection requis dans le cadre d'un projet est effectivement garanti par les mesures proposées par le maître d'ouvrage. En l'absence d'explorations préalables assez précises et de marge de manœuvre suffisante lors de la réalisation, le projet ne peut pas être autorisé.

4.4 Tableaux de référence

Les tableaux de référence suivants énumèrent, en fonction des activités et des types d'installation, les restrictions d'utilisation et les mesures de protection à observer dans les zones de protection des eaux souterraines S_h et S_m . Les restrictions d'utilisation applicables aux zones S_h et S_m découlant des anciens modules de l'aide à l'exécution ont été adaptées en conséquence. Les restrictions d'utilisation dans les zones de protection des eaux souterraines S_1 et S_2 , ainsi que dans les périmètres de protection des eaux souterraines et dans le secteur A_u de protection des eaux demeurent, quant à elles, inchangées. À cet égard, il y a lieu de se référer aux tableaux de référence figurant dans les « Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines » (OFEFP, 2004, principal module de l'aide à l'exécution « Protection des eaux souterraines ») et dans l'aide à l'exécution « Protection de l'environnement dans l'agriculture ».

Tableau 2

Modules pertinents des aides à l'exécution « Protection des eaux souterraines » et « Protection de l'environnement dans l'agriculture »

Titre	Année
Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines	2004
Exploitation de la chaleur tirée du sol et du sous-sol	2009
Constructions rurales et protection de l'environnement	2012
Éléments fertilisants et utilisation d'engrais dans l'agriculture	2012

Produits phytosanitaires dans l'agriculture	2013
---	------

Les règles fixées ici valent pour les nouvelles activités et installations, ainsi que pour les transformations importantes subies par les installations existantes (art. 31, al. 2, OEaux). Tant qu'elles ne compromettent pas un captage, les activités et installations existantes, ainsi que les transformations mineures qu'elles subissent, bénéficient de la garantie de la situation acquise.

Ces règles ne s'appliquent pas sur des sites pollués qui nécessitent un assainissement (sites contaminés) selon l'Ordonnance sur l'assainissement des sites pollués (OSites), car il s'agit dans ce cas de mesures nécessaires de protection de l'environnement dont l'implantation est imposée par leur but.

Liste des tableaux de référence

1. Chantiers, sécurisation des fouilles et fondations
2. Constructions, exploitations et installations en surface
3. Exploitation de la chaleur du sous-sol
4. Installations d'évacuation et d'épuration des eaux
5. Infiltration d'eaux usées
6. Entreposage et transvasement de liquides de nature à polluer les eaux
7. Installations ferroviaires
8. Routes
9. Installations aéroportuaires
10. Ouvrages souterrains
11. Agriculture
12. Sylviculture
13. Utilisation d'engrais, de produits phytosanitaires et de produits de conservation du bois
14. Installations de sports et de loisirs
15. Cimetières et décharges pour déchets carnés
16. Extraction de matériaux et de ressources minérales
17. Décharges, dépôts, places de transvasement et conduites de transport
18. Installations militaires et places de tir

Légende des tableaux de référence

- +** En principe admis ; ne nécessite pas une autorisation du point de vue de la protection des eaux souterraines. D'autres dispositions légales et exigences conformément aux normes en vigueur demeurent réservées.
- b(n)** Admis au cas par cas par l'autorité compétente ; nécessite une autorisation au sens de l'art. 19, al. 2, LEaux en relation avec l'art. 32 OEaux. D'éventuelles exigences sont signalées dans les notes correspondantes. La documentation du projet doit présenter les mesures nécessaires pour protéger les eaux souterraines.
- (n)** En principe interdit, car de telles installations ou activités peuvent constituer une menace pour les eaux souterraines ou pour l'utilisation de l'eau potable. L'autorité compétente peut admettre une dérogation après examen du cas particulier, avec les exigences signalées dans les notes correspondantes (art. 19, al. 2, LEaux en relation avec l'art. 32 OEaux). La documentation du projet doit présenter les mesures nécessaires pour protéger les eaux souterraines et le requérant doit apporter la preuve qu'une menace pour l'utilisation de l'eau potable peut être exclue.
- Interdit.

Concernant les mesures nécessaires pour protéger les eaux souterraines, il faut également tenir compte des fiches techniques spécifiques élaborées par les autorités. Le cas échéant, des investigations hydrogéologiques sont indispensables. D'autres prescriptions des autorités sont également à observer.

Les exigences suivantes étant valables dans les zones S_h et S_m pour l'ensemble des tableaux de référence, elles ne sont pas présentées séparément dans les différents tableaux. Pour tous les projets de construction dans les zones S_h et S_m , des mesures appropriées doivent être présentées s'il y a lieu et les preuves correspondantes doivent être fournies.

- Les ouvrages de construction ne doivent pas altérer l'hydrodynamique des eaux du sous-sol (annexe 4, ch. 221^{bis}, al. 1, let. b, OEaux).
- La réduction préjudiciable des couches protectrices (sol et couches de couverture) n'est pas autorisée (annexe 4, ch. 221^{bis}, al. 1, let. d, OEaux).
- Toute fuite de liquides de nature à polluer les eaux doit pouvoir être empêchée et immédiatement résolue grâce à des mesures appropriées (art. 6 LEaux).

1. Chantiers, sécurisation des fouilles et fondations

En général, les chantiers présentent des risques importants pour les eaux souterraines dans les aquifères fortement hétérogènes en raison de la vitesse d'écoulement élevée. Lors des travaux de construction, les couches de couverture protectrices sont souvent perforées, voire entièrement décapées, de sorte que la protection naturelle des eaux souterraines disparaît temporairement et que les impuretés peuvent se retrouver très rapidement dans le captage. Ainsi, les travaux de terrassement ou de forage ainsi que les mesures d'aménagement des eaux dans les zones S_m et S_h doivent être planifiés et réalisés avec un soin particulier. Il est donc primordial de connaître l'épaisseur et les caractéristiques de la couche protectrice et de restaurer l'effet protecteur au moyen de mesures adaptées. Dans le cas d'éléments de chantier en aval de la couche protectrice ou lorsque leur protection n'est pas suffisante, il faut alors s'assurer, le cas échéant par des travaux d'étanchéité, que les eaux souterraines et l'utilisation à des fins d'approvisionnement en eau potable ne courent aucun danger.

Au besoin, il faut s'employer à empêcher toute atteinte nuisible aux eaux souterraines en prenant les mesures qu'exigent les circonstances (devoir de diligence, art. 3 LEaux). Il convient en particulier d'éviter non seulement les pollutions par des substances de nature à polluer les eaux comme les carburants, les huiles hydrauliques, les résidus de ciment, les additifs du béton ou les boues de forage (interdiction de polluer, art. 6 LEaux), mais aussi une altération de l'hydrodynamique.

Les exigences suivantes sont également valables

Des dispositifs de surveillance, d'alarme et de piquet doivent être installés (art. 31, al. 1, let. b, OEaux). Avant le début des travaux de construction dans les zones de protection des eaux souterraines, il faut informer à temps le distributeur d'eau concerné et convenir des arrangements et accords qu'exigent les circonstances.

Lors de l'élaboration d'une stratégie de protection des eaux pour un chantier, il faut respecter la recommandation SIA 431 Évacuation et traitement des eaux de chantier (norme suisse 509 431) ainsi que les prescriptions de la norme suisse 592 000 relatives au dimensionnement.

Dans le cadre de la réalisation des mesures de construction, il incombe au maître de l'ouvrage, au concepteur et à l'entrepreneur, chacun dans son domaine de compétences, d'appliquer les prescriptions de protection des eaux. Un suivi hydrogéologique du chantier avec un pouvoir d'instruction à l'égard de l'entreprise de construction et une responsabilité envers les autorités garantit la surveillance des eaux souterraines et la mise en œuvre correcte des mesures de protection requises. Les autorités surveillent l'application des prescriptions de protection des eaux.

	S_m	S_h
Grands chantiers et places réservées aux installations	b	- ¹
Places de stationnement pour véhicules et machines de chantier (sans service d'entretien)	b ²	b ²
Ravitaillement en carburant de véhicules et de machines de chantier	b ³	- ³
Aires d'entretien de véhicules et de machines de chantier, places pour l'entreposage de matériaux de construction huilés, graissés ou traités par des produits chimiques	b ²	- ²
Places pour l'entreposage d'éléments en béton nouvellement fabriqués (p. ex. anneaux de cuvelage)	b ²	- ²
Exploitation et nettoyage d'installations de préparation et de mélange de béton et de mortier, et de grands engins de forage et de fraisage	b ²	- ²
Installations sanitaires	b ⁴	- ⁴
Nettoyage et traitement de surface produisant des eaux usées (p. ex. nettoyage de façades)	b ⁵	- ⁵
Parois étanches	-	-

Rideaux de palplanches	_6	_6
Pilotage par battage et pieux coulés en place ^{7, 8, 11, 14} :		
• pieux battus (en bois, en acier et en béton préfabriqués)	b	b
• pieux forés à sec	b ¹⁰	_1, 10
• pieux forés à la boue	b ¹⁰	_1, 10
• fondations au moyen d'un procédé haute pression, de jet grouting et d'injection	–	–
Béton projeté	b ⁸	b ⁸
Travaux de compactage (p. ex. compactage par vibration)	_8, 14	_1, 8, 14
Injections (p. ex. ancrages, travaux d'étanchéité)	_8, 9, 10	_1, 8, 9, 10
Forages ^{7, 8, 11} , sondages au pénétromètre dynamique ¹¹	b	b
Forages permettant d'exploiter la chaleur du sous-sol	voir le tableau de référence 3	
Fouilles et fouilles à la pelle mécanique	b ¹²	b ¹²
Mouvements de terres avec fouilles (p. ex. pour terrains de golf, pistes de ski, parcs et jardins s)	b ¹²	–
Mouvements de terres avec remblaiements (p. ex. pour terrains de golf, pistes de ski, parcs et jardins) Valorisation de matériaux d'excavation et de percement non pollués	b ¹³	b ¹³
Utilisation de matériaux recyclés et/ou de sous-produits industriels	_13	–
Utilisation de matériaux de coffrage huilés ou graissés	–	–
Entreposage de liquides de nature à polluer les eaux (p. ex. carburants, combustibles, etc.)	voir le tableau de référence 6	

Notes

- 1) Compte tenu de la vulnérabilité élevée, de telles installations et activités ne peuvent être autorisées dans la zone S_h que s'il est prouvé qu'elles ne constituent pas une menace pour l'utilisation de l'eau potable (annexe 4, ch. 221^{er}, al. 1, let. a, OEaux).
- 2) Parmi les mesures à prendre, il faut retenir les revêtements étanches, munis de bordures, et l'élimination correcte des eaux à évacuer, le cas échéant après traitement. Si, conformément à l'art. 3, al. 1 et 2, OEaux, l'autorité peut considérer les eaux à évacuer comme non polluées, celles-ci doivent être déversées dans les eaux de surface ou une infiltration diffuse à travers une couche de sol biologiquement active et suffisamment développée pour épurer les eaux doit être garantie.
- 3) Le ravitaillement en carburant de machines et de véhicules doit avoir lieu hors de la fouille, sur une place équipée d'un revêtement en dur. Les eaux météoriques s'y écoulant doivent être retenues, traitées de manière adéquate et évacuées.
- 4) Avec évacuation aux égouts (art. 9, al. 3, OEaux). Si la canalisation est à une distance bien trop grande, les eaux doivent être collectées dans un récipient étanche et évacuées régulièrement dans des stations d'épuration des eaux usées (toilettes mobiles dotées d'un réservoir).
- 5) Interdiction d'infiltrer, sauf exceptions prévues à l'art. 8 OEaux (cf. tableau de référence 5).
- 6) L'utilisation de rideaux de palplanches graissés est interdite. Ces derniers doivent être éliminés complètement après utilisation.
- 7) Les forages sont exécutés avec des moyens appropriés. Il faut comprendre par là des engins de forage équipés de tous les perfectionnements techniques nécessaires, des foreurs bien formés, attentifs aux dispositions légales et instruits des difficultés qu'ils risquent de rencontrer et des mesures à prendre en cas d'urgence, des équipements et des moyens pour prévenir les accidents et pour y remédier, des installations adéquates pour l'entreposage des substances utilisées et pour l'évacuation des déchets produits sur le chantier.
- 8) Il doit être assuré que les substances utilisées ne peuvent pas compromettre la qualité des eaux souterraines (art. 6, al. 1, LEaux).
- 9) Les injections ne sont autorisées que lorsqu'il peut être prouvé qu'aucune autre option n'est techniquement possible (art. 6, al. 1, LEaux).
- 10) Les ancrages et les micropieux doivent être munis de chaussettes (art. 6, al. 1, LEaux).
- 11) Des mesures de protection doivent être prises pour éviter que les forages transperçants ne portent atteinte aux eaux souterraines (art. 43, al. 3, LEaux).
- 12) La réduction préjudiciable et durable des couches protectrices (sol et couches de couverture) n'est pas autorisée (annexe 4, ch. 221^{bis}, al. 1, let. d, OEaux).
- 13) Seuls des matériaux d'excavation et de percement non pollués peuvent être utilisés, conformément aux exigences de l'annexe 3, ch. 1, OLED. La fonction de la couche protectrice et de la végétation doit être rétablie parfaitement.
- 14) Il faut respecter une distance de sécurité par rapport aux structures perméables.

2. Constructions, exploitations et installations en surface

	S _m	S _h
Bâtiments, y compris exploitations artisanales et industrielles, avec ou sans production d'eaux usées, dans lesquels ne sont ni fabriquées, ni utilisées, ni transvasées, ni transportées, ni stockées de substances pouvant polluer les eaux (sauf de l'huile de chauffage)	b ^{1,2}	b ^{1,2}
Exploitations artisanales et industrielles qui fabriquent, utilisent, transvasent, transportent ou stockent des substances pouvant polluer les eaux	— ^{1,2,3}	—
Places de stationnement et parvis, classe de pollution faible ⁴	b	— ⁵
Places de stationnement et parvis, classes de pollution moyenne à élevée ⁴	b ⁶	— ⁶
Places de lavage industrielles pour véhicules (y compris tunnels de lavage et autres installations de lavage ouvertes au public)	—	—
Chantiers (y c. sécurisation des fouilles et fondations)	voir le tableau de référence 1	
Éoliennes	voir les tableaux de référence 1 et 6	
Installations d'évacuation et d'épuration des eaux	voir le tableau de référence 4	
Infiltration d'eaux usées	voir le tableau de référence 5	
Entreposage et transvasement de liquides de nature à polluer les eaux (carburants, etc.) et installations d'exploitation correspondantes	voir le <i>tableau de référence 6</i>	
Grands parkings à ciel ouvert, et garages souterrains	voir les tableaux de référence 8 et 10	

Notes

1) D'après les prescriptions de l'autorité compétente, le requérant doit prouver que la construction de l'installation, son exploitation, son entretien et sa déconstruction éventuelle ne constituent pas une menace pour les eaux souterraines ou pour l'utilisation de l'eau potable. Les conditions requises sont à fixer au cas par cas.

2) L'entreposage d'huile de chauffage et d'huile diesel pour l'approvisionnement en énergie des bâtiments et des entreprises est autorisé sous certaines conditions. Concernant les exigences posées aux installations d'entreposage, y compris aux ouvrages de protection, voir le tableau de référence 6.

3) Pour que ces entreprises et installations soient autorisées, il faut garantir la détection facile des fuites et leur rétention complète. Concernant les exigences posées aux installations d'entreposage, y c. aux ouvrages de protection, voir le tableau de référence 6.

4) Pour de plus amples informations sur les surfaces concernées et les classes de pollution, se référer au tableau B7 de la directive du VSA « Gestion des eaux urbaines par temps de pluie (2019) ».

5) Dans la zone S_h, seuls les parkings dotés d'un revêtement étanche sont autorisés. Il est possible de laisser les eaux météoriques s'infiltrer sur les bas-côtés à travers une couche de sol biologiquement active.

6) Parmi les mesures à prendre, il faut retenir les revêtements étanches, munis de bordures, et le traitement et l'élimination corrects des eaux usées.

3. Exploitation de la chaleur du sous-sol

	S_m	S_h
Sondes géothermiques	–	–
Circuits enterrés et corbeilles géothermiques	– ^{1, 2}	–
Pieux énergétiques et autres éléments thermoactifs	– ¹	– ¹
Puits de prélèvement et ouvrages de restitution pour l'utilisation des eaux souterraines à des fins de chauffage ou de refroidissement	–	–
Puits coaxiaux	–	–

Comme c'est le cas dans les zones de protection des eaux souterraines dans les aquifères en roches meubles et les aquifères faiblement hétérogènes, les circuits thermiques qui prélèvent ou rejettent de la chaleur dans le sous-sol sont interdits dans les zones S_h et S_m (annexe 4, ch. 221^{bis}, al. 1, let. f, OEaux). Seuls les installations peu profondes qui n'affectent pas le sous-sol (p. ex. circuits enterrés) et les éléments thermoactifs dans la structure des bâtiments sont admis sous certaines conditions. Concernant les exigences détaillées de protection des eaux, il convient de se référer à l'aide à l'exécution « Exploitation de la chaleur tirée du sol et du sous-sol » (OFEV, 2009).

Notes

1) Pas de pompe à chaleur à expansion directe. Les pertes de liquides doivent être faciles à détecter (surveillance automatique des fuites). Les liquides caloporteurs susceptibles de constituer une menace pour les eaux souterraines et pour l'utilisation de l'eau potable en fonction des quantités utilisées ne sont pas admis. Par ailleurs, le projet ne doit pas avoir d'effets défavorables sur l'hydrodynamique des eaux du sous-sol. Il faut respecter une distance de sécurité par rapport aux structures perméables.

2) En zone S_m, lorsque les circuits enterrés et les corbeilles géothermiques se trouvent dans le sol et non dans le sous-sol (installations peu profondes), une autorisation peut en principe être accordée.

4. Installations d'évacuation et d'épuration des eaux

Il convient de tenir compte des documents suivants pour la planification et la construction des installations d'évacuation et d'épuration des eaux :

- Eaux de ruissellement en zone urbanisée : « Gestion des eaux urbaines par temps de pluie » (VSA, 2019)
- Petites stations d'épuration : manuel « Eaux usées en milieu rural » (VSA, 2017)
- Systèmes d'évacuation et de traitement des eaux de chaussée (SETEC) : « Traitement des eaux de chaussée des routes nationales » (OFROU, 2013)
- Installations ferroviaires : directive « Évacuation des eaux des installations ferroviaires » (OFT et OFEV, 2018)

	S_m	S_h
Canalisations d'eaux usées domestiques et d'eaux usées industrielles provenant d'entreprises dans lesquelles il n'est ni produit, ni utilisé, ni transvasé, ni transporté, ni entreposé de substances pouvant polluer les eaux	$b^{1,2}$	$b^{1,2}$
Canalisations d'eaux usées industrielles provenant d'entreprises qui produisent, utilisent, transvasent, transportent ou entreposent des substances pouvant polluer les eaux	$b^{1,2}$	–
Stations d'épuration des eaux usées	–	–
Stations d'épuration individuelles, stations de faible capacité, installations de filtration par les plantes	– ³	–
Puits perdu pour l'évacuation d'eaux usées domestiques	–	–
Infiltration d'eaux usées	voir le tableau de référence 5	

Notes

1) La planification et la construction d'installations d'évacuation et d'épuration des eaux doivent respecter la norme suisse 592 000 (Suissetec/VSA 2012) et la norme SIA 190 Canalisations (SIA, 2017). En outre, il faut tenir compte de la directive VSA « Essais d'étanchéité d'installations d'évacuation des eaux usées » (VSA, 2002).

À l'intérieur des bâtiments, les conduites d'évacuation des eaux doivent être visibles (au plafond du sous-sol) et raccordées de façon simple et durable aux égouts publics en passant par un regard. Les installations d'évacuation des eaux doivent être réalisées de manière à permettre des contrôles ultérieurs. L'étanchéité de tous leurs éléments doit être vérifiée avant la mise en service. Les égouts situés dans les zones de protection des eaux souterraines doivent faire l'objet de contrôles visuels réguliers en fonction de leur état, mais au moins tous les cinq ans. L'étanchéité des conduites non visibles doit être vérifiée tous les cinq ans (norme SIA 190). Un contrôle par caméra vidéo suffit pour les canalisations sans raccord ou soudées au miroir. L'essai d'étanchéité doit se faire en présence d'un représentant de la commune et du distributeur d'eau et être consigné dans un procès-verbal. Les procès-verbaux doivent être conservés.

2) Les égouts publics et les canalisations qui y sont raccordées sont réalisés en tubes à double paroi ou multicouches dans les zones S_h et les zones S_m si la couche protectrice sous-jacente est insuffisante. Une surveillance des fuites est nécessaire et les conduites sont soumises chaque année à un contrôle visuel d'étanchéité. Les nouvelles conduites ne doivent pas être posées sous la dalle de fond, mais rester entièrement visibles. À défaut, elles sont constituées de tuyaux sans raccord ou soudés au miroir.

3) Le déversement d'eaux usées traitées dans les eaux superficielles, les drainages, les rivières et ruisseaux souterrains est autorisé à condition de respecter les exigences de qualité mentionnées à l'annexe 3 OEaux (art. 6, al. 1, OEaux). L'autre condition est de s'assurer qu'il ne constitue pas une menace pour l'utilisation de l'eau potable. C'est pourquoi, dans les secteurs comprenant des aquifères fortement hétérogènes, il faut évaluer en particulier les conditions d'infiltration des eaux superficielles et les éventuelles liaisons avec les captages en aval des déversements d'eaux à évacuer. Si un déversement n'est pas possible (p. ex. en l'absence d'eaux superficielles répondant à cette prescription), les eaux usées traitées doivent en principe être évacuées de la zone de protection. Une éventuelle infiltration des eaux usées traitées doit être évaluée d'après le tableau de référence 5.

5. Infiltration d'eaux usées

Les classes de pollution admissibles concernant les eaux usées à infiltrer ainsi que les restrictions applicables à l'admissibilité et à la faisabilité des installations d'infiltration sont réglées dans les publications suivantes :

- Eaux de ruissellement en zone urbanisée ainsi qu'eaux de chaussée cantonales et communales : « Gestion des eaux urbaines par temps de pluie » (VSA, 2019)
- Petites stations d'épuration : manuel « Eaux usées en milieu rural » (VSA, 2017)
- Eaux à évacuer des voies : directive « Évacuation des eaux des installations ferroviaires » (OFT et OFEV, 2018)
- Eaux de chaussée : « Traitement des eaux de chaussée des routes nationales » (OFROU, 2013)

Quel que soit le cas, il est nécessaire de clarifier le contexte local avant toute infiltration. Il faut notamment s'assurer que les eaux usées sont suffisamment épurées dans le sol. Dans les régions karstiques, il convient également de tenir compte du risque de glissements de terrain.

	S_m	S_h
Infiltration d'eaux non polluées • à travers une couche de sol biologiquement active • directement dans le sous-sol	b ¹ –	b ¹ –
Installations pour l'infiltration d'eaux usées traitées	– ²	–
Infiltration des eaux à évacuer des voies ³	– _{1,2}	– ₁
Infiltration des eaux de chaussée ⁴	– _{1,2}	– ₁
Infiltration des eaux à évacuer des pistes d'aviation	– _{1,2}	– ₁

Notes

1) Dans les zones S_m et S_h , il est possible de laisser les eaux météoriques à évacuer non polluées (classe de pollution « faible » selon les directives « Gestion des eaux urbaines par temps de pluie », « Évacuation des eaux des installations ferroviaires » ou « Évacuation des eaux de chaussée ; pollution des eaux de chaussée » [VSS, 2009]) s'infiltrer à travers une couche de sol biologiquement active, de manière décentralisée (p. ex. sur les bas-côtés, dans un fossé ou dans une cuvette d'infiltration ou un trop-plein les plus grands possibles dont la surface est recouverte de végétation). Une infiltration ponctuelle, p. ex. dans un bassin ou un puits d'infiltration, n'est pas admise.

En vertu de l'art. 3, al. 1 et 2, OEaux, l'autorité détermine tout d'abord si les eaux usées à infiltrer sont considérées comme polluées ou non. Ensuite, elle détermine si, à l'emplacement de l'éventuelle infiltration, la couche de sol biologiquement active a la qualité requise pour garantir dans tous les cas une épuration suffisante des eaux à évacuer (épaisseur, composition, étendue latérale). À cet égard, la directive « Gestion des eaux urbaines par temps de pluie » (VSA, 2019) est à prendre en compte.

2) En respectant les exigences de l'art. 8, al. 2, OEaux, il est possible de laisser les eaux usées traitées s'infiltrer dans une station prévue à cet effet, si l'évacuation de la zone de protection entraîne un coût disproportionné et que toute menace pour l'utilisation de l'eau potable peut être exclue (annexe 4, ch. 221^{bis}, al. 1, let. c, OEaux). À cet égard, le manuel « Eaux usées en milieu rural » (VSA, 2017) ou la directive « Gestion des eaux urbaines par temps de pluie » (VSA, 2019) et les directives techniques spécifiques correspondantes « Évacuation des eaux des installations ferroviaires » (OFT et OFEV, 2018) et « Traitement des eaux de chaussée des routes nationales » (OFROU, 2013) sont à prendre en compte.

3) Pour les détails techniques, voir la directive « Évacuation des eaux des installations ferroviaires » (OFT et OFEV, 2018).

4) Pour les détails techniques, voir les directives « Traitement des eaux de chaussée des routes nationales » (OFROU, 2013) ou « Gestion des eaux urbaines par temps de pluie » (VSA, 2019)

6. Entreposage et transvasement de liquides de nature à polluer les eaux

La liste établie par l'OFEV « Classification des liquides pouvant polluer les eaux »³¹ aide à classer les liquides. Contrairement au secteur A_u de protection des eaux, aucune distinction n'est opérée dans les zones de protection des eaux souterraines entre les liquides qui sont susceptibles de polluer les eaux rien qu'avec de faibles quantités (classe A selon la liste susmentionnée) et ceux qui n'entraînent une pollution que si leur quantité est élevée (classe B). Par analogie, les substances solides susceptibles de devenir des liquides de nature à polluer les eaux en se mélangeant avec des liquides doivent être considérées comme des liquides de nature à polluer les eaux. Conformément à l'OEaux, la notion de liquides de nature à polluer les eaux n'inclut ni les engrais de ferme liquides ni les engrais de recyclage liquides. Ceux-ci sont traités séparément.

Il y a lieu de se référer aux exigences techniques posées aux installations d'entreposage par la Conférence des chefs des services de la protection de l'environnement (www.tankportal.ch).

	S _m	S _h
Réservoirs et conduites enterrés	–	–
Réservoirs non enterrés dont le volume utile ne dépasse pas 450 l par ouvrage de protection	+	b ^{1, 2}
Réservoirs non enterrés dont le volume utile dépasse 450 l par ouvrage de protection	b ^{2, 3, 4}	b ^{1, 2, 3, 4}
Installations d'exploitation contenant des liquides de nature à polluer les eaux, dont le volume utile ne dépasse pas 2000 l	b ^{2, 4}	–
Installations d'exploitation contenant des liquides de nature à polluer les eaux, dont le volume utile dépasse 2000 l	– ^{4, 5}	–
Transvasement de liquides de nature à polluer les eaux sur les voies ferrées	–	–
Stations de transformation	b ⁶	– ⁶
Stations-service	–	–

Notes

1) Compte tenu de la vulnérabilité élevée, de telles installations et activités ne peuvent être autorisées dans la zone S_h que s'il est prouvé qu'elles ne constituent pas une menace pour l'utilisation de l'eau potable (annexe 4, ch. 221^{ter}, al. 1, let. a, OEaux).

2) Pour que ces installations soient autorisées, il faut garantir la détection facile des fuites et leur rétention complète. Le remplissage / ravitaillement en carburant des installations doit avoir lieu sur des places équipées d'un revêtement en dur ou sur des zones provisoirement étanches.

3) Seuls les réservoirs non enterrés pour huile de chauffage et huile diesel destinés à l'approvisionnement en énergie de bâtiments ou d'exploitations pour deux ans au maximum, avec un volume utile ne devant pas dépasser 30 m³, peuvent être autorisés (annexe 4, ch. 221^{bis}, al. 1, let. h, OEaux).

4) Les installations d'entreposage soumises à autorisation doivent être contrôlées tous les dix ans au moins (art. 22 LEaux). Les détenteurs doivent veiller à ce que le fonctionnement des systèmes de détection des fuites des installations d'entreposage de liquides de nature à polluer les eaux soit contrôlé tous les deux ans pour les réservoirs et les conduites à double paroi et une fois par an pour les réservoirs et les conduites à simple paroi (art. 32 OEaux).

5) Les installations dont le volume utile dépasse 2000 l ne sont autorisées que si elles sont admises dans la zone S3 en vertu de l'art. 7, al. 2, de l'ordonnance du 30 mars 1994 sur le courant faible ou de l'art. 7, al. 2, de l'ordonnance du 30 mars 1994 sur le courant fort.

6) Lors de la construction et de l'exploitation d'installations électriques (notamment des stations de transformation), les « Recommandation de l'AES concernant la protection des eaux lors de la construction et de l'exploitation d'installations électriques renfermant des liquides pouvant polluer les eaux » (Association des entreprises électriques suisses, AES, version 2.19 f, 2006) doivent être suivies.

³¹https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/fr/dokumente/wasser/fachinfo-daten/Klassierung_wassergefaehrdender_Fluessigkeiten_DE.pdf.download.pdf/Classification_des_liquides_pouvant_polluer_les_eaux_FR.pdf

7. Installations ferroviaires

Les transformations des installations ferroviaires qui ne nécessitent pas de travaux de fouille ou qui n'affectent pas l'infrastructure des voies ferrées (p. ex. simple remplacement du ballast) ne sont pas considérées comme des modifications majeures. Aussi ne sont-elles pas soumises à autorisation au sens de l'art. 31, al. 1, OEaux. D'autres bases d'évaluation figurent dans la directive « Évacuation des eaux des installations ferroviaires » (OFT et OFEV, 2018).

	S_m	S_h
<ul style="list-style-type: none"> • Gare avec peu ou pas de transbordement de marchandises • quai • passage inférieur pour piétons 	<ul style="list-style-type: none"> b b² b^{3, 4, 5} 	<ul style="list-style-type: none"> b¹ b² b^{3, 4, 5}
Gares de triage ou de marchandises, zone de transbordement de marchandises, y compris de liquides de nature à polluer les eaux, voies de garage	– ^{3, 4}	–
Atelier et dépôt du service ferroviaire	– ^{3, 4}	–
Stations et mâts pour téléphériques, télésièges et remontées mécaniques	b	b ¹
Garages avec ravitaillement en carburant et entretien des engins de damage	b ^{3, 4}	– ^{3, 4}
Tracé de voies ferrées <ul style="list-style-type: none"> • en remblai ou au niveau du sol • en passages inférieurs ou en tranchées • tunnel 	<ul style="list-style-type: none"> b b^{3, 5} voir le tableau de référence 10	<ul style="list-style-type: none"> b –^{3, 5}
Voie <ul style="list-style-type: none"> • avec imperméabilisation (couche d'imperméabilisation) • sans imperméabilisation (couche d'imperméabilisation) 	<ul style="list-style-type: none"> b³ – 	<ul style="list-style-type: none"> b³ –
Zone d'aiguillage large ou complexe	b	b
Aiguilles de protection (avec prise en compte du déraillement)	–	–
Installations de graissage de la voie	–	–
Chantiers et fondations	voir le tableau de référence 1	
Infiltration des eaux à évacuer	voir le tableau de référence 5	
Transformateurs, groupes électrogènes de secours et gestion des substances de nature à polluer les eaux (entreposage, utilisation, transbordement)	voir le tableau de référence 6	
Entreposage et transvasement de liquides de nature à polluer les eaux	voir le tableau de référence 6	
Utilisation de produits phytosanitaires	voir le tableau de référence 13	

Notes

- 1) Compte tenu de la vulnérabilité élevée, de telles installations et activités ne peuvent être autorisées dans la zone S_h que s'il est prouvé qu'elles ne constituent pas une menace pour l'utilisation de l'eau potable (annexe 4, ch. 221^{er}, al. 1, let. a, OEaux).
- 2) Le déversement des eaux du quai dans le corps de la voie par-dessus la bordure du quai n'est pas autorisé. Les eaux météoriques doivent être évacuées.
- 3) Les eaux usées doivent être correctement évacuées, après traitement le cas échéant. Voir le tableau de référence 5.
- 4) Ces zones doivent être rendues étanches vers le bas (couche d'imperméabilisation, revêtement étanche).
- 5) Il ne doit y avoir aucune altération de l'hydrodynamique ni aucune réduction préjudiciable des couches protectrices et l'effet protecteur de la couche de couverture décapée doit être rétabli avec les mesures de construction correspondantes (imperméabilisation).

8. Routes

	S_m	S_h
Routes • en remblai ou au niveau du sol • dans des passages inférieurs ou des tranchées	b $b^{1,2}$	b $b^{1,2}$
Chemins agricoles et chemins forestiers	b	b
Grands parkings à ciel ouvert	b^1	$-^1$
Chantiers et fondations	voir le tableau de référence 1	
Infiltration des eaux de chaussée	voir le tableau de référence 5	
Tunnel	voir le tableau de référence 10	

Notes

- 1) Parmi les mesures à prendre, il faut retenir les revêtements étanches, munis de bordures. Les eaux de chaussée doivent être correctement évacuées, après traitement le cas échéant. Voir le tableau de référence 5.
- 2) Il ne doit y avoir aucune altération de l'hydrodynamique ni aucune réduction préjudiciable des couches protectrices et l'effet protecteur de la couche de couverture décapée doit être rétabli avec les mesures de construction correspondantes (impermeabilisation).

9. Installations aéroportuaires

	S_m	S_h
Pistes et aires d'atterrissage pour hélicoptères revêtues	b^2	$-^1,2$
Pistes et aires d'atterrissage pour hélicoptères non revêtues	b^3	$-^1,3$
Places de stationnement où les avions sont dégivrés ou ravitaillés en carburant, installations de ravitaillement en carburant	–	–
Infiltration des eaux à évacuer des pistes	voir le tableau de référence 5	
Entreposage de liquides de nature à polluer les eaux (carburants, etc.)	voir le tableau de référence 6	

Notes

- 1) Compte tenu de la vulnérabilité élevée, de telles installations et activités ne peuvent être autorisées dans la zone S_h que s'il est prouvé qu'elles ne constituent pas une menace pour l'utilisation de l'eau potable (annexe 4, ch. 221^{er}, al. 1, let. a, OEaux).
- 2) Parmi les mesures à prendre, il faut retenir les revêtements étanches et l'évacuation correcte des eaux des pistes, après traitement le cas échéant. Voir le tableau de référence 5.
- 3) Le ravitaillement en carburant ou le dégivrage n'est pas permis.

10. Ouvrages souterrains

Les ouvrages souterrains ne peuvent pas être évalués uniquement d'après la délimitation des zones de protection en surface, ils requièrent des investigations hydrogéologiques approfondies et, sur cette base, une évaluation au cas par cas par l'autorité compétente (à ce sujet, voir le chapitre 4.3). Pour les installations souterraines ou situées en profondeur dans un milieu karstique, il est recommandé d'appliquer la méthode KarstALEA (OFROU, 2012) durant les phases de planification et de réalisation. Dans les milieux fissurés fortement hétérogènes, les connaissances disponibles devraient être évaluées par analogie à la méthode KarstALEA.

	S_m	S_n
Construction de tunnels	- ¹	- ¹
Remise en état d'ouvrages souterrains ou travaux d'entretien	b	b
Galeries à écoulement libre ou en charge, cheminées d'équilibre, centrales souterraines sans transformateurs	- ¹	- ¹
Centrales souterraines avec transformateurs	-	-

Note

1) Il convient de tenir compte des « Instructions pour l'application de la protection des eaux souterraines aux ouvrages souterrains » (OFEFP, 1998). Les ouvrages de construction ne doivent pas altérer l'hydrodynamique des eaux du sous-sol (annexe 4, ch. 221^{bis}, al. 1, let. b, OEaux). Dans le cas où l'ouvrage peut affecter des structures essentielles pour l'hydrodynamique des eaux du sous-sol, le requérant doit prouver que des mesures de construction adéquates permettent de garantir l'étanchéité de l'ouvrage ou l'écoulement dans ces structures. Par conséquent, toutes les précautions nécessaires doivent être prises lors de la réalisation de l'ouvrage (p. ex. mise à disposition du matériel et des machines éventuellement requis) afin d'appliquer les mesures qui s'imposent lors d'un événement.

11. Agriculture

Dans les zones S_h et S_m , il faut favoriser le pacage extensif et veiller en particulier au maintien de la couverture végétale. Dans la zone S_h , les conditions pédologiques rendent généralement impossibles les grandes cultures et les cultures spéciales. Dans la zone S_m également, l'objectif est de réduire autant que possible les grandes cultures et la production horticole et maraîchère au profit d'une part plus élevée de prairies permanentes.

Concernant les détails techniques et les détails de certaines restrictions d'utilisation relatifs à la protection des eaux dans l'agriculture, il y a lieu de se référer à l'aide à l'exécution « Protection de l'environnement dans l'agriculture » (OFEV et Office fédéral de l'agriculture [OFAG] 2016), modules « Éléments fertilisants et utilisation des engrais dans l'agriculture » (OFEV et OFAG 2012) et « Constructions rurales et protection de l'environnement » (OFEV et OFAG 2011). Ainsi, les installations et les activités réalisées dans la zone S_m doivent généralement répondre aux exigences qui s'appliquent dans la zone S_3 . Dans la zone S_h , en revanche, le sol ne peut pas absorber même de faibles quantités d'engrais de ferme ou de recyclage liquides (p. ex. lisier) : l'épandage de ces engrais n'est donc pas autorisé et aucune dérogation n'est possible.

En cas de pollution ou de menace de pollution des eaux souterraines, les autorités déterminent une aire d'alimentation Z_U pour procéder à l'assainissement ainsi que les restrictions nécessaires et les obligations relatives aux utilisations agricoles³². Dans les aquifères fortement hétérogènes, l'aire d'alimentation vouée à l'assainissement correspond approximativement au bassin d'alimentation du captage, qui doit être identifié pour délimiter la zone de protection des eaux souterraines.

	S_m	S_h
Prairies permanentes (fauche)	+	+
Terres assolées (y compris prairies artificielles)	+	b ¹
Arboriculture, viticulture et cultures maraîchères, autres cultures intensives analogues et jardinage (hors culture extensive d'arbres fruitiers haute-tige)	b	- ¹
Pépinières en conteneurs et en pleine terre, cultures analogues	b	- ¹
Irrigation avec des eaux souterraines ou superficielles non polluées	+	- ¹
Détention permanente sur pâturage d'animaux consommant des fourrages grossiers	+	+
Détention de porcs en plein air	-	-
Détention de grands élevages de volailles en plein air	-	-
Abris et couverts de pâturage	-	-
Abreuvoirs	b ²	- ^{1, 2}
places d'affouragement	b ²	-
Aires d'exercice non ou partiellement revêtues (perméables) destinées aux animaux de rente ainsi qu'aux activités de loisir et de sport, et places de traite	-	-
Aires d'exercice revêtues (imperméables) destinées aux animaux de rente ainsi qu'aux activités de loisirs et de sport, et places de traite avec évacuation dans un récipient	b	- ¹
Bâtiments d'élevage	b ³	- ¹
Stockage sur le terrain de balles de silage	+	-
Silo-couloirs avec évacuation dans un récipient	b ^{3, 6}	- ^{1, 6}
Silo-tours avec évacuation dans un récipient	b ⁶	- ^{1, 6}
Installations d'entreposage enterrées d'engrais de ferme liquides et d'engrais de recyclage liquides (fosses à lisier)	b ^{4, 6}	- ^{1, 4, 6}
Tuyaux et chambres collectrices enterrés d'épandage d'engrais de ferme liquides et d'engrais de recyclage liquides, prises de lisier	b ⁶	-

³² Art. 29, al. 1, let. c, OEaux en relation avec l'annexe 4, ch. 212, OEaux et l'annexe 2.5, ch. 1.1, al. 4, ORRChim

Réservoirs d'engrais de ferme liquides et d'engrais de recyclage liquides placés au-dessus du sol	b ^{5, 6}	_1, 5, 6
Étangs à lisier	–	–
Dépôt d'engrais de ferme solides et d'engrais de recyclage solides (tas de fumier, tas de compost)	b ⁶	_1, 6
• dépôt sur une dalle avec évacuation dans un récipient	–	–
• dépôts intermédiaires en plein champ, compost en bordure de champs	–	–
Entreposage de liquides de nature à polluer les eaux (produits phytosanitaires, carburants, combustibles, etc.)	voir le tableau de référence 6	
Utilisation d'engrais, de produits phytosanitaires et de produits de conservation du bois	voir le tableau de référence 13	

Notes

1) Compte tenu de la vulnérabilité élevée, de telles installations et activités ne peuvent être autorisées dans la zone S_n que s'il est prouvé qu'elles ne constituent pas une menace pour l'utilisation de l'eau potable (annexe 4, ch. 221^{er}, al. 1, let. a, OEaux).

2) Il convient d'observer les exigences qui s'appliquent aux zones S3 conformément au tableau 16 du module « Constructions rurales et protection de l'environnement » (OFEV et OFAG, 2011).

3) Uniquement avec l'évacuation complète des eaux de la dalle dans un réservoir à lisier ou dans un récipient séparé dimensionné en conséquence.

4) La mise en place d'un système de détection des fuites comprenant une étanchéité sous toute la surface de la dalle, et d'un regard de contrôle est nécessaire. L'état des installations pour les engrais de ferme (y compris raccords, conduites d'amenée et d'évacuation) ainsi que le volume de stockage et le fonctionnement correct de celles-ci doivent être contrôlés tous les cinq ans et consignés dans un procès-verbal. Il convient aussi de vérifier l'évacuation correcte des eaux de la ferme.

5) Hauteur utile : max. 4 m, contenance : max. 600 m³. En cas d'éclatement d'un récipient, les fuites d'engrais de ferme liquides et d'engrais de recyclage liquides doivent pouvoir être retenues afin qu'elles ne se retrouvent pas dans les eaux souterraines.

6) Les détenteurs d'installations d'entreposage d'engrais de ferme, de digestats liquides et de silos à fourrage veillent à ce que ceux-ci soient construits, utilisés et entretenus correctement. Les autorités cantonales sont tenues d'assurer un contrôle périodique des installations. Les exigences minimales applicables à l'exécution des travaux (qualité du sol de fondation, exigences posées à l'armature, qualité du béton, etc.) pour les installations dans la zone S3 et mentionnées dans l'aide à l'exécution « Constructions rurales et protection de l'environnement » (OFEV et OFAG, 2012) doivent être respectées.

12. Sylviculture

	S_m	S_h
Exploitation forestière, y compris rajeunissement	+	+
Dépôt de grumes en forêt		
• stockage de bois non traité sans arrosage	+	+
• arrosage de bois non traité	+	− ¹
• stockage de bois traité avec des insecticides	− ²	−
Plantations, pépinières	b	− ¹
Défrichements	− ³	− ³
Utilisation d'engrais, de produits phytosanitaires et de produits de conservation du bois	voir le tableau de référence 13	

Notes

1) Compte tenu de la vulnérabilité élevée, de telles installations et activités ne peuvent être autorisées dans la zone S_h que s'il est prouvé qu'elles ne constituent pas une menace pour l'utilisation de l'eau potable (annexe 4, ch. 221^{er}, al. 1, let. a, OEaux).

2) Des dérogations peuvent être accordées lorsqu'il est impossible de remplacer par des mesures polluant moins l'environnement le traitement avec des insecticides qui, en vertu de l'ordonnance sur les produits phytosanitaires (OPPh), sont homologués pour la culture nommée « grumes en forêt et sur les places de stockage », dans des sites appropriés et pour autant que ce bois ne puisse pas être évacué à temps et que des mesures efficaces soient prises pour empêcher l'infiltration et l'entraînement par ruissellement des produits (annexe 2.5, ch. 1.2, al. 3, let. b, ORRChim).

3) Des dérogations peuvent être accordées aux conditions mentionnées dans l'art. 5, al. 2, de la loi sur les forêts. Dans les zones S_h et S_m, il s'agit de garantir notamment que le défrichement ne constitue pas une menace pour les eaux souterraines et pour l'utilisation de l'eau potable.

13. Utilisation d'engrais, de produits phytosanitaires et de produits de conservation du bois

Les produits phytosanitaires sont des substances et des organismes qui servent à protéger les végétaux ou les produits végétaux contre les organismes nuisibles (insectes, champignons, rongeurs, etc.) ou à prévenir l'action de ceux-ci, à exercer une action sur la croissance des végétaux ou à la freiner, à détruire les végétaux indésirables et à assurer la conservation des produits végétaux (art. 2 OPPh). Les insecticides servant au traitement du bois coupé en forêt sont inclus dans cette définition. La Confédération publie et tient à jour une liste de tous les produits phytosanitaires autorisés en Suisse³³. Les produits phytosanitaires interdits dans les zones de protection des eaux souterraines sont répertoriés par l'OFAG dans la liste « Interdiction d'utilisation de produits phytosanitaires dans les zones de protection des eaux souterraines S2 respectivement S2 et S_h »³⁴. Depuis la modification de l'OEaux et de l'OPPh au 1^{er} janvier 2016, les interdictions d'utilisation en vigueur dans la zone S2 s'appliquent également aux zones S_h, même si les services compétents n'en ont pas encore fait mention dans les décisions d'autorisation des différentes substances. En général, les produits contenant les substances actives bentazone, quinmérac, S-métolachlore et terbuthylazine ne doivent pas être utilisés dans les régions karstiques.

Quiconque utilise à titre professionnel ou commercial des produits phytosanitaires ou de conservation du bois doit être titulaire d'un permis. Toute utilisation dans les secteurs de l'agriculture, de la sylviculture ou de l'horticulture, dans les parcs et les installations sportives est considérée comme une utilisation à titre professionnel ou commercial, de même que les activités proches du secteur agricole (p. ex. viticulteurs amateurs qui remettent leurs produits à des tiers). Les utilisateurs non professionnels ne peuvent pas utiliser des produits phytosanitaires ou de conservation du bois qui ne sont pas explicitement autorisés à des fins non professionnelles. Il incombe aux cantons de contrôler le respect des charges liées à l'octroi des permis.

Les produits de conservation du bois sont des produits biocides utilisés pour protéger le bois provenant de scieries, dès la phase de transformation dans la scierie, ou les produits de bois contre les organismes qui détruisent ou déforment le bois, y compris les insectes (type de produits 8 selon l'annexe 10 de l'ordonnance sur les produits biocides).

Des informations complémentaires sur l'utilisation des engrais et des produits phytosanitaires figurent dans l'aide à l'exécution « Protection de l'environnement dans l'agriculture », dans les modules « Éléments fertilisants et utilisation des engrais dans l'agriculture » (OFEV et OFAG, 2012) et « Produits phytosanitaires dans l'agriculture » (OFEV et OFAG, 2013). Aussi, il convient généralement de respecter dans la zone S_m les exigences qui prévalent dans la zone S3. Cependant, dans la zone S_h, le sol ne peut pas absorber même de faibles quantités d'engrais de ferme ou de recyclage liquides (p. ex. lisier), l'épandage de ces engrais n'est donc pas autorisé et aucune dérogation n'est possible.

Dans le tableau ci-dessous, seules les utilisations professionnelle et commerciale des engrais ainsi que des produits phytosanitaires et de conservation du bois sont réglementées. Pour un usage non professionnel, sont autorisés uniquement les produits phytosanitaires et de conservation du bois qui présentent un faible risque pour l'homme et l'environnement. Si, dans des cas particuliers, l'utilisation non professionnelle d'engrais ainsi que de

³³ <https://www.psm.admin.ch/fr/produkte>

³⁴ Disponible sous :

https://www.blw.admin.ch/dam/blw/fr/dokumente/Nachhaltige%20Produktion/Pflanzenschutz/Pflanzenschutzmittel/Nachhaltige%20Anwendung%20und%20Risikoreduktion/Schutz%20des%20Grundwassers/grundwasserschutz_s2_sh.pdf.download.pdf/Interdiction%20d%E2%80%99utilisation%20de%20produits%20phytosanitaires%20dans%20les%20zones%20de%20protection%20des%20eaux%20souterraines%20S2%20et%20Sh.pdf

produits phytosanitaires et de conservation du bois devait se révéler problématique, elle devrait être traitée de manière équivalente aux utilisations professionnelle et commerciale.

	S _m	S _h
Engrais de ferme liquides et engrais de recyclage liquides		
• forêt et pâturages boisés, y c. bande de 3 m de large le long de la zone boisée, réserves naturelles, roselières et marais, haies et bosquets et leurs bordures tampons, eaux, y c. bande tampon de 3 m de large, et espace réservé aux eaux	–	–
• autres utilisations (agriculture, parcs et installations sportives, etc.)	+	–
Engrais de ferme liquides et engrais de recyclage liquides		
• forêt et pâturages boisés, y c. bande de 3 m de large le long de la zone boisée, réserves naturelles, roselières et marais, haies et bosquets et leurs bordures tampons, eaux, y c. bande tampon de 3 m de large, et espace réservé aux eaux	–	–
• autres utilisations (agriculture, parcs et installations sportives, etc.)	+	+
Résidus issus de fosses d'eaux usées et de petites stations d'épuration	–	–
Produits phytosanitaires		
• forêt (y c. bande de 3 m de large le long de la zone boisée)	– _{1, 2}	– ₁
• traitement du bois pouvant entraîner des dégâts aux forêts à la suite de catastrophes naturelles, ainsi que contre les agents pathogènes pouvant causer ces dégâts, si la conservation de la forêt l'exige	– ₄	– _{3, 4}
• prévention et réparation des dégâts causés par le gibier (p. ex. avec des produits cicatrisants, des produits répulsifs contre le gibier) dans des rajeunissements naturels, ainsi que dans des afforestations ou des reboisements, si la conservation de la forêt l'exige	– ₄	– _{3, 4}
• traitement du bois coupé avec des insecticides en forêt	– ₅	–
• sur les voies ferrées et le long de celles-ci	– ₇	– _{3, 6}
• dans les eaux superficielles et sur une bande de 3 m de large le long de celles-ci, ainsi que dans tout l'espace réservé aux eaux	– ₈	– _{3, 8}
• herbicides et régulateurs de croissance		
– sur les emplacements servant à l'entreposage, sur les toits et les terrasses	–	–
– sur et le long des routes, des chemins et des places	– ₉	– _{3, 9}
– sur les talus et les banquettes le long de routes et de voies ferrées	– ₁₀	– _{3, 10}
• autres surfaces et utilisations (agriculture, parcs et installations sportives, etc.)		conformément aux conditions d'utilisation spécifiques aux produits (voir l'index des produits phytosanitaires de l'OFAG)
Produits de conservation du bois (biocides)		
• utilisation de produits de conservation du bois et entreposage du bois traité avec ces produits	– ₁₁	–

Notes

- 1) Seuls les traitements plante par plante des plantes posant des problèmes sont autorisés dans une bande de 3 m de large le long de la zone boisée et dans les pâturages boisés (annexe 2.5, ch. 1.2, al. 2, ORRChim).
 - 2) Des dérogations peuvent être accordées dans les pépinières forestières lorsque les produits phytosanitaires ne peuvent pas être remplacés par des mesures polluant moins l'environnement (annexe 2.5, ch. 1.2, al. 3, let. c, ORRChim).
 - 3) Les produits phytosanitaires ne doivent être utilisés dans la zone S_h que si le produit lui-même ou ses métabolites ayant un effet biologique ne risquent pas d'aboutir dans les captages d'eau potable en raison de leur mobilité et de leur mauvaise dégradabilité (art. 68, al. 1, OPPh). L'OFAG publie et tient à jour une liste des produits en question (art. 68, al. 3, OPPh).
 - 4) Des dérogations peuvent être accordées lorsque les produits phytosanitaires ne peuvent pas être remplacés par des mesures polluant moins l'environnement (annexe 2.5, ch. 1.2, al. 3, let. a et d, ORRChim).
 - 5) Des dérogations peuvent être accordées lorsqu'il est impossible de remplacer par des mesures polluant moins l'environnement le traitement avec des insecticides qui, en vertu de l'OPPh, sont homologués pour la culture nommée « grumes en forêt et sur les places de stockage », dans des sites appropriés et pour autant que ce bois ne puisse pas être évacué à temps et que des mesures efficaces soient prises pour empêcher l'infiltration et l'entraînement par ruissellement des produits (annexe 2.5, ch. 1.2, al. 3, let. b, ORRChim).
 - 6) Des dérogations peuvent être accordées lorsque la voie ferrée se situe dans un caisson étanche, que les eaux à évacuer sont éliminées en dehors de la zone S_h et qu'il serait disproportionné de remplacer les produits phytosanitaires par d'autres mesures qui pollueraient moins l'environnement (annexe 2.5, ch. 1.2, al. 3^{bis}, ORRChim).
 - 7) Selon les instructions de l'OFT ; exclusivement avec des produits dont l'emploi est explicitement autorisé pour les installations ferroviaires (annexe 2.5, ch. 1.1, al. 5, ORRChim).
 - 8) Bande de 3 m de large le long des eaux : si l'espace réservé aux cours d'eau est fixé ou s'il a été renoncé explicitement à fixer cet espace réservé (art. 41a, al. 5, OEaux), la bande se mesure à partir de la ligne du rivage, sinon, pour les eaux stagnantes, à partir de la limite supérieure de la berge (annexe 2.5, ch. 1.1, al. 1, let. e, ORRChim).
- Dans l'espace réservé aux eaux, au-delà d'une bande riveraine large de 3 m, les traitements plante par plante sont autorisés pour les plantes posant des problèmes, s'il est impossible de combattre ces derniers efficacement par d'autres mesures (art. 41c, al. 3, OEaux).

9) Le traitement plante par plante des plantes posant des problèmes le long des routes nationales et cantonales est admis, s'il est impossible de combattre ces derniers efficacement par d'autres mesures (annexe 2.5, ch. 1.2, al. 4, ORRChim).

10) Le traitement plante par plante des plantes posant des problèmes est admis, s'il est impossible de combattre ces derniers efficacement par d'autres mesures (annexe 2.5, ch. 1.2, al. 5, ORRChim).

11) Des dérogations peuvent être accordées si des mesures de construction sont prises pour empêcher l'infiltration et l'entraînement par ruissellement des produits (annexe 2.4, ch. 1.4, al. 2, ORRChim).

14. Installations de sports et de loisirs

	S_m	S_h
Parcs	+	b
Patinoires artificielles	-	-
Patinoires naturelles	b	b
Parcours permanents pour sports non motorisés (p. ex. parcours Vita, parcours VTT, sentiers équestres)	+	b
Parcours permanents pour sports motorisés (p. ex. motocross)	-	-
Pistes de ski alpin et de ski de fond préparées mécaniquement (sans travaux de construction)	+	+
Construction de pistes de ski alpin et de ski de fond impliquant des modifications de terrain	b^3	$-^3$
Canons à neige (y c. conduites d'eau et lignes électriques)	b	b^2
Pistes de luge et de bob	b^3	b^3
Terrains de golf		
• greens et tees, fairways	b	$-^1$
• roughs	+	+
Places de sport et bains en plein air		
• traitement de l'eau	b	$-^1$
• bassins de natation, terrains en dur (courts de tennis, minigolfs, places de jeux fixes et autres installations similaires)	b^3	b^3
• installations avec du gazon synthétique	b^4	$-^4$
• espaces verts	+	b
Terrains de camping, terrains pour caravanes et mobile-homes	b	$-^1, 5$
Jardins familiaux	b	$-^1$
Infrastructures temporaires ou permanentes de grandes manifestations culturelles ou sportives	b	$-^1$
Terrains d'équitation	b	$-^1$
Entreposage et transbordement de liquides de nature à polluer les eaux (produits chimiques pour le traitement de l'eau, carburants, etc.)	voir le tableau de référence 6	
Utilisation d'engrais, de produits phytosanitaires et de produits pour la conservation du bois	voir le tableau de référence 13	

Notes

- 1) Compte tenu de la vulnérabilité élevée, de telles installations et activités ne peuvent être autorisées dans la zone S_h que s'il est prouvé qu'elles ne constituent pas une menace pour l'utilisation de l'eau potable (annexe 4, ch. 221^{1er}, al. 1, let. a, OEaux).
- 2) La production de neige artificielle est autorisée uniquement avec de l'eau sans additif.
- 3) La réduction préjudiciable des couches protectrices (sol et couches de couverture) n'est pas autorisée (annexe 4, ch. 221^{bis}, al. 1, let. d, OEaux).
- 4) Les gazons artificiels avec granulats plastiques non liés ne sont pas autorisés. On veillera à ce que les particules de plastique ne se retrouvent pas dans les structures perméables.
- 5) Il est interdit d'infiltrer les eaux usées, à l'exception des eaux usées non polluées (p. ex. eaux météoriques), qui peuvent être infiltrées à travers une couche de sol biologiquement active (annexe 4, ch. 221^{bis}, al. 1, let. c, OEaux).

15. Cimetières et décharges pour déchets carnés

	S_m	S_h
Parties de cimetières destinées aux inhumations	b	–
Parties de cimetières destinées aux urnes	+	b
Décharges pour déchets carnés	–	–

16. Extraction de matériaux et de ressources minérales

	S_m	S_h
Extraction de matériaux (gravier, sable, argile, limon, marne, matériaux de carrière, etc.)	– ¹	–
Forages permettant l'extraction des ressources minérales (gaz naturel, pétrole, sel)	–	–

Note

1) Si une aire d'alimentation Zu a été délimitée au lieu de la zone S_m , l'extraction de matériaux est autorisée si elle ne constitue pas une menace pour l'utilisation de l'eau potable. Autorisation requise conformément à l'art. 44 LEaux. La profondeur maximale de l'extraction et les autres obligations de protection des eaux souterraines sont à déterminer en conséquence au cas par cas.

17. Décharges, dépôts, places de transvasement et conduites de transport

	S_m	S_h
Valorisation de matériaux d'excavation et de percement non pollués	b	b
Décharges et dépôts provisoires	–	–
Installations de traitement pour matériaux minéraux recyclés, y compris dépôts provisoires	–	–
Autres installations de traitement de matériaux recyclables (points de collecte de voitures hors d'usage, de réfrigérateurs, d'appareils et de composants électroniques, etc.)	–	–
Entreposage industriel et commercial de gaz liquides	–	–
Conduites de transport pour liquides pouvant polluer les eaux	–	–
Conduites de gaz naturel	b	b
Entrepôts et places de transvasement de liquides de nature à polluer les eaux (carburants, combustibles, etc.) et de substances solides susceptibles de devenir des liquides de nature à polluer les eaux en se mélangeant avec des liquides	voir le tableau de référence 6	

18. Installations militaires et places de tir

	S_m	S_h
Stands de tir pour armes à trajectoire tendue (installations permanentes ou aménagées de manière sommaire), ainsi que positions pour armes à trajectoire parabolique	b	–
Places de tir de combat avec utilisation de munitions explosives, incendiaires et fumigènes, installations de combat rapproché et en zone urbaine	–	–
Zones des cibles d'armes à trajectoire tendue et d'armes à trajectoire parabolique		
• avec munitions pleines (y compris installations civiles)	b	–
• avec munitions explosives	–	–
• avec munitions incendiaires et fumigènes	–	–

Bibliographie

AES, Association des entreprises électriques suisses (2006, en élaboration) : Recommandation de l'AES concernant la protection des eaux lors de la construction et de l'exploitation d'installations électriques renfermant des liquides pouvant polluer les eaux.

Malard, A., Lopez, S., Randles, S., Hausmann, Ph., Courrioux, G., Jeannin, P.-Y., et Vogel, M. (2018) : Visual KARSYS, a web-platform for the documentation of karst aquifers including online geological modelling.

OFEV, Office fédéral de l'environnement (2009) : Exploitation de la chaleur tirée du sol et du sous-sol. Aide à l'exécution destinée aux autorités d'exécution et aux spécialistes de géothermie.

OFEV, Office fédéral de l'environnement (2012) : Zones de protection des eaux souterraines en roches meubles. Un module de l'aide à l'exécution Protection des eaux souterraines.

OFEV, Office fédéral de l'environnement (en préparation) : Délimitation des zones de protection des eaux souterraines en milieu karstique (méthode EPIK).

OFEV, Office fédéral de l'environnement (en préparation) : Protection des eaux souterraines et des cours d'eau. Un module de l'aide à l'exécution protection des eaux souterraines.

OFEV, Office fédéral de l'environnement, et OFAG, Office fédéral de l'agriculture (2012) : Éléments fertilisants et utilisation des engrais dans l'agriculture. Un module de l'aide à l'exécution pour la protection de l'environnement dans l'agriculture.

OFEV, Office fédéral de l'environnement, et OFAG, Office fédéral de l'agriculture (2012) : Constructions rurales et protection de l'environnement. Un module

de l'aide à l'exécution pour la protection de l'environnement dans l'agriculture.

OFEV, Office fédéral de l'environnement, et OFAG, Office fédéral de l'agriculture (2013) : Produits phytosanitaires dans l'agriculture. Un module de l'aide à l'exécution pour la protection de l'environnement dans l'agriculture.

OFEV, Office fédéral de l'environnement, et OFT, Office fédéral des transports (2018) : Évacuation des eaux des installations ferroviaires.

OFEFP, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (1998) : Instructions pour l'application de la protection des eaux souterraines aux ouvrages souterrains.

OFEFP, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (2004) : Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines.

OFEFP, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (1998) : Cartographie de la vulnérabilité en régions karstiques (méthode EPIK).

OFEFP, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, et OFEG, Office fédéral des eaux et de la géologie (2003) : Délimitation des zones de protection des eaux souterraines en milieu fissuré.

OFROU, Office fédéral des routes (2012) : KarstALEA : Instructions pratiques pour la prévision des dangers liés au karst lors de travaux souterrains.

OFROU, Office fédéral des routes (2013) : Traitement des eaux de chaussée des routes nationales.

SIA (2017) : Norme SIA 190 Canalisations.

SIA (1997) Recommandation SIA 431 Évacuation et traitement des eaux de chantier (norme suisse 509 431).

SN 592 000 (Suissetec/VSA 2012) : Installations pour évacuation des eaux des biens-fonds – Conception et exécution.

VSA, Association suisse des professionnels de la protection des eaux (2002) : Essais d'étanchéité d'installations d'évacuation des eaux usées.

VSA, Association suisse des professionnels de la protection des eaux (2017) : Eaux usées en milieu rural.

VSA, Association suisse des professionnels de la protection des eaux (2019) : Gestion des eaux urbaines par temps de pluie.

VSS, Association suisse des professionnels de la route et des transports (2009), « Évacuation des eaux de chaussée ; pollution des eaux de chaussée ».