

**Instructions pratiques
pour la protection
des eaux souterraines**



**Instructions pratiques
pour la protection
des eaux souterraines**

**Publié par l'Office fédéral
de l'environnement, des forêts
et du paysage OFEFP
Berne, 2004**

Valeur juridique de cette publication

La présente publication est une aide à l'exécution élaborée par l'OFEFP en tant qu'autorité de surveillance. Destinée en premier lieu aux autorités d'exécution, elle concrétise des notions juridiques indéterminées provenant de lois et d'ordonnances et permet ainsi une application uniforme de la législation. Les aides à l'exécution (appelées aussi directives, instructions, recommandations, manuels, aides pratiques) paraissent dans la collection « L'environnement pratique ». Ces aides à l'exécution garantissent l'égalité devant la loi ainsi que la sécurité du droit, tout en favorisant la recherche de solutions adaptées aux cas particuliers. Si l'autorité en tient compte, elle peut partir du principe que ses décisions seront conformes au droit fédéral. D'autres solutions ne sont pas exclues ; selon la jurisprudence, il faut cependant prouver leur conformité avec le droit en vigueur.

Editeur

Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP).

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

Direction du projet

Daniel Hartmann ; Ronald Kozel (présidence)
Claude Marie Marcuard ; Federico Matousek
Benjamin Meylan ; Peter Michel

Groupe de travail commun de la Société suisse d'hydrogéologie (SSH) et de l'OFEFP

Riccardo Bernasconi, Büro Dr. R. Bernasconi, Sargans* ;
Daniele Biaggi, Geotechnisches Institut, Berne* ;
Yves-Alain Brechbühler, Bureau Yves A. Brechbühler,
Boudry* ; Samuel Cornaz, OFEFP, Berne* ; Michel
Fischler, OFAG, Berne ; Pierre Gaille, SSIGE, Zurich ;
Daniel Hartmann, OFEFP, Berne* ; Eduard Hoehn,
IFAEPE, Dübendorf* ; Peter Jordan, Amt für Wasser-
wirtschaft, Soleure* ; René Jordan, SSIGE, Zurich ;
Ronald Kozel, OFEG, Berne (présidence)* ; Hans-Jörg
Lehmann, OFAG, Berne ; Claude Marie Marcuard,
Bureau maric, Aigle* ; Michel Marrel, SESA,
Lausanne* ; Federico Matousek, Büro mbn, Baden* ;
Anne-Marie Mayerat, CFF, Berne ; Benjamin Meylan,
OFEFP, Berne* ; Peter Michel, OFEFP, Berne ; Aurèle
Parriaux, EPF-GEOLEP, Lausanne* ; René Teutsch,
ASG, Berne* ; Jean-Pierre Tripet, OFEG, Berne* ; Kurt
Venzin, AWEL, Zurich ; Laurence von Segesser, CFF,

Berne ; Paul Wersin, NAGRA, Wettingen* ; Martin
Würsten, Service de la protection de l'environnement,
Soleure ; Frédéric Zuber, Service de la protection de
l'environnement, Sion* ; Jürg Zobrist, IFAEPE,
Dübendorf*
(* membre de la SSH)

Référence

OFEFP, 2004 : *Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines*. L'environnement pratique. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne. 141 p.

Rédaction

Fritz Brühlmann ; Raeto Conrad ; Peter Haldimann ;
Theo Kempf

Traduction, télévision technique

David Fuhrmann, Bôle
Claude Marie Marcuard, Bureau maric, Aigle

Graphisme, mise en page

Ursula Nöthiger-Koch, 4813 Uerkheim

Photo couverture

Captage de Langen Erlen, canton de Bâle-Ville
(Benjamin Meylan, BUWAL)

Illustrations

Raphael Volery, Zürich

Crédits photographiques

Peter Hayoz, Nico Goldscheider, Ronald Kozel

Cartes

VECTOR25 2002 Office fédéral de topographie
(DV002232), Copyright : OFEFP 2002

Commande

OFEFP
Documentation
CH-3003 Berne
Fax + 41 (0) 31 324 02 16
docu@buwal.admin.ch
www.buwalshop.ch

Numéro de commande : VU-2508-F

Cette publication est également disponible en allemand
(VU-2508-D).

© OFEFP 2004

Table des matières

Abstracts	5	2.3.4	Délimitation des zones de protection dans les aquifères karstiques	48
Avant-propos	7	2.3.5	Délimitation des zones de protection en roches fissurées	51
Introduction	9	2.4	Les périmètres de protection des eaux souterraines	54
Bases légales	10	2.4.1	Définition et objectifs	54
1 Eaux souterraines : utilisation, risques de pollution, protection	11	2.4.2	Délimitation des périmètres de protection des eaux souterraines	54
1.1	Que faut-il entendre par eaux souterraines ?	11		
1.1.1	Définitions	11		
1.1.2	Aquifères	13		
1.1.3	Qualité des eaux souterraines	17		
1.2	L'utilisation des eaux souterraines	21		
1.3	Les risques courus par les eaux souterraines	25		
1.3.1	Aspects qualitatifs	25		
1.3.2	Aspects quantitatifs	25		
1.4	La protection des eaux souterraines	26		
1.4.1	Principes	26		
1.4.2	Protection générale des eaux souterraines	27		
1.4.3	Protection axée sur l'utilisation de l'eau	28		
1.4.4	Marche à suivre en cas de pollution d'eaux souterraines	28		
2 Mesures d'organisation du territoire relatives aux eaux souterraines	29	3 Mesures de protection	55	
2.1	Généralités	3.1	Mesures de protection générales	55
2.1.1	Etudes de base	3.1.1	Protection qualitative	55
2.1.2	Cartes de protection des eaux	3.1.2	Protection quantitative	55
2.1.3	Protection des eaux souterraines et aménagement du territoire	3.2	Mesures de protection orientées vers l'utilisation : mesures générales	57
2.1.4	Plans d'approvisionnement régionaux	3.2.1	Mesures de protection dans les secteurs particulièrement menacés A_U et Z_U	57
2.1.5	Plans d'exploitation pour les captages	3.2.2	Mesures de protection dans les zones de protection des eaux souterraines	59
2.2	Les secteurs de protection des eaux	3.2.3	Mesures de protection dans les périmètres de protection des eaux souterraines	60
2.2.1	Définition et objectifs	3.2.4	Assujettissement à autorisation	62
2.2.2	Le secteur A_U de protection des eaux	3.3	Mesures de protection des eaux souterraines et restrictions d'utilisation des biens-fonds concernés (tableaux de référence)	63
2.2.3	L'aire d'alimentation Z_U	3.4	Utilisation agricole du sol dans les aires d'alimentation Z_U	89
2.2.4	Méthode de détermination	3.4.1	Principes de base des mesures applicables à l'aire d'alimentation	89
2.3	Les zones de protection des eaux souterraines	3.4.2	Marche à suivre pour l'élaboration des mesures nécessaires	90
2.3.1	Définitions et objectifs	3.4.3	Formulation de l'objectif / mode d'exploitation souhaité	91
2.3.2	Méthode de détermination	3.4.4	Mesures de protection	91
2.3.3	Délimitation des zones de protection en roches meubles	3.4.5	Résumé	92
		4 Exécution	93	
		4.1	Tâches et compétences	93
		4.2	Adaptation des mesures d'organisation du territoire aux dispositions de l'Ordonnance sur la protection des eaux 1998	94
		4.2.1	Besoin d'adaptation	94
		4.2.2	Responsabilités	95
		4.3	Procédure pour les zones de protection non conformes	95
		4.3.1	Généralités	95
		4.3.2	Dérogations	95

4.4	Délimitation de nouvelles zones de protection S2 en présence d'installations	96
4.4.1	Danger faible (cas bénins)	96
4.4.2	Danger important	96
4.4.3	Priorité au maintien du captage	97
4.4.4	Priorité à une autre utilisation	97
4.5	Restrictions de la propriété et indemnités	98
4.5.1	Conditions requises pour justifier des restrictions à la propriété	98
4.5.2	Procédure et moyens de droit	98
4.5.3	Expropriation matérielle découlant de mesures de protection des eaux souterraines	99
4.5.4	Indemnités liées aux mesures de protection des eaux souterraines	99
4.5.5	Fixation de l'indemnité	100
4.5.6	Instance ou personne tenue de verser l'indemnité	100
4.6	Détermination de l'état des eaux souterraines	101
4.6.1	Compétences	101
4.6.2	Observation et surveillance des eaux souterraines	102
4.6.3	Préparation, exécution, exploitation et interprétation d'une campagne d'observation / de surveillance des eaux souterraines	105
4.7	Recommandations pour la mise en application de la protection des eaux souterraines	106

Annexes		109
A1	Valeurs indicatives pour la qualité des eaux souterraines	109
A2	Législation relative à la protection des eaux souterraines	111

Index		121
1	Références bibliographiques	121
2	Glossaire	123
3	Index alphabétique	130
	Adresses Importantes	133
	Notes	135

Abstracts

E

Keywords :

Guide, groundwater, drinking water, groundwater protection, groundwater protection zone, water protection area, area of contribution

The Groundwater Protection Guide is a federal publication offering guidance on enforcement in the area of groundwater protection. It is designed to ensure the harmonization of groundwater protection throughout Switzerland. The Guide describes the procedure for determining the dimensions of the water protection area A_U and the area of contribution Z_U , together with the groundwater protection zones (S1, S2, S3) and groundwater protection areas. In addition, on the basis of water protection legislation, it specifies the protective measures applicable for the districts, zones and areas. The Guide is addressed primarily to enforcement authorities, and also to water suppliers and consulting geologists and engineers.

D

Stichwörter :

Wegleitung, Grundwasser, Trinkwasser, Grundwasserschutz, Grundwasserschutzzone, Gewässerschutzbereich, Zuströmbereich

Die Wegleitung Grundwasserschutz ist die Vollzugshilfe des Bundes für den Grundwasserschutz. Sie soll die Harmonisierung des Grundwasserschutzes in der Schweiz sicherstellen. Die Wegleitung beschreibt das Vorgehen für die Dimensionierung des Gewässerschutzbereichs A_U und des Zuströmbereichs Z_U sowie der Grundwasserschutzzonen (S1, S2, S3) und der Grundwasserschutzareale. Zudem legt sie, gestützt auf die Gewässerschutzgesetzgebung, die Schutzmassnahmen fest, welche für die Bereiche, Zonen und Areale gelten. Die Wegleitung richtet sich primär an die Vollzugsbehörden sowie an die Wasserversorgungen und an beratende Geologen und Ingenieure.

F

Mots-clés :

Instructions pratiques, eaux souterraines, eau potable, protection des eaux souterraines, zone de protection des eaux souterraines, secteur de protection des eaux, aire d'alimentation

Les Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines – une aide à l'exécution de la Confédération – doivent garantir l'harmonisation de la protection des eaux souterraines en Suisse. Elles décrivent la procédure à suivre pour délimiter le secteur de protection des eaux A_U et l'aire d'alimentation Z_U , ainsi que les zones de protection des eaux souterraines (S1, S2, S3) et les périmètres de protection des eaux souterraines. Se fondant sur la législation relative à la protection de eaux, elles fixent les mesures de protection à prendre pour les secteurs, les zones et les périmètres. Elles sont destinées avant tout aux autorités d'exécution, aux responsables de l'approvisionnement en eaux ainsi qu'aux géologues et ingénieurs conseils.

I

Parole chiave :

istruzioni, acque sotterranee, acqua potabile, protezione delle acque sotterranee, zona di protezione delle acque sotterranee, settore di protezione delle acque sotterranee, settore d'alimentazione

Le istruzioni relative alla Protezione delle acque sotterranee rappresentano un aiuto all'esecuzione con cui la Confederazione vuole assicurare una protezione delle acque sotterranee uniforme su tutto il territorio nazionale. Il testo descrive il procedimento di delimitazione del settore di protezione delle acque sotterranee A_U , del settore d'alimentazione Z_U come pure delle zone di protezione delle acque sotterranee (S1, S2, S3) e delle aree di protezione delle acque sotterranee. Inoltre, stabilisce ai sensi della legislazione sulla protezione delle acque le misure di protezione valide per i settori, le zone e le aree. Le istruzioni si rivolgono in primo luogo alle autorità esecutive, ai servizi di approvvigionamento idrico e a geologi ed ingegneri consulenti.

Avant-propos

La loi fédérale de 1971 sur la protection des eaux mettait l'accent sur la sauvegarde de la qualité des eaux. Dans le même esprit, les « Instructions pratiques pour la détermination des secteurs de protection des eaux, des zones et des périmètres de protection des eaux souterraines » de 1977/82 visaient principalement à protéger les captages utilisés pour la production d'eau potable contre les pollutions chimiques et biologiques. Entrée en vigueur le 1^{er} novembre 1992, la nouvelle loi y ajoute la protection quantitative des eaux souterraines.

L'ordonnance du 28 octobre 1998 sur la protection des eaux accorde davantage d'importance encore à la sauvegarde des eaux souterraines. Elle règle les mesures d'organisation du territoire et instaure la notion d'aire d'alimentation – instrument complémentaire conçu pour préserver les captages de pollutions provoquées par des substances à la fois mobiles et difficilement dégradables.

La présente aide à l'exécution a été élaborée sous la direction de l'OFEFP et de la Société suisse d'hydrogéologie, en étroite collaboration avec des services cantonaux, des hautes écoles, des experts privés et différentes entreprises. Elle est destinée aux autorités d'exécution, aux géologues et ingénieurs, aux services d'approvisionnement en eau et aux autres milieux intéressés. Elle expose la raison d'être et les principes de la protection des eaux souterraines, et en facilite l'application. Elle passe en revue les dispositions légales y relatives et vise à harmoniser leur application. D'un côté, elle garantit ainsi l'égalité devant la loi et la sécurité du droit, de l'autre elle permet d'adopter des solutions souples et adaptées aux cas particuliers.

Office fédéral de l'environnement,
des forêts et du paysage

Société suisse d'hydrogéologie

Stephan Müller
Chef de Division Protection des Eaux

Ronald Kozel
Président

Introduction

Les auteurs de ces instructions ont voulu élaborer un outil de travail aussi pratique que possible, structuré de manière à renseigner utilement les milieux concernés et à répondre aux questions que ceux-ci peuvent se poser.

- Le premier chapitre décrit le monde des eaux souterraines et expose quelques notions fondamentales d'hydrogéologie. Il donne une idée des objectifs et de l'organisation de la protection des eaux souterraines en Suisse, de manière à en faire comprendre les enjeux.
- Le chapitre deux présente et commente les instruments actuels de la protection des eaux souterraines. Conçu surtout à l'attention des hydrogéologues et des autorités compétentes, il fournit des instructions, des listes de contrôle et des arguments pour faciliter l'application des dispositions légales en matière de protection des eaux souterraines.
- Le chapitre trois revêt une importance particulière ; il passe en revue les mesures à prendre dans les secteurs de protection des eaux, dans les zones et dans les périmètres de protection des eaux souterraines et présente des tableaux de référence, illustrant la conformité et les restrictions imposées aux activités propres à influencer les eaux souterraines.
- Le chapitre quatre s'adresse d'abord aux spécialistes de la protection des eaux souterraines et aux autorités d'exécution. Il explique les principales dispositions légales et montre comment les appliquer pour résoudre les problèmes posés par la protection des eaux souterraines.
- Les annexes fournissent notamment une liste d'indicateurs de la qualité des eaux souterraines, les principaux textes de lois, un glossaire et une liste bibliographique ; elles comprennent enfin un index de mots-clés facilitant les recherches.

D'autres **aides à l'exécution publiées par l'OFEPF** complètent utilement les présentes instructions :

- Guide pratique – Cartographie de la vulnérabilité en régions karstiques (EPIK), Numéro de commande : VU-2504-F
- Guide pratique – Délimitation des zones de protection des eaux souterraines en milieu fissuré, Numéro de commande : VU-2505-F
- Guide pratique – Délimitation des zones de protection des eaux souterraines en roches meubles (projet)
- Guide pratique – Dimensionnement des aires d'alimentation Z_U , Numéro de commande : VU-2507-F

Bases légales

Les bases légales suivantes font foi :

- Constitution fédérale du 18 avril 1999 (Cst.)
- Loi fédérale du 24 janvier 1991 sur la protection des eaux (LEaux)
- Ordonnance du 28 octobre 1998 sur la protection des eaux (Eaux)

Les principales dispositions légales concernant la protection des eaux souterraines sont citées en annexe 2 des présentes instructions pratiques.

1 Eaux souterraines : utilisation, risques de pollution, protection

1.1 Que faut-il entendre par eaux souterraines ?

1.1.1 Définitions

Les termes cités ci-dessous relèvent du domaine de l'hydrogéologie. Ils sont définis avec d'autres dans le glossaire fourni en fin d'ouvrage.

Eaux souterraines	Les eaux souterraines remplissent de façon continue les vides du sous-sol (pores, fissures) et s'écoulent par gravité. Les terrains aquifères sont constitués de roches meubles (p. ex. gravier, sable) ou de roches consolidées (p. ex. calcaire, granite). Leur perméabilité détermine l'importance des écoulements souterrains.
Cycle de l'eau	Les eaux souterraines participent au cycle naturel de l'eau. Elles sont alimentées par les précipitations efficaces (précipitations moins ruissellement, moins évaporation) et par les pertes des cours d'eau (infiltration). Elles rejoignent les eaux superficielles par des voies souterraines, émergent en surface (sources) ou sont captées par l'homme.
Source	Une source est une émergence naturelle d'eaux souterraines.

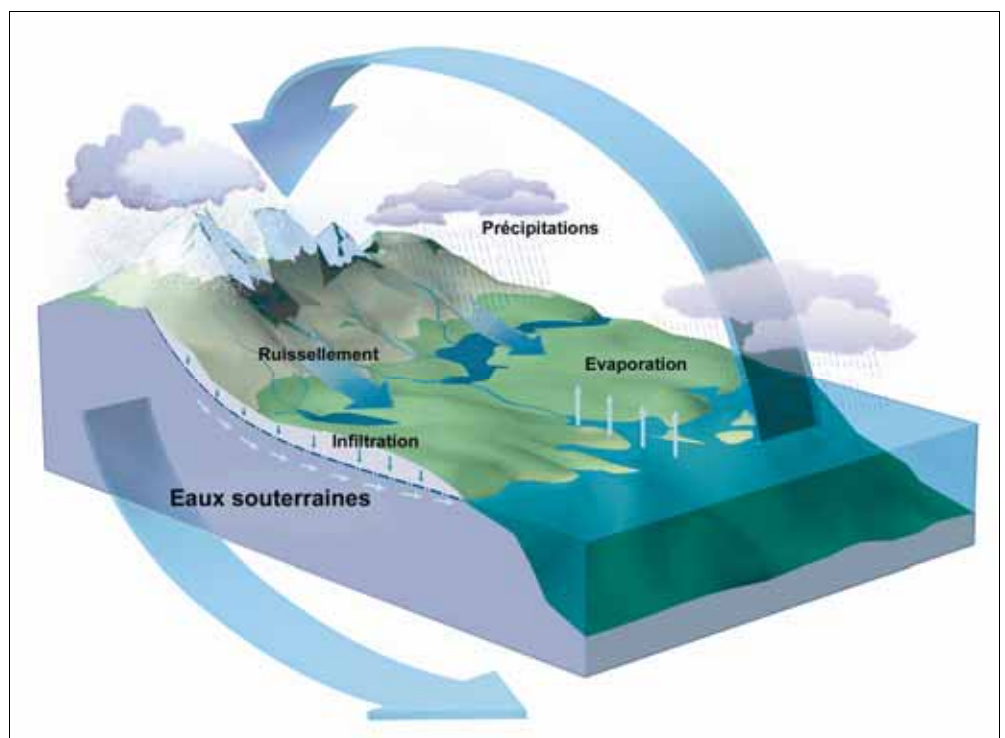


Figure 1 : Environ un tiers des précipitations s'évapore, un tiers s'infiltrate et alimente les eaux souterraines, un tiers s'écoule en surface, dans les cours d'eau et les lacs.

Pour transposer dans la pratique les règles applicables à la protection des eaux souterraines et pour éviter des malentendus, il faut préciser les termes utilisés. La figure 2 illustre les définitions données à l'article 4 de la loi fédérale sur la protection des eaux. En hydrogéologie, certains de ces termes peuvent prendre un sens quelque peu différent.

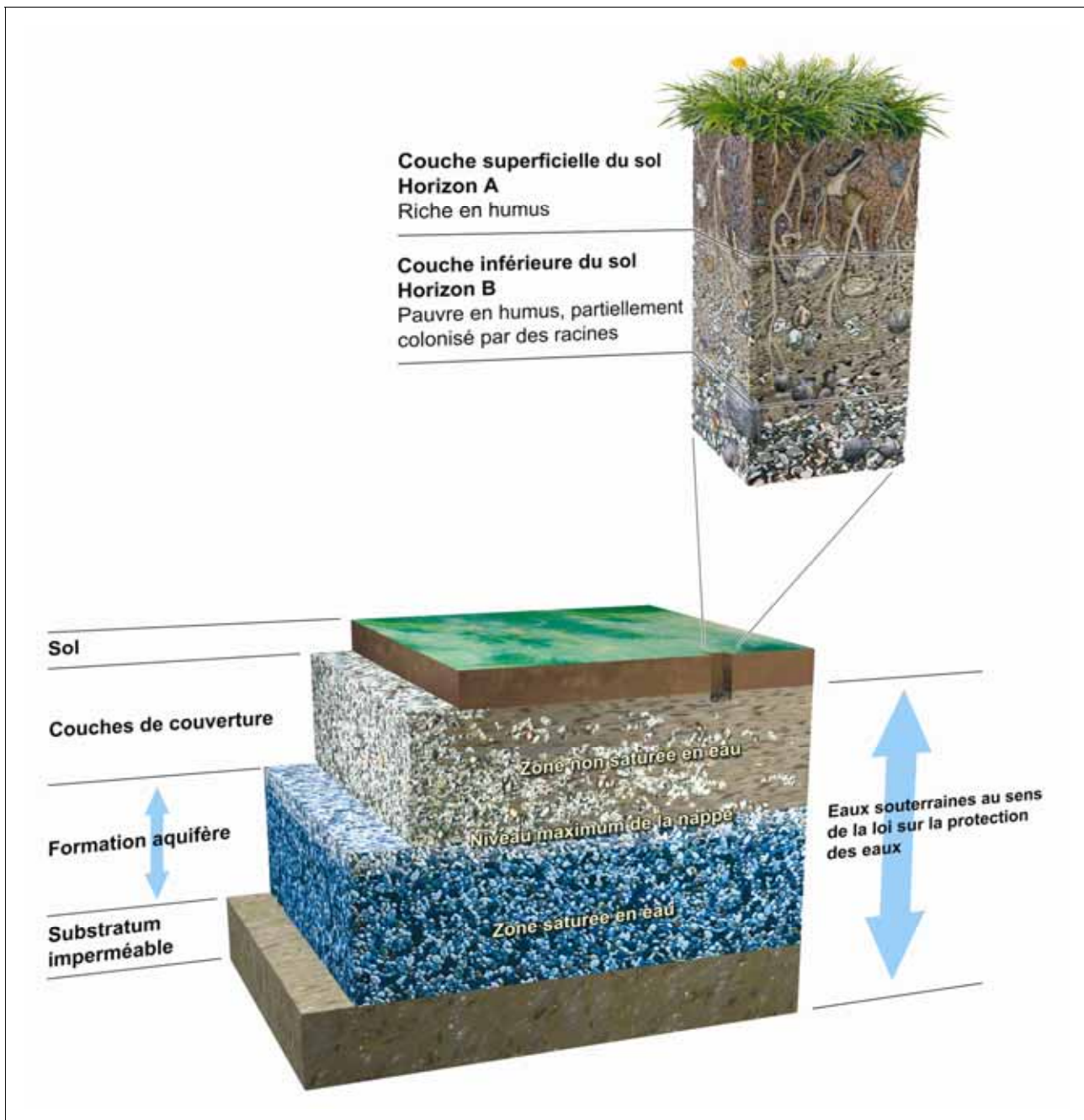


Figure 2 : Définition des éléments du sous-sol au sens de la Loi sur la protection des eaux.

1.1.2 Aquifères

Les principales ressources en eaux souterraines de Suisse se trouvent dans les dépressions glaciaires à remplissage de roches meubles, par exemple dans les vallées de l'Aar, du Rhône ou du Rhin, ainsi que dans de nombreuses autres vallées du Plateau et du Tessin. De grandes nappes d'eaux souterraines interdépendantes, caractérisées par la présence de sources importantes, sont par ailleurs connues dans les roches carbonatées karstiques du Jura et des Alpes. Enfin, la molasse du Plateau, avec sa couverture de roches meubles, et les roches fissurées des Alpes constituent également des aquifères intéressants.

On distingue d'une manière générale trois types d'aquifères :

- aquifères en roches meubles,
- aquifères en roches karstiques,
- aquifères en roches fissurées.

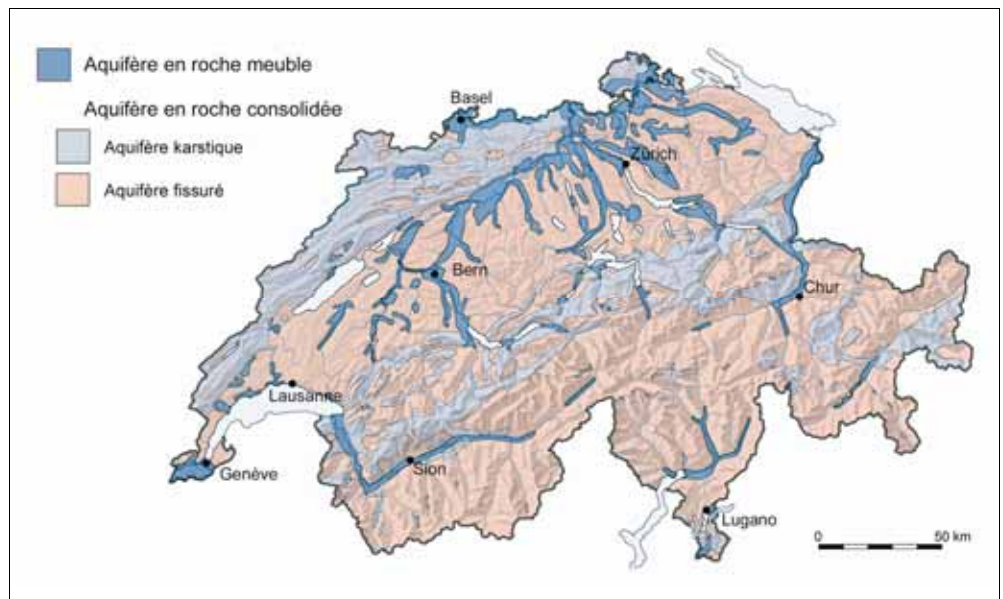


Figure 3 : Répartition sur le territoire suisse des trois types d'aquifères concernés par la législation sur la protection des eaux.

Les nappes d'eaux souterraines de Suisse sont représentées sur des plans d'ensemble, par exemple sur les cartes hydrogéologiques de la Suisse au 1 :500'000 ou au 1 :100'000, ou sur des plans plus détaillées présentés par les cantons à l'échelle du 1 : 50'000 ou du 1 :25'000.



Aquifères en roches meubles

Figure 4a :
Répartition des aquifères en roches meubles en Suisse.

Les grandes vallées des Alpes et du Plateau suisse sont généralement comblées par des roches meubles, à stratification irrégulière. Des aquifères importants correspondent aux formations fluvio-glaciaires, déposées sur de grandes surfaces lors de la fonte des glaciers et qui s'accumulent aujourd'hui sur le fond de nombreuses vallées.

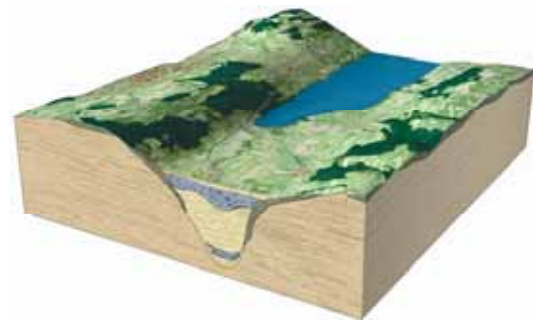


Figure 4b :
Situation typique du Plateau.

Dans les roches meubles (p. ex. sable, gravier), l'eau circule dans les pores. La vitesse d'écoulement atteint en général quelques mètres par jour, suivant le gradient hydraulique et la perméabilité. Les eaux souterraines y sont relativement bien protégées contre la pollution, lorsque les couches de couverture sont suffisamment épaisses et qu'elles sont composées de terrains fins. Le sol et les couches de couverture d'un aquifère en roches meubles offrent de bonnes à très bonnes capacités d'épuration naturelle.

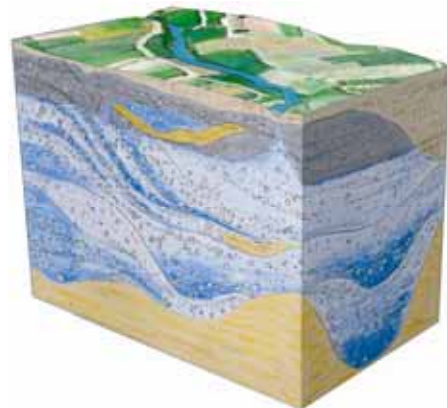
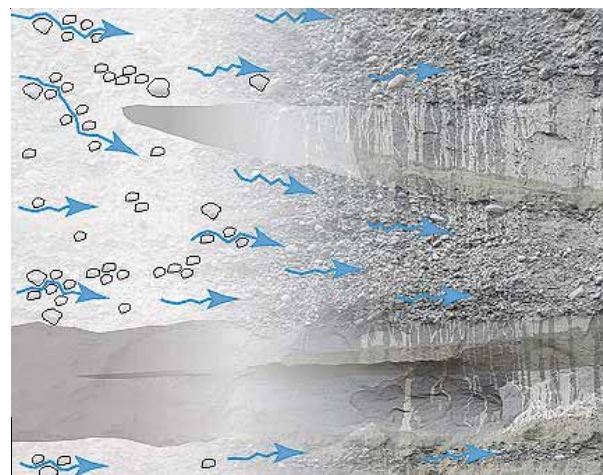


Figure 4c :
Aquifère en roches meubles avec une vallée

Les aquifères en roches meubles sont caractérisés par une structure et une granulométrie (proportion sable/gravier) très irrégulières. Leur perméabilité, leur capacité de filtration et leur capacité d'emmagasinement varient donc rapidement d'un point à l'autre.

Figure 4d :
Écoulement des eaux souterraines dans un aquifère en roches meubles.



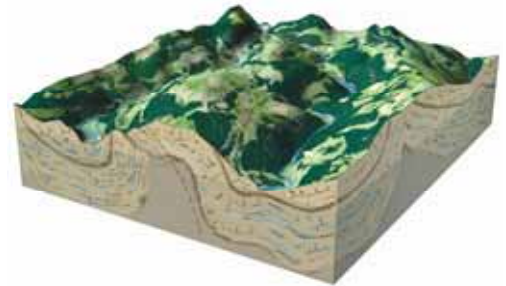


Aquifères karstiques

Figure 5a :
Répartition des aquifères karstiques en Suisse.

Le Jura plissé, le Jura tabulaire et une partie des Alpes présentent toutes les caractéristiques du karst. Les aquifères correspondent alors en général à d'épaisses séries calcaires. Les régions karstiques se caractérisent par l'absence de réseau hydrographique superficiel et par l'existence de gouffres, de dolines et de sources très importantes

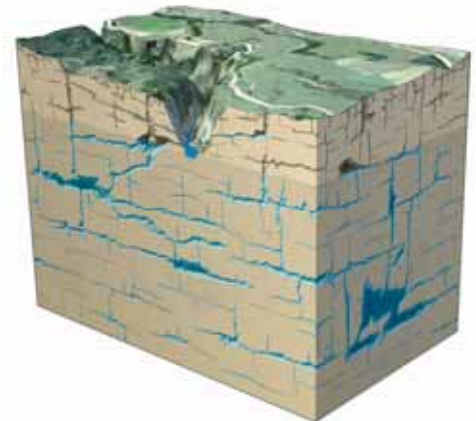
Figure 5b :
Paysage karstique typique.



Le calcaire, la dolomie et le gypse peuvent se karstifier et les discontinuités de ces roches s'agrandir par dissolution, jusqu'à former un réseau tridimensionnel de crevasses, de conduits et de grottes.

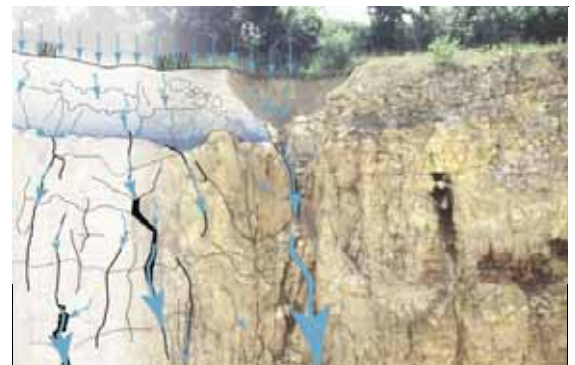
Dans ces milieux, lorsque les couches de couverture manquent ou restent peu épaisses, les eaux de pluie s'infiltrent rapidement dans le sous-sol. Les eaux souterraines sont alors mal protégées contre les influences extérieures, en particulier mal filtrées, et sont donc très sensibles à la pollution. C'est pourquoi les eaux du karst ne peuvent généralement pas être utilisées comme eau potable sans un traitement préalable (filtration, désinfection, aération).

Figure 5c :
Aquifère karstique.



Les vitesses d'écoulement varient beaucoup dans le karst et peuvent être très élevées. Les aquifères karstiques ont souvent une capacité d'emmagasinement limitée ; en période sèche, le niveau piézométrique s'abaisse rapidement et les sources tarissent. L'eau potable devient alors une denrée rare.

Figure 5d :
Écoulement des eaux souterraines dans un aquifère karstique.





Aquifères en roches fissurées

Figure 6a :
Répartition des aquifères en roches.

Les roches cristallines fissurées (p. ex. granite, gneiss) connues dans les Alpes suisses constituent d'importants aquifères, tout comme les calcaires, les calcaires marneux et les schistes calcaires non karstiques. Les grès et les poudingues présents dans la molasse du Plateau suisse correspondent également à des aquifères fissurés, bien que l'eau y circule aussi souvent dans les pores.

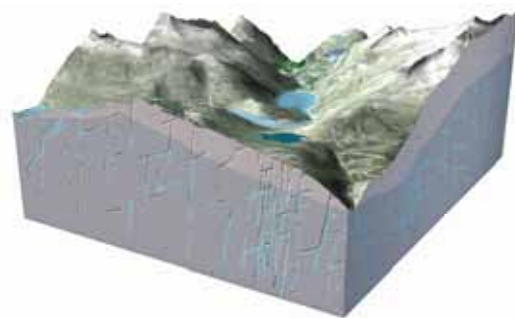


Figure 6b :
Paysage correspondant à
des roches fissurées.

La capacité d'autoépuration des roches fissurées dépend du degré de fracturation. Si l'ouverture des fissures est importante, donc si les vitesses d'écoulement sont élevées, les substances polluantes sont insuffisamment filtrées ou adsorbées. Ce type d'aquifère est particulièrement vulnérable en l'absence de couches de couverture.

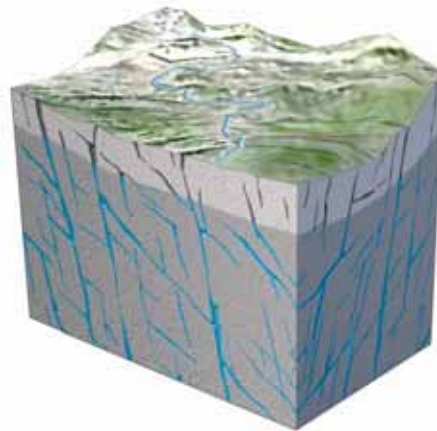


Figure 6c :
Aquifère en roche fissurée.

Dans les roches fissurées, l'eau suit les discontinuités ouvertes, diaclases, fractures et joints de stratification, qui forment un réseau continu plus ou moins ramifié. La vitesse d'écoulement dépend de l'ouverture des fissures, de leur fréquence et de leur degré d'interconnexion. La capacité d'emmagasinement reste le plus souvent faible.

Figure 6d :
Cheminement des eaux
souterraines dans un
aquifère en roche fissu-
rée.



1.1.3 Qualité des eaux souterraines

La qualité chimique des eaux souterraines est mesurée par leurs teneurs en substances dissoutes et par la variation de celles-ci dans l'espace et dans le temps. Les eaux souterraines proches de l'état naturel, donc peu ou pas influencées par les activités humaines, respectent les valeurs indicatives de l'annexe 1. Des écarts peuvent être observés localement, dans des conditions géologiques particulières.

La qualité des eaux souterraines joue un rôle essentiel pour les biocénoses, dans la zone saturée et dans la zone non saturée. Lorsqu'elles sont proches de l'état naturel, les biocénoses des eaux souterraines se caractérisent par un nombre restreint de germes formant des colonies, une faible densité d'autres bactéries et organismes à métabolisme lent.

La qualité chimique des eaux souterraines est influencée par les facteurs suivants :

- | | |
|---------------------------------|---|
| Matières organiques | Les microorganismes du sol et du sous-sol décomposent les matières organiques. Ce faisant, ils consomment de l'oxygène et enrichissent les eaux souterraines en dioxyde de carbone et en composés organiques. L'acide carbonique ainsi formé favorise de son côté la dissolution de minéraux. |
| Echanges avec les roches | Le contact avec des minéraux carbonatés (calcite, dolomie) donne des eaux souterraines dures, riches en bicarbonates (fig. 7), tandis qu'en présence de sel gemme ou de gypse, l'eau devient riche en sodium et chlorures ou en calcium et sulfates. Dans les roches cristallines riches en silicates (p. ex. granite), les eaux souterraines sont en revanche faiblement minéralisées et légèrement acides. D'une manière générale, la salinité d'une eau augmente avec la durée de son séjour dans le sous-sol. |
| Biocénoses | Les biocénoses des eaux souterraines comprennent les organismes qui colonisent la zone saturée et la zone non saturée du sous-sol. Il s'agit essentiellement de microorganismes sédentaires, par exemple de bactéries, de champignons et de protozoaires. Les interstices des aquifères karstiques et fissurés, ainsi que ceux des roches meubles proches de la surface, peuvent aussi abriter des organismes pluricellulaires, tels que petits crustacés, vers, escargots et mollusques. |

Les biocénoses d'eaux souterraines proches de l'état naturel, donc typiques d'eaux peu ou non polluées, comportent un nombre restreint de germes formant des colonies, une faible densité d'autres bactéries et organismes à métabolisme lent. Ces caractéristiques s'expliquent par la température normalement basse des eaux du sous-sol et par leur faible teneur en nutriments. Les milieux oligotrophes abritent au surplus des microcellules vivantes, soit des bactéries qui n'atteignent pas leur taille normale faute de disposer d'aliments et d'énergie en suffisance.

L'infiltration dans le sous-sol d'eaux superficielles s'accompagne en général d'un enrichissement local en nutriments des eaux souterraines et d'un accroissement tant de la biodiversité que du nombre d'organismes uni- et pluricellulaires.

Dans le sous-sol, les biocénoses changent suivant le milieu considéré, en fonction de la température, des caractéristiques physico-chimiques de l'eau et de la disponibilité en nutriments. Avec leurs cavités et leur régime hydraulique changeant, les aquifères karstiques renferment ainsi naturellement des biocénoses tout à fait différentes de celles qui colonisent les aquifères en roches meubles, caractérisés par des pores fins et de faibles vitesses d'écoulement. Un aquifère alimenté par des venues d'eaux hydrothermales n'a pas la même biocénose qu'un aquifère situé en haute altitude, tandis que la présence de gypse (milieu plutôt alcalin, eaux dures) a d'autres effets sur les organismes vivants que celle de roches granitiques (milieu plutôt acide, eaux douces).

Température

La température naturelle des eaux souterraines est déterminée par la température de l'air dans le bassin d'alimentation correspondant et par le flux géothermique, l'influence de chacun de ces facteurs pouvant varier avec l'épaisseur des couches de couverture. La solubilité des gaz et des minéraux dépend en outre de la température.

Dureté de l'eau

Facile à mesurer, la dureté de l'eau est un paramètre important au plan technique. Elle correspond à la teneur en calcium et en magnésium de l'eau, et s'exprime en Suisse en degrés français, une unité de dureté (1 °f) correspondant à 10 mg/l de carbonates de calcium (calcaire). Des eaux dures contribuent dans une faible mesure (environ 5%) à couvrir les besoins de l'organisme humain.

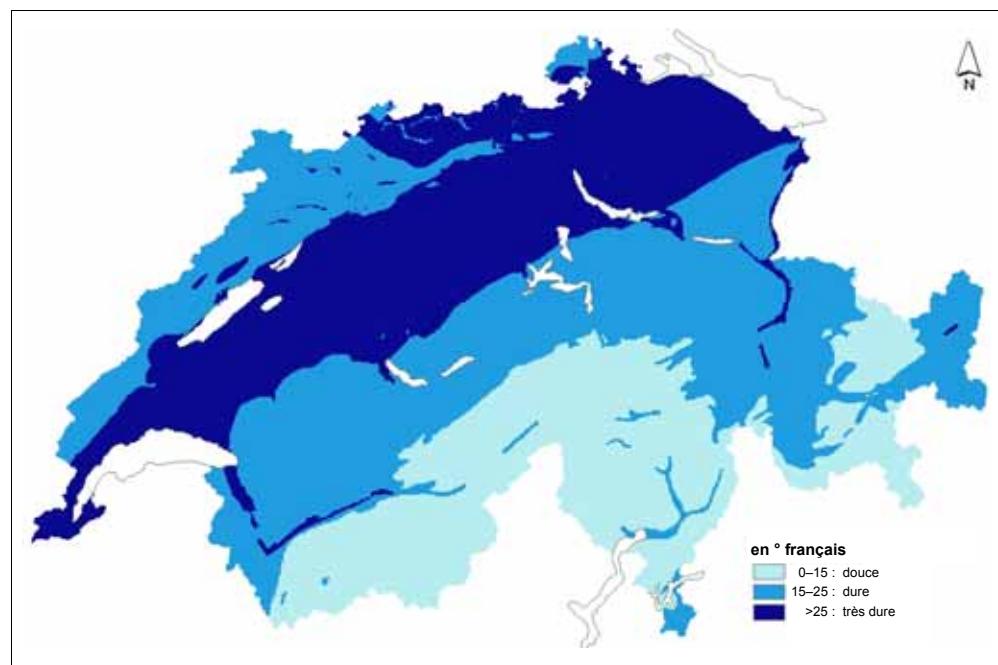


Figure 7 : Dureté de l'eau dans les mappes souterraines en Suisse (d'importantes variations sont possibles localement).

**Processus de purification
dans le sous-sol**

Les phénomènes d'autoépuration qui se produisent dans les sols, c'est-à-dire dans les horizons A et B, déterminent pour une part importante la qualité des eaux souterraines (voir fig. 8). Les particules solides sont filtrées mécaniquement, tandis que les substances dissoutes sont adsorbées ou transformées par des phénomènes biochimiques. L'adsorption se fait avant tout sur les argiles, les oxydes et les substances humiques présents dans les sols.

Une part importante des polluants contenus dans les eaux d'infiltration est ainsi retenue ou dégradée dans la couche supérieure et dans la couche inférieure du sol. Les phénomènes d'autoépuration sont en revanche fortement ralentis dans la zone non saturée. Dans la zone saturée, la plupart des substances dissoutes sont transportées relativement vite sur de grandes distances avec les eaux souterraines ou de manière légèrement retardée ; la réduction des concentrations en polluants se fait alors essentiellement par dilution.

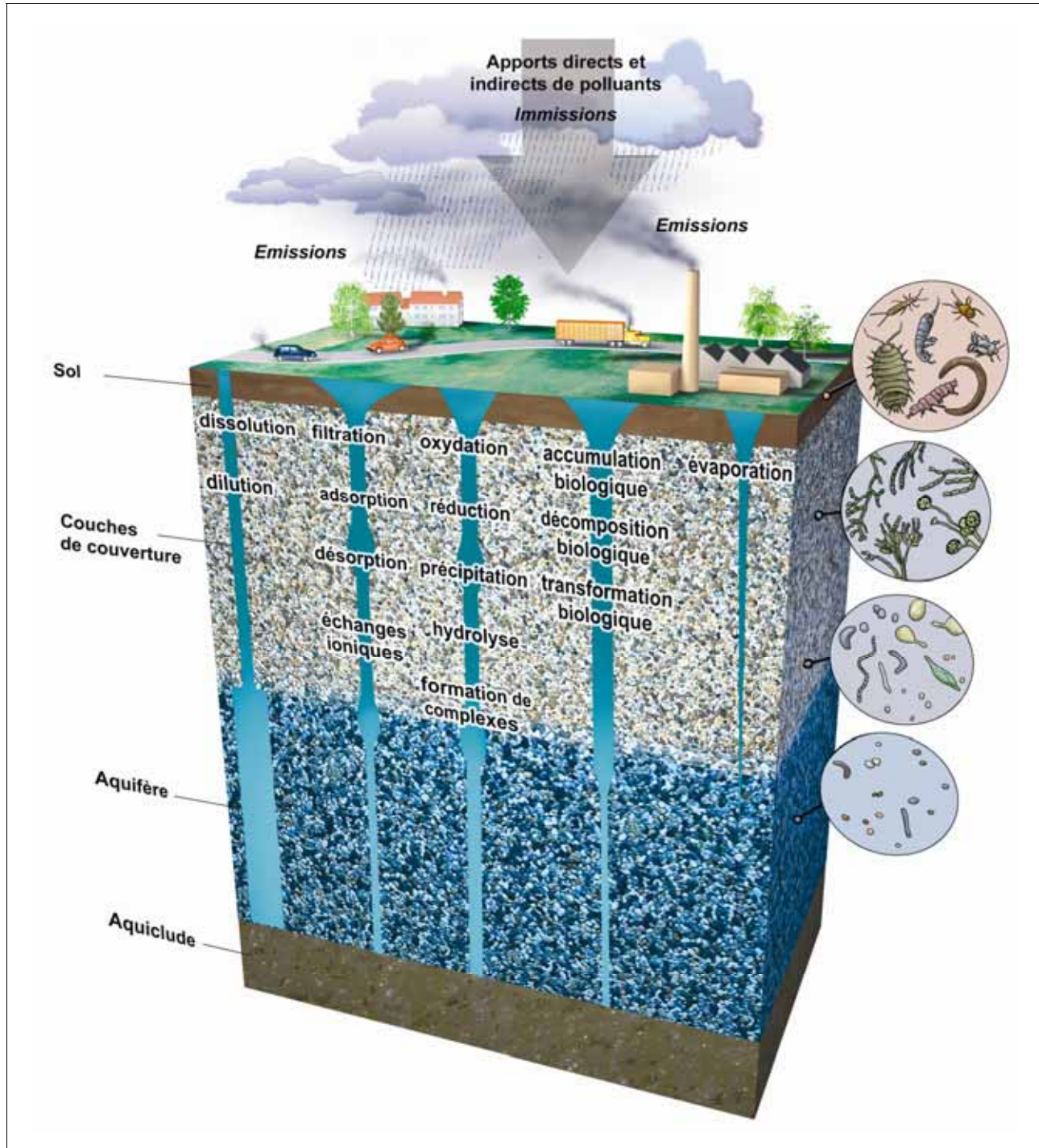


Figure 8 : Elimination de polluants dans le sol et le sous-sol. La variation de largeur des colonnes illustre l'efficacité relative des différents phénomènes d'autoépuration intervenant lors de l'infiltration des eaux météoriques et de leur progression vers la profondeur.

1.2 L'utilisation des eaux souterraines

Les eaux souterraines représentent la matière première la plus importante de Suisse. Elles y couvrent en effet 83% des besoins en eau potable et d'usage industriel ; les eaux des sources contribuent à la consommation totale pour 44% et les eaux des puits pour 39%. Les eaux des lacs permettent de couvrir le solde, soit 17%. Les eaux souterraines sont captées au moyen d'installations particulières, adaptées aux conditions hydrogéologiques locales et aux besoins à couvrir. Leur implantation requiert l'intervention d'un spécialiste.



Figure 9 :
L'origine de notre eau potable et
d'usage industriel.

Puits filtrant vertical

Les puits filtrants sont des ouvrages forés permettant d'exploiter les eaux souterraines sur un tronçon vertical, par pompage, au moyen de tubes crépinés implantés sur la plus grande épaisseur possible de terrains aquifères. Ils sont simples à réaliser et correspondent au modèle couramment rencontré sur le Plateau suisse.

La production d'un puits filtrant vertical dépend surtout de l'épaisseur de l'aquifère exploité, de sa perméabilité et de sa capacité d'emmagasinement. Les caractéristiques de l'ouvrage, comme son diamètre, jouent également un rôle, mais d'importance secondaire.

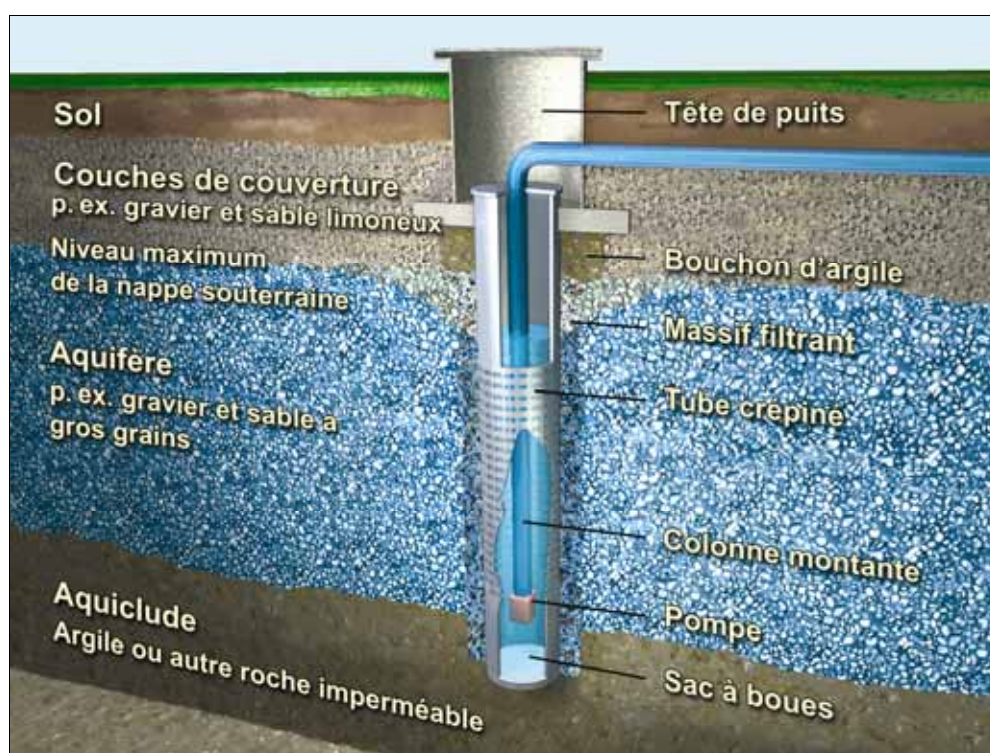


Figure 10 :
Puits filtrant vertical.

Puits filtrant à drains horizontaux

Le captage se fait ici au moyen de drains forés horizontalement dans l'aquifère, à partir d'un puits vertical de grand diamètre. Equipés de tubes crépinés, ces drains peuvent atteindre plusieurs dizaines de mètres.

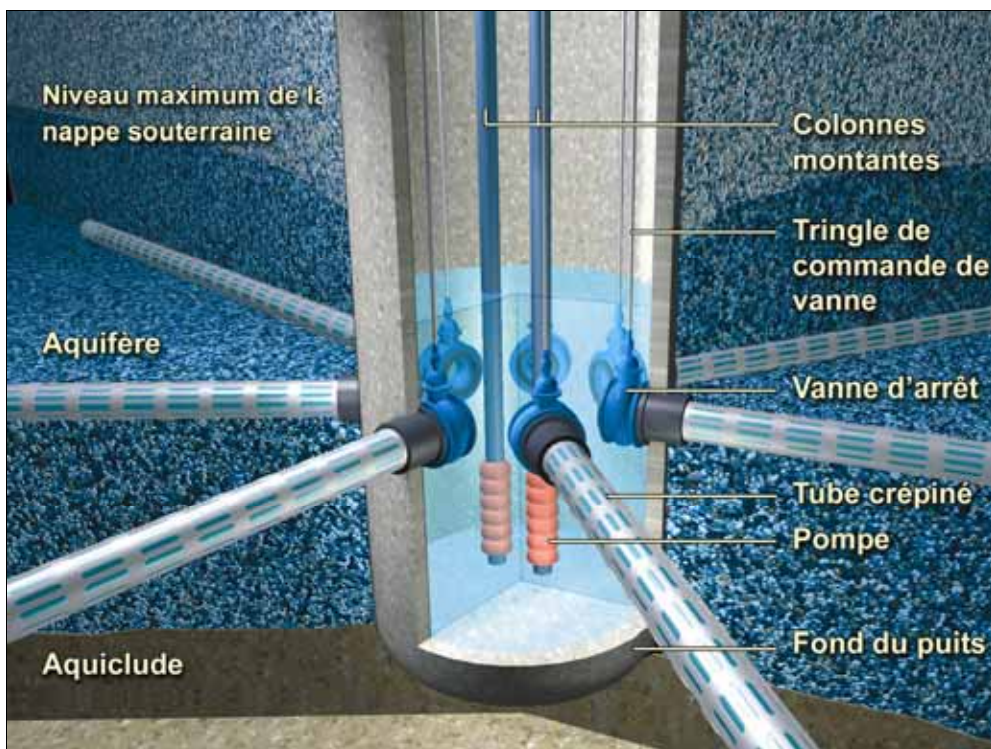


Figure 11 :
Puits filtrant à drains
horizontaux.

Les puits filtrants à drains horizontaux sont adaptés aux aquifères de faible épaisseur, lorsqu'il est possible d'y capter de grandes quantités d'eau. Le débit d'exploitation y dépend d'une part du nombre et de la longueur des drains horizontaux et d'autre part de la capacité d'emmagasinement et de la perméabilité de l'aquifère considéré.

Captage de source

Le captage d'émergences naturelles d'eaux souterraines implique la construction d'ouvrages particuliers, par exemple de une ou de plusieurs tranchées, équipées de tubes crépinés horizontaux ou légèrement inclinés, permettant ensuite de conduire par gravité les eaux récoltées jusque dans une chambre d'eau.



Figure 12 :
Captage de source.

1.3 Les risques courus par les eaux souterraines

1.3.1 Aspects qualitatifs

La qualité naturelle des eaux souterraines peut être modifiée ou au moins menacée par les activités humaines. En voici quelques exemples :

- lessivage d'engrais (p. ex. nitrate) et de produits phytosanitaires (p. ex. herbicides) sur des surfaces agricoles, des jardins et des terrains de sport ;
- épandage de purin, lors de fortes précipitations ou de gel, en dehors de la période de végétation ou, par exemple, en région karstique, à proximité de gouffres ou de dolines ;
- infiltration dans le sous-sol des eaux de lixiviation de sites contaminés ;
- pertes de collecteurs d'eaux usées, de fosses à purin et de réservoirs non étanches (bactéries et polluants) ;
- entraînement de polluants atmosphériques dans le sous-sol (p.ex. solvants, nutriments, produits phytosanitaires, additifs de carburant) ;
- accidents conduisant à des pertes de polluants dans le sous-sol.

Les polluants non ou difficilement dégradables (persistants) sont particulièrement dangereux pour les eaux souterraines, lorsqu'ils parviennent à traverser le sol et les couches de couverture.

1.3.2 Aspects quantitatifs

Les eaux souterraines sont menacées au plan quantitatif, lorsque la capacité d'emmagasinement des aquifères et/ou leur section d'écoulement vient à être réduite et lorsque les niveaux piézométriques des nappes d'eaux souterraines sont rabattus de manière durable. De plus, l'augmentation de l'imperméabilisation des sols réduit l'alimentation des nappes d'eaux souterraines.

Voici quelques exemples d'interventions propres à influencer le régime des eaux souterraines :

- construction au-dessous du niveau des nappes d'eaux souterraines, notamment d'ouvrages souterrains drainants ;
- urbanisation, avec imperméabilisation des terrains correspondants ;
- surexploitation par suite de prélèvements dépassant à long terme l'alimentation naturelle des nappes d'eaux souterraines ;
- extraction de sable ou de gravier, et comblement des excavations avec des matériaux inappropriés ;
- drainage de zones agricoles, avec réduction de l'alimentation naturelle de nappes d'eaux souterraines ou rabattement durable de leur niveau piézométrique ;
- compactage des sols par l'agriculture ;
- étanchéification du lit de cours d'eau alimentant des nappes d'eaux souterraines par infiltration ;
- prélèvement d'eau et de matériaux dans les cours d'eau, avec diminution du charriage, colmatage du lit et réduction des infiltrations d'eau dans le sous-sol.

1.4 La protection des eaux souterraines

1.4.1 Principes

La législation sur la protection des eaux vise à protéger les eaux souterraines contre toute atteinte nuisible et à permettre leur exploitation durable dans le respect des équilibres écologiques.

Comme les eaux souterraines sont menacées de tous côtés et qu'elles sont omniprésentes, il faut, autant que possible, respecter les objectifs écologiques qui s'y rapportent de manière générale. Il apparaît en outre nécessaire d'assurer leur protection en tenant compte de leur utilisation pour la production d'eau potable.

Les trois paragraphes suivants présentent les bases de la protection des eaux souterraines en Suisse ; ces instruments sont examinés plus en détail aux chapitres 2 et 3.

1.4.2 Protection générale des eaux souterraines

La protection générale des eaux souterraines est assurée, avant tout, par l'application du devoir de diligence¹, de l'interdiction de polluer² et de l'obligation de protection au plan quantitatif³. Il s'agit donc de veiller à ce que les eaux souterraines restent proches de leur état naturel et cela tant du point de vue de la qualité que de celui de la quantité, de manière à garantir une offre suffisante en eaux de bonne qualité. Cette philosophie vise à préserver les eaux souterraines, dans un sens très large, c'est-à-dire en tenant compte de leur environnement géologique et hydrogéologique, de leur régime hydraulique et de leurs propriétés chimiques et biologiques⁴. Les objectifs à atteindre sont ainsi les suivants :

- Conservation des aquifères, des aquicludes et des couches de couverture, ainsi que du régime hydraulique des eaux souterraines ;
- Conservation de la qualité chimique naturelle des eaux souterraines ;
- Conservation des biocénoses naturelles des eaux souterraines.

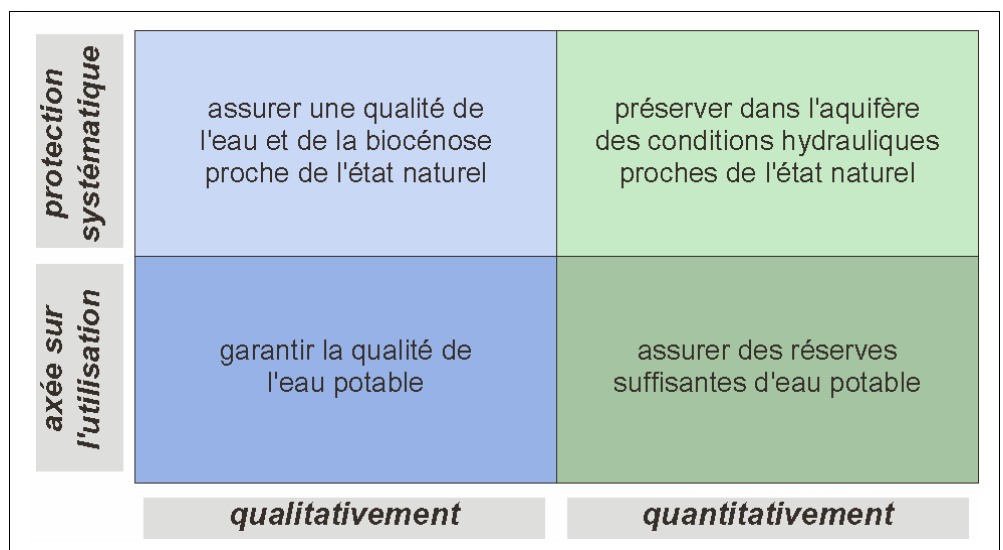


Figure 13 :
Objectifs de la protection
des eaux souterraines.

¹ Art. 3 LEaux

² Art. 6 LEaux

³ Art. 43 LEaux

⁴ Annexe 1, ch. 2, CEaux

1.4.3 Protection axée sur l'utilisation de l'eau

Vue dans la perspective d'une exploitation future, la protection des eaux souterraines passe par la délimitation des secteurs particulièrement menacés¹ (y compris les aires d'alimentation), ainsi que des zones² et des périmètres³ de protection des eaux souterraines. Ces mesures d'organisation du territoire sont assorties de restrictions graduelles des mesures de protection et des droits d'utilisation. Lorsque des eaux souterraines sont exploitées pour la production d'eau potable ou qu'elles sont destinées à cet usage, leur qualité – le cas échéant après un traitement simple – doit satisfaire aux exigences fixées dans la législation sur les denrées alimentaires.

1.4.4 Marche à suivre en cas de pollution d'eaux souterraines

Si l'autorité constate que des eaux souterraines sont polluées, elle doit⁴ :

- déterminer et évaluer la nature et l'ampleur de la pollution ;
- en déterminer les causes ;
- apprécier l'efficacité des mesures possibles ;
- veiller à ce que les mesures nécessaires soient prises en vertu des prescriptions légales correspondantes.

L'autorité peut se référer aux tableaux figurant en annexe 1 des présentes instructions, pour apprécier si des eaux souterraines sont polluées. Les exigences correspondantes permettent de savoir si les eaux considérées sont influencées ou non par les activités humaines ; elles ne doivent cependant pas être interprétées comme des limites toxicologiques ou écotoxicologiques.

Des eaux souterraines utilisées pour la fourniture d'eau potable ou réservées pour un tel usage doivent être considérées comme polluées, lorsque les valeurs indicatives de l'annexe 1 sont dépassées. Dans un tel cas, l'autorité détermine la cause de la pollution et prend toutes les mesures utiles pour la combattre.

¹ Annexe 1, ch. 2, CEaux

² Art. 20 LEaux

³ Art. 21 LEaux

⁴ Art. 47 CEaux

2 Mesures d'organisation du territoire relatives aux eaux souterraines

2.1 Généralités

Objectif

Les mesures d'organisation du territoire relatives aux eaux souterraines permettent de les gérer de manière efficace et durable, dans le respect des exigences sévères fixées pour leur utilisation.

2.1.1 Etudes de base

Les cantons subdivisent leur territoire en secteurs de protection des eaux¹, y distinguent ceux qui sont «particulièrement menacés», délimitent les zones et les périmètres de protection des eaux souterraines et établissent les cartes de protection des eaux correspondantes². Ils s'appuient pour ce faire sur les informations hydrogéologiques disponibles³ ou, si celles-ci ne suffisent pas, font procéder aux investigations complémentaires nécessaires.

Les cartes hydrogéologiques sont très utiles pour ces travaux ; elles donnent les limites des nappes d'eaux souterraines, précisent leur épaisseur, fournissent les isohypses (cf. glossaire) de leur niveau piézométrique (généralement pour un niveau moyen) et indiquent les principales directions d'écoulement des eaux souterraines. Indispensables pour élaborer les cartes de protection des eaux, elles sont également précieuses, lorsqu'il s'agit d'exploiter les ressources en eau du sous-sol et d'évaluer les risques que les activités humaines leur font courir. C'est pourquoi le relevé cartographique des nappes d'eaux souterraines et leur inventaire par les cantons revêtent une aussi grande importance.

2.1.2 Cartes de protection des eaux

Les cartes de protection des eaux sont des instruments de toute première importance pour l'application des dispositions légales. Elles sont établies par les cantons et comprennent au moins les éléments suivants (cf paragraphes 2.2 à 2.4) :

- Autres secteurs
- Secteurs A_U et A_O de protection des eaux^{4,5}
- Aires d'alimentation Z_U et Z_O ⁵
- Zones de protection des eaux souterraines^{5,6}
- Périmètres de protection des eaux souterraines^{5,7}
- Sources non captées, captages et installations d'alimentation artificielle²

¹ Art. 29, al. 1 à 3, CEaux

² Art. 30, al. 1, CEaux

³ Art. 29, al. 4, CEaux

⁴ Art. 19 LEaux

⁵ Art. 29 CEaux

⁶ Art. 20 LEaux

⁷ Art. 21 LEaux

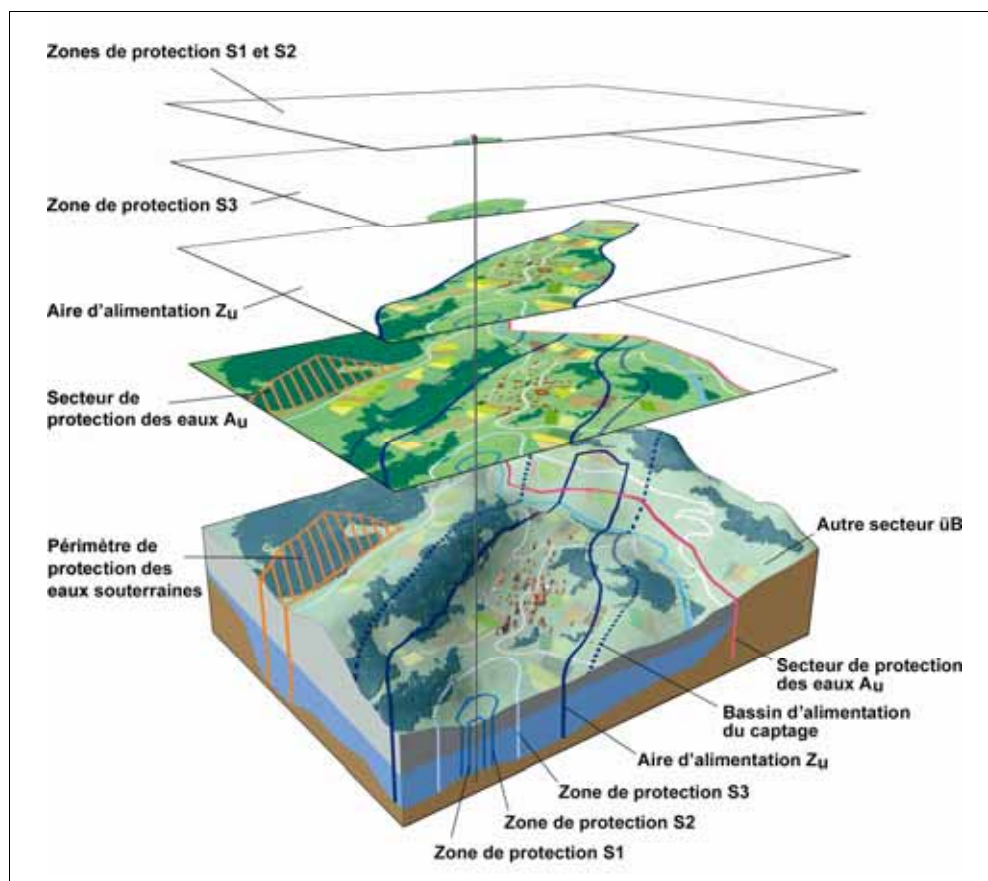


Figure 14 :
Instruments d'organisation du territoire relatifs aux eaux souterraines.

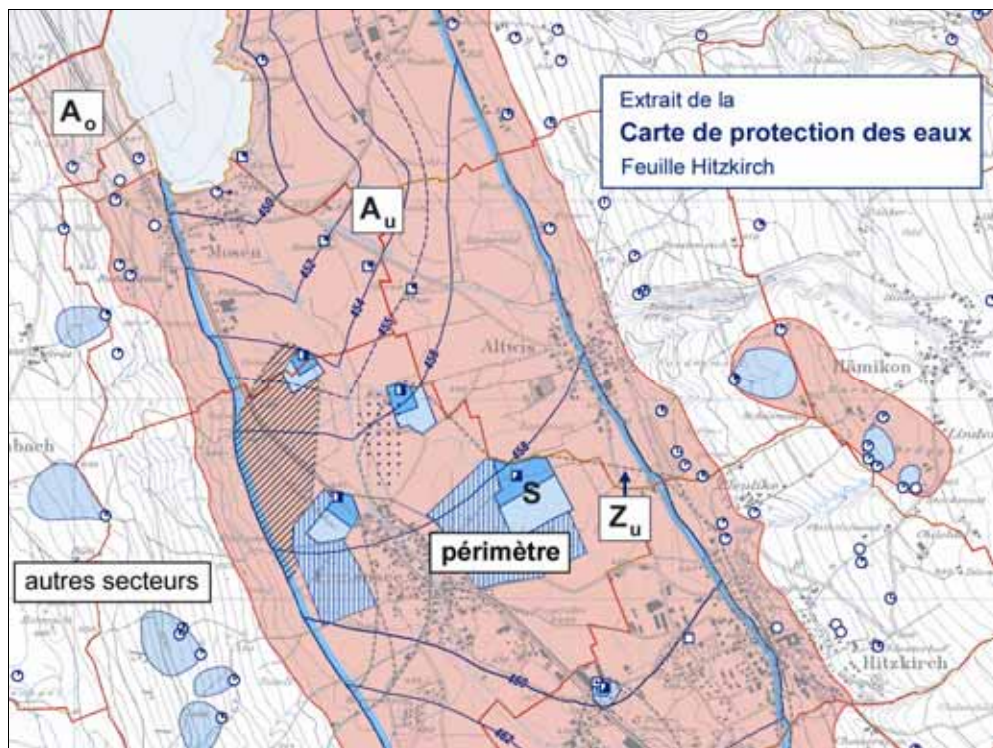
La figure 14 illustre les instruments d'organisation du territoire utilisés pour protéger les eaux souterraines, avec leurs relations réciproques. La zone S1 se superpose ainsi à la zone S2, tandis que cette dernière est inscrite dans la zone S3. Zones et périmètres de protection des eaux souterraines font eux-mêmes partie du secteur A_U , alors que l'aire d'alimentation Z_U s'étend sur le secteur A_U et parfois également sur un autre secteur.

En principe, les mesures de protection sont d'autant plus sévères que le terrain considéré est proche d'un captage. Cela signifie que les dispositions applicables au secteur A_U s'ajoutent aux règles générales valables sur les autres secteurs, que les prescriptions fixées pour la zone S3 complètent celles prévues pour A_U , etc.

Résumé

Chaque zone de protection des eaux souterraines et chaque périmètre de protection des eaux souterraines est également un secteur particulièrement menacé A_U . Une aire d'alimentation Z_U peut recouvrir un secteur A_U aussi bien qu'un autre secteur.

Un extrait de la carte de protection des eaux au 1 :25'000, feuille Hitzkirch, illustre ce type de représentation (fig. 15).



Légende:











-  secteur A_u de protection des eaux nappes exploitables et zones attenantes nécessaires à leur protection
 -  secteur A_o de protection des eaux eaux superficielles, pour garantir une utilisation particulière, et leurs zones littorales
 -  aire d'alimentation Z_u
 -  autres secteurs üB
 -  zones de protection des eaux souterraines subdivisées en S1+S2 (bleu foncé) et S3 (bleu clair)
 -  périmètre de protection des eaux souterraines
 -  puits / captage de source
- Informations complémentaires possibles:
-  Limites des eaux souterraines exploitables
 -  Isohypses de la nappe d'eau souterraine
 -  limites de commune

Figure 15 :
Exemple de carte de protection des eaux.

2.1.3 Protection des eaux souterraines et aménagement du territoire

De manière préventive, il faut coordonner la protection et la gestion des eaux souterraines avec les autres aspects de l'aménagement du territoire, tels qu'ils sont définis dans les plans directeurs et les plans d'affectation¹.

Les conflits d'intérêts (p. ex. exploitation de matériaux, revitalisation de cours d'eau) doivent être résolus le plus tôt possible.

Cela signifie qu'il faut reconnaître et définir très vite les divers droits d'utilisation, afin que les autorités chargées de la protection des eaux et de l'aménagement du territoire puissent apprécier les intérêts en présence et prendre les bonnes décisions.

2.1.4 Plans d'approvisionnement régionaux

La gestion des eaux souterraines doit être assurée au plan régional par une planification prudente de l'approvisionnement en eau, tenant compte tout à la fois des besoins actuels et des possibilités de développement.

Dans cette optique, il faut d'abord rassembler les données relatives à la consommation actuelle, puis évaluer les besoins futurs en eau potable, avant de faire un recensement quantitatif et qualitatif des nappes d'eaux souterraines exploitées et exploitables dans la région. Les recensements cantonaux des installations servant à l'approvisionnement en eau (Atlas de l'approvisionnement en eau)² fournissent d'importantes informations à ce sujet.

2.1.5 Plans d'exploitation pour les captages

Les plans d'approvisionnement régionaux sont utiles pour implanter de nouveaux captages servant à alimenter les communes ou la région. D'une manière générale, le choix des sites tient compte des critères suivants :

- critères hydrogéologiques ;
- critères d'organisation au niveau communal et régional, tels que besoins en eau, chapitres de propriété, intégration dans des réseaux ou des systèmes existants, besoins énergétiques, autorités habilitées à octroyer l'autorisation ou la concession ;
- critères de protection.

Le plan d'exploitation remplit sa fonction lorsque tous les critères sont respectés. Dès la phase de planification, il faut ainsi s'assurer que les emplacements choisis pour de nouveaux captages répondent à toutes les exigences fixées pour la protection des eaux souterraines destinées à la production d'eau potable.

¹ Art. 46 CEaux

² Art. 58, al. 2, LEaux

2.2 Les secteurs de protection des eaux

2.2.1 Définition et objectifs

Les cantons se donnent les moyens de prendre les mesures de protection nécessaires en subdivisant leur territoire en secteurs de protection des eaux – à savoir les secteurs particulièrement menacés et les autres secteurs^{1,2}.

Les secteurs particulièrement menacés¹ comprennent :

- le secteur A_U de protection des eaux
- le secteur A_O de protection des eaux
- l'aire d'alimentation Z_U
- l'aire d'alimentation Z_O

Le secteur A_U de protection des eaux et l'aire d'alimentation Z_U relèvent des mesures d'organisation du territoire relatives aux eaux souterraines. Le secteur A_O et l'aire Z_O visent quant à eux la protection des eaux superficielles. Des mesures doivent ainsi être prises sur ces dernières, par exemple lorsqu'elles font l'objet d'utilisations particulières ou lorsqu'elles alimentent indirectement des captages d'eaux souterraines. Ces deux types d'instruments servent donc des objectifs différents, quand bien même leurs surfaces peuvent se superposer. Le présent guide ne traite que du secteur A_U de protection des eaux et de l'aire d'alimentation Z_U.

Les autres secteurs englobent le reste du territoire.

La législation sur la protection des eaux concerne également les autres secteurs. S'y appliquent ainsi toutes les dispositions de protection générale, notamment le principe de diligence³, l'interdiction de polluer les eaux⁴ et les dispositions relatives à la protection quantitative des eaux souterraines⁵.

¹ Art. 19 LEaux

² Art. 29, al. 1, OEaux

³ Art. 3 LEaux

⁴ Art. 6 LEaux

⁵ Art. 43 LEaux

2.2.2 Le secteur A_U de protection des eaux

Principes

Le secteur A_U de protection des eaux sert à la protection générale des eaux souterraines, aussi bien sur le plan quantitatif que sur le plan qualitatif. Il comprend les nappes d'eaux souterraines exploitables, ainsi que les zones attenantes nécessaires à leur protection.

Le secteur A_U de protection des eaux comprend tous les aquifères renfermant des eaux souterraines exploitables.

Une nappe d'eaux souterraines est considérée comme exploitable, lorsque elle se prête à la fourniture d'eau potable (le cas échéant après un traitement simple), à l'état naturel ou après alimentation artificielle¹. Son débit doit en outre être tel qu'elle puisse contribuer, de manière durable, à l'approvisionnement en eau de communes ou de la région (sans tenir compte de la consommation du moment) ou à l'alimentation artificielle d'une nappe d'eaux souterraines située plus en aval. L'approvisionnement en eau potable, en temps de crise, entre également en ligne de compte. Dans certains cas, des études hydrogéologiques et/ou hydrauliques complémentaires devront être confiées à un spécialiste, pour déterminer si une nappe d'eaux souterraines est exploitable ou non.

Méthode de détermination La détermination des secteurs A_U de protection des eaux intervient sur la base des informations hydrogéologiques disponibles, notamment sur la base des cartes hydrogéologiques existantes. Le paragraphe 4.2.1 indique comment les anciens secteurs de protection des eaux peuvent être adaptés aux dispositions actuellement en vigueur.

Les secteurs de protection des eaux sont normalement représentés sur un fond topographique correspondant à la Carte Nationale de la Suisse au 1 :25'000.

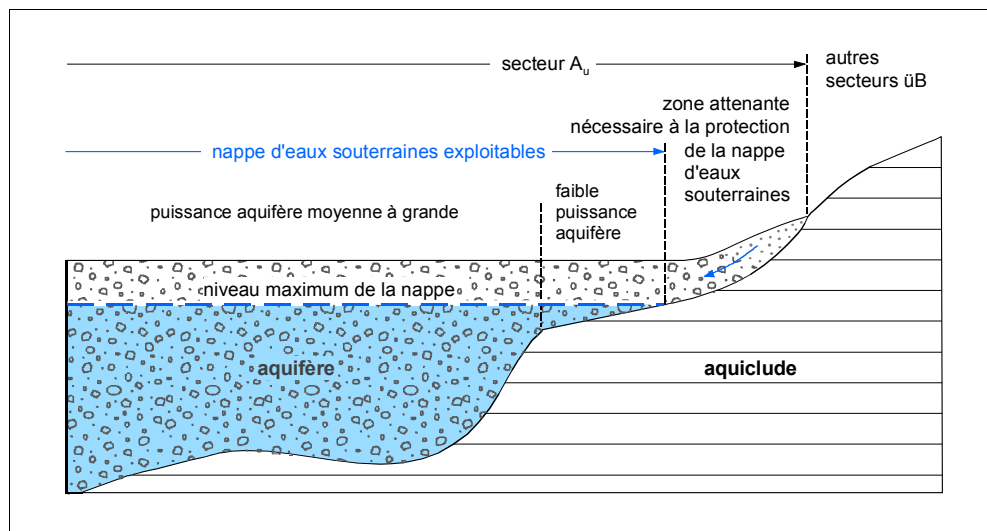
Dans les zones bâties ou dans celles réservées pour l'exploitation de matériaux, il peut toutefois s'avérer utile de disposer de cartes plus précises, à l'échelle du 1 : 5000.

Délimitation du secteur A_U en roches meubles Le secteur A_U de protection des eaux comprend toutes les surfaces correspondant aux aquifères formés de roches meubles, qui sont le siège de nappes d'eaux souterraines exploitables dignes de protection, ainsi que celles des zones attenantes² nécessaires à leur protection (fig.16).

¹ Annexe 2, ch. 22, CEaux

² Annexe 4, ch. 111, CEaux

Figure 16 :
Délimitation d'un secteur
 A_U de protection des
eaux, sur la bordure
d'une nappe d'eaux
souterraines



Délimitation du secteur A_U en milieu karstique Pour les eaux souterraines exploitables dans le karst, le secteur A_U de protection des eaux comprend l'ensemble des aquifères karstiques et les terrains contigus qui s'y déchargent par voie souterraine.

Délimitation du secteur A_U en roches fissurées Dans les roches fissurées, comme dans les roches meubles, le secteur A_U de protection des eaux comprend les parties des aquifères, où s'écoulent des eaux souterraines exploitables dignes de protection.

2.2.3 L'aire d'alimentation Z_U

Principes

L'aire d'alimentation Z_U vise à préserver la qualité des eaux qui alimentent des captages d'intérêt public, et cela de manière tout à la fois générale et axée sur l'utilisation.

Elle doit être déterminée, lorsque les eaux souterraines sont polluées par des substances mobiles et difficilement dégradables (mesure curative). Exemples typiques de telles substances : nitrates et produits phytosanitaires.

Une aire d'alimentation Z_U s'impose également pour le cas où une telle pollution menace (mesure préventive).

L'aire d'alimentation Z_U couvre la zone où se reforment environ 90% des eaux souterraines qui parviennent à un captage. Lorsque la détermination exige un travail disproportionné, l'aire d'alimentation Z_U est confondue avec le bassin d'alimentation du captage¹.

¹ Annexe 4, ch. 113, CEaux

Les cantons fixent les mesures à prendre dans les aires d'alimentation Z_U , pour que les eaux souterraines respectent les exigences de qualité, et veillent à leur application (voir paragraphe 3.4). Il s'agit alors d'assainir les eaux polluées de manière aussi rapide, efficace, économique et durable que possible.

Au contraire des secteurs A_U , qui offrent une protection générale aux nappes d'eaux souterraines exploitables, les aires d'alimentation Z_U visent d'abord à protéger les captages, donc à garantir ou à rétablir la qualité des eaux souterraines captées pour la production d'eau potable.

La délimitation d'une aire d'alimentation Z_U et l'adoption des mesures correspondantes se justifient surtout lorsque les polluants pénètrent dans le sous-sol de manière diffuse avec les précipitations. Il vaut en effet mieux intervenir à la source, si la pollution par des substances persistantes (non dégradables) est liée à des installations ponctuelles (p. ex. établissements industriels, sites contaminés, canalisations défectueuses, lignes de chemin de fer, etc.) ou à des infiltrations d'eaux superficielles.

Délimitation de l'aire d'alimentation Z_U

La délimitation des aires d'alimentation Z_U tient compte des écoulements d'eau et non des flux de matières, de sorte qu'elle vaut pour tous les groupes de substances ; il n'est donc pas nécessaire de prévoir des aires d'alimentation différentes pour les différents polluants.

Il faut souligner qu'il n'est ni nécessaire ni possible de déterminer avec précision la « zone des 90% », car sa taille varie en fonction des conditions météorologiques, de l'infiltration et de l'exploitation. L'Ordonnance sur la protection des eaux tient ainsi compte d'une marge de tolérance avec l'expression « environ 90% ».

La délimitation d'une aire d'alimentation Z_U se fait en deux étapes :

1. Le bassin d'alimentation du captage à protéger est déterminé en première étape. Si la délimitation de la zone des 90% exige un travail disproportionné, il est alors confondu avec l'aire d'alimentation Z_U . Cette situation se présente souvent dans les régions karstiques.
2. Une deuxième étape peut démarrer, lorsque les conditions locales favorisent des investigations plus poussées. Il convient alors de déterminer la zone où se reforment environ 90% des eaux souterraines prélevées par le captage, qui correspond ainsi à l'aire d'alimentation Z_U . L'hétérogénéité des aquifères en roches fissurées doit bien entendu être prise en compte dans l'opération.

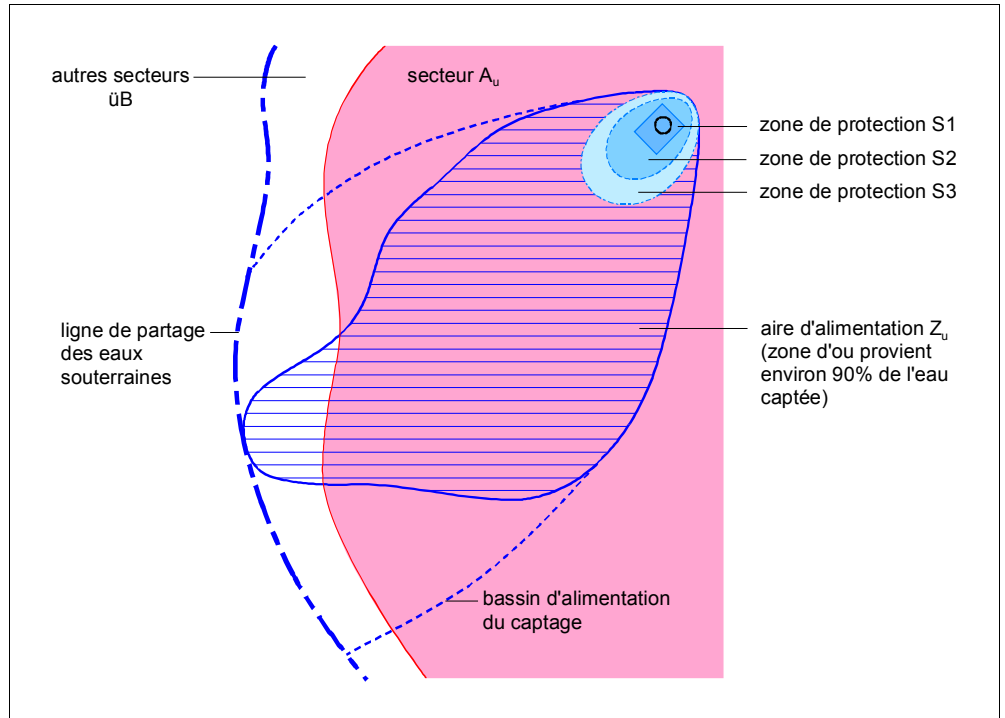


Figure 17 :
L'aire d'alimentation Z_u .

Le fait de ne conserver que 90% de la superficie totale du bassin d'alimentation permet d'en exclure les parties qui contribuent de manière marginale à l'alimentation du captage – soit que la majeure partie de l'eau qui s'y reforme n'atteint pas le captage, soit que l'alimentation naturelle à travers les surfaces correspondantes ne représente qu'un apport minime. La délimitation d'une aire d'alimentation Z_u obéit aux règles suivantes :

- Avant le début des investigations, l'autorité fixe le débit de référence pour la délimitation. Dans le cas de sources, la meilleure solution consiste à choisir le débit moyen. Pour les puits, entrent en ligne de compte tout à la fois le débit moyen actuel et celui retenu pour l'avenir.
- Pour le reste, les calculs se rapportent aux conditions hydrogéologiques moyennes, que ce soit pour les conditions d'entrée ou de sortie, ainsi que pour le niveau piézométrique.
- Le bassin versant des eaux superficielles qui alimenteraient les eaux souterraines à protéger n'est pas compris dans l'aire d'alimentation.

2.2.4 Méthode de détermination

Les étapes à parcourir pour délimiter une aire d'alimentation Z_U sont décrites en détail dans le guide pratique « Dimensionnement des aires d'alimentation Z_U » [Bib. 6]. En voici un résumé :

1. Identification des systèmes d'écoulement

Il faut d'abord connaître précisément les caractéristiques de la nappe d'eaux souterraines exploitée, et de celles qui pourraient lui être liées, et identifier les systèmes d'écoulement qui contribuent vraisemblablement à l'alimentation du captage à protéger.

2. Détermination du bassin d'alimentation du captage

Les investigations se concentrent ensuite sur la partie de l'aquifère qui alimente le captage, en combinant autant que possible plusieurs méthodes hydrogéologiques. Une fois les limites latérales définies, l'étude s'étend aux zones attenantes. Le bassin d'alimentation comprend ainsi une partie de l'aquifère principal et une partie située à l'extérieur, mais qui contribue aussi à l'alimentation du captage à protéger.

3. Contrôle de plausibilité

Le calcul du bilan hydrique de la nappe d'eaux souterraines exploitée permet de vérifier que la dimension donnée au bassin d'alimentation du captage est vraisemblable.

4. D'autres investigations sont-elles possibles et utiles ? Evaluation

Si des recherches plus poussées demandent trop de moyens ou s'il est impossible de préciser la délimitation, l'aire d'alimentation Z_U est confondue avec le bassin d'alimentation. Dans le cas contraire, la surface de ce dernier est réduite en application de la règle des 90%.

5. Détermination de l'aire d'alimentation Z_U selon la règle des 90%

La surface du bassin d'alimentation est découpée en cellules unitaires contribuant de manière homogène à l'alimentation du captage à protéger. La participation de chaque cellule au débit d'exploitation total est calculée en tenant compte du débit qui s'y reforme et de la part de ce débit qui parvient effectivement au captage. Avec cette méthode, l'aire d'alimentation Z_U correspond à la réunion des cellules qui contribuent pour environ 90% à l'alimentation recherchée. Les parties du bassin d'alimentation dont l'apport reste faible sont ainsi exclues de l'aire d'alimentation.

2.3 Les zones de protection des eaux souterraines

Principes

Les zones de protection des eaux souterraines visent à protéger les captages et les eaux souterraines juste avant leur utilisation comme eau potable. Elles sont délimitées autour des ouvrages d'intérêt public, soit autour des captages, dont l'eau doit respecter les exigences de la législation sur les denrées alimentaires, et des installations d'alimentation artificielle des eaux souterraines. Axées sur l'utilisation, l'adoption de zones de protection des eaux souterraines correspond à la plus importante des mesures d'organisation du territoire relatives aux eaux souterraines.

2.3.1 Définitions et objectifs

Les zones et les périmètres de protection des eaux souterraines se superposent au secteur A_U de protection des eaux (voir fig. 14). Il est nécessaire de vérifier très tôt qu'un captage ou une installation d'alimentation artificielle des eaux souterraines se justifie à un endroit donné et que la protection de l'ouvrage pourra y être assurée. Cet examen devrait intervenir lors du choix de l'emplacement déjà, mais au plus tard lors de la détermination des zones de protection des eaux souterraines correspondantes.

Il faut alors répondre aux questions suivantes :

- Des zones de protection des eaux souterraines conformes aux prescriptions légales peuvent-elles être déterminées autour des captages existants ou des emplacements prévus pour la construction de nouveaux ouvrages ?
- Les zones de protection des eaux souterraines prévues devront-elles être adaptées en raison de conditions géologiques, hydrogéologiques et pédologiques locales particulières ?
- Les conditions locales (topographie, affectation actuelle ou prévue du territoire, présence de voies de communication, etc.) obligent-elles à prendre des mesures particulières à l'intérieur des zones de protection des eaux souterraines ?
- La protection peut-elle être améliorée par le choix du type de captage ?
- Les risques de pollution recensés à l'intérieur des futures zones de protection des eaux souterraines sont-ils maîtrisables ?

Les zones de protection des eaux souterraines¹ se subdivisent en :

- Zone S1 (zone de captage)
- Zone S2 (zone de protection rapprochée)
- Zone S3 (zone de protection éloignée)

¹ Annexe 4, ch. 12, Œaux

Zone de captage, zone S1 La zone S1 comprend le captage lui-même et les terrains directement environnants. Elle devrait appartenir au détenteur du captage et être clôturée.

La zone S1 doit empêcher :

- la pénétration directe de polluants dans le captage ;
- la dégradation ou la destruction des installations.

En milieu karstique ou dans les roches fissurées, les parties les plus vulnérables¹ du bassin d'alimentation sont également classées en zone S1.

Zone de protection rapprochée, zone S2

La zone S2 doit empêcher :

- l'arrivée au captage de germes et de virus pathogènes, ainsi que de liquides pouvant polluer les eaux, comme l'essence ou le mazout ;
- la pollution des eaux souterraines par suite de l'exécution de fouilles ou de travaux, ainsi que l'affaiblissement de la capacité de filtration naturelle du sol et du sous-sol ;
- l'arrivée au captage de polluants en fortes concentrations ;
- la création de barrages souterrains modifiant les écoulements.

Zone de protection éloignée, zone S3

La zone S3 a la fonction d'une zone tampon autour de la zone S2. Elle constitue une protection contre les installations et activités qui représentent un risque important pour les eaux souterraines (p. ex. extractions de matériaux, entreprises artisanales et industrielles). En cas de danger imminent (p. ex. en cas d'accident impliquant des marchandises dangereuses), elle permet de disposer de suffisamment d'espace et de temps pour intervenir et pour prendre les mesures d'assainissement nécessaires.

2.3.2 Méthode de détermination

Un certain nombre de documents doivent être préparés par un spécialiste autorisé et produits par le détenteur du captage pour légaliser des zones de protection des eaux souterraines, soit :

- **Un rapport hydrogéologique**, accompagné d'une liste des dangers potentiels et des mesures de protection à prendre, avec une justification des dimensions proposées pour les zones de protection des eaux souterraines ;
- **Un plan des zones de protection** avec les limites correspondantes ;
- **Un règlement des zones de protection** avec les prescriptions et restrictions d'utilisation à respecter.

Le plan et le règlement forment un tout.

La liste des mesures de protection et des restrictions d'utilisation doit être rendue publique et, en particulier, mise à disposition des propriétaires fonciers, des fermiers, des locataires et des usufruitiers. Les entreprises appelées à effectuer des travaux dans les zones de protection des eaux souterraines doivent également être informées de manière appropriée (voir chap. 4.7).

¹ Annexe 4, ch. 122, CEaux

Exigences relatives au rapport hydrogéologique

Le rapport hydrogéologique est d'autant plus détaillé que les risques de pollution sont grands, que le bassin d'alimentation est complexe et que le captage est important.

Il devrait fournir les informations suivantes :

- Données générales sur les captages (puits ou sources), respectivement sur les installations d'alimentation artificielle : désignation, détenteur, situation avec nom du lieu-dit et coordonnées.
- Caractéristiques techniques des captages (puits ou sources), respectivement des installations d'alimentation artificielle : plans d'exécution, etc.
- Droit d'eau : débit de concession, date d'octroi et délai éventuel d'expiration, autres données juridiques.
- Droit foncier (inscription au registre foncier, servitudes).
- Puits : débit d'exploitation des années précédentes, conditions d'exploitation (p. ex. pompage nocturne ou ininterrompu).
- Sources : historique éventuel des débits (min./max.), relevés bimensuels du débit durant une année au moins.
- Résultats et appréciation des analyses physiques, chimiques et bactériologiques effectuées sur l'eau captée brute (comparaison avec les exigences fixées pour l'eau potable, le cas échéant interprétation plus détaillée visant à préciser l'origine de l'eau).
- Traitement de l'eau (existant/prévu).
- Données et documents hydrogéologiques utiles pour la délimitation des zones de protection ; soit description géologique et hydrogéologique de l'aquifère et du bassin d'alimentation (y compris les résultats d'essais de traçage, les études géophysiques, les observations pédologiques, etc).
- Le cas échéant, données relatives à l'influence du prélèvement d'eaux souterraines sur d'autres utilisations des biens-fonds.
- Inventaire des risques (plan des conflits), avec l'appréciation correspondante (état actuel, mesures nécessaires).
- Liste des parcelles concernées (n°, propriétaire, exploitant).
- Justification pour les dimensions données aux zones S1, S2 et S3.
- Programme de surveillance (proposition) : emplacement, fréquence et dates des prélèvements d'échantillons, avec liste des paramètres à mesurer. Le programme de surveillance dépend des caractéristiques hydrauliques et hydrogéologiques de l'aquifère exploité.
- Système d'information et d'alarme (proposition) pour le cas où les limites fixées par l'ordonnance sur les denrées alimentaires ou par l'CEaux (voir annexe 1) viendraient à être dépassées.

Plan des zones de protection

Exigences relatives au plan des zones de protection

Il faut distinguer entre les limites « hydrogéologiques » et les limites « pratiques » des zones S1, S2 et S3.

La délimitation se fait d'abord sur la base de critères hydrogéologiques purs, conformément à la méthode proposée par l'Ordonnance sur la protection des eaux.

Dans un deuxième temps, les limites pratiques encadrent les limites hydrogéologiques, en s'adaptant aux conditions locales, éléments du relief, limites parcellaires, constructions et installations, lisières de forêt. Les limites « pratiques » ont force de loi.

Il est recommandé de faire figurer les deux types de limites sur le plan des zones de protection (voir fig. 19).

Règlement des zones de protection

Contenu du règlement des zones de protection

Le règlement des zones de protection doit être élaboré par un hydrogéologue, et comprendre les éléments suivants :

- Mesures de protection, conditions et restrictions d'utilisation portant sur les installations et sur les activités recensées dans les différentes zones, au mieux classées dans l'ordre S3, S2 et S1.
- Signalisation (marquage) des limites des zones de protection.
- Déclaration obligatoire des produits phytosanitaires autorisés dans les zones de protection.
- Définition des compétences pour l'application du règlement des zones de protection.
- Modalités de contrôle (méthode, fréquence, dates) des mesures de protection et des restrictions d'utilisation. Avertissement concernant la mise à jour périodique du plan et du règlement des zones de protection.

Pour les installations non conformes recensées dans les zones de protection des eaux souterraines :

- Assainissements nécessaires, avec délais d'exécution.
- Contrôles à effectuer, avec délais et fréquences.
- Délais pour la mise hors service et le démantèlement éventuels.

Les règlements des zones de protection qui ne respectent pas les exigences énumérées ci-dessus devront être mis à jour avant 2015. Les conditions d'application (dérogations possibles, recommandations concernant l'adaptation et la surveillance des zones de protection) sont fixées au chapitre 4.

2.3.3 Délimitation des zones de protection en roches meubles

Des informations plus détaillées figurent dans l'aide à l'exécution publiée par l'OFEP sous le titre « Délimitation des zones de protection des eaux souterraines en roches meubles » [Bib. 8].

Dimensionnement de la zone S1 (aquifère en roches meubles)

La zone S1 comprend :

- l'installation de captage, soit la tête de puits pour un puits filtrant vertical ; la tête de puits et les drains pour un puits à drains horizontaux ; la tranchée drainante avec ses tubes crépinés et, si nécessaire, la chambre d'eau pour un captage de source ;
- les terrains superficiels directement touchés par les opérations de forage ou d'excavation ;
- toute la surface correspondant à une installation d'alimentation artificielle, soit la surface d'infiltration prévue et les alentours immédiats de l'ouvrage.

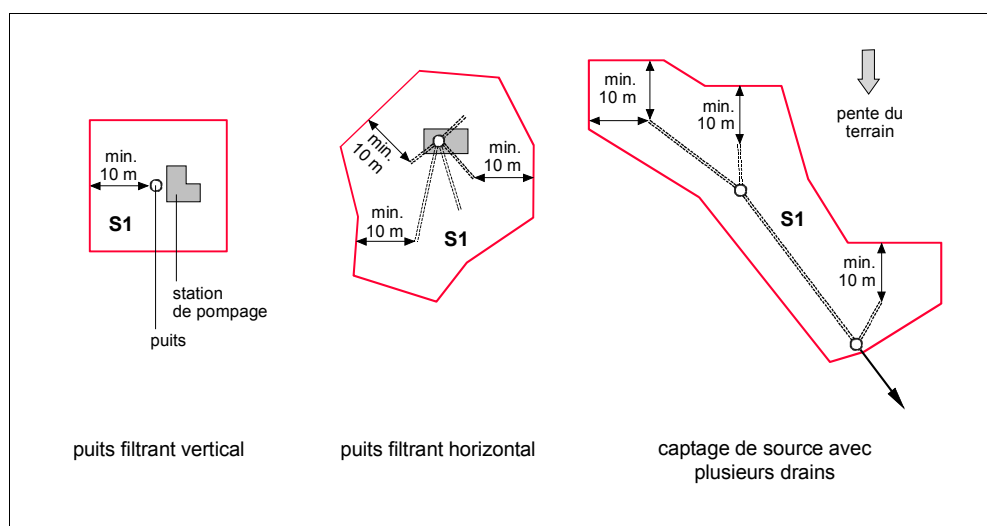


Figure 18 :
Délimitation de la zone S1.

La taille des zones S1 est influencée par le mode de construction des captages, dont il existe de nombreux types (voir paragraphe 1.2). En principe, la limite de la zone S1 doit se trouver à 10 m au moins au large de la partie la plus extérieure de l'ouvrage de captage (extrémité de drain, etc.). Pour un captage de source, cette distance peut être inférieure à 10 m du côté aval. En revanche, elle sera de préférence supérieure à 10 m en amont, afin de limiter les risques liés au ruissellement superficiel.

La distance entre l'ouvrage de captage et la limite de la zone S1 est augmentée, si les risques de pollution sont importants.

Pour les puits filtrants, dont les drains horizontaux sont situés à grande profondeur, ou pour les captages protégés par une forte épaisseur de couches de couverture peu perméables, la zone S1 peut se limiter à l'ouvrage visible en surface et à ses environs immédiats.

Dimensionnement de la zone S2 (aquifère en roches meubles)

La zone S2 d'un captage en roches meubles est dimensionnée de telle sorte que :

- le temps de séjour des eaux souterraine entre la limite amont de la zone S2 et le captage soit d'**au moins 10 jours** et que
- la distance entre la zone S1 et la limite amont de la zone S2 soit d'**au moins 100 m**, dans la direction générale des écoulements.

Les calculs se font alors en tenant compte du débit maximal pouvant être prélevé à long terme et du niveau piézométrique correspondant à des conditions d'étiage.

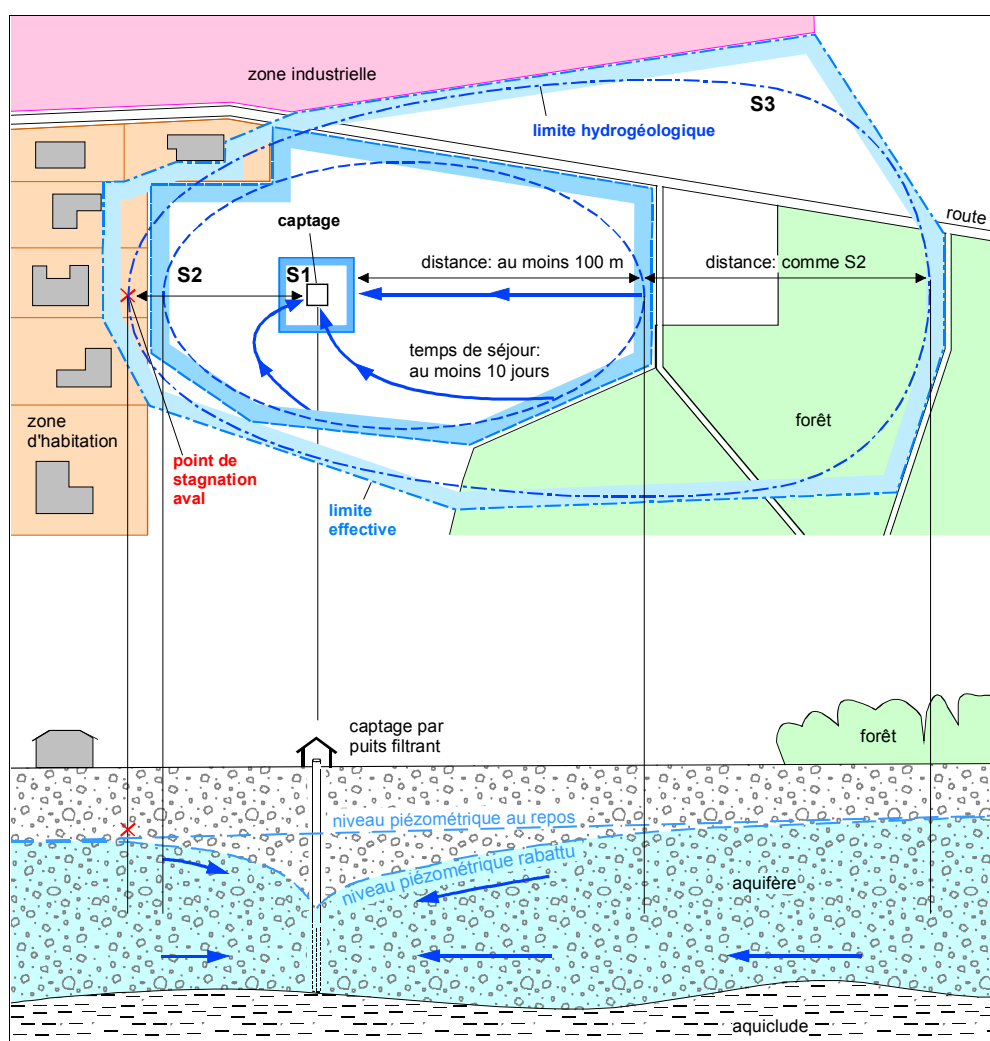


Figure 19 :
Délimitation des zones S2 et S3.

Quatre méthodes courantes pour déterminer l'isochrone 10 jours¹

L'isochrone 10 jours correspond à la ligne à partir de laquelle les eaux souterraines mettent 10 jours pour atteindre le captage. La longueur du trajet parcouru, soit la distance entre cette ligne et le captage se calcule avec l'équation suivante :

en général :

$$\Delta z = v \times t$$

pour l'isochrone 10 jours :

$$\Delta z_{10} = v \times 10$$

où :

$$\Delta z = \text{longueur du trajet parcouru [m]}$$

$$v = \text{vitesse de déplacement [m/jour]}$$

$$t = \text{temps de séjour [jour]}$$

L'utilisation de cette formule implique une bonne connaissance tout à la fois des conditions d'écoulement et des temps de séjour des eaux souterraines en amont du captage.

Différentes méthodes permettent d'évaluer sur cette base la position de l'isochrone 10 jours (voir guide pratique « Délimitation des zones de protection des eaux souterraines en roches meubles » [Bib. 8]). Voici un aperçu des plus courantes :

Essai de traçage (méthode la plus utilisée dans la pratique)

Le temps de séjour est évalué à partir de la courbe de restitution du traceur (voir encadré à la page suivante).

Méthode manuelle et graphique

Etablie dans des conditions proches d'un écoulement permanent et pour un débit correspondant au maximum autorisé, la carte piézométrique de la nappe d'eaux souterraines permet de calculer la position de l'isochrone 10 jours sur chaque ligne de courant, en s'appuyant sur la loi de Darcy.

Méthode de Wyssling [Bib. 22]

Cette méthode permet de calculer les grandeurs suivantes :

- le rayon d'appel pour un débit d'exploitation donné, soit la distance séparant le puits du point de stagnation aval ;
- la largeur du front d'appel à la hauteur du puits et en amont de celui-ci ;
- la distance mesurée sur l'axe d'écoulement et correspondant à un temps de séjour donné, en amont et en aval du puits ;
- le temps de séjour (jours) entre un point déterminé de l'axe d'écoulement jusqu'au puits.

Remarque : contrairement à [Bib. 22], il est aujourd'hui recommandé de choisir une porosité efficace de 3 à 8% plutôt que de 10 à 20%.

Modélisation des écoulements

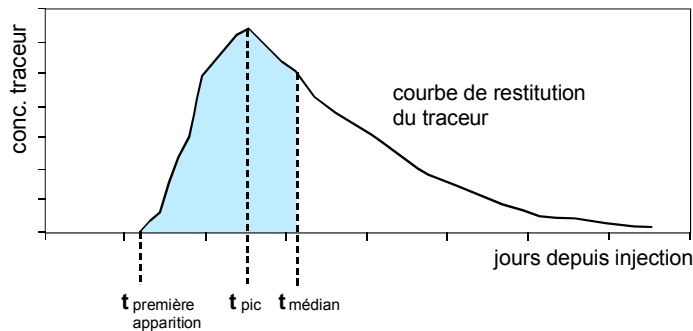
En régime permanent, la plupart des modèles mathématiques permettent de dessiner les filets de courant (*particle tracking*). Les isochrones sont déterminées avec la méthode dite du « backtracking », soit en calculant le chemin inverse de chaque particule d'eau, depuis le captage, durant 10 jours.

¹ Lieu des points d'égal temps de séjour des eaux souterraines dans le sous-sol

Essais de traçage

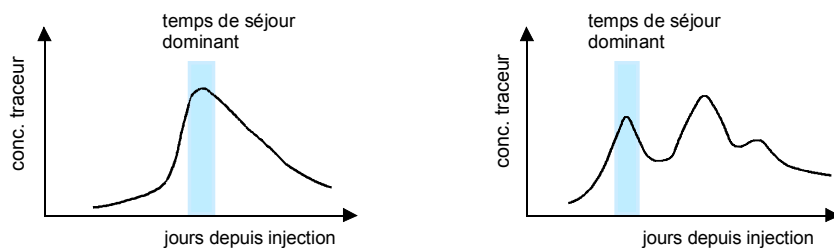
Les essais de traçage réalisés pour la délimitation de zones de protection doivent être exécutés de telle sorte que le traceur soit injecté directement dans les eaux souterraines. En outre, le débit extrait du puits à protéger doit correspondre au débit d'exploitation maximal autorisé (débit de concession ou débit d'exploitation journalier maximum). L'interprétation de la courbe de restitution du traceur permet de déterminer divers temps de séjour, sur la droite séparant le point d'injection et le point de prélèvement :

Temps de séjour minimum	$t_{\text{première apparition}}$
Temps de séjour dominant	t_{pic}
Temps de séjour moyen	$t_{\text{médian}}$

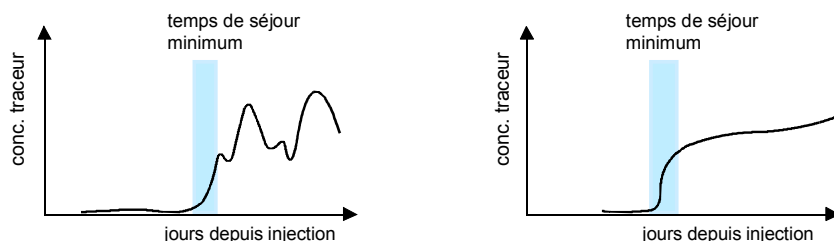


Les courbes de restitution peuvent prendre des formes très variées. Les deux exemples ci-dessous montrent les temps de séjour auxquels on se réfère pour déterminer l'isochrone des dix jours dans un aquifère en roches meubles. Des informations plus détaillées figurent dans le guide pratique « Utilisation des traceurs artificiels en hydrogéologie » [Bib. 9].

Le calcul de l'isochrone dix jours se fait normalement avec le temps de séjour dominant. Si la courbe présente plusieurs maxima de concentration à peu près équivalents, c'est le premier pic qui sera déterminant.



Dans les aquifères en roches meubles ou fissurées très hétérogènes, le calcul de l'isochrone dix jours se fait avec le temps correspondant à la première apparition du traceur, soit avec le temps de séjour minimum. Cette règle s'applique également aux essais de traçage destinés à déterminer le temps dont on dispose pour intervenir en cas d'avarie ou d'accident.



La délimitation de la zone S2 se fonde exclusivement sur le temps de séjour de l'eau en zone saturée. Le temps que prend l'eau météorique pour s'infiltrer depuis la surface du sol jusqu'au niveau de la nappe d'eaux souterraines n'est donc pas pris en compte.

Certaines **conditions hydrogéologiques particulières** permettent de s'écarter des exigences minimales prescrites. La distance séparant les limites amont des zone S1 et S2 peut ainsi être inférieure à 100 m, lorsque les études hydrogéologiques démontrent que des couches de couverture peu perméables, continues et intactes, offrent une protection équivalente¹. Il est ainsi loisible de réduire la distance minimale de 100 m dans les situations suivantes :

- **en présence d'une nappe d'eaux souterraines unique**, lorsque des fouilles, des forages et/ou des études géophysiques montrent que les couches de couverture sont homogènes et que les sondages effectués ne réduisent pas leur capacité de protection ; ces terrains doivent être peu perméables ($K < 1 \times 10^{-7}$ m/s), avoir une épaisseur d'au moins 5 mètres et ne pas comprendre de lentilles plus perméables. La perméabilité des couches de couverture est déterminée expérimentalement (p. ex. au moyen d'essais d'infiltration). La distance entre les limites des zones S1 et S2 ne doit cependant pas être choisie inférieure à 50 m.
- **en présence de nappes superposées**, lorsqu'il est établi que les eaux souterraines captées proviennent d'aquifères profonds et qu'aucune liaison hydraulique n'existe entre la nappe la plus proche de la surface et celles qui sont exploitées pour la production d'eau potable. Cela peut être le cas avec des puits filtrants à drains horizontaux situés à grande profondeur ou avec des sources captées au moyen de drains forés ou de galeries.

**Dimensionnement
de la zone S3 (aquifère
en roches meubles)**

La délimitation d'une zone S3 en roches meubles obéit aux règles suivantes :

- En aval des puits, la zone S3 comprend au moins la zone d'appel jusqu'au point de stagnation aval, et cela pour les conditions les moins favorables (étiage avec niveau piézométrique bas, gradient hydraulique faible, pompage continu au débit de concession).
- En amont des captages, la distance entre la limite amont de la zone S2 et celle de la zone S3 est grosso modo égale à la distance entre la limite amont de la zone S1 et celle de la zone S2.

La fig. 20 illustre le principe de la délimitation des zones de protection des eaux souterraines en roches meubles.

¹ Annexe 4, ch. 123, al. 2, let b, CEaux

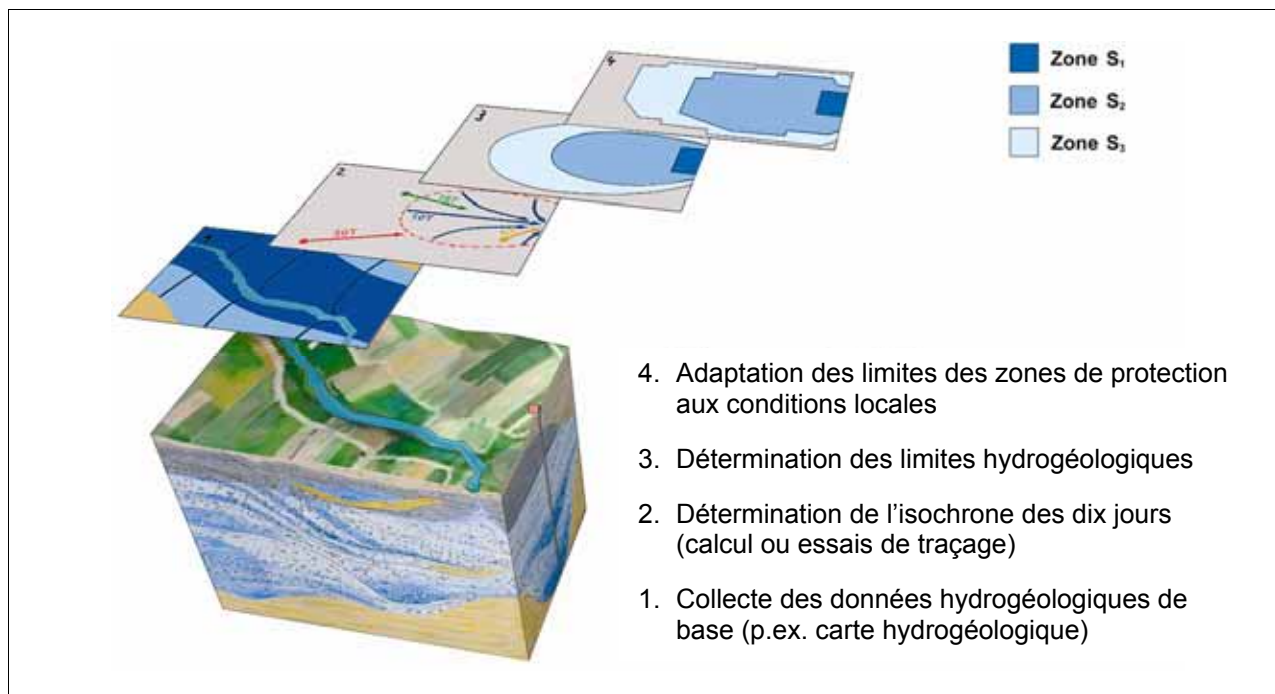


Figure 20 : Délimitation des zones de protection en roches meubles : principe et méthode.

2.3.4 Délimitation des zones de protection dans les aquifères karstiques

Remarques générales d'ordre méthodologique

Les aquifères karstiques se caractérisent par des vitesses d'écoulement très variables et, parfois, extrêmement élevées. Leur hétérogénéité est très marquée. Contrairement à ce qui se passe normalement dans les roches meubles, les risques courus par les eaux captées ne diminuent pas avec la distance à la source de pollution. Au surplus, les vitesses d'écoulement qui y sont enregistrées varient beaucoup en fonction des conditions météorologiques, tandis que l'élimination des germes pathogènes n'y suit pas les mêmes lois. La connaissance du temps de séjour ne suffit donc pas pour délimiter les zones de protection des eaux souterraines en milieu karstique.

Dans le karst, les zones de protection des eaux souterraines sont dimensionnées sur la base des caractéristiques géologiques, géomorphologiques et hydrogéologiques du bassin d'alimentation des captages à protéger ou des bassins d'alimentation partiels. Les critères à prendre en compte définissent la **vulnérabilité** des eaux souterraines, telle que la définit le guide pratique « Cartographie de la vulnérabilité en régions karstiques » [Bib. 2]. Il s'agit là d'une propriété naturelle des aquifères, qui permet de mesurer la sensibilité des eaux souterraines karstiques à la pollution.

C'est donc la vulnérabilité¹ du bassin d'alimentation des captages qui conditionne le dimensionnement des zones de protection des eaux souterraines en milieu karstique. Les fig. 21 et 22 et les commentaires y relatifs en donnent un aperçu.

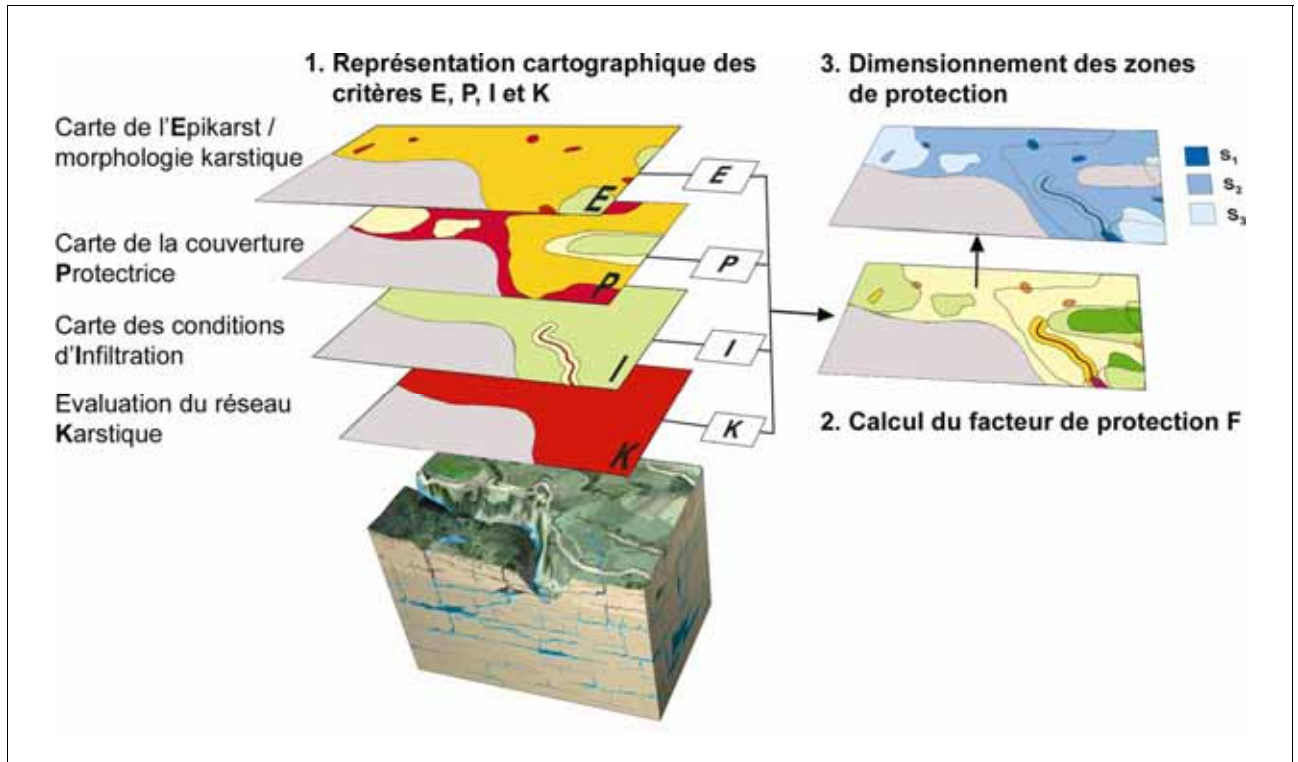


Figure 21 : Principe et étapes de la délimitation des zones de protection en milieu karstique (méthode EPIK).

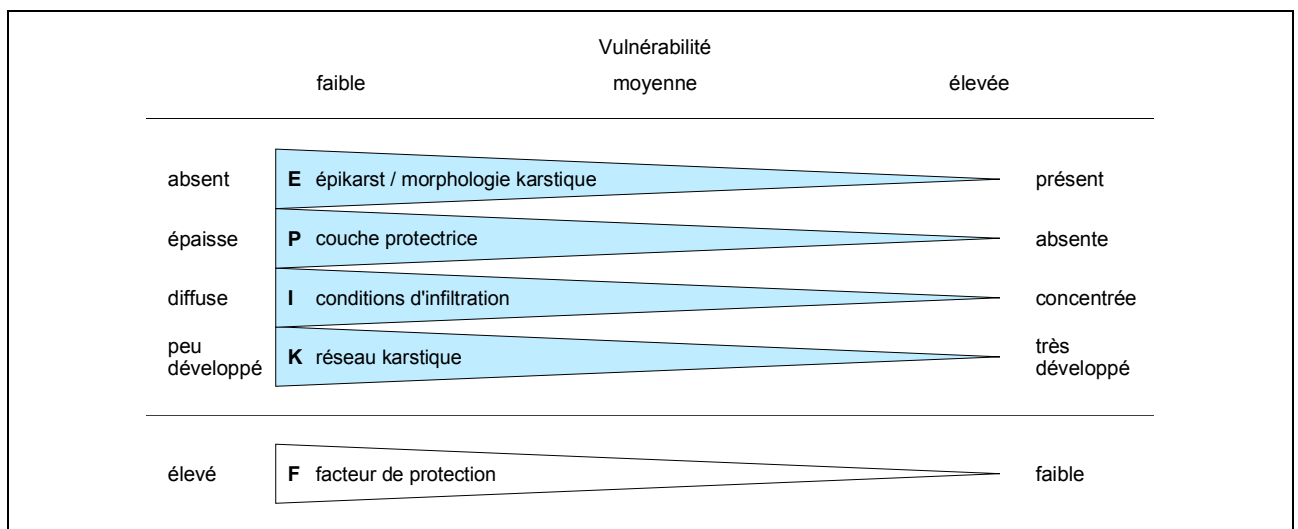


Figure 22 : Influence respective des paramètres E, P, I et K sur la vulnérabilité.

¹ Annexe 4, ch. 121, Œaux

**Méthode EPIK –
principe et procédure**

La méthode EPIK prend en compte quatre critères : structure de l'Épikarst, couverture Protectrice (sol compris), conditions d'Infiltration et développement du réseau Karstique. Elle est décrite en détail dans le guide pratique « Cartographie de la vulnérabilité en régions karstiques » [Bib. 2], et brièvement présentée ci-après.

Les quatre critères **E, P, I et K** correspondent à autant d'aspects spécifiques des aquifères karstiques et caractérisent ainsi leur vulnérabilité. La méthode EPIK permet donc d'évaluer – de façon reproductible – la sensibilité des eaux souterraines des régions karstiques aux influences naturelles et anthropogènes. Dans certains cas, notamment en présence de sous-bassins non karstiques et de zones urbanisées, la méthode devra être appliquée avec discernement.

Trois étapes suivent la délimitation du bassin d'alimentation du captage à protéger :

1. Evaluation et report sur cartes des quatre critères : épikarst, sol et couverture protectrice, conditions d'infiltration et développement du réseau karstique

Le bassin d'alimentation du captage est divisé en surfaces élémentaires, indexées en fonction des quatre critères E, P, I et K. Cette opération fait appel à différentes méthodes, directes ou indirectes, locales ou régionales, par exemple à des études géomorphologiques, à des analyses des hydrogrammes de crues, à l'interprétation de prises de vue aériennes, à des essais de traçage, à des sondages à la tarière ou à la pelle mécanique, à la géophysique. L'index correspondant au critère K est en général évalué pour l'ensemble du bassin d'alimentation.



2. Calcul du facteur de protection F

Les critères indexés sont pondérés selon leur fonction protectrice et les valeurs obtenues additionnées. Concrètement, les quatre cartes des critères indexés sont superposées, pour illustrer la distribution du facteur F sur l'ensemble du bassin d'alimentation. L'utilisation d'un système d'information géographique (SIG) facilite souvent cette opération.



3. Délimitation des zones de protection

L'établissement d'une relation d'équivalence empirique permet ensuite de convertir la carte obtenue en carte des zones de protection S1, S2 et S3.

Particularités

La délimitation de la zone de protection S1 s'effectue selon le principe illustré à la fig. 18. En milieu karstique, la zone S1 peut cependant englober d'autres surfaces vulnérables, s'il est établi ou fortement probable qu'elles sont en relation directe avec le captage¹.

Dans ce type d'aquifère, il est également possible de délimiter une aire d'alimentation Z_U en lieu et place d'une zone S3, pour autant qu'une protection équivalente soit garantie. Cela suppose des restrictions d'utilisation identiques à celles prévues pour la zone S3 (sauf pour l'extraction de matériaux). Ces restrictions doivent figurer dans le règlement des zones de protection du captage. Il faut d'autre part que le plan des zones de protection et la carte de protection des eaux signalent clairement qu'il s'agit d'une aire d'alimentation remplaçant une zone S3.

2.3.5 Délimitation des zones de protection en roches fissurées

**Remarques générales
d'ordre méthodologique**

Les particularités géologiques et hydrogéologiques des roches fissurées et leur diversité impliquent une approche particulière pour le dimensionnement des zones de protection des eaux souterraines. Principe et méthodes sont décrits en détail dans le guide pratique « Délimitation des zones de protection des eaux souterraines en milieu fissuré » [Bib. 4]. En application de l'CEaux, le dimensionnement des zones de protection des eaux souterraines est déterminé par la vulnérabilité du bassin d'alimentation des captages à protéger. La méthode tient alors compte de l'hétérogénéité des conditions hydrogéologiques locales. La fig. 23 illustre les différentes étapes de la procédure à suivre dans les roches fissurées.

La première étape consiste à évaluer la vulnérabilité (sensibilité aux influences extérieures) du captage, en distinguant les ouvrages peu vulnérables des vulnérables.

Captages peu vulnérables

Ces captages se caractérisent par un débit relativement régulier et délivrent des eaux de bonne qualité physico-chimique et biologique, y compris après de fortes précipitations. Les eaux souterraines séjournent assez longtemps dans l'aquifère pour être filtrées et épurées de manière naturelle avant d'être captées.

La *méthode des distances* s'applique alors au dimensionnement des zones S.

Captages vulnérables

Ces captages présentent des fluctuations importantes de débit et délivrent des eaux de qualité variable, voire contestable (microbiologie, turbidité). Les eaux captées séjournent peu de temps dans le sous-sol et sont donc mal filtrées. Il faut alors localiser les parties du bassin d'alimentation d'où proviennent les eaux à circulation rapide.

Faible hétérogénéité

L'hétérogénéité des aquifères alimentant les captages vulnérables est évaluée en deuxième étape. Sous réserve qu'elle reste faible, donc dans le cas de systèmes fissuraux peu développés et en l'absence de cheminements préférentiels, les zones de protection des eaux souterraines peuvent être déterminées par la *méthode des isochrones* (voir chap. 2.3.3).

¹ Annexe 4, ch. 121, al. 1, CEaux

Forte hétérogénéité

Pour les aquifères très hétérogènes, il y a lieu d'appliquer la méthode DISCO – à savoir une méthode de cartographie multicritère de la vulnérabilité des bassins d'alimentation considérés [Bib. 4]. Celle-ci est évaluée sur la base des trois critères suivants :

- distribution et géométrie des **discontinuités** au sein des aquifères,
- distribution et efficacité des sols et des couches de couverture (**couverture protectrice**),
- importance du ruissellement (écoulement superficiel).

Le report sur cartes, la combinaison et la pondération de ces paramètres permettent de déterminer un facteur de protection pour chaque partie du bassin d'alimentation. Les zones de protection des eaux souterraines sont alors déterminées en attribuant une valeur du facteur de protection à chacune des zones S1, S2 et S3.

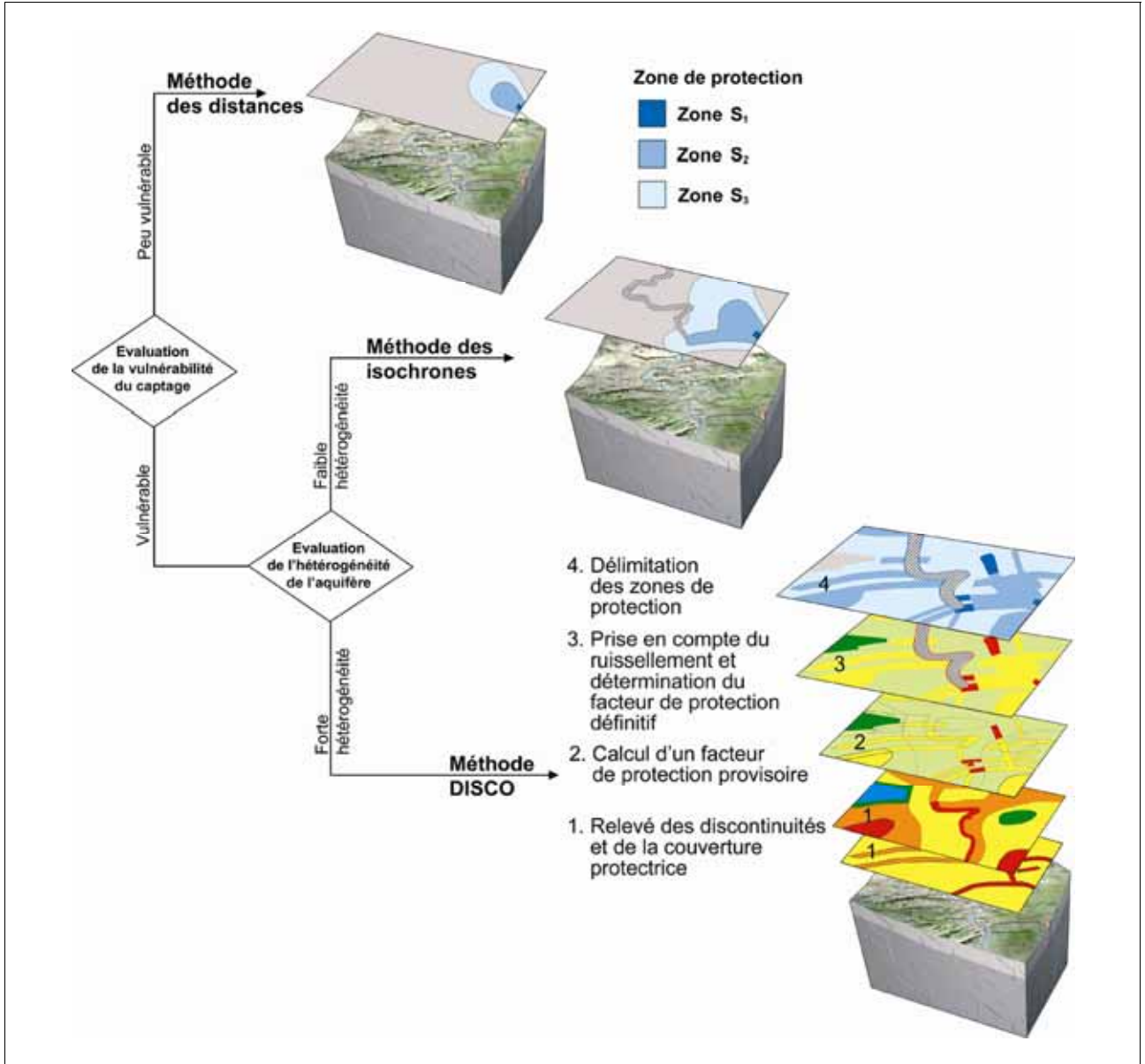


Figure 23 : Délimitation des zones de protection en roches fissurées. Principe et méthodes.

	Méthode des distances	Méthode des isochrones	Méthode DISCO
Vulnérabilité du captage	faible	moyenne à forte	forte
Hétérogénéité de l'aquifère	-	faible	forte

Figure 24 : Choix de la méthode de dimensionnement. Influence exercée par la vulnérabilité du captage et par l'hétérogénéité de l'aquifère.

Besonderheiten
Particularités

La délimitation de la zone S1 s'effectue selon les règles illustrées à la figure 18. En roches fissurées, cette zone peut cependant comprendre d'autres surfaces vulnérables, en relation directe – prouvée ou très probable – avec le captage¹.

Comme pour les aquifères karstiques, une aire d'alimentation Z_U peut être déterminée en lieu et place de la zone S3 dans les roches fissurées ; les règles applicables sont analogues (voir chap. 2.3.4).

2.4 Les périmètres de protection des eaux souterraines

2.4.1 Définition et objectifs

Les périmètres de protection des eaux souterraines servent à protéger les eaux souterraines sur une certaine surface, en vue d'une utilisation future (exploitation ou alimentation artificielle). Ils sont délimités par les cantons, figurent sur les cartes de protection des eaux et sont intégrés dans les plans directeurs et les plans d'affectation correspondants².

Il est interdit d'y construire ou d'y procéder à des aménagements susceptibles de compromettre l'établissement futur d'installations servant à l'exploitation ou à l'alimentation artificielle des eaux souterraines³.

2.4.2 Délimitation des périmètres de protection des eaux souterraines

Les périmètres de protection des eaux souterraines sont délimités de telle manière que des captages ou des installations d'alimentation artificielle puissent, en cas de besoin, être construits aux bons emplacements et être protégés par des zones de protection des eaux souterraines conformes aux prescriptions⁴. Ce faisant, il faut tenir compte du fait que différents types de captage (p. ex. puits unique, série de puits ou puits filtrant à drains horizontaux) peuvent entrer en ligne de compte et que la dimension des zones de protection variera en fonction des débits de concession.

La détermination d'un périmètre de protection des eaux souterraines implique donc d'une part que les conditions hydrogéologiques soient connues (voir exigences relatives au rapport hydrogéologique à établir pour les zones de protection des eaux souterraines, chap. 2.3.2) et d'autre part que les conditions d'implantation d'une installation de production d'eau potable soient respectées. Les investigations hydrogéologiques nécessaires doivent être effectuées avant délimitation. Le dimensionnement des périmètres de protection obéit aux mêmes règles que celui des zones de protection des eaux souterraines.

Les cantons peuvent fixer les limites des futures zones de protection des eaux souterraines à l'intérieur des périmètres de protection avant même la construction du captage.

¹ Annexe 4, ch. 122, al. 3, CEaux

² Art. 46 CEaux

³ Art. 21 LEaux, art. 29 CEaux

⁴ Annexe 4, ch. 13, CEaux

3 Mesures de protection

3.1 Mesures de protection générales

Principe

La protection des eaux implique un devoir de diligence qui s'étend à l'ensemble du territoire suisse : chacun doit s'employer à prévenir toute atteinte aux eaux avec la diligence requise par les circonstances.

Les dispositions générales pour la protection des eaux souterraines détaillées ci-après s'appliquent donc non seulement aux surfaces particulièrement menacées mais aussi à l'ensemble du territoire – ce qui inclut les « autres secteurs » (üB).

3.1.1 Protection qualitative

Interdiction de polluer

Il est interdit d'introduire dans les eaux ou d'y laisser s'infiltrer des substances de nature à les polluer¹. Cette interdiction s'étend également au dépôt ou à l'épandage de substances hors d'une eau, s'ils constituent un risque concret de pollution des eaux. Si l'on décèle dans des eaux souterraines utilisées, ou destinées à l'être, des substances imputables à des activités humaines, il convient d'examiner s'il y a atteinte à l'interdiction de polluer ou à des prescriptions qui s'y rapportent (voir annexe 1 de ce guide).

Sauvegarde des biocénoses naturelles

L'ordonnance sur la protection des eaux² prescrit comme objectifs écologiques pour les eaux souterraines que leurs biocénoses doivent être d'aspect naturel et adaptées au milieu, et être typiques d'une eau peu ou non polluée (voir chap. 1.1.3).

3.1.2 Protection quantitative

Proscrire une baisse durable de la nappe phréatique

Les prélèvements opérés dans une nappe souterraine ne doivent pas être durablement supérieurs à la quantité d'eau qui l'alimente³. Cette règle ne signifie pas que les apports doivent être exploités en totalité au point d'annuler tout écoulement. Elle indique que le niveau des nappes d'eaux souterraines ne doit pas être abaissé sur une grande surface, de façon prolongée ou permanente. Il est par contre admis qu'un captage provoque une baisse locale du niveau piézométrique.

Débits résiduels

Les prélèvements d'eau souterraine doivent respecter les prescriptions relatives aux débits résiduels des eaux superficielles⁴. Le régime d'exploitation et le débit de concession des captages sont fixés en tenant compte de cet aspect.

Abaissement temporaire de la nappe

Les débits prélevés peuvent dépasser brièvement cette limite et provoquer un abaissement temporaire du niveau piézométrique. Cette situation n'est admise que lors de la réalisation de travaux de construction souterrains, dans la nappe d'eaux souterraines, et pour autant qu'il n'existe pas d'autres solutions techniques raisonnables, ou pour compléter l'approvisionnement en eau potable en période de pénurie. Ces

¹ Art. 6 LEaux

² Annexe 1, ch. 2

³ Art. 43, al. 1, LEaux

⁴ Art. 31 à 34 LEaux

exceptions ne doivent pas porter préjudice à la qualité des eaux souterraines ni à la végétation¹.

Drainage	Le drainage permanent d'une région exploitée à des fins agricoles, provoquant une baisse des nappes d'eaux souterraines sur une grande surface, n'est autorisé que s'il n'y a pas d'autre moyen de maintenir l'exploitation des terres agricoles ² . Pour d'autres besoins, tels que des constructions atteignant la nappe d'eaux souterraines, seul un abaissement temporaire est admis.
Infiltration	Les eaux non polluées doivent être évacuées par infiltration selon les directives des autorités cantonales ³ . L'ordonnance sur la protection des eaux définit les notions d'eaux polluées et d'eaux non polluées ⁴ .
Constructions	Les constructions réalisées dans un aquifère ne doivent pas en diminuer de façon notable et permanente la capacité d'emmagasinement ni d'écoulement ⁵ ; cette règle s'applique également aux travaux souterrains profonds (voiles d'injection, enceintes de fouilles, parois étanches) qui restent souvent en place après la fin des travaux et peuvent avoir des impacts sur les eaux souterraines plus marqués que ceux provoqués par l'ouvrage principal.
Extraction de matériaux	Quiconque entend extraire du gravier, du sable ou un autre matériau, ou effectuer des fouilles préparatoires à cet effet, doit obtenir une autorisation ⁶ .
Mise en communication d'aquifères	Il n'est permis de relier entre elles des nappes d'eaux souterraines (p. ex. en construisant des tunnels traversant plusieurs aquifères, en effectuant des forages ou en extrayant des matériaux) que si cela ne porte atteinte ni à la qualité ni au volume des eaux souterraines ⁷ .
Ouvrages de retenue	Les ouvrages de retenue de faible hauteur ne doivent pas affecter gravement les nappes d'eau souterraine ni la végétation qui en dépend ⁸ . L'application de cette règle peut conduire à un mode d'utilisation qui diffère nettement du plan d'exploitation hydraulique optimal en terme de rentabilité.
Cours d'eau	Lors d'interventions (corrections, endiguements) sur un cours d'eau, son tracé naturel doit autant que possible être respecté ou, à défaut, rétabli. La correction (revitalisation) d'eaux courantes a également pour but de favoriser les échanges entre les eaux superficielles et les eaux souterraines. L'endiguement de cours d'eau peut par contre perturber la réalimentation naturelle des eaux souterraines et provoquer une baisse du niveau des nappes d'eaux souterraines. Les ouvrages de ce genre sont conçus de manière à préserver au mieux les interactions entre les eaux superficielles et les eaux souterraines ⁹ .

¹ Art. 31 à 34 LEaux

² Art. 43, al. 6, LEaux

³ Art. 7 LEaux

⁴ Art. 3 CEaux

⁵ Art. 43, al. 4, LEaux

⁶ Art. 44 LEaux

⁷ Art. 43, al. 3, LEaux

⁸ Art. 43, al. 5, LEaux

⁹ Art. 37 LEaux, art. 4 LACE

3.2 Mesures de protection orientées vers l'utilisation : mesures générales

3.2.1 Mesures de protection dans les secteurs particulièrement menacés A_U et Z_U

L'ordonnance sur la protection des eaux prescrit les mesures de protection des eaux souterraines qui sont valables de manière générale dans les secteurs particulièrement menacés¹. En principe les mesures d'organisation du territoire relatives aux eaux souterraines sont prises selon le chapitre 2 de ces instructions pratiques. Elles sont ensuite complétées par les systèmes de surveillance, d'alarme et de piquet nécessaires (selon le chapitre 4.6.).

Lorsque des installations existantes, situées dans un secteur particulièrement menacé, dans une zone ou un périmètre de protection des eaux souterraines, présentent un danger concret de pollution des eaux, l'autorité veille à ce que les mesures de protection nécessaires à la protection des eaux souterraines soient prises. Si l'installation considérée se trouve dans une zone S1 ou S2, l'autorité fait en sorte qu'elle soit démantelée dans un délai raisonnable et que des mesures propres à protéger, respectivement à surveiller l'eau potable soient prises dans l'intervalle².

L'extraction de matériaux – par exemple l'exploitation d'une gravière – doit s'arrêter 2 m au-dessus du niveau naturel (et non du niveau rabattu) maximum décennal de la nappe³.

En principe, des constructions et des installations sont placées en dessus du niveau moyen des nappes d'eaux souterraines. L'autorité peut accorder des dérogations lorsque la capacité d'écoulement des eaux du sous-sol est réduite de 10% au plus par rapport à l'état non influencé⁴. Une telle intervention ne doit pas modifier sensiblement le niveau piézométrique.

¹ Art. 31 et 32 CEaux, annexe 4, ch. 2, CEaux

² Art. 31, al. 2, CEaux

³ Annexe 4, ch. 211, al. 3, CEaux

⁴ Annexe 4, ch. 211, al. 2, CEaux

A quoi correspond une capacité d'écoulement réduite de 10% ?

La capacité d'écoulement correspond au volume d'eau qui traverse une section donnée de l'aquifère par unité de temps, pour un gradient naturel défini. Elle se calcule avec la formule suivante :

$$Q = k \times F \times i$$

avec : Q = capacité d'écoulement en m^3/s

k = coefficient de perméabilité k de l'aquifère en m/s

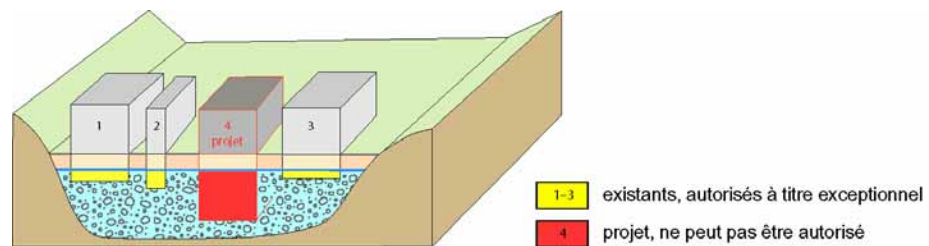
F = section d'écoulement en m^2

i = gradient

On peut calculer la section d'écoulement en prenant différentes largeurs – celle de la construction elle-même, celle qui correspond à l'étendue de la parcelle ou toute la largeur de l'aquifère. Quelle que soit la largeur prise en considération, le total des constructions prévues ou réalisées ne doit pas réduire globalement la capacité d'écoulement de l'aquifère de plus de 10%.

Il appartient à chaque canton de choisir la manière d'y parvenir, en se référant à la section de tout l'aquifère (compte tenu des constructions déjà réalisées au-dessous du niveau moyen des nappes d'eaux souterraines), à la parcelle qui l'intéresse, ou à chaque ouvrage.

Un ouvrage non autorisé pour ce critère peut être toléré si des mesures ciblées (p. ex. tranchées drainantes) permettent de maintenir la capacité d'écoulement ou, exceptionnellement, d'en limiter la diminution à 10%.



3.2.2 Mesures de protection dans les zones de protection des eaux souterraines

Mesures de protection en zone S3

La mesure de protection la plus importante dans la zone S3 est l'interdiction d'installations industrielles et artisanales impliquant une menace pour les eaux souterraines. D'une manière générale et indépendamment des anciens règlements qui pourraient exister, toute installation nouvelle est soumise à certaines exigences minimales¹. Les installations existantes et non conformes à la zone S3 peuvent être maintenues provisoirement, à condition qu'elles ne présentent pas de danger pour les eaux souterraines. En cas de risque concret de pollution des eaux souterraines, les mesures exigées par les circonstances² sont prises en temps utile (p. ex. assainissement). Les exigences minimales s'appliquent aussi bien aux agrandissements et aux transformations qu'à de nouveaux ouvrages.

Mesures de protection en zone S2

En zone S2, en plus des mesures déjà prescrites pour la zone S3, la construction d'ouvrage ou d'installation est interdite, quel que soit leur type. Cette règle s'applique aussi aux zones de protection déjà délimitées, indépendamment d'éventuelles dispositions contraires des règlements qui s'y rapportent³.

L'autorité cantonale peut accorder des dérogations pour des motifs importants, si toute menace pour la production d'eau potable peut être exclue⁴. Ceci doit être compris de la manière suivante :

La nécessité de construire ou de conserver un ouvrage en zone S2 doit être à ce point fondée et démontrée qu'elle prenne le pas sur les intérêts de la protection des eaux souterraines et de l'approvisionnement en eau potable.

La législation fédérale attache beaucoup d'importance à la protection des eaux souterraines. Ne remplissent ainsi les conditions requises pour une dérogation que les ouvrages ou parties d'ouvrages qui doivent impérativement se trouver dans la zone de protection S2 en raison de particularités géologiques ou topographiques, ou parce que la sécurité publique l'exige (p. ex. ouvrages pare-avalanches). Des motifs économiques ou les intérêts des exploitants ne justifient pas une dérogation.

Les fouilles sont interdites en zone S2, lorsqu'elles ont pour effet d'affaiblir la protection offerte par les couches de couverture⁵.

En cas de conflits avec des ouvrages ou installations existants non conformes, il convient de procéder comme indiqué aux chapitres 4.3 et 4.4.

L'emploi d'engrais de ferme liquides est proscrit en zone S2⁶. L'autorité cantonale peut accorder une dérogation si les couches de couverture sont de nature à empêcher une pollution bactériologique des eaux captées. Dans ce cas, les apports se

¹ Annexe 4, ch. 221, CEaux

² Annexe 4, ch. 2, CEaux

³ ZBI 1995, p. 369 s.

⁴ Annexe 4, ch. 222, al. 1, let. a, CEaux

⁵ Annexe 4, ch. 222, CEaux

⁶ Annexe 4.5, ch. 33, al. 2, Osubst

limitent à trois épandages de 20 m³ par hectare chacun, à espacer durant la période de végétation.

Les observations faites à ce sujet montrent que les germes pathogènes épandus avec le lisier sur les terres agricoles parviennent dans les eaux souterraines en suivant des cheminements préférentiels : galeries de vers et de mulots, fentes de dessiccation, drains, lentilles de gravier, etc. Tout particulièrement après de fortes précipitations, les micro-organismes ne sont pas suffisamment retenus par les sols et migrent facilement en profondeur.

Pour justifier une dérogation concernant l'emploi d'engrais de ferme liquides, il faut analyser les eaux captées et examiner ainsi si les sols permettent d'empêcher l'arrivée de germes pathogènes dans les captages. Lorsque des pollutions de ce type se sont déjà produites et qu'elles ne peuvent pas être expliquées par d'autres causes (p. ex. pertes de collecteurs d'eaux usées), il faut en conclure que le sol ne possède pas la capacité d'autoépuration nécessaire. Dans ce cas, l'autorité cantonale n'autorisera pas l'épandage d'engrais de ferme liquides en zone S2.

En revanche, si une longue série de mesures (au minimum 10 ans) régulièrement distribuées dans le temps (normalement 2 fois par mois) n'a jamais mis en évidence de pollution par des germes pathogènes, il faut admettre que les caractéristiques des sols considérés permettent d'exclure une contamination bactériologique des eaux souterraines, à condition bien sûr que les pratiques agricoles ne changent pas à l'avenir.

Un nombre d'analyses insuffisant oblige à réaliser des études complémentaires, spécialement durant la période de végétation et par temps pluvieux.

Les produits phytosanitaires tolérés en zone S2 sont suffisamment dégradables et peu mobiles pour qu'ils ne soient pas entraînés jusqu'aux captages.

Mesures de protection en zone S1

Une interdiction générale d'utilisation vaut dans cette zone. Seules y sont admises les installations nécessaires à l'approvisionnement en eau potable, pour autant qu'elles soient étroitement liées au site ; c'est le cas par exemple des ouvrages de captage, de la clôture de la zone S1 ou des systèmes d'évacuation des eaux sauvages, mais pas des réservoirs ou des ateliers et d'autres bâtiments de service. Les constructions existantes doivent être démantelées dans un délai convenable si elles menacent des captages ou des installations d'alimentation artificielle. L'Ordonnance sur la protection des eaux ne prévoit pas de dérogation. Cette règle vaut pour tous les autres types d'utilisation.

3.2.3 Mesures de protection dans les périmètres de protection des eaux souterraines

Les restrictions d'utilisation imposées dans les périmètres de protection des eaux souterraines sont les mêmes que celles prescrites dans les zones S2, en particulier

pour les constructions¹. L'emploi de produits phytosanitaires et d'engrais n'y est pas spécialement limité.

Lorsque les limites des futures zones S3 sont connues, il est possible d'y appliquer les restrictions d'utilisation correspondantes.

Résumé des principales mesures de protection et des restrictions d'utilisation

Secteurs, zones, périmètres	Mesures et restrictions d'utilisation
« Autres secteurs » üB	<ul style="list-style-type: none"> • devoir de diligence • extraction de matériaux soumise à autorisation • interdiction de déposer des déchets combustibles • sauvegarde des nappes d'eaux souterraines
Secteurs particulièrement menacés	
Secteur A _U de protection des eaux	<ul style="list-style-type: none"> • autorisation cantonale pour constructions et installations • pas d'installation présentant un danger spécial pour les eaux • prescriptions particulières pour l'exploitation de gravier, de sable ou d'autres matériaux
Aire d'alimentation Z _U	<ul style="list-style-type: none"> • Les cantons définissent les mesures de protection nécessaires, par exemple <ul style="list-style-type: none"> ➢ restrictions portant sur l'utilisation de produits phytosanitaires et d'engrais ➢ réduction des terres ouvertes et des exploitations maraîchères (choix des cultures, etc.) ➢ renonciation aux labours d'automne et à l'ouverture des prairies permanentes
Les aires d'alimentation délimitées en lieu et place d'une zone S3 (Z _U selon annexe 4, ch. 121, al. 1, Œaux) font l'objet des mêmes restrictions d'utilisation que cette dernière, extraction de matériaux mise à part.	
Zones de protection des eaux souterraines	
Zone S3	<ul style="list-style-type: none"> • pas d'extraction de gravier, de sable ou d'autres matériaux • pas de décharge • pas d'entreprise industrielle ou artisanale présentant un danger pour les eaux souterraines • pas de construction au-dessous du niveau piézométrique maximum des nappes d'eaux souterraines
Zone S2	<p>En plus des mesures prévues pour S3 :</p> <ul style="list-style-type: none"> • interdiction de construire (dérogations possibles) • ni fouille, ni autre mouvement de terres • pas d'activité susceptible de réduire les ressources en eaux souterraines ou d'altérer leur qualité • pas de produit phytosanitaire mobile et difficilement dégradable • pas d'épandage d'engrais de ferme liquides (dérogations possibles)
Zone S1	<ul style="list-style-type: none"> • Ne sont admises que les activités servant à l'approvisionnement en eau potable
Périmètres de protection des eaux souterraines	<ul style="list-style-type: none"> • interdiction de construire • pas d'extraction de gravier, de sable ou d'autres matériaux

¹ Annexe 4, ch. 23, Œaux

3.2.4 Assujettissement à autorisation

Des installations ne peuvent être aménagées dans les secteurs particulièrement menacés, dans les zones et les périmètres de protection des eaux souterraines qu'avec une autorisation cantonale¹. Le régime de l'autorisation garantit une exécution convenable des dispositions légales sur la protection des eaux.

L'Ordonnance sur la protection des eaux prévoit² une autorisation dans les secteurs particulièrement menacés, pour les constructions présentant un danger pour les eaux. Une autorisation est ainsi requise pour les installations et activités suivantes³ :

- ouvrages souterrains ;
- installations dont la construction porte atteinte aux couches de couverture ou au substratum imperméable ;
- prélèvements d'eaux souterraines (y compris à des fins de chauffage et de refroidissement) ;
- drainages et dispositifs d'irrigation permanents ;
- dégagement du niveau des nappes d'eaux souterraines ;
- forages.

Cette liste n'est pas exhaustive : les cantons peuvent soumettre d'autres installations ou activités à autorisation.

Les cantons peuvent déléguer leur compétence aux communes lorsqu'il s'agit d'autoriser des installations relevant du droit¹, mais présentant moins de problème du point de vue de la protection des eaux. Ils doivent alors mettre les moyens nécessaires à disposition des communes pour leur permettre d'appliquer correctement les dispositions légales en la matière.

L'autorité fédérale compétente octroie les autorisations nécessaires pour certaines installations propriétés de la Confédération, par exemple pour les installations ferroviaires et militaires.

¹ Art. 19, al. 2, LEaux

² Art. 32, al. 1, CEaux

³ Art. 32, al. 2, CEaux

3.3 Mesures de protection des eaux souterraines et restrictions d'utilisation des biens-fonds concernés (tableaux de référence)

Les tableaux de référence suivants énumèrent les mesures de protection et les restrictions d'utilisation à observer dans les secteurs de protection des eaux, les zones et les périmètres de protection des eaux souterraines, pour divers types d'activités et d'installations. Des notes séparées commentent les cas spéciaux et les exceptions. De brèves explications sont également fournies au sujet des dangers représentés par les diverses utilisations.

Les autorités compétentes peuvent prescrire des mesures plus rigoureuses, si cela s'avère nécessaire pour préserver la qualité des eaux.

Légende des tableaux de référence

- + Sans problème du point de vue hydrogéologique ; ne nécessite pas une autorisation au sens de l'art. 32 CEaux ; le respect d'autres prescriptions légales reste réservé.
- b Admis de cas en cas par l'autorité compétente ; nécessite une autorisation au sens de l'art. 32 CEaux.
- Interdit.
- +ⁿ Sans problème du point de vue hydrogéologique, avec les restrictions et conditions signalées dans les notes correspondantes ; ne nécessite pas une autorisation au sens de l'art. 32 CEaux ; le respect d'autres prescriptions légales reste réservé.
- +^b En principe sans problème ; autorisation nécessaire en vertu de l'art. 32 CEaux.
- bⁿ Admis de cas en cas par l'autorité compétente, avec les restrictions et conditions signalées dans les notes correspondantes ; autorisation nécessaire en vertu de l'art. 32 CEaux.
- ^b Interdit ; l'autorité compétente peut admettre une dérogation, après examen du cas particulier.
- ⁿ Interdit ; l'autorité compétente peut admettre une dérogation après examen du cas particulier, avec les restrictions et conditions signalées dans les notes correspondantes.

La mention « b » se rapporte en règle générale à l'autorisation cantonale selon art. 19 LEaux et art. 32 CEaux, donc à l'autorisation prescrite en vertu de la législation sur la protection des eaux souterraines.

Liste des tableaux de référence

	page		page
• Chantiers	64	• Sylviculture	76
• Constructions, exploitations et installations en surface	65	• Produits phytosanitaires, produits de conservation du bois et engrais	77
• Exploitation de la chaleur du sol et du sous-sol	66	• Equipements de sports et de loisirs	79
• Installations d'évacuation et d'épuration des eaux	68	• Cimetières et décharges pour déchets carnés	80
• Installations d'infiltration	69	• Extraction de matériaux	81
• Installations ferroviaires	70	• Décharges, dépôts, places de transvasement et conduites de transport	82
• Routes	71	• Installations militaires et places de tir	83
• Installations aéroportuaires	72	• Revitalisation de cours d'eau	84
• Ouvrages souterrains	73	• Notes	85/135
• Agriculture	74		

Chantiers

En général, les chantiers présentent des risques importants pour les eaux souterraines. D'une part des substances pouvant altérer les eaux y sont entreposées, d'autre part le lait de ciment et divers additifs du béton peuvent provoquer de graves pollutions des eaux.

Tableau de référence
« chantiers »

	üB	Au	Zu ¹	Péri ²	S3 ³	S2	S1
Grands chantiers et places réservées aux installations	+	+ ^b		-	b	-	-
Places de stationnement pour véhicules et machines de chantier (sans service d'entretien)	+	+		-	+ ⁴	-	-
Ravitaillement en carburant de véhicules et de machines de chantier	+	+		+	+	-	-
Aires d'entretien de véhicules et de machines, places pour l'entreposage de matériaux de construction huilés, graissés ou traités par des produits chimiques ⁴	+	+		-	+ ^b	-	-
Places pour l'entreposage d'éléments en béton fraîchement préfabriqués (p. ex. anneaux de cuvelage)	+	+		-	+ ^b	-	-
Exploitation et nettoyage d'installations de préparation et de mélange de béton et de mortier, grands engins de forage et de fraisage	+	+ ⁴		+ ⁴	+ ⁴	-	-
Installations sanitaires ⁵	+	+		+	+	-	-
Nettoyage et traitement de surface produisant des eaux usées (p. ex. nettoyage de façades) ⁶	+	+		-	+	-	-
Béton projeté	+	+		-	b	-	-
Parois étanches/rideaux de palplanches	+	b ⁷		-	-	-	-
Pilotage par battage ou forage ⁸							
• pieux en bois et pieux en béton préfabriqués	+	+ ^{b/7}		-	+ ^b	-	-
• pieux coulés en place	+	+ ^{b/7}		-	b	-	-
• pieux forés à la boue	+	+ ^{b/7}		-	-	-	-
• pieux forés à sec	+	+ ^{b/7}		-	b	-	-
Travaux d'étanchéité (compactage par vibration)	+	- ¹⁰		-	-	-	-
Injections ⁹	+	- ¹⁰		-	- ¹⁰	-	-
Forages ^{B/11} , sondages au pénétromètre statique ou dynamique ¹¹	+	b		-	- ^b	-	-
Fouilles et fouilles à la pelle mécanique	+	+ ¹²		-	+ ^b	-	-
Mouvements de terres avec fouilles (p. ex. pour terrains de golf, pistes de ski, parkings)	+	+ ^b		-	b ¹³	-	-
Valorisation de matériaux d'excavation et de stériles non pollués ⁶⁸	+	+		-	+	-	-
Utilisation de matériaux recyclés ⁶⁹	+	+		-	b	-	-

Par principe, il faut limiter au strict nécessaire les travaux à effectuer dans les eaux souterraines. Suivant les cas, ces dernières doivent faire l'objet d'une surveillance avant, pendant et après exécution des travaux (voir chapitre 4.6).

La protection des eaux souterraines sur les chantiers s'inspire de la recommandation SIA 431 « Evacuation et traitement des eaux de chantier » (norme suisse SN 509 431) et de la norme suisse SN 592 000.

Lors de l'exécution des travaux, le chef de projet, le chef de chantier et l'entrepreneur sont responsables de la bonne application des prescriptions en matière de protection des eaux.

Constructions, exploitations et installations en surface

Les bâtiments et les installations font courir des risques très variés aux eaux souterraines. Les interventions correspondantes impliquent un danger soit temporaire (durant la construction), soit permanent. Au plan qualitatif, le risque le plus important correspond à des infiltrations de liquides pouvant altérer les eaux, tout particulièrement durant la construction. Des pollutions graves peuvent également se produire lors d'accidents dans des installations industrielles et artisanales, ou à l'aplomb de conduites et de canalisations en mauvais état. Des constructions reposant sur des fondations profondes, descendant au-dessous du niveau des nappes d'eaux souterraines, peuvent au surplus en réduire la section d'écoulement et perturber leur régime hydraulique.

Tableau de référence
« constructions, exploitations et installations en surface »

	üB	A _U	Z _U ¹	Péri	S3 ³	S2	S1
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 ; les réserves de mazout indispensables au chauffage du bâtiment lui-même ne doivent pas représenter plus de deux ans de consommation.	+	+ ^{7/14}		- ²	+ ^{b/15}	-	-
Exploitations artisanales et industrielles qui produisent, utilisent, transvasent, transportent ou entreposent des substances pouvant polluer les eaux	+	b ^{7/14}		- ²	- ^{b/15}	-	-
Places de stationnement individuelles et places d'accès à des garages, à surface perméable, sans raccordement d'eau (sans lavage ni entretien de véhicules)	+	+		- ²	+	-	-
Places de stationnement individuelles et places d'accès à des garages avec raccordement d'eau, places de lavage individuelles (non industrielles) pour véhicules ⁴	+	+		- ²	+ ^b	-	-
Places de lavage industrielles pour véhicules (y compris tunnels de lavage et autres installations de lavage ouvertes au public) ⁴	+	+		-	-	-	-

Ce tableau de référence s'applique aux nouvelles constructions et installations, ainsi que lors de changements d'affectation importants. Les constructions et installations existantes doivent être adaptées en conséquence, à la première occasion et en tenant compte des risques qu'elles présentent effectivement pour les captages.

Exploitation de l'énergie du sol et du sous-sol

Lorsque des eaux souterraines sont exploitées à des fins de chauffage ou de refroidissement, le principal danger est lié à la restitution dans le sous-sol des eaux utilisées, qui pourraient y entraîner des polluants, provenant de pertes du système ou d'apports extérieurs effectués dans l'ouvrage de restitution.

Chaque forage foncé pour exploiter la chaleur du sous-sol implique un certain risque pour les eaux souterraines. Les sondes à échange thermique sont surtout problématiques pour la qualité des eaux souterraines, lorsque des couches de couverture protectrices y sont percés. Lorsque les conditions hydrogéologiques sont mal connues ou difficiles à extrapoler, les forages risquent au surplus de créer des communications artificielles entre des nappes d'eaux souterraines naturellement séparées.

Tableau de référence
« exploitation de l'énergie du sol et du sous-sol »

	üB	A _U	Z _U ¹	Péri	S3	S2	S1
Puits de prélèvement et ouvrages de restitution ⁸ pour l'utilisation des eaux souterraines à des fins de chauffage ou de refroidissement	+	b ¹⁸		-	-	-	-
Sondes et pieux géothermiques ^{8/11/66}	+	+ ^{b/19}		-	- ^{b/20}	-	-
Géothermie profonde (forages géothermiques) ^{8/11}	+	+ ^{b/19}		- ²	- ^{b/20}	-	-
Circuits enterrés ⁶⁹	+	+		- ²	+ ^{b/20}	-	-

En principe, seuls les systèmes fermés sont admis (à l'exception de forages foncés pour la géothermie profonde). Il est par ailleurs interdit d'utiliser des substances pouvant polluer les eaux, que le système soit ouvert ou fermé.

Utilisation d'eaux souterraines à des fins de chauffage ou de refroidissement

Les installations utilisant les eaux souterraines à des fins de chauffage ou de refroidissement comprennent un puits de prélèvement, un échangeur de chaleur (éventuellement couplé à une pompe à chaleur) et, en règle générale, un ouvrage de restitution permettant à l'eau – chauffée ou refroidie – de rejoindre la nappe d'eaux souterraines sans avoir subi d'autre altération nuisible, conformément aux règlements cantonaux (art. 7, al. 2, LEaux).

Des mesures de détection doivent être prises pour empêcher qu'une perte de liquide caloporteur ne provoque une pollution des eaux souterraines. Il faut également veiller à ce qu'aucun déversement sauvage de polluants ne puisse se produire dans l'installation de restitution des eaux.

La chaleur soutirée ne doit pas modifier globalement (donc pour l'ensemble des installations comprises dans la zone considérée) la température des eaux souterraines de plus de 3 °C ; la variation peut dépasser 3 °C à proximité de l'ouvrage de restitution, mais pas au-delà de 100 m.

Sondes géothermiques

Les forages foncés à des profondeurs supérieures à 50 m servent le plus souvent à l'installation de sondes géothermiques. Il est de ce fait recommandé d'établir des

cartes spéciales, représentant la nature du sous-sol et la vulnérabilité des nappes d'eaux souterraines, de manière à accélérer la délivrance des autorisations et à standardiser les conditions d'installation. En principe, il faut distinguer entre les zones où les sondes géothermiques sont interdites et celles où elles sont admises (sous réserve d'autorisation), qui peuvent elles-mêmes être subdivisées, pour tenir compte des différences de charges imposées à l'utilisation ou des profondeurs maximales tolérées.

Circuits enterrés et pieux énergétiques

Les circuits enterrés et les pieux énergétiques exploitent l'énergie géothermique et, surtout, l'énergie solaire emmagasinée dans les sols. Sauf dans les zones de protection des eaux souterraines, ils peuvent être implantés sans autorisation particulière du point de vue de la protection des eaux souterraines, à moins que les cantons n'en disposent autrement. Les pieux énergétiques doivent être traités comme des constructions s'ils descendent au-dessous du niveau des nappes d'eaux souterraines.

Exploitation de l'énergie géothermique

L'exploitation de l'énergie géothermique par des forages profonds est peu courante. Chaque cas doit donc faire l'objet d'un examen particulier, pour déterminer leur faisabilité et pour fixer les conditions à respecter. Il faut alors s'assurer que le matériel utilisé soit conforme et que le personnel soit formé pour faire face aux imprévus.

Installations d'évacuation et d'épuration des eaux

Extrêmement ramifié, le réseau d'égouts représente un risque très important pour les eaux souterraines, en raison principalement des pertes de canalisations non étanches.

Pour protéger les eaux de manière convenable, il faut développer, entretenir et renouveler ces installations en se référant aux plans généraux d'évacuation des eaux (PGEE).

**Tableau de référence
« installations d'évacuation et d'épuration des eaux »**

	üB	A _U '	Z _U ¹	Péri	S3 ³	S2	S1
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	+	+		- ₂	+ ^{b/21}	- _{21/22}	-
Canalisations d'eaux usées industrielles provenant d'entreprises qui produisent, utilisent, transvasent, transportent ou entreposent des substances pouvant polluer les eaux	+	+		- ₂	b ²¹	-	-
Stations d'épuration des eaux usées ²³	+	b		-	-	-	-
Stations d'épuration individuelles, stations de faible capacité, installations de filtration par les plantes ²³	+	b		- ₂	- _{b/24}	-	-
Puits perdu pour l'évacuation d'eaux usées domestiques	-	-		-	-	-	-

Le bon fonctionnement des installations d'évacuation et d'épuration des eaux doit être contrôlé régulièrement. Suivant les résultats des contrôles visuels et suivant les conditions locales, les canalisations (y compris les raccordements aux immeubles) sont ainsi soumises périodiquement à des essais d'étanchéité. Lors de la pose de tuyaux spéciaux en béton, il faut utiliser des tuyaux à emboîtement en cloche – sauf si la nature des eaux usées transportées conduit à prescrire des mesures de sécurité plus sévères.

Les pertes d'eau admises lors des essais d'étanchéité ne doivent pas dépasser les valeurs maximales admises par la norme SIA 190.

Il est interdit de rejeter directement des eaux usées non traitées dans des puits perdus et dans des puits d'infiltration.

Publiée par le VSA, la directive « Assurance qualité lors des travaux de remise en état et d'assainissement de canalisations non visitables » s'applique à la rénovation des canalisations.

Installations d'infiltration

L'infiltration artificielle d'eaux météoriques peut altérer la qualité des eaux souterraines, par suite de l'entraînement en profondeur de polluant atmosphériques ou de substances lessivées en surface. Les eaux de routes sont ainsi chargées en hydrocarbures, en particules provenant de l'usure des pneus et de sel de déneigement, tandis que les eaux de toits renferment des métaux lourds.

Tableau de référence
« installations
d'infiltration »

	üB	A _U	Z _U ¹	Péri	S3	S2	S1
Infiltration d'eaux souterraines non altérées	+	+ ^b		-	b	-	-
Installations pour l'infiltration d'eaux non polluées ²⁵							
• à travers un sol recouvert de végétation	+	+		- ₂	- _{b/27}	-	-
• directement dans le sous-sol ²⁶	+	b		-	-	-	-
Installations pour l'infiltration d'eaux usées épurées	- ^b	- ^b		-	-	-	-

Pour réduire les effets négatifs de l'imperméabilisation de grandes surfaces, les eaux non polluées sont évacuées par infiltration, conformément à l'art. 7 LEaux, pour autant que les conditions locales le permettent. Les directives publiées par l'OFEFP, par l'Association suisse des professionnels de la route et des transports / VSS ou par l'Association suisse des professionnels de la protection des eaux / VSA (références bibliographiques en annexe) définissent les conditions à respecter par les eaux à infiltrer et les restrictions qu'il convient d'apporter à cette pratique, du point de vue de sa faisabilité et de sa conformité.

L'art. 3 de l'Ordonnance sur la protection des eaux précise les critères permettant à l'autorité de déterminer si des eaux à évacuer par infiltration sont polluées ou non. Il ne fixe pas les valeurs à respecter pour les divers composants, mais part du principe que l'infiltration ne doit ni altérer la qualité des eaux souterraines, ni réduire la fertilité du sol à long terme.

Du point de vue de la protection des eaux souterraines, il vaut mieux infiltrer à travers un sol biologiquement actif que directement dans le sous-sol, car les horizons superficiels retiennent de nombreux polluants, comme les hydrocarbures et les métaux lourds. Les dispositions de l'Ordonnance sur les atteintes portées aux sols (OSol) conduisent cependant à restreindre ce type d'infiltration si la fertilité des sols risque d'être menacée à long terme.

Les installations d'infiltration font à chaque fois l'objet d'un examen de faisabilité et de conformité lors de l'élaboration du projet. Les directives correspondantes (références bibliographiques en annexe) règlent la procédure, fournissent des tableaux de référence pour les installations conformes et précisent les divers aspects techniques.

Installations ferroviaires

De manière générale, le trafic ferroviaire provoque une pollution marquée des sols le long des voies, par suite de l'usure du matériel (sabots de freins, roues, rails, lignes de contact), de l'utilisation de lubrifiants, de l'épandage d'herbicides et de la dispersion de matières fécales. Les tronçons utilisés pour le transport de substances pouvant polluer les eaux sont au surplus exposés à des risques d'accidents mineurs et majeurs, avec pertes de produits pétroliers ou d'autres liquides polluants.

Les pollutions chroniques liées à l'exploitation ferroviaire (p. ex. suite à l'épandage d'herbicides ou au rejet de matières fécales sur le ballast) diminuent régulièrement grâce à l'évolution de la législation y relative et aux mesures prises par les entreprises.

**Tableau de référence
« installations
ferroviaires »**

	üB	Au ⁷	Zu ¹	Péri	S3 ³	S2	S1
Voies ferrées							
• en remblai ou au niveau du sol	+	+ ^b		- ₂	+ ²⁸	-	-
• en passages inférieurs et en tranchées	+	b		- ₂	b ²⁸	-	-
Voies ferrées dans des tunnels	voir tableau « ouvrages souterrains »						
Stations avec peu ou pas de transbordement de marchandises	+	+		- ₂	+ ^{b/28}	-	-
Gares (large zone d'aiguillage et/ou transbordement de marchandises, y compris de liquides pouvant polluer les eaux)	+	+ ^b		-	- ₁₅	-	-
Gares de triage ou des marchandises, voies de garage	+	b ²⁹		-	- ₁₅	-	-

En dehors des zones de protection des eaux souterraines, l'infiltration des eaux provenant des installations ferroviaires est autorisée soit à travers le sol naturel, soit dans une installation d'infiltration équivalente. Les autorités fédérales réglementent et contrôlent les travaux d'entretien des voies (p. ex. utilisation de produits phytosanitaires, traitement des surfaces d'installations techniques) en se référant aux directives d'application de l'annexe 5 CEaux.

Le tableau de référence s'applique à la construction et à l'agrandissement d'installations ferroviaires. Les rénovations qui ne nécessitent pas de travaux de fouille (p. ex. remplacement du ballast) ne sont pas considérées comme des extensions. Le tableau de référence « produits phytosanitaires, produits pour la conservation du bois et engrais » s'applique à l'emploi de produits phytosanitaires le long des voies.

Les nouvelles lignes ferroviaires font l'objet d'une étude de l'impact sur l'environnement, qui tient également compte de la protection des eaux souterraines.

Routes

La circulation routière provoque une pollution marquée des sols, par les imbrûlés, les poussières, les éclaboussures, les sels de déneigement, etc., en particulier là où la chaussée est construite sur un remblai ou au niveau du sol. Il faut en outre s'attendre à un risque d'accident élevé avec des carburants liquides ou d'autres substances pouvant polluer les eaux.

**Tableau de référence
« routes »**

	üB	A _U ⁷	Z _U ¹	Péri	S3 ³	S2	S1
Routes							
• en remblai ou au niveau du sol	+	+ ^b		- ²	+ ⁴	-	-
• dans des passages inférieurs et des tranchées	+	b		- ²	b ⁴	-	-
Routes en tunnels	voir tableau « ouvrages souterrains »						
Chemins agricoles et chemins forestiers	+	+		- ²	+	- ³¹	- ³¹
Stations-service ⁴	+	b		-	-	-	-
Grands parkings à ciel ouvert	+	+		- ²	b ⁴	-	-

Les nouvelles routes principales font l'objet d'une étude de l'impact sur l'environnement, qui tient compte des intérêts de la protection des eaux souterraines.

Installations aéroportuaires

Les installations aéroportuaires présentent des risques comparables aux routes, à cette différence près que les pertes accidentelles de substances dangereuses pour les eaux souterraines sont nettement plus importantes. S'y ajoute aussi l'utilisation de liquides de dégivrage.

**Tableau de référence
« installations
aéroportuaires »**³²

	üB	A _U ⁷	Z _U ¹	Péri	S3 ³	S2	S1
Pistes revêtues	+	+ ^b		- ²	+ ^{b/4}	-	-
Pistes non revêtues et aires d'atterrissage pour hélicoptères	+	+		- ²	+	-	-
Places de stationnement où les avions sont dégivrés ou ravitaillés en carburant	+	+ ^b		-	-	-	-

Les aéroports et champs d'aviation font l'objet d'une étude de l'impact sur l'environnement, qui prend également en compte les aspects relevant de la protection des eaux souterraines.

Ouvrages souterrains

En l'absence de mesures appropriées, la réalisation d'ouvrages souterrains risque de provoquer un drainage des nappes d'eaux souterraines et un abaissement concomitant de leur niveau piézométrique. Le rabattement induit peut gêner l'exploitation de captages, exercer une influence négative sur la végétation naturelle et sur les cultures et menacer la stabilité des constructions (p. ex. barrages).

Tableau de référence
« ouvrages souterrains »

	üB	A ₀ ⁷	Z ₀ ¹	Péri	S3 ³	S2	S1
Tunnels	+	+ ^b		- ²	- ^b	-	-
Cavernes-réservoirs pour liquides pouvant altérer les eaux	- ³³	-		-	-	-	-
Galeries à écoulement libre ou en charge, cheminées d'équilibre, centrales souterraines sans transformateurs	+	+ ^b		- ²	- ^b	-	-
Centrales souterraines avec transformateurs	+	+ ^b		-	-	-	-

Le débit drainé par les ouvrages souterrains doit être limité, en tenant compte de l'alimentation naturelle des nappes d'eaux souterraines influencées. Un abaissement temporaire peut être toléré en cours de chantier, à condition que les réserves puissent se reconstituer dans un délai raisonnable, donc que les nappes d'eaux souterraines retrouvent leur niveau piézométrique naturel après la fin des travaux.

L'étude, l'exécution et l'exploitation des ouvrages souterrains se conforment aux dispositions légales et s'appuient sur les directives suivantes :

- Instructions pour l'application de la protection des eaux souterraines aux ouvrages souterrains, OFEFP, 1998 ;
- Directives : Mesures de protection des eaux lors du lavage des tunnels routiers, OFEFP, 1991.

Agriculture

Les activités agricoles présentent en général un risque de pollution important pour les eaux souterraines. Des mesures préventives doivent donc être prises au cas par cas, après un examen soigneux.

Le danger est lié aux épandages d'engrais et de produits phytosanitaires (voir aussi tableau de référence « produits phytosanitaires, produits pour la conservation du bois et engrais »), surtout lorsqu'ils se déroulent au mauvais moment, c'est-à-dire en dehors de la période de végétation et sur des sols nus (terres ouvertes, jachère nue). Les substances qui menacent la qualité des eaux souterraines sont les composés azotés (nitrates, nitrites, ammonium), ainsi que les produits phytosanitaires et les médicaments.

Le mode d'exploitation joue ici un rôle important : l'entraînement de substances polluantes en profondeur est bien plus faible dans les prairies permanentes que sur les terres ouvertes.

L'irrigation peut favoriser le lessivage du sol et provoquer ainsi une pollution des eaux souterraines.

Les drainages peuvent non seulement réduire l'alimentation des nappes d'eaux souterraines, mais aussi modifier la structure des sols (décomposition de la matière organique).

Tableau de référence
« agriculture »

	üB	A ₀	Z ₀ ¹	Péri	S3	S2	S1
Prairies permanentes (fauche)	+	+		+	+	+	+
Pâturages	+	+		+	+	+ ³⁴	-
Terres assolées (y compris prairies artificielles)	+	+		+	+ ³⁵	+ ³⁵	-
Dissémination d'organismes génétiquement modifiés ³⁶	+	+		+	-	-	-
Arboriculture, viticulture et cultures maraîchères, autres cultures intensives analogues et jardinage	+	+		b ²	+ ³⁵	-	-
Vergers à hautes tiges	+	+		+	+	+	-
Pépinières en conteneurs et en pleine terre, cultures analogues	+	+		b ²	b	-	-
Irrigation avec des eaux non polluées	+	+		+	+	- ^b	-
Elevage de porcs en plein air	+	+		b	-	-	-
Aires de promenade non ou partiellement revêtues	+	+		b	-	-	-
Aires de promenade revêtues	+	+		- ²	+ ^b	-	-
Fosses à lisier, tuyaux d'épandage enterrés, prises de lisier ³⁷	+	+ ^{b/38}		- ²	+ ^{b/39}	-	-
Réservoirs à lisier placés au-dessus du sol	+	+		-	+ ^{b/40}	-	-
Etangs à lisier ³⁷	+	b		-	-	-	-
Dépôts de fumier							
• sur dalle bétonnée	+	+		- ²	+ ^b	-	-
• intermédiaires, en plein champ	+	+		b	-	-	-
Compost en andains (notamment en bordure de champs)	+	+		b	-	-	-
Stockage sur le terrain de balles ou de boudins de silage	+	+		+ ^b	- ^b	-	-
Silos couloirs	+	+		b	-	-	-
Silos à fourrage vert	+	+		- ²	+ ^b	-	-

Le tableau de référence donne un aperçu des mesures de protection et des restrictions applicables aux exploitations agricoles. Les règles d'utilisation de produits phytosanitaires et d'engrais font l'objet d'un autre tableau.

La culture en terres ouvertes suppose un assolement approprié. Les périodes de jachère sont ainsi réduites au minimum grâce à une couverture d'engrais verts ou à une culture intercalaire. Les épandages d'engrais sont adaptés aux besoins des plantes et se font en temps opportun (p. ex. pas sur des sols saturés en eau, gelés ou couverts de neige).

Le chapitre 3.4 traite plus en détail l'exploitation agricole des sols dans les aires d'alimentation Z_U.

Sylviculture

Contrairement à l'agriculture, la sylviculture comporte peu de risques pour les eaux souterraines. Parmi les activités les plus critiques, il faut retenir les défrichements/coupes rases, l'entreposage du bois, la construction de routes ou de chemins forestiers et l'utilisation de produits phytosanitaires et de produits pour la conservation du bois. Les défrichements à grande échelle provoquent une mobilisation de l'azote du sol. Les cuvettes correspondant aux arbres déracinés (chablis) peuvent être responsables de pollutions bactériologiques et/ou favoriser le lessivage. Elles doivent être comblées rapidement, lorsqu'elles se trouvent à proximité de captages utilisés pour la production d'eau potable.

Tableau de référence
« sylviculture »

	üB	A _U	Z _U ¹	Péri	S3	S2	S1
Forêt	+	+		+	+	+	+ ⁴¹
Entretien	+	+		+	+	+	+
Exploitation forestière, y compris rajeunissement	+	+		+	+	+ ^b	-
Défrichements/coupes rases	+	+ ^b		b	b	-	-
Plantations, pépinières	+	+		- ²	+ ^b	-	-
Dépôts de bois ⁶²	+	+		+	+ ^{b/63}	+ ^{b/63}	-

Un tableau de référence est consacré spécialement aux produits phytosanitaires et aux produits pour la conservation du bois (voir ci-après).

Produits phytosanitaires, produits pour la conservation du bois et engrais

L'utilisation de produits phytosanitaires, de produits pour la conservation du bois et d'engrais peut aboutir à une pollution des eaux souterraines (annexe 4.3 Osubst).

Le lessivage de sols engraisés peut entraîner des composés azotés (nitrates, nitrites et ammonium) et d'autres substances minérales jusque dans les eaux souterraines. Comme d'autres sels dissous, les nitrates ne sont en règle générale pas décomposés dans le sous-sol et peuvent être ainsi transportés sur de grandes distances avec les eaux souterraines.

La plupart des produits phytosanitaires renferment des composés organiques et/ou des métaux lourds. Ces substances sont souvent mobiles et/ou difficilement dégradables.

Les engrais de ferme liquides peuvent entraîner des pollutions bactériologiques des eaux souterraines, étant toutefois entendu que les germes pathogènes ne résistent en règle générale pas à un séjour de plus de dix jours dans le sous-sol.

Il faut adapter l'emploi des produits phytosanitaires et des produits pour la conservation du bois aux circonstances, réduire autant que possible les quantités utilisées et donner la préférence aux substances actives les plus rapidement dégradables.

Tableau de référence
« produits phytosanitaires, produits pour la conservation du bois et engrais »⁴²

	üB	Au	Zu ¹	Péri	S3	S2	S1
Produits phytosanitaires ⁴³ , sans les herbicides ni les régulateurs de croissance							
• en agriculture	+	+		+	+	+ ⁴⁴	-
• en arboriculture, viticulture, cultures maraîchères, ainsi que pour d'autres cultures intensives et pour le jardinage	+	+		+	+	-	-
• parcs et installations sportives	+	+		+	+	-	-
• forêts, lisières et pépinières forestières	- _{45/46}	- _{45/46}		- _{45/46}	- _{45/46}	-	-
• bords de routes et de chemins, talus, etc.	-	-		-	-	-	-
Herbicides et régulateurs de croissance							
• en agriculture	+	+		+	+	+ ⁴⁴	-
• en arboriculture, viticulture, cultures maraîchères, ainsi que pour d'autres cultures intensives et pour le jardinage	+	+		+	+	-	-
• parcs et installations sportives	+	+		+	+	-	-
• forêts, lisières et pépinières forestières	- _{47/48}	- _{47/48}		- _{47/48}	- _{47/48}	-	-
• installations ferroviaires ⁴⁹	+	+		+	+	-	-
• routes nationales et cantonales	- ₅₀	- ₅₀		- ₅₀	- ₅₀	-	-
• autres routes, chemins, places	-	-		-	-	-	-
• talus et banquettes le long de routes et de voies ferrées	- ₅₀	- ₅₀		- ₅₀	- ₅₀	-	-
Produits pour la conservation du bois							
• utilisation de produits pour la conservation du bois et entreposage du bois ainsi traité	+	+		+	+ ⁵¹	-	-
Engrais de ferme liquides ⁵²							
• en agriculture	+	+		+	+	- ₅₃	-
• en arboriculture, viticulture, cultures maraîchères, ainsi que pour d'autres cultures intensives et pour le jardinage	+	+		+	+	-	-
• parcs et installations sportives	+	+		+	+	-	-
• forêts, lisières et pépinières forestières	- ₅₄	- ₅₄		- ₅₄	- ₅₄	-	-
Fumier ⁵²							
• en agriculture	+	+		+	+	+	-
• en arboriculture, viticulture, cultures maraîchères, ainsi que pour d'autres cultures intensives et pour le jardinage	+	+		+	+	-	-
• parcs et installations sportives	+	+		+	+	+	-
• forêts, lisières et pépinières forestières	- ₅₄	- ₅₄		- ₅₄	- ₅₄	-	-
Compost ⁵⁷							
• en agriculture	+	+		+	+	+	-
• en arboriculture, viticulture, cultures maraîchères, ainsi que pour d'autres cultures intensives et pour le jardinage	+	+		+	+	-	-
• parcs et installations sportives	+	+		+	+	+	-
• forêts, lisières et pépinières forestières	- ₅₅	- ₅₅		- ₅₅	- ₅₅	-	-
Engrais minéraux							
• en agriculture	+	+		+	+	+	-
• en arboriculture, viticulture, cultures maraîchères, ainsi que pour d'autres cultures intensives et pour le jardinage	+	+		+	+	-	-
• parcs et installations sportives	+	+		+	+	+	-
• forêts, lisières et pépinières forestières	- ₅₆	- ₅₆		- ₅₆	- ₅₆	-	-

Installations de sports et de loisirs

Ces installations présentent des risques très variables selon les activités pratiquées et les substances utilisées pour leur fonctionnement et leur entretien. Il convient d'examiner avec un soin particulier les patinoires artificielles et les piscines, dans lesquelles des quantités importantes de substances pouvant polluer les eaux souterraines (agents réfrigérants, produits désinfectants) sont utilisées.

Tableau de référence
« équipements de sports
et de loisirs »

	üB	A ₀	Z ₀ ¹	Péri ²	S3	S2	S1
Parcs	+	+		b	+	+ ^b	-
Patinoires artificielles	+	b		-	-	-	-
Patinoires naturelles	+	+		+	+	-	-
Parcours permanents pour sports non motorisés (p. ex. parcours Vita, parcours VTT, sentiers équestres)	+	+		+	+	+ ^b	-
Parcours permanents pour sports motorisés (p. ex. motocross)	+	+ ^b		-	-	-	-
Pistes de ski alpin et de ski de fond préparées	+	+		b	+	b	-
Pistes de luge et de bob	+	+		b	b	-	-
Canons à neige	+	+		b	b	- ⁶⁵	-
Terrains de golf							
• greens et tees	+	+ ^b		- ^b	b	-	-
• fairways	+	+		b	+ ^b	b	-
• roughs ⁵⁷	+	+		+	+	+	-
Places de sport et bains en plein air							
• traitement de l'eau	+	+ ^b		-	- ¹⁵	-	-
• bassins de natation, installations fixes*	+	+ ²		-	+ ^{b/3}	-	-
• espaces verts	+	+		-	+	+ ^b	-
Terrains de camping, terrains pour caravanes et mobile-homes	+	+		-	+ ^b	-	-
Jardins familiaux	+	+		-	b	-	-
Infrastructures temporaires ou permanentes de grandes manifestations culturelles ou sportives	+	+		+	b	-	-

* terrains en dur : gazon synthétique, courts de tennis, minigolfs, places de jeux équipées, etc.

Les bâtiments et les égouts liés à ces infrastructures sont appréciés sur la base des tableaux de référence correspondants (voir plus haut). Une patinoire artificielle utilisant un agent réfrigérant pouvant polluer les eaux est soumise aux mêmes restrictions et conditions qu'une exploitation artisanale stockant cette substance.

L'utilisation inappropriée de produits phytosanitaires ou d'engrais sur des espaces verts peut provoquer une pollution des eaux souterraines. Les risques sont plus élevés lors d'applications fréquentes ou sur de très grandes surfaces, comme c'est le cas par exemple dans les stades ou sur les terrains golfs. L'entretien des espaces verts est soumis aux mêmes règles que les surfaces exploitées par l'agriculture (voir tableau de référence sur l'emploi de produits phytosanitaires et d'engrais).

Cimetières et décharges pour déchets carnés

Dans les cimetières, ce sont surtout les activités d'entretien qui peuvent comporter des risques. La fertilisation et l'entretien de ces espaces doivent ainsi être en conformité avec le tableau de référence pour l'emploi de produits phytosanitaires et d'engrais. Il faut également prendre en compte les aspects relevant de l'épidémiologie et de l'hygiène.

**Tableau de référence
« cimetières et décharges
pour déchets carnés »**

	üB	A _U	Z _U ¹	Péri	S3	S2	S1
Parties de cimetières destinées aux inhumations	+	+ ^b		-	-	-	-
Parties de cimetières destinées aux urnes	+	+		- ²	+	-	-
Décharges pour déchets carnés	+	-		-	-	-	-

En règle générale, des décharges pour déchets carnés ne sont aménagées que de manière exceptionnelle, lorsqu'il s'agit d'ensevelir en une fois un grand nombre de cadavres d'animaux, ce qui requiert le plus souvent des travaux d'excavation importants. Le choix d'un site approprié est soumis à des conditions sévères.

Extraction de matériaux

Par extraction de matériaux, il faut comprendre ici l'extraction de matières premières minérales, telles que gravier, sable, argile, marne ou matériaux de carrière.

L'extraction peut avoir des effets négatifs durables sur la qualité des eaux souterraines et sur leur régime hydraulique. Le décapage du sol et l'enlèvement d'une partie des couches de couverture affaiblit la protection naturelle des eaux souterraines. Cela explique que l'Ordonnance sur la protection des eaux exige qu'une couche de matériaux de protection d'au moins deux mètres soit laissée au-dessus du niveau maximal décennal des nappes d'eaux souterraines¹.

Après extraction se pose le problème du remblayage des excavations. Cela implique à chaque fois un risque pour la qualité des eaux souterraines, car les matériaux utilisés peuvent éventuellement renfermer des déchets. Comme ils sont en outre le plus souvent moins perméables que les matériaux extraits, le comblement peut réduire l'alimentation des nappes d'eaux souterraines et limiter leur aération. Il convient par conséquent de limiter la surface des exploitations².

Tableau de référence
« extraction de
matériaux »

	üB	Au	Zu ¹	Péri	S3	S2	S1
Extraction au-dessus du niveau des nappes d'eaux souterraines ⁶¹	+	b ⁵⁹		-	-	-	-
Extraction au-dessous du niveau des nappes d'eaux souterraines ⁶¹	b ⁶¹	-		-	-	-	-

L'exploitation de matières premières minérales requiert forcément une autorisation (art. 44, al. 1, LEaux). Les cantons, respectivement les communes, fixent ainsi les zones réservées à l'exploitation de matériaux dans leurs plans directeurs et leurs plans d'affectation. Une étude hydrogéologique détaillée est présentée dans le cadre de la procédure d'autorisation, avec la liste des restrictions imposées au titre de la protection des eaux.

¹ Annexe 4, ch. 211, al. 3, let. a, CEaux

² Annexe 4, ch. 211, al. 3, let. b, CEaux

Décharges, dépôts, places de transvasement et conduites de transport

L'aménagement et l'exploitation des dépôts et des décharges sont réglementés au niveau fédéral, par des ordonnances et des directives, car ces activités menacent gravement les eaux souterraines. Même les installations de petite taille ou celles servant seulement à l'entreposage ou au traitement de déchets représentent un risque potentiel élevé pour les eaux souterraines.

**Tableau de référence
« décharges, dépôts,
places de transvasement
et conduites de
transport »**

	üB	A _U ⁷	Z _U ¹	Péri	S ₃ ³	S ₂	S ₁
Dépôts de matériaux d'excavation et de stériles non pollués ⁶⁸	+	+		-	+	-	-
Décharges et dépôts provisoires ⁷³	+ ^{b/67}	+ ^{b/67}		-	-	-	-
Installations de traitement pour matériaux minéraux recyclés, y compris dépôts provisoires ⁶⁹	+	+ ^b		-	-	-	-
Autres installations de traitement de matériaux recyclables (points de collecte de voitures hors d'usage, de réfrigérateurs, d'appareils et de composants électroniques, etc.)	+	+ ^b		-	-	-	-
Entreposage industriel et commercial de gaz liquides	+	b		-	-	-	-
Installations d'entreposage et places de transvasement pour les substances pouvant polluer les eaux							
• liquides	+	b ^{7/14}		- ₂	- ₁₅	- ₁₆	- ₁₇
• solides	+	b		-	-	-	-
Conduites de transport pour liquides pouvant polluer les eaux	+	b		-	-	-	-
Conduites de gaz naturel	+	+		- ₂	b	-	-

Toute décharge est soumise à autorisation.

L'autorité peut exiger des détenteurs de certains déchets qu'ils les valorisent au lieu de les mettre en décharge, pour autant qu'un recyclage soit possible et économiquement supportable et pour autant que cette solution soit plus respectueuse de l'environnement que ne le seraient l'élimination des déchets en vrac et la production de biens nouveaux (art. 12 OTD).

Les transports induits par l'exploitation de décharges, de dépôts ou de places de transvasement ne doivent pas augmenter les risques de pollution des eaux souterraines.

Les risques liés au transport par conduites de liquides pouvant polluer les eaux se limitent correspondent aux avaries et accidents. Dans cette optique, les conduites de gaz naturel posent relativement peu de problèmes du fait que le produit transporté ne risque pas de polluer les eaux souterraines et que seule la construction de l'installation comporte un danger à cet égard.

Installations militaires et places de tir

Les constructions et installations militaires présentent pour les eaux souterraines des dangers analogues à ceux d'ouvrages civils comparables – bâtiments, ouvrages de génie civil, ouvrages souterrains, etc. Les installations de fabrication et d'essai de munitions et d'explosifs, ainsi que les places de tir, comportent des risques spécifiques. Restes de projectiles, munitions non explosées et contamination du sol (plomb, antimoine, mercure et autres métaux) possèdent un potentiel polluant. Il en va de même pour les installations de tir civiles.

Tableau de référence
« installations militaires et places de tir »

	üB	A _U '	Z _U '	Péri	S3 ³	S2	S1
Stands de tir pour armes à trajectoire tendue (installations permanentes ou aménagées de manière sommaire), ainsi que positions pour armes à trajectoire parabolique	+	+		_2	_b	-	-
Places de tir de combat avec utilisation de munitions explosives, incendiaires et fumigènes, installations de combat rapproché et en zone urbaine	+	b		-	-	-	-
Zones des cibles d'armes à trajectoire tendue et d'armes à trajectoire parabolique ⁶⁷							
• avec munitions pleines (y compris installations civiles)	+	+		_2	_b	-	-
• avec munitions explosives	+	b		-	-	-	-
• avec munitions incendiaires et fumigènes	+	-		-	-	-	-

Les installations militaires sont soumises aux mêmes restrictions que des constructions et installations civiles d'usage analogue. Les places de tir de tout genre font l'objet de dispositions particulières, applicables aussi bien aux stands qu'aux cibles et à leurs alentours. Pour les installations de tir elles-mêmes aussi bien que pour les zones de cibles il convient de différencier les restrictions selon les types de munitions – munitions pleines, munitions explosives, incendiaires et fumigènes.

Revitalisation de cours d'eau

La revitalisation de rivières charriant des eaux de qualité proche de l'état naturel présente en général des avantages pour les eaux souterraines. La prudence reste toutefois de mise à proximité des captages utilisés pour la production d'eau potable, car les eaux infiltrées peuvent renfermer des germes et des polluants. C'est particulièrement vrai avec des excavations et en hautes eaux, lorsque les travaux entrepris décolmatent le fond du lit du cours d'eau. Au surplus, les polluants jusqu'alors retenus dans les sédiments peuvent être libérés dans les eaux souterraines.

Tableau de référence
« revitalisation de cours
d'eau »

	üB	A _U	Z _U ¹	Péri	S3 ³	S2	S1
Revitalisation de cours d'eau, y compris modification des berges et autres mesures de revitalisation, abandon des travaux d'entretien, établissement de biotopes aquatiques ; transformation de gravières ou de carrières désaffectées en biotopes (plans d'eau)	+	b		- ²	b	-	-

Lorsqu'elle est effectuée dans des zones de protection des eaux souterraines, la revitalisation de cours d'eau implique l'exécution préalable d'études hydrogéologiques détaillées, afin de préciser les impacts possibles sur les captages. Pour protéger ces installations, les mesures à prendre sont adaptées aux caractéristiques des zones de protection et coordonnées dès la préparation du projet avec les instances responsables de la protection des eaux souterraines.

Notes :

- ¹ Les cantons prescrivent les mesures à prendre dans les aires d'alimentation Zu. S'appliquent également les dispositions et restrictions relatives aux secteurs de protection des eaux et aux zones de protection des eaux souterraines auxquels elles se superposent. Lorsqu'une aire d'alimentation est déterminée dans le karst ou dans des roches fissurées en lieu et place d'une zone S3, les dispositions prévues pour cette dernière s'appliquent, à l'exception de celles concernant l'extraction de matériaux.
- ² Par exception, l'autorité compétente peut autoriser la construction d'un bâtiment ou d'une installation sur des biens-fonds correspondant à la zone S3, si les études hydrogéologiques réalisées permettent déjà de fixer les limites des futures zones de protection des eaux souterraines. Les ouvrages ou installations autorisés à titre exceptionnel sont soumis aux restrictions prescrites dans les zones prévues (annexe 4, ch. 23, al. 2, CEaux).
- ³ Les constructions et installations situées en zone S3 ne doivent diminuer ni la capacité d'emmagasinement ni la section d'écoulement des aquifères (annexe 4, ch. 221, al. 1, let. b, CEaux). Il est en outre interdit de réduire les couches de couverture de manière importante (annexe 4, ch. 221, al. 1, let. d, CEaux).
Il est également interdit d'infiltrer les eaux à évacuer, à l'exception des eaux non polluées provenant des toits, qui peuvent être infiltrées à travers une couche recouverte de végétation (annexe 4, ch. 221, al. 1, let. c, CEaux).
- ⁴ Parmi les mesures à prendre, il faut retenir les revêtements étanches, munis de bordures, et l'évacuation des eaux, le cas échéant après traitement.
- ⁵ Avec évacuation aux égouts (art. 9, al. 3, CEaux).
- ⁶ Interdiction d'infiltrer, sauf exceptions prévues à l'art. 8 CEaux.
- ⁷ Dans le secteur Au, les constructions et installations doivent être construites au-dessus du niveau piézométrique moyen des nappes d'eaux souterraines ; l'autorité peut déroger à ce principe, à condition que la capacité d'écoulement naturelle des aquifères ne soit pas réduite de plus de 10% (annexe 4, ch. 211, al. 2, CEaux).
Le drainage ou le rabattement temporaire des eaux souterraines durant le chantier est soumis à autorisation.
- ⁸ 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.
- ⁹ Seulement si les substances utilisées ne peuvent pas polluer les eaux souterraines.
- ¹⁰ Exclusivement pour stabiliser les terrains correspondant à la zone non saturée.
- ¹¹ Des mesures de protection doivent être prises pour éviter que les forages ne portent atteinte aux eaux souterraines (art. 43, al. 3, LEaux).
- ¹² Une autorisation conforme à l'art. 32 CEaux n'est pas nécessaire si les travaux se déroulent 2 m au moins au-dessus du niveau piézométrique maximum des nappes d'eaux souterraines.
- ¹³ Il est interdit de réduire les couches de couverture de manière importante (annexe 4, ch. 221, al. 1, let. d, CEaux).
- ¹⁴ Les grands réservoirs utilisés pour l'entreposage de liquides qui, en petites quantités déjà, peuvent polluer les eaux sont interdits dans le secteur Au. L'autorité peut déroger à ce principe, si des raisons impératives le justifient.
- ¹⁵ Sont autorisés en zone S3 :
 - les réservoirs non enterrés dont le contenu sert exclusivement au traitement de l'eau, ainsi que les conduites non enterrées et les stations de dépotage nécessaires à leur exploitation ;
 - les récipients dont le volume utile ne dépasse pas 450 l par ouvrage de protection (le canton peut limiter le nombre de récipients autorisés) ;
 - les réservoirs non enterrés pour huile de chauffage et huile diesel, dont le volume correspond à l'approvisionnement en énergie de bâtiments ou d'exploitations pour deux ans au

maximum, ainsi que les conduites non enterrées et les stations de dépotage nécessaires à leur exploitation ; le volume utile total de ces réservoirs ne doit pas dépasser 30 m³ par ouvrage de protection ;

- les installations d'exploitation contenant jusqu'à 450 l de liquides qui, en petites quantités déjà, constituent un danger pour les eaux, ainsi que les installations d'exploitation renfermant jusqu'à 2000 l de liquides qui, en grandes quantités, constituent un danger pour les eaux ;
- l'autorisation prescrit des mesures pour garantir la détection facile des fuites et leur rétention.

- ¹⁶ Seuls sont autorisés en zone S2 les réservoirs non enterrés dont le contenu sert exclusivement au traitement de l'eau, ainsi que les conduites non enterrées et les stations de dépotage nécessaires à leur exploitation.
- ¹⁷ En zone S1, seules sont admises les constructions et installations faisant partie du captage. Les transformateurs refroidis par des liquides, ainsi que les réserves de carburants (p. ex. huile diesel) pour les groupes électrogènes de secours n'y sont pas autorisés. Le choix porte sur un modèle de transformateur fonctionnant à sec, si des raisons techniques imposent la présence d'un tel appareil dans les ouvrages de captage.
- ¹⁸ L'autorité compétente peut fixer des exigences minimales concernant par exemple la responsabilité du promoteur ou la dimension des installations, de manière à garantir un contrôle et un entretien correct des ouvrages de prélèvement et de restitution. L'installation de restitution ne pourra pas être affectée à d'autres usages et devra être démontée si elle est mise hors service.
- ¹⁹ Il est recommandé de délimiter, à l'extérieur des zones de protection, les régions dans lesquelles les sondes et pieux géothermiques sont autorisés, ceux où ces équipements sont admis sous certaines conditions et ceux où ils sont interdits.
- ²⁰ Pas de pompe à chaleur à expansion directe. Les pertes de liquides doivent être faciles à détecter.
- ²¹ A 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 et satisfaire à la norme SIA 190. 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.
- ²² L'autorité compétente peut accorder une dérogation, lorsqu'il est impossible d'assurer un écoulement gravitaire autrement qu'en traversant la zone S2. Dans ce cas, les égouts publics et les canalisations qui y sont raccordées sont réalisés en tubes à double paroi et soumis 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. A défaut, elles sont constituées de tuyaux soudés au miroir.
- ²³ Le déversement des eaux usées épurées dans le milieu récepteur doit être fait de manière à ne pas porter atteinte aux eaux souterraines.
- ²⁴ Les eaux usées épurées ne doivent pas être infiltrées (annexe 4, ch. 221, al. 1, let. c, CEaux).
- ²⁵ Le fond de l'installation d'infiltration doit se situer au moins 1 m au-dessus du niveau maximum des nappes d'eaux souterraines. Des mesures de protection doivent être prises pour éviter que les forages ou les ouvrages de restitution ne portent atteinte aux eaux souterraines (art. 43, al. 3, LEaux).
- ²⁶ La protection qualitative doit être assurée par une couche filtrante possédant le même pouvoir épurateur qu'une couche de sol biologiquement actif.
- ²⁷ A l'exception de l'infiltration d'eaux de toits non polluées à travers une couche recouverte de végétation (annexe 4, ch. 221, al. 1, let. c, CEaux).
- ²⁸ Avec pose d'une couche imperméable sous le ballast et évacuation des eaux de la voie hors de la zone de protection.

- ²⁹ Des mesures de protection spéciales doivent être prises pour protéger les eaux souterraines, sauf si le stationnement de wagons citernes y reste exceptionnel.
- ³⁰ La construction d'ouvrages et d'installations est interdite en zone S2 ; l'autorité peut accorder des dérogations pour des motifs importants si toute menace pour l'utilisation d'eau potable peut être exclue.
- ³¹ Admis sous réserve qu'ils soient nécessaires pour l'approvisionnement en eau.
- ³² Les couloirs d'approche et de décollage ne doivent pas être situés à l'aplomb de zones de protection des eaux souterraines.
- ³³ Selon art. 24 LEaux.
- ³⁴ Il faut favoriser le pacage extensif et veiller en particulier au maintien de la couverture végétale.
- ³⁵ Dans les zones S2 et S3, il faut réduire autant que possible les terres ouvertes, les cultures maraîchères et les jardins au profit de prairies permanentes. Si la qualité des eaux souterraines tend à se dégrader, les autorités restreignent ces modes d'utilisation.
- ³⁶ Autorisation nécessaire en vertu de l'article 7 de l'ordonnance du 25 août 1999 sur l'utilisation d'organismes dans l'environnement (ordonnance sur la dissémination dans l'environnement, ODE, RS 814.911).
- ³⁷ Fosses et étangs à lisier doivent être aménagés au-dessus du niveau piézométrique maximum des nappes d'eaux souterraines.
- ³⁸ Dans le secteurs A_U, l'état des installations d'entreposage et de transport des engrais de ferme (y compris raccordements, conduites d'amenée et d'évacuation) doit être vérifié au moins tous les dix ans.
- ³⁹ En zone S3, mise en place d'un système de détection des fuites comprenant une étanchéité sous toute la surface de la dalle et un regard de contrôle. L'état des installations pour les engrais de ferme (y compris raccordements, conduites d'amenée et d'évacuation) doit être contrôlé tous les cinq ans.
- ⁴⁰ Hauteur utile : max. 4 m, contenance : max. 600 m³.
- ⁴¹ Des arbres et des buissons ne peuvent être plantés ou maintenus en zone S1 que si leurs racines ne risquent pas de pénétrer dans les captages.
- ⁴² Sous réserve des restrictions imposées par les autorités (OFAG, OFT) pour certains produits (p. ex. quantités maximales à utiliser, limitation à certains fruits) ou des interdictions (p. ex. l'atrazine en milieu karstique).
- ⁴³ L'emploi de produits phytosanitaires contre les rongeurs (rodenticides) requiert une autorisation, à l'exception de l'utilisation à des fins personnelles.
- ⁴⁴ Il est interdit d'utiliser des produits phytosanitaires pouvant atteindre les captages servant à la production d'eau potable (liste en préparation).
- ⁴⁵ L'emploi de produits phytosanitaires en forêt requiert une autorisation (art. 25 OFo).
- ⁴⁶ Si les produits phytosanitaires ne peuvent être remplacés par des mesures affectant moins l'environnement, leur utilisation sera autorisée pour les pépinières forestières hors des zones S (art. 26, al. 1, let. c, OFo).
- ⁴⁷ L'usage d'herbicides est interdit en forêt (art. 26, al. 2, OFo).
- ⁴⁸ Utilisation autorisée dans les pépinières forestières (art. 26, al. 2, OFo).
- ⁴⁹ Selon les instructions de l'Office fédéral des transports (OFT) ; exclusivement avec des produits dont l'emploi est explicitement autorisé pour les installations ferroviaires.
- ⁵⁰ A l'exception du traitement plante par plante des plantes posant des problèmes, s'il est impossible de combattre celles-ci efficacement par d'autres mesures, comme la fauche régulière.
- ⁵¹ Toutes les mesures nécessaires doivent être prises pour empêcher l'infiltration des produits utilisés ou leur lessivage.
- ⁵² Les engrais de ferme doivent être utilisés dans l'agriculture ou l'horticulture selon l'état de la technique et de manière respectueuse pour l'environnement (art. 14, al. 2, LEaux). La fertilisation des sols ne doit en aucun cas porter préjudice aux eaux souterraines (art. 27, al. 1, LEaux).

- ⁵³ L'autorité compétente peut exceptionnellement autoriser jusqu'à trois épandages de 20 m³/ha au maximum par période de végétation, à des intervalles suffisamment espacés, si les caractéristiques du sol sont telles qu'aucun germe pathogène ne peut parvenir dans les captages ou les installations d'alimentation artificielle.
- Autres règles à respecter :
- l'épaisseur de la zone non saturée reste en tout temps supérieure à 3 m ;
 - l'épandage doit se faire exclusivement durant la période de végétation et sur des surfaces couvertes de végétation ;
 - l'épandage par tuyaux ou la fumure par injection ne sont pas autorisés ;
 - le ruissellement en direction de dépressions ou du captage doit être exclu.
- ⁵⁴ L'utilisation d'engrais et de produits assimilés aux engrais est interdite en forêt (art. 27 OFo). Une autorisation peut être délivrée pour l'épandage **d'engrais de ferme** sur les pâturages boisés (art. 27, al. 2, let. b, OFo).
- ⁵⁵ L'utilisation d'engrais et de produits assimilés aux engrais est interdite en forêt (art. 27 OFo). Une autorisation peut être délivrée pour l'épandage de **compost** sur les pâturages boisés (art. 27, al. 2, let. b, OFo), ainsi que dans les pépinières forestières (art. 27, al. 2, let. a, ch. 1, OFo).
- ⁵⁶ L'utilisation d'engrais et de produits assimilés aux engrais est interdite en forêt (art. 27 OFo). Une autorisation peut être délivrée pour l'épandage **d'engrais minéraux** dans les pépinières forestières, ainsi que d'engrais minéraux sans azote sur les pâturages boisés (art. 27, al. 2, OFo).
- ⁵⁷ L'emploi d'herbicides et d'engrais est interdit.
- ⁵⁸ Autorisation nécessaire en vertu de l'art. 44 LEaux.
- ⁵⁹ En cas d'extraction de matériaux, il faut laisser une couche de protection d'au moins 2 m au-dessus du niveau naturel maximum décennal des nappes d'eaux souterraines ; ce niveau correspond soit au niveau piézométrique maximal enregistré durant une période de mesures régulières couvrant au moins 10 ans, soit d'une valeur calculée de manière statistique si la période de mesures est inférieure à 10 ans, pour autant que la base de données hydrogéologiques soit suffisante ; dans le cas d'une installation d'alimentation artificielle, le niveau effectif de la nappe est déterminant s'il est situé plus haut que le niveau maximal décennal (annexe 4, ch. 211, al. 3, let. a, CEaux).
- ⁶⁰ Si une aire d'alimentation a été délimitée en lieu et place d'une zone S3 en milieu karstique ou fissuré, l'exploitation de matériaux ne pourra être autorisée que si la vulnérabilité des eaux ne s'en trouve pas accrue au point que le lieu d'extraction se situerait en zone S2.
- ⁶¹ L'autorisation d'extraire du gravier au-dessous du niveau des nappes d'eaux souterraines ne peut être délivrée que si
- la section d'écoulement est maintenue pendant et après l'extraction, y compris après remblayage (maintien de couloirs de gravier) ;
 - des mesures appropriées permettent d'exclure tout risque de pollution par des liquides pouvant altérer les eaux (dragues à moteur électrique, extraction depuis la rive au moyen d'une dragline, utilisation d'huiles hydrauliques biodégradables, etc.).
- ⁶² L'arrosage de bois traité est interdit.
- ⁶³ Bois non traité uniquement, arrosage interdit.
- ⁶⁴ S'applique également aux zones de cibles utilisées par les forces aériennes.
- ⁶⁵ Production de neige artificielle autorisée avec de l'eau sans additif.
- ⁶⁶ Les sondes doivent rester au-dessus du niveau piézométrique maximum des nappes d'eaux souterraines
- ⁶⁷ Sous réserve des dispositions de l'OTD.
- ⁶⁸ Les exigences figurant à l'annexe 2 de l'OTD doivent être satisfaites.
- ⁶⁹ Les installations doivent être aménagées à 2 m au moins au-dessus du niveau piézométrique maximum des nappes d'eaux souterraines.

3.4 Utilisation agricole du sol dans les aires d'alimentation Z_U

Objectif

Dans les aires d'alimentation Z_U, l'exploitation agricole des sols doit garantir la qualité des eaux souterraines.

3.4.1 Principes de base des mesures applicables à l'aire d'alimentation

Lorsque l'exploitation des sols agricoles ou horticoles provoque une pollution des eaux souterraines, par suite du lessivage d'engrais, de produits phytosanitaires ou de produits assimilés, des mesures de protection particulières doivent être prises sur les biens-fonds correspondant à l'aire d'alimentation Z_U. Elles vont au-delà des mesures générales prises sur l'ensemble du territoire.

Les cantons définissent les conditions d'exploitation pour que les eaux souterraines utilisées comme eau potable ou réservées à cet usage répondent aux exigences légales sur la protection des eaux. Les restrictions imposées à l'agriculture et à l'horticulture dans les aires d'alimentation vont dépendre des conditions climatiques et hydrogéologiques, ainsi que des caractéristiques des sols dans le bassin d'alimentation correspondant des captages à protéger.

Le lessivage varie suivant les endroits ; les conditions d'exploitation sont donc fixées en fonction des conditions locales, en tenant compte de l'importance des risques courus et des impératifs de l'assainissement.

Outre l'interdiction de certaines utilisations, la solution la plus efficace consiste à modifier la structure de l'exploitation en convertissant une partie des terres ouvertes en prairies. Les mesures sont prises de manière à ce que les effets souhaités ne soient pas limités dans le temps, mais qu'ils perdurent.

Lorsque les cantons ont délimité les régions concernées et harmonisé les mesures prévues¹, la Confédération indemnise les exploitants dans des proportions qui peuvent atteindre 80% des coûts imputables.

¹ Art. 62a, al. 1, let. b, LEaux

3.4.2 Marche à suivre pour l'élaboration des mesures nécessaires

Le « Recueil des bases de la 'stratégie nitrates' » de la Confédération [Bib. 5] explique en détail comment élaborer des programmes d'assainissement dans des aires d'alimentation¹.

Définition des priorités

La nature et l'importance des mesures à mettre en oeuvre dans une aire d'alimentation Z_U , en vue d'assurer une exploitation respectueuse des eaux souterraines, sont définies en fonction de l'importance du risque et, respectivement, des impératifs de l'assainissement.

Données de base, définition de la situation actuelle

Dans une aire d'alimentation, les pertes de polluants (nitrates, pesticides) par lessivage des sols agricoles doivent être déterminées, de manière à pouvoir définir des conditions d'exploitation respectueuses des eaux souterraines et à faciliter ainsi l'analyse de variantes.

Les études à effectuer permettent d'une part de protéger correctement les eaux souterraines, d'autre part de limiter les restrictions imposées à l'exploitation et de ne les appliquer qu'aux endroits où cela se justifie.

Données climatiques, agronomiques et pédologiques

Il faut ainsi connaître les données climatiques, agronomiques et pédologiques suivantes :

- températures journalières, humidité relative de l'air et précipitations journalières (données normalement fournies par l'institut suisse de météorologie) ;
- utilisation actuelle des surfaces, utilisation moyenne au cours des cinq dernières années (part des cultures et rotation) ;
- proportions de terres ouvertes, de prairies et pâturages, de forêts et d'autres surfaces ;
- pratiques en matière de fertilisation et de traitement (selon le type de pollution), mode de travail du sol ;
- données pédologiques/cartographie des sols.

Subdivision des terrains selon leur sensibilité

Les terrains sont ensuite subdivisés en fonction de leur sensibilité au lessivage. Sont considérés comme particulièrement sensibles :

- les terrains impropres aux grandes cultures en raison d'une faible capacité de rétention d'eau ou d'une faible couche d'humus (faible profondeur du sol) ;
- les terrains caractérisés par un niveau piézométrique très élevé (niveau piézométrique atteignant l'horizon superficiel du sol) ;
- les terrains en pente raide, avec une forte tendance au ruissellement et qui retiennent mal les substances nutritives ;
- les terrains riches en matières organiques (p. ex. terrains marécageux), dont la mise en culture entraîne la minéralisation de grandes quantités d'azote et qui présentent donc un risque élevé de lessivage.

Le classement des terrains par degré de sensibilité sert en premier lieu à choisir les mesures de protection les plus efficaces pour les régions les plus sensibles.

¹ Art. 62a LEaux

3.4.3 Formulation de l'objectif / mode d'exploitation souhaité

Le lessivage maximal admissible est fixé pour l'ensemble de l'aire d'alimentation, en partant des impératifs de l'assainissement, respectivement du lessivage observé avant intervention. Après évaluation de différentes variantes, une comparaison entre l'état initial et l'état final montre comment l'exploitation du sol doit changer dans l'aire d'alimentation, pour que les exigences relatives à la qualité des eaux continuent d'être respectées (prévention, maintien) ou pour qu'elles puissent l'être à nouveau (assainissement).

Des combinaisons judicieuses du choix des cultures, des modes de rotation et des techniques d'exploitation (travail du sol, fumure et traitement) permettent d'empêcher le lessivage ou de le réduire dans les proportions voulues.

3.4.4 Mesures de protection

Restrictions d'utilisation pour les engrais et les substances assimilées à des engrais

Une solution valable pour réduire le lessivage de substances consiste à restreindre leur utilisation. Il convient notamment de n'épandre des engrais azotés que pendant les périodes où les plantes absorbent l'azote et lorsque cette fertilisation ne risque pas de porter atteinte à la qualité des eaux¹. Par ailleurs, les engrais liquides ne peuvent être épandus que si le sol est apte à les retenir et à les accumuler, qu'il n'est ni saturé d'eau, ni gelé, ni couvert de neige, ni desséché². D'une manière générale, cela revient à proscrire l'épandage de ces substances durant le semestre d'hiver (entre mi-octobre et mi-février environ, selon l'altitude et les conditions météorologiques).

Restrictions imposées à la rotation des cultures

L'assolement doit être organisé de telle sorte que les cultures laissant de grandes quantités d'azote dans le sol (valeur N_{\min} élevée en automne) soient suivies d'une culture capable d'absorber cet excédent d'azote. Il est souhaitable de renoncer autant que possible à la betterave à sucre ou au maïs, dont la récolte est trop tardive pour permettre une culture subséquente.

Couverture hivernale du sol

Un autre moyen efficace pour réduire le lessivage des nitrates consiste à maintenir une couverture végétale du sol durant l'hiver, selon les principes suivants :

- les engrais verts et les cultures intercalaires sont semés au plus tard dix jours après la récolte de la culture précédente ;
- les engrais verts hivernants sont broyés sur place dès la mi-décembre ;
- les labourages ne débutent pas avant le 15 février ;
- un engrais vert ou une culture intercalaires est semé si la culture principale suivante n'est pas en place avant le 15 novembre.

¹ Annexe 4.5, ch. 321, al. 1, Osubst

² Annexe 4.5, ch. 321, al. 2, Osubst

3.4.5 Résumé

Le tableau ci-après récapitule les mesures de protection recommandées dans les aires d'alimentation Z_U , en vue de prévenir la pollution des eaux souterraines ou d'assainir celles dont la qualité serait déjà modifiée par l'utilisation agricole des sols.

	Prévention	Assainissement
Organisation	<ul style="list-style-type: none"> • réduire globalement les grandes cultures à l'intérieur de l'aire d'alimentation Z_U • mesures à prendre selon la sensibilité des terrains • interdire l'élevage de porcs en plein air durant toute l'année • interdire la transformation de prairies permanentes en terres assolées • renoncer aux cultures à risques 	<ul style="list-style-type: none"> • augmenter la proportion de prairies permanentes • restreindre les cultures en fonction des risques et de la sensibilité au lessivage • réduire fortement la production sur terre ouverte et maraîchère • instaurer des rotations de culture présentant un faible risque de lessivage • réduire la fertilisation
Construction	<ul style="list-style-type: none"> • pourvoir les parcours d'un revêtement en dur et évacuer les eaux dans la fosse à purin • contrôler et, le cas échéant, assainir les fosses à purin 	<ul style="list-style-type: none"> • procéder aux aménagements requis par les changements de cultures
Exploitation	<ul style="list-style-type: none"> • renoncer à épandre des engrais contenant de l'azote, du 15 octobre au 15 février • interdire de labourer les prairies en automne • semer des engrais verts/cultures intercalaires • contrôler les installations pour les engrais de ferme tous les cinq ans 	<ul style="list-style-type: none"> • supprimer les cultures à risques • interdire l'usage des produits phytosanitaires décelés dans le captage d'eau potable • renoncer à labourer entre la dernière récolte et le 15 février de l'année suivante • travailler le sol au plus tôt dix jours avant les semailles • semer des engrais verts/cultures intercalaires au plus tard dix jours après la récolte • semis directs, semis sous litière

4 Exécution

4.1 Tâches et compétences

La *Confédération* définit les objectifs de la protection des eaux souterraines, dans la législation fédérale et dans les aides à l'exécution. L'exécution est en principe l'affaire des *cantons*¹. Ceux-ci mettent à disposition les moyens nécessaires ; ils gèrent en particulier un service de la protection des eaux, une police de la protection des eaux, un service d'intervention en cas d'accident et conseillent les usagers en matière de protection des eaux souterraines. Il leur incombe également d'assurer la coordination avec d'autres exigences (p. ex. celles de l'aménagement du territoire), de contrôler que les objectifs fixés soient respectés et de sanctionner d'éventuelles infractions aux prescriptions en vigueur.

Il appartient aux *cantons* de prendre les mesures d'organisation du territoire² relatives aux eaux (secteurs de protection des eaux, zones et périmètres de protection des eaux souterraines) ; leur compétence s'étend également à la détermination des aires d'alimentation.

Cette souveraineté des cantons, en matière d'exécution, les oblige également à veiller à ce que les mesures de protection des eaux soient adaptées à l'organisation administrative en place, donc aux moyens dont disposent les communes ou, par exemple, les associations.

Les cantons peuvent confier certaines tâches d'exécution aux communes. Cette délégation concerne moins la compétence d'accorder des autorisations que celle d'assumer des tâches de contrôle et de surveillance. Des mandats spécifiques peuvent aussi être confiés à des particuliers.

En matière d'exécution, la *Confédération* fonctionne essentiellement comme organe de surveillance et de coordination pour les cantons.

Les *détenteurs* de captages d'eaux souterraines sont tenus de faire les relevés nécessaires pour délimiter les zones de protection des eaux souterraines, d'acquiescer les droits réels correspondants et de prendre à leur charge les indemnités à verser en cas de restriction du droit de propriété. En application des prescriptions y relatives, ils doivent donc recueillir les informations hydrogéologiques utiles, présenter des documents conformes pour l'enregistrement des zones de protection de leurs captages, procéder aux négociations nécessaires et assumer les dépenses qui pourraient en résulter.

Dans tous les cas, une étude hydrogéologique doit être présentée à l'appui du plan et du règlement des zones de protection.

¹ Art. 45 CEaux

² Art. 19-21 LEaux

4.2 Adaptation des mesures d'organisation du territoire aux dispositions de l'Ordonnance sur la protection des eaux 1998

4.2.1 Besoin d'adaptation

Il incombe aux cantons de délimiter les secteurs de protection des eaux particulièrement menacés¹. Sont considérées comme telles les régions dans lesquelles se trouvent des nappes d'eaux souterraines exploitables en quantité et en qualité (secteur A_U) et, le cas échéant, des aires d'alimentation (aire Z_U). En dehors de ces secteurs vulnérables, les cantons ont en outre la possibilité de subdiviser le solde de leur territoire en d' « autres secteurs » (par exemple B et C).

Le secteur A_U correspondra généralement à l'ancien secteur A et, le plus souvent, à une partie de l'ancien secteur B, en particulier lorsque la distinction était justifiée par une forte épaisseur des couches de couverture.

Il faut admettre que l'attribution au secteur A_U de protection des eaux peut se faire de manière généreuse, pour tenir compte de l'utilisation des eaux souterraines pour la production d'eau potable. La pratique montre en effet qu'en cas de besoin il est plus facile de procéder ultérieurement à des réductions qu'à des agrandissements.

Des adaptations locales pourront être nécessaires, notamment lors de la conversion du secteur A de protection des eaux en secteur A_U, ainsi que lors de la détermination du secteur A_O. Cet exercice intervient à l'occasion de la mise à jour des cartes de protection des eaux, déjà prévue pour suivre l'évolution des connaissances².

Des *aires d'alimentation* doivent être délimitées lorsque les eaux souterraines ne sont pas conformes aux exigences légales³ ou si leur qualité ne respecte pas les valeurs indicatives de l'annexe 1 aux présentes instructions. Elles peuvent aussi être déterminées à titre préventif.

En roches meubles, les *zones de protection des eaux souterraines* ne requièrent le plus souvent aucune adaptation. Au plan légal, il est recommandé de vérifier si les plans des zones de protection existants et les règlements qui s'y rapportent correspondent aux dispositions des présentes instructions, et de les mettre à jour en conséquence (voir aussi chapitre 4.3).

En règle générale, les zones de protection délimitées en milieu karstique ou en roches fissurées doivent en revanche être adaptées pour satisfaire aux exigences de la nouvelle ordonnance sur la protection des eaux (voir guides pratiques : Cartographie de la vulnérabilité en régions karstiques – méthode EPIK [Bib. 2], Délimitation des zones de protection des eaux souterraines en milieu fissuré [Bib. 4]). Il en va de même pour les périmètres de protection des eaux souterraines, lorsque les critères de délimitation ont changé.

¹ Art. 19 LEaux

² Art. 30, al. 1, CEaux

³ Annexe 2, ch. 2, CEaux

4.2.2 Responsabilités

La révision des secteurs de protection des eaux et des zones de protection des eaux souterraines et leur adaptation aux nouvelles prescriptions légales incombent aux mêmes instances que celles chargées de la première délimitation. Les détenteurs de captages font donc les relevés nécessaires pour la mise à jour des plans et des règlements des zones de protection. En cas de litige, les tribunaux se référeront certainement à la nouvelle ordonnance sur la protection des eaux et aux présentes instructions, pour le cas où les intérêts de la protection des eaux souterraines seraient touchés.

4.3 Procédure pour les zones de protection non conformes

4.3.1 Généralités

L'Ordonnance du 28 octobre 1998 sur la protection des eaux (CEaux) s'applique à toutes les zones de protection, donc aussi à celles qui sont entrées en vigueur avant le 1^{er} janvier 1999. Selon la pratique courante, les exigences minimales s'appliquent également aux zones délimitées en vertu de l'ancien droit. Cela signifie qu'une interdiction de construire doit être édictée même dans les « zones de protection à efficacité limitée », où des bâtiments étaient naguère admis sur certaines parties de la zone S2. L'CEaux conduit ainsi à réexaminer la situation qui prévaut à l'intérieur des zones de protection.

Il peut cependant être judicieux de conserver l'ancien règlement, à bien plaisir, lorsqu'un captage reste provisoirement en exploitation, que son remplacement est déjà envisagé ou qu'il doit être prochainement déplacé.

Dans les autres cas, il faut au moins contrôler l'efficacité des mesures de protection déjà prises et examiner, en particulier, si la « zone de protection à efficacité limitée » a permis de préserver la qualité des eaux ou, s'il s'agit d'un captage pollué, de l'améliorer. Dans la négative, il n'apparaît ni judicieux, ni opportun de poursuivre l'exploitation du captage pour la fourniture en eau potable ; celui-ci devra donc être mis hors service, sauf éventuellement pour les cas d'urgence prévus par l'Ordonnance sur la garantie de l'approvisionnement en eau potable en temps de crise (OAEC).

4.3.2 Dérogations

En zone S2, les installations existantes non conformes (notamment égouts ou réservoirs) doivent être supprimées dans un délai raisonnable, pour autant qu'elles menacent un captage ou une installation d'alimentation artificielle¹.

¹ Art. 31, al. 2, let. b, CEaux

Danger exclu

Un danger peut être considéré comme exclu, si une étude soignée adaptée au contexte apporte la certitude que l'installation considérée ne risque pas de porter atteinte au captage. Il ne suffit pas de prendre toutes les dispositions répondant à l'état de la technique, mais il convient d'y ajouter toutes les mesures que l'expérience suggère pour empêcher une pollution des eaux souterraines. Il ne faut pas se contenter d'une évaluation superficielle qui aboutirait à la conclusion qu'une menace est improbable.

Les installations autorisées à titre exceptionnel en zone S2 doivent au moins satisfaire aux exigences légales applicables à celles implantées en zone de protection S3 ; aucune dérogation allant au-delà de ces critères n'est admise. L'autorisation correspondante doit fournir toutes les informations utiles sur la nature de l'exception et préciser les conditions posées.

4.4 Délimitation de nouvelles zones de protection S2 en présence d'installations

4.4.1 Danger faible (cas bénins)

La présence d'installations sur un terrain à classer en zone S2 peut représenter un danger pour les eaux captées. Leur maintien peut toutefois être garanti par une inscription dans le règlement des zones de protection, avec une description des mesures à prendre, si les risques de pollution restent faibles ou faciles à neutraliser et si un démontage ne peut pas être envisagé sans moyen disproportionné.

Les parties de la zone de protection S2 encore libres se distinguent en revanche par une interdiction de construire illimitée. A la rigueur, des dérogations peuvent être envisagées, en cas de force majeure, pour des constructions indispensables au maintien d'installations existantes ou pour l'exploitation d'installations situées en dehors de la zone S2. Ces nouvelles constructions ne doivent en aucun cas menacer les captages à protéger, tandis que les autorisations correspondantes n'ouvrent pas un droit à leur maintien.

Ces dérogations doivent être limitées au strict minimum et dûment inscrites dans le règlement des zones de protection.

4.4.2 Danger important

Si le danger de pollution est importante ou s'il y a lieu de supposer que les installations existantes présentent un risque sérieux pour les captages, il faut déterminer si la priorité doit être donnée, à moyen terme, à l'approvisionnement en eau ou à l'activité susceptible de compromettre cet approvisionnement. Il convient d'examiner d'abord s'il est possible de supprimer l'installation dangereuse, notamment lorsqu'il s'agit de protéger des captages importants ou indispensables à l'approvisionnement en eau et lorsque les restrictions imposées à l'utilisation des biens-fonds permettent effectivement de préserver, voire d'améliorer, la qualité des eaux captées.

Il faut en revanche mettre les captages hors service, si des installations dangereuses situées en zone S2 ne peuvent pas être supprimées ou si leur construction ne peut pas être empêchée. La suppression des captages ou leur déplacement doit alors être envisagée, à moins qu'il ne soit possible de réduire leur débit de concession, de manière à diminuer la taille de leur zone S2.

La délimitation de zones de protection ne se justifie également pas pour des captages qui ne respectent pas les dispositions de la législation sur les denrées alimentaires et qui ne répondent pas aux exigences techniques minimales (Ordonnance sur la garantie de l'approvisionnement en eau potable en temps de crise, directives SSIGE, etc.).

4.4.3 Priorité au maintien du captage

Lorsque la priorité va à l'approvisionnement en eau, il faut organiser le démontage ou l'assainissement des installations ou parties d'installations considérées comme dangereuses, en agissant immédiatement si le risque est grave et à moyen terme s'il l'est moins. Le calendrier des travaux est établi en tenant compte du degré d'urbanisation, de la nature des installations et des rapports de propriété. Le délai d'assainissement ne devrait cependant pas excéder dix à vingt ans.

De nouvelles installations ne seront pas implantées en zone S2 ; des exceptions peuvent à la rigueur être tolérées pour des constructions qui amélioreraient la protection des eaux souterraines ou pour celles qui seraient absolument nécessaires au maintien d'installations déjà en service en zone S2 (voir plus haut).

4.4.4 Priorité à une autre utilisation

Si, au contraire, la priorité est donnée à la construction, ou si des questions de droit de propriété rendent impossible le démantèlement des installations dangereuses, l'autorité compétente fixe un délai, soit pour déplacer le captage, soit pour réduire le débit de concession, ou encore pour mettre purement et simplement le captage hors service. Elle prend alors en compte l'importance des risques courus, l'âge des installations et les autres possibilités de s'approvisionner en eau. En cas de renouvellement, la durée de concession ne doit pas excéder ce délai.

Le délai peut rester court dans le cas d'une commune déjà raccordée de manière suffisante à un réseau voisin. Il sera plus long lorsque le captage menacé représente la seule alternative pour l'approvisionnement en eau potable d'une région isolée et pauvre en eau. Il ne devrait toutefois pas dépasser dix ans.

Lorsqu'une solution de remplacement existe et que rien d'autre ne s'y oppose, de nouvelles constructions peuvent être envisagées dans la zone de protection S2, avec les mesures d'accompagnement nécessaires. Elles doivent toutefois satisfaire aux exigences minimales prévues pour des installations analogues situées en zone de protection S3, et cela aussi longtemps que le captage concerné reste en service. Les installations existantes sont adaptées en conséquence.

D'autres mesures de sécurité peuvent être inscrites dans le règlement des zones de protection pour tenir compte des particularités locales. Elles peuvent concerner aussi bien l'utilisation de liquides de nature à polluer les eaux (p. ex. remplacement du chauffage à mazout par le chauffage au bois, au gaz ou à l'électricité, sécurité renforcée pour les fosses à lisier, etc.) que la sécurité des collecteurs d'eaux usées, la surveillance de la qualité des eaux ou le traitement prophylactique de l'eau potable.

4.5 Restrictions de la propriété et indemnités

La délimitation des secteurs de protection des eaux et des zones de protection des eaux souterraines, ainsi que l'adoption de restrictions concernant l'aménagement ou l'utilisation des biens-fonds correspondants, obligent souvent à s'interroger sur la légitimité des mesures prises et sur la nécessité d'en compenser les inconvénients par des indemnités. Ce chapitre donne un aperçu de la situation juridique correspondante.

4.5.1 Conditions requises pour justifier des restrictions à la propriété

En application du droit public, les restrictions de propriété doivent être légalement fondées, justifiées par l'intérêt public, conformes au principe de proportionnalité et compatibles avec les autres principes constitutionnels.

L'exigence d'une base légale est respectée, car l'Ordonnance sur la protection des eaux énumère de manière explicite les diverses mesures de protection à prendre. Les cantons peuvent les appliquer directement, sans même devoir les reprendre dans une loi d'exécution cantonale. Pour les aires d'alimentation, l'Ordonnance laisse en revanche aux cantons le soin de définir les mesures nécessaires pour assurer la protection des eaux.

4.5.2 Procédure et moyens de droit

Secteurs de protection des eaux

Les cartes de protection des eaux, avec leurs secteurs de protection des eaux, doivent être accessibles à tout le monde ; elles représentent une base d'information et servent de directives pour les autorités. Elles n'ont pas d'effet direct pour les propriétaires fonciers. Les cantons ne sont donc pas tenus de prévoir une possibilité de recours contre les secteurs de protection des eaux qu'ils déterminent. Il reste cependant toujours possible d'alléguer que certaines limites ne seraient pas placées au bon endroit, lors du dépôt d'une demande de permis de construire.

Zones et périmètres de protection des eaux souterraines

L'utilisation des biens-fonds est restreinte dans les zones et les périmètres de protection des eaux souterraines. Il s'agit là de décisions prises en application du droit fédéral, pour lesquelles existent des garanties minimales de procédure, à savoir :

- le droit d'être entendu, garanti par une notification personnelle ou par une mise à l'enquête publique assortie de la possibilité de faire opposition ;
- la communication de la décision par notification écrite ou par publication ;

- la possibilité de recours auprès d'un tribunal administratif cantonal.

Les cantons règlent librement la procédure y relative. Ils peuvent notamment déléguer à une autorité cantonale ou communale la compétence de déterminer les zones et les périmètres de protection des eaux souterraines.

4.5.3 Expropriation matérielle découlant de mesures de protection des eaux souterraines

Conformément à la jurisprudence fédérale, il y a expropriation matérielle – donc atteinte à la propriété foncière donnant lieu à indemnisation :

- soit lorsque la restriction est extrêmement intense, en ce sens qu'elle prive le propriétaire d'une part importante de son droit de propriété, donc lorsqu'il y a *atteinte grave* à ce droit ;
- soit lorsque la restriction est moins importante, mais que le propriétaire se voit tout de même considérablement limité dans l'exercice de ses droits et qu'un refus de l'indemniser reviendrait à lui imposer un *sacrifice particulier*, incompatible avec le principe du droit à l'égalité.

De ce point de vue, est protégée non seulement l'utilisation actuelle des biens-fonds, mais aussi leur utilisation future, pour autant que celle-ci apparaisse comme probable dans un avenir proche, au vu des circonstances.

En matière de protection des eaux, une expropriation matérielle va donc dépendre principalement de l'utilisation des biens-fonds considérés. L'exploitation agricole et sylvicole est en principe autorisée à l'intérieur des zones de protection S2 et S3 des eaux souterraines. Des mesures telles que l'interdiction ou la limitation d'utilisation de produits phytosanitaires et d'engrais peuvent toutefois diminuer les rendements ou compliquer le travail des exploitants.

4.5.4 Indemnités liées aux mesures de protection des eaux souterraines

Conformément à la jurisprudence concernant les indemnités à verser en cas de restriction au droit de propriété :

- Les restrictions prescrites dans le *secteur A_U de protection des eaux* et dans les « autres secteurs » ne représentent pas une atteinte grave au droit de propriété et n'imposent pas un sacrifice particulier aux propriétaires concernés, de sorte que les conditions d'un dédommagement ne sont pas remplies.
- Dans la *zone de protection éloignée S3*, les modes d'utilisation les plus dangereux sont interdits. Il peut en résulter une obligation d'indemnisation si cette restriction correspond à une atteinte grave au droit de propriété ou si elle représente un sacrifice particulier pour le propriétaire du bien-fonds concerné.
- A de très rares exceptions près, l'implantation de *constructions* et d'*installations* est interdite dans la *zone de protection rapprochée S2*. Une telle restriction justifie une indemnité si les biens-fonds concernés coïncident avec une zone à bâtir délimitée, déjà équipée ou sur le point de l'être. Une indemnité pour expropriation matérielle est également due, lorsqu'un terrain est exclu de la zone à bâtir, quand bien même il se prêterait à la construction et remplirait les conditions cor-

respondantes de la Loi sur l'aménagement du territoire (LAT). En revanche, il ne faut pas prévoir d'indemnité si la zone de protection S2 se trouve en forêt ou dans une zone agricole, où la construction n'est de toute façon tolérée que dans des buts bien définis.

- L'utilisation agricole du sol est restreinte dans la *zone de protection rapprochée S2* : en effet, l'application d'engrais de ferme liquides y est en principe interdit. Les cantons peuvent accorder des dérogations à ce principe, lorsqu'il est démontré que les épandages n'ont pas d'incidence sur l'approvisionnement en eau potable. De la même manière, seuls peuvent être utilisés les produits phytosanitaires suffisamment dégradables et peu mobiles, qui ne risquent pas d'atteindre les captages. Selon la jurisprudence du Tribunal fédéral, ces restrictions ne correspondent pas à une expropriation matérielle.
- L'interdiction de toute utilisation est la règle dans la *zone de captage S1*, ce qui équivaut à une expropriation matérielle. En général, la protection de cette zone n'est pas assurée par des restrictions d'utilisation, car le détenteur du captage acquière les biens-fonds correspondants.
- Par analogie, les restrictions imposées dans les *périmètres de protection des eaux souterraines* sont les mêmes qu'en zone S2. Dans le cas de périmètres provisoires, qui doivent encore faire l'objet de travaux de délimitation, la jurisprudence admet que les restrictions correspondantes ne constituent pas une expropriation matérielle, à condition de ne pas durer plus de 5 à 7 ans.

4.5.5 Fixation de l'indemnité

L'indemnité se calcule par la *méthode de la différence de valeur*¹, c'est-à-dire par *différence* entre la *valeur vénale actuelle* du biens-fonds considéré et sa *valeur vénale future*, donc avec les nouvelles restrictions d'utilisation.

L'évaluation tient compte des restrictions anciennes, imposées sans dédommagement aux propriétaires pour des raisons de police des constructions (p. ex. interdiction de construire en lisière de forêt), qui réduisent d'autant la valeur vénale actuelle².

4.5.6 Instance ou personne tenue de verser l'indemnité

La loi sur la protection des eaux ne précise pas dans quels cas les restrictions du droit de propriété prescrites pour la protection des eaux souterraines peuvent donner lieu à des dédommagements. Mais elle indique clairement qui doit assumer d'éventuelles indemnités en relation avec la détermination des zones³ et des périmètres⁴ de protection des eaux souterraines.

¹ ATF 98 Ia 386

² ATF 97 I 114

³ ATF 97 I 114

⁴ Art. 21 LEaux

Pour les *zones de protection des eaux souterraines*, ce sont les détenteurs des captages. Pour les *périmètres*, c'est provisoirement au canton de prendre en charge d'éventuelles indemnités, mais il est en droit de transférer ensuite la facture aux futurs propriétaires de captages et d'installations d'alimentation artificielle.

4.6 Détermination de l'état des eaux souterraines

Objectifs

L'état des eaux souterraines doit être déterminé à différents niveaux, pour reconnaître à temps les changements d'origine naturelle et artificielle qui pourraient les affecter. La surveillance des eaux souterraines est conçue comme un système d'alerte avancé, axé sur leur utilisation pour l'approvisionnement en eau. En cas de pollution, elle permet de procéder à des contrôles de qualité spécifiques jusqu'à la fin des opérations d'assainissement. Dans un cadre plus large, l'observation des eaux souterraines fournit des informations essentielles pour évaluer les effets des mesures de protection des eaux souterraines et pour intervenir si une évolution négative devait être constatée.

4.6.1 Compétences

Conformément à la Loi et à l'Ordonnance sur la protection des eaux, plusieurs acteurs sont impliqués dans l'observation et dans la surveillance des eaux souterraines :

- la Confédération en qualité d'autorité d'exécution de la Loi sur la protection des eaux pour les relevés d'intérêt national¹,
- les cantons en qualité d'autorités d'exécution de la législation sur la protection des eaux à l'échelon cantonal²,
- les propriétaires d'installations servant à l'approvisionnement en eau potable, tenus de faire les relevés nécessaires pour délimiter les zones de protection³ et de contrôler la qualité des eaux distribuées (législation sur les denrées alimentaires),
- les détenteurs et/ou exploitants d'installations ou de sites qui pourraient constituer un danger pour les eaux souterraines. Ils doivent effectuer les enquêtes nécessaires, prendre d'éventuelles mesures de protection et démontrer qu'ils respectent les exigences de la protection des eaux⁴.

¹ Art. 57 LEaux

² Art. 58 LEaux, art. 29, 31 et 32 CEaux

³ Art. 20 LEaux

⁴ Art. 32 CEaux ou art. 20 OSites

4.6.2 Observation et surveillance des eaux souterraines

Les objectifs à atteindre déterminent la structure et le mode d'exploitation des réseaux d'observation des eaux souterraines, le choix des paramètres, le type, la durée et la fréquence des mesures, ainsi que le nombre et la précision des données à récolter.

Observation des eaux souterraines par la Confédération

Pour remplir son mandat légal, la *Confédération* exploite plusieurs réseaux nationaux d'observation :

- le réseau national d'observation du niveau des eaux souterraines NABESS ;
- le réseau national d'observation de la qualité des eaux souterraines NAQUA, avec un programme NAQUA_{TREND} destiné à suivre l'évolution à long terme de la qualité des eaux souterraines, et un programme NAQUA_{SPE} servant à l'analyse de questions particulières (p. ex. influence de l'agriculture ou des transports).

Observation et surveillance des eaux souterraines par les cantons

Les *cantons* procèdent à l'observation et à la surveillance des eaux souterraines sur leur territoire, en vue :

- d'établir un inventaire des nappes d'eaux souterraines ;
- de déterminer les secteurs de protection des eaux (A_U), les aires d'alimentation (Z_U) et les périmètres de protection des eaux souterraines ;
- de protéger les nappes d'eaux souterraines.

A l'échelle régionale, les observations s'étalent dans le temps. Elles permettent de déterminer l'état naturel des nappes d'eaux souterraines et de reconnaître l'impact des activités humaines sur leur évolution quantitative et qualitative.

L'observation à long terme des eaux souterraines passe par l'organisation d'un réseau de stations représentatives (puits, sources, piézomètres), implantées dans les principales unités hydrogéologiques. Ce réseau doit comprendre aussi bien des points de référence non influencés que des stations de mesure situées dans des régions fortement exposées aux activités humaines. Les observations effectuées à l'échelle régionale sont conçues pour reconnaître les changements à long terme de l'environnement ; elles doivent donc se faire suivant un programme souple, facilement adaptable aux changements observés. De nombreux paramètres doivent être pris en compte au début des mesures, pour caractériser les nappes d'eaux souterraines (définition d'un état de référence). A la fin de chaque étape, le programme est adapté aux résultats obtenus.

Un concept d'observation et de surveillance évolutif comprend deux composantes :

L'*observation de routine* permet de comparer les différentes nappes d'eaux souterraines et de reconnaître à temps les situations critiques. Elle s'applique autant que possible à l'ensemble du réseau.

Une *surveillance spécifique* implique une intensification des prélèvements et un choix plus large de paramètres ; elle se prête à la résolution de problèmes particuliers et s'applique par exemple :

- à l'ensemble du réseau, lorsqu'il s'agit de suivre l'évolution d'un ou de plusieurs paramètres particuliers ;
- de façon ciblée, lorsqu'il s'agit de suivre l'évolution locale de la qualité des eaux souterraines exposées à un danger potentiel particulier.

Surveillance des eaux souterraines par les détenteurs de captages

En complément à la surveillance exercée par les cantons, il est recommandé aux détenteurs de captages de contrôler la qualité des eaux non seulement au captage, mais également en amont.

Dans leur propre intérêt, ils devraient également vérifier régulièrement l'état des terrains correspondants aux zones de protection, pour s'assurer que leurs captages ne sont pas menacés et que les règlements enregistrés sont bien respectés. Il est souhaitable que les distributeurs d'eau s'associent aux autorités cantonales compétentes pour établir des plans de surveillance. Les contrôles comprennent des inspections régulières des bassins d'alimentation des captages et des zones de protection, avec des prélèvements d'eaux souterraines et, éventuellement, de sols.

Ce type de surveillance poursuit notamment les objectifs suivants :

- acquisition d'informations sur le bassin d'alimentation des captages ;
- vérification des zones de protection délimitées ;
- contrôle des restrictions imposées dans les zones de protection ;
- diagnostic précoce des impacts de l'exploitation des captages sur les eaux souterraines (variations des niveaux piézométriques et de la qualité des eaux captées).

La surveillance d'un captage va dépendre des caractéristiques de l'ouvrage et des conditions hydrogéologiques locales. A défaut d'informations suffisantes, le détenteur du captage mandate un spécialiste pour procéder aux études nécessaires, notamment pour des analyses physiques, chimiques et bactériologiques détaillées des eaux souterraines, à effectuer dans différentes situations météorologiques.

Les résultats obtenus permettent d'élaborer un programme de surveillance adapté au captage et aux dangers potentiels recensés dans son bassin d'alimentation. Les paramètres à mesurer et la fréquence des prélèvements d'échantillons sont alors adaptés aux caractéristiques du bassin d'alimentation et aux conditions météorologiques.

Surveillance des eaux souterraines par les détenteurs de sites pollués, de constructions et d'installations

En présence d'un foyer de pollution actif (p. ex. un site pollué ou un site contaminé), les eaux souterraines doivent faire l'objet d'une surveillance, au moyen d'une ou de plusieurs stations d'observation implantées entre le captage menacé et le foyer de pollution. Le détenteur en charge de la surveillance (responsable de la pollution) est tenu de procéder aux contrôles nécessaires aussi longtemps qu'un risque de pollution des eaux souterraines subsiste.

Réalisée à titre de *mesure d'accompagnement*, en relation avec des travaux de construction ou avec l'exploitation d'installations, la surveillance des eaux souterraines remplit plusieurs fonctions :

- collecte de preuves par anticipation (p. ex. constat d'impacts sur un captage, indemnités à verser) ;
- contrôle d'efficacité des mesures prescrites pour protéger une nappe d'eaux souterraines exploitée ou exploitable (étude de l'impact sur l'environnement, procédure d'approbation des plans) ;
- constatation d'atteintes aux eaux souterraines par la construction ou l'exploitation d'une installation.

A ce titre, les eaux souterraines sont contrôlées tant au plan qualitatif qu'au plan quantitatif et les résultats des mesures enregistrés. Pour cela il convient de reconnaître et d'évaluer les dangers potentiels et, pour faire face à des risques particuliers, d'arrêter des mesures de prévention et de protection des eaux souterraines doivent être planifiées.

L'espace à surveiller varie en fonction des conditions hydrogéologiques et de la nature du projet. En tous les cas, il inclut les eaux souterraines situées en amont et en aval du projet. Les mesures effectuées en amont servent de référence. En aval, une distinction est faite entre les eaux souterraines proches de l'installation et celles situées à plus grande distance :

Dans le premier cas, les contrôles servent à reconnaître d'éventuels dommages liés à la réalisation du projet (contrôle des émissions) et à choisir les mesures de correction les mieux appropriées (intervention). Le nombre de stations de surveillance varie en fonction du danger potentiel et des conditions hydrogéologiques. La surveillance effectuée à plus grande distance permet de vérifier l'efficacité des mesures prises pour protéger les eaux souterraines.

L'état initial des eaux souterraines est déterminé et enregistré avant le début des travaux, de sorte à pouvoir discerner d'éventuels changements et apprécier l'opportunité des mesures prises. La surveillance porte sur une période d'un an au moins pour les projets importants.

Dans la phase de chantier ou en cours d'exploitation, la fréquence des observations dépend de l'exposition au danger, des fluctuations naturelles des paramètres mesurés, de la vitesse d'écoulement des eaux souterraines et du temps nécessaire pour intervenir en cas d'accident. Les mesures sont plus fréquentes à proximité qu'à distance. Il peut être utile de procéder à une surveillance continue des principaux paramètres, au moyen de systèmes d'enregistrement automatiques.

Le choix des paramètres dépend de la situation et de la nature du projet. Il est souvent judicieux de mesurer des paramètres globaux (p. ex. conductivité électrique, DOC, hydrocarbures totaux) de façon continue ou à intervalles rapprochés, pour détecter rapidement une tendance au changement, et d'effectuer de temps à autre des analyses plus détaillées.

4.6.3 Préparation, exécution, exploitation et interprétation d'une campagne d'observation / de surveillance des eaux souterraines

Concept	<p>Avant de passer à l'observation proprement dite, il convient de fixer les objectifs à atteindre et les moyens pour y parvenir :</p> <ul style="list-style-type: none">• extension, nature et densité du réseau ;• fréquence, type et durée des mesures ;• paramètres et données à relever ;• nombre et précision des données à relever ;• éventuellement : valeurs d'alerte et mesures à prendre en cas de dépassement ;• méthodes de mise en valeur et d'interprétation, contrôles de qualité.
Phase d'observation de surveillance ; acquisition de données	<p>Les données nécessaires sont acquises durant la <i>phase d'observation / de surveillance</i>, conformément au programme choisi. Il est alors important de prélever les échantillons suivant les règles de l'art et avec soin [OFEFP Bib. 7], d'utiliser des méthodes d'analyse adaptées aux objectifs fixés, de procéder à des contrôles de qualité et d'organiser l'enregistrement des résultats de manière à faciliter leur utilisation future.</p>
Mise en valeur et interprétation	<p>La phase d'observation est suivie d'une <i>phase de mise en valeur et d'interprétation des données brutes</i>, aussi importante que l'acquisition des données et organisée de la manière suivante :</p> <ul style="list-style-type: none">• enregistrement de tous les relevés dans des bases de données ;• validation (vérification) des données (méthodes hydrochimiques, telles que bilan ionique ou contrôle de paramètres contradictoires, méthodes statistiques, telles qu'analyse des valeurs extrêmes) ;• établissement de tableaux synoptiques des données relevées, avec indications concernant les conditions d'acquisition, ainsi que les méthodes de mesure et d'analyse ;• recensement de phénomènes locaux importants ;• interprétation des variations saisonnières ;• interprétation des tendances observées ;• illustration des interprétations (graphiques, cartes) ; <p>Suivant les résultats obtenus, la surveillance ou l'observation doit être poursuivie, adaptée ou interrompue. Les mesures à prendre découlent le cas échéant de l'interprétation.</p>

4.7 Recommandations pour la mise en application de la protection des eaux souterraines

La délimitation des secteurs de protection des eaux, des aires d'alimentation et des zones de protection des eaux souterraines et leur représentation sur plan ne suffisent pas à elles seules à assurer la protection des eaux souterraines. Celle-ci dépend en effet surtout de la mise en oeuvre des mesures de protection.

Voici quelques recommandations, suggestions et indications y relatives.

Information des instances et personnes concernées

Il faut que tous les acteurs coopèrent, que les autorités et les détenteurs d'installations d'approvisionnement en eau suivent une politique d'information axée sur l'ouverture et la transparence, pour que l'ensemble des milieux concernés – agriculteurs, forestiers ou détenteurs de constructions et d'installations – comprennent bien la stratégie officielle, les restrictions qui leur sont imposées et les conditions à remplir pour que leurs activités ménagent les eaux souterraines.

Les propriétaires et exploitants des parcelles situées dans les zones de protection des eaux souterraines sont les plus touchés ; viennent ensuite ceux concernés par les aires d'alimentation. Il vaut la peine d'informer ces personnes assez tôt (droit d'être entendu), soit dès que les zones de protection sont délimitées et qu'un projet de règlement des zones de protection est disponible, en tous les cas avant de leur notifier une décision en constatation sous pli recommandé. La meilleure solution consiste à organiser une séance d'information, où l'hydrogéologue responsable des études et les représentants du service cantonal de la protection des eaux expliquent la délimitation des zones de protection, justifient les mesures proposées et répondent aux questions.

Un service de consultation représente à cet égard un instrument très utile, pour aider les personnes concernées à appliquer les mesures de protection des eaux souterraines et pour les soutenir dans les cas difficiles.

Sensibilisation de l'opinion publique

Le public est concerné à deux titres par la protection des eaux souterraines : comme consommateur d'eau potable d'une part et comme pollueur potentiel (agriculteur, exploitant de station-service, automobiliste, maître d'ouvrage ou exploitant de gravière) d'autre part.

Il convient par conséquent de sensibiliser la population à la protection des eaux souterraines, au moyen par exemple de feuilles d'information, d'exposés ou d'articles de presse. Des avis devraient également être diffusés à intervalles réguliers sur le règlement des zones de protection, ainsi qu'au sujet des problèmes recensés et de l'évolution observée dans ces zones. L'information s'adressera tout particulièrement aux branches d'activité qui impliquent d'importants risques de pollution des eaux souterraines.

Détermination des zones de protection des eaux souterraines

La procédure de détermination des zones de protection et les voies de droit correspondantes sont réglées au plan cantonal ; les services de la protection des eaux informent à ce sujet. La décision de légalisation précise qui est chargé de

l'application et du contrôle des mesures de protection ; cette responsabilité est généralement assumée conjointement par les autorités de la commune concernée et par le détenteur du captage.

Il apparaît utile de baliser les zones de protection sur le terrain, en marquant leurs limites ou certains points singuliers par des moyens appropriés, comme cela se fait par exemple pour les réserves naturelles. Ces repères peuvent être discrets -bornes, tuyaux enterrés dans lesquels l'exploitant des biens-fonds peut, en cas de besoin, implanter des jalons- ou confondus avec des éléments naturels marquants (blocs erratiques, haies, etc.). Il est également possible de signaler la présence des zones de protection avec des panneaux explicatifs (p. ex. *Vous pénétrez sur le territoire d'où provient l'eau potable qui alimente la commune de Maisonromaine*).

**Contrôle et surveillance
des zones de protection**

A partir de l'instant où les zones de protection sont légalisées, les propriétaires de captages contrôlent régulièrement l'utilisation des biens-fonds correspondants et veillent au respect du règlement, en s'aidant d'un plan de surveillance. Ils dénoncent immédiatement les infractions aux autorités compétentes.

La surveillance des zones de protection sert non seulement à vérifier que les prescriptions en vigueur sont respectées, mais aussi à repérer sans retard les activités susceptibles de porter atteinte aux eaux souterraines et à y remédier. Les efforts à consentir pour le contrôle et la protection des captages seront plus importants, si les conditions géomorphologiques et hydrogéologiques locales impliquent de faibles temps de séjour des eaux dans le sous-sol.

Dans les zones de protection, les projets de construction sont soumis à une autorisation des autorités compétentes¹. Ces dernières associent les détenteurs de captages au processus de décision pour toutes les implantations et interventions qui présentent un danger pour les eaux souterraines. Les détenteurs de captages ont également leur mot à dire lors du contrôle et de la surveillance des travaux.

Le règlement des zones de protection est réexaminé une fois tous les dix ans au moins, pour apprécier s'il est encore adapté aux risques effectifs et si les mesures prescrites correspondent encore bien à l'état de la technique. Le cas échéant, il est remis à jour.

**Surveillance de la qualité
des eaux souterraines**

La surveillance exercée sur les eaux souterraines par les détenteurs de captages revêt une importance particulière ; elle sert notamment au diagnostic précoce des pollutions. Pour le cas où des eaux souterraines seraient polluées au point de gêner gravement l'approvisionnement en eau potable, il faudrait appliquer les mesures prévues dans le plan d'alarme ou dans le règlement du service des eaux.

**Information à la
population**

La population doit être informée des résultats de la surveillance exercée sur les eaux souterraines. Les personnes touchées par les restrictions d'utilisation voient ainsi leurs efforts couronnés de succès et leur motivation augmenter, tandis que les consommateurs peuvent se convaincre de la qualité de l'eau potable qu'ils reçoivent.

¹ Art. 19 LEaux

Annexes

A1 Valeurs indicatives pour la qualité des eaux souterraines

L'Ordonnance sur la protection des eaux (annexe 2, ch. 22) énumère les exigences chiffrées applicables aux eaux souterraines utilisées comme eau potable ou réservées à cet effet. Cette liste de paramètres est complétée ci-dessous. En règle générale, les valeurs proposées correspondent aux limites au-delà desquelles il y a lieu de supposer que les eaux souterraines sont polluées. Si des eaux souterraines exploitées ou exploitables ne satisfont pas à ces exigences et si le dépassement n'est pas d'origine naturelle, il convient, en vertu de l'article 47 CEaux, de déterminer la nature, l'ampleur et les causes de la pollution et de prendre les mesures nécessaires (voir chap. 1.4.4).

Paramètres physiques

Température	écart d'au moins 3 °C par rapport à l'état naturel
Turbidité	<1 UT/F
pH	écart d'au moins 0,5 par rapport à l'état naturel

Constituants principaux et secondaires

Calcium (Ca ²⁺)	40 mg/l de plus qu'à l'état naturel
Magnésium (Mg ²⁺)	10 mg/l de plus qu'à l'état naturel
Sulfates (SO ₄ ²⁺)	<40 mg/l (1)
Silice dissoute (H ₄ SiO ₄)	10 mg/l de plus qu'à l'état naturel
Baryum (Ba ²⁺)	0,5 mg/l de plus qu'à l'état naturel
Sodium (Na ⁺)	25 mg/l de plus qu'à l'état naturel
Potassium (K ⁺)	5 mg/l de plus qu'à l'état naturel
Chlorures (Cl ⁻)	<40 mg/l (1)
Fluorures (F ⁻)	0,5 mg/l de plus qu'à l'état naturel
Bromures (Br ⁻)	0,05 mg/l de plus qu'à l'état naturel
Nitrates (NO ₃ ⁻)	<25 mg/l (1)
Ammonium (NH ₄ ⁺)	<0,1 mg/l (1) dans des conditions oxydantes <0,5 mg/l (1) dans des conditions anoxiques
Nitrites (NO ₂ ⁻)	0,05 mg/l de plus qu'à l'état naturel
Phosphates (o-PO ₄ ³⁻)	0,05 mg/l de P de plus qu'à l'état naturel
Cyanures (CN ⁻)	<0,025 mg/l
Saturation en oxygène (O ₂)	>20%
Fer (Fe) dissous	0,3 mg/l de plus qu'à l'état naturel
Manganèse (Mn) dissous	0,05 mg/l de plus qu'à l'état naturel
Carbone organique dissous (DOC)	<2 mg/l (1)

¹ Valeurs figurant en annexe 2, ch. 22, CEaux.

Eléments en traces

Bore (B)	<0,05 mg/l de plus qu'à l'état naturel
Zinc (Zn) dissous	<5 µg/l
Cuivre (Cu) dissous	<2 µg/l
Nickel (Ni) dissous	<5 µg/l
Plomb (Pb) dissous	<1 µg/l
Cadmium (Cd) dissous	<0,05 µg/l
Mercuré (Hg) dissous	<0,01 µg/l
Arsenic (As)	<5 µg/l
Sélénium (Se)	<5 µg/l
Chrome (Cr)	<2 µg/l

Substances organiques naturelles et de synthèse

Composés organiques halogénés adsorbables (AOX)	<10 µg/l (1)
AOX, y compris HHV	<10 µg/l
Phénols volatils (entraînés à la vapeur)	<5 µg/l
Hydrocarbures aromatiques monocycliques (BTEX)	<1 µg/l pour chaque substance (1)
Hydrocarbures aliphatiques	<1 µg/l pour chaque substance (1)
Hydrocarbures halogénés volatils (HHV)	<1 µg/l pour chaque substance (1)
Chlorure de vinyle	<0,1 µg/l
Pesticides	<0,1 µg/l pour chaque substance (1), somme <0,5 µg/l
Composés nitro-aromatiques totaux	<0,5 µg/l
EDTA et complexants de structure analogue	<5 µg/l pour chaque substance
NTA	<3 µg/l
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	<0,1 µg/l pour chaque substance (1)
Benzo(a)pyrène	<0,01 µg/l
Méthyl-tert-butyléther (MTBE)	<2 µg/l
Chlorophénols	absence d'odeur
Pentachlorophénol	<0,1 µg/l
Chlorobenzène	<1 µg/l pour chaque substance
Di(2-éthylhexyl)-phtalate (DEHP)	<1 µg/l
Amines aromatiques	<0,1 µg/l pour chaque substance, somme <0,5 µg/l
Triazoles benzéniques	<1 µg/l pour chaque substance
Acides halogénés	<0,5 µg/l pour chaque substance

¹ Valeurs figurant en annexe 2, ch. 22, ŒEaux.

A2 Législation relative à la protection des eaux souterraines

Loi sur la protection
des eaux (LEaux)

Art. 3 Devoir de diligence

Chacun doit s'employer à empêcher toute atteinte nuisible aux eaux en y mettant la diligence qu'exigent les circonstances.

Art. 3a Principe de causalité

Celui qui est à l'origine d'une mesure prescrite par la présente loi en supporte les frais.

Art. 6 Principe

¹ Il est interdit d'introduire directement ou indirectement dans une eau des substances de nature à la polluer ; l'infiltration de telles substances est également interdite.

² De même, il est interdit de déposer et d'épandre de telles substances hors d'une eau s'il existe un risque concret de pollution de l'eau.

Art. 19 Secteurs de protection des eaux

¹ Les cantons subdivisent leur territoire en secteurs de protection en fonction des risques auxquels sont exposées les eaux superficielles et les eaux souterraines. Le Conseil fédéral édicte les prescriptions nécessaires.

² Dans les secteurs particulièrement menacés, la construction et la transformation de bâtiments et d'installations, ainsi que les fouilles, les terrassements et autres travaux analogues ne peuvent être entrepris qu'après l'octroi d'une autorisation cantonale.

Art. 20 Zones de protection des eaux souterraines

¹ Les cantons délimitent des zones de protection autour des captages et des installations d'alimentation artificielle des eaux souterraines qui sont d'intérêt public ; ils fixent les restrictions nécessaires du droit de propriété.

² Les détenteurs de captages d'eaux souterraines sont tenus :

- a. de faire les relevés nécessaires pour délimiter les zones de protection ;
- b. d'acquérir les droits réels nécessaires ;
- c. de prendre à leur charge les indemnités à verser en cas de restriction du droit de propriété.

Art. 21 Périmètres de protection des eaux souterraines

¹ Les cantons délimitent les périmètres importants pour l'exploitation et l'alimentation artificielle futures des nappes souterraines. Dans ces périmètres, il est interdit de construire des bâtiments, d'aménager des installations ou d'exécuter des travaux qui pourraient compromettre l'établissement futur d'installations servant à l'exploitation ou à l'alimentation artificielle des eaux souterraines.

² Les cantons peuvent mettre à la charge des futurs détenteurs de captages d'eaux souterraines et d'installations d'alimentation artificielle des eaux souterraines les indemnités à verser en cas de restriction du droit de propriété.

Art. 43 Protection des nappes d'eaux souterraines

- ¹ Les cantons veillent à ce que les prélèvements opérés dans une nappe souterraine ne soient pas supérieurs à la quantité d'eau qui l'alimente. Les prélèvements peuvent toutefois excéder temporairement les apports, à condition qu'ils ne portent préjudice ni à la qualité des eaux souterraines, ni à la végétation.
- ² Les cantons veillent à améliorer, dans toute la mesure du possible, l'état des nappes souterraines lorsqu'elles sont surexploitées ou que leur alimentation a été réduite, en diminuant les prélèvements, en alimentant artificiellement les nappes ou en stockant de l'eau potable dans le sous-sol.
- ³ La création de communications permanentes entre des nappes souterraines est interdite si une telle intervention peut diminuer les réserves en eaux souterraines ou altérer leur qualité.
- ⁴ Les constructions ne doivent pas avoir pour effet de réduire de façon notable et permanente la capacité du réservoir, ni l'écoulement des nappes souterraines exploitables.
- ⁵ Les ouvrages de retenue de faible hauteur ne doivent pas affecter gravement les nappes souterraines, ni la végétation qui dépend du niveau de ces nappes. L'autorité peut autoriser des exceptions pour les installations existantes.
- ⁶ Le drainage d'une région provoquant, sur une grande surface, la baisse du niveau des nappes souterraines n'est autorisé que s'il représente le seul moyen de maintenir l'exploitation de terres agricoles.

Art. 44 Exploitation de gravier, de sable ou d'autres matériaux

- ¹ Quiconque entend exploiter du gravier, du sable ou d'autres matériaux ou entreprendre des fouilles préliminaires à cette fin doit obtenir une autorisation.
- ² Ces exploitations ne sont pas autorisées :
 - a. dans les zones de protection des eaux souterraines ;
 - b. au-dessous du niveau des nappes souterraines exploitées ;
 - c. dans les cours d'eau, lorsque le débit solide charrié ne compense pas les prélèvements.
- ³ L'exploitation de matériaux peut être autorisée au-dessus de nappes souterraines exploitables à condition qu'une couche protectrice de matériau soit maintenue au-dessus du niveau le plus élevé que la nappe peut atteindre. L'épaisseur de cette couche sera fixée en fonction des conditions locales.

Art. 29 Détermination des secteurs de protection des eaux et délimitation des zones et des périmètres de protection des eaux souterraines

¹ Lorsqu'ils subdivisent leur territoire en secteurs de protection des eaux (art. 19 LEaux), les cantons déterminent les secteurs particulièrement menacés et les autres secteurs. Les secteurs particulièrement menacés décrits à l'annexe 4, ch. 11, comprennent :

- a. le secteur A_U de protection des eaux, destiné à protéger les eaux souterraines exploitables ;
- b. le secteur A_O de protection des eaux, destiné à protéger la qualité des eaux superficielles, si cela est nécessaire pour garantir une utilisation particulière des eaux ;
- c. l'aire d'alimentation Z_U, destinée à protéger la qualité des eaux qui alimentent des captages d'intérêt public, existants et prévus, si l'eau est polluée par des substances dont la dégradation ou la rétention sont insuffisantes, ou si de telles substances présentent un danger concret de pollution ;
- d. l'aire d'alimentation Z_O, destinée à protéger la qualité des eaux superficielles, si l'eau est polluée par des produits phytosanitaires (...) ou des éléments fertilisants, entraînés par ruissellement.

² Ils délimitent, en vue de protéger les eaux du sous-sol qui alimentent des captages et des installations d'alimentation artificielle d'intérêt public, les zones de protection des eaux souterraines (art. 20 LEaux) décrites dans l'annexe 4, ch. 12. Ils peuvent également délimiter des zones de protection des eaux souterraines pour des captages et des installations d'alimentation artificielle d'intérêt public prévus, dont la localisation et la quantité à prélever sont fixées.

³ Ils délimitent, en vue de protéger les eaux souterraines destinées à être exploitées, les périmètres de protection des eaux souterraines (art. 21 LEaux) décrits dans l'annexe 4, ch. 13.

⁴ Pour déterminer les secteurs de protection des eaux et délimiter les zones et périmètres de protection des eaux souterraines, ils s'appuient sur les informations hydrogéologiques disponibles ; si ces dernières ne suffisent pas, ils veillent à procéder aux investigations hydrogéologiques nécessaires.

Art. 30 Cartes de protection des eaux

¹ Les cantons établissent des cartes de protection des eaux et les adaptent en fonction des besoins. Ces dernières comportent au moins :

- a. les secteurs de protection des eaux ;
- b. les zones de protection des eaux souterraines ;
- c. les périmètres de protection des eaux souterraines ;
- d. les résurgences, les captages et les installations d'alimentation artificielle importants pour l'approvisionnement en eau.

² Les cartes de protection des eaux sont accessibles au public. Les cantons remettent à l'office et à chaque canton limitrophe concerné un exemplaire des cartes des zones de protection des eaux (y compris les modifications).

Art. 31 Mesures de protection

¹ Quiconque construit ou transforme des installations dans un secteur particulièrement menacé (art. 29, al. 1) ainsi que dans une zone ou dans un périmètre de protection des eaux souterraines, ou y exerce d'autres activités présentant un danger pour les eaux, doit prendre les mesures qui s'imposent en vue de protéger les eaux ; ces mesures consistent en particulier :

- a. à prendre les mesures exigées dans l'annexe 4, ch. 2 ;
- b. à installer des dispositifs de surveillance, d'alarme et de piquet.

² L'autorité veille :

- a. à ce que pour les installations existantes qui sont situées dans les zones définies à l'al. 1 et présentent un danger concret de pollution des eaux, les mesures nécessaires à la protection des eaux, en particulier celles qui sont mentionnées dans l'annexe 4, ch. 2, soient prises ;
- b. à ce que les installations existantes qui sont situées dans les zones S1 et S2 de protection des eaux souterraines et menacent un captage ou une installation d'alimentation artificielle soient démantelées dans un délai raisonnable, et à ce que d'autres mesures propres à protéger l'eau potable, en particulier l'élimination des germes ou la filtration, soient prises dans l'intervalle.

Art. 32 Autorisations pour les installations et les activités dans les secteurs particulièrement menacés

¹ Dans les secteurs particulièrement menacés, une autorisation au sens de l'art. 19, al. 2, LEaux, est requise pour la construction ou la transformation d'installations (y compris les installations de stockage de denrées alimentaires et fourragères ou d'engrais de ferme liquides) qui présentent un danger pour les eaux.

² Dans les secteurs particulièrement menacés A_U et Z_U, une autorisation est requise en particulier pour :

- a. les ouvrages souterrains ;
- b. les installations portant atteinte aux couches de couverture ou au substratum imperméable ;
- c. l'exploitation des eaux du sous-sol (y compris à des fins de chauffage et de refroidissement) ;
- d. les drainages et les irrigations permanents ;
- e. les mises à découvert de la nappe phréatique ;
- f. les forages.

³ Si une autorisation est requise, le requérant est tenu de prouver que les exigences de protection des eaux sont respectées et de produire les documents nécessaires (le cas échéant, le résultat des investigations hydrogéologiques).

⁴ L'autorité accorde l'autorisation lorsque, en posant des obligations et des conditions, il est possible de garantir une protection des eaux suffisante ; elle fixe aussi les exigences relatives à la mise hors service des installations.

Annexe 1 CEaux

Annexe 1, ch. 2 Eaux souterraines

- ¹ Les biocénoses des eaux souterraines doivent :
 - a. être d'aspect naturel et adaptées au milieu ;
 - b. être typiques d'une eau peu ou non polluée.
- ² L'aquifère (section d'écoulement, perméabilité), le substratum imperméable et les couches de couverture ainsi que le régime des eaux du sous-sol (niveaux, régime hydraulique) doivent présenter des caractéristiques proches de l'état naturel. Ils doivent en particulier garantir sans restriction l'auto-épuration par des processus naturels et les interactions de l'eau et de l'environnement.
- ³ La qualité des eaux du sous-sol doit être telle que :
 - a. la température présente des caractéristiques proches de l'état naturel ;
 - b. l'eau ne contienne pas de substances de synthèse persistantes ;
 - c. d'autres substances pouvant polluer les eaux et y aboutir par suite de l'activité humaine :
 - ne s'accumulent pas dans la biocénose ni dans la matière inerte de l'aquifère ;
 - aient des concentrations qui se situent dans la fourchette des concentrations naturelles lorsqu'elles sont déjà présentes dans les eaux du sous-sol à l'état naturel ;
 - ne se trouvent pas dans les eaux du sous-sol lorsqu'elles n'y sont pas présentes à l'état naturel ;
 - n'aient pas d'effet néfaste sur l'exploitation des eaux du sous-sol.

Annexe 2 CEaux

Annexe 2, ch. 2 Eaux souterraines

Annexe 2, ch. 21 Exigences générales

- ¹ La concentration de substances pour lesquelles des exigences chiffrées sont fixées au ch. 22 ne doit pas continuellement augmenter dans les eaux du sous-sol.
- ² La qualité des eaux du sous-sol doit être telle que ces dernières ne polluent pas les eaux de surface lors de l'exfiltration.
- ³ L'apport ou le prélèvement de chaleur ne doit pas modifier la température naturelle des eaux du sous-sol de plus de 3 °C ; les fluctuations de température localement très limitées sont réservées.
- ⁴ L'infiltration d'eaux à évacuer ne doit entraîner dans les eaux souterraines :
 - a. aucune altération gênante de l'odeur de l'eau par rapport à l'état naturel ;
 - b. aucun manque d'oxygène ni altération du pH de l'eau ;
 - c. aucune turbidité ni coloration de l'eau, sauf dans le cas des eaux présentes dans les roches compactes.
- ⁵ Les installations d'infiltration, le prélèvement d'eau et les autres interventions liées à la construction doivent autant que possible ne pas endommager les couches de couverture protectrices ni modifier l'hydrodynamique au point d'entraîner des effets nuisibles sur la qualité de l'eau.

Annexe 2, ch. 22 Exigences supplémentaires pour les eaux du sous-sol utilisées comme eau potable ou destinées à l'être

¹ La qualité de l'eau doit être telle qu'après un procédé de traitement simple, l'eau respecte les exigences de la législation sur les denrées alimentaires.

² Les exigences chiffrées suivantes sont applicables ; les conditions naturelles particulières sont réservées. Pour les substances provenant de sites pollués, les présentes exigences ne s'appliquent pas en aval de ces sites dans la zone où la majeure partie de ces substances sont dégradées ou retenues.

Nr.	Paramètres	Exigences
1	Carbone organique dissous (COD)	2 mg/l C
2	Ammonium (somme de $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ et $\text{NH}_3\text{-N}$)	Dans des conditions oxydantes : 0,08 mg/l N (correspond à 0,1 mg/l ammonium) Dans des conditions anoxiques : 0,4 mg/l N (correspond à 0,5 mg/l ammonium)
3	Nitrate ($\text{NO}_3^- - \text{N}$)	5,6 mg/l N (correspond à 25 mg/l nitrate)
4	Sulfate (SO_4^{2-})	40 mg/l SO_4^{2-}
5	Chlorure (Cl^-)	40 mg/l Cl^-
6	Hydrocarbures aliphatiques	0,001 mg/l pour chaque substance
7	Hydrocarbures aromatiques monocycliques	0,001 mg/l pour chaque substance
8	Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	0,1 $\mu\text{g/l}$ pour chaque substance
9	Hydrocarbures halogénés volatils (HHV)	0,001 mg/l pour chaque substance
10	Composés organiques halogénés adsorbables (AOX)	0,01 mg/l X
11	Pesticides organiques (produits phytosanitaires visés à l'annexe 4.3 de l'Osubst, produits de conservation du bois, antifouling, etc.)	0,1 $\mu\text{g/l}$ pour chaque substance. Sont réservées les autres exigences fixées sur la base de l'appréciation des différentes substances dans le cadre de la procédure d'autorisation

Annexe 4, ch. 1 Détermination des secteurs de protection des eaux particulièrement menacés et délimitation de zones et de périmètres de protection des eaux souterraines

Annexe 4, ch. 11 Secteurs de protection des eaux particulièrement menacés

Annexe 4, ch. 111 Secteur A_U de protection des eaux

¹ Le secteur A_U de protection des eaux comprend les eaux souterraines exploitables ainsi que les zones attenantes nécessaires à leur protection.

² Pour être considérée comme exploitable ou propre à l’approvisionnement en eau, une eau souterraine doit, naturellement ou à la suite d’une alimentation artificielle :

- a. exister en quantité suffisante pour être exploitée, les besoins n’étant pas pris en considération, et
- b. respecter, au besoin après application d’un traitement simple, les exigences fixées pour l’eau potable dans la législation sur les denrées alimentaires.

Annexe 4, ch. 112 Secteur A_O de protection des eaux

Le secteur A_O de protection des eaux comprend les eaux superficielles et leur zone littorale, dans la mesure où cela est nécessaire pour garantir une utilisation particulière.

Annexe 4 ch. 113 Aire d’alimentation Z_U

L’aire d’alimentation Z_U couvre la zone où se reforment, à l’étiage, environ 90% des eaux du sous-sol pouvant être prélevées au maximum par un captage. Lorsque la détermination de la zone exige un travail disproportionné, l’aire d’alimentation Z_U couvre tout le bassin d’alimentation du captage.

Annexe 4, ch. 114 Aire d’alimentation Z_O

L’aire d’alimentation Z_O couvre le bassin d’alimentation duquel provient la majeure partie de la pollution des eaux superficielles.

Annexe 4, ch. 12 Zones de protection des eaux souterraines

Annexe 4 ch. 121 Généralités

¹ Les zones de protection des eaux souterraines se composent de la zone de captage (zone S1), de la zone de protection rapprochée (zone S2) et de la zone de protection éloignée (zone S3). Pour les eaux du sous-sol en milieu karstique ou fissuré, il n’est pas nécessaire de délimiter la zone S3 si la désignation d’une aire d’alimentation Z_U permet d’assurer une protection équivalente.

² Pour les eaux du sous-sol présentes dans les roches meubles, le dimensionnement des zones S2 et S3 est déterminé par la quantité maximale pouvant être prélevée et sur la base d’une situation d’étiage.

³ Pour les eaux du sous-sol en milieu karstique ou fissuré, le dimensionnement des zones de protection des eaux souterraines est déterminé par la vulnérabilité du bassin d’alimentation du captage ou de l’installation d’alimentation artificielle. La vulnérabilité est déterminée selon les critères suivants :

- a. formation des roches proches de la surface, telles qu’épikarst et zone désagrégée ;
- b. formation des couches de couverture ;
- c. conditions d’infiltration ;
- d. formation du système karstique ou des systèmes de discontinuité.

Annexe 4, ch. 122 Zone de captage (zone S1)

- ¹ La zone S1 doit empêcher que les captages et les installations d'alimentation artificielle ainsi que leur environnement immédiat soient endommagés ou pollués.
- ² Elle comprend le captage ou l'installation d'alimentation artificielle, la zone désagrégée par les travaux de forage ou de construction et, au besoin, l'environnement immédiat des installations.
- ³ Pour les eaux du sous-sol en milieu karstique ou fissuré, elle couvre encore d'autres zones :
 - a. si ces dernières présentent une vulnérabilité particulièrement forte (p. ex. ponnors, dolines, fissures et zones tectonisées), et
 - b. si l'existence d'une liaison directe entre ces zones et le captage ou l'installation d'alimentation artificielle est prouvée ou doit être présumée.

Annexe 4, ch. 123 Zone de protection rapprochée (zone S2)

- ¹ La zone S2 doit empêcher :
 - a. que des germes et des virus pénètrent dans le captage ou l'installation d'alimentation artificielle ;
 - b. que les eaux du sous-sol soient polluées par des excavations et travaux souterrains, et
 - c. que l'écoulement des eaux du sous-sol soit entravé par des installations en sous-sol.
- ² Pour les eaux du sous-sol présentes dans les roches meubles, elle est dimensionnée de sorte :
 - a. que la durée d'écoulement des eaux du sous-sol, de la limite extérieure de la zone S2 au captage ou à l'installation d'alimentation artificielle, soit de 10 jours au moins, et
 - b. que la distance entre la zone S1 et la limite extérieure de la zone S2, dans le sens du courant, soit de 100 m au moins ; elle peut être inférieure si les études hydrogéologiques permettent de prouver que le captage ou l'installation d'alimentation artificielle sont aussi bien protégés par des couches de couverture peu perméables et intactes.
- ³ Pour les eaux du sous-sol en milieu karstique ou fissuré, elle couvre les parties du bassin d'alimentation du captage ou de l'installation d'alimentation artificielle qui présentent une forte vulnérabilité.

Annexe 4, ch. 124 Zone de protection éloignée (zone S3)

- ¹ La zone S3 doit garantir qu'en cas de danger imminent (p. ex. en cas d'accident impliquant des substances pouvant polluer les eaux), on dispose de suffisamment de temps et d'espace pour prendre les mesures qui s'imposent.
- ² Pour les eaux du sous-sol présentes dans les roches meubles, la distance entre la limite extérieure de la zone S2 et la limite extérieure de la zone S3 doit en règle générale être aussi grande que la distance entre la zone S1 et la limite extérieure de la zone S2.
- ³ Pour les eaux du sous-sol en milieu karstique ou fissuré, la zone S3 comprend les parties du bassin d'alimentation du captage ou de l'installation d'alimentation artificielle qui présentent une vulnérabilité moyenne.

Annexe 4, ch.13 Périmètres de protection des eaux souterraines

Les périmètres de protection des eaux souterraines sont délimités de manière à permettre de déterminer des endroits opportuns pour les captages et les installations d'alimentation artificielle et de délimiter les zones de protection des eaux souterraines en conséquence.

Annexe 4, ch.2 Mesures de protection des eaux

Annexe 4, ch. 21 Secteurs de protection des eaux particulièrement menacés

Annexe 4, ch. 211 Secteurs A_U et A_O de protection des eaux

¹ Dans les secteurs A_U et A_O de protection des eaux, on ne mettra pas en place des installations qui présentent un danger particulier pour les eaux ; pour la construction de grands réservoirs destinés au stockage de liquides pouvant polluer les eaux, l'art. 9, al. 1, de l'ordonnance du 1^{er} juillet 1998 sur la protection des eaux contre les liquides pouvant les polluer (OPEL) est applicable.

² Dans le secteur A_U de protection des eaux, on ne mettra pas en place des installations qui sont situées au-dessous du niveau moyen de la nappe souterraine. L'autorité peut accorder des dérogations lorsque la capacité d'écoulement des eaux du sous-sol est réduite de 10% au plus par rapport à l'état non influencé par les installations en question.

³ En cas d'extraction de gravier, de sable et d'autres matériaux dans le secteur A_U de protection des eaux, il y a lieu :

- a. de laisser une couche de matériau de protection d'au moins 2 m au-dessus du niveau naturel maximum décennal de la nappe ; dans le cas d'une installation d'alimentation artificielle, le niveau effectif de la nappe est déterminant s'il est situé plus haut que le niveau maximal décennal ;
- b. de limiter la surface d'extraction de manière à garantir l'alimentation naturelle des eaux du sous-sol ;
- c. de reconstituer la couche de couverture après la fin des travaux de manière à ce que son effet protecteur corresponde à celui d'origine.

Annexe 4, ch. 212 Aires d'alimentation Z_U et Z_O

Lorsque les eaux sont polluées par l'exploitation des sols dans les aires d'alimentation Z_U et Z_O , du fait de l'entraînement par le ruissellement et par la lixiviation de substances telles que des produits phytosanitaires visés à l'annexe 4.3 de l'Osubst ou des engrais, les cantons définissent les mesures nécessaires pour assurer la protection des eaux. Sont par exemple considérées comme telles les mesures consistant à :

- a. renoncer à utiliser des produits phytosanitaires visés l'annexe 4.3 de l'Osubst ainsi que des engrais conformément aux restrictions imposées par les cantons en vertu des annexes 4.3, ch. 3, al. 3 et 4.5, ch. 33, al. 3, de l'Osubst ;
- b. limiter les surfaces de grandes cultures et de cultures maraîchères ;
- c. limiter le choix des cultures, de la rotation et des techniques culturales ;
- d. renoncer à retourner les prairies à l'automne ;
- e. renoncer à transformer les herbages permanents en terres assolées ;
- f. maintenir une couverture végétale du sol en permanence et en toutes circonstances ;
- g. utiliser exclusivement des moyens auxiliaires techniques, des procédés, des équipements et des méthodes d'exploitation particulièrement adaptés.

Annexe 4, ch. 22 Zones de protection des eaux souterraines

Annexe 4, ch. 221 Zone de protection éloignée (zone S3)

¹ Ne sont pas autorisées dans la zone S3, sous réserve de l'al. 3 :

- a. les exploitations industrielles et artisanales impliquant un risque pour les eaux du sous-sol ;
- b. les constructions diminuant le volume d'emmagasinement ou la section d'écoulement de l'aquifère ;
- c. l'infiltration d'eaux à évacuer, à l'exception des eaux non polluées s'écoulant des toits (art. 3, al. 3, let. a) à travers une couche recouverte de végétation ;
- d. la réduction importante des couches de couverture protectrices ;
- e. les canalisations soumises à la loi du 4 octobre 1963 sur les installations de transport par conduites, à l'exception des conduites de gaz.

² L'utilisation de produits phytosanitaires visés à l'art. 4.3 de l'Osubst, de produits pour la conservation du bois ainsi que d'engrais est régie par les annexes 4.3, 4.4 et 4.5 de l'Osubst.

³ Les installations utilisant des liquides pouvant altérer les eaux sont soumises à l'art. 9, al. 3, OPEL.

Annexe 4, ch. 222 Zone de protection rapprochée (zone S2)

¹ Les exigences du ch. 221 sont applicables à la zone S2 ; en outre, ne sont pas autorisés, sous réserve des al. 2 et 3 :

- a. la construction d'ouvrages et d'installations ; l'autorité peut accorder des dérogations pour des motifs importants si toute menace pour l'utilisation d'eau potable peut être exclue ;
- b. les travaux d'excavation altérant les couches de couverture protectrices ;
- c. l'infiltration d'eaux à évacuer ;
- d. les autres activités susceptibles de réduire la quantité d'eau potable et d'altérer sa qualité.

² L'utilisation de produits phytosanitaires visés à l'annexe 4.3 de l'Osubst, de produits pour la conservation du bois ainsi que d'engrais est régie par les annexes 4.3, 4.4 et 4.5 de l'Osubst.

³ Les installations qui utilisent des liquides pouvant polluer les eaux sont soumises à l'art. 9, al. 2, OPEL.

Annexe 4, ch. 223 Zone de captage (zone S1)

Dans la zone S1, seuls les travaux de construction et les activités servant à l'approvisionnement en eau potable sont autorisés ; une exception est consentie pour l'herbe fauchée laissée sur place.

Annexe 4, ch. 23 Périmètre de protection des eaux souterraines

¹ Les travaux de construction et les autres activités exécutés dans les périmètres de protection des eaux souterraines doivent satisfaire aux exigences fixées au ch. 222, al. 1 et 3.

² Si la situation et l'étendue de la future zone de protection éloignée (zone S3) sont connues, les surfaces correspondantes doivent satisfaire aux exigences fixées au ch. 221, al. 1 et 3.

Index

1 Références bibliographiques

- [1] OFFICE FÉDÉRAL DE L'ENVIRONNEMENT OFE (1977/82) : *Instructions pratiques pour la détermination des secteurs de protection des eaux, des zones et des périmètres de protection des eaux souterraines.*
- [2] OFFICE FEDERAL DE L'ENVIRONNEMENT, DES FORETS ET DU PAYSAGE OFEFP (1998) : *Cartographie de la vulnérabilité en régions karstiques (méthode EPIK).* L'environnement pratique, Guide pratique.
- [3] OFFICE FEDERAL DE L'ENVIRONNEMENT, DES FORETS ET DU PAYSAGE OFEFP (2002) : *Protection des eaux lors de l'évacuation des eaux des voies de communication.* L'environnement pratique, Instructions.
- [4] OFFICE FEDERAL DE L'ENVIRONNEMENT, DES FORETS ET DU PAYSAGE OFEFP ET OFFICE FEDERAL DES EAUX ET DE LA GEOLOGIE OFEG (2004) : *Délimitation des zones de protection des eaux souterraines en milieu fissuré.* L'environnement pratique, Guide pratique.
- [5] OFFICE FEDERAL DE L'ENVIRONNEMENT, DES FORETS ET DU PAYSAGE OFEFP (2000) : *Recueil des bases de la « stratégie nitrates ».* Classeur de documentation.
- [6] OFFICE FEDERAL DE L'ENVIRONNEMENT, DES FORETS ET DU PAYSAGE OFEFP (2004) : *Dimensionnement des aires d'alimentation Z_U.* L'environnement pratique, Guide pratique.
- [7] OFFICE FEDERAL DE L'ENVIRONNEMENT, DES FORETS ET DU PAYSAGE OFEFP (2003) : *Echantillonnage des eaux souterraines.* L'environnement pratique, Guide pratique.
- [8] OFFICE FEDERAL DE L'ENVIRONNEMENT, DES FORETS ET DU PAYSAGE OFEFP (projet) : *Délimitation des zones de protection des eaux souterraines en roche meuble,* L'environnement pratique, Guide pratique.
- [9] OFFICE FEDERAL DES EAUX ET DE LA GEOLOGIE OFEG (2002) : *Utilisation des traceurs artificiels en hydrogéologie.* Guide pratique. Rapports de l'OFEG, Série Géologie, n° 3.
- [10] BUSSARD, T., TACHER, L., PARRIAUX, A., BAYARD, D. & MAITRE, V. (2004) : *Dimensionnement des aires d'alimentation Z_U.* Document de base.
- [11] DOERFLIGER, N., ZWAHLEN, F., MEYLAN, B., TRIPET, J.-P. & WILDBERGER, A. (1999) : *Vulnérabilité des captages en milieu karstique.* Gas Eaux Eaux usées 5/97.
- [12] GREBER, E. ET AL. (2002) : *Grundwasserqualität in der Schweiz.* Gas Eaux Eaux usées 3/2002.
- [13] HARTMANN, D. & MICHEL, P. (1992) : *Protection des eaux souterraines en Suisse.* Gaz Eaux Eaux usées 7/92.
- [14] HOEHN, E., BLAU, R. V., HARTMANN, D., KANZ, W., LEUENBERGER, H., MATOUSEK, F. & ZUMSTEIN, J. (1994) : *Der Zuströmbereich als Element eines zeitgemässen Grundwasserschutzes.* Gas Eaux Eaux usées 3/, 1–6.
- [15] KUHLMANN, U., JORDAN, P. & TRÖSCH, J. (2000) : *Zuströmbereiche von Grundwasserentnahmen.* Gas Eaux Eaux usées, 4/2000, 278–286.
- [16] MAITRE, V., PARRIAUX, A. ET ZUMSTEIN, J. (2000) : *Assainissement de sources chargées en nitrates.* Gas Eaux Eaux usées, 3/2000, 188–200.
- [17] MICHEL, P. (2001) : *Zuströmbereiche für Grundwasserfassungen : Definition und Zweck.* Gesetzliche Grundlagen für die Sanierung. Gas Eaux Eaux usées, 1/2001, 5–9.
- [18] ASSOCIATION SUISSE POUR L'AMENAGEMENT NATIONAL VLP-ASPLAN (1999) : *Mesures d'organisation du territoire relatives aux eaux. But et moyens de la nouvelle ordonnance, Territoire & Environnement 1999, p. 30 ss.*

- [19] SOCIETE SUISSE DE L'INDUSTRIE DU GAZ ET DES EAUX SSIGE (1989) : *Directives pour l'étude, l'établissement et l'exploitation de captages de sources.*
- [20] STAUFFER, F. & KINZELBACH, W. (2001) : *Zuströmbereiche für Grundwasserfassungen. Bestimmung in Lockergesteinsgrundwasserleitern.* Gas Eaux Eaux usées, 1/2001, 15–20.
- [21] ASSOCIATION SUISSE DES PROFESSIONNELS DE LA PROTECTION DES EAUX VSA (2002) : *Evacuation des eaux pluviales.* Directive sur l'infiltration, la rétention et l'évacuation des eaux pluviales dans les agglomérations.
- [22] WYSSLING, L. (1979) : *Eine neue Formel zur Berechnung der Zuströmungsdauer (Laufzeit) des Grundwassers zu einem Grundwasser-Pumpwerk.* Eclogae geol. Helv. 72.2, 401-406.

2 Glossaire

Aire d'alimentation

l'aire d'alimentation Z_U couvre la zone où se reforment environ 90% des eaux du sous-sol parvenant à un captage (définition selon Œaux).

Alimentation d'une nappe d'eaux souterraines

renouvellement des eaux souterraines par infiltration des précipitations ou par perte d'eaux superficielles en profondeur.

Aquiclude

formation rocheuse peu perméable, qui s'oppose au passage de l'eau ou ne la conduit que très lentement.

Aquifère

volume de roche saturé en eau, poreux et perméable, dont l'étendue et l'épaisseur autorisent une exploitation des eaux souterraines. Sa limite supérieure correspond au niveau piézométrique le plus élevé que la nappe d'eaux souterraines puisse atteindre. Un aquifère est constitué soit de roches meubles (gravier, sable, etc.), soit de roches consolidées – fissurées ou karstiques (calcaire, dolomie, etc.).

Aquifères superposés

stratification des unités hydrogéologiques se traduisant par une superposition d'aquifères et d'aquicludes. Les nappes inférieures sont généralement alimentées par les nappes supérieures et/ou par des apports latéraux.

Artésien

des eaux souterraines sont considérées comme artésiennes (jaillissantes), lorsque leur pression leur permet de s'élever au-dessus de la surface du sol.

Bassin d'alimentation

aire dans laquelle les apports d'eau participent à l'alimentation d'un captage ; elle ne comprend pas le bassin versant des eaux superficielles alimentant les eaux souterraines.

Bassin hydrogéologique

zone d'où proviennent les eaux souterraines qui s'écoulent dans un aquifère en direction d'un même exutoire. Le bassin hydrogéologique ne comprend pas le bassin versant des eaux superficielles qui lui seraient liées au plan hydraulique.

Bassin hydrologique

zone délimitée par des lignes de partage des eaux, d'où proviennent les eaux souterraines et superficielles qui s'écoulent vers un même exutoire ou une même station.

Bassin versant

voir bassin hydrologique, bassin hydrogéologique et bassin d'alimentation.

Capacité d'emmagasinement

quantité d'eaux souterraines exploitable (libérable de manière gravitaire) dans un aquifère.

Capacité d'écoulement

volume d'eaux souterraines écoulé pendant une unité de temps à travers une section transversale déterminée de l'aquifère, dans des conditions hydrogéologiques données.

Captage

terme générique pour les puits et les captages de sources.

Chambre d'eau

ouvrage généralement accessible, dans lequel débouchent les diverses arrivées d'un captage de source.

Couches de couverture

zone non saturée du sous-sol, située au-dessus du niveau d'une nappe d'eaux souterraines, à l'exclusion du sol. La protection des eaux souterraines dépend en particulier de l'épaisseur et de la perméabilité des couches de couverture.

Danger réel

un danger peut être qualifié de réel, lorsqu'une pollution des eaux apparaît comme inévitable à court ou à long terme.

Débit d'exploitation

volume d'eau extrait d'un puits par unité de temps.

Débit d'une source

quantité d'eau écoulée à une source pendant une durée déterminée.

Drain captant

dispositif formé de tubes crépinés et de tubes lisses, utilisé pour le captage des eaux souterraines.

Drainage

récolte et évacuation d'eaux d'infiltration ou d'eaux souterraines au moyen d'un système de tuyaux ou de fossés.

Dureté (totale) de l'eau

mesure de la teneur de l'eau en calcium et en magnésium, accessoirement en strontium et en baryum. Elle s'exprime généralement en degrés français (°F). Une eau douce (<10 °F) contient peu de calcium et de magnésium en solution, une eau dure (>30 °F) en contient beaucoup.

Eau brute

eau non traitée.

Eau potable

eau qui, à l'état naturel ou après traitement, convient à la consommation humaine et répond aux exigences de la législation sur les denrées alimentaires (aspect, odeur et goût, qualité physique, chimique et bactériologique).

Eaux à évacuer

eaux altérées par suite d'usage domestique, industriel, artisanal, agricole ou autre, ainsi que celles qui proviennent des surfaces bâties ou imperméabilisées.

Eaux d'infiltration

eaux en mouvement en milieu non saturé, sous l'effet de la gravité.

Eaux du sous-sol

au sens de la LEaux, les eaux du sous-sol comprennent les eaux souterraines, les formations aquifères, leur substratum imperméable (aquiclude) et leurs couches de couverture.

Eaux météoriques

précipitations (pluie, neige).

Eaux souterraines

eaux qui remplissent de manière continue les vides du sous-sol (pores, fissures, cavités). Les eaux souterraines sont alimentées par l'infiltration des précipitations et des eaux superficielles ; elles s'écoulent en suivant les lois de la gravité.

Eaux superficielles

eaux dont la surface est directement au contact de l'atmosphère (lacs, cours d'eau).

Écoulement

déplacement par gravité des eaux d'origine météorique, en surface ou en sous-sol.

Engrais de ferme

lisier, fumier et jus de silo produits par une exploitation d'élevage.

Essai de traçage

marquage d'une eau au moyen de traceurs artificiels, pour apprécier son cheminement. Les essais de traçage permettent par exemple de mettre des liaisons hydrauliques en évidence, de déterminer la vitesse de déplacement ou le temps de séjour des eaux dans le sous-sol.

Étude géophysique

étude effectuée à l'aide de méthodes indirectes (p. ex. méthode sismique ou géoélectricité), pour déterminer les caractéristiques physiques et structurales du sous-sol.

Fissure

surface de discontinuité (joint), correspondant à une fracture sans rejet, dans une roche consolidée.

Flux géothermique

quantité de chaleur provenant de l'intérieur de la Terre par unité de temps. En moyenne, le gradient géothermique est de 3 °C par 100 m près de la surface.

Forage de reconnaissance

sondage foré pour reconnaître la nature du sous-sol.

Germe pathogène

germe vecteur d'une maladie.

Herbicide

produit chimique utilisé pour lutter contre les mauvaises herbes.

Hydraulique

théorie des écoulements de liquides dans les conduites, les canaux et les milieux poreux.

Hydrocarbures

groupe de composés organiques, dérivés du pétrole, généralement utilisés comme combustibles, carburants, lubrifiants ou détergents.

Hydrochimie

théorie des réactions chimiques en milieu aqueux.

Hydrodynamique

théorie des écoulements liquides et des forces qui en résultent.

Hydrogéologie

science des eaux souterraines, de leur formation, de leur distribution au sein de l'écorce terrestre, de leur circulation et de leurs propriétés.

Hydrologie

science des eaux naturelles, de leurs différentes formes, de leur distribution dans le cycle de l'eau et de leurs propriétés.

Infiltration

pénétration des eaux superficielles dans le sous-sol.

Installation d'alimentation artificielle

installation permettant d'accroître artificiellement les quantités d'eau reçues par une nappe, par infiltration provoquée d'eaux superficielles par exemple.

Intérêt public (d')

se dit des captages dont l'eau doit respecter les exigences de la législation sur les denrées alimentaires (p. ex. services d'approvisionnement en eau, restaurants, fromageries etc).

Isochrone

ligne constituant le lieu des points d'égale durée de séjour des eaux souterraines dans le sous-sol.

Isohypse

lieu des points d'égale altitude (c.-à-d. de même niveau) de la surface piézométrique d'une nappe d'eaux souterraines.

Karst

type de relief modelé par des phénomènes de dissolution actifs. Par extension, roche comportant des cavités, parfois importantes puisqu'elles peuvent atteindre la taille de cavernes. La karstification touche les roches carbonatées (calcaire, dolomie) et les évaporites (gypse, sel gemme).

Lapié, lapiez ou lapiaz

modelé karstique caractérisé par la présence, en surface, de rigoles creusées par la dissolution chimique (voir également karst). Les champs de lapiez sont ainsi caractérisés par des réseaux de cannelures parallèles séparées par des lames tranchantes.

Molasse

formation sédimentaire détritique d'âge tertiaire, déposée sur le Plateau suisse durant l'orogénèse alpine.

Nappe d'eaux souterraines

masse d'eau contenue et s'écoulant dans un aquifère.

Nitrates

composé azoté soluble dans l'eau, formé par exemple par l'oxydation d'engrais renfermant de l'ammonium ou par des apports atmosphériques.

Niveau piézométrique

niveau d'une nappe d'eaux souterraines mesuré en un point déterminé et à un moment donné.

Période de végétation

principale phase de croissance des plantes au cours de l'année.

Perméabilité

propriété d'une roche de laisser passer un fluide et, en particulier, l'eau, sous l'effet d'un gradient de potentiel ; synonyme de conductivité hydraulique.

Pesticides

terme général désignant les produits antiparasitaires utilisés surtout en agriculture. Suivant leur spectre d'action, ils sont subdivisés en acaricides, insecticides, fongicides, herbicides, etc.

Prescriptions sur les débits résiduels

réglementation concernant le maintien de débits résiduels convenables dans les cours d'eau.

Production (d'une source)

voir débit d'une source.

Produits phytosanitaires

agents chimiques et préparations, utilisés pour protéger les végétaux, les produits végétaux et les semences contre les organismes nuisibles ou contre d'autres sources de dommages, pour agir sur le métabolisme des plantes autrement qu'avec des engrais (régulateurs de croissance, inhibiteurs de germination) et pour détruire des plantes indésirables ou certaines parties de celles-ci.

Profondeur du niveau piézométrique

distance verticale mesurée en un point entre la surface du terrain et le niveau piézométrique d'une nappe.

Puissance aquifère

hauteur de la zone saturée en eau dans un aquifère.

Puits filtrant

ouvrage équipé d'un filtre pour l'exploitation des eaux souterraines. Il y a des puits filtrants verticaux et des puits filtrants à drains horizontaux.

Puits

ouvrage servant à l'exploitation des eaux souterraines.

Qualité d'une eau potable

indispensable à la vie, l'eau potable doit respecter des exigences sévères au plan bactériologique et chimique. Même régulière et prolongée, sa consommation ne doit pas mettre la santé en danger.

Réseau de fissures

système de fissures interconnectées.

Revitalisation

ensemble des mesures prises pour qu'un paysage ou élément de paysage (p. ex. cours d'eau) transformé par les interventions humaines retrouve un état proche de l'état naturel.

Roche consolidée

roche dure et cohérente (par opposition à roche meuble, voir ce terme).

Roche meuble

roche formée de fragments non cimentés (p. ex. sable, gravier).

Roche sédimentaire

roche consolidée formée par la transformation de sédiments (diagenèse).

Sédiment

ensemble constitué par la réunion de particules plus ou moins grosses ou de matières précipitées ayant, séparément, subi un certain transport.

Sol

partie la plus superficielle, non revêtue, de l'écorce terrestre, dans laquelle les plantes peuvent se développer. Le sol est formé par les produits de l'altération des roches sous-jacentes et par de la matière organique (humus).

Source

point d'émergence d'eaux souterraines à la surface du sol ; les eaux s'y écoulent librement.

Substance persistante

substance difficilement ou non dégradable.

Substances mobiles

substances se déplaçant facilement avec l'eau, sous forme dissoute.

Temps de parcours

temps écoulé entre l'entrée et la sortie d'une particule d'eau dans un aquifère.

Temps de séjour

durée de séjour d'une particule d'eau dans une partie déterminée d'un aquifère (voir aussi temps de parcours)

Traceur

substance injectée dans les eaux ou présente naturellement dans les eaux, permettant d'observer leur cheminement et les phénomènes d'échange qui s'y déroulent.

Traitement

traitement d'une eau brute, destiné à la rendre, par exemple, conforme à la législation sur les denrées alimentaires.

Tube crépiné

tube muni de fentes ou de perforations et entouré d'un massif de gravier filtrant, utilisé pour le captage d'eaux souterraines.

Vitesse de déplacement (vitesse de terrain)

vitesse particulière moyenne rapportée à la distance rectiligne entre deux points. Déterminée expérimentalement par un essai de traçage, elle est inférieure à la vitesse d'écoulement effective des particules d'eau, qui suivent des trajectoires irrégulières.

Vulnérabilité

sensibilité d'une nappe d'eaux souterraines à la pollution naturelle ou anthropique.

Zone d'appel

partie d'un aquifère participant à l'alimentation d'un puits (voir également aire d'alimentation).

Zone d'étalement

surface en forme de parabole ouverte du côté aval (« panache ») que couvrent les particules d'eau dans l'aquifère à partir d'un point. L'écoulement des eaux souterraines fait en effet appel, en première approximation, à deux phénomènes le déplacement par convection dans le sens du gradient hydraulique (mouvement régi par la loi de Darcy) et la dispersion, provoquée par le déplacement des particules d'eau suivant des trajectoires tortueuses (variations de vitesse et de direction liées à l'hétérogénéité du milieu). En présence de substances dissoutes, des phénomènes de diffusion moléculaire augmentent la tendance à la dispersion et contribuent ainsi à déformer encore plus la zone d'étalement.

Zone non saturée

couches de couverture, à l'exclusion du sol.

Zone saturée

partie du sous-sol dont les vides sont entièrement remplis d'eau.

3 Index alphabétique

A			
Agriculture	25, 56, 60, 74sqq., 89sqq.,		
Aire d'alimentation Z _U			
	29, 30, 33, 35sqq., 51, 54, 57, 61, 64sqq., 89sqq., 123		
Aire d'entreposage de bois	76, 78		
Aire de transvasement	82		
Alimentation artificielle	29, 34, 39, 41, 43, 54, 60, 95, 101, 123		
Alimentation d'une nappe d'eaux souterraines	123		
Aménagement du territoire	32, 93, 100		
Aquiclude	27, 123		
Aquifère	11sqq., 123		
Aquifère en roches meubles	13, 14, 17, 34, 35, 43sqq.		
Aquifère en roches fissurées	13, 16, 36, 51sqq.		
Aquifère karstique	13, 15, 17, 35, 48sqq.		
Arboriculture	75, 78		
Artésien	123		
Assolement	75, 91, 92		
Autorisation	32, 56, 61sqq., 93sqq.		
Autres secteurs (üB)	29, 30, 33, 55, 61, 94, 99		
B			
Bains en plein air	79		
Bassin d'alimentation (d'un captage)			
	18, 35, 37sqq., 48sqq., 89, 123		
Bassin de natation	79		
Bassin hydrogéologique	123		
Bilan ionique	105		
Biocénose	17, 18, 27, 55		
C			
Canons à neige	79		
Capacité d'écoulement	57, 58, 124		
Captage (d'eau souterraine)			
	22sqq., 29sqq., 33sqq., 55sqq., 89sqq., 93sqq., 124		
Captage de source	24, 43, 124		
Carrière	81, 84		
Carte de protection des eaux	29, 31, 51, 54, 94, 98		
Carte hydrogéologique	13, 29, 34		
Cartes (spéciales)	67, 105		
Caverne-réservoir	73		
Centrale souterraine	73		
Chantier	64, 73, 104		
Chemin agricole	71		
Chemin forestier	71, 76		
Choix des cultures	61, 91		
Cimetière	80		
Compost (andains)	75, 78, 88		
Conduite de transport	82		
Constructions	25, 42, 54sqq., 65sqq. 96 sqq.		
Constructions, bâtiments	60, 65, 79, 83, 85, 95		
Couche de couverture			
	12, 14sqq., 25, 27, 43, 47, 52, 59, 62, 81, 94, 124		
Culture maraîchère	61sqq., 92		
D			
Débit	23, 34sqq., 55sqq., 73, 97, 124		
Débit résiduel prescrit	55		
Décharge	61, 80, 82		
Défrichement	76		
Degrés de dureté			
	18, 124		
Dépôt de matériel	82		
Dérogation	63, 95, 96, 100		
Drain	23, 25, 43, 47, 54, 56, 58, 60, 62, 73, 74, 124		
Drainage	25, 56, 62, 73, 74, 124		
Dureté de l'eau	18, 124		
E			
Eau d'infiltration	119, 124		
Eau météorique	20, 47, 69, 125		
Eaux à évacuer	69, 124		
Eaux souterraines	11sqq., 125		
Eaux superficielles	11, 17, 33, 36, 37, 55, 56, 125		
Écoulement	11sqq., 29, 36sqq., 55sqq., 65, 73, 104, 125		
Engrais	25, 59sqq., 77sqq., 89sqq., 99, 100, 125		
Engrais de ferme	59sqq., 77sqq., 92, 100, 125		
Engrais minéraux	78, 88		
Entrepôt de gaz liquides	82		
Épaisseur de la nappe	22		
Essai de traçage	41, 45, 46, 50, 125		
Étude géophysique	47, 125		
Évacuation des eaux	60, 68		
Excavations	25, 43, 64, 80, 81, 82, 84		
Exécution	41, 42, 62sqq., 93sqq.		
Exploitation artisanale	79		
Exploitation de gravier	61		
Exploitation de matériaux	32, 34, 56, 57, 61, 81		
Exploitation de matières premières	81		
F			
Fissure	11, 16, 51sqq., 125		
Flux géothermique	18, 125		

Forage	43, 47, 56, 62, 64, 66, 67, 125
Forage géothermique	66
Forêt	42, 74, 76sq., 78, 90, 100
Fosse à lisier	75, 98
Fumier	75, 78

G

Galerie à écoulement libre	73
Galerie en charge	73
Gazoduc	82
Géothermie	18, 66, 67

H

Herbicide	25, 70, 78
Horticulture	89
Hydraulique	14, 18, 27, 34, 41, 47, 56, 65, 81, 125
Hydrocarbure	69, 104, 110, 125
Hydrochimie	105, 126
Hydrodynamique	115, 126
Hydrogéologie	11sq.

I

Indemnités, dédommagements	89, 93, 98, 99sq.
Indicateur	17, 28, 94, 109sq.
Infrastructure de loisirs	79
Infrastructure sportive	79
Injection	56, 64
Installations aéroportuaires	72
Installations d'évacuation et d'épuration des eaux	68, 86
Installations ferroviaires	70
Installations militaires	83
Installations sanitaires	64
Isochrone	44, 45, 46, 51, 126
Isochrone dix jours	44, 45, 46
Isohypse	29, 126

J

Jachère	74, 75
---------	--------

K

Karst	13, 15, 16, 48sq., 126
-------	------------------------

L

Lapié, lapiaz	126
Lavage de voiture	65
Lisier	60, 75, 98

M

Matériaux d'excavation	64, 82
Mesures de protection	28, 33, 40, 42, 55, 57, 59sq., 63sq., 89sq., 93sq.

Mesures de revitalisation	56, 84 128
Méthode EPIK	48sq., 94
Microbiologie	51
Milieu fissuré	51, 94

N

Nappe d' eaux souterraines	13, 25, 29sq., 59sq., 94, 102, 104, 126
Nitrate	25, 35, 74, 77, 90, 91, 109, 126
Niveau de la nappe	47, 127

O

Objectif écologique	55
Organisation du territoire	28, 29, 30
Ouvrage de surface	65
Ouvrage routier	69, 71sq., 102
Ouvrage souterrain	62, 70, 71, 73, 83

P

Parc	78, 79
Parking	65, 71
Patinoire artificielle	79
Pâturage	75, 90
Pépinière	75, 76, 78
Périmètre de protection des eaux souterraines	28sq., 39, 54, 57, 60sq., 64sq., 93sq.
Période de végétation	25, 60, 74, 127
Perméabilité	11, 14, 22, 23, 47, 58, 127
Pieu énergétique	67
Pilotage par battage	64
Pilotage par forage	64
Piste de bob	79
Piste de ski	64, 79
Place d'accès à des garages	65
Place d'entreposage	64, 65, 76, 78, 82
Place de lavage	65
Place de stationnement individuel	64, 65
Place de tir	83
Plan d'approvisionnement régional	32
Polluant	19, 20, 25, 36, 40, 66, 69, 70, 83, 84, 90
Prairie	61, 74, 75, 89, 90, 92
Prairie artificielle	75
Produit phytosanitaire	25, 35, 42, 60, 61, 70, 74sq., 89, 92, 99, 100, 127
Produit pour la conservation du bois	70, 74, 76sq.
Profondeur du niveau piézométrique	127
Puits filtrant	22, 23, 43, 47, 54, 127
Puits filtrant à drains horizontaux	23, 43, 47, 54, 127

Q	
Qualité des eaux souterraines	17, 19, 35, 36, 56, 63sq., 89sq., 95sq., 127
R	
Règle des 90%	35sq.
Régulateur de croissance (plantes)	78
Réservoir	25, 60, 73, 75, 95
Réservoir de gaz	82
Restrictions à l'utilisation des biens-fonds	63, 89, 96, 98, 99
Restrictions de propriété	98
Revitalisation	32, 56, 84, 128
Roche consolidée	128
Roches meubles	11sq., 34, 35, 43sq., 64sq., 94, 128
Roche sédimentaire	128
S	
Secteur A _U de protection des eaux	29sq., 61, 64sq., 94, 99
Sédiment	84, 128
Silo à fourrage	75
Sol	12sq., 40, 47, 50, 51, 60, 64sq., 89sq., 100, 103, 128
Sondage	47, 50, 64
Sonde géothermique	66sq.
Source	11sq., 21sq., 43sq., 102, 128
Station de mesure des eaux souterraines	102
Station-service	71
Stationnement	64, 65, 72
Substance mobile	35, 128
Substance organique	77, 110
Substance persistante	25, 36, 128
Substance polluante	16, 40, 74
Surveillance des eaux souterraines (monitoring)	41, 42, 57, 93, 98, 101sq.
Sylviculture	76
T	
Tableau de référence	63sq.
Temps de séjour	44sq., 48, 107, 128
Terrain de golf	64, 79
Terrains de camping	79
Terres ouvertes, terres assolées	75, 91, 92
Traceur	45, 46, 128
Traitement de l'eau potable	15, 28, 34, 41, 98, 128
Tube crépiné	22, 23, 24, 43, 128
Tunnel	56, 65, 70, 71, 73
V	
Valeur indicatif	17, 28, 94, 109sq.
Viticulture	75, 78
Voile d'étanchéité	56
Volume d'emmagasinement	14sq., 22, 25, 56, 67, 123
Vulnérabilité	48sq., 67, 94, 129
Z	
Zone d'étalement	129
Zone de protection des eaux souterraines	28sq., 39sq., 61, 64sq.
Zone non saturée	17, 19, 129
Zone saturée	17, 19, 47, 129

Adresses Importantes

Confédération

Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP)
Section Protection des eaux souterraines
3003 Berne
Tél. 031 322 92 56
E-mail info@gewaesserschutz.ch

Services cantonaux de la protection des eaux

Argovie	062 835 33 60
Appenzell RE	071 353 65 35
Bâle-Campagne	061 925 55 05
Bâle-Ville	061 639 22 22
Berne	031 633 39 11
Fribourg	026 305 37 60
Genève	022 319 23 59
Glaris	055 646 67 00
Grisons	081 257 29 46
Jura	032 461 48 00
Lucerne	041 228 60 60
Neuchâtel	032 889 67 30
Nidwald	041 618 75 04
Obwald	041 666 63 27
Schaffhouse	052 632 74 80
Schwyz	041 819 20 35
Soleure	032 627 24 47
St-Gall	071 229 30 88
Tessin	091 814 37 51
Thurgovie	052 724 24 73
Uri	041 875 24 16
Vaud	021 316 75 03
Valais	027 606 31 50
Zoug	041 728 53 70
Zurich	043 259 32 02

Notes

- ¹ Les cantons prescrivent les mesures à prendre dans les aires d'alimentation Z_U . S'appliquent également les dispositions et restrictions relatives aux secteurs de protection des eaux et aux zones de protection des eaux souterraines auxquels elles se superposent. Lorsqu'une aire d'alimentation est déterminée dans le karst ou dans des roches fissurées en lieu et place d'une zone S3, les dispositions prévues pour cette dernière s'appliquent, à l'exception de celles concernant l'extraction de matériaux.
- ² Par exception, l'autorité compétente peut autoriser la construction d'un bâtiment ou d'une installation sur des biens-fonds correspondant à la zone S3, si les études hydrogéologiques réalisées permettent déjà de fixer les limites des futures zones de protection des eaux souterraines. Les ouvrages ou installations autorisés à titre exceptionnel sont soumis aux restrictions prescrites dans les zones prévues (annexe 4, ch. 23, al. 2, CEaux).
- ³ Les constructions et installations situées en zone S3 ne doivent diminuer ni la capacité d'emmagasinement ni la section d'écoulement des aquifères (annexe 4, ch. 221, al. 1, let. b, CEaux). Il est en outre interdit de réduire les couches de couverture de manière importante (annexe 4, ch. 221, al. 1, let. d, CEaux).

Il est également interdit d'infiltrer les eaux à évacuer, à l'exception des eaux non polluées provenant des toits, qui peuvent être infiltrées à travers une couche recouverte de végétation (annexe 4, ch. 221, al. 1, let. c, CEaux).
- ⁴ Parmi les mesures à prendre, il faut retenir les revêtements étanches, munis de bordures, et l'évacuation des eaux, le cas échéant après traitement.
- ⁵ Avec évacuation aux égouts (art. 9, al. 3, CEaux).
- ⁶ Interdiction d'infiltrer, sauf exceptions prévues à l'art. 8 CEaux.
- ⁷ Dans le secteur A_U , les constructions et installations doivent être construites au-dessus du niveau piézométrique moyen des nappes d'eaux souterraines ; l'autorité peut déroger à ce principe, à condition que la capacité d'écoulement naturelle des aquifères ne soit pas réduite de plus de 10% (annexe 4, ch. 211, al. 2, CEaux).

Le drainage ou le rabattement temporaire des eaux souterraines durant le chantier est soumis à autorisation.
- ⁸ 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.
- ⁹ Seulement si les substances utilisées ne peuvent pas polluer les eaux souterraines.
- ¹⁰ Exclusivement pour stabiliser les terrains correspondant à la zone non saturée.
- ¹¹ Des mesures de protection doivent être prises pour éviter que les forages ne portent atteinte aux eaux souterraines (art. 43, al. 3, LEaux).
- ¹² Une autorisation conforme à l'art. 32 CEaux n'est pas nécessaire si les travaux se déroulent 2 m au moins au-dessus du niveau piézométrique maximum des nappes d'eaux souterraines.
- ¹³ Il est interdit de réduire les couches de couverture de manière importante (annexe 4, ch. 221, al. 1, let. d, CEaux).
- ¹⁴ Les grands réservoirs utilisés pour l'entreposage de liquides qui, en petites quantités déjà, peuvent polluer les eaux sont interdits dans le secteur A_U . L'autorité peut déroger à ce principe, si des raisons impératives le justifient.

- ¹⁵ Sont autorisés en zone S3 :
- les réservoirs non enterrés dont le contenu sert exclusivement au traitement de l'eau, ainsi que les conduites non enterrées et les stations de dépotage nécessaires à leur exploitation ;
 - les récipients dont le volume utile ne dépasse pas 450 l par ouvrage de protection (le canton peut limiter le nombre de récipients autorisés) ;
 - les réservoirs non enterrés pour huile de chauffage et huile diesel, dont le volume correspond à l'approvisionnement en énergie de bâtiments ou d'exploitations pour deux ans au maximum, ainsi que les conduites non enterrées et les stations de dépotage nécessaires à leur exploitation ; le volume utile total de ces réservoirs ne doit pas dépasser 30 m³ par ouvrage de protection ;
 - les installations d'exploitation contenant jusqu'à 450 l de liquides qui, en petites quantités déjà, constituent un danger pour les eaux, ainsi que les installations d'exploitation renfermant jusqu'à 2000 l de liquides qui, en grandes quantités, constituent un danger pour les eaux ;
 - l'autorisation prescrit des mesures pour garantir la détection facile des fuites et leur rétention.
- ¹⁶ Seuls sont autorisés en zone S2 les réservoirs non enterrés dont le contenu sert exclusivement au traitement de l'eau, ainsi que les conduites non enterrées et les stations de dépotage nécessaires à leur exploitation.
- ¹⁷ En zone S1, seules sont admises les constructions et installations faisant partie du captage. Les transformateurs refroidis par des liquides, ainsi que les réserves de carburants (p. ex. huile diesel) pour les groupes électrogènes de secours n'y sont pas autorisés. Le choix porte sur un modèle de transformateur fonctionnant à sec, si des raisons techniques imposent la présence d'un tel appareil dans les ouvrages de captage.
- ¹⁸ L'autorité compétente peut fixer des exigences minimales concernant par exemple la responsabilité du promoteur ou la dimension des installations, de manière à garantir un contrôle et un entretien correct des ouvrages de prélèvement et de restitution. L'installation de restitution ne pourra pas être affectée à d'autres usages et devra être démontée si elle est mise hors service.
- ¹⁹ Il est recommandé de délimiter, à l'extérieur des zones de protection, les régions dans lesquelles les sondes et pieux géothermiques sont autorisés, ceux où ces équipements sont admis sous certaines conditions et ceux où ils sont interdits.
- ²⁰ Pas de pompe à chaleur à expansion directe. Les pertes de liquides doivent être faciles à détecter.
- ²¹ A 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 et satisfaire à la norme SIA 190. 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.
- ²² L'autorité compétente peut accorder une dérogation, lorsqu'il est impossible d'assurer un écoulement gravitaire autrement qu'en traversant la zone S2. Dans ce cas, les égouts publics et les canalisations qui y sont raccordées sont réalisés en tubes à double paroi et soumis 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. A défaut, elles sont constituées de tuyaux soudés au miroir.
- ²³ Le déversement des eaux usées épurées dans le milieu récepteur doit être fait de manière à ne pas porter atteinte aux eaux souterraines.
- ²⁴ Les eaux usées épurées ne doivent pas être infiltrées (annexe 4, ch. 221, al. 1, let. c, CEaux).
- ²⁵ Le fond de l'installation d'infiltration doit se situer au moins 1 m au-dessus du niveau maximum des nappes d'eaux souterraines. Des mesures de protection doivent être prises pour éviter que les forages ou les ouvrages de restitution ne portent atteinte aux eaux souterraines (art. 43, al. 3, LEaux).
- ²⁶ La protection qualitative doit être assurée par une couche filtrante possédant le même pouvoir épurateur qu'une couche de sol biologiquement actif.
- ²⁷ A l'exception de l'infiltration d'eaux de toits non polluées à travers une couche recouverte de végétation (annexe 4, ch. 221, al. 1, let. c, CEaux).

- ²⁸ Avec pose d'une couche imperméable sous le ballast et évacuation des eaux de la voie hors de la zone de protection.
- ²⁹ Des mesures de protection spéciales doivent être prises pour protéger les eaux souterraines, sauf si le stationnement de wagons citernes y reste exceptionnel.
- ³⁰ La construction d'ouvrages et d'installations est interdite en zone S2 ; l'autorité peut accorder des dérogations pour des motifs importants si toute menace pour l'utilisation d'eau potable peut être exclue.
- ³¹ Admis sous réserve qu'ils soient nécessaires pour l'approvisionnement en eau.
- ³² Les couloirs d'approche et de décollage ne doivent pas être situés à l'aplomb de zones de protection des eaux souterraines.
- ³³ Selon art. 24 LEaux.
- ³⁴ Il faut favoriser le pacage extensif et veiller en particulier au maintien de la couverture végétale.
- ³⁵ Dans les zones S2 et S3, il faut réduire autant que possible les terres ouvertes, les cultures maraîchères et les jardins au profit de prairies permanentes. Si la qualité des eaux souterraines tend à se dégrader, les autorités restreignent ces modes d'utilisation.
- ³⁶ Autorisation nécessaire en vertu de l'article 7 de l'ordonnance du 25 août 1999 sur l'utilisation d'organismes dans l'environnement (ordonnance sur la dissémination dans l'environnement, ODE, RS 814.911).
- ³⁷ Fosses et étangs à lisier doivent être aménagés au-dessus du niveau piézométrique maximum des nappes d'eaux souterraines.
- ³⁸ Dans le secteurs A_U, l'état des installations d'entreposage et de transport des engrais de ferme (y compris raccordements, conduites d'amenée et d'évacuation) doit être vérifié au moins tous les dix ans.
- ³⁹ En zone S3, mise en place d'un système de détection des fuites comprenant une étanchéité sous toute la surface de la dalle et un regard de contrôle. L'état des installations pour les engrais de ferme (y compris raccordements, conduites d'amenée et d'évacuation) doit être contrôlé tous les cinq ans.
- ⁴⁰ Hauteur utile : max. 4 m, contenance : max. 600 m³.
- ⁴¹ Des arbres et des buissons ne peuvent être plantés ou maintenus en zone S1 que si leurs racines ne risquent pas de pénétrer dans les captages.
- ⁴² Sous réserve des restrictions imposées par les autorités (OFAG, OFT) pour certains produits (p. ex. quantités maximales à utiliser, limitation à certains fruits) ou des interdictions (p. ex. l'atrazine en milieu karstique).
- ⁴³ L'emploi de produits phytosanitaires contre les rongeurs (rodenticides) requiert une autorisation, à l'exception de l'utilisation à des fins personnelles.
- ⁴⁴ Il est interdit d'utiliser des produits phytosanitaires pouvant atteindre les captages servant à la production d'eau potable (liste en préparation).
- ⁴⁵ L'emploi de produits phytosanitaires en forêt requiert une autorisation (art. 25 OFo).
- ⁴⁶ Si les produits phytosanitaires ne peuvent être remplacés par des mesures affectant moins l'environnement, leur utilisation sera autorisée pour les pépinières forestières hors des zones S (art. 26, al. 1, let. c, OFo).
- ⁴⁷ L'usage d'herbicides est interdit en forêt (art. 26, al. 2, OFo).
- ⁴⁸ Utilisation autorisée dans les pépinières forestières (art. 26, al. 2, OFo).
- ⁴⁹ Selon les instructions de l'Office fédéral des transports (OFT) ; exclusivement avec des produits dont l'emploi est explicitement autorisé pour les installations ferroviaires.
- ⁵⁰ A l'exception du traitement plante par plante des plantes posant des problèmes, s'il est impossible de combattre celles-ci efficacement par d'autres mesures, comme la fauche régulière.
- ⁵¹ Toutes les mesures nécessaires doivent être prises pour empêcher l'infiltration des produits utilisés ou leur lessivage.
- ⁵² Les engrais de ferme doivent être utilisés dans l'agriculture ou l'horticulture selon l'état de la technique et de manière respectueuse pour l'environnement (art. 14, al. 2, LEaux). La fertilisation des sols ne doit en aucun cas porter préjudice aux eaux souterraines (art. 27, al. 1, LEaux).

- ⁵³ L'autorité compétente peut exceptionnellement autoriser jusqu'à trois épandages de 20 m³/ha au maximum par période de végétation, à des intervalles suffisamment espacés, si les caractéristiques du sol sont telles qu'aucun germe pathogène ne peut parvenir dans les captages ou les installations d'alimentation artificielle (annexe 4.5, ch. 33, al. 2, Osubst).
Autres règles à respecter :
- l'épaisseur de la zone non saturée reste en tout temps supérieure à 3 m ;
 - l'épandage doit se faire exclusivement durant la période de végétation et sur des surfaces couvertes de végétation ;
 - l'épandage par tuyaux ou la fumure par injection ne sont pas autorisés ;
 - le ruissellement en direction de dépressions ou du captage doit être exclu.
- ⁵⁴ L'utilisation d'engrais et de produits assimilés aux engrais est interdite en forêt (art. 27 OFo). Une autorisation peut être délivrée pour l'épandage **d'engrais de ferme** sur les pâturages boisés (art. 27, al. 2, let. b, OFo).
- ⁵⁵ L'utilisation d'engrais et de produits assimilés aux engrais est interdite en forêt (art. 27 OFo). Une autorisation peut être délivrée pour l'épandage de **compost** sur les pâturages boisés (art. 27, al. 2, let. b, OFo), ainsi que dans les pépinières forestières (art. 27, al. 2, let. a, ch. 1, OFo).
- ⁵⁶ L'utilisation d'engrais et de produits assimilés aux engrais est interdite en forêt (art. 27 OFo). Une autorisation peut être délivrée pour l'épandage **d'engrais minéraux** dans les pépinières forestières, ainsi que d'engrais minéraux sans azote sur les pâturages boisés (art. 27, al. 2, OFo).
- ⁵⁷ L'emploi d'herbicides et d'engrais est interdit.
- ⁵⁸ Autorisation nécessaire en vertu de l'art. 44 LEaux.
- ⁵⁹ En cas d'extraction de matériaux, il faut laisser une couche de protection d'au moins 2 m au-dessus du niveau naturel maximum décennal des nappes d'eaux souterraines ; ce niveau correspond soit au niveau piézométrique maximal enregistré durant une période de mesures régulières couvrant au moins 10 ans, soit d'une valeur calculée de manière statistique si la période de mesures est inférieure à 10 ans, pour autant que la base de données hydrogéologiques soit suffisante ; dans le cas d'une installation d'alimentation artificielle, le niveau effectif de la nappe est déterminant s'il est situé plus haut que le niveau maximal décennal (annexe 4, ch. 211, al. 3, let. a, OEaux).
- ⁶⁰ Si une aire d'alimentation a été délimitée en lieu et place d'une zone S3 en milieu karstique ou fissuré, l'exploitation de matériaux ne pourra être autorisée que si la vulnérabilité des eaux ne s'en trouve pas accrue au point que le lieu d'extraction se situerait en zone S2.
- ⁶¹ L'autorisation d'extraire du gravier au-dessous du niveau des nappes d'eaux souterraines ne peut être délivrée que si
- la section d'écoulement est maintenue pendant et après l'extraction, y compris après remblayage (maintien de couloirs de gravier) ;
 - des mesures appropriées permettent d'exclure tout risque de pollution par des liquides pouvant altérer les eaux (dragues à moteur électrique, extraction depuis la rive au moyen d'une dragline, utilisation d'huiles hydrauliques biodégradables, etc.).
- ⁶² L'arrosage de bois traité est interdit.
- ⁶³ Bois non traité uniquement, arrosage interdit.
- ⁶⁴ S'applique également aux zones de cibles utilisées par les forces aériennes.
- ⁶⁵ Production de neige artificielle autorisée avec de l'eau sans additif.
- ⁶⁶ Les sondes doivent rester au-dessus du niveau piézométrique maximum des nappes d'eaux souterraines
- ⁶⁷ Sous réserve des dispositions de l'OTD.
- ⁶⁸ Les exigences figurant à l'annexe 2 de l'OTD doivent être satisfaites.
- ⁶⁹ Les installations doivent être aménagées à 2 m au moins au-dessus du niveau piézométrique maximum des nappes d'eaux souterraines.