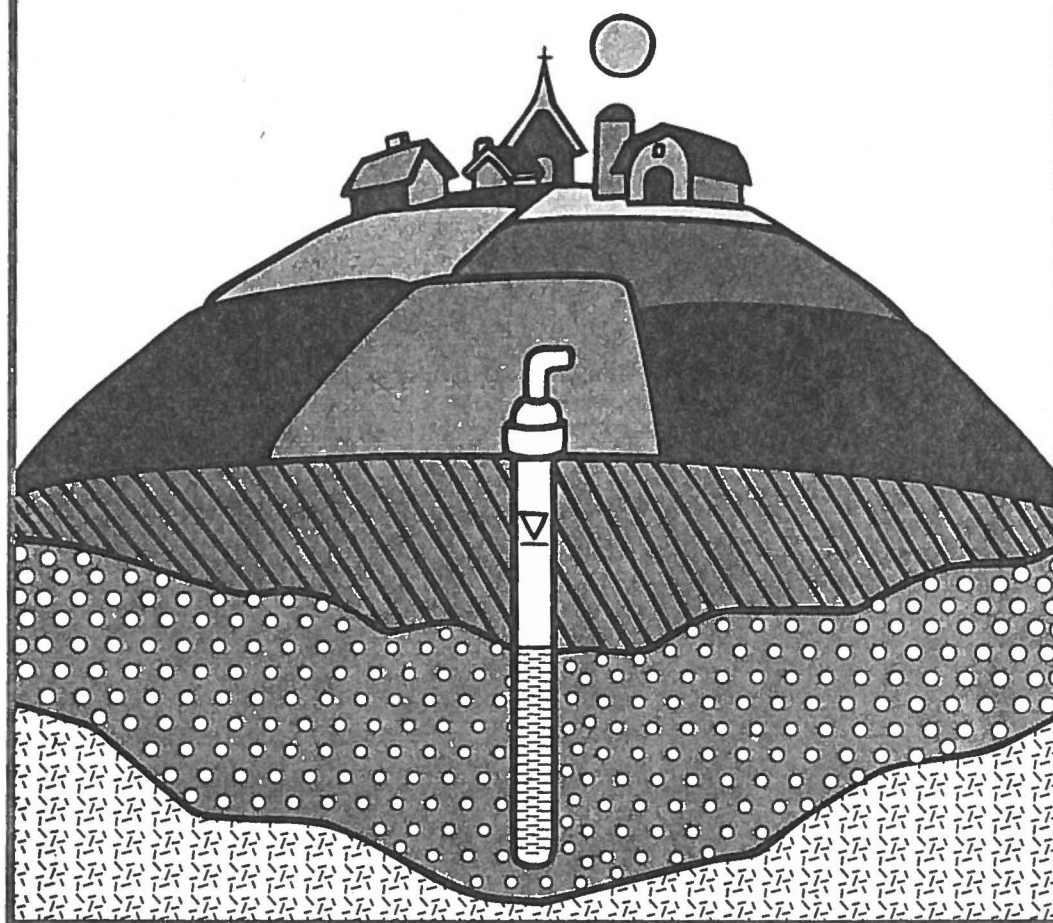


Guide

Les périmètres de protection autour des ouvrages de captage d'eau souterraine



EN950476
EX. B
QQEN

Les
**PUBLICATIONS
DU QUÉBEC**

Québec 

BIBLIOTHÈQUE ADMINISTRATIVE
Conseil du trésor – Services gouvernementaux
Éléments de catalogage avant publication

Lacouline, Raynald.

Guide : les périmètres de protection autour des ouvrages de captage d'eau souterraine / [coordination et rédaction Raynald Lacouline ; collaborateurs Luc Champagne ... et al. réalisé par la Direction des politiques des secteurs agricole et naturel du ministère de l'Environnement et de la Faune]. -- Sainte-Foy, Québec : Publications du Québec, [1995].

Bibliogr.

ISBN 2-551-16530-X

1. Eau souterraine - Pollution - Québec (Province) 2. Eau souterraine - Droit - Législation - Québec (Province) 3. Hydrologie - Québec (Province) I. Champagne, Luc. II. Québec (Province). Ministère de de l'environnement et de la faune. Direction des politiques des secteurs agricole et naturel. III. Titre.

G u i d e

Les périmètres de protection

autour des ouvrages de
captage d'eau souterraine

Centre de documentation

REÇU LE

1995-12-11

Environnement et Faune

Les
PUBLICATIONS
DU QUÉBEC

Québec ☐☐

010015

Le contenu de cette publication a été réalisé par la
Direction des politiques des secteurs agricole et naturel
du ministère de l'Environnement et de la Faune.

Cette publication a été produite par
Les Publications du Québec
1500D, boulevard Charest, Ouest
Sainte-Foy (Québec)
G1N 2E5

Coordination et rédaction
Raynald Lacouline, ing.

Collaborateurs
Luc Champagne, hydrogéologue, M.Sc.A.
Richard Martel, ing., M.Sc.
Renald McCormack, géologue
Michel Ouellet, ing., M.Sc.

Conception de la page couverture
Axiome Communication

Dépôt légal - 1995
Bibliothèque nationale du Canada
Bibliothèque nationale du Québec
ISBN 2-551-16530-X
EN950476
© Gouvernement du Québec

TABLE DES MATIÈRES

	Page
LISTE DES TABLEAUX	VII
LISTE DES FIGURES	VIII
AVANT-PROPOS	IX
1 INTRODUCTION	1
2 PROBLÉMATIQUE	3
3 PÉRIMÈTRE DE PROTECTION	5
3.1 Définitions	5
3.2 Détermination des périmètres de protection	8
3.2.1 Périmètre de protection éloignée	10
3.2.2 Périmètre de protection rapprochée	13
3.2.3 Périmètre de protection immédiate	15
3.2.4 Ceinture d'alerte	15
3.3 Potentiel d'utilisation des sols - restrictions d'usage	16
3.3.1 Périmètre de protection immédiate	16
3.3.2 Périmètre de protection rapprochée	17
3.3.3 Périmètre de protection éloignée	19
3.4 Collecte des données	20
3.5 Vulnérabilité des eaux souterraines et sources de contamination	22
3.5.1 Vulnérabilité des eaux souterraines	23
3.5.2 Inventaire des sources de contamination	25
4 ENCADREMENT DU MEF ET LÉGISLATION	27
4.1 Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q., c. Q-2)	27
4.2 Règlements	28
4.3 Directives et guides	30
4.4 Autorisation	30

	Page
5 POUVOIRS RÉGLEMENTAIRES ET RESPONSABILITÉS MUNICIPALES ..	33
6 CONCLUSION	35
BIBLIOGRAPHIE	37
ANNEXE A Notions d'hydrogéologie	39
ANNEXE B Lexique	49
ANNEXE C Matières actives pesticides qui ont un potentiel de lessivage	55

LISTE DES TABLEAUX

	Page
Tableau 1 Périmètre des zones à protéger par rapport au critère sélectionné	5
Tableau 2 Provenance de l'information hydrogéologique	25
Tableau 3 Principales activités ayant un potentiel de contamination de l'eau souterraine	26
Tableau 4 Distances minimales à respecter de certains usages/activités par rapport à une prise d'eau potable	29
Tableau 5 Distance à respecter d'une prise d'eau potable par rapport à certains usages/activités	30

LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 1 Aire d'alimentation	12
Figure 2 Périmètres de protection rapprochée et éloignée	14
Figure A.1 Nappe libre	44
Figure A.2 Nappe captive	45
Figure A.3 Réalimentation d'une nappe libre	46
Figure A.4 Lignes isopièzes et direction d'écoulement	46
Figure A.5 Puits de pompage en nappe libre	47
Figure A.6 Puits en nappe captive	48

AVANT-PROPOS

Ce document fait suite au guide préliminaire élaboré en 1984 par la Direction des eaux souterraines et de consommation du ministère de l'Environnement du Québec.

Le présent guide constitue un instrument de travail pour aider les différents intervenants à faire le meilleur choix possible pour la protection des ouvrages de captage, des résurgences et des milieux aquifères contre la contamination des eaux souterraines.

Ce guide fournit les éléments permettant de faire la distinction entre les trois périmètres de protection (immédiate, rapprochée et éloignée) mentionnés aux articles 4, 5, 6.b. et 5.1.3.4.1. de la Directive 001, *Captage et distribution d'eau*, du ministère de l'Environnement et de la Faune.

Avant la lecture du guide, le lecteur qui n'est pas familier avec le domaine de l'hydrogéologie est invité à prendre connaissance des notions élémentaires incluses en **annexe A**.

1 INTRODUCTION

Au Québec, l'eau souterraine est généralement de bonne qualité chimique et bactériologique. Selon des statistiques récentes, soixante-six pour cent (66 %) des municipalités s'approvisionnent à partir des eaux souterraines. Ces municipalités, à caractère rural pour la plupart, regroupent vingt et un pour cent (21 %) de la population québécoise et sont réparties sur près de quatre-vingt-dix pour cent (90 %) du territoire habité du Québec. Ces municipalités comptent directement sur cette ressource naturelle pour s'approvisionner en eau potable.

Il faut donc, dans la mesure du possible, contrôler les activités potentiellement polluantes pour les eaux souterraines. Ce contrôle doit être particulièrement sévère aux endroits où les nappes captées sont les plus vulnérables.

Les renseignements contenus dans ce guide se rapportent à deux méthodes suggérées pour déterminer la position des périmètres de protection et les données pertinentes à recueillir pour l'établissement de ces périmètres. On y fait également mention de l'encadrement effectué par le ministère de l'Environnement et de la Faune, de même que de la législation en cette matière, ainsi que des pouvoirs réglementaires des municipalités. Finalement, le lecteur trouvera en annexe quelques notions élémentaires relatives au domaine de l'hydrogéologie, un lexique et une liste de matières actives pesticides ayant un potentiel de lessivage.

2 PROBLÉMATIQUE

Une contamination de l'eau souterraine peut mettre du temps à être perçue puisqu'elle n'est régulièrement pas notée tant que des usagers ne sont sérieusement affectés par ce problème.

Quelques municipalités ont pris l'initiative, il y a déjà quelques années, de confier à des spécialistes en hydrogéologie la détermination de périmètres de protection autour de leurs ouvrages de captage d'eau. D'autres municipalités, par contre, ont eu à subir des problèmes de qualité de leur eau souterraine à la suite d'une contamination par des agents polluants tels que les chlorures, l'aldicarbe, les hydrocarbures et les nitrates.

Dans plusieurs cas répertoriés, on constate que des utilisateurs ont dû cesser de pomper l'eau souterraine parce qu'elle était contaminée. L'usage de ces ouvrages de captage ne peut être retrouvé à moins d'allouer des budgets considérables pour traiter l'eau ou pour caractériser et nettoyer le secteur contaminé.

La prévention est donc la meilleure façon d'empêcher la détérioration de la qualité des eaux souterraines et d'éviter la contamination d'ouvrages de captage. Il faut répertorier les zones de recharge de la nappe souterraine, les sources potentielles de contamination et déterminer la nature des contaminants. Le temps de migration des contaminants doit être calculé et les périmètres de protection établis. À l'intérieur des périmètres, il faut restreindre les usages du sol suivant les conditions géologiques et hydrogéologiques existantes.

C'est l'étude hydrogéologique qui, en fonction des conditions naturelles du milieu aquifère et de l'impact des infrastructures existantes, déterminera les périmètres de protection. Les infrastructures, même si elles sont installées à des distances conformes aux règlements en vigueur (section 4.2), peuvent avoir un impact sur la qualité et/ou la quantité de l'eau souterraine alimentant un ouvrage de captage. Les périmètres de protection permettent de tenir compte de ces impacts potentiels. Plus l'étude hydrogéologique est poussée, meilleure sera la connaissance du milieu physique. Les gestes à poser afin de protéger la ressource eau en seront d'autant plus justifiés et pertinents, et ce, tant du point de vue économique que technique.

3 PÉRIMÈTRE DE PROTECTION

3.1 Définitions

Périmètre de protection

On définit un périmètre de protection comme étant un territoire comprenant la surface et le souterrain entourant un ou plusieurs ouvrages de captage approvisionnant un système de distribution d'eau potable et à l'intérieur duquel des contaminants peuvent se propager.

Les caractéristiques des périmètres de protection sont résumées au tableau 1 :

Tableau 1. Périmètre des zones à protéger par rapport au critère sélectionné

PROTECTION	CRITÈRE	PÉRIMÈTRE À PROTÉGER
Immédiate	Directive 001 du MEF	Rayon de 30 mètres
Rapprochée	Bactéries, virus	Délai de 60 jours, 100 mètres minimum
Éloignée	Contaminants persistants	Aire d'alimentation

Protection immédiate

Le périmètre de protection immédiate correspond à une zone ayant un rayon minimal de trente mètres autour d'un ouvrage de captage conformément à la Directive 001 du ministère de l'Environnement et de la Faune. Cette distance est absolue, quelles que soient la géologie et les conditions hydrogéologiques existantes. Le périmètre est délimité obligatoirement sur le terrain par une clôture cadénassée. Cette aire de protection immédiate vise à protéger l'ouvrage de captage lui-même et ses équipements (bâtiment, pompe, installation électrique, appareils de contrôle et de traitement). Aucune activité autre que celles liées à la production d'eau potable n'est tolérée à l'intérieur de cette zone.

Protection rapprochée

Le périmètre de protection rapprochée correspond à la distance théorique à parcourir par l'eau aboutissant à l'ouvrage de captage dans un délai suffisant pour que la contamination de nature bactérienne ou virale se résorbe d'elle-même à la suite de l'action des mécanismes d'atténuation des sols et du temps de survie des micro-organismes. La détermination de ce délai fait encore l'objet de nombreuses recherches.

La dimension du périmètre de protection rapprochée dépend des caractéristiques hydrogéologiques du milieu et de la vitesse de propagation des micro-organismes eux-mêmes. Compte tenu de la position des États-Unis (Environmental Protection Agency [EPA], 1987) et de celle de divers pays d'Europe (Lallemand-Barrès, Roux, 1989), et à la lumière des connaissances microbiologiques actuelles, un délai de 60 jours doit être envisagé en ce qui concerne le Québec. En outre, une distance minimale de 100 mètres est requise (Matthess, communication en 1987 avec l'EPA). Donc, la distance calculée pour le périmètre de protection rapprochée correspond à un délai de 60 jours et ne doit pas être inférieure à 100 mètres.

Protection éloignée

Le périmètre de protection éloignée vise à protéger le captage contre les substances polluantes persistantes.

Les polluants déversés à la surface du sol peuvent subir des modifications importantes avant d'atteindre la nappe souterraine et lorsqu'ils se propagent dans cette dernière. Ces modifications se traduisent habituellement par une réduction progressive de leur concentration. Les taux de réduction observés varient cependant beaucoup d'une substance à une autre. Certaines substances inorganiques, comme les chlorures et les nitrates, de même que certaines substances organiques, comme les phénols et d'autres dérivés du pétrole, peuvent parcourir de grandes distances et contaminer de vastes superficies : on dit qu'elles sont mobiles et persistantes.

Idéalement, aucune activité susceptible de relâcher des contaminants persistants sur le sol ne devrait être tolérée à l'intérieur du périmètre de protection éloignée. Le périmètre de protection éloignée doit donc inclure toute l'aire d'alimentation d'un ouvrage de captage. Cette aire est définie comme étant la surface du sol qui se trouve au-dessus de toute l'eau

souterraine captée par l'ouvrage de captage en question. Cependant, il sera difficile, voire impossible, d'appliquer cette interdiction. En conséquence, il serait préférable de mettre en place des mécanismes de prévention contre les pollutions persistantes.

Ces mécanismes de prévention peuvent varier selon les particularités des lieux et la nature des contaminants prévisibles. Parmi ces mécanismes, notons l'élimination des champs d'épuration par la mise en place d'un réseau d'égouts; l'interdiction de l'épandage d'abat-poussière ou par le pavage d'un tronçon de route situé à l'intérieur de l'aire d'alimentation; l'imperméabilisation du réseau pluvial (fossés) associé au réseau routier; la mise en place de membranes étanches aux endroits où des produits pétroliers ou chimiques sont manipulés. Enfin, il peut s'agir de tout mécanisme permettant d'empêcher ou de dévier la migration de contaminants potentiels.

Ceinture d'alerte

Malgré les efforts de prévention, il y aura malheureusement encore des cas de pollution ponctuelle ou diffuse contre lesquels il faudra se prémunir par des mécanismes d'intervention. Ainsi, il est utile de mettre en place un dispositif d'alerte à la pollution dont la fonction est de détecter la contamination à une distance suffisamment grande d'un ouvrage de captage pour permettre une intervention efficace. En pratique, ce réseau d'alerte doit être constitué de puits d'observation où la qualité de l'eau serait vérifiée périodiquement. Les emplacements et le nombre de puits d'observation à mettre en place sont fonction des conditions hydrogéologiques existantes autour de l'ouvrage de captage.

La fréquence des contrôles et l'éloignement de la ceinture d'alerte sont en relation directe avec le délai d'intervention que l'on veut se donner pour empêcher que des contaminants atteignent un ouvrage de captage. Ainsi, un grand rayon protecteur accroît le délai d'intervention et diminue la fréquence des contrôles.

L'évaluation du délai d'intervention doit tenir compte d'un scénario planifié comprenant, par exemple, l'extraction des sols contaminés, le pompage de l'eau contaminée ou l'établissement de barrières hydrauliques.

3.2 Détermination des périmètres de protection

Généralités

Il existe différentes méthodes pour établir la forme et la dimension des périmètres de protection. L'application de ces méthodes peut varier de facile à très complexe. L'expertise technique nécessaire varie en fonction de la méthode appliquée. En fait, plus la méthode utilisée est complexe, plus grande est la précision de la limite des zones de protection. Les méthodes mentionnées ci-après, sont celles du guide¹ des périmètres de protection élaboré en 1987 par l'*Environmental Protection Agency* (EPA) des États-Unis, guide qui a été réimprimé en mai 1993.

Les méthodes citées sont :

- 1- la méthode établissant un rayon fixé arbitrairement, méthode dont les dispositions s'apparentent à celles de la Directive 001 du Ministère, mais avec un plus grand rayon de protection immédiate;
- 2- la méthode du rayon calculé fixe, qui est basée sur le temps de transport d'un contaminant par rapport au débit soutiré d'un puits;
- 3- la méthode des formes variables simplifiées, formes qui sont uniformisées à partir de modèles analytiques sur la base de conditions et de paramètres hydrogéologiques ainsi que sur des taux de pompage donnés;
- 4- l'application de modèles analytiques, en considérant plusieurs paramètres hydrogéologiques pour déterminer l'aire d'alimentation d'un puits;
- 5- la cartographie hydrogéologique, qui est élaborée à l'aide de méthodes géologiques, géophysiques et de traceurs permettant de déterminer les frontières d'écoulement et les temps de migration des contaminants;

¹ Anonyme, 1987. *Guidelines for Delineation of Wellhead Protection areas*, PB93-215861/XAD, report EPA/440/5-93/001, Office of Ground-Water Protection, U.S. Environmental Protection Agency, États-Unis.

- 6- la modélisation mathématique, qui est faite pour la migration des contaminants avec l'aide d'un ordinateur. Cette modélisation est basée sur des équations d'écoulement et de transfert de masse.

Notons également que le Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) en France a publié, en 1989, un guide² pour l'établissement des périmètres de protection.

Pour le calcul de l'aire d'alimentation, le Service des pesticides et des eaux souterraines du ministère de l'Environnement et de la Faune a retenu la solution analytique décrivant la zone de captage d'un puits en présence d'un gradient régional (Todd, 1980). Le calcul du périmètre rapproché fait intervenir une solution analytique décrivant la position des courbes isochrones dans les mêmes conditions (Bear, 1979). Ces méthodes devront être appliquées par un spécialiste en hydrogéologie et devraient être valides pour la majorité des cas rencontrés au Québec, dans la mesure où les conditions locales sont conformes aux hypothèses implicites de ces modèles. Dans le cas contraire, l'hydrogéologue-consultant devra choisir les méthodes ou modèles qu'il jugera plus appropriés. À titre indicatif, mentionnons un logiciel WHPA³, mis au point spécifiquement pour les périmètres de protection autour des ouvrages de captage. Ce logiciel comporte des solutions analytiques faisant appel aux mêmes hypothèses que celles présentées dans ce guide.

De plus, la description d'une méthode pour l'évaluation de la vulnérabilité d'un milieu aquifère est incluse en 3.5.1. Cette description permet de prendre connaissance de différents paramètres à considérer pour l'évaluation de la vulnérabilité d'un milieu aquifère. En combinant l'utilisation des modèles proposés avec une telle méthode, il est possible d'obtenir un meilleur résultat quant aux mesures restrictives à mettre en place à l'intérieur des périmètres de protection.

² LALLEMAND-BARRÈS, A. et J.-C. ROUX, 1989. *Guide méthodologique d'établissement des périmètres de protection des captages d'eau souterraine destinée à la consommation humaine*, Manuels et méthodes, numéro 19, BRGM, France.

³ BLANDFORD, T.N., P.S. HUYAKORN, 1991. *U.S. EPA WHPA*. IGWMC-FOS 41, distribué par International Ground Water Modeling Center, Institute for Ground-Water Research and Education, Colorado School of Mines, Golden, Colorado 8401-1887, U.S.A.

Les méthodes proposées pour déterminer l'aire d'alimentation et le périmètre de protection rapprochée sont plus particulièrement efficaces pour des puits localisés dans les milieux granulaires (sable et gravier). En ce qui concerne les puits terminés dans le roc, les hétérogénéités et les anisotropies du milieu causent des incertitudes et les méthodes proposées dans ce guide peuvent être pratiquement inutilisables. Mentionnons cependant qu'un organisme du Wisconsin a préparé un document⁴ pour l'EPA en 1991 qui vise à déterminer les aires de protection de puits en milieu fracturé pour des aquifères non confinés.

Finalement, il est recommandé de prendre le débit maximal de pompage lors de la détermination des périmètres de protection, ce qui permet de prendre en compte l'expansion potentielle du réseau de distribution et assure des aires de protection plus sécuritaires.

3.2.1 Périmètre de protection éloignée

Un périmètre de protection éloignée vise à protéger l'ouvrage de captage contre les contaminants persistants. Sur le terrain, tout en considérant l'aire d'alimentation de l'ouvrage de captage, on sera plus porté à faire attention à la zone localisée en amont hydraulique de l'ouvrage de captage. Pour connaître la dimension du périmètre de protection éloignée, il faut déterminer l'enveloppe ou la limite de l'aire d'alimentation de l'ouvrage de captage.

Les hypothèses de base du modèle proposé sont :

- un milieu aquifère homogène, isotrope, et qui présente un champ d'écoulement régional uniforme;
- un puits en pompage depuis suffisamment de temps pour être en condition dynamique stationnaire.

Dans ces conditions, l'aire d'alimentation prend la forme d'une parabole ouverte vers l'amont, avec le puits comme foyer.

⁴ BRADBURY, K.R., M.A. MULDOON, A. ZAPOROZEC, L. LEVY, 1991. *Delineation of Wellhead Protection Areas in Fractured Rocks*, EPA 570/9-91-009, Wisconsin Geological and Natural History Survey, Madison, Wisconsin, États-Unis.

L'exemple suivant illustre l'emploi du modèle proposé (Todd, 1980). Il s'agit d'un puits captant de l'eau qui circule dans des sables et graviers en condition de nappe libre, avec un faible rabattement par rapport à l'épaisseur saturée du milieu aquifère.

Les paramètres considérés sont :

K : conductivité hydraulique de la formation aquifère, 60 mètres/jour;

b : épaisseur saturée de la formation aquifère, 12,65 mètres;

i : gradient hydraulique régional, 0,003 (sans unité);

Q : débit de pompage, 820 mètres cubes/jour;

Les équations du modèle permettent de calculer les paramètres suivants :

$$A = \frac{Q}{2\pi Kbi} \quad L = \frac{Q}{Kbi} \quad B = \frac{L}{2}$$

A : distance à la limite aval de la zone d'appel au puits de pompage (en mètres);

L : largeur maximale de la zone de captage en amont par rapport à la direction d'écoulement des eaux (en mètres);

B : largeur de la zone de captage au niveau du puits (en mètres).

On obtient les valeurs suivantes :

$$A = 57 \text{ mètres} \quad L = 360 \text{ mètres} \quad B = 180 \text{ mètres}$$

Cet exemple est illustré sur la figure 1 ci-après. Nous obtenons ainsi une parabole qui s'étend sur une distance de 57 mètres en aval du puits de pompage. Au droit du puits, le périmètre atteint une largeur B de 180 mètres. Vers l'amont, la parabole atteint une largeur maximale de 360 mètres. Pour simplifier le tracé, on estime que la largeur maximale est pratiquement atteinte à une distance amont égale à L. Au-delà de cette distance, la zone de captage se prolonge, à une largeur constante, jusqu'à la ligne de partage des eaux. Le tout détermine l'aire d'alimentation du puits. Notons, encore une fois, que l'emploi de ce modèle se limite aux situations simples et que l'hydrogéologue peut être dans l'obligation d'utiliser des modèles plus complexes pour déterminer le périmètre de protection éloignée.

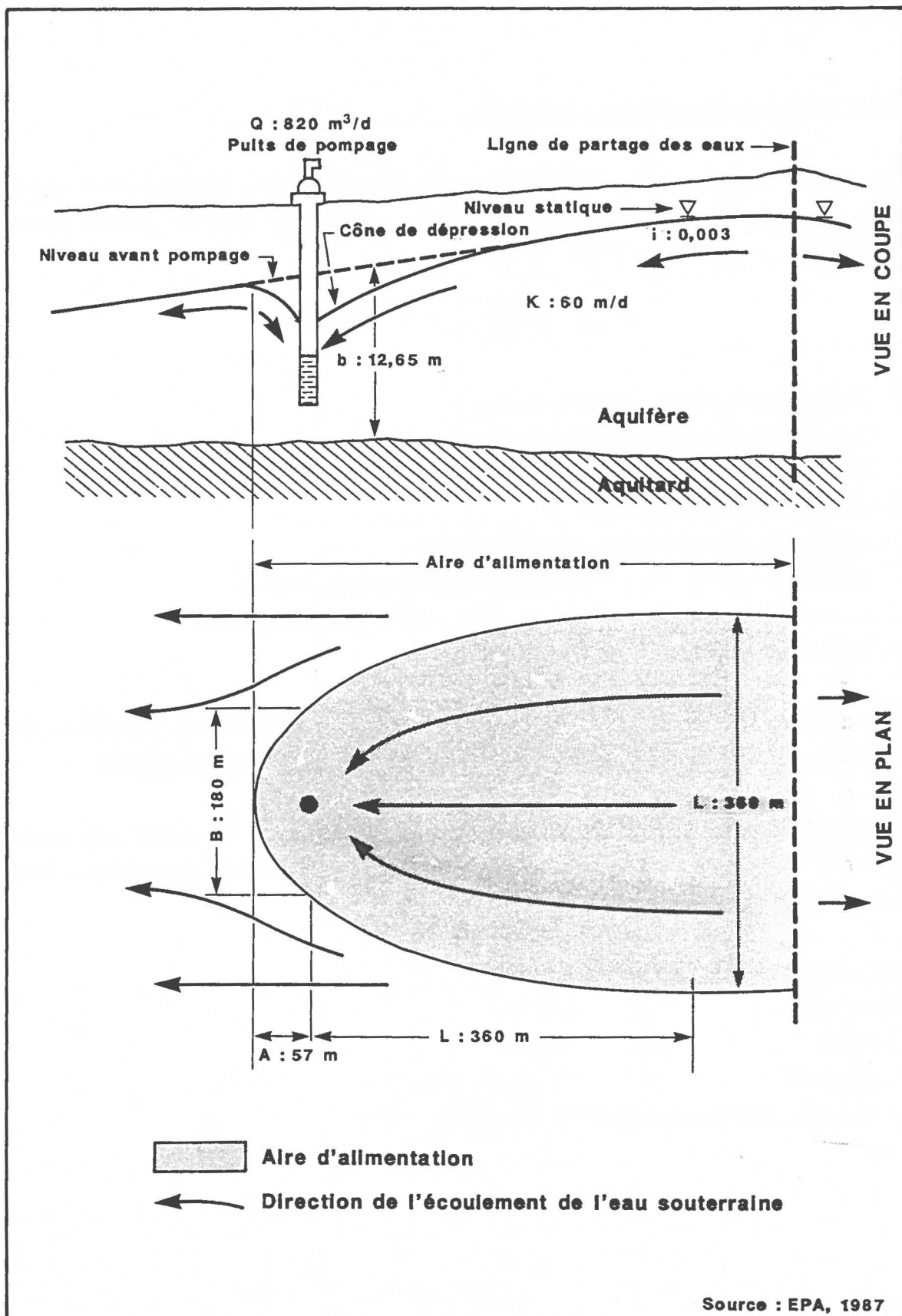


Figure 1 : Aire d'alimentation

3.2.2 Périimètre de protection rapprochée

À l'intérieur de l'aire d'alimentation, il faut déterminer la distance correspondant à un temps de transfert de 60 jours. Une approche s'établit comme suit pour les gouttes d'eau se déplaçant selon l'axe des x (Bear, 1979) :

$$t = \frac{nd}{Ki} - \frac{Qn}{2\pi K^2 i^2 b} \ln \left(1 + \frac{2\pi K b i d}{Q} \right)$$

K : conductivité hydraulique (mètres/jour)

i : gradient hydraulique régional (sans unité)

n : porosité efficace (sans unité)

Q : débit pompé (mètres³/jour)

b : épaisseur saturée du milieu aquifère (mètres)

d : distance amont du point D jusqu'au puits de pompage (mètres)

t : temps de transfert entre l'isochrone et le puits de pompage (jours)

ln : logarithme népérien.

Le point D se situe en amont sur la ligne parallèle à l'axe d'écoulement régional de l'eau passant par le puits de pompage, c'est-à-dire sur l'axe de la parabole de captage.

Afin de simplifier les calculs concernant le périmètre de protection rapprochée, cette distance détermine le rayon d'un arc de cercle dont le centre est le puits de pompage et dont les limites latérales sont l'aire d'alimentation.

Poursuivant le même exemple, nous avons :

K : 60 m/d

n : 0,20

i : 0,003

b : 12,65 m

Q : 820 m³/d

t : 60 jours ou plus

d : distance cherchée, minimum de 100 mètres.

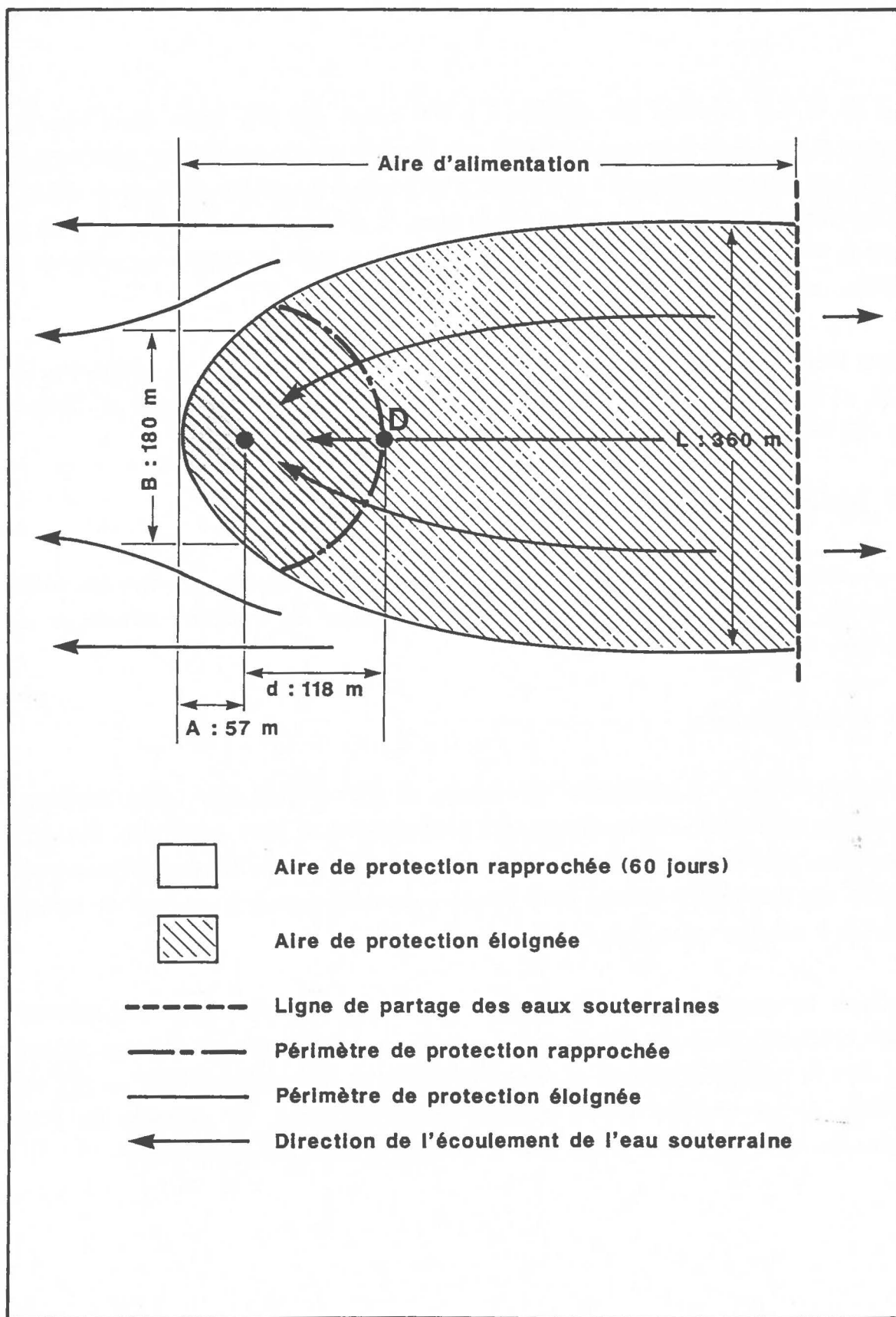


Figure 2 : Périmètres de protection rapprochée et éloignée

Donc au départ, on prend une distance $d = 100$ mètres que l'on insère dans l'équation proposée et on calcule le temps de transfert t . Si le temps calculé est inférieur à 60 jours, on suppose une distance supérieure à 100 mètres et on refait les calculs jusqu'à ce que la distance d corresponde à un temps de transfert de 60 jours. Si la distance de 100 mètres donne un temps de transfert supérieur à 60 jours, cette distance doit être retenue pour établir le périmètre de protection rapprochée.

Suivant notre exemple illustré à la figure 2 ci-avant, pour une distance de 100 mètres, on obtient un temps de transfert de 46,8 jours. Le temps de 60 jours est obtenu avec une distance d de 118 mètres.

3.2.3 Périmètre de protection immédiate

Tel que mentionné dans la Directive 001 du Ministère, le périmètre de protection immédiate est délimité par un cercle centré sur l'ouvrage de captage et dont le rayon minimal est de 30 mètres.

3.2.4 Ceinture d'alerte

Une ceinture d'alerte est constituée d'un réseau de puits d'observation grâce auquel on effectue une surveillance afin de détecter une contamination de l'eau souterraine. Ces puits d'observation sont mis en place autour de l'ouvrage de captage, à une distance suffisante pour permettre une intervention efficace avant l'arrivée des contaminants à l'ouvrage de captage alimentant le réseau de distribution d'eau potable.

Ce système de surveillance peut être constitué de puits existants ou de puits d'observation installés spécialement à cette fin. Dans l'éventualité où des activités générant des sources potentielles de contamination sont relevées à l'intérieur de l'aire d'alimentation et qu'il est impossible de les déplacer (ex. : industrie, lieu d'élimination de déchets), les puits d'observation devraient être localisés en aval hydraulique immédiat de ces lieux.

3.3 Potentiel d'utilisation des sols - restrictions d'usage

Généralités

Contrairement au périmètre de protection immédiate, les périmètres de protection rapprochée et éloignée ne sont pas clôturés. Il n'y a pas une interdiction absolue d'effectuer des activités dans les zones situées à l'intérieur de ces périmètres. Sur le terrain, ces périmètres servent à localiser des secteurs qui seront soumis à un certain nombre de mesures de contrôle ou à des interdictions, ce qui permettra ainsi de régir les usages qui s'y exercent ou ceux susceptibles de s'y exercer.

Trois critères fondamentaux sont à retenir dans la détermination des activités à contrôler à l'intérieur des périmètres de protection :

- 1^{er} la nature de l'activité se produisant régulièrement et susceptible de provoquer l'infiltration d'une substance polluante (ex. : épandage d'engrais ou de pesticides) ou d'être la cause d'un déversement accidentel (ex. : lieu de transbordement);
- 2^e la vulnérabilité de la nappe souterraine, incluant la capacité du sol à limiter la concentration et la migration des contaminants;
- 3^e la distance par rapport à l'ouvrage de captage.

Ces critères permettront de définir les types d'activités ou d'usages tolérés, réglementés ou interdits à l'intérieur des périmètres de protection immédiate, rapprochée et éloignée. Sans dresser une liste exhaustive, on trouve ci-après quelques exemples d'activités susceptibles d'affecter la qualité de l'eau souterraine.

3.3.1 Périmètre de protection immédiate

Ce périmètre clôturé comprend essentiellement l'ouvrage de captage et l'équipement nécessaire à son exploitation, incluant une ou plusieurs génératrices et leurs réservoirs de carburant; on y trouve parfois des produits chimiques nécessaires à l'entretien de l'équipement ou au traitement de l'eau. Tous ces produits et l'équipement doivent être entreposés dans un endroit sécuritaire muni d'un plancher étanche, avec un muret formant un bassin de rétention d'une

capacité suffisante qui facilite la récupération en cas de déversement accidentel. Si, lors des manutentions, des produits chimiques sont déversés accidentellement en dehors du plancher étanche, et entrent en contact direct avec le sol autour de l'ouvrage de captage, ils devront être systématiquement enlevés — de même que tous les sols contaminés — et éliminés dans un endroit approprié. Cette précaution est valable pour tous les déversements, sans égard aux quantités en cause.

L'épandage d'engrais, d'herbicides et de pesticides ou de tout autre produit à l'intérieur de ce périmètre est formellement interdit. Il est recommandé de niveler le terrain, avec une légère pente descendante à partir de l'ouvrage de captage vers la clôture ceinturant le périmètre, et de mettre en place un couvert végétal (gazon).

3.3.2 Périmètre de protection rapproché

Dans le cas d'une nappe libre, tout le territoire situé à l'intérieur de ce périmètre est à protéger contre la contamination, par l'entremise de restrictions à l'utilisation du sol.

Les activités ou les restrictions à l'utilisation du sol seront moins sévères dans le cas d'une nappe captive, et on s'appliquera à protéger les aires de réalimentation et les endroits où des excavations risquent d'atteindre le milieu aquifère.

Les restrictions qui suivent sont mentionnées à **titre indicatif** et s'appliquent tant aux nappes captives qu'aux nappes libres. Ces restrictions à l'utilisation du sol seront cependant plus légères dans le cas d'une nappe captive et seront fonction, entre autres, de l'épaisseur de la couche peu perméable protégeant naturellement le milieu aquifère (voir 3.5.1). Les restrictions à l'utilisation des sols peuvent être classées en trois catégories : activités interdites, activités tolérées et activités réglementées. Ces restrictions devraient être précisées dans l'étude hydrogéologique déterminant les périmètres de protection. Sur la base de cette étude, un conseil municipal pourra adopter les règlements nécessaires à la protection de l'ouvrage de captage d'eau souterraine.

Activités interdites

- Toute activité générant ou laissant des contaminants persistants et mobiles telles les activités mentionnées dans la section suivante, portant sur le périmètre de protection éloignée.
- L'épandage, sur une distance de 300 mètres à l'intérieur de l'aire d'alimentation, d'un pesticide contenant une ou des matières actives inscrites sur la liste en annexe C.
- L'épandage ou l'infiltration d'eaux usées, de produits provenant de fosses septiques ou de stations d'épuration.
- L'entreposage de matière fermentescible, de fumier.

Activités tolérées

- L'épandage de pesticides contenant une matière active autre que celles inscrites à l'annexe C ou utilisés à plus de 300 mètres du puits, ainsi que de tout autre produit chimique ou organique, devrait faire l'objet d'une utilisation rationnelle. De même, la fertilisation devrait s'effectuer en fonction des besoins nutritifs des végétaux en culture tout en tenant compte des conditions hydrogéologiques de terrain, et faire l'objet d'un suivi sur les doses employées. Il pourrait même être éventuellement envisagé de changer la vocation du terrain pour un autre usage nécessitant moins de produits chimiques ou organiques. Dans un tel cas, le choix de la culture, du mode et du moment d'application de même que le dosage des produits devraient faire l'objet d'une recommandation et être sous la responsabilité d'un agronome. Ce dernier ne devrait avoir aucun lien avec le réseau de distribution des produits en cause; il devrait également être habilité à réaliser un plan de fertilisation lorsque les produits sont utilisés pour leurs valeurs fertilisantes. Ces épandages ne devraient être permis que s'il y a une surveillance de la qualité de la nappe phréatique.
- Le pacage léger d'animaux, aux endroits où les conditions géologiques le permettent. De plus, l'apport d'éléments nutritifs par les animaux dans une régie de pâturage ne devrait pas dépasser les besoins nutritifs des végétaux pâturés.

- La construction et l'entretien de voies publiques. Les autorités concernées devraient établir une distance à respecter par rapport à un ouvrage de captage pour les nouvelles constructions, l'épandage (contrôlé) de sels déglaçants ou de produits abat-poussière.
- Le forage de puits, dans la mesure où la municipalité adopte un règlement sur la construction, l'utilisation, les prélèvements excessifs et le colmatage en cas d'abandon des activités.

Activités réglementées ou interdites

- Les excavations, selon la vulnérabilité du milieu aquifère, la profondeur du niveau de l'eau souterraine par rapport à la surface et l'utilisation ultérieure de la fouille.

3.3.3 Périmètre de protection éloignée

Sur une distance de 300 mètres à l'intérieur de l'aire d'alimentation, il est interdit d'appliquer un pesticide contenant une ou des matières actives inscrites sur la liste de l'annexe C. D'autre part, les sources de polluants mobiles et persistants devraient être éliminées et des mesures prises pour minimiser les risques de contamination accidentelle, en particulier si le milieu ne possède qu'un faible potentiel de rétention ou de dégradation des polluants.

Les activités à interdire pourraient être : l'exploitation d'un aéroport, d'une base militaire, d'un lieu d'élimination de déchets, d'une station d'épuration, d'une gare ferroviaire, d'une raffinerie, d'une usine de produits chimiques, l'utilisation de pompes géothermiques, d'un réacteur nucléaire, l'injection d'eau de refroidissement, l'entreposage de produits pétroliers, notamment par les stations services.

En résumé, toute activité située à l'intérieur de l'aire d'alimentation d'un ouvrage de captage doit être évaluée en fonction de son impact potentiel sur la qualité de l'eau souterraine et, possiblement, sur sa quantité. Il faut prendre les mesures nécessaires afin d'éliminer les sources potentielles de contamination. En fait, l'autorisation d'effectuer toute activité dans une aire d'alimentation devrait être soumise à une procédure d'approbation cas par cas.

Il faudrait également assurer un suivi de l'impact sur les eaux souterraines, de toute nouvelle utilisation des sols à l'intérieur de l'aire d'alimentation. En outre, la municipalité ou son mandataire devrait, à la suite de l'étude hydrogéologique, informer les personnes et les entreprises susceptibles par leurs actes, de dégager des contaminants dans l'environnement et ainsi, de détériorer la qualité de l'eau souterraine.

3.4 Collecte des données

Généralités

La détermination des périmètres de protection se fait après une étude évaluant les risques de contamination de la nappe souterraine. Une telle étude permet de déterminer les zones problématiques et les mesures protectrices à mettre en place pour prévenir une contamination.

La détermination des périmètres de protection débute par la cueillette, la synthèse et l'analyse de toute la documentation disponible concernant l'hydrogéologie, l'ouvrage de captage lui-même, les activités humaines et l'utilisation du sol dans le secteur. Cette documentation pourrait inclure :

- extrait du plan cadastral autour de l'ouvrage de captage;
- carte(s) topographique(s);
- cartes géologiques des dépôts meubles et de la roche en place;
- cartes géotechniques, cartes géophysiques;
- cartes d'utilisation du sol, de localisation des puits et des sources potentielles ou réelles de contamination ponctuelle ou diffuse;
- coupes géologiques;
- caractéristiques de l'ouvrage de captage : profondeur, diamètre, longueur des tubages et crépines, cimentation, équipement existant et prévu;
- débit d'exploitation : prélèvements actuels et prévus, niveaux de l'eau au repos et en pompage;
- analyses bactériologiques et chimiques de l'eau.
- données des paramètres hydrauliques (transmissivité, coefficient de perméabilité, porosité efficace, coefficient d'emmagasinement) et recherche des limites de la nappe (réalimentation naturelle, limites imperméables, extension du cône d'appel);

- carte de vulnérabilité de la nappe;
- direction d'écoulement des eaux souterraines;
- piézométrie détaillée autour du lieu de captage;
- diagraphie des horizons fissurés;
- plan d'urbanisme.

S'ils existent, ces renseignements sont habituellement disponibles au ministère de l'Environnement et de la Faune (MEF), au ministère des Ressources naturelles (MRN), au ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ), à la municipalité régionale de comté (MRC), à la municipalité propriétaire de l'ouvrage de captage ou chez le propriétaire concerné des autres réseaux d'aqueduc autorisés (propriétaire privé, institution, entreprise).

Cueillette de données sur le terrain

Des essais de pompage des ouvrages de captage, doublés d'une étude hydrogéologique détaillée, devraient fournir des données sur la piézométrie, la vitesse d'écoulement, la position des limites de l'aquifère, les débits d'exploitation, la nature des contaminants potentiels et le pouvoir épurateur du milieu sur ces contaminants.

Interprétation des données

La précision de la position des périmètres et de la distance à la ceinture d'alerte dépendent de la qualité et de la quantité des informations recueillies. L'interprétation de ces données et la détermination définitive des aires à protéger sur le terrain doivent être confiées à un hydrogéologue.

Dans le cas d'un ouvrage de captage déjà relié à un réseau, autour duquel il n'existe pas — ou il n'est pas possible d'aménager — un périmètre de protection immédiate à cause de l'utilisation actuelle du sol et de l'existence de droits acquis, les risques de contamination doivent être évalués au moyen d'une expertise hydrogéologique, incluant un échantillonnage fréquent de l'eau consommée. Toute augmentation anormale de la concentration d'un paramètre affectant la potabilité de l'eau devrait conduire à une intervention.

De même, la détermination des aires de protection rapprochée et éloignée autour d'un ouvrage de captage en exploitation peut être une tâche assez ardue s'il faut imposer des règlements ou des interdictions qui modifient l'utilisation actuelle du territoire environnant. Suivant les conditions rencontrées, la mise en place d'une ceinture d'alerte pourrait être appropriée.

Parfois, l'ouvrage de captage est dans un environnement si médiocre qu'il devient utopique de vouloir lui assurer une protection efficace. Il pourrait alors être préférable d'envisager la fermeture définitive de l'ouvrage de captage. Le coût d'établissement d'un nouvel ouvrage de captage pourrait s'avérer inférieur à celui résultant de la mise en place des mesures contraignantes nécessaires pour rendre sécuritaire l'ouvrage d'origine.

Idéalement, il faudrait tenir compte des périmètres de protection dès la planification d'un projet de captage d'eau souterraine, de façon à prendre les options ou signer les ententes relatives aux terrains susceptibles de faire l'objet de recherches en eau. Il est en effet courant de constater, en cours d'étude, une augmentation substantielle de la valeur marchande de ces terrains au moment où se précise leur potentiel en eau. Si le projet est bien planifié, il comprendra une étude hydrogéologique permettant de déterminer tous les paramètres nécessaires à la définition des aires à protéger autour du futur ouvrage de captage.

3.5 Vulnérabilité des eaux souterraines et sources de contamination

La vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution et les utilisations actuelles et prévues du sol sont des informations essentielles pour les gestionnaires du territoire (municipalité, MRC) qui doivent décider des mesures à prendre pour protéger les ouvrages de captage d'eau souterraine. La cartographie de la vulnérabilité des eaux souterraines dans l'aire d'alimentation peut orienter les interventions. Aussi, il sera très utile de procéder à un inventaire systématique des activités susceptibles d'affecter la qualité des eaux souterraines, ainsi qu'à l'évaluation du risque de contamination dans l'aire d'alimentation.

3.5.1 Vulnérabilité des eaux souterraines

La cartographie de la vulnérabilité des eaux souterraines doit être effectuée par un hydrogéologue et être basée sur des données hydrogéologiques. La vulnérabilité est un concept qualitatif et subjectif, mais de nombreuses méthodes ont été développées ces dernières années.

Parmi les méthodes d'évaluation, nous présentons une introduction à la méthode DRASTIC (Aller *et al.*, 1987)⁵. La méthode DRASTIC fut développée par la *National Water Well Association*, pour le compte de l'EPA. Elle est l'une des méthodes les plus utilisées en Amérique du Nord.

Cette méthode intègre sept paramètres physiques différents qui interviennent dans les processus de transport et d'atténuation des contaminants. Ces paramètres sont : la profondeur de la nappe par rapport à la surface (Depth to water), l'infiltration efficace (net Recharge), le milieu aquifère (Aquifer media), le type de sol (Soil media), la topographie (Topography), la zone vadose (Impact of the vadose zone) et la conductivité hydraulique du milieu aquifère (hydraulic Conductivity of the aquifer).

Une cote numérique est attribuée à chacun des sept paramètres selon le système préétabli pour DRASTIC. Les cotes permettent de calculer les indices DRASTIC, ou indices de vulnérabilité. Au tableau 2, en page 25, on présente une liste des principaux organismes disposant généralement des données de base relatives à chacun des sept paramètres considérés par la méthode DRASTIC.

Chaque indice DRASTIC est rattaché à une zone géographique bien délimitée ayant des caractéristiques physiques homogènes (unité hydrogéologique). L'indice DRASTIC traduit le risque de contamination des eaux souterraines à l'intérieur des limites de la zone à laquelle il se rapporte. Plus grande sera la valeur de l'indice, plus élevé sera le risque de contamination. La valeur maximale possible de l'indice DRASTIC est de 256 et la valeur minimale est de 23.

⁵ ALLER, L., T. BENNETT, J.-H. LEHR, *et al.*, 1987. *DRASTIC : A Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential using Hydrogeologic Settings*, rapport N° EPA-600/2-87-035, National Water Well Association, Ohio.

L'application de DRASTIC à l'aire d'alimentation d'un ouvrage de captage résultera en la création d'une carte sur laquelle on retrouvera une ou plusieurs zones possédant chacune leur propre indice de vulnérabilité. Les zones affichant un indice élevé (zones les plus vulnérables) devront donc faire l'objet de mesures sévères pour éviter toute dégradation éventuelle de la qualité des eaux souterraines.

La présentation de la méthode DRASTIC dans ce guide ne signifie pas pour autant que nous l'endossons, notre but étant simplement de faire connaître l'existence de méthodes évaluant la vulnérabilité d'un milieu aquifère. Mentionnons qu'une étude comparative des méthodes d'évaluation de la vulnérabilité des eaux souterraines a été effectuée par Réjean Fréchette⁶. En outre, François Aubre⁷ a mis au point une nouvelle méthode d'évaluation de la vulnérabilité des eaux souterraines au Québec. Ces deux études ont été présentées sous forme de mémoire de maîtrise et sont disponibles pour consultation auprès des institutions concernées.

⁶ FRÉCHETTE, R., 1988. *Étude comparative des méthodes d'évaluation de la vulnérabilité des eaux souterraines face au risque de contamination engendré par l'usage des pesticides*. Mémoire de maîtrise, Institut national de la recherche scientifique, Québec.

⁷ AUBRE, F., 1992. *Développement d'une nouvelle méthode d'évaluation de la vulnérabilité des eaux souterraines au Québec*, Mémoire de maîtrise, École des gradués, Université Laval.

Tableau 2. Provenance de l'information hydrogéologique

ORGANISME	MEMRC	MRNQ	MEF	MAPAQ	CGC	CONSUL.
PARAMÈTRE DRASTIC						
Profondeur de la nappe par rapport à la surface		X	X			X
Infiltration efficace			X			X
Milieu aquifère		X	X		X	X
Type de sol				X		
Topographie	X				X	
Zone vadose			X			X
Conductivité hydraulique						X

MEMRC : Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources du Canada

MRNQ : Ministère des Ressources naturelles du Québec

MEF : Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec

MAPAQ : Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec

CGC : Commission géologique du Canada

CONSUL. : Consultants en hydrogéologie

3.5.2 Inventaire des sources de contamination

L'établissement d'une carte d'inventaire localisant et identifiant les principales sources de contamination (potentielles et réelles) est indispensable pour les gestionnaires qui ont la responsabilité d'assurer la protection des ouvrages de captage d'eau souterraine.

En superposant la carte d'inventaire et la carte de vulnérabilité, on pourra faire le lien entre la vulnérabilité des eaux souterraines et les sources de contamination présentes dans l'aire d'alimentation d'un ouvrage de captage d'eau souterraine et ainsi, mieux juger des correctifs et mesures à mettre en place pour le protéger.

À titre indicatif, on présente au tableau 3 ci-après, les principales activités susceptibles de contaminer les eaux souterraines. Ce même tableau indique quels organismes détiennent l'information pertinente. La plupart des MRC ont déjà cartographié des activités dans leur schéma d'aménagement.

Tableau 3. Principales activités ayant un potentiel de contamination de l'eau souterraine

ACTIVITÉ	ORGANISME	MEF	MICST	MRNQ	MUN	MAPAQ	MTQ
Émissaires d'égout					X		
Lieux d'enfouissement		X			X		
Industries			X		X		
Réservoirs d'hydrocarbures enfouis ou hors-terre (détaillant et grossiste)				X			
Charge au sol liée à l'activité agricole (fertilisants, pesticides)						X	
Cours de rebuts et anciens dépotoirs					X		
Sels déglaçants, liquides abat-poussière					X		X

MEF : Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec

MRNQ : Ministère des Ressources naturelles du Québec

MAPAQ : Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec

MICST : Ministère de l'Industrie, du Commerce, de la Science et de la Technologie du Québec

MTQ : Ministère des Transports du Québec

MUN : Municipalité

4 ENCADREMENT DU MEF ET LÉGISLATION

Encadrement

Les directions régionales assurent la représentation du Ministère auprès de la population et des clientèles en région. Elles analysent les projets soumis, voient à la délivrance des autorisations requises et s'assurent que le suivi et le contrôle environnemental soient faits par les intervenants concernés. Ce suivi et ce contrôle demeurent sous la responsabilité des municipalités ou des propriétaires de réseaux privés, institutionnels ou d'entreprises. Cependant, le MEF s'assure que les travaux réalisés sont conformes aux autorisations délivrées.

Le Service des pesticides et des eaux souterraines de la Direction des politiques des secteurs agricole et naturel a notamment pour mandat de protéger et de conserver les eaux souterraines en tant que source d'alimentation en eau potable. Pour y parvenir, le Service doit acquérir des connaissances sur la quantité, la qualité et la vulnérabilité des eaux souterraines. En relation avec ce mandat, le Service fournit l'expertise technique aux directions régionales et aux autres directions du Ministère.

Législation

La législation comprend la Loi sur la qualité de l'environnement et les règlements qui en découlent ainsi que des directives et guides élaborés par le ministère de l'Environnement et de la Faune. Les paragraphes suivants se rapportent à quelques articles de loi, à des règlements, à des directives ou à des guides qui sont jugés pertinents pour la protection des prises d'eau d'aqueduc privé ou public.

4.1 Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q., c. Q-2)

L'article 20 stipule que :

Nul ne doit émettre, déposer, dégager ou rejeter ni permettre l'émission, le dépôt, le dégagement ou le rejet dans l'environnement d'un contaminant au-delà de la quantité ou de la concentration prévue par règlement du gouvernement.

La même prohibition s'applique à l'émission, au dépôt, au dégagement ou au rejet de tout contaminant, dont la présence dans l'environnement est prohibée par règlement du gouvernement ou est susceptible de porter atteinte à la vie, à la santé, à la sécurité, au bien-être ou au confort de l'être humain, de causer du dommage ou de porter autrement préjudice à la qualité du sol, à la végétation, à la faune ou aux biens.

En d'autres termes, l'utilisation de tout produit, qu'il soit chimique ou organique, ne doit pas porter atteinte à la qualité de l'environnement, incluant l'eau souterraine.

L'article 32 stipule que :

Nul ne peut établir un aqueduc, une prise d'eau d'alimentation, des appareils pour la purification de l'eau, ni procéder à l'exécution de travaux d'égout ou à l'installation de dispositifs pour le traitement des eaux usées avant d'en avoir soumis les plans et devis au ministre et d'avoir obtenu son autorisation.

Cette autorisation est également requise pour les travaux de reconstruction, d'extension d'installations anciennes et de raccordements entre les conduites d'un système public et celles d'un système privé.

Lorsqu'il est saisi d'une demande d'autorisation, le ministre peut exiger toute modification qu'il juge nécessaire au projet ou aux plans et devis soumis.

4.2 Règlements

Des règlements régissant une variété d'activités précisent des distances minimales à respecter par rapport à une prise d'eau potable. Les usages/activités pertinents sont mentionnés dans le tableau 4.

Pour sa part, le ministère de l'Énergie et des Ressources a adopté en juin 1991 la Loi sur l'utilisation des produits pétroliers (L.R.Q., ch. U-1.1), à laquelle se greffe une nouvelle réglementation dont le Règlement sur les produits pétroliers (L.R.Q., ch. U-1.1.r.1). Cette nouvelle loi contient plusieurs dispositions pour s'assurer de la qualité des systèmes d'entreposage de carburants et de combustibles. Elle impose, entre autres, pour tout système d'entreposage (réservoir et tuyauterie) localisé à moins d'un kilomètre d'une prise d'eau

potable (classe A), plusieurs exigences particulières visant une protection accrue contre les fuites (double-paroi, système de détection, puits collecteurs).

Tableau 4. Distances minimales à respecter de certains usages/activités par rapport à une prise d'eau potable

USAGES/ACTIVITÉS	DISTANCE MINIMALE EN MÈTRES
Ancien dépotoir	500 (1)
Dépôt en tranchée de déchets solides	500 (1)
Aire d'enfouissement de déchets solides	300 (1)
Carrières, sablières	1 000 (2)
Nouvel établissement de production animale d'un élevage sur fumier liquide	300 (3)
Nouvel établissement de production animale d'un élevage sur fumier solide	100 (3)
Ancien établissement de production animale d'un élevage sur fumier liquide	75 (3)
Ancien établissement de production animale d'un élevage sur fumier solide	30 (3)
Épandage de fumier ou de lisier	30 (3)
Pâtes et papiers (aire d'enfouissement)	300 (4)
Déchets dangereux (centre de transfert)	300 (5)
Élément épurateur de résidences isolées	30 (6)
Liste de 39 pesticides actifs	300 (7)

- (1) Règlement sur les déchets solides (Q-2, r. 14).
- (2) Règlement sur les carrières et sablières (Q-2, r. 2).
- (3) Règlement sur la prévention de la pollution des eaux par les établissements de production animale (Q-2, r.18).
- (4) Règlement sur les fabriques de pâtes et papiers (Q-2, r. 12).
- (5) Règlement sur les déchets dangereux (Q-2, r. 12.1).
- (6) Règlement sur l'évacuation et de traitement des eaux usées de résidences isolées (Q-2, r. 8).
- (7) Code de gestion des pesticides, actuellement en préparation (voir annexe C).

4.3 Directives et guides

Le ministère de l'Environnement et de la Faune a élaboré des directives dont certains articles mentionnent des distances minimales à respecter pour une prise d'eau potable par rapport à certains usages/activités. Les représentants du Ministère sont tenus de faire respecter ces distances avant d'autoriser une nouvelle prise d'eau potable.

Le tableau 5, ci-après, a été établi à partir de la Directive 001 sur le captage et la distribution d'eau. Selon cette même directive, un rayon minimal de 30 mètres doit être respecté et la prise d'eau doit être située à 15 mètres hors d'atteinte des zones inondables.

Tableau 5. Distance à respecter d'une prise d'eau potable par rapport à certains usages/activités

USAGES/ACTIVITÉS	DISTANCE MINIMALE EN MÈTRES
Carrière, gravière, sablière	1 000
Ancien dépotoir	500
Terres servant à l'épandage des boues	500
Lieu d'enfouissement sanitaire	300
Lieu d'entreposage, bâtiment ou réservoir destiné à l'élimination, au traitement et à l'entreposage de déchets liquides, solides, dangereux	300
Établissement de production animale, bâtiment, cours d'exercice et lieu d'entreposage	300

De même, dans la Directive 010 (cimetières, mausolées et crématoriums), on mentionne qu'une distance de 80 mètres doit être respectée par rapport à un puits d'eau potable et que la nappe phréatique doit être à plus de 3,5 mètres de profondeur par rapport à la surface naturelle du sol.

Le Ministère mentionne également une distance de 300 mètres à respecter par rapport à un puits dans le *Guide d'aménagement de sites pour l'élimination des neiges usées*.

4.4 Autorisation

Suivant la Directive 001 du ministère de l'Environnement et de la Faune, les périmètres de protection rapprochée et éloignée devront être établis pour tout nouvel ouvrage de captage d'eau souterraine dont le débit sera supérieur à 75 m³/d.

En ce qui concerne les prises d'eau déjà existantes, les applications proposées dans le guide pourront être prises en considération lors de la révision du processus d'élaboration des schémas d'aménagement et des règlements d'urbanisme qui en découlent, d'autant que l'établissement des périmètres de protection est une des orientations du gouvernement en matière d'aménagement.

Également, la Commission de la protection du territoire agricole du Québec (CPTAQ) est un organisme public qui intervient généralement sur la localisation et l'impact des ouvrages de captage d'eau souterraine aux fins de distribution d'eau potable lorsqu'ils sont réalisés en territoire agricole. À cette fin, la CPTAQ a produit un guide intitulé : *Guide de présentation d'une demande d'autorisation en vue de l'implantation en zone agricole d'un ouvrage de captage et de distribution d'eau potable souterraine à des fins municipales.*

Il est possible d'obtenir une copie de ce guide aux adresses suivantes :

Commission de protection du territoire
agricole du Québec
200A, chemin Sainte-Foy, 2^e étage
Québec (Québec)
G1R 4X6

Tél. : (418) 643-3314 (local)
1 800 667-5294 (extérieur)
(418) 643-2261 (télécopieur)

Commission de protection du territoire
agricole du Québec
25, boul. Lafayette, 3^e étage
Longueuil (Québec)
J4K 5C7

Tél. : (514) 442-7100 (local)
(514) 873-6793 (local)
1 800 361-2090 (extérieur)
(514) 651-2258 (télécopieur)

5 POUVOIRS RÉGLEMENTAIRES ET RESPONSABILITÉS MUNICIPALES

Les modifications apportées à la Loi sur l'aménagement et l'urbanisme (L.R.Q., c. A-19.1) le 1^{er} mai 1993 autorisent dorénavant les MRC et les communautés urbaines à déterminer, à l'intérieur du schéma d'aménagement, les activités humaines qui occasionnent des contraintes majeures pour l'utilisation des sols à proximité (art. 5, paragraphe 4).

Elles pourront ainsi déterminer, les usages, les constructions, les équipements, les infrastructures et ouvrages dont la présence ou l'exercice dans un lieu fait en sorte que l'occupation des sols à proximité est soumis à des contraintes majeures pour des raisons de sécurité, de santé publique et de bien-être général.

La Loi prévoit également la possibilité d'inscrire au document complémentaire du schéma d'aménagement des règles minimales qui obligent les municipalités dont le territoire est compris dans celui de la MRC ou de la communauté, à adopter des dispositions afin de régir ou de prohiber tous les usages du sol, construction, ouvrages ou opérations cadastrales, ou certains d'entre eux, compte tenu de la proximité d'une source de contraintes anthropiques (art. 113, paragraphe 16.1 et art. 115, paragraphe 4.1).

Pour l'application des paragraphes 16.1 et 4.1, les règlements de zonage et de lotissement peuvent, de façon particulière, diviser le territoire de la municipalité, établir des catégories d'usages, de constructions, d'ouvrages ou d'opérations cadastrales à prohiber ou à régir, et établir des catégories d'immeubles, d'activités ou d'autres facteurs justifiant une telle prohibition ou réglementation.

Ils peuvent alors décréter des prohibitions et des règles qui varient selon les parties de territoire, selon les premières catégories, selon les secondes catégories ou selon toute combinaison de plusieurs de ces critères de distinction. Les règlements peuvent, aux fins de permettre la détermination du territoire où s'applique une prohibition ou une règle à proximité d'une source de contraintes, faire appel à la mesure du degré des effets nocifs ou indésirables produits par la source.

Les municipalités locales peuvent également, de leur propre chef, régir ou prohiber les usages du sol, constructions, ouvrages ou opérations cadastrales à proximité d'un immeuble ou d'une activité qui constitue une source de contraintes majeures.

Les municipalités devront s'assurer que les restrictions adoptées n'entrent pas en contradiction avec d'autres lois ou règlements dont la Loi sur la protection du territoire agricole (L.R.Q., c. P-41.1).

Le lecteur doit prendre note que la section 5 de ce document, telle qu'elle est présentée ici, n'a pas fait l'objet d'une vérification juridique.

6 CONCLUSION

Le présent guide est fondé sur le principe que la distance de 30 mètres prévue à la Directive 001 sur le captage et la distribution d'eau est une distance minimale à respecter. Par la suite, des périmètres rapprochés et éloignés de même qu'une ceinture d'alerte sont définis sur la base des conditions hydrogéologiques, de la vulnérabilité de la nappe à la contamination et des mécanismes d'atténuation du milieu concerné.

Le problème peut être abordé de diverses façons et par souci d'uniformité, nous avons voulu présenter le cheminement de deux méthodes susceptibles de donner des résultats satisfaisants dans les cas les plus courants.

L'établissement des périmètres de protection peut conduire à une réglementation municipale sur l'utilisation du sol et des activités humaines autour des ouvrages de captage d'eau souterraine. Cette réglementation crée des restrictions qui sont légères ou sévères, selon la vulnérabilité de la nappe souterraine à protéger. Une liste non exhaustive d'activités à tolérer, à réglementer ou à interdire a été présentée. Elle devra être modifiée et adaptée aux conditions locales.

La détermination des périmètres de protection autour d'un ouvrage de captage d'eau souterraine pour une eau potable est une tâche qui doit être confiée à un spécialiste en hydrogéologie. D'autant plus qu'il est toujours possible que les distances minimales requises par les directives et les règlements soient insuffisantes pour assurer la protection des ouvrages de captage répertoriés dans l'étude hydrogéologique.

Les études nécessaires à la protection des eaux souterraines peuvent parfois être coûteuses. Cependant, nous devons considérer que des travaux de réhabilitation — ou même l'abandon — d'un ouvrage de captage par suite d'une contamination de l'eau souterraine occasionne ordinairement des coûts bien supérieurs à ceux qui auraient pu être consentis pour sauvegarder cette ressource.

BIBLIOGRAPHIE

ALLER, L., T. BENNETT, J.-H. LEHR *et al.*, 1987. *DRASTIC : A Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential using Hydrogeologic Settings*, rapport N° EPA-600/2-87-035, National Water Well Association, Ohio.

Anonyme, 1987. *Guidelines for delineation of wellhead protection areas*, PB93-215861/XAD, report EPA/440/5-93/001, Office of Ground-Water Protection, U.S. Environmental Protection Agency, États-Unis.

AUBRE, F., 1992. *Développement d'une nouvelle méthode d'évaluation de la vulnérabilité des eaux souterraines au Québec*, Mémoire de maîtrise, École des gradués, Université Laval.

BEAR, J., 1979. *Hydraulics of Groundwater*, McGraw-Hill Series in Water Resources and Environmental Engineering, États-Unis.

BLANDFORD, T.N., P.S. HUYAKORN, 1991. *U.S. EPA WHPA*. IGWMC-Fos 41, distribué par International Ground Water Modeling Center, Institute for Ground-Water Research and Education, Colorado School of Mines, Golden, Colorado 80401-1887, États-Unis.

BRADBURY, K.R., M.A. MULDOON, A. ZAPOROZEC, L. LEVY 1991. *Delineation of Wellhead Protection Areas in Fractured Rock*, EPA 570/9-91-009, Wisconsin Geological and Natural History Survey, Madison, Wisconsin, États-Unis.

FRÉCHETTE, R., 1988. *Étude comparative des méthodes d'évaluation de la vulnérabilité des eaux souterraines face au risque de contamination engendré par l'usage de pesticides*, Mémoire de maîtrise, Institut national de la recherche scientifique, Québec.

LALLEMAND-BARRÈS, A. et J.-C. ROUX, 1989. *Guide méthodologique d'établissement des périmètres de protection des captages d'eau souterraine destinée à la consommation humaine*, Manuels et méthodes, numéro 19. BRGM, France.

TODD, David K., 1980. *Groundwater Hydrology*, Second Edition, États-Unis.

ANNEXE A

NOTIONS D'HYDROGÉOLOGIE

Il est pertinent de mentionner quelques termes et concepts du domaine de l'hydrogéologie pour mieux comprendre la problématique liée à la protection des eaux souterraines. Ces concepts introduiront les notions de vulnérabilité d'un milieu aquifère et de périmètre de protection.

L'eau souterraine disponible est celle qui occupe les pores interconnectées d'une formation géologique saturée. Cette formation géologique est identifiée comme étant un milieu aquifère si elle peut fournir de l'eau en quantité suffisante pour être exploitée. Il y a deux catégories d'aquifère : les formations non consolidées et les formations consolidées.

- 1) Les formations aquifères non consolidées sont constituées de sables et graviers saturés en eau. Ce sont généralement les milieux les plus productifs au Québec.
- 2) Les formations aquifères consolidées sont constituées par de la roche en place fracturée (porosité secondaire). Ces milieux ont des productivités variables en eau et généralement, les roches d'origine sédimentaire, comme les grès et les calcaires, offrent un meilleur potentiel que les roches d'origine ignée, comme les granites.

Les formations aquifères se trouvent dans l'environnement sous des conditions de nappe libre ou de nappe captive. Une nappe libre ou nappe phréatique est un milieu aquifère en contact direct avec l'atmosphère et le niveau de l'eau se stabilise à la profondeur où il a été recoupé en cours de forage (figure A.1). Le type d'ouvrage captant une nappe phréatique est communément appelé un puits de surface.

Une nappe captive se trouve dans une formation aquifère localisée sous une couche géologique confinante, c'est-à-dire peu perméable (aquitard) par rapport à la formation aquifère. Une nappe captive se situe ordinairement plus en profondeur qu'une nappe libre et lors d'un forage, l'eau s'élève au-dessus du niveau où elle a été recoupée en cours de creusage pour se stabiliser à son niveau piézométrique (figure A.2). La désignation commune d'un ouvrage aménagé dans une nappe captive est un puits artésien.

Le coefficient de perméabilité d'un matériau est un des facteurs contrôlant la vitesse de circulation de l'eau dans le sol. Le coefficient de perméabilité influence fortement le degré de vulnérabilité d'une nappe souterraine à la contamination. Ainsi, une substance polluante déversée en quantité suffisante à la surface d'un milieu perméable peut s'infiltrer rapidement jusqu'à la nappe souterraine et la contaminer. Par contre, un milieu de perméabilité plus faible réduira les risques de contamination. En fait, la vitesse d'infiltration est directement proportionnelle au coefficient de perméabilité. Plusieurs autres caractéristiques du milieu récepteur, comme la profondeur de l'eau souterraine par rapport à la surface, la topographie, le pourcentage de matière organique, le gradient hydraulique et la granulométrie des matériaux, influencent à divers degrés la vulnérabilité d'une formation aquifère.

Hydraulique souterraine

Les nappes souterraines sont alimentées, pour l'essentiel, par l'infiltration efficace des précipitations (pluie et neige). L'eau souterraine s'écoule très lentement à partir de l'aire de réalimentation naturelle vers les points d'exutoire que constituent principalement les cours d'eau (figure A.3). En période d'étiage, l'eau souterraine constitue usuellement la seule source d'alimentation des cours d'eau.

L'eau souterraine se déplace d'un niveau piézométrique élevé vers un niveau piézométrique moins élevé. La figure A.4 représente des lignes isopièzes avec une direction d'écoulement. Il est possible d'affirmer qu'un contaminant soluble introduit en A se retrouvera éventuellement en B mais que l'inverse n'est pas possible en condition d'écoulement naturel.

Le pompage d'un puits impose une contrainte à l'écoulement naturel et crée une zone ou aire d'influence dont le rayon varie avec la transmissivité et le coefficient d'emmagasinement du milieu aquifère, l'extension latérale de l'aquifère, le débit soutiré du puits, la durée du pompage et le taux de réalimentation du milieu aquifère dans la zone sollicitée par le puits. Sous une coupe verticale, l'aire d'influence est communément appelée cône de dépression. À l'intérieur de cette zone, la vitesse d'écoulement de l'eau souterraine augmente vers le puits par suite de l'accroissement du gradient hydraulique.

L'aire d'appel est la partie de l'aire d'influence dans laquelle toutes les lignes de courant convergent vers le puits de pompage.

Il faut noter qu'en amont hydraulique du puits, l'eau souterraine située à l'extérieur de l'aire d'influence du pompage, mais à l'intérieur de l'aire d'alimentation, est entraînée vers le puits sous l'effet de l'écoulement naturel alors qu'en aval, l'eau souterraine s'en éloigne. Ainsi, en nappe libre, l'aire de réalimentation d'un puits (figure A.5) peut occuper une partie de la zone du champ d'influence du puits dans la section hydraulique aval et s'étend en amont jusqu'à la limite du bassin ou jusqu'à la ligne de partage des eaux.

En condition de nappe captive, l'aire de réalimentation ou la zone de recharge est principalement constituée des secteurs ayant un lien hydraulique avec la surface du sol. Les suintements à travers la couche confinante (aquitard) recouvrant le toit du milieu aquifère ne rechargent pas de façon significative les nappes captives, sauf sur de grandes surfaces. Aussi, le couvert peu perméable formant le toit de l'aquifère limite les risques de propagation de la contamination. En condition de nappe captive, l'aire de recharge est, en général, la zone vulnérable à la contamination (figure A.6).

Qualité de l'eau

La qualité naturelle de l'eau souterraine dépend de l'origine de cette dernière et du milieu dans lequel elle circule. De façon générale, la qualité naturelle de l'eau souterraine au Québec est excellente. Cependant, les milieux aquifères ne sont pas à l'abri de polluants déversés en surface, lesquels peuvent atteindre la nappe souterraine et la contaminer.

Origine des contaminants

À l'exception de quelques endroits où on observe des teneurs naturellement élevées de certains paramètres contenus dans l'eau souterraine, la présence de teneurs élevées de contaminants est due aux actions reliées à des activités humaines. Les activités agricoles et industrielles, les installations septiques, l'exploitation de lieux d'élimination de déchets, les cimetières, les réservoirs souterrains, l'épandage de produits chimiques le long des lignes de transport d'énergie, des voies ferrées et des routes non pavées (abat-poussière), et de sels déglacants sont les activités les plus courantes générant des contaminants dans l'eau souterraine.

Types de contaminants

Les principaux contaminants sont les substances chimiques inorganiques, les substances chimiques organiques, les bactéries et les virus. Il y a également les substances radioactives, non traitées dans ce guide, qui sont associées généralement aux retombées atmosphériques (Tchernobyl), aux déchets de centrales nucléaires (Three Miles Islands) et certains types de rejets miniers.

Substances chimiques inorganiques

L'eau souterraine contient naturellement des éléments peu toxiques comme le fer, le manganèse, les chlorures, le calcium, le sodium, le magnésium, les sulfates et les bicarbonates. Dans certains cas, les concentrations anormalement élevées s'associent à une source de contamination extérieure au milieu souterrain comme les nitrates et l'ammoniac, qui sont régulièrement la cause de problèmes persistants dans l'eau souterraine à cause de leur grande solubilité. Toutefois, mentionnons que dans certains cas, les teneurs élevées de certains éléments contenus dans l'eau souterraine peuvent être attribuables à la composition chimique des formations géologiques.

Il y a également des métaux lourds considérés toxiques (ex. : arsenic, cadmium, chrome, cuivre, plomb, zinc, mercure) qui peuvent se retrouver naturellement en faible concentration dans l'eau souterraine. Cependant, ces métaux lourds sont aussi associés aux activités industrielles.

Substances chimiques organiques

Les effets sur la santé humaine de certaines substances organiques anthropiques font en sorte qu'elles sont prioritaires dans les efforts de protection de l'eau souterraine. Les principaux groupes de substances organiques prioritaires sont les hydrocarbures aromatiques monocycliques et polycycliques (HAM et HAP), les hydrocarbures chlorés, les composés phénoliques, les pesticides et d'autres substances telles les dioxines, les détergents et les biphényles polychlorés (BPC). Mentionnons, au passage, que certaines substances organiques, par exemple les phénols, peuvent se retrouver naturellement dans l'eau souterraine suite à la décomposition de végétaux.

Bactéries et virus

Les aquifères et les sols non saturés contiennent naturellement des bactéries non pathogènes. Les bactéries pathogènes et virus retrouvés dans l'eau souterraine proviennent communément des excréments humains et de ceux des animaux. Dans un environnement riche en oxygène, les bactéries peuvent survivre durant de longues périodes (plus de six mois) dans les parties profondes des zones non saturées et dans l'eau souterraine.

Atténuation des contaminants

Le potentiel de contamination de l'eau souterraine dépend également du degré d'atténuation que subit le contaminant entre la source de pollution et le milieu aquifère. L'atténuation varie en fonction du type et du pH du sol, du potentiel d'oxydo-réduction du sol, de la nature des contaminants et de la distance qu'un polluant doit traverser avant d'atteindre l'eau souterraine. L'atténuation se poursuit par la suite entre le point d'injection du contaminant dans la nappe jusqu'au lieu de pompage. Plusieurs processus d'atténuation interviennent dans la zone non saturée (sous-sol) pour réduire la concentration des contaminants tels que la filtration, l'adsorption-absorption, l'oxydation-réduction, la volatilisation, la biodégradation. Seulement quelques-uns d'entre eux fonctionnent dans la zone aquifère.

Figure A.1 : Nappe libre

44

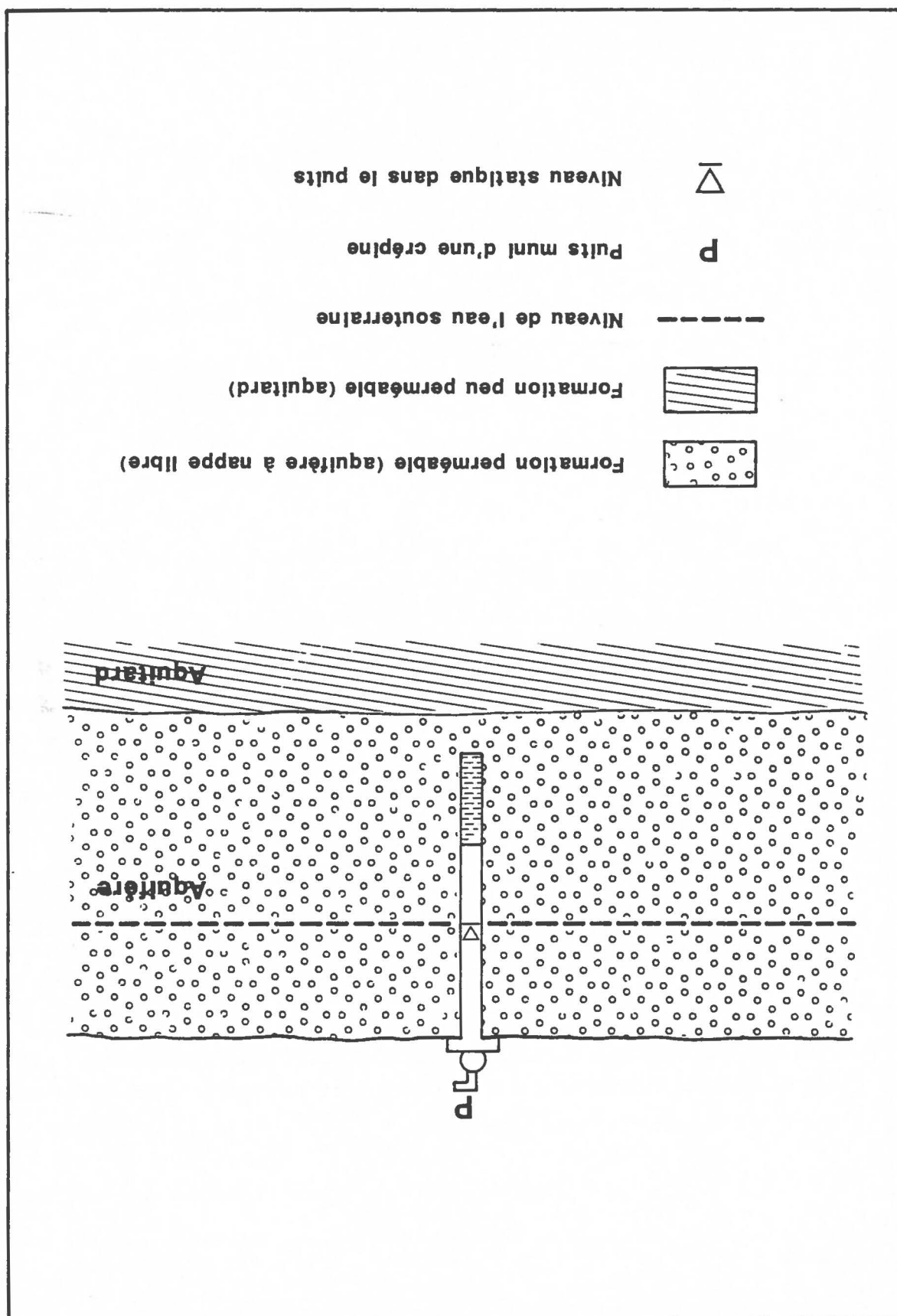
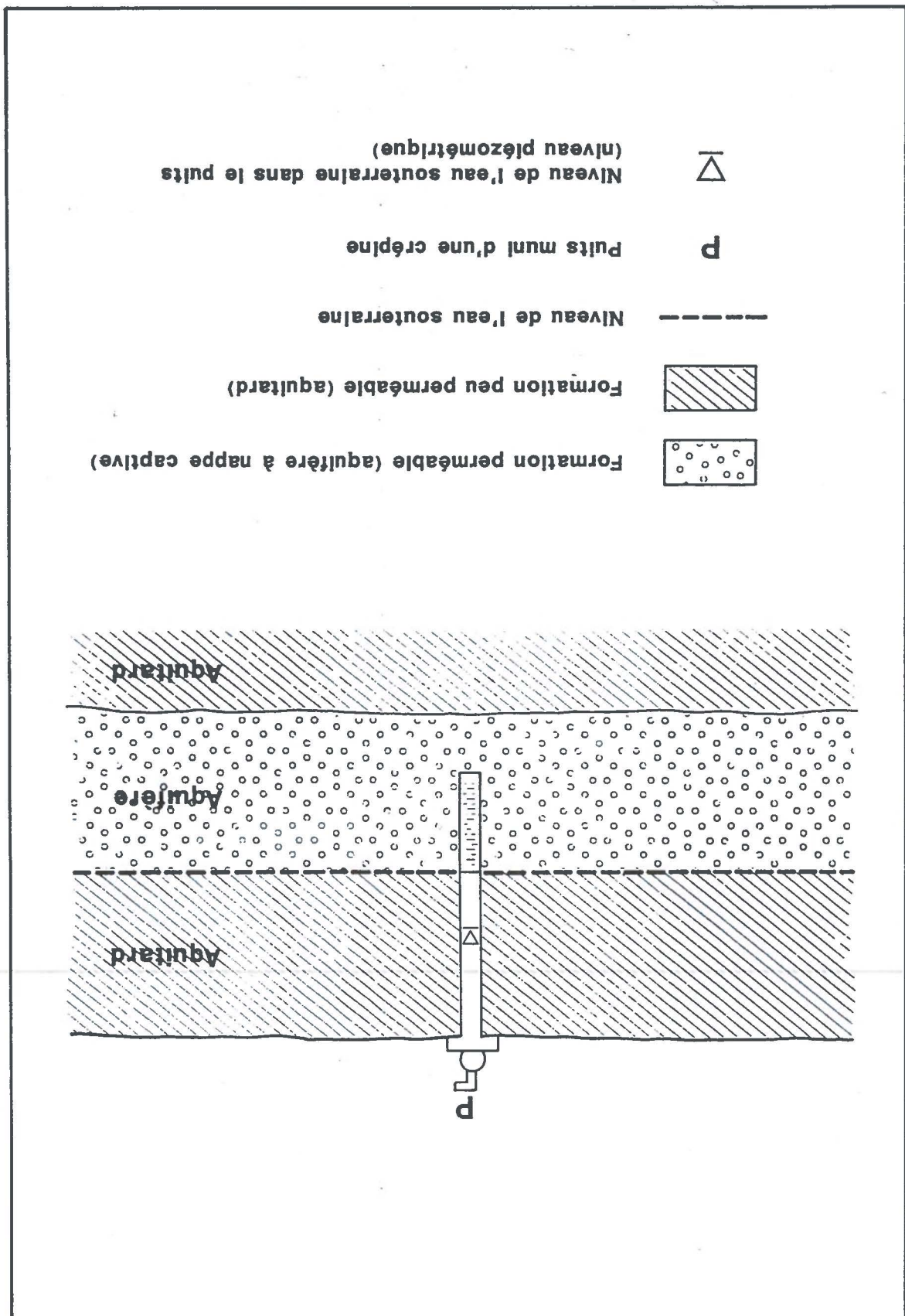


Figure A.2 : Nappe captive



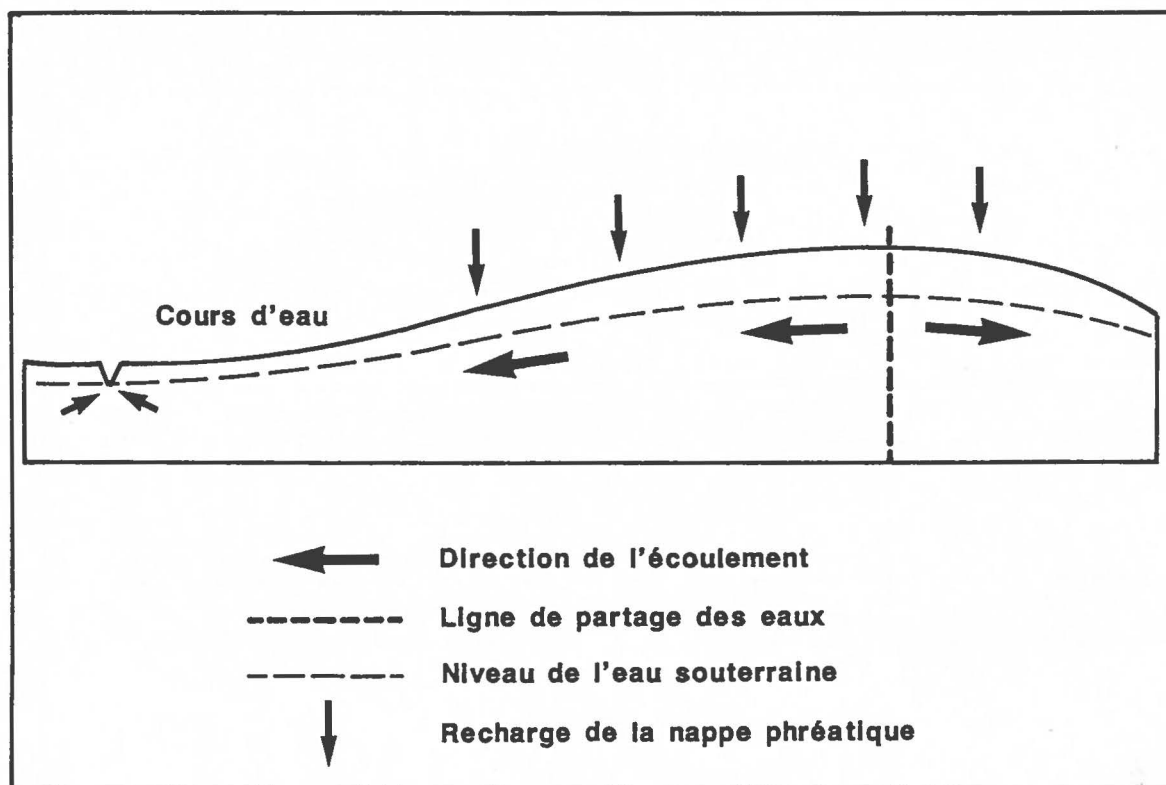


Figure A.3 : Réalimentation d'une nappe libre

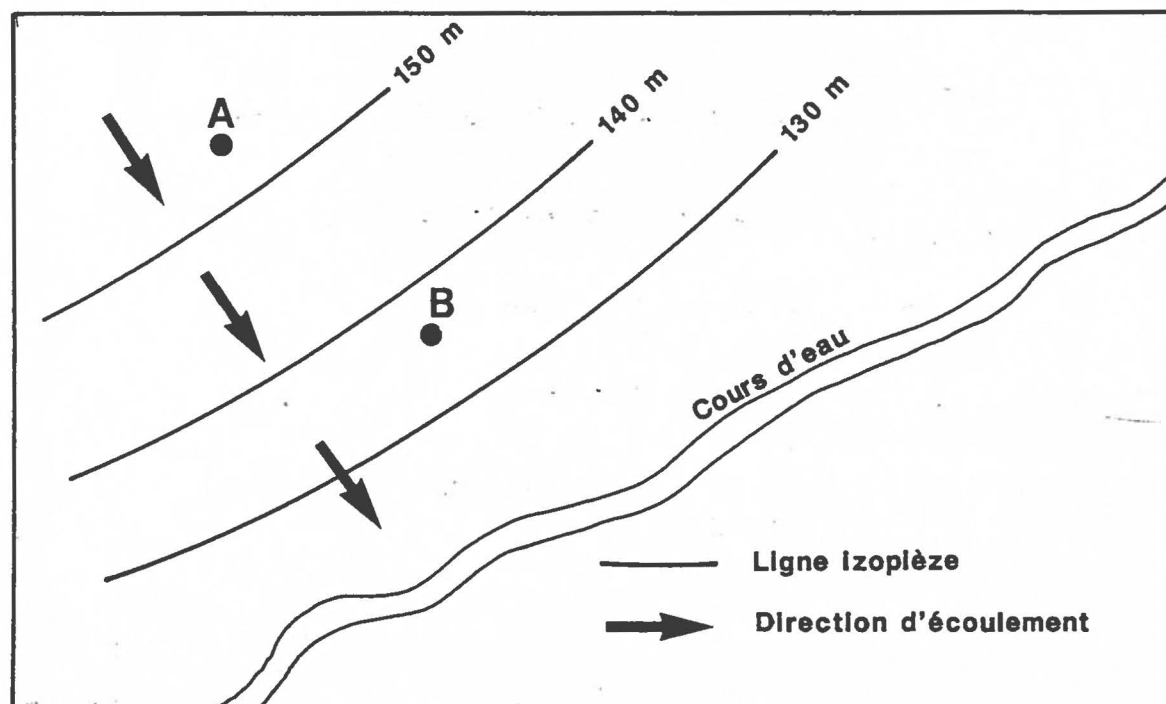


Figure A.4 : Lignes isopliètes et direction d'écoulement

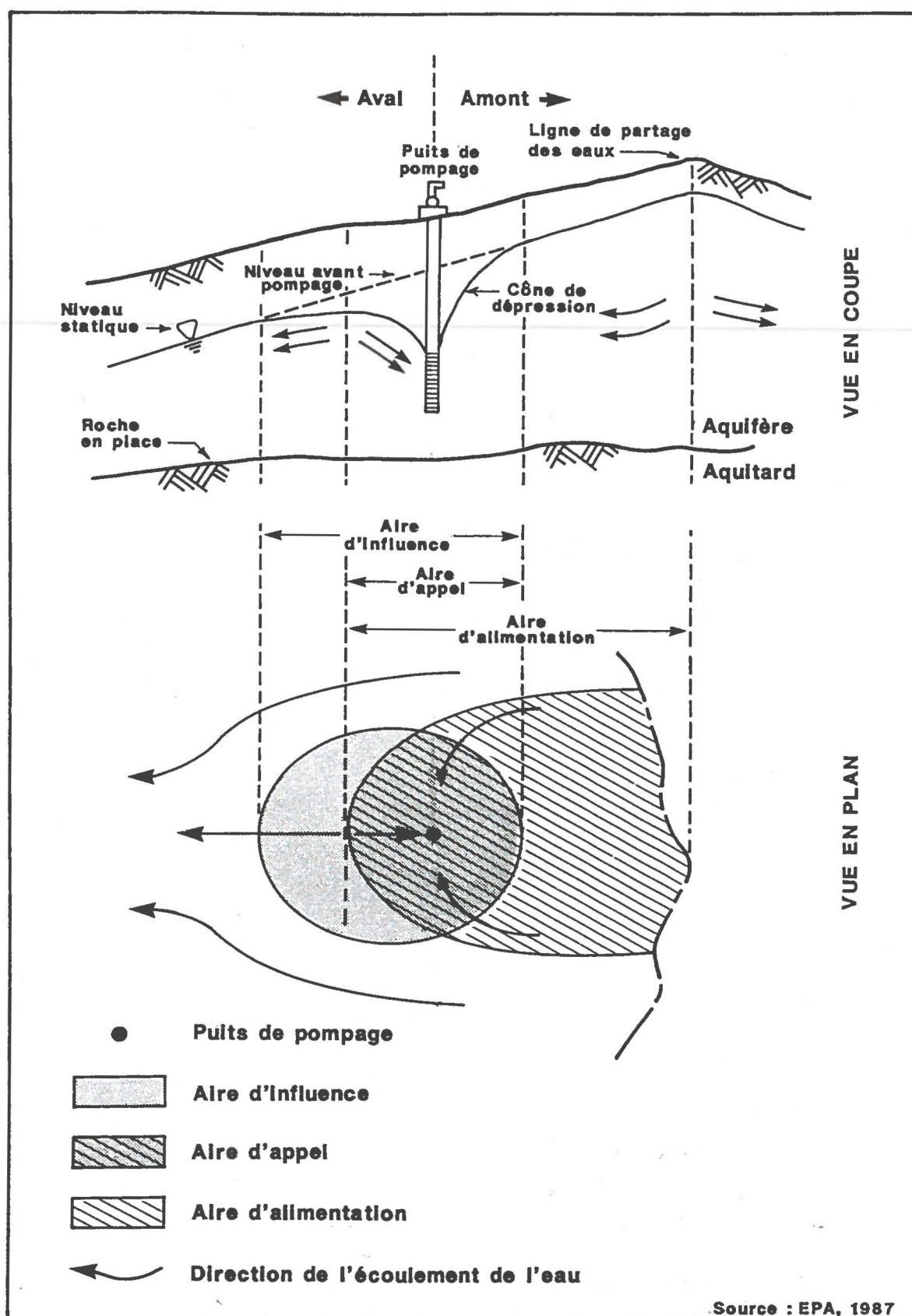


Figure A.5 : Puits de pompage en nappe libre

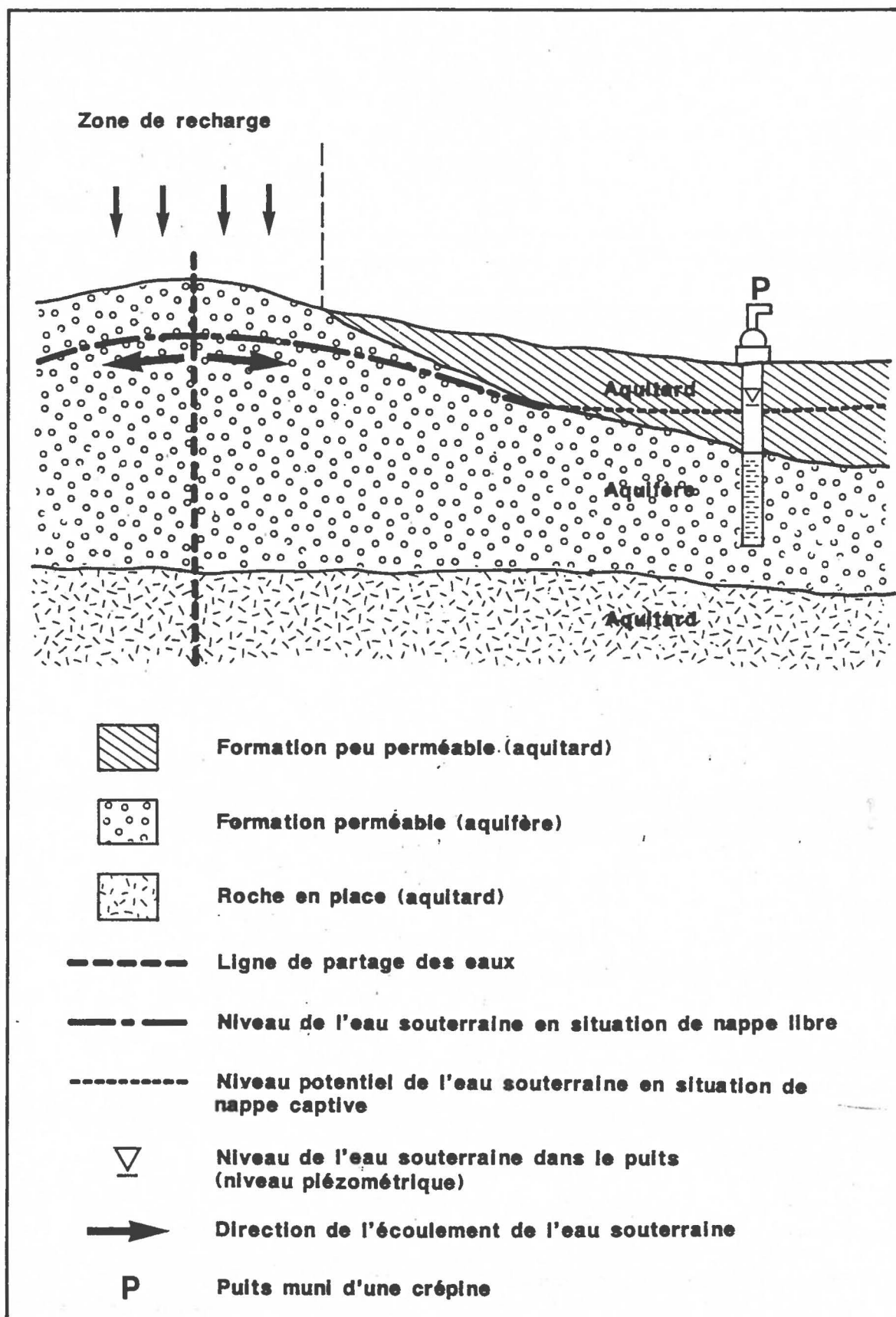


Figure A.6 : Puits en nappe captive

ANNEXE B

LEXIQUE

Aire d'alimentation :

Aire englobant toute les zones où l'eau souterraine s'écoule en direction d'un ouvrage de captage.

Aire d'appel :

Partie de l'aire d'influence dans laquelle l'ensemble des lignes de courant se dirigent vers l'ouvrage de captage d'eau souterraine.

Aire d'influence :

Aire à l'intérieur de laquelle les niveaux d'eau sont influencés par le pompage ou la recharge d'un ouvrage de captage.

Aquifère :

Formation géologique, ou ensemble de formations géologiques, saturée d'eau et suffisamment perméable pour être utilisée aux fins d'alimentation en eau potable ou autres.

Aquitard :

Formation géologique peu perméable qui permet une circulation très lente d'eau.

Atténuation :

Processus de diminution de la concentration de contaminants dans l'eau souterraine dû à la filtration, la biodégradation, la dilution ou d'autres processus.

Barrière hydrogéologique :

Matériau naturel ou artificiel localisé sous terre, peu ou pas perméable, entravant le mouvement de l'eau souterraine et causant ainsi une différence prononcée dans les niveaux de l'eau de part et d'autre de la barrière.

Bassin versant :

Ensemble de territoires superficiels ou souterrains qui drainent leurs eaux vers le même exutoire.

Biodégradation :

Décomposition de la matière organique due à l'action de micro-organismes aérobies ou anaérobies.

Coefficient d'emmagasinement :

Volume d'eau qu'un aquifère peut céder ou accepter par unité de surface par changement unitaire de la charge hydraulique.

Coefficient de perméabilité ou conductivité hydraulique :

Taux d'écoulement gravitaire passant à travers une section unitaire perpendiculaire à la direction d'écoulement sous un gradient hydraulique unitaire à la température de l'eau souterraine.

Cône de dépression :

Forme que prend la surface piézométrique autour d'un puits lors d'un pompage. En coupe transversale, un cône définit les limites de l'aire d'influence d'un puits.

Critère :

Valeur ou ensemble de valeurs à sélectionner pour représenter les limites au-dessus ou en-dessous desquelles les concentrations ou conditions de terrain cesseront de fournir le degré de protection désiré.

Débit d'étiage ou de base :

Partie de l'écoulement d'un cours d'eau non attribué au ruissellement direct de précipitations de pluie ou de neige, habituellement soutenu par l'écoulement de l'eau souterraine.

Désintégration :

Processus associé à la décroissance de micro-organismes ou à la dégradation de certains pesticides et produits organo-chlorés.

Élévation piézométrique :

Altitude de l'eau dans un puits, un piézomètre. Cette altitude devrait se référer au système géodésique canadien.

Filtration :

Phénomène physico-chimique complexe permettant de capter les particules trop grandes pour passer dans les interstices du sol.

Gradient hydraulique :

Rapport de la différence de la charge hydraulique avec la distance entre deux points en milieu isotrope selon la direction d'écoulement de l'eau souterraine.

Hydrogéologie :

Science étudiant la distribution, la qualité et le mouvement des eaux souterraines.

Infiltration efficace :

Quantité d'eau infiltrée moins l'évapotranspiration. C'est la portion de l'infiltration qui atteint l'aquifère et donc, qui alimente les écoulements souterrains.

Isochrone :

Courbe joignant, sur une carte, les points où les différences de temps sont égales pour l'arrivée de l'eau à l'ouvrage de captage.

Ligne d'écoulement ou de courant :

Trajectoire qu'une particule d'eau suit dans des conditions d'écoulement laminaire.

Ligne isopièze ou équipotentielle :

Ligne sur laquelle l'eau souterraine a la même charge hydraulique. Une ligne isopièze est perpendiculaire aux lignes d'écoulement seulement si la conductivité hydraulique est isotrope (la même dans toutes les directions) et si l'écoulement est en régime permanent.

Niveau dynamique :

Niveau de l'eau mesuré dans un puits influencé par le pompage d'un milieu aquifère.

Pesticide :

Toute substance, matière ou micro-organisme destiné à contrôler, détruire, amoindrir, attirer ou repousser, directement ou indirectement, un organisme nuisible, nocif ou gênant pour l'être humain, la faune, la végétation, les récoltes ou les autres biens, ou destiné à servir de régulateur de croissance de la végétation, à l'exclusion d'un médicament ou d'un vaccin.

Piézomètre :

Puits ordinairement de petit diamètre pour mesurer la charge hydraulique d'une formation géologique donnée.

Porosité efficace :

Volume des vides interconnectés d'un sol ou d'une masse rocheuse qui peut drainer de l'eau par rapport au volume total de la masse considérée.

Porosité primaire :

Porosité formée lors de la déposition ou de la formation de la roche en place.

Porosité secondaire :

Porosité résultant de l'action des agents géologiques (ex. : action du gel et du dégel, forces tectoniques, dissolution) sur le milieu et prenant naissance ultérieurement à la porosité primaire.

Puits d'observation :

Puits utilisé pour échantillonner l'eau souterraine et pour mesurer la charge hydraulique d'une formation géologique donnée.

Rabattement :

Abaissement de la charge hydraulique lors du pompage d'un ouvrage de captage. Des rabattements peuvent être mesurés dans l'ouvrage de captage et/ou dans des puits d'observation et/ou dans des piézomètres.

Rayon d'influence :

Rayon définissant la limite du cône de dépression ou la distance d'un ouvrage de captage pompé à la zone non influencée par le pompage.

Transmissivité :

Volume d'eau traversant une tranche verticale de terrain de largeur unitaire et sur toute la hauteur saturée du milieu aquifère sous un gradient hydraulique unitaire à la température de l'eau souterraine.

Volatilisation :

Processus permettant l'échappement de gaz produits par la décomposition de matières organiques ou de produits chimiques. La volatilisation dépend, entre autres, de la vitesse de migration du gaz vers la surface.

ANNEXE C

MATIÈRES ACTIVES PESTICIDES QUI ONT UN POTENTIEL DE LESSIVAGE

Matières actives pesticides qui ont un potentiel de lessivage et qui ne peuvent être utilisées qu'à une distance spécifique au pourtour d'un ouvrage de captage municipal ou privé.

Aldicarbe	Dinosèbe	Métolachlore
Atrazine	Disulfoton	Métribuzine
Bensulide	Diuron	Monolinuron
Bromacil	Ethofumesate	Napropamide
Carbofuran	Ferbame	Oxydémeton-méthyl
Chloroprothame	Hexazinone	Piclorame
Cyanazine	Lindane	Tébutiuron
Cycloate	Linuron	Terbacil
Dalapon	MCPA	Triadiméfone
Dicamba	Métalaxyl	Trichlorfon
Dichloro-1,3-propène	Méthamidophos	Simazine
Difénamide	Méthomyl	2,4-D
Diméthoate	Métobromuron	2,4-DB

Réf. : AGRICULTURE CANADA, *Pesticides dans les eaux souterraines*, réimpression, article de documentation 89-91, Bulletin d'information, Canada 90-05, p. 3-10.