



***Système d'évaluation de la qualité
des eaux souterraines***

SEQ - Eaux Souterraines

Rapport de présentation

Version 0.1 - Août 2003



Avertissement

Le SEQ-Eaux souterraines, dans sa version 0.1 actuelle, est un **outil provisoire** mais néanmoins opérationnel. Un logiciel de calcul permettant le traitement et l'interprétation des données de qualité selon les spécifications du SEQ est également disponible.

L'outil est destiné à être adapté aux futures dispositions d'évaluation des milieux qui découleront de la mise en oeuvre de la directive cadre européenne sur l'eau et de la future directive "eaux souterraines" actuellement en préparation."

Document réalisé par les Agences de l'eau et le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable.
Travail réalisé dans le cadre du groupe d'études inter-bassins sur la connaissance et l'évaluation des milieux aquatiques.

Coordination de l'Etude Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse	Laurent CADILHAC Maurice ALBINET*
Groupe de travail Direction de l'eau	Caroline HENRY de VILLENEUVE Guglielmina OLIVEROS-TORO*
Agence de l'eau Adour-Garonne	Isabelle FOURNIER Pierre MARCHET Michel PLAUD*
Agence de l'eau Artois-Picardie	Karine VALLEE Daniel BERNARD
Agence de l'eau Rhin-Meuse	Frédéric LAPUYADE* Daniel GRAS*
Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse	Michel BONNEFILLE Stéphane STROFFEK
Agence de l'eau Loire-Bretagne	Anne-Paule DUBOULET David RATHEAU Pascal BILLAULT*
Agence de l'eau Seine-Normandie	Cécile GARNIER Véronique MOUREY* Luc PEREIRA-RAMOS*
Direction Régionale de l'Environnement	Jean LAFOSSE (Rhône-Alpes)* Anne LAURENT (Lorraine)*
BRGM	Laurence CHERY Alain LANDREAU*

Cette liste comprend l'ensemble des personnes ayant contribué aux travaux du groupe depuis 1994, membres actuels et anciens membres identifiés par une astérisque.*

Sommaire

SOMMAIRE	3
INTRODUCTION	6
1. PRINCIPES DE LA MÉTHODE D'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DE L'EAU	7
1.1. EVALUATION DE L'APTITUDE DE L'EAU AUX USAGES, A L'ETAT PATRIMONIAL ET A LA BIOLOGIE DANS LES COURS D'EAU.....	7
1.2. ALTERATIONS ET PARAMETRES	8
1.3. INFLUENCE DES ALTERATIONS SUR LES USAGES, L'ETAT PATRIMONIAL ET LA BIOLOGIE	9
1.4. EVALUATION DE LA QUALITE A PARTIR DES CLASSES ET INDICES DE QUALITE.....	11
2. LES DIFFÉRENTS USAGES ET FONCTIONS ET L'ÉTAT PATRIMONIAL	12
<i>CLASSES D'APTITUDE AUX USAGES</i>	<i>12</i>
2.1. PRODUCTION D'EAU POTABLE.....	12
LES DIFFÉRENTES CLASSES D'APTITUDE POUR L'USAGE PRODUCTION D'EAU POTABLE	13
ALTÉRATION GOÛTS ET ODEURS	14
ALTÉRATION MATIÈRES ORGANIQUES OXYDABLES	14
ALTÉRATION FER ET MANGANÈSE.....	14
ALTÉRATION PARTICULES EN SUSPENSION.....	15
ALTÉRATION COLORATION	15
ALTÉRATION MICRO-ORGANISMES	15
ALTÉRATION MINÉRALISATION ET SALINITÉ.....	15
ALTÉRATION NITRATES	16
ALTÉRATION MATIÈRES AZOTÉES HORS NITRATES	16
ALTÉRATION MICROPOLLUANTS MINÉRAUX	16
ALTÉRATION PESTICIDES	17
ALTÉRATION HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES	17
ALTÉRATION POLY-CHLORO-BIPHÉNYLES	17
ALTÉRATION MICROPOLLUANTS ORGANIQUES (AUTRES).....	18
2.2. USAGE INDUSTRIE.....	19
LES DIFFÉRENTES CLASSES D'APTITUDE DE L'EAU POUR L'USAGE INDUSTRIE	19
ALTÉRATION CORROSION.....	20
ALTÉRATION FORMATION DE DÉPÔTS	20
2.3. USAGE ENERGIE	21
LES DIFFÉRENTES CLASSES D'APTITUDE DE L'EAU POUR L'USAGE ÉNERGIE	21
ALTÉRATION TEMPÉRATURE - USAGE CLIMATISATION	22
ALTÉRATION TEMPÉRATURE - USAGE POMPES À CHALEUR.....	22
ALTÉRATION CORROSION.....	22
ALTÉRATION FORMATION DE DÉPÔTS	23
2.4. USAGE ABREUVAGE DES ANIMAUX	24
LES DIFFÉRENTES CLASSES D'APTITUDE DE L'EAU POUR L'USAGE ABREUVAGE	24
ALTÉRATION NITRATES	24
ALTÉRATION MATIÈRES AZOTÉES (HORS NITRATES)	24
ALTÉRATION MINÉRALISATION	25
ALTÉRATION MICROPOLLUANTS MINÉRAUX	25
2.5. USAGE IRRIGATION.....	26
LES DIFFÉRENTES CLASSES D'APTITUDE DE L'EAU POUR L'USAGE IRRIGATION.....	26
ALTÉRATION MINÉRALISATION	27
ALTÉRATION MICRO-ORGANISMES	27
ALTÉRATION MICROPOLLUANTS MINÉRAUX	27
2.6. ETAT PATRIMONIAL	28
LES DIFFÉRENTS ÉTATS IDENTIFIÉS.....	28
ALTÉRATION NITRATES	28

ALTÉRATION MICRO-POLLUANTS MINÉRAUX.....	29
ALTÉRATION PESTICIDES	29
ALTÉRATION HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES	29
ALTÉRATION POLY-CHLORO-BIPHÉNYLES	29
ALTÉRATION MICROPOLLUANTS ORGANIQUES (AUTRES).....	30
2.7. FONCTION "POTENTIALITES BIOLOGIQUES" DANS LES COURS D'EAU.....	31
CLASSES ET INDICES D'APTITUDE À LA BIOLOGIE DANS LES COURS D'EAU	32
ALTÉRATION MATIÈRES ORGANIQUES ET OXYDABLES.....	34
ALTÉRATION NITRATES	34
ALTÉRATION MATIÈRES AZOTÉES (HORS NITRATES)	34
ALTÉRATION PARTICULES EN SUSPENSION.....	35
ALTÉRATION MICROPOLLUANTS MINÉRAUX	35
ALTÉRATION PESTICIDES	36
ALTÉRATION PESTICIDES (SUITE).....	37
ALTÉRATION PESTICIDES (SUITE).....	38
ALTÉRATION HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES	38
ALTÉRATION POLY-CHLORO-BIPHÉNYLES	39
ALTÉRATION MICROPOLLUANTS ORGANIQUES - AUTRES	39
ALTÉRATION MICROPOLLUANTS ORGANIQUES - AUTRES (SUITE)	40
3. CLASSES ET INDICES DE QUALITÉ	41
3.1. LES DIFFÉRENTES CLASSES DE QUALITÉ D'UNE EAU	41
3.2. CONSTRUCTION DES COURBES INDICE - PARAMÈTRE.....	41
3.2.1. PRINCIPES GÉNÉRAUX.....	41
3.2.2. PRINCIPES DE CONSTRUCTION DES COURBES D'INDICE	42
EXEMPLES DE CONSTRUCTION DES COURBES.....	42
3.3 CLASSES DE QUALITÉ PAR ALTERATION.....	44
ALTÉRATION GOÛTS ET ODEURS	44
ALTÉRATION MATIÈRES ORGANIQUES ET OXYDABLES	44
ALTÉRATION FER ET MANGANÈSE	44
ALTÉRATION PARTICULES EN SUSPENSION.....	44
ALTÉRATION COLORATION	44
ALTÉRATION MICRO-ORGANISMES	45
ALTÉRATION MINÉRALISATION ET SALINITÉ.....	45
<i>Classes et indices pour l'altération minéralisation et salinité</i>	45
ALTÉRATION NITRATES	46
ALTÉRATION MATIÈRES AZOTÉES HORS NITRATES	46
ALTÉRATION MICROPOLLUANTS MINÉRAUX	46
ALTÉRATION PESTICIDES	47
ALTÉRATION HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES	47
ALTÉRATION POLY-CHLORO-BIPHÉNYLES	47
ALTÉRATION MICROPOLLUANTS ORGANIQUES (AUTRES).....	48
<i>Classes et indices pour l'altération micropolluants organiques (autres)</i>	48
4. RÈGLES DE CALCUL	49
4.1. CLASSES OU INDICES D'APTITUDE, CLASSES ET INDICES DE QUALITÉ, POUR UN PRÉLÈVEMENT :	49
4.2. CLASSES OU INDICES D'APTITUDE, CLASSES ET INDICES DE QUALITÉ, SUR UNE PÉRIODE :	49
5. CONCLUSIONS.....	50
ANNEXE.....	0
JUSTIFICATION DES SEUILS RETENUS	0
1 - USAGE PRODUCTION D'EAU POTABLE	1
<i>Altération Goûts et Odeurs</i>	2
<i>Altération Matières organiques oxydables</i>	2
<i>Altération Fer et Manganèse</i>	2
<i>Altération Particules en suspension</i>	2
<i>Altération Coloration</i>	3

<i>Altération Micro-organismes</i>	3
<i>Altération Minéralisation et salinité</i>	3
<i>Altération Nitrates</i>	5
<i>Altération Matières azotées</i>	5
<i>Altération Micropolluants minéraux</i>	6
<i>Altération Pesticides</i>	8
<i>Altération Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques</i>	8
<i>Altération PolyChloroBiphényles</i>	8
<i>Altération Micropolluants organiques (autres)</i>	8
2 - USAGE INDUSTRIE ET ENERGIE	11
<i>Altération Corrosion</i>	11
<i>Altération Formation de dépôts</i>	12
<i>Altération Température – usage climatisation</i>	13
<i>Altération Température – usage pompe à chaleur</i>	13
3 - USAGE ABREUVAGE DES ANIMAUX ET IRRIGATION	15
3.1 USAGE ABREUVAGE DES ANIMAUX	15
<i>Altérations Nitrate et Matières azotées :</i>	15
<i>Altération Micro-organismes</i>	15
<i>Altération Minéralisation</i>	16
<i>Altération Micropolluants minéraux</i>	16
<i>Altération Pesticides</i>	17
3.2 USAGE IRRIGATION	17
<i>Altération Minéralisation</i>	17
<i>Altération Micro-organismes</i>	17
<i>Altération Micro-polluants minéraux</i>	18
<i>Altération Pesticides</i>	18
4 - ETAT PATRIMONIAL	19
<i>Altération Nitrates</i>	19
<i>Altération Micro-polluants minéraux (cyanures), Pesticides, Hydrocarbures aromatiques polycycliques, Polychlorobiphényles et Micro-polluants organiques (autres)</i>	19
5. - FONCTION « POTENTIALITES BIOLOGIQUES » DANS LES COURS D'EAU	21

Introduction

Depuis 1971, la qualité des eaux des cours d'eau était évaluée en France à partir d'une grille qui associait, pour une série de paramètres physico-chimiques et hydrobiologiques, des valeurs seuils à 5 classes de qualité représentées par des couleurs. Cette grille permettait une évaluation sommaire de l'aptitude aux principaux usages et fonctions.

Pour les eaux souterraines, bien que certaines grilles aient été établies par certains organismes, pour leurs propres besoins, jusqu'à présent aucune grille n'avait fait l'objet d'une large adhésion chez les utilisateurs potentiels.

Les Agences de l'eau et le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement ont souhaité harmoniser, moderniser et enrichir le système d'évaluation de la qualité des cours d'eau et mettre en place pareillement, un système d'évaluation de la qualité des eaux souterraines (SEQ Eaux souterraines) qui puisse rendre compte de leur spécificité tout en restant cohérent avec le système mis au point pour les eaux superficielles.

Dans le cadre du programme d'étude inter-agences, un groupe de travail s'est constitué en 1994 pour l'élaboration d'un système d'évaluation (SEQ) faisant référence au plan national. Ce groupe, animé par l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, était composé de représentants des autres agences, du ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement et des DIREN. En outre, la collaboration de deux chargés d'études a été sollicitée : SOGREAH pour la phase initiale et le BRGM pour l'élaboration de l'outil proprement dit.

La phase initiale a permis, par le biais d'une enquête, d'appréhender les pratiques et les besoins des utilisateurs potentiels de grilles d'évaluation de la qualité des eaux souterraines. Une revue critique des grilles utilisées au plan national et international a également été réalisée dans le cadre de cette phase initiale. L'enquête a confirmé la nécessité de créer un tel système et a proposé une démarche pour y parvenir. Cette démarche repose sur la notion de degré d'anthropisation tout en prenant en compte les potentialités relatives aux divers usages et fonctions de l'eau. Les attentes recueillies indiquent que l'outil issu de cette démarche doit permettre de comparer entre elles les eaux souterraines de l'ensemble du territoire et d'apprécier l'évolution de leur qualité.

L'une des difficultés dans l'évaluation de la qualité d'une eau réside dans le fait que cette notion est relative et qu'elle dépend des usages auxquels cette eau est destinée. Il n'existe pas a priori de qualité intrinsèque d'une eau mais des qualités d'eau qui permettent de satisfaire tel ou tel usage.

L'outil SEQ a été élaboré pour tenter d'évaluer le plus simplement possible, mais de manière rigoureuse, ce concept complexe de qualité d'une eau :

- la qualité de l'eau est définie par rapport à un certain nombre d'**usages** sélectionnés dans l'outil SEQ ;
- dans un but de simplification et de meilleure compréhension, les nombreux paramètres qui servent à appréhender la qualité d'une eau ont fait l'objet de regroupements appelés **altérations** ;
- enfin, afin de rendre plus explicite cette appréciation de la qualité de l'eau, il a été conçu un **indice de qualité** qui varie entre la valeur 100 (eau de la meilleure qualité) à la valeur 0 (la moins bonne).

1. Principes de la méthode d'évaluation de la qualité de l'eau

Comme indiqué en introduction, l'outil SEQ permet d'évaluer la qualité de l'eau, soit par rapport à des usages (aptitude de l'eau aux usages : production d'eau potable, usages énergétiques, irrigation,...), soit par rapport à un indice de qualité qui varie entre 0 et 100.

1.1. EVALUATION DE L'APTITUDE DE L'EAU AUX USAGES, A L'ETAT PATRIMONIAL ET A LA BIOLOGIE DANS LES COURS D'EAU

Détermination de l'aptitude d'une eau en fonction de sa qualité à satisfaire plus ou moins certains usages.

Sur la base d'une enquête préalable, cinq usages principaux ont été retenus, dont un majeur, la production d'eau pour l'alimentation en eau potable (AEP) :

- **production d'eau potable (AEP et industries agro-alimentaires)**,
- **industrie (hors agro-alimentaire)**,
- **énergie (pompes à chaleur, climatisation)**,
- **irrigation**,
- **abreuvement**.

En plus de ces 5 usages, il a été introduit la notion **d'état patrimonial** pour exprimer le degré de dégradation d'une eau du fait de la pression exercée par les activités socio-économiques sur les nappes, sans faire référence à un usage quelconque. Cette échelle de dégradation de la qualité est basée sur des paramètres indicateurs susceptibles de ne pas être présents à l'état naturel dans les eaux souterraines (micropolluants organiques et minéraux) ou clairement identifiés comme indicateurs d'altération d'origine humaine de la qualité de l'eau à partir de certains seuils de concentration (nitrates).

Enfin la fonction **« potentialités biologiques »** a été introduite dans le système afin de pouvoir évaluer le cas échéant, l'impact de la qualité des eaux souterraines sur l'aptitude à la vie dans les eaux superficielles lorsqu'elles les alimentent.

Cette prise en compte vise également à satisfaire les besoins exprimés dans la Directive 2000/60/CE du Parlement Européen et du Conseil établissant un Cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau.

Chaque usage est défini par un certain nombre de **paramètres physico-chimiques ou bactériologiques, mesurés sur eau brute (non filtrée)** pertinents pour caractériser celui-ci. Pour une meilleure compréhension, les paramètres de même nature ou de même effets perturbateurs vis à vis d'un même usage, sont regroupés entre eux sous le vocable d'**altération**.

1.2. ALTERATIONS ET PARAMETRES

Les altérations sont des groupes de paramètres de même nature ou de même effet permettant de décrire les types de dégradation de la qualité de l'eau.

Le tableau qui suit présente les 17 altérations qui ont été définies et les paramètres retenus pour chaque altération.

Suivant les usages certains paramètres peuvent être plus ou moins pertinents pour qualifier l'altération. Dans les paramètres retenus dans les altérations pour chaque usage, on a distingué des paramètres obligatoires pour qualifier les altérations (ils sont alors mentionnés en gras dans les tableaux qui suivent), et des paramètres optionnels, ces derniers participent, lorsqu'ils sont mesurés, à la qualification de l'altération.

ALTERATIONS	PARAMETRES
GOUTS ET ODEURS	odeur, saveur
MATIERES ORGANIQUES ET OXYDABLES	oxydabilité à chaud au $KMnO_4$ en milieu acide , carbone organique dissous
PARTICULES EN SUSPENSION	turbidité , matières en suspension
FER ET MANGANESE	fer total, manganèse total
COLORATION	couleur
MICRO-ORGANISMES	<i>Escherichia coli</i> , entérocoques ou streptocoques fécaux, coliformes totaux
MINERALISATION ET SALINITE	conductivité, résidu sec, pH, chlorures, sulfates, dureté , TAC, calcium, magnésium, sodium, potassium, fluorures, Is (1), SAR (2)
NITRATES	nitrates
MATIERES AZOTEES (hors nitrates)	ammonium , nitrites
MICROPOLLUANTS MINERAUX	arsenic, bore, cadmium, chrome total, cuivre, cyanures, mercure, nickel, plomb, sélénium, zinc , aluminium, argent, antimoine, baryum,
PESTICIDES	atrazine, atrazine-déséthyl, simazine, simazine-déséthyl, HCHg (lindane), terbuthylazine, diuron, isoproturon , aldrine, dieldrine, heptachlore, heptachlore-époxyde, total parathion(3), pesticides (somme)(4), pesticide (autre)
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (HAP)	benzo(a)pyrène, H.A.P. somme (4) (5)
POLY-CHLORO-BIPHENYLES (PCB)	PCB somme (7) (6).
MICROPOLLUANTS ORGANIQUES (AUTRES)	trichloroéthane-1,1,1, chloroforme, tétrachloréthylène , tétrachlorure de carbone, trichloréthylène , dichloroéthane-1,2, benzène, hexachlorobenzène, , total trichloréthylène et tétrachloréthylène, trihalométhanes (7), détergents anioniques, hydrocarbures dissous, indice phénol
CORROSION	CO_2 dissous, O_2 dissous, salinité, conductivité, pH, chlorures, sulfates , ferro-bactéries, bactéries sulfato-réductrices, sulfures, Eh (potentiel d'oxydo-réduction)
FORMATION DE DEPOTS	ph, Eh, O_2 dissous , ferro-bactéries, Is
TEMPERATURE	température

(1) Indice saturation = $pH_s - pH$. Le pH_s est le pH d'équilibre ou de saturation (après essai au marbre)

$$(2) \text{ S.A.R. : Sodium Adsorption Ratio} = \frac{Na}{\sqrt{0.5 (Ca + Mg)}}$$

(3) Total Parathion = somme des concentrations en parathion-éthyl et parathion-méthyl.

(4) Total pesticides = somme de tous les pesticides individualisés, détectés et quantifiés.

(5) HAP somme (4) = Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques, somme des concentrations en benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, benzo(ghi)pérylène, indéno(1,2,3-cd)pyrène.

(6) PCB somme (7) = Poly-Chloro-Biphényles, somme des concentrations des congénères 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180.

(7) Trihalométhanes (THM) = somme des concentrations de chloroforme, bromoforme, dibromochlorométhane et bromodichlorométhane.

Radioactivité:

La radioactivité en tant qu'altération n'a pas été considérée à ce stade de l'étude . Toutefois, compte-tenu des recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) , et de l'évolution de la réglementation sur le sujet (Directive européenne 98/83) il est envisagé d'introduire à terme cette altération.

1.3. INFLUENCE DES ALTERATIONS SUR LES USAGES, L'ETAT PATRIMONIAL ET LA BIOLOGIE

Le tableau ci-dessous résume les influences de chaque altération sur chacun des cinq usages définis, l'état patrimonial et l'aptitude à la biologie.

Lorsqu'une influence apparaît (case grisée), cela signifie qu'un tableau de seuils a pu être défini pour tout ou partie des paramètres de l'altération, déterminant le passage d'une classe d'aptitude à l'autre pour l'usage considéré.

La lettre A signifie en attente d'informations supplémentaires.

Altérations	PRODUCTION D'EAU POTABLE	INDUSTRIE	ENERGIE	ABREUVAGE	IRRIGATION	ETAT PATRIMONIAL	BIOLOGIE dans les cours d'eau
Goûts et odeurs							
Coloration							
Matières organiques et oxydables							
Particules en suspensions							
Fer et manganèse							
Micro-organismes							
Minéralisation et salinité							
Nitrates							
Matières azotées (hors nitrates)							
Micropolluants minéraux							
Pesticides				A	A		
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)				A	A		
Poly-chloro-biphényles (PCB)				A	A		
Micropolluants organiques (autres)				A	A		
Corrosion							
Formation de dépôts							
Température							

Pour chacun des paramètres décrivant une altération relative à un usage donné, il est déterminé un certain nombre de valeurs seuils permettant de définir différents niveaux d'aptitude de l'eau à satisfaire ces usages ou la biologie, et d'exprimer la dégradation de l'eau par rapport à l'état patrimonial.

Ainsi, sont définies:

- 4 classes d'aptitude pour la production d'eau potable,
- 5 classes d'aptitude pour les autres usages, l'état patrimonial et l'aptitude à la biologie (à noter toutefois que pour l'usage abreuvement seules les classes bleu, jaune et rouge ont été distinguées).

Enfin, chacune de ces classes est matérialisée par une couleur.

Les 4 classes d'aptitude de l'eau à la production d'eau potable

Bleu clair		Eau de qualité optimale pour être consommée
Bleu foncé		Eau de qualité acceptable pour être consommée mais pouvant, le cas échéant, faire l'objet d'un traitement de désinfection
Jaune		Eau non potable nécessitant un traitement de potabilisation
Rouge		Eau inapte à la production d'eau potable

Les 5 classes d'aptitude de l'eau pour les autres usages, l'aptitude à la biologie dans les cours d'eau et la caractérisation de l'état patrimonial

Classes	Aptitudes aux usages Industrie Energie, Irrigation et Abreuvement et aptitude à la biologie.	Niveaux de dégradation de l'Etat patrimonial.
Bleu 	Aptitude très bonne	Eau dont la composition est naturelle ou sub-naturelle.
Vert 	Aptitude bonne	Eau de composition proche de l'état naturel, mais détection d'une contamination d'origine anthropique.
Jaune 	Aptitude passable	Dégradation significative par rapport à l'état naturel.
Orange 	Aptitude mauvaise	Dégradation importante par rapport à l'état naturel.
Rouge 	Inapte à l'usage	Dégradation très importante par rapport à l'état naturel.

1.4. EVALUATION DE LA QUALITE A PARTIR DES CLASSES ET INDICES DE QUALITE

Pour un public non technicien en ce domaine, il n'est pas aisé d'appréhender de manière aussi exacte que possible la qualité d'une eau qui est une notion complexe. L'évaluation de la qualité d'une eau demande de « manipuler » à la fois le concept d'usage de l'eau, des normes propres à chacun de ces usages, une multitude de paramètres, et des concentrations exprimées dans des unités souvent différentes suivant les paramètres.

Un des objets de l'indice de qualité est de traduire de manière simple, la qualité d'une eau. Pour cela, les valeurs de concentrations de chacun des paramètres susceptibles de contribuer à l'évaluation de la qualité d'une eau, sont transformées en une unité commune sans dimension qui varie entre 0 et 100.

En s'appuyant sur deux fonctions jugées importantes pour les eaux souterraines (l'usage AEP et l'état patrimonial), il a été établi pour chacun des paramètres des courbes " indice = f (concentration) ". Cet indice varie entre 0 (eau de mauvaise qualité) et 100 (eau de très bonne qualité).

A partir de là et pour chacune des altérations, il est défini un indice de qualité par altération qui correspond au plus mauvais indice calculé pour l'ensemble des paramètres décrivant l'altération. En fonction de la valeur de cet indice, il est attribué une classe de qualité matérialisée par l'une des 5 couleurs suivantes :

Classe	Indice de qualité	Définition de la classe de qualité
Bleu 	80 à 100	Eau de très bonne qualité.
Vert 	60 à 79	Eau de bonne qualité.
Jaune 	40 à 59	Eau de qualité moyenne
Orange 	20 à 39	Eau de qualité médiocre
Rouge 	0 à 19	Eau de mauvaise qualité

A partir des différents indices calculés pour chacune des altérations, l'outil SEQ évalue un indice global de qualité qui correspond au plus petit des indices affectés à chacune des altérations considérées. Cet indice global détermine l'une des classes de qualité indiquée dans le tableau ci-dessus.

2. Les différents usages et fonctions et l'état patrimonial

CLASSES D'APTITUDE AUX USAGES

Les tableaux de seuils définissant le passage d'une classe d'aptitude à l'autre pour chacun des usages ont été regroupés par altération. Ils figurent dans les pages suivantes, présentés selon le modèle ci-dessous, les explications du choix des valeurs retenues sont détaillées en annexe.

Le motif  indique dans les tableaux ci-après que le paramètre ne décrit pas la (ou les) classe(s) d'aptitude à l'usage

	bleu	vert	jaune	orange	rouge
paramètre a	1	2	4	10	
paramètre b	100				
paramètre c	1,5		3		
paramètre d	50				

Il arrive que des seuils soient définis pour toutes les limites entre classes d'aptitude (cas du paramètre a). Mais lorsque ce n'est pas le cas, on voit qu'une valeur de seuil peut conduire :

- au passage dans la classe d'aptitude suivante (cas du paramètre b), sans que ce paramètre permette de classer l'aptitude dans de moins bonnes classes,
- au passage dans une classe d'aptitude plus éloignée (cas du paramètre c qui ne permet pas de classer en vert ou orange),
- ou même au passage direct en classe rouge d'inaptitude (cas du paramètre d).

L'aptitude de l'eau à l'usage, pour l'altération considérée, est déterminée par le paramètre le plus déclassant, c'est-à-dire celui qui définit la classe d'aptitude la moins bonne.

2.1. PRODUCTION D'EAU POTABLE

L'adoption du système d'évaluation de la qualité des eaux pour la production d'eau destinée à l'alimentation en eau potable a fait l'objet de nombreuses réunions du groupe chargé de la conception du SEQ - Eaux souterraines. Les raisons à cela tiennent aux faits :

- que la production d'eau potable est un des usages majeurs des eaux souterraines¹,
- qu'en raison de cette importance, les valeurs seuils des différentes classes d'aptitude doivent être choisies de manière à être le moins possible sujet à discussion du fait des implications qu'elles sont susceptibles d'induire en matière de traitements correctifs. Une part importante des réunions a été consacrée à définir les règles de choix de ces valeurs seuils,
- qu'il a été souhaité qu'un maximum de cohérence soit recherché entre les SEQ "Eau des cours d'eau"² et "Eau souterraine". Ce souci de cohérence s'est adressé à la fois à la définition des classes d'aptitude de l'eau aux différents usages et au choix des valeurs seuils des altérations.

¹ Cf. résultats de l'enquête préalable menée - Rapport SOGREAH / Oct. 94

² Cf. rapport de présentation du SEQ - Eau des cours d'eau - Version 2, à paraître

La démarche choisie, pour définir les classes d'aptitude à la production d'eau potable, s'appuie sur :

- les réglementations française et européenne qui sont retenues comme prioritaires pour définir les seuils bleu/jaune d'aptitude à la consommation et jaune/rouge d'inaptitude à la production d'eau potable,
- le point de vue du traiteur et du distributeur d'eau pour définir les seuils d'aptitude au traitements.

Les différentes classes d'aptitude pour l'usage production d'eau potable

Bleu clair		Eau de qualité optimale pour être consommée
Bleu foncé		Eau de qualité acceptable pour être consommée mais pouvant, le cas échéant, faire l'objet d'un traitement de désinfection
Jaune		Eau non potable nécessitant un traitement de potabilisation
Rouge		Eau inapte à la production d'eau potable

- Les classes d'aptitude “**bleu clair**” et “**bleu foncé**” correspondent à des **eaux conformes à la réglementation française ou à la directive européenne 98/83 sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine**.

La classe “**bleu clair**” permet d'identifier des eaux dont les différents paramètres de qualité sont significativement en deçà de ces normes (**eau de qualité optimale pour être consommée**).

La classe “**bleu foncé**”, quant à elle, identifie des eaux dont les valeurs des différents paramètres de qualité se rapprochent des normes de potabilité tout en restant inférieur à ces normes (**eau de qualité acceptable pour être consommée, mais pouvant le cas échéant faire l'objet d'un traitement de désinfection**).

- La classe d'aptitude “**jaune**” correspond à la nécessité de faire subir un traitement correctif à l'eau pour la rendre conforme aux normes de potabilité, quel que soit le type de traitement à appliquer ;
- La classe d'aptitude “**rouge**” correspond à des eaux dont la qualité les rend inaptes à la production d'eau potable en regard de la réglementation.

Les principaux seuils qui déterminent le passage d'une classe d'aptitude à une autre sont :

bleu clair	bleu foncé	jaune	rouge
VG AE	CMA _d	CMA _b A3	

CMA_d : Concentrations maximums admissibles dans les eaux distribuées,

CMA_b : Concentrations maximums admissibles dans les eaux brutes,

A3 : traitement physique, chimique poussé, affinage et désinfection

VG : Valeur guide

AE : Avis d'expert

Les seuils issus de la législation ont été prioritairement appliqués. Lorsque la CMA_d était égale à la CMA_b (cas des sulfates par exemple), il y a passage direct de la classe bleu foncé à la classe rouge.

Origine des seuils :

- Décret français n° 2001-1220 du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine,
- Directive européenne 98/83/CE du 3 novembre 1998 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine, parue au journal officiel des Communautés européennes du 5/12/98,
-
- Décret français n° 89-3 du 3 janvier 1989, modifié par les décrets n°90-330, 91-257 et 95-363, sur les eaux destinées à la consommation humaine,
- Directive européenne n° 80-778 de juillet 1980 sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine,
- Directive européenne n° 75-440 de juin 1975 sur la qualité requise des eaux superficielles destinées à la production d'eau alimentaire,
- Recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé de 1994 sur les eaux de boisson,
- Avis d'experts.

L'origine et les critères précis de choix des seuils des différents paramètres sont indiqués en annexe.

Valeurs seuils pour les différents paramètres de chaque altération

Les paramètres en **caractères gras**, sauf précision complémentaire indiquée en remarque, sont impératifs pour qualifier l'altération.

Les paramètres en caractères normaux sont optionnels et participent, lorsqu'ils sont mesurés, à la qualification de cette altération.

Le motif  indique dans les tableaux ci-après que le paramètre ne décrit pas la (ou les) classe(s) d'aptitude à l'usage

Altération Goûts et Odeurs

Paramètres	Unités	Bleu clair	Bleu foncé	Jaune	Rouge
Odeur	seuil à 25°C	1	3	20	
Saveur	seuil à 25°C	1	3	20	

Altération Matières organiques oxydables

Paramètres	Unités	Bleu clair	Bleu foncé	Jaune	Rouge
Oxydabilité au permanganate en milieu acide à chaud	mg/l O ₂	1	5	10	
Carbone organique dissous	mg/l C	3	6	12	

Altération Fer et manganèse

Paramètres	Unités	Bleu clair	Bleu foncé	Jaune	Rouge
Fer	µg/l	50	200	10000	
Manganèse	µg/l	20	50	1000	

Altération Particules en suspension

Paramètres	Unités	Bleu clair	Bleu foncé	Jaune	Rouge
Turbidité	NTU	0.4	2	3750	
Matières en suspension	mg/l	2	5	5000	

Altération Coloration

Paramètres	Unités	Bleu clair	Bleu foncé	Jaune	Rouge
Couleur	mg/l Pt	1	15	200	

Altération Micro-organismes

Paramètres	Unités	Bleu clair	Bleu foncé	Jaune	Rouge
Escherichia coli	N/100 ml	0	20	20000	
Entérocoques ou Streptocoques fécaux	N/100 ml	0	20	10000	
Coliformes totaux	N/100 ml	0	50	50000	

La classe bleu clair traduit l'absence de micro-organismes par 100 ml d'eau.

Altération Minéralisation et salinité

Paramètres	Unités	Bleu clair	Bleu foncé	Jaune	Rouge
Conductivité (1)	μS/cm à 20°C	>= 180 et <= 400	> 400 et <= 2500	< 180 ou > 2500 et <= 4000	> 4000
Dureté	d°F	>= 8 et <= 40		< 8 ou > 40	
pH		>= 6.5 et <= 8.5	> 8.5 et <= 9.0	< 6.5 et >= 5.5 ou > 9.0 et <= 9.5	< 5.5 ou > 9.5
Résidu sec (1)	mg/l	>= 140 et <= 300	> 300 et <= 2000	< 140 ou > 2000 et <= 3000	> 3000
Chlorures (2)	mg/l	25	200		> 200
Sulfates (2)	mg/l	25	250		> 250
Calcium	mg/l	>= 32 et <= 160		< 32 ou > 160	
Fluorures	mg/l	>= 0.7 et <= 1.5	< 0.7	> 1.5 et <= 10	> 10
Magnésium	mg/l	30	50	400	
Potassium	mg/l	10	12	70	
Sodium	mg/l	20	200		
TAC	d°F	>= 8 et <= 40		< 8 ou > 40	

(1) au moins l'un des deux paramètres doit être pris en compte.

(2) au moins l'un des deux paramètres doit être pris en compte.

Altération Nitrates

Paramètres	Unités	Bleu clair	Bleu foncé	Jaune	Rouge
Nitrates	mg/l NO ₃	25	50	100	

Altération Matières azotées hors nitrates

Paramètres	Unités	Bleu clair	Bleu foncé	Jaune	Rouge
Ammonium	mg/l NH ₄	0.05	0.5	4	
Nitrites	mg/l NO ₂	0.05	0.1	0.7	

Altération Micropolluants minéraux

Paramètres	Unités	Bleu clair	Bleu foncé	Jaune	Rouge
Arsenic	µg/l	5	10	100	
Bore	µg/l	50	1000		
Cadmium	µg/l	1	5		
Chrome total	µg/l	25	50		
Cuivre	µg/l	100	200	4000	
Cyanures	µg/l	25	50		
Mercure	µg/l	0.5	1		
Nickel	µg/l	10	20	40	
Plomb	µg/l	5	10	50	
Sélénium	µg/l	5	10		
Zinc	µg/l	100	5000		
Aluminium	µg/l	50	200		
Antimoine	µg/l	2	5	10	
Argent	µg/l	5	10	200	
Baryum	µg/l	100	700		

Au moins quatre paramètres de l'altération « micropolluants minéraux » parmi ceux mentionnés en caractères gras devront être choisis pour pouvoir qualifier cette altération. Le choix pourra être effectué en fonction des problématiques locales.

Altération Pesticides

Paramètres	Unités	Bleu clair	Bleu foncé	Jaune	Rouge
Atrazine	µg/l	0.05	0.10	2	
Atrazine-déséthyl	µg/l	0.05	0.10	2	
Diuron	µg/l	0.05	0.10	2	
Isoproturon	µg/l	0.05	0.10	2	
Lindane	µg/l	0.05	0.10	2	
Simazine	µg/l	0.05	0.10	2	
Terbutylazine	µg/l	0.05	0.10	2	
Aldrine	µg/l	0.01	0.03	2	
Dieldrine	µg/l	0.01	0.03	2	
Heptachlore	µg/l	0.01	0.03	2	
Heptachlore-époxyde	µg/l	0.01	0.03	2	
Total Parathion ⁽¹⁾	µg/l	0.05	0.10	2	
Simazine-déséthyl	µg/l	0.05	0.10	2	
Pesticide (autre) par substance identifiée (2)	µg/l	0.05	0.10	2	
Pesticides (somme) ⁽³⁾	µg/l	0.10	0.50	5	

(1) Total Parathion = somme des concentrations en parathion éthyl et en parathion méthyl.

(2) A titre de référence : liste des pesticides à rechercher préférentiellement dans les eaux souterraines d'après le protocole pour la mise en place du réseau national de connaissance des eaux souterraines :

Pesticides		Environnement	
		Rural	Urbain
Organochlorés	lindane, métolachlore, métazachlore.	x	
Triazines	atrazine, simazine, déséthylatrazine, déséthylsimazine, terbutylazine.	x	x
Urées substituées	diuron, isoproturon, chlortoluron.	x	x

(3) Pesticides (somme) = somme de tous les pesticides particuliers individualisés, détectés et quantifiés.

Altération Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

Paramètres	Unités	Bleu clair	Bleu foncé	Jaune	Rouge
Benzo(a)pyrène	µg/l	0.005	0.01	0.2	
HAP somme (4)*	µg/l	0.05	0.1	1	

* HAP somme (4) = Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques, somme des concentrations en benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, benzo(ghi)pérylène, indéno(1,2,3-cd)pyrène (mesure impérative de ces paramètres pour qualifier l'altération).

Altération Poly-Chloro-Biphényles

Paramètres	Unités	Bleu clair	Bleu foncé	Jaune	Rouge
PCB somme (7)*	µg/l	0.2	0.5	5	

* PCB somme (7) = PolyChloroBiphényles, somme des concentrations des congénères 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180 (mesure impérative de ces paramètres pour qualifier l'altération).

Altération Micropolluants organiques (autres)

Paramètres	Unités	Bleu clair	Bleu foncé	Jaune	Rouge
Tétrachloréthylène	µg/l	5	10	200	
Trichloréthylène	µg/l	5	10	200	
Total tétrachloréthylène et trichloréthylène	µg/l	5	10	200	
Benzène	µg/l	0.5	1	10	
Chloroforme	µg/l	5	10	100	
Détergents anioniques	µg/l	100	200	500	
Dichloréthane-1,2	µg/l	1	3	60	
Hexachlorobenzène	µg/l	0.005	0.01	0.1	
Hydrocarbures dissous	µg/l	5	10	1000	
Indice phénol	µg/l	0.25	0.5	100	
Tétrachlorure de carbone	µg/l	1	2	20	
Trichloréthane-1,1,1	µg/l	100	200	500	
Total trihalométhanes*	µg/l	50	100	2000	

* Total trihalométhanes (THM) = somme des concentrations de chloroforme, bromoforme, dibromochlorométhane et bromodichlorométhane.

2.2. USAGE INDUSTRIE

Elaborer une grille d'évaluation de la qualité des eaux pour l'usage industriel est une chose complexe, du fait de la multiplicité des activités industrielles et des procédés de fabrication.

Partant de cela, il a été décidé de caractériser l'aptitude à l'usage industriel de l'eau par le seul biais de l'aptitude des eaux à la corrosion ou à la formation de dépôts.

Les différentes classes d'aptitude de l'eau pour l'usage industrie

Classe	Aptitude pour satisfaire l'usage	
Bleu		Très bonne
Vert		Bonne
Jaune		Passable
Orange		Mauvaise
Rouge		Inapte à satisfaire l'usage

Deux altérations décrivent l'usage industrie : la corrosion et la formation de dépôts. Le lien entre les différentes classes d'aptitude de l'eau exprimées ci-dessus et les classes de qualité de chacune de ces deux altérations est indiqué dans le tableau ci-après :

Classe	Corrosion	Formation de dépôts
Bleu 	absence de corrosion	pas de risques de dépôts importants
Vert 	corrosion faible	peu de risques de dépôts
Jaune 	corrosion modérée	risques de dépôts
Orange 	corrosion moyenne	(1)
Rouge 	corrosion forte	dépôts très importants

(1) classe non définie

Les paramètres en **caractères gras**, sauf précision complémentaire indiquée en remarque, sont impératifs pour qualifier l'altération.

Les paramètres en caractères normaux sont optionnels et participent, lorsqu'ils sont mesurés, à la qualification de cette altération.

Le motif  indique dans les tableaux ci-après que le paramètre ne décrit pas la (ou les) classe(s) d'aptitude à l'usage

Altération Corrosion

Paramètres	Unités	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
CO₂ dissous	mg/l	50		120	200	
O₂ dissous	mg/l	absence ou > 8	> 0 et <= 0.1		> 0.1 et <= 4	> 4 et <= 8
Salinité*	g/l NaCl	0.6		1.5	3	
Conductivité*	µS/cm	1300		3000	6000	
pH		>= 9.8	>= 7 et < 9.8	>= 6 et < 7		< 6
Chlorures*	mg/l	150		400	1000	
Sulfates*	mg/l	250		500	1500	
Ferro-bactéries		absence				présence
Bactéries sulfato-réductrices	N/ml	absence	10		100	
Sulfures	mg/l HS ⁻	0.1		8	50	
Eh (potentiel d'oxydoréduction)	mV	<= - 600 ou > 0		> - 600 et <= - 500	> -500 et <= - 400	> -400 et <= 0

* au moins l'un des quatre paramètres doit être mesuré. Le choix pourra être effectué en fonction des problématiques locales.

Altération Formation de dépôts

Paramètres	Unités	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
pH		5.00				
Eh - selon la valeur du pH ⁽¹⁾						
pH <= 3.5	mV	1500				
3.5 < pH <= 9.6		(1)				
pH > 9.6		- 800				
O₂ dissous	mg/l	0.10		5.5		
Ferro-bactéries		absence				
Indice saturation - selon la valeur du TAC ⁽²⁾						
TAC < 10°F		0.2		2		
10°F < TAC <= 25°F		0.2		1		
TAC > 25°F		0.2		0.5		

(1) Potentiel d'oxydo-réduction Eh = 1330 - 166 pH

(2) Indice saturation = pHs-pH. Le pHs est le pH d'équilibre ou de saturation après essai au marbre

L'ensemble des valeurs seuils proposées provient d'avis d'experts basés sur la thermodynamique des équilibres électrochimiques et/ou la bibliographie jugée comme faisant référence en ce domaine. La justification des valeurs des seuils et les références bibliographiques sont données en annexe.

2.3. USAGE ENERGIE

L'eau souterraine est parfois utilisée à des fins énergétiques pour le chauffage (pompes à chaleur ou géothermie) ou pour la climatisation. L'utilisation géothermique de l'eau est de nature très ponctuelle par rapport à l'utilisation pour le fonctionnement de pompes à chaleur ou de climatisation. Les nappes alluviales, en raison de leur accessibilité, sont fréquemment sollicitées en site urbain, pour ce type d'usage. Pour l'usage énergie, il a donc été décidé de ne retenir que ces deux derniers aspects (pompes à chaleur et climatisation).

Les différentes classes d'aptitude de l'eau pour l'usage énergie

Classe	Aptitude pour satisfaire l'usage
Bleu 	Très bonne
Vert 	Bonne
Jaune 	Passable
Orange 	Mauvaise
Rouge 	Inapte à satisfaire l'usage

Les altérations

Trois altérations décrivent l'usage de l'eau souterraine à des fins énergétiques : la température, la corrosion et la formation de dépôts. Les deux dernières altérations sont identiques à celles décrivant l'usage industrie. Le lien entre les différentes classes d'aptitude de l'usage exprimées ci-dessus et les classes de qualité de chacune de ces trois altérations est le suivant :

Classe	Climatisation / pompes à chaleur	Corrosion	Formation de dépôts
Bleu 	favorable à l'usage énergétique considéré	absence de corrosion	pas de risques de dépôts importants
Vert 	permet l'usage énergétique considéré	corrosion faible	peu de risques de dépôts
Jaune 	usage délicat pour raisons techniques ou économiques	corrosion modérée	risques de dépôts
Orange 	(1)	corrosion moyenne	(1)
Rouge 	(1)	corrosion forte	dépôts très importants

(1) classe non définie.

Le motif  indique dans les tableaux ci-après que le paramètre ne décrit pas la (ou les) classe(s) d'aptitude à l'usage

Altération Température - Usage Climatisation

Les valeurs seuils des différents états dépendent des objectifs poursuivis en matière de climatisation. Les valeurs seuils proposées le sont sur la base d'une climatisation de locaux à usage d'habitation.

Paramètre	Unité	Bleu	Vert	Jaune
Température	°C	> 8 et <= 12	>12 et <= 15	<= 8 ou > 15

Des températures inférieures à 8°C peuvent occasionner des problèmes de dysfonctionnements au niveau des installations (problèmes de condensation par exemple).

Altération Température - Usage Pompes à chaleur

Paramètre	Unité	Bleu	Vert	Jaune
Température	°C	> 15 et <= 60	> 8 et <= 15	<= 8 ou > 60

Des températures inférieures à 8°C peuvent occasionner des problèmes de dysfonctionnements au niveau des installations (problèmes de condensation par exemple).

Altération Corrosion

Paramètres	Unités	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
CO₂ dissous	mg/l	50		120	200	
O₂ dissous	mg/l	absence ou > 8	> 0 et <= 0.1		> 0.1 et <= 4	> 4 et <= 8
Salinité*	g/l NaCl	0.6		1.5	3	
Conductivité*	µS/cm	1300		3000	6000	
pH		> 9.8	> 7 et <= 9.8	>= 6 et <= 7		< 6
Chlorures*	mg/l	150		400	1000	
Sulfates*	mg/l	250		500	1500	
Ferro-bactéries		absence				présence
Bactéries sulfato-réductrices	N/ml	absence	10		100	
Sulfures	mg/l HS ⁻	0.1		8	50	
Eh (potentiel d'oxydoréduction)	mV	<= -600 ou > 0		> - 600 et <= - 500	> -500 et <= - 400	> - 400 et <= 0

* au moins l'un des quatre paramètres doit être mesuré. Le choix pourra être effectué en fonction des problématiques locales.

Altération Formation de dépôts

Paramètres	Unités	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
pH		5.00				
Eh - selon la valeur du pH ⁽¹⁾						
pH <= 3.5	mV	1500 ⁽¹⁾				
3.5 < pH <= 9.6		- 800				
pH > 9.6						
O ₂ dissous	mg/l	0.10		5.5		
Ferro-bactéries		absence				
Indice saturation - selon la valeur du TAC ⁽²⁾						
TAC < 10°F		0.2		2		
10°F < TAC <= 25°F		0.2		1		
TAC > 25°F		0.2		0.5		

(1) Potentiel d'oxydo-réduction Eh = 1330 - 166 pH

(2) Indice saturation = pHs-pH. Le pHs est le pH d'équilibre ou de saturation après essai au marbre

L'ensemble des valeurs seuils proposées provient d'avis d'experts basés sur la thermodynamique des équilibres électrochimiques et/ou la bibliographie jugée comme faisant référence en ce domaine. La justification des valeurs des seuils et les références bibliographiques sont données en annexe.

2.4. USAGE ABREUVAGE DES ANIMAUX

L'usage abreuvement exprime l'aptitude de l'eau à permettre l'abreuvement des animaux d'élevage.

Ceux-ci peuvent être classés selon trois classes d'âge et de sensibilité :

1. les animaux consommés "adolescents", volailles de chair, veaux de lait, porcs charcutiers. Ils ont une croissance accélérée et sont très sensibles à tous les polluants,
2. les animaux consommés à maturation. Ils ont une croissance lente et sont moins vulnérables,
3. les animaux de reproduction. Ils ont des exigences strictes en période de gestation et d'allaitement.

Il est important de noter que, dans le cas de l'abreuvement des animaux, l'eau doit être directement utilisable par l'éleveur. En effet, s'il y a une contre-indication à son emploi, l'éleveur ne s'engagera pas dans une procédure de traitement de l'eau, il se contentera d'utiliser l'eau du réseau de distribution, c'est-à-dire l'eau potable.

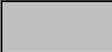
Les différentes classes d'aptitude de l'eau pour l'usage abreuvement

Bleu		Eau permettant l'abreuvement de tous les animaux, y compris les plus sensibles (animaux "adolescents", en gestation ou allaitant).
Jaune		Eau permettant l'abreuvement des animaux matures, moins vulnérables (bovins, ovins), mais demandant une surveillance accrue.
Rouge		Eau inapte à l'abreuvement des animaux.

Les différentes classes d'aptitude de l'eau à cet usage, les altérations et les paramètres décrivant celles-ci, ainsi que les seuils associés aux paramètres, sont identiques à ceux du SEQ-Eau des cours d'eau.

Les paramètres en **caractères gras**, sauf précision complémentaire indiquée en remarque, sont impératifs pour qualifier l'altération.

Les paramètres en caractères normaux sont optionnels et participent, lorsqu'ils sont mesurés, à la qualification de cette altération.

Le motif  indique dans les tableaux ci-après que le paramètre ne décrit pas la (ou les) classe(s) d'aptitude à l'usage

Altération Nitrates

Paramètre	Unités	Bleu	Jaune	Rouge
Nitrates	mg/l NO ₃	50	450	

Altération Matières azotées (hors nitrates)

Paramètre	Unités	Bleu	Jaune	Rouge
Nitrites	mg/l NO ₂	0.1	30	

Altération Minéralisation

Paramètres	Unités	Bleu	Jaune	Rouge
Résidu sec ⁽¹⁾	mg/l à 180°C	1000	5000	
Sulfates ⁽¹⁾	mg/l	250	1000	
Sodium ⁽¹⁾	mg/l	150	2000	
Calcium	mg/l	1000		

(1) Au moins deux paramètres sur les trois doivent être pris en compte.

Altération Micropolluants minéraux

Paramètres	Unités	Bleu	Jaune	Rouge
Arsenic	µg/l	50	500	
Cadmium	µg/l	5	20	
Chrome	µg/l	50	1000	
Cuivre	µg/l	500	5000	
Mercure	µg/l	1	3	
Nickel	µg/l	50	1000	
Plomb	µg/l	50	100	
Sélénium	µg/l	10	50	
Zinc	µg/l	5000	50000	

Au moins quatre des paramètres identifiés en caractères gras sont nécessaires pour caractériser l'altération.

Origine des seuils :

- *Recommandations pour la qualité des eaux au Canada, publiées par le Conseil canadien des ministres des ressources et de l'environnement, chapitre 4, applications agricoles, 1992 puis 1999,*
- *Avis d'expert*

2.5. USAGE IRRIGATION

Les facteurs déterminants pour classer l'aptitude de l'eau à l'irrigation sont :

- la texture du sol,
- la culture irriguée,
- la fréquence et la durée de l'irrigation.

Les plantes ont été réparties en quatre groupes de sensibilité différente, allant des plantes très sensibles aux plantes très tolérantes. Les recommandations de la littérature canadienne et américaine proposent, pour chaque paramètre concerné, des seuils séparant ces quatre groupes. Les plantes prises en compte dans ces groupes étant susceptibles de varier d'un paramètre à l'autre, la composition de chaque groupe ne peut pas être définie de façon stable. Cette démarche est semblable à celle qui a été adoptée pour la fonction "potentialités biologiques".

Il est également nécessaire, pour définir l'aptitude de l'eau à l'irrigation, de prendre en compte les caractéristiques des sols. Ceux-ci ont été répartis en deux groupes emboîtés : tous les sols, y compris les sols les plus sensibles, et les sols neutres ou alcalins, c'est-à-dire les sols les plus tolérants.

Pour des raisons de faisabilité, les combinaisons sols/plantes ont été limitées aux plantes sensibles ou très sensibles associées à tous les sols et aux plantes tolérantes ou très tolérantes associées aux sols alcalins ou neutres.

Les différentes classes d'aptitude de l'eau pour l'usage irrigation

Bleu		Eau permettant l'irrigation des plantes très sensibles ou de tous les sols.
Vert		Eau permettant l'irrigation des plantes sensibles ou de tous les sols ou de tous les sols.
Jaune		Eau permettant l'irrigation des plantes tolérantes ou des sols alcalins ou neutres.
Orange		Eau permettant l'irrigation des plantes très tolérantes ou des sols alcalins ou neutres.
Rouge		Eau inapte à l'irrigation.

Les différentes classes d'aptitude de l'eau à cet usage, les altérations et les paramètres décrivant celles-ci, ainsi que les seuils associés aux paramètres sont identiques à ceux du SEQ-Eau des cours d'eau.

Les paramètres en **caractères gras**, sauf précision complémentaire indiquée en remarque, sont impératifs pour qualifier l'altération.

Les paramètres en caractères normaux sont optionnels et participent, lorsqu'ils sont mesurés, à la qualification de cette altération.

Le motif  indique dans les tableaux ci-après que le paramètre ne décrit pas la (ou les) classe(s) d'aptitude à l'usage

Altération Minéralisation

Paramètres	Unités	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Résidu sec ⁽¹⁾	mg/l à 180°C	500	1500	2500	3500	
Chlorures ⁽¹⁾	mg/l	180	360	700		
S.A.R ⁽²⁾	--	8	18	46	100	

(1) au moins l'un des deux paramètres doit être mesuré

$$(2) \text{ S.A.R : Sodium Adsorption Ratio} = \frac{\text{Na}}{\sqrt{0.5 (\text{Ca} + \text{Mg})}}$$

Les concentrations sont exprimées en mg/l. Le paramètre S.A.R rend compte du fait que la présence d'un excès de sodium dans l'eau d'irrigation, par rapport à la quantité de calcium ou de magnésium, peut altérer la structure du sol. En particulier, l'argile peut tendre à se disperser lorsqu'elle est mouillée, ce qui a pour effet de réduire la perméabilité du sol.

Altération Micro-organismes

Paramètres	Unités	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Coliformes Thermotolérants ³	N/100 ml	100				
Coliformes totaux	N/100 ml	1000				

Altération Micropolluants minéraux

Paramètres	Unités	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Arsenic	µg/l	100		2000		
Cadmium	µg/l	10				
Chrome total	µg/l	100				
Cuivre	µg/l	200	1000	5000		
Nickel	µg/l	200		2000		
Plomb	µg/l	200		2000		
Sélénium	µg/l	20				
Zinc	µg/l	5000				

Au moins quatre des paramètres identifiés en caractères gras sont nécessaires pour caractériser l'altération.

Origine des seuils :

- Recommandations pour la qualité des eaux au Canada, publiées par le Conseil canadien des ministres des ressources et de l'environnement, chapitre 4, applications agricoles, 1992 puis 1999,
- Avis d'expert.

³ assimilables à *Escherichia Coli*

2.6. ETAT PATRIMONIAL

L'état patrimonial du SEQ Eaux souterraines fournit une échelle d'appréciation de l'atteinte des nappes par la pollution et permet de donner une indication sur le niveau de pression anthropique s'exerçant sur elles sans faire référence à un usage quelconque.

A ce stade de l'étude, pour décrire "l'état patrimonial" n'ont été retenus que quelques paramètres indicateurs susceptibles de ne pas être contenus à l'état naturel dans les eaux souterraines (micropolluants organiques et cyanures) ou clairement identifiés comme indicateurs d'altération d'origine anthropique (nitrates). Pour le choix des seuils voir plus loin.

Toutefois, on pourra prendre en compte ultérieurement d'autres paramètres non exclusivement anthropiques pour décrire cet état. Cela nécessitera d'avoir qualifié au préalable, l'état de référence (état d'origine) des eaux de l'aquifère étudié.

Les différents états identifiés

Classes	Niveaux de dégradation Etat patrimonial.
Bleu 	Eau dont la composition est naturelle ou "sub-naturelle".
Vert 	Eau de composition proche de l'état naturel, mais détection d'une contamination d'origine anthropique.
Jaune 	Dégradation significative par rapport à l'état naturel.
Orange 	Dégradation importante par rapport à l'état naturel.
Rouge 	Dégradation très importante par rapport à l'état naturel.

Les paramètres en **caractères gras**, sauf précision complémentaire indiquée en remarque, sont impératifs pour qualifier l'altération.

Les paramètres en caractères normaux sont optionnels et participent, lorsqu'ils sont mesurés, à la qualification de cette altération.

Altération Nitrates

Paramètre	Unités	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Nitrates	mg/l	10	20	40	50	

Altération Micro-polluants minéraux

Paramètre	Unités	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Cyanures	µg/l	5	25	50	250	

Altération Pesticides

Paramètres	Unités	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Atrazine	µg/l	0.01	0.05	0.10	0.5	
Atrazine-déséthyl	µg/l	0.01	0.05	0.10	0.5	
Diuron	µg/l	0.01	0.05	0.10	0.5	
Isoproturon	µg/l	0.01	0.05	0.10	0.5	
Lindane	µg/l	0.01	0.05	0.10	0.5	
Simazine	µg/l	0.01	0.05	0.10	0.5	
Terbutylazine	µg/l	0.01	0.05	0.10	0.5	
Aldrine	µg/l	0.001	0.005	0.01	0.05	
Dieldrine	µg/l	0.001	0.005	0.01	0.05	
Heptachlore	µg/l	0.001	0.005	0.01	0.05	
Heptachlore-époxyde	µg/l	0.001	0.005	0.01	0.05	
Parathion éthyl	µg/l	0.001	0.005	0.01	0.05	
Parathion méthyl	µg/l	0.001	0.005	0.01	0.05	
Simazine-déséthyl	µg/l	0.01	0.05	0.10	0.5	
Pesticide (autre) par substance identifiée (1)	µg/l	0.01	0.05	0.10	0.5	
Pesticides (somme) (2)	µg/l	0.01	0.05	0.10	0.5	

(1) A titre de référence : liste des pesticides à rechercher préférentiellement dans les eaux souterraines d'après le protocole pour la mise en place du réseau national de connaissance des eaux souterraines :

Pesticides		Environnement	
		Rural	Urbain
Organochlorés	<i>lindane, métolachlore, métazachlore.</i>	x	
Triazines	<i>atrazine, simazine, déséthyl atrazine, déséthyl simazine, terbutylazine.</i>	x	x
Urées substituées	<i>diuron, isoproturon, chlortoluron.</i>	x	x

(2) Pesticides (somme) = somme de tous les pesticides particuliers individualisés, détectés et quantifiés.

Altération Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

Paramètres	Unités	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Benzo(a)pyrène	µg/l	0.001	0.005	0.01	0.05	
HAP somme (4)*	µg/l	0.05	0.25	0.5	2.5	

* HAP somme (4) = Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques, somme des concentrations en benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, benzo(ghi)pérylène, indéno(1,2,3-cd)pyrène (mesure impérative de ces paramètres pour qualifier l'altération).

Altération Poly-Chloro-Biphényles

Paramètres	Unités	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
PCB somme (7)*	µg/l	0.001	0.005	0.01	0.05	

* PCB somme (7) = PolyChloroBiphényles, somme des concentrations des congénères 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180 (mesure impérative de ces paramètres pour qualifier l'altération).

Altération Micropolluants organiques (autres)

Paramètres	Unités	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Tétrachloréthylène	µg/l	0.1	0.5	1	5	
Trichloréthylène	µg/l	0.1	0.5	1	5	
Total Tétrachloréthylène et Trichloréthylène	µg/l	0.1	0.5	1	5	
Benzène	µg/l	0.5	2.5	5	25	
Chloroforme	µg/l	0.5	2.5	5	25	
Dichloroéthane-1,2	µg/l	1	5	10	50	
Hexachloro-benzène	µg/l	0.001	0.005	0.01	0.05	
Tétrachlorure de carbone	µg/l	0.1	0.5	1	5	
Trichloroéthane-1,1,1	µg/l	0.1	0.5	1	5	
Trihalométhanes (1)	µg/l	0.5	2.5	5	25	

(1) Trihalométhanes (THM) = somme des concentrations de chloroforme, bromoforme, dibromochlorométhane et bromodichlorométhane.

Origine et critères de choix des seuils des différents paramètres.

D'une manière générale le raisonnement a été le suivant : fixation d'un seuil pour le passage du bleu au vert puis application de facteurs multiplicatifs pour les autres seuils afin d'exprimer la dégradation de la qualité par rapport à ce premier seuil.

Fixation du seuil bleu/vert :

- soit le produit est naturellement présent dans le milieu, mais indicateur, au-dessus d'un certain seuil, d'une contamination d'origine anthropique (nitrates) : seuil choisi après avis d'expert afin de couvrir la gamme des teneurs naturelles susceptibles d'être rencontrées. (Cette gamme se situe entre quelques milligrammes par litre : 1 à 2 et environ 10 mg/l sous des environnements riches en matières organiques),
- soit le produit est un produit de synthèse : la classe bleue est supposée correspondre à l'état naturel. Le niveau naturel correspond en toute rigueur à une absence, c'est à dire à des concentrations inférieures au seuil de détection. Pour des raisons de signification des résultats, compte tenu de l'imprécision de la mesure dans ces gammes de concentration, le niveau de référence a été choisi en fonction du seuil de détection usuel actuel (seuil de passage Bleu/Vert).

Fixation des autres seuils = facteurs multiplicatifs appliqués au niveau de référence (bleu/vert) :

nitrates: facteurs multiplicatif choisis afin de couvrir au mieux les premiers niveaux de dégradation des eaux = 2, 4 et 5 fois le seuil de référence

produits de synthèse : facteurs multiplicatif de 5, 10 et 50 fois le seuil de quantification.

2.7. FONCTION "POTENTIALITES BIOLOGIQUES" DANS LES COURS D'EAU

La fonction "potentialités biologiques" exprime l'aptitude de l'eau à permettre les équilibres biologiques ou, plus simplement, l'aptitude de l'eau à la biologie dans les cours d'eau, lorsque les conditions hydrologiques et morphologiques conditionnant l'habitat des êtres vivants sont par ailleurs réunies.

La fonction «potentialités biologiques » a été introduite dans le Système d'évaluation de la qualité des eaux souterraines afin de pouvoir juger l'influence éventuelle de leur qualité sur celle de cours d'eaux qu'elles sont susceptibles d'alimenter.

Ceci répond également au besoin exprimé dans la Directive 2000/60/CE du Parlement Européen et du Conseil établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau (recherche du bon état chimique des eaux souterraines afin de ne pas porter atteinte aux objectifs environnementaux spécifiés pour les eaux de surface associées).

Cinq classes d'aptitude à la biologie ont été définies. Elles traduisent une simplification progressive de l'édifice biologique, incluant la disparition des taxons⁴ polluo-sensibles.

Chaque classe d'aptitude est définie par les deux critères suivants :

- présence ou non de taxons polluo-sensibles,
- diversité des peuplements.

bleu potentialité de l'eau à héberger un grand nombre de taxons polluo-sensibles, avec une diversité satisfaisante,

vert potentialité de l'eau à provoquer la disparition de certains taxons polluo-sensibles avec une diversité satisfaisante,

jaune potentialité de l'eau à réduire de manière importante le nombre de taxons polluo-sensibles, avec une diversité satisfaisante,

orange potentialité de l'eau à réduire de manière importante le nombre de taxons polluo-sensibles, avec une réduction de la diversité,

rouge potentialité de l'eau à réduire de manière importante le nombre de taxons polluo-sensibles ou à les supprimer, avec une diversité très faible.

Ces classes d'aptitude peuvent être représentées schématiquement par le tableau suivant :

		DIVERSITE		
		satisfaisante	réduite	très faible
TAXONS	tous présents	bleu		
	certaines absents	vert		
SENSIBLES	nombreux absents	jaune	orange	rouge
	tous absents			

⁴ Les taxons sont chaque élément ou composante de la classification des êtres vivants, établie à partir de critères de ressemblance suivant une structure arborescente et hiérarchique (règne, embranchement, classe, ordre, famille, genre, espèce)

Classes et indices d'aptitude à la biologie dans les cours d'eau

Origine des seuils qui déterminent le passage d'une classe d'aptitude à l'autre :

- Directive 2000/60/CE du Parlement Européen et du Conseil établissant un Cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau (JOCE 22 décembre 2000),
- Directive Européenne n°78-659 du 18 juillet 1978 concernant la qualité des eaux douces ayant besoin d'être protégées ou améliorées pour être aptes à la vie des poissons et sa transcription en droit français : le décret n°91-1283 du 19 novembre 1991 (J.O. du 21 décembre 1991),
- Analyses bibliographiques,
- Avis d'experts.

Les explications détaillées de ces choix figurent dans le rapport complémentaire du SEQ Eau des cours d'eau - Version 2.

Les indices d'aptitude sont destinés à décrire, sur une plage de 0 à 100, l'aptitude de l'eau évaluée par les classes d'aptitude, avec la correspondance suivante :

<u>Classe</u>	<u>Indice</u>
Rouge	0 à 19
Orange	20 à 39
Jaune	40 à 59
Vert	60 à 79
Bleu	80 à 100

L'aptitude de l'eau à la biologie, pour l'altération considérée, est déterminée par le paramètre le plus déclassant, c'est-à-dire celui qui définit la classe d'aptitude la moins bonne.

Concernant les règles de calcul, pour un ensemble de prélèvements annuels ou inter-annuels, l'aptitude de l'eau à la biologie est déterminée, pour chaque altération, par le prélèvement le plus déclassant constaté dans au moins 10% des prélèvements effectués pendant la période.

Cas des micropolluants

Les seuils d'aptitude à la biologie pour les micropolluants minéraux mesurés sur eau brute dépendent, pour certains d'entre eux, de la dureté de l'eau.

Trois classes de dureté ont été définies, leurs limites étant exprimées en degré français de dureté (°F) ou en mg/l de carbonate de calcium (mg/l CaCO₃) :

Dureté faible	TH ≤ 5 °F	CaCO ₃ ≤ 50 mg/l
Dureté moyenne	5 < TH ≤ 20 °F	50 < CaCO ₃ ≤ 200 mg/l
Dureté forte	TH > 20 °F	CaCO ₃ > 200 mg/l

L'aptitude de l'eau à la biologie, pour les altérations de la qualité de l'eau par les micropolluants (micropolluants minéraux, pesticides, et autres micropolluants organiques) a été calée sur les résultats des tests d'écotoxicité réalisés sur au moins 3 niveaux trophiques (algues/plantes, invertébrés, poissons), avec les définitions suivantes des classes d'aptitude et des seuils de passage d'une classe à l'autre :

classes d'aptitude à la biologie

définition des seuils

Risque négligeable d'effets néfastes sur toutes les espèces

la plus basse concentration chronique fiable sans effet (NOEC) avec un facteur de sécurité de 100 ou la plus basse valeur fiable aiguë CE/L50 avec un facteur de sécurité de 10 000

Risque d'effets chroniques (sublétaux) pour les espèces les plus sensibles, notamment pour les juvéniles

la plus basse concentration chronique fiable sans effet (NOEC) avec un facteur de sécurité de 10 ou la plus basse valeur fiable aiguë CE/L50 avec un facteur de sécurité de 1000

Risque d'effets chroniques (sublétaux) ; possible réduction de l'abondance ; prédominance d'espèces tolérantes

la plus basse concentration chronique fiable sans effet (NOEC) sans facteur de sécurité ou la plus basse valeur fiable aiguë CE/L50 avec un facteur de sécurité de 100

Risque d'effets létaux sur les espèces les plus sensibles ; diminution d'abondance

la plus basse valeur fiable aiguë CE/L50 sans facteur de sécurité

Très grands risques d'effets létaux sur plusieurs espèces ; diminution de l'abondance et de la variété des espèces

CE/L 50 : concentration d'exposition ou concentration létale à 50%, concentration de substance qui provoque, par immersion (CE50) ou par injection (CL50), l'immobilisation ou la mort de 50% des individus d'une population.

NOEC : concentration sans effet observé, en anglais « no observed effect concentration ».

Le choix de ces seuils est cohérent avec ce que définit la Directive Cadre de décembre 2000 dans son annexe V (§1.2.6). Celle-ci indique en effet que le bon état, représenté par la classe verte, est caractérisé par des concentrations inférieures à une norme de qualité environnementale (NQE) en cours de fixation, dont il est proposé qu'elle s'appuie sur le calcul d'une PNEC.

La méthode ainsi définie de calcul des seuils de passage d'une classe à l'autre est donc fondée sur le fait que chaque classe a la même signification en terme de risque écotoxique, quelle que soit la substance. En contrepartie, il peut arriver que les seuils ainsi calculés soient inférieurs aux seuils de détection actuels de certaines substances. C'est le cas des substances fortement écotoxiques et relativement difficiles à mesurer, telles que par exemple le parathion éthyl.

Seuils d'aptitude à la biologie

Les dispositions retenues pour le SEQ Eau des cours d'eau ont été adaptées au SEQ - Eaux souterraines :

- les altérations qui ne concernent pas les eaux souterraines (Matières phosphorées, Effet des proliférations végétales, Acidification, Hydrocarbures polycycliques aromatiques sur sédiment) ont été supprimées,
- les trois altérations Matière organique et oxydables, Matière azotée hors nitrates, Particules en suspension ont été ajustées pour y supprimer les paramètres non pris en considération pour les eaux souterraines (Taux de saturation en O₂, DBO, DCO, NKJ, transparence),
- l'altération température n'a pas été prise en compte car jugée non pertinente pour les eaux souterraines.

Les tableaux de seuils définissant le passage d'une classe d'aptitude à l'autre pour la biologie ont été regroupés par altération. Ils figurent dans les pages suivantes.

Les paramètres retenus, dans cette version 0 du SEQ - Eaux souterraines, comme impératifs pour qualifier l'altération vis à vis de l'aptitude à la biologie, apparaissent en gras.

Le motif  indique dans les tableaux ci-après que le paramètre ne décrit pas la (ou les) classe(s) d'aptitude à l'usage

Altération Matières organiques et oxydables

Classe d'aptitude	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Indice d'aptitude	80	60	40	20	
Oxygène dissous (mg/l O ₂)	8	6	4	3	
Oxydabilité au permanganate⁽¹⁾ (mg/l O ₂)	3	5	8	10	
Carbone organique (mg/l C)	5	7	10	15	
NH₄⁺ (mg/l NH ₄)	0,5	1,5	4	8	

(1) en milieu acide à chaud

Altération Nitrates

Classe d'aptitude	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Indice d'aptitude	80	60	40	20	
Nitrates (mg/l NO ₃)	2				

Altération Matières azotées (hors nitrates)

Classe d'aptitude	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Indice d'aptitude	80	60	40	20	
NH₄ (mg/l NH ₄)	0,1	0,5	2	5	
NO₂⁻ (mg/l NO ₂)	0,03	0,3	0,5	1	

Altération Particules en suspension

Classe d'aptitude	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Indice d'aptitude	80	60	40	20	
MES (mg/l)	25	50	100	150	
Turbidité (NTU)	15	35	70	100	

Altération Micropolluants minéraux

Classe d'aptitude	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Indice d'aptitude	80	60	40	20	
Arsenic (µg/l)	1	10	100	270	
Cadmium (µg/l)					
Dureté faible	0,001	0,01	0,1	0,37	
Dureté moyenne	0,004	0,04	0,37	1,3	
Dureté forte	0,009	0,09	0,85	3	
Chrome total (µg/l)					
Dureté faible	0,04	0,4	3,6	70	
Dureté moyenne	0,18	1,8	18	350	
Dureté forte	0,36	3,6	36	700	
Cuivre (µg/l)					
Dureté faible	0,017	0,17	1,7	2,5	
Dureté moyenne	0,1	1	10	15	
Dureté forte	0,27	2,7	27	40	
Cyanures libres (µg/l)	0,02	0,2	2	240	
Mercure (µg/l)	0,007	0,07	0,7	3	
Nickel (µg/l)					
Dureté faible	0,25	2,5	25	140	
Dureté moyenne	0,62	6,2	62	360	
Dureté forte	1,2	12	120	720	
Plomb (µg/l)					
Dureté faible	0,21	2,1	21	100	
Dureté moyenne	0,52	5,2	52	250	
Dureté forte	1	10	100	500	
Zinc (µg/l)					
Dureté faible	0,23	2,3	23	52	
Dureté moyenne	0,43	4,3	43	98	
Dureté forte	1,4	14	140	330	

Au moins quatre paramètres de l'altération micropolluants minéraux, parmi ceux mentionnés en caractères gras, devront être choisis pour pouvoir qualifier cette altération. Le choix pourra être effectué en fonction des problématiques locales.

Altération Pesticides

<i>Classe d'aptitude</i>	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Indice d'aptitude	80	60	40	20	
2,4D-ester (µg/l)	0,00001	0,0001	0,001	0,1	
2,4D-non-ester (µg/l)	1	10	100	2700	
2,4-MCPA (µg/l)	0,15	1,5	15	620	
Aclonifen (µg/l)	0,007	0,07	0,7	7	
Alachlore (µg/l)	0,3	3	30	1400	
Aldicarbe (µg/l)	0,005	0,05	0,5	50	
Aldrine (µg/l)	0,001	0,01	0,1	1	
Aminotriazole (µg/l)	3,8	38	380	3800	
Atrazine (µg/l)	0,02	0,2	2	20	
Atrazine-déséthyl (µg/l)	0,02	0,2	2	20	
Bentazone (µg/l)	19	190	1900	62000	
Bifenox (µg/l)	0,007	0,07	0,7	65	
Captane (µg/l)	0,17	1,7	17	34	
Carbendazime (µg/l)	0,0007	0,007	0,07	7	
Carbofuran (µg/l)	0,0015	0,015	0,15	1,5	
Chlorfenvinfos (µg/l)	0,0003	0,003	0,03	0,3	
Chlorthalonil (µg/l)	0,0004	0,004	0,04	3,6	
Chlorotoluron (µg/l)	0,1	1	10	24	
Chlorpyrifos-éthyl (µg/l)	0,00005	0,00005	0,0005	0,05	
Cymoxanil (µg/l)	0,006	0,06	0,6	60	
Cyprodinil (µg/l)	0,01	0,1	1	100	
DDD-o,p' (µg/l)	0,0006	0,006	0,06	0,6	
DDD-p,p' (µg/l)	0,0006	0,006	0,06	0,6	
DDE-o,p'(µg/l)	0,03	0,3	3,5	30	
DDE-p,p' (µg/l)	0,03	0,3	3,5	30	
DDT-o,p' (µg/l)	0,0002	0,002	0,02	0,2	
DDT-p,p' (µg/l)	0,0002	0,002	0,02	0,2	
Deltaméthrine (µg/l)	0,00002	0,00002	0,0002	0,02	
Dicamba (µg/l)	0,39	3,9	39	3900	
Dichlorprop ou 2,4-DP (µg/l)	0,05	0,5	5	500	

Altération Pesticides (suite)

Classe d'aptitude	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Indice d'aptitude	80	60	40	20	
Dieldrine (µg/l)	0,0005	0,005	0,05	0,5	
Dinoterbe (µg/l)	0,0003	0,003	0,03	0,3	
Diquat (µg/l)	0,02	0,2	2	18	
Diuron (µg/l)	0,02	0,2	2	20	
DNOC (µg/l)	0,07	0,7	7	66	
Endosulfan total* (µg/l)	0,002	0,02	0,2	0,3	
Endrine (µg/l)	0,0003	0,003	0,03	0,3	
Ethofumesate (µg/l)	0,08	0,8	8	800	
Fenpropidine (µg/l)	0,0006	0,006	0,06	6	
Fenpropimorphe (µg/l)	0,22	2,2	22	2200	
Fluzilazole (µg/l)	0,1	1	10	1200	
Folpel (µg/l)	0,002	0,02	0,2	15	
Fosetyl-aluminium (µg/l)	0,5	5	50	5000	
Glyphosate (µg/l)	0,04	0,4	4	1400	
Imazamethabenz-methyl (µg/l)	12	120	1200	120000	
Ioxynil (µg/l)	0,04	0,4	3,5	350	
Iprodione (µg/l)	0,02	0,2	2,5	250	
Isoproturon (µg/l)	0,02	0,2	2	20	
Lindane (gHCH) (µg/l)	0,001	0,01	0,1	1,1	
Linuron (µg/l)	0,05	0,5	5	50	
Mancozèbe (µg/l)	0,1	1	10	1100	
Manèbe (µg/l)	0,01	0,1	1	100	
Methabenzthiazuron (µg/l)	0,84	8,4	84	8400	
Méthomyl (µg/l)	0,03	0,3	3	29	
Metolachlore (µg/l)	0,2	2	20	85	
Norflurazone (µg/l)	0,01	0,1	1,2	12	
Oxadixyl (µg/l)	4,6	46	460	46000	
Oxydemeton-methyl (µg/l)	0,003	0,03	0,3	3,3	
Paraquat (µg/l)	0,2	2	20	47	
Parathion éthyl (µg/l)	0,000003	0,00003	0,0003	0,003	
Parathion méthyl (µg/l)	0,0002	0,002	0,02	2	
Pendiméthaline (µg/l)	0,03	0,3	3	6	
Prochloraz (µg/l)	0,01	0,1	1	100	
Prosulfocarbe (µg/l)	0,01	0,1	1	110	

* Endosulfan total = somme de Endosulfan a et Endosulfan b

Altération Pesticides (suite)

Classe d'aptitude	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Indice d'aptitude	80	60	40	20	
Simazine (µg/l)	0,002	0,02	0,2	2,2	
Simazine-deséthyl (µg/l)	0,02	0,2	2	20	
Tebuconazole (µg/l)	0,1	1	10	110	
Terbuméton (µg/l)	0,14	1,4	14	140	
Terbutylazine (µg/l)	0,02	0,2	2	16	
Terbutryne (µg/l)	0,03	0,3	3		
Tridemorphe (µg/l)	0,13	1,3	13	1300	
Trifluraline (µg/l)	0,02	0,2	2	10	
Vinclozoline (µg/l)	0,4	4	40	4000	

Altération Hydrocarbures aromatiques polycycliques

Classe d'aptitude	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Indice d'aptitude	80	60	40	20	
Benzo(a)pyrène (µg/l)	0,00003	0,0003	0,08		
Dibenzo(a,h)anthracène (µg/l)	0,000006	0,00006	0,014		
Acénaphène (µg/l)	0,07	0,7	160		
Acénaphthylène (µg/l)	0,04	0,4	99		
Anthracène (µg/l)	0,009	0,09	21		
Benzo(a)anthracène (µg/l)	0,0005	0,005	1,2		
Benzo(b)fluoranthène (µg/l)	0,0001	0,001	0,3		
Benzo(ghi)pérylène (µg/l)	0,0003	0,003	0,6		
Benzo(k)fluoranthène (µg/l)	0,0003	0,003	0,8		
Chrysène (µg/l)	0,0006	0,006	1,5		
Fluoranthène (µg/l)	0,002	0,024	6		
Fluorène (µg/l)	0,03	0,3	77		
Indéno(1,2,3-cd)pyrène (µg/l)	0,0002	0,0016	0,4		
Naphtalène (µg/l)	0,19	1,9	460		
Phénanthrène (µg/l)	0,011	0,11	27		
Pyrène (µg/l)	0,0024	0,024	6		

Altération Poly-chloro-biphényles

Classe d'aptitude	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Indice d'aptitude	80	60	40	20	
PCB somme (7)* (µg/l)	0,0001	0,001	0,01	2	

* PCB somme (7) = PolyChloroBiphényles, somme des concentrations des congénères 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180 (mesure impérative de ces paramètres pour qualifier l'altération).

Altération Micropolluants organiques - autres

Classe d'aptitude	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Indice d'aptitude	80	60	40	20	
Benzène (µg/l)	0,5	5	50	5000	
C10-C13 chloroalcanes (µg/l)	0,05	0,5	5	14	
Chloroaniline-1,2 (µg/l)	0,001	0,01	0,1	10	
Chloroaniline-1,3 (µg/l)	0,001	0,01	0,1	10	
Chloroaniline-1,4 (µg/l)	0,001	0,01	0,1	10	
Chloroforme (µg/l)	1,2	12	120	18000	
Chloronitrobenzène-1,2 (µg/l)	3	30	300	3000	
Chloronitrobenzène-1,3 (µg/l)	3	30	300	3000	
Chloronitrobenzène-1,4 (µg/l)	3	30	300	3000	
Crésol-méta (µg/l)	10	100	1000	1400	
Crésol-ortho (µg/l)	10	100	1000	1400	
Crésol-para (µg/l)	10	100	1000	1400	
Di(2-éthylhexyl)phtalate DEPH (µg/l)	0,03	0,3	3		
Dibutylétain (chlorure ou oxyde) (µg/l)	0,09	0,9	9	900	
Dichloroaniline-3,4 (µg/l)	0,003	0,03	0,3	9	
Dichlorobenzène-1,2 (µg/l)	2	20	200	740	
Dichlorobenzène-1,3 (µg/l)	2	20	200	740	
Dichlorobenzène-1,4 (µg/l)	2	20	200	740	
Dichloroéthane-1,2 (µg/l)	110	1100	11000	120000	
Dichloroéthylène-1,2 (µg/l)	110	1100	11000	120000	
Dichlorométhane (µg/l)	6,8	68	680	68000	
Dichlorophénol-2,3 (µg/l)	2	20	200	940	
Dichlorophénol-2,4 (µg/l)	2	20	200	940	
Dichlorophénol-2,5 (µg/l)	2	20	200	940	
Dichlorophénol-2,6 (µg/l)	2	20	200	940	
Dichlorophénol-3,4 (µg/l)	2	20	200	940	
Dichlorophénol-3,5 (µg/l)	2	20	200	940	

Altération Micropolluants organiques - autres (suite)

Classe d'aptitude	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Indice d'aptitude	80	60	40	20	
EDTA (µg/l)	4	41	410	41000	
Hexachlorobenzène (µg/l)	0,0007	0,007	0,07	7	
Hexachlorobutadiène (µg/l)	0,01	0,1	1	120	
4-Para-nonylphénol (nonylphénols) (µg/l)	0,0033	0,33	3,3	21	
Para-ter-octylphénol (octylphénols) (µg/l)	0,01	0,1	1	90	
Pentabromodiphényléther (µg/l)	0,02	0,2	2,4		
Pentachlorobenzène (µg/l)	0,1	1	10	100	
Pentachlorophénol (µg/l)	0,01	0,1	1	54	
Tétrachloroéthane-1,1-2,2 (µg/l)	14	140	1400	9300	
Tétrachloroéthylène (µg/l)	5	50	500	5000	
Tétrachlorométhane (µg/l)*	3,5	35	350	35000	
Toluène (µg/l)	10	100	1000	1500	
Tributylétain composés, tributylétain cations (µg/l)	0,00004	0,0004	0,004	0,05	
Tributylétain oxyde (TBTO) (µg/l)	0,0002	0,002	0,02	2	
Trichlorobenzène-1,2,3 (µg/l)	0,3	3	30	350	
Trichlorobenzène-1,2,4 (µg/l)	0,3	3	30	350	
Trichlorobenzène-1,3,5 (µg/l)	0,3	3	30	350	
Trichloroéthane-1,1,1 (µg/l)	13	130	1300	11000	
Trichloroéthylène (µg/l)	1,8	18	180	18000	
Trichlorophénol-2,3,5 (µg/l)	0,05	0,5	4,5	450	
Trichlorophénol-2,3,6 (µg/l)	0,05	0,5	4,5	450	
Trichlorophénol-2,4,5 (µg/l)	0,05	0,5	4,5	450	
Trichlorophénol-2,4,6 (µg/l)	0,05	0,5	4,5	450	
Trichlorophénol-3,4,5 (µg/l)	0,05	0,5	4,5	450	
Triphénylétain acétate (µg/l)	0,002	0,02	0,2	2	
Triphénylétain chlorure (µg/l)	0,002	0,02	0,2	2	
Triphénylétain hydroxyde (µg/l)	0,002	0,02	0,2	2	
Xylène-méta (µg/l)	0,1	1	10	1000	
Xylène-ortho (µg/l)	0,1	1	10	1000	
Xylène-para (µg/l)	0,1	1	10	1000	

*Tétrachlorométhane = tétrachlorure de carbone

3. Classes et indices de qualité

Comme déjà indiqué au paragraphe 1.2, un indice d'évaluation de la qualité a été bâti en s'appuyant sur les deux fonctions jugées importantes : l'usage production d'eau potable et l'état patrimonial.

Pour chacun des paramètres décrivant ces fonctions, il a été établi des courbes indice = f (concentration).

Cet indice varie entre 0 (eau de mauvaise qualité) et 100 (eau de très bonne qualité).

La manière dont est construit cet indice est détaillée dans le paragraphe 3.2.

3.1. LES DIFFERENTES CLASSES DE QUALITE D'UNE EAU

Classe	Indice de qualité	Définition de la classe de qualité
Bleu 	80 à 100	Eau de très bonne qualité.
Vert 	60 à 79	Eau de bonne qualité.
Jaune 	40 à 59	Eau de qualité moyenne
Orange 	20 à 39	Eau de qualité médiocre
Rouge 	0 à 19	Eau de mauvaise qualité

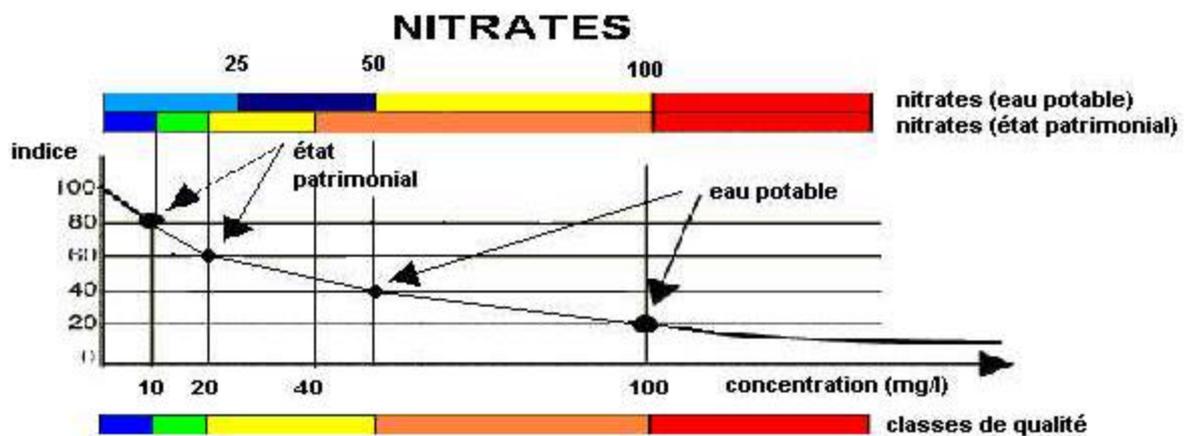
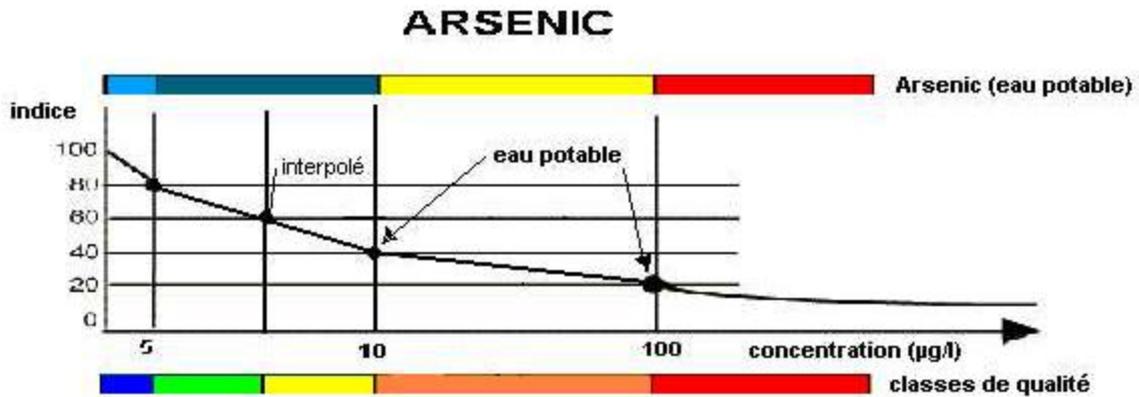
3.2. CONSTRUCTION DES COURBES INDICE - PARAMETRE

3.2.1. Principes généraux

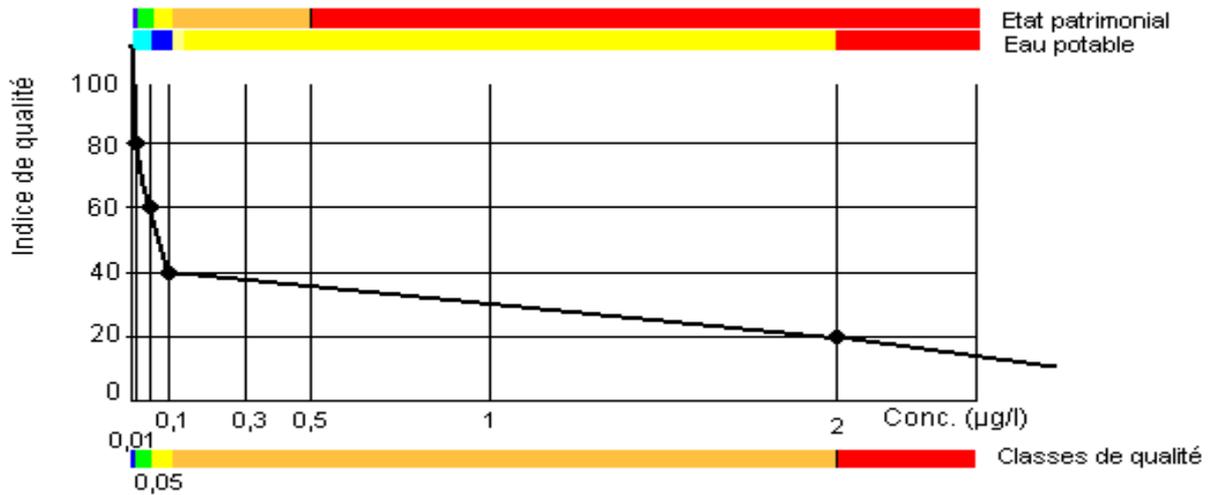
- l'indice 80, limite entre les classes de qualité *bleu* et *vert*, est associé au seuil qui fait quitter la classe *bleu* à *vert* pour l'état patrimonial ou à défaut la classe *bleu clair* à *bleu foncé* pour l'usage production d'eau potable;
- l'indice 60, limite entre les classes de qualité *vert* et *jaune*, est associé au seuil qui fait quitter la classe *vert* à *jaune* pour l'état patrimonial ou à défaut est interpolé à partir des courbes établies indice = f (concentration);
- l'indice 40, limite entre les classes *jaune* et *orange* est associé au seuil qui fait quitter la classe *bleu foncée* à *jaune* pour l'usage production d'eau potable;
- l'indice 20, limite entre les classes de qualité *orange* et *rouge* est lié au passage au *rouge* de l'aptitude à l'usage AEP;

3.2.2. Principes de construction des courbes d'indice Exemples de construction des courbes

Le principe de construction présenté ci-avant est illustré à l'aide des trois exemples ci-dessous, suivant que le paramètre n'intervient uniquement que dans l'usage production d'eau potable (cas de l'arsenic), ou qu'il intervient simultanément dans l'usage production d'eau potable et l'état patrimonial, cas des nitrates ou de l'atrazine.



ATRAZINE



Les modèles :

Pour simplifier les modèles de calcul de l'indice, le choix a été fait de se limiter à des modèles à deux paramètres (désignés par α et β dans la suite).

Quatre types de modèles ont été nécessaires pour répondre aux différents cas de figure rencontrés avec les paramètres physico-chimiques et bactériologiques (avec I pour la valeur de l'indice et C pour la valeur de concentration du paramètre) :

- type 1 : $I = \alpha.C + \beta$ (modèle linéaire pour les intervalles entre deux limites de classes),
- type 2 : $I = \alpha.C^\beta$ (exponentiel croissant si $\beta > 0$, ou exponentiel décroissant si $\beta < 0$, tangent au point suivant ou précédent),
- type 3 : $I = 100 - \alpha.C^\beta$ (exponentiel croissant ou décroissant, tangent au point suivant ou précédent),
- type 4 : $I = \alpha.(P - C)^2 + \beta$ (parabolique, P étant la valeur pôle, c'est à dire la valeur du paramètre pour la valeur extrême de l'indice : maximum ou minimum).

Remarque : afin d'assurer une forme aussi régulière que possible à la courbe, on impose aux modèles exponentiels d'être tangents aux droites (modèles linéaires) des segments précédents ou suivants selon le cas, ce qui permet d'obtenir deux équations à deux inconnues, donc une solution.

Au moyen des courbes indice = $f(\text{concentration})$, on détermine, à partir de la concentration de chaque paramètre, l'indice de qualité correspondant.

La qualité de l'eau pour chaque altération est déterminée par le paramètre le plus déclassant, c'est-à-dire celui présentant l'indice de qualité le plus faible.

3.3 CLASSES DE QUALITE PAR ALTERATION

Les paramètres en **caractères gras**, sauf précision complémentaire indiquée en remarque, sont impératifs pour qualifier l'altération.

Les paramètres en caractères normaux sont optionnels et participent, lorsqu'ils sont mesurés, à la qualification de cette altération.

Le motif indique dans les tableaux ci-après que le paramètre ne décrit pas la (ou les) classe(s) de qualité

Altération Goûts et Odeurs

Paramètres	Unités	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Indice de qualité		80	60	40	20	
Odeur	seuil à 25°C	1	2	3	20	
Saveur	seuil à 25°C	1	2	3	20	

Altération Matières Organiques et oxydables

Paramètres	Unités	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Indice de qualité		80	60	40	20	
Oxydabilité au permanganate (1)	mg/l O2	1	3	5	10	
Carbone organique dissous	mg/l C	3	4.5	6	12	

(1) en milieu acide à chaud

Altération Fer et Manganèse

Paramètres	Unités	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Indice de qualité		80	60	40	20	
Fer	µg/l	50	125	200	10000	
Manganèse	µg/l	20	30	50	1000	

Altération Particules en suspension

Paramètres	Unités	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Indice de qualité		80	60	40	20	
Turbidité	NTU	0.4	1.2	2	3750	
Matières en suspension	mg/l	2	3.5	5	5000	

Altération Coloration

Paramètres	Unités	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Indice de qualité		80	60	40	20	
Couleur	mg/l Pt-Co	1	8	15	200	

Altération Micro-organismes

Paramètres	Unités	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Indice de qualité		80	60	40	20	
Escherichia Coli	N/100 ml	0	10	20	20000	
Entérocoques ou Streptocoques fécaux	N/100 ml	0	10	20	10000	
Coliformes totaux	N/100 ml	0	25	50	50000	

La classe bleu traduit l'absence de micro-organismes par 100 ml d'eau.

Altération Minéralisation et salinité

Paramètres	Unités		Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Indice de qualité			80	60	40	20	
Conductivité (1)	μS/cm à 20°C	min	180	120	60	0	(3)
		max	2500	3000	3500	4000	
Dureté	d°F	min	8	6	4	0	(3)
		max	40	70	90	125	
pH	unité pH	min	6.5	6.2	5.8	5.5	
		max	8.5	8.8	9.2	9.5	
Résidu sec (1)	mg/l à 180 °C	min	140	90	45	0	(3)
		max	2000	2300	2700	3000	
Chlorures (2)	mg/l		25	75	125	200	
Sulfates (2)	mg/l		25	100	175	250	
Calcium	mg/l	min	32	22	12	0	(3)
		max	160	230	300	500	
Fluorures	mg/l		≥0.7 et ≤1.5	<0.7 ou >1.5 et ≤4.5	>4.5 et ≤7 ⁽⁴⁾	>7 et ≤10	>10
Magnésium	mg/l		30	40	50	400	
Potassium	mg/l		10	11	12	70	
Sodium	mg/l		20	80	140	200	
TAC	d°F	min	8	5	3	0	(3)
		max	40	58	75	100	

(1) au moins l'un des deux paramètres doit être pris en compte pour qualifier l'altération

(2) au moins l'un des deux paramètres doit être pris en compte pour qualifier l'altération

(3) le plus mauvais indice de qualité pour ce paramètre et pour les valeurs basses est 20

(4) le plus mauvais indice de qualité pour ce paramètre et pour les valeurs basses est 60

min : lecture des seuils par valeurs décroissantes

max : lecture des seuils par valeurs croissantes

Classes et indices pour l'altération minéralisation et salinité

Pour les paramètres Conductivité, pH, Dureté, Résidu sec, TAC, la règle générale de construction des indices n'est pas adaptée pour la création d'un indice continu. En conséquence les valeurs des seuils intermédiaires ont été interpolées.

Altération Nitrates

Paramètres	Unités	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Indice de qualité		80	60	40	20	
Nitrates	mg/l NO ₃	10	20	50	100	

Altération Matières azotées hors nitrates

Paramètres	Unités	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Indice de qualité		80	60	40	20	
Ammonium	mg/l NH ₄	0.05	0.3	0.5	4	
Nitrites	mg/l NO ₂	0.05	0.07	0.1	0.7	

Altération Micropolluants minéraux

Paramètres	Unités	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Indice de qualité		80	60	40	20	
Arsenic	µg/l	5	7.5	10	100	
Baryum	µg/l	100	300	500	700	
Bore	µg/l	50	350	700	1000	
Cadmium	µg/l	1	2.5	3.5	5	
Chrome total	µg/l	25	30	40	50	
Cuivre	µg/l	100	150	200	4000	
Cyanures	µg/l	5	25	40	50	
Mercure	µg/l	0.5	0.65	0.8	1	
Nickel	µg/l	10	15	20	40	
Plomb	µg/l	5	7.5	10	50	
Sélénium	µg/l	5	6.5	8.5	10	
Zinc	µg/l	100	1700	3400	5000	
Aluminium	µg/l	50	125	200	(1)	
Antimoine	µg/l	2	3.5	5	10	
Argent	µg/l	5	7.5	10	200	

Au moins quatre paramètres de l'altération micropolluants minéraux, parmi ceux mentionnés en caractères gras, devront être choisis pour pouvoir qualifier cette altération. Le choix pourra être effectué en fonction des problématiques locales.

(1) le plus mauvais indice de qualité pour ce paramètre est 20

Altération Pesticides

Paramètres	Unités	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Indice de qualité		80	60	40	20	
Atrazine	µg/l	0.01	0.05	0.1	2	
Atrazine--déséthyl	µg/l	0.01	0.05	0.1	2	
Diuron	µg/l	0.01	0.05	0.1	2	
Isoproturon	µg/l	0.01	0.05	0.1	2	
Lindane	µg/l	0.01	0.05	0.1	2	
Simazine	µg/l	0.01	0.05	0.1	2	
Terbutylazine	µg/l	0.01	0.05	0.1	2	
Aldrine	µg/l	0.001	0.005	0.03	2	
Déséthyl simazine	µg/l	0.01	0.05	0.1	2	
Dieldrine	µg/l	0.001	0.005	0.03	2	
Heptachlore	µg/l	0.001	0.005	0.03	2	
Heptachlore-époxyde	µg/l	0.001	0.005	0.03	2	
Total Parathion (1)	µg/l	0.01	0.05	0.1	2	
Pesticide (autre) par substance identifiée (2)	µg/l	0.01	0.05	0.1	2	
Pesticides (somme) (3)	µg/l	0.01	0.05	0.5	5	

(1) Total Parathion = somme des concentrations en parathion éthyl et parathion méthyl.

(2) A titre de référence : liste des pesticides à rechercher préférentiellement dans les eaux souterraines d'après le protocole pour la mise en place du réseau national de connaissance des eaux souterraines :

Pesticides		Environnement	
		Rural	Urbain
Organochlorés	<i>lindane, métolachlore, métazachlore.</i>	x	
Triazines	<i>atrazine, simazine, déséthylatrazine, déséthylsimazine, terbutylazine.</i>	x	x
Urées substituées	<i>diuron, isoproturon, chlortoluron.</i>	x	x

(3) Pesticides (somme) = somme de tous les pesticides individualisés, détectés et quantifiés.

Altération Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

Paramètres	Unités	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Indice de qualité		80	60	40	20	
HAP somme (4)*	µg/l	0.05	0.07	0.1	1	
Benzo(a)pyrène	µg/l	0.001	0.005	0.01	0.2	

* HAP somme (4) = Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques, somme des concentrations en benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, benzo(ghi)pérylène, indéno(1,2,3-cd)pyrène (mesure impérative de ces paramètres pour qualifier l'altération).

Altération Poly-Chloro-Biphényles

Paramètres	Unités	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Indice de qualité		80	60	40	20	
PCB somme (7)*	µg/l	0.001	0.01	0.5	5	

* PCB somme (7) : = PolyChloroBiphényles, somme des concentrations des congénères 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180 (mesure impérative de ces paramètres pour qualifier l'altération).

Altération Micropolluants organiques (utres)

Paramètres	Unités	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Indice de qualité		80	60	40	20	
Tétrachloréthylène	µg/l	0.1	0.5	10	200	
Trichloréthylène	µg/l	0.1	0.5	10	200	
Total Tétrachloréthylène et Trichloréthylène	µg/l	0.1	0.5	10	200	
Benzène	µg/l	0.5	0.75	1	10	
Chloroforme	µg/l	0.5	2.5	5	10	
Détergents anioniques	µg/l	100	200	350	500	
Dichloroéthane-1,2	µg/l	1	2	3	60	
Hexachloro-benzène	µg/l	0.001	0.005	0.01	0.1	
Tétrachlorure de carbone	µg/l	0.1	0.5	2	20	
Trichloroéthane-1,1,1	µg/l	0.1	0.5	200	500	
Trihalométhanes*	µg/l	0.5	2.5	100	2000	

* Trihalométhanes (THM) = somme des concentrations de chloroforme, bromoforme, dibromochlorométhane et bromodichlorométhane.

Classes et indices pour l'altération micropolluants organiques (autres)

Pour les paramètres benzène, chloroforme et dichloroéthane-1,2, la règle générale de construction des indices n'est pas adaptée pour la création d'un indice continu. En conséquence, les valeurs des seuils intermédiaires ont été interpolées (seuil Vert/Jaune, pour les paramètres benzène et dichloroéthane-1,2 et Jaune/Orange, pour le paramètre chloroforme).

4. Règles de calcul

Ce chapitre détaille les règles de calcul utilisées pour évaluer, à partir des résultats de mesure obtenus à l'occasion d'un prélèvement d'eau, et pour chaque altération, les classes d'aptitude à chaque usage, l'état patrimonial, et les classes et indices de qualité de l'eau. Les calculs sont destinés à évaluer la qualité d'un prélèvement ou d'un ensemble de prélèvements annuels ou interannuels. Les résultats dépendront de la qualité des prélèvements et des analyses qui est de la responsabilité du producteur de données. Il est donc important de souligner que la mise en œuvre et le développement des procédures d'assurance qualité est un préalable indispensable à toute exploitation des résultats, notamment avec l'outil SEQ-Eaux souterraines.

4.1. Classes ou indices d'aptitude, classes et indices de qualité, pour un prélèvement :

- des paramètres impératifs ont été définis pour chaque altération. A défaut de mesure sur l'un des paramètres impératifs, l'altération ne peut être qualifiée, ni pour définir des classes d'aptitude à un usage, ni pour définir des classes ou des indices de qualité ou d'aptitude à la biologie;
- la classe d'aptitude, la classe et l'indice de qualité sont déterminés par le paramètre le plus déclassant, c'est-à-dire celui qui définit la classe d'aptitude ou la classe de qualité la moins bonne, avec l'indice de qualité le plus bas.

4.2. Classes ou indices d'aptitude, classes et indices de qualité, sur une période :

Le SEQ - Eaux souterraines donne la possibilité de calculer, pour chaque altération, une qualité annuelle ou interannuelle.

La classe d'aptitude, la classe et l'indice de qualité sont déterminés par le prélèvement le plus déclassant constaté sur la période considérée.

Pour ne pas pénaliser les utilisateurs disposant de faibles jeux de données, il n'est pas requis ni de nombre, ni de répartition minimum de prélèvements pendant la période pour qualifier chaque altération (classe d'aptitude, classe et indice de qualité).

L'utilisateur de l'outil, devra toutefois s'assurer que la série de prélèvements à traiter, est bien représentative de la situation critique annuelle ou interannuelle et/ou qu'elle répond aux objectifs poursuivis par le diagnostic.

Pour agréger des données sur une période, une année par exemple, deux approches étaient possibles :

- l'approche par jeux de données, en rassemblant, pour chaque paramètre, les valeurs mesurées pendant la période, et en sélectionnant ensuite les valeurs représentatives de la période,
- l'approche par prélèvement, en considérant que le prélèvement est l'unité statistique de base et en sélectionnant celui qui est représentatif de la période.

L'approche par prélèvement a été retenue car elle conserve la cohérence du prélèvement d'eau dans lequel ont été effectuées les différentes analyses. Elle est ainsi mieux à même de traduire la qualité ou l'aptitude de l'eau par altération.

Cette approche permet :

- le respect de la cohérence physico-chimique des résultats d'un prélèvement,
- la simplicité du système d'agrégation,
- la comparabilité des résultats de différents utilisateurs ayant par exemple effectué chacun des prélèvements pendant la même période.

Remarque : traitement des résultats de mesure inférieurs au seuil de détection ou de quantification du laboratoire

Parmi les résultats de mesure, certains sont exprimés comme étant inférieurs au seuil de détection ou de quantification du laboratoire, ou supérieur à un seuil de saturation.

Ces résultats ne sont pas utilisés pour les calculs d'indices d'aptitude ou de qualité (résultats par altération).

Ils sont cependant utilisés pour :

- qualifier un prélèvement,
- évaluer une qualité ou une aptitude annuelle ou inter-annuelle (règle du nombre minimum et de la répartition minimale de prélèvements pendant la période),
- calculer les classes d'aptitude et de qualité dans les conditions restrictives suivantes :
 - si le seuil est dans la classe bleue ou verte, ces classes sont retenues pour l'aptitude ou la qualité,
 - si le seuil est dans les autres classes (jaune, orange ou rouge), aucun classement d'aptitude ou de qualité n'est effectué.

En cas de paramètre calculé (somme de plusieurs paramètres) :

- si l'un des paramètres constitutifs a une valeur définie, les autres ayant une valeur inférieure à un seuil, le paramètre calculé ne tient compte que de la valeur du premier paramètre constitutif,
- si tous les paramètres constitutifs mesurés ont des valeurs inférieures à un seuil, le paramètre calculé n'est pas utilisé pour le calcul des classes ou indices d'aptitude ou de qualité.

5. Conclusions

Le SEQ Eaux souterraines a été conçu pour répondre aux besoins des différents acteurs de l'eau : gestionnaires, administrations, techniciens, usagers ou élus.

Il permet de définir l'aptitude d'une eau à satisfaire différents usages et donne une indication sur son état d'altération (écart par rapport à un état naturel). Il offre également une description de la qualité de l'eau par classes de qualité pour permettre de constituer des indicateurs de suivi d'action mais aussi permettre à des personnes non averties d'obtenir une information simple et globale sur la qualité.

L'outil a été construit en cohérence avec les réglementations européennes et françaises. Il est donc destiné à évoluer en fonction de ces réglementations. Il est également cohérent avec le SEQ cours d'eau. Toutefois, certaines petites différences existent qui tiennent compte de la spécificité des eaux souterraines par rapport aux eaux de surface en matière d'usage et de leur comportement vis à vis des pollutions.

L'architecture modulaire du SEQ en fait un outil adaptable et évolutif. De nouveaux usages, ainsi que de nouveaux paramètres, peuvent être ajoutés à tout moment.

Annexe

Justification des seuils retenus

1 - USAGE PRODUCTION D'EAU POTABLE

Les critères choisis, pour les différents seuils, sont résumés dans le tableau ci-dessous :

COULEUR D'IDENTIFICATION DE L'ETAT	CRITERES
Bleu clair	1) valeur guide de la réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine (décret n° 89-3 du 3 janvier 1989, modifié le 10 avril 1990 et le 7 mars 1991 et décret n° 2001-1220 du 20 décembre 2001), <i>ou en l'absence</i> 2) valeur guide de la directive CEE 80/778 du 15 juillet 1980 sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine, <i>ou en l'absence</i> 3) valeur guide de la directive CEE 75/740 du 16 juin 1975 sur la qualité requise des eaux superficielles pour la production d'eau alimentaire, <i>ou en l'absence</i> 4) valeur indiquée dans la directive OMS sur les eaux de boisson (1994) <i>ou en l'absence</i> 5) avis d'expert s'appuyant si nécessaire sur la distribution des valeurs contenues dans l'Observatoire national de la qualité des eaux souterraines.
Bleu foncé	6) valeur mentionnée dans la directive européenne 98/83 sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine. – 7) concentration maximale admissible (CMA) de la réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine (décret n° 2001-1220 du 20 décembre 2001), <i>ou en l'absence</i> 8) CMA de la directive CEE 80/778 <i>ou en l'absence</i> 9) valeur indiquée dans la directive OMS sur les eaux de boisson (1994) <i>ou en l'absence</i> 10) avis d'expert
Jaune	11) valeur impérative correspondant au niveau A3 défini dans la réglementation française ou limite de qualité des eaux brutes utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine <i>ou en l'absence</i> 12) valeur impérative correspondant au niveau A3 défini dans la directive CEE 75/440 <i>ou en l'absence</i> 13) valeur d'expert, basée notamment sur les performances des traitements correctifs
Rouge	Eau inapte à la production d'eau potable

Altération Goûts et Odeurs

(seuils exprimés par facteurs de dilution à 25°C)

- 1 = seuil minimum de détection des paramètres odeur et saveur.
- 3 = Taux de dilution maximum accepté à 25°C dans la réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine.
- 20 = avis d'expert fondé sur la valeur guide indiquée dans la réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine pour les eaux potabilisables de catégorie A3.

Altération Matières organiques oxydables

Oxydabilité au $KMnO_4$

- 1 = valeur d'expert basée sur l'histogramme de répartition des valeurs issu du traitement des données de l'Observatoire national de la qualité des eaux souterraines.
- 5 = CMA de la réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine.
- 10 = CMA eau brute (cf. SEQ cours d'eau)

Carbone organique dissous

- Absence de normes réglementaires concernant ce paramètre. Tous les seuils mentionnés constituent des valeurs dites d'expert " établies à partir de corrélation avec l'oxydabilité et étude des distributions de valeurs.

Altération Fer et Manganèse

Fer total

- 50 = valeur d'expert reposant notamment sur l'étude des valeurs contenues dans l'Observatoire national de la qualité des eaux souterraines.
- 200 = CMA de la réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine.
- 10000 = valeur d'expert reposant notamment sur l'étude des valeurs contenues dans l'Observatoire national de la qualité des eaux souterraines et les possibilités en matière de traitement de déferrisation selon les procédés usuellement employés.

Manganèse

- 20 = valeur d'expert reposant notamment sur l'étude des valeurs contenues dans l'Observatoire national de la qualité des eaux souterraines.
- 50 = CMA de la réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine.
- 1000 = valeur d'expert reposant notamment sur l'étude des valeurs contenues dans l'Observatoire national de la qualité des eaux souterraines.

Altération Particules en suspension

Turbidité

- 0.4 = valeur guide de la directive CEE 80/778 du 15 juillet 1980 sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.
- 2 = CMA de la réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine.
- 3750 = d'après informations communiquées par les traiteurs d'eau pour la potabilisation (cf. SEQ cours d'eau).

Remarque :

Le nouveau décret français n° 2001-1220 mentionne :

- 1 NFU comme limite de qualité,
- 0,5 NFU, comme référence de qualité au point de mise en distribution, pour les eaux souterraines provenant de milieux fissurés avec une turbidité périodique importante dépassant 2 NFU (une disposition intermédiaire à 2, est prévue jusqu'au 25/12/08, pour les petites unités de distribution fournissant un débit inférieur à 1000 m³/j ou desservant une population inférieure à 5000 habitants)
- 2 NFU, comme référence de qualité au robinet du consommateur

Matière en suspension

- 2 = limite de mesure indiquée dans la norme AFNOR pour la détermination des MES.
- 5 = d'après étude des valeurs contenues dans l'Observatoire national de la qualité des eaux souterraines.
- 5000 = d'après informations communiquées par les traiteurs d'eau pour la potabilisation (cf. SEQ cours d'eau).

Altération Coloration

- 1 = valeur d'expert reposant notamment sur l'étude des valeurs contenues dans l'Observatoire national de la qualité des eaux souterraines.
- 15 = CMA de la réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine.
- 200 = valeur impérative correspondant au niveau A3 défini dans la réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine.

Altération Micro-organismes

- 0 = CMA de la réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine.
- 20 ou 50 = valeur guide correspondant au niveau A1 défini dans la réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine.
- 20000, 50000 ou 10000 = valeur guide correspondant au niveau A3 défini dans la réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine.

Altération Minéralisation et salinité

Remarque :

Pour le calcium, le magnésium, le sodium, le potassium, le TAC, un traitement par nanofiltration permet d'éliminer 30% à 50% des cations, les autres traitements par osmose inverse permettent d'éliminer jusqu'à 80% des cations.

On tolère donc des chiffres très élevés pour ces paramètres car on fait l'hypothèse de l'utilisation de l'osmose inverse. En fait, cette technique n'est pas employée en France pour des raisons de coûts et de proximité d'autres ressources.

Conductivité

- 180 = avis d'expert limite en dessous de laquelle il est nécessaire de reminéraliser
- 2500 = seuil mentionné dans la directive "eau potable" CEE 98/83
- les autres seuils ont été établis " à dire d'expert ", à partir de l'étude de la distribution des la distribution valeurs contenues dans l'Observatoire national de la qualité des eaux souterraines et des contraintes en terme de traitements correctifs, à appliquer pour pallier les nuisances vis à vis des infrastructures de pompage et de distribution (ex : traitement de reminéralisation pour les eaux faiblement minéralisées).

Résidu sec

- Les valeurs seuils sont déduites de celles de la conductivité en leur appliquant un facteur multiplicatif de l'ordre de 0.75 - 0.8. Ce facteur multiplicatif traduit de manière approximative la relation entre ces deux paramètres.

pH

- 6.5-8.5 = valeur guide correspondant au niveau A1 défini dans la réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine.
- 9 = CMA de la réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine.
- 5.5 et 9 = valeur guide correspondant au niveau A2 ou A3 défini dans la réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine.
- 9.5 = valeur d'expert reposant sur l'étude des valeurs contenues dans l'Observatoire national de la qualité des eaux souterraines.

Chlorures

- 25 = valeur guide de la directive CEE 80/778 du 15 juillet 1980 sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine,
- 200 = CMA sur les eaux brutes fixé par la réglementation française (décret n° 2001-1220) 250 CMA sur les eaux distribuées (directive " eau potable " 98/83 de la CEE et décret n° 2001/1220)

Sulfates

- 25 = valeur guide de la directive CEE 80/778 du 15 juillet 1980 sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.
- 250 = CMA de la réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine.

Dureté

Tous les seuils proposés ont été établis " à dire d'expert " en fonction des nécessités de traiter les eaux - reminéralisation ou déminéralisation des eaux.

Calcium

- les seuils proposés ont été établis " à dire d'expert " sur la base d'une étude sur la répartition des teneurs dans les eaux souterraines et sur les performances techniques des traitements usuels de potabilisation de l'eau pour cet élément. Ces valeurs ont été également choisies en cohérence avec les seuils de dureté et TAC.

Fluorures

- 0.7 = CMA de la réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine (décret français 89-3), la valeur de 0,7 mg/l est la concentration maximale autorisée dans l'eau pour une température moyenne située entre 25 et 30 °de l'aire géographique considérée
- 1.5 = CMA de la réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine (décret français 89-3), la valeur de 1,5 mg/l est la concentration maximale autorisée dans l'eau pour une température moyenne pour une température moyenne comprise entre 8 et 12°C
- 10 = valeur d'expert basé sur les performances techniques des traitements usuels de potabilisation de l'eau pour ce produit.

Le décret précise que pour les températures moyennes comprises entre entre 12 et 25°C la teneur limite en fluor est calculée par interpolation linéaire (plus la température ambiante est élevée, plus la consommation de l'eau de boisson augmente et plus il y a risque d'apports complémentaires en fluorure trop élevés)

Le choix de retenir le seuil de 0.7 comme seuil déclassant pour les eaux en contenant moins, s'est basé sur le fait qu'un apport de fluor via l'eau de boisson pouvait être considéré comme bénéfique pour la prévention de la carie dentaire (dans la littérature les apports complémentaires via l'eau de boisson sont considérés comme efficace à partir de 0.5 mg/l)

La nouvelle réglementation européenne (directive 98/83) et par voie de conséquence le dernier décret français 2001/1220 ne mentionnent plus que le seuil de 1.5 qui s'appuie sur la valeur guide établie par l'OMS.

Magnésium

- 30 = valeur guide de la directive CEE 80/778 du 15 juillet 1980 sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.
- 50 = CMA de la réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine.

Potassium

- 10 = valeur guide de la directive CEE 80/778 du 15 juillet 1980 sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.
- 12 = CMA de la réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine
- 70 = seuil basé sur les performances techniques des traitements usuels de potabilisation de l'eau pour ce produit.

Sodium

- 20 = valeur guide de la directive CEE 80/778 du 15 juillet 1980 sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.
- 200 = valeur mentionnée dans la directive " eau potable " 98/83 de la CEE et CMA sur les brutes destinées à la production d'eau potable (décret 2001-1220)

TAC

Tous les seuils proposés ont été établis " à dire d'expert " en fonction des nécessités de traiter les eaux - reminéralisation ou déminéralisation des eaux.

Altération Nitrates

- 25 = valeur guide de la directive CEE 80/778 du 15 juillet 1980 sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.
- 50 = CMA de la réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine.
- 100 = réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine : CMA pour la potabilisation des eaux brutes en eau souterraine.

Altération Matières azotées

Ammonium

- 0.05 = valeur guide de la directive CEE 80/778 du 15 juillet 1980 sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.
- 0.5 = CMA de la réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine.
- 4 = valeur impérative correspondant au niveau A3 défini dans la réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine.

Nitrites

- 0.05 = valeur d'expert reposant notamment sur l'étude des valeurs contenues dans l'Observatoire national de la qualité des eaux souterraines.
- 0.1 = CMA de la réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine.
- 0.7 = valeur d'expert reposant notamment sur l'étude des valeurs contenues dans l'Observatoire national de la qualité des eaux souterraines.

Altération Micropolluants minéraux

Arsenic

- 5 = valeur d'expert.
- 10 = valeur mentionnée dans la directive " eau potable " 98/83 de la CEE.
- 100 = valeur impérative correspondant au niveau A3 défini dans la réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine.

Bore

- 50 = valeur d'expert déduite de l'étude des teneurs communément rencontrées dans les eaux souterraines
- 1000 = CMA de la directive " eau potable " 98/83 de la CEE, aucune technique disponible à ce jour pour éliminer cet élément.

Baryum :

- 100 = valeur d'expert basée sur l'étude des concentrations naturelles dans les eaux souterraines de France (BRGM, 2002)700 : CMA eaux distribuées (*Directive CEE 98/83 et décret français 2001-1220*
- *le décret français 2001-1220 fixe une CMA sur les eaux brutes à 1 mg/l mais uniquement pour les eaux d'origine superficielle, ce paramètre étant très difficilement éliminable recommandation des experts du traitement de l'eau de retenir aussi ce seuil de 700 µg/l comme limite de passage au rouge*

Cadmium

- 1 = valeur guide correspondant au niveau A1 de la réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine.
- 5 = CMA de la réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine et valeur impérative correspondant au niveau A3.

Chrome total

- 25 = valeur d'expert.
- 50 = CMA de la réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine et valeur impérative correspondant au niveau A3.

Cuivre

- 100 = valeur d'expert déduite de l'étude des teneurs communément rencontrées dans les eaux souterraines
- 200 = valeur guide correspondant au niveau A1 de la réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine,
- 4000 = seuil calé sur un rendement de 95 % du traitement

La norme de 2000 µg/l mentionnée dans la directive " eau potable " 98/83 de la CEE s'applique au robinet du consommateur. Il est donc nécessaire de prendre en compte les possibilité de corrosion des canalisation des immeubles, les concentrations limite des eaux traitées doivent donc être sensiblement plus basse que cette valeur.

Cyanures

- 25 = valeur d'expert.
- 50 = valeur mentionnée dans la directive CEE 98/83 et CMA sur les brutes destinées à la production d'eau potable (décret français n° 2001-1220)
-

Mercur

- 0.5 = valeur guide correspondant au niveau A1 de la réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine.
- 1 = CMA de la réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine et valeur impérative correspondant au niveau A3.

Nickel

- 10 = valeur d'expert.
- 20 = valeur mentionnée dans la directive " eau potable " 98/83 de la CEE.
- 40 = valeur d'expert basée sur les performances techniques des traitements usuels de potabilisation de l'eau pour ce produit. Le traitement spécial adapté à une concentration supérieure à 40µg/l est une coagulation basique.

Plomb

- 5 = valeur d'expert.
- 10 = valeur mentionnée dans la directive " eau potable " 98/83 de la CEE.
- 50 = valeur impérative correspondant au niveau A3 de la réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine.

Sélénium

- 5 = valeur d'expert.
- 10 = CMA de la réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine.

Zinc

- 100 = valeur guide de la directive CEE 80/778 du 15 juillet 1980 sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.
- 5000 = CMA de la réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine.

Aluminium

- 50 = valeur guide de la directive CEE 80/778 du 15 juillet 1980 sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.
- 200 = CMA de la réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine identique au seuil mentionné dans la directive 98/83 de la CEE

Argent

- 5 = valeur d'expert.
- 10 = CMA de la réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine.
- 200 = valeur d'expert basée sur les performances techniques des traitements usuels de potabilisation de l'eau pour ce produit.

Antimoine

- 2 = valeur d'expert
- 5 = valeur mentionnée dans la directive " eau potable " 98/83 de la CEE.

Altération Pesticides

- 0.05 ou 0.01 = valeur prenant en compte les seuils analytiques de détection des substances.
- 0.5 ou 0.1 ou 0.03 = CMA de la réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine ou valeur paramétrique de la directive " eau potable " 98/83 de la CEE.
-
- 2 et 5 = CMA eau brute retenue dans le décret français n°2001/1220 (2 : seuil par substance individualisée, 5: seuil pour la somme de tous les pesticides individualisés et quantifiés)

Altération Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

HAP somme (4) = somme des concentrations en benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, benzo(ghi)pérylène, indéno(1,2,3-cd)pyrène

- 0.05 = valeur d'expert basée sur l'histogramme de répartition des valeurs issu du traitement des données de l'Observatoire national de la qualité des eaux souterraines.
- 0.1 = valeur mentionnée dans la directive " eau potable " 98/83 de la CEE.
- 1 = valeur d'expert basée sur les performances techniques des traitements usuels de potabilisation de l'eau pour ces produits.

Altération PolyChloroBiphényles

PCB somme (7) = somme des concentrations des congénères 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180 (mesure impérative de ces paramètres pour qualifier l'altération).

- 0.2 = valeur d'expert
- 0.5 = cohérence avec le SEQ cours d'eau.
- 5 = cohérence avec le SEQ cours d'eau.

Altération Micropolluants organiques (autres)

Trichloroéthane-1,1,1

- 100 = valeur d'expert basée sur l'histogramme de répartition des valeurs issu du traitement des données de l'Observatoire national de la qualité des eaux souterraines.
- 200 = valeur d'expert (cohérence avec le SEQ cours d'eau)
- 500 = valeur d'expert basée sur les performances techniques des traitements usuels de potabilisation de l'eau pour ces produits.

Chloroforme

- 5 = valeur d'expert basée sur l'histogramme de répartition des valeurs issu du traitement des données de l'Observatoire national de la qualité des eaux souterraines.
- 10 = valeur tenant compte du risque de production de trihalométhane (THM) dont la directive 98/83 de la CEE fixe le seuil à 100 µg/l.
- pour mémoire valeur guide OMS : 30 µg/l

Tétrachloroéthylène

- 5 = valeur d'expert basée sur l'histogramme de répartition des valeurs issu du traitement des données de l'Observatoire national de la qualité des eaux souterraines.
- 10 = valeur basée sur la directive " eau potable " 98/83 de la CEE (en fait 10 µg/l = somme du tétrachloroéthylène et trichloroéthylène).
- 200 = valeur d'expert basée sur les performances techniques des traitements usuels de potabilisation de l'eau pour ces produits.

Tétrachlorure de carbone

- 1 = valeur d'expert basée sur l'histogramme de répartition des valeurs issu du traitement des données de l'Observatoire national de la qualité des eaux souterraines.
- 2 = valeur guide OMS
- 20 = valeur d'expert basée sur les performances techniques des traitements usuels de potabilisation de l'eau pour ces produits.

Trichloréthylène

- 5 = valeur d'expert basée sur l'histogramme de répartition des valeurs issu du traitement des données de l'Observatoire national de la qualité des eaux souterraines.
- 10 = valeur basée sur la directive " eau potable " 98/83 de la CEE (en fait 10 µg/l = somme du tétrachloréthylène et trichloréthylène).
- 200 = valeur d'expert basée sur les performances techniques des traitements usuels de potabilisation de l'eau pour ces produits.

Dichloroéthane-1,2

- 1 = valeur d'expert basée sur l'histogramme de répartition des valeurs issu du traitement des données de l'Observatoire national de la qualité des eaux souterraines.
- 3 = valeur mentionnée dans la directive " eau potable " 98/83 de la CEE.
- 60 = valeur d'expert basée sur les performances techniques des traitements usuels de potabilisation de l'eau pour ces produits.

Benzène

- 0.5 = valeur d'expert basée sur l'histogramme de répartition des valeurs issu du traitement des données de l'Observatoire national de la qualité des eaux souterraines.
- 1 = valeur basée sur la directive " eau potable " 98/83 de la CEE.
- 10 = valeur d'expert basée sur les performances techniques des traitements usuels de potabilisation de l'eau pour ces produits.

Benzo(a) pyrène

- 0.01 = valeur mentionnée dans la directive " eau potable " 98/83 de la CEE.
- 0.2 = valeur d'expert basée sur les performances techniques des traitements usuels de potabilisation de l'eau pour ces produits.

Détergents anioniques

- 100 = valeur d'expert basée sur l'histogramme de répartition des valeurs issu du traitement des données de l'Observatoire national de la qualité des eaux souterraines.
- 200 = CMA de la réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine.
- 500 = valeur guide niveau A3 pour la potabilisation des eaux (réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine).

Hexachlorobenzène

- 0.005 = valeur d'expert basée sur l'histogramme de répartition des valeurs issu du traitement des données de l'Observatoire national de la qualité des eaux souterraines.
- 0.01 = CMA de la réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine. Le HCB est considéré parfois comme pesticides.
- 0.1 = valeur d'expert basée sur les performances techniques des traitements usuels de potabilisation de l'eau pour ces produits.

Hydrocarbures dissous

- 5 = valeur d'expert basée sur l'histogramme de répartition des valeurs issu du traitement des données de l'Observatoire national de la qualité des eaux souterraines.
- 10 = CMA de la réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine.
- 1000 = valeur impérative niveau A3 pour la potabilisation des eaux (réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine).

Indice phénol

- 0.25 = valeur d'expert basée sur l'histogramme de répartition des valeurs issu du traitement des données de l'Observatoire national de la qualité des eaux souterraines.
- 0.5 = CMA de la réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine.
- 100 = valeur impérative niveau A3 pour la potabilisation des eaux (réglementation française sur les eaux destinées à la consommation humaine).

Total Trichloréthylène et Tétrachloréthylène

- les seuils utilisés sont identiques à ceux du Trichloréthylène et du Tétrachloréthylène.

Trihalométhanes

- 50 = valeur d'expert
- 100 = valeur paramétrique de la directive " eau potable " 98/83 de la CCE
- 2000 = valeur d'expert basée sur les performances techniques des traitements usuels de potabilisation de l'eau pour ces produits.

Remarques complémentaires :

Phosphore :

Le paramètre phosphore qui apparaît dans la législation sur l'eau potable n'a pas été pris en compte dans le SEQ-Eaux souterraines car il n'est pas considéré comme problématique par le traiteur d'eau.

Pour information, les références sont les suivantes (en mg/l de P₂O₅) :

Directive CEE 80/778 du 15/07/1980:

- valeur guide : 0,4
- concentration maximale admissible : 5

Cette même CMA de 5 mg/l exprimé en P₂O₅ est reprise dans le décret français du 03/01/1989.

Radioactivité :

La radioactivité en tant qu'altération n'a pas été considérée à ce stade de l'étude . Toutefois, compte-tenu des recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) , et de l'évolution de la réglementation sur le sujet (Directive européenne 98/83 et décret français 2001/1220), il est envisagé d'introduire à terme cette altération.

2 - USAGE INDUSTRIE ET ENERGIE

L'ensemble des valeurs seuils proposées provient d'avis d'experts basés sur la thermodynamique des équilibres électrochimiques et/ou la bibliographie citée ci-après et jugée comme faisant référence en ce domaine.

Altération Corrosion

CO₂

- Seuils à 50 – 120 et 200 mg/l = valeurs d'expert déduites des équations de solubilisation du CO₂ et de l'influence de la quantité de CO₂ en solution sur le pH du milieu (à 15°C) Source IFP.

Oxygène dissous

L'oxygène est activant ou passivant de la corrosion selon qu'il confère au métal une tension supérieure ou inférieure à la tension de passivation (Théorie de Wagner et Traud).

Ainsi l'absence d'oxygène ou au contraire sa présence à forte concentration (> 8 mg/l) immunise ou passive respectivement la corrosion.

- Seuil à 0,1 mg/l = quantité d'oxygène en solution à partir de laquelle, le métal passe du domaine de l'immunité au domaine de corrosion possible.
- Seuil à 4 mg/l et jusqu'à 8 mg/l = valeur d'expert : valeur favorable au phénomène de corrosion en milieu oxydant.
- Seuil à 8 mg/l (à pH neutre) = valeur à partir de laquelle, le courant de réduction de l'oxygène passive le métal, la corrosion devenant pratiquement nulle

Salinité

- Valeurs déduites de la courbe théorique de corrosivité des eaux en fonction de la salinité (courbe jointe) – Origine CEA – Notice de la Sonde de corrosion "corroprobe".

Conductivité

- Seuil redondant avec la salinité. Les valeurs indiquées dans le SEQ sont cohérentes avec les seuils de salinité.

pH

Ces seuils sont définis à partir des diagrammes de Pourbaix.

- Seuil à 9,8 = limite théorique de la corrosion si l'on se réfère aux équations qui décrivent la solubilité du fer [Fe⁺⁺] en solution aqueuse.
- Entre 7 et 6 = Domaine où les trois états (corrosion – passivation – immunité) peuvent apparaître en fonction du potentiel d'oxydoréduction (diagramme de Pourbaix). La corrosion y sera en tout état de cause modérée.

Chlorures

Nota : Un premier seuil à 50 mg/l entre bleu et vert aurait pu être ajouté = seuil à partir duquel l'ion chlorure déstabilise le film protecteur d'oxyde de fer à la surface du métal (Pourbaix 1975).

- Seuil à 150 mg/l = seuil d'apparition de passivité imparfaite
- Seuil à 400 mg/l = concentration au-dessus de laquelle l'acier peut être soumis à une corrosion généralisée et un piquage (selon le pH)
- Seuil à 1000 mg/l = coexistence des différentes formes de corrosion (généralisée + piquage)

Bactéries sulfato-réductrices

- seuil à 10 = valeur statistique fondée sur le fait qu'à partir de 10 bactéries sulfato-réductrices/ml, on considère qu'en l'absence de mesure appropriée pour lutter contre leur prolifération, elles colonisent rapidement le milieu et engendrent des désordres.
- seuil à 100 = valeur statistique à partir de laquelle, les bactéries engendrent de la corrosion directement par création d'un milieu localement fortement acide et indirectement par production de sulfures d'hydrogène lui-même corrosif vis-à-vis de l'acier au carbone.

HS-

- Seuil à 0,1 mg/l = valeur d'expert déduite en particulier de l'expérience en milieu géothermal
- Seuil à 8 mg/l = idem
- Seuil à 50 mg/l = idem

Potentiel d'oxydo-réduction - Eh

Les seuils sont déduits des domaines d'existence des ions et des précipités pour le fer selon Hem (1961) modifiés par Pourbaix (1975) .

- seuils à -0,6 V et à 0 V : valeurs déduites, à pH neutre, du diagramme des domaines de corrosion, immunité et passivation du fer à 25°C – M. Pourbaix – Leçons en corrosion électrochimique (1975) – Ces diagrammes découlent de l'exploitation des réactions de NERNST.
- seuils à -0,4 et -0,5 V : valeurs expérimentales données par le même auteur et liées à la solubilité du fer en milieu aqueux.

Sulfates

Des eaux riches en sulfates contribuent à la corrosion par accroissement de salinité, participation au cycle des bactéries sulfato-réductrices et une agressivité particulière vis à vis des bétons

Les seuils indiqués (250-500-1500) sont des valeurs d'expert.

Altération Formation de dépôts

pH

- **Seuil à 5** = pH en dessous duquel, quel que soit le potentiel d'oxydoréduction, le risque de dépôts d'hydroxydes de fer est néant (selon diagramme Eh – pH de HEM, 1961)

Eh

Les seuils sont déduits des domaines d'existence des ions et des précipités pour le fer selon HEM (1961) modifiés par Pourbaix (1975)

- **pH \leq 3,5** : pas de risque

Remarque : le seuil à 1.5 paraît peu justifié, de plus il est peu probable dans les eaux naturelles souterraines

- **3,5 < pH \leq 9,6** :

seuil à $-0.166 \text{ pH} + 1.33$ = Equation de la droite qui régit l'équilibre entre Fe^{++} en solution aqueuse et la forme précipitée $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Pour des concentrations en fer voisines de quelques mg/l.

Pour une concentration en Fe^{++} en solution voisine de 0,5 mg/l (classique dans une eau souterraine), l'équation est plutôt $Eh = - 0.168 \text{ pH} + 1.46$

- **pH > 9,6**

risque de dépôt de $\text{Fe}(\text{OH})_2$ si Eh compris entre -0.25 V et -0.75V

O₂ dissous (pour les hydroxydes de fer)

- **Seuil à 0,1 mg/l** = valeur d'expert - le risque de dépôts d'hydroxydes de fer apparaît dès lors que des traces d'oxygène sont présentes dans le milieu
- **Seuil à 5, 5 mg/l** = valeur d'expert = concentration à partir de laquelle le risque de dépôts d'hydroxydes de fer est omniprésent (quelle que soit la concentration en fer dissous et le pH)

Ferrobactéries

Pas de seuil spécifique, leur présence suffit à générer un risque de dépôt

Is :

Valeurs d'expert déduites des réactions régissant les équilibres calco-carboniques et le calcul de *Is* selon Langelier.

Altération Température – usage climatisation

- **Seuil à 8°C** = Température minimum des eaux souterraines exploitables et seuil de faisabilité technique (problèmes importants de condensation dans les installations si $T < 8^{\circ}\text{C}$)
- **Seuil à 12°C** = Température idéale quant au bilan énergétique.
- **Seuil à 15°C** = Température moyenne (variable selon les régions) à partir de laquelle la puissance fournie n'est plus économiquement rentable (température de retour et température de production trop voisines)

Altération Température – usage pompe à chaleur

- **Seuil à 8°C** = idem ci dessus
- **Seuil à 15°C** = seuil en dessous duquel l'élévation de température n'est plus économiquement rentable pour cet usage (en moyenne en France).
- **Seuil à 60°C** = limite haute de température fixée par l'ADEME pour cet usage. Au-delà, des valorisations plus nobles doivent être envisagées (production d'eau chaude sanitaire, chauffage collectif, ...)

Bibliographie consultée

- Cours de l'ENSPM (Ecole Nationale Supérieure du Pétrole et des Moteurs) - Formation industrie. 1985
- Aperçu de la corrosion par le CO_2 (Y. Lefebvre).
- Généralités (M. Roquelaure).
- Fontana M.G. - Corrosion Engineering, Third Edition, International Student Edition 1986.
- Gatellier C. - Les mécanismes de l'attaque microbienne des métaux (dans dégradation microbienne des matériaux, publication A.I.A.C., éditions Technip, Paris, 1974).
- Pourbaix M. - Leçons en corrosion électrochimique - CEBELCOR, Bruxelles 1975.
- De Waard C., Milliams D.E. - Carbonic acid corrosion of steel (Corrosion 31, vol. 1, 1975, n°5, p 177).
- Lefebvre B. *et al.* - Behaviour of carbon steel and chromium steel in CO_2 environments. (Corrosion 84, paper n° 290).
- Bonis M.R., Crolet J.L. - La véritable nature de la corrosion par le CO_2 des aciers. (Matériaux et techniques - Février Mars 1985).
- Mémento technique de l'eau - Degrémont, tomes 1 et 2, neuvième édition, 1989.
- AFME - La géothermie : Une énergie Nationale directement utilisable - 1983.

- CIAT - Cahier technique - La corrosion dans les circuits de chauffage et les échangeurs thermiques. Supplément scientifique : La corrosion du fer et de ses alliages par l'eau - M.F. GUIGUES, Ingénieur Conseil.
- EDF - L'eau source de chaleur - Dossier technique Perche C et Perche T.
- Goyeneche O., Ouzounian G. - Sensibilisation aux problèmes d'exploitation des eaux de basse et moyenne température pour leur valeur énergétique ou thermique. 1985 (Document CFG émis à l'occasion des stages de sensibilisation des hydrogéologues à l'hydrochimie.).
- Amalhay M., Ignatiadis I. sous la direction de BRAY Ph. - Etude de la corrosion en milieu géothermal : historique, état actuel et perspectives. Document I.M.R.G., novembre 1992.
- La lutte contre la corrosion et l'usure - les dépôts chimiques en phase gazeuse : Recueil de travaux des sessions de perfectionnement - INSA Lyon N° 8 1970. Masson et Cie Editeurs.
- Corrosion et inhibition des puits et collectes - Editions Technip - 1981.
- Corrosion et protection des métaux - Ecole d'été du C.N.R.S. - Centre régional de publications de Toulouse - Editions du C.N.R.S. 1982.
- Bourguet L., Gatellier C. - Colmatage des forages, causes et remèdes - BURGEAP 1984.
- Ouzounian G., Gauthier B. - Les dépôts de fer dans les forages d'eau pour pompe à chaleur - L'eau, l'industrie, les nuisances- n° 125 1989.
- Verjus Ph. - Etude hydrogéologique et hydrochimique de la dynamique du fer et du manganèse dans les eaux souterraines - Thèse de l'Université de Besançon 1984.
- Sonde Corroprobe (Brevet CEA-CFG) - Une nouvelle sonde pour la mesure de la corrosivité en milieu industriel- Notice technique.
- Ellis P.F. - A Geothermal corrosivity classification system. Geothermal Ressources Council, TRANSACTION, vol. 5, Octobre 1981.

3 - USAGE ABREUVAGE DES ANIMAUX ET IRRIGATION

Les valeurs de ces seuils sont tirées des « Recommandations pour la qualité des eaux au Canada », publiées par le Conseil canadien des ministres des ressources et de l'environnement, chapitre 4, applications agricoles, 1992 puis 1999.

Pour les différentes classes d'aptitude à ces usages, les altérations et les paramètres décrivant celles-ci, ainsi que les valeurs seuils associées aux paramètres, les valeurs sont identiques à celles du SEQ Eau des cours d'eau.

3.1 USAGE ABREUVAGE DES ANIMAUX

L'usage abreuvement exprime l'aptitude de l'eau à permettre l'abreuvement des animaux d'élevage.

Ceux-ci peuvent être classés selon trois classes d'âge et de sensibilité :

- les animaux consommés "adolescents", volailles de chair, veaux de lait, porcs charcutiers. Ils ont une croissance accélérée et sont très sensibles à tous les polluants,
- les animaux consommés à maturation. Ils ont une croissance lente et sont moins vulnérables,
- les animaux de reproduction. Ils ont des exigences strictes en période de gestation et d'allaitement.

Altérations Nitrate et Matières azotées :

La présence de nitrates et de nitrites en excès peut provoquer un ralentissement ou un arrêt de croissance chez certaines espèces (également réduction de la fertilité) et même la mort. Cependant les animaux sont en général plus tolérants que les humains.

Nitrates

Valeurs seuils

	Bleu	Jaune	Rouge
Nitrates (mg/l NO ₃)	50	450	

Nitrites

Valeurs seuils

	Bleu	Jaune	Rouge
Nitrite (mg/l NO ₂)	0,1	30	

Altération Micro-organismes

Valeurs seuils envisagées mais non retenues

	Bleu	Jaune	Rouge
Coliformes fécaux (u/100 ml) <i>E. Coli</i>	(0)	(30)	
Streptocoques fécaux (u/100 ml)	(0)	(30)	

() : seuils non retenus

Dans les recommandations canadiennes, il est préconisé d'utiliser, dans les élevages intensifs et à haute densité, de l'eau de haute qualité. Il faut également s'assurer que l'eau des animaux qui pâturent librement ne contient pas d'organismes pathogènes, et il faut la chlorer au besoin.

Les seuils bleu/jaune de 0 germe/100 ml qui concernent les espèces les plus fragiles et les jeunes animaux, de même que les seuils de 30 germes/100 ml en concentration maximum admissible préconisés par le Canada n'ont pas été retenus car ils ont été jugés excessivement sévères. Une étude complémentaire est nécessaire pour définir des seuils pertinents.

Altération Minéralisation

Valeurs seuils

	Bleu	Jaune	Rouge
Salinité (mg/l)	1000	5000	
Sulfates (mg/l)	250	1000	
Calcium (mg/l)	1000	1000	
Sodium (mg/l)	150	2000	

Une trop forte salinité peut avoir des effets toxiques (réduction de croissance, affaiblissement, troubles physiologiques) et parfois même mortels sur les animaux d'élevage.

Certains ions, comme le calcium, sont indispensables à la croissance, mais on soupçonne de fortes concentrations de contribuer à des carences en phosphore et à la formation de calculs.

Les ions sulfates entraînent une baisse de production et des carences en cuivre, zinc, fer ou manganèse.

Altération Micropolluants minéraux

Valeurs seuils

	Bleu	Jaune	Rouge
Arsenic ($\mu\text{g/l}$)(/ si absent de l'alimentation)	50	500/5000	
Cadmium ($\mu\text{g/l}$)	5	20	
Chrome total ($\mu\text{g/l}$)	50	1000	
Mercure ($\mu\text{g/l}$)	1	3	
Nickel ($\mu\text{g/l}$)	50	1000	
Plomb ($\mu\text{g/l}$)	50	100	
Sélénium ($\mu\text{g/l}$)	10	50	
Cuivre ($\mu\text{g/l}$)	500	5000	
Zinc ($\mu\text{g/l}$)	5000	50000	
Aluminium ($\mu\text{g/l}$)	5000	5000	
Béryllium ($\mu\text{g/l}$)	100	100	
Bore ($\mu\text{g/l}$)	5000	5000	
Cobalt ($\mu\text{g/l}$)	1000	1000	
Fluorures ($\mu\text{g/l}$)	1000	1000	
Molybdène ($\mu\text{g/l}$)	500	500	
Vanadium ($\mu\text{g/l}$)	100	100	

Paramètres en italique : ces paramètres sont pertinents vis-à-vis de cet usage, mais ne sont, pour le moment, pas pris en compte dans le SEQ-Eau.

Pour la fonction abreuvement des animaux, les micropolluants minéraux sont doublement toxiques .

Ils sont toxiques pour les animaux qui les ingèrent: réduction de croissance, anémie, baisse de production, effet mutagène et parfois effet cancérigène.

Ils peuvent également être toxiques pour les humains, via les produits animaux qu'ils consomment (exemples : lait, foie, reins) et qui sont susceptibles d'accumuler des micropolluants (exemples : cadmium, mercure, plomb).

Altération Pesticides

Cette altération n'a pas été prise en compte par le SEQ.

Le Canada préconise l'adoption des limites recommandées pour les pesticides dans l'eau potable (recommandation 1988) comme concentrations maximales de pesticides dans l'eau de boisson des animaux d'élevage, afin d'avoir une certaine marge de sécurité pour ces animaux et d'éviter que les produits animaux ne contiennent des quantités inacceptables de résidus.

3.2 USAGE IRRIGATION

Altération Minéralisation

Valeurs seuils

	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Salinité (mg/l)	500	1500	2500	3500	
Chlorures (mg/l)	180	360	700		

Les problèmes les plus fréquents qui résultent de l'utilisation d'une eau dont la minéralisation et la salinité ne sont pas adaptées à la nature du sol ou à la culture, sont :

- l'accumulation de sels dans la zone des racines,
- la perte de perméabilité du sol à cause d'un excès de sodium ou de la lessivation du calcium,
- la toxicité des ions.

Le type du sol est un facteur très important. Le taux de percolation est généralement plus élevé dans les sols sableux que dans les sols argileux.

Altération Micro-organismes

Valeurs seuils

	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Coliformes thermotolérants (*) (u/100 ml)	100				
Coliformes totaux (u/100 ml)	1000				

(*) assimilables à *Escherichia coli*

Les grandes cultures et les légumes peuvent être contaminés par suite de l'utilisation d'une eau d'irrigation contenant des organismes pathogènes et des parasites nuisibles pour les humains et les animaux. Ces organismes sont transmis aux humains et aux animaux par l'intermédiaire des aliments. Les coliformes fécaux sont utilisés comme indicateurs pour contrôler la présence ou l'absence d'organismes pathogènes apparentés. Il est recommandé d'utiliser plus spécifiquement Escherichia Coli.

Dans un rapport présent à l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS 1973), un comité d'experts a conclu que l'irrigation des cultures avec des eaux contenant moins de 100 coliformes pour 100ml présentait un risque limité.

Altération Micro-polluants minéraux

Valeurs seuils

	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Arsenic (µg/l)	100	100	2000	2000	
Cadmium (µg/l)	10	10			
Chrome total (µg/l)	100	100			
Nickel (µg/l)	200	200	2000	2000	
Plomb (µg/l)	200	200	2000	2000	
Sélénium (µg/l)	20	20			
Cuivre (µg/l)	200	1000	5000	5000	
Zinc (µg/l)	5000	5000			
Aluminium (µg/l)	5000	5000	20000	20000	
Béryllium (µg/l)	100	100	500	500	
Bore (µg/l)	1000	2000	15000	15000	
Cobalt (µg/l)	50	50	5000	5000	
Fer (µg/l)	5000	5000	20000	20000	
Fluorures (µg/l)	1000	1000	15000	15000	
Lithium (µg/l)	2500	2500			
Manganèse (µg/l)	200	200	10000	10000	
Molybdène (µg/l)	10	10	50	50	
Vanadium (µg/l)	100	100	1000	1000	

Paramètres en italiques : ces paramètres sont pertinents vis-à-vis de cet usage, mais ne sont, pour le moment, pas pris en compte dans le SEQ-Eau.

Les micropolluants présents dans l'eau d'irrigation peuvent s'accumuler dans les sols de façon plus ou moins importante selon la nature de ces sols. Cette accumulation a pour conséquences :

- la toxicité des sols "empoisonnés" vis-à-vis des plantes, avec réduction de croissance ou mort.
- l'accumulation de polluants dans certains végétaux, entraînant un risque toxique pour le consommateur.

Altération Pesticides

Cette altération n'a pas été prise en considération pour le SEQ.

Les micropolluants organiques cités dans les recommandations canadiennes sont essentiellement des herbicides qui présentent un risque toxique (destruction ou réduction de croissances) pour certains végétaux cultivés.

4 - ETAT PATRIMONIAL

D'une manière générale le raisonnement a été le suivant : fixation d'un seuil pour le passage du bleu au vert puis application de facteurs multiplicatifs pour les autres seuils afin d'exprimer la dégradation de la qualité par rapport à ce premier seuil.

Fixation du seuil bleu/vert :

- soit le produit est naturellement présent dans le milieu mais indicateur au-dessus d'un certain seuil d'une contamination d'origine anthropique (nitrates) : seuil choisi après avis d'expert afin de couvrir la gamme des teneurs naturelles susceptibles d'être rencontrées. (Cette gamme se situe entre quelques milligrammes par litre : 1 à 2 et environ 10 mg/l sous des environnements riches en matières organiques),
- soit le produit est un produit de synthèse: la classe bleue est supposée correspondre à l'état naturel. Le niveau naturel correspond en toute rigueur à une absence, c'est à dire à des concentrations inférieures au seuil de détection. Pour des raisons de signification des résultats, compte tenu de l'imprécision de la mesure dans ces gammes de concentration, le niveau de référence a été choisi en fonction du seuil de détection usuel actuel (seuil de passage Bleu/Vert).

Fixation des autres seuils = facteurs multiplicatifs appliqué au niveau de référence (bleu/vert) :

nitrates : facteurs multiplicatif choisis afin de couvrir au mieux les premiers niveaux de dégradation des eaux = 2, 4 et 5 fois le seuil de référence

produits de synthèse : facteurs multiplicatif de 5, 10 et 50 fois le seuil de quantification.

Altération Nitrates

Nitrates

- 10 = avis d'expert qui couvre la gamme des teneurs naturelles susceptibles d'être rencontrées y compris sous des environnements riches en matières organiques tels que la forêt par exemple.
- 20 - 40 - 50 = avis d'expert issu notamment de l'étude de la répartition des teneurs contenues dans l'Observatoire national de la qualité des eaux souterraines. Ces valeurs se calent sur les facteurs multiplicatifs 2, 4 et 5 appliqués au seuil de référence.

Altération Micro-polluants minéraux (cyanures), Pesticides, Hydrocarbures aromatiques polycycliques, Polychlorobiphényles et Micro-polluants organiques (autres)

• **Seuil Bleu / Vert**

La classe bleue est supposée correspondre à l'état naturel Ce niveau correspond à des teneurs inférieures ou égales à celles retenues comme correspondant à un état de référence. S'agissant de paramètres à caractère xénobiotique, le niveau naturel correspond en toute rigueur à une absence, c'est à dire à des concentrations inférieures au seuil de détection. Pour des raisons de signification des résultats, compte tenu de l'imprécision de la mesure dans ces gammes de concentration, le niveau de référence a été choisi en fonction du seuil de détection usuel actuel (seuil de passage Bleu/Vert).

• **Seuil Vert / Jaune**

Etat pour lequel, il est noté une dégradation de la qualité par rapport aux valeurs de référence. Pour ces paramètres le seuil à été pris comme étant égal à 5 fois le seuil de quantification Bleu/Vert.

- **Seuil Jaune / Orange**

Etat pour lequel il est noté une dégradation de la qualité par rapport aux valeurs de référence. Ce seuil est fixé à 10 fois la valeur du seuil Bleu/Vert.

- **Seuil Orange / Rouge**

Etat dégradé de manière très significative par rapport aux valeurs de référence. Ce seuil est fixé à 50 fois la valeur du seuil Bleu/Vert.

5. - FONCTION « POTENTIALITES BIOLOGIQUES » DANS LES COURS D'EAU

Les seuils ont été repris des travaux réalisés pour l'évaluation de la qualité des cours d'eau.

Origine des seuils qui déterminent le passage d'une classe d'aptitude à l'autre :

- Directive 2000/60/CE du Parlement Européen et du Conseil établissant un Cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau (JOCE 22 décembre 2000),
- Directive Européenne n°78-659 du 18 juillet 1978 concernant la qualité des eaux douces ayant besoin d'être protégées ou améliorées pour être aptes à la vie des poissons et sa transcription en droit français : le décret n°91-1283 du 19 novembre 1991 (J.O. du 21 décembre 1991),
- Analyses bibliographiques,
- Avis d'experts.

Les explications détaillées de ces choix figurent dans le rapport complémentaire du SEQ Eau des cours d'eau - Version 2.

A noter que pour certains milieux, particuliers, les valeurs naturelles relevées pour la température, la saturation en oxygène, l'oxygène dissous, la DCO, le COD, le NKJ, le pH, les MES peuvent rendre impropres l'utilisation des seuils qui figurent dans les tableaux. Il a donc été distingué un certain nombre d'exceptions typologiques.

Les modalités de prise en compte de ces exceptions typologiques sont, elles aussi, précisées dans le volume traitant du SEQ Eau des cours d'eau.

Synthèse

Le Système d'Evaluation de la Qualité des Eaux souterraines (SEQ - Eaux souterraines) a été élaboré parallèlement et en cohérence avec le nouvel outil d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau avec l'objectif de rendre compte de la spécificité des eaux souterraines.

L'outil SEQ-Eaux souterraines permet de définir l'aptitude d'une eau à satisfaire différents usages choisis en fonction de leur importance et d'autre part, d'exprimer l'amplitude des modifications physico-chimiques d'une eau dans son gîte sous la pression des activités humaines ("état patrimonial").

Pour évaluer la qualité de l'eau, le SEQ-Eaux souterraines propose de distinguer 17 altérations de la qualité de l'eau, chacune regroupant des paramètres de même nature ou de même effet.

Des valeurs seuils affectées à chacun de ces paramètres permettent de définir les différentes classes d'aptitude de l'eau à satisfaire les usages. Elles se déclinent selon la représentation classique à 5 couleurs (bleu, vert, jaune, orange et rouge).

En complément, des indices de qualité permettent de donner une information plus précise à l'intérieur de chaque classe.

Le SEQ-Eaux souterraines, dans sa version 0.1 actuelle, est un **outil provisoire** mais néanmoins opérationnel. Un logiciel de calcul permettant le traitement et l'interprétation des données de qualité selon les spécifications du SEQ est également disponible.

L'outil est destiné à être adapté aux futures dispositions d'évaluation des milieux qui découleront de la mise en oeuvre de la directive cadre européenne sur l'eau et de la future directive "eaux souterraines" actuellement en préparation.