

# Le SEQ-ESO

## 1. Objectifs

Traditionnellement en Région wallonne, par suite de la bonne qualité des nappes et de leur mobilisation pour la production d'eau potable, la qualité de l'eau souterraine a souvent été appréciée, quel que soit le contexte, à la lumière des normes de potabilité. Ce critère est incomplet et manque de discernement :

- premièrement les paramètres chimiques intervenant en matière de santé publique sont de plus en plus particuliers et liés non pas aux ressources mais d'avantage aux infrastructures de production et distribution d'eau ;
- ensuite, les normes de potabilité sont tantôt pénalisantes vis-à-vis de concentrations parfaitement naturelles (ion hydrogène, fer, manganèse, potassium), tantôt largement conservatives par rapport aux impacts environnementaux que l'on peut constater en cas de pollution (conductivité, température, cuivre, zinc, sodium).

Dans le cas particulier des sites de contamination ponctuelle des nappes, il est depuis longtemps apparu nécessaire d'utiliser d'autres seuils de qualification des eaux et il fut fait référence à la législation hollandaise avant le développement de la législation wallonne homologue (AGW "stations service"<sup>(\*)</sup> et Décret pour la protection des Sols<sup>(\*\*)</sup>).

Les principales bases réglementaires nécessaires à l'appréciation de la qualité d'une eau souterraine (qu'elle soit captée ou non) étant en place, il est intéressant de les mettre en œuvre dans un outil universel de diagnostic et de comparaison.

La Directive 2000/60/CE du 23 novembre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau a pour objectif la gestion intégrée de l'eau par bassin hydrographique. Un des objectifs de la directive vise à maintenir ou restaurer "un bon état chimique" des masses d'eau souterraines au plus tard fin 2015.

En ce qui concerne les critères d'évaluation du bon état chimique, le projet de directive établissant les stratégies pour la protection des eaux souterraines proposé par la Commission européenne, prévoit que, pour certains polluants autres que ceux visés par d'autres dispositions législatives communautaires (pesticides et nitrates), les Etats-membres doivent établir des normes de qualité pour les eaux souterraines.

Conformément à la directive européenne cadre de l'eau, le système d'évaluation de la qualité des eaux souterraines utilisé par la Région doit permettre de :

- vérifier le respect des normes européennes existantes (nitrates et pesticides) ;
- vérifier le respect des normes de potabilité sans traitement excessif de la ressource<sup>(\*\*\*)</sup> ;
- vérifier les objectifs de qualité des écosystèmes de surface dépendants ;
- mesurer les déviations par rapport à l'état naturel ou au bruit de fond ambiant.

En outre, il doit permettre de sélectionner l'objectif ci-dessus le plus strict en vue de mesures de correction éventuelles et de réaliser une synthèse de la surveillance des eaux

---

(\*) AGW du 4 mars 1999 modifiant le titre III du Règlement général pour la protection du travail en insérant des mesures applicables à l'implantation et l'exploitation des stations services (Moniteur belge du 11/06/99).

(\*\*) Décret du 31 mars 2004 relatif à l'assainissement des sols pollués et aux sites d'activités économiques à réhabiliter (à paraître au Moniteur belge).

(\*\*\*) D'après l'article 7.3 de la directive : "...prévenir la détérioration de la qualité des masses d'eau de manière à réduire le degré de traitement de purification nécessaire à la production d'eau potable..."

souterraines sous forme d'une conclusion (bon état ou état médiocre) pour chaque masse d'eau définie au sein d'un district hydrographique.

Parce qu'il permet notamment de rencontrer tous ces objectifs, le Gouvernement wallon a approuvé le 22 mai 2003 le "SEQ-Eaux souterraines" (Système d'Evaluation de la Qualité des Eaux souterraines ; [Agences de l'Eau, 2002] ) comme outil de référence de caractérisation de la qualité des eaux souterraines en Région wallonne, sur base de la note justificative reprise à l'annexe 1.

## 2. Principes du système d'évaluation de la qualité des eaux

Fondamentalement, le SEQEAU est une grille de lecture et d'interprétation d'un protocole d'analyse complet relatif à un point d'eau, reposant sur :

- l'examen parallèle des différents **usages** et fonctionnalités de l'eau souterraine.
- le regroupement des paramètres par familles appelées **altérations** sur lesquelles une appréciation globale est portée.
- la définition de **seuils** de qualité pour chaque paramètre envisagé, autorisant jusqu'à 5 classes de qualité distinctes.

La qualité d'une eau brute souterraine est examinée par rapport à trois fonctions essentielles :

- 1) **les usages de l'eau** : la qualité de l'eau est définie par rapport aux normes ou besoins correspondants à différents usages. L'usage majeur est la production d'eau pour l'alimentation en eau potable, mais d'autres usages de l'eau tels l'industrie, l'énergie, l'irrigation et l'abreuvement sont également considérés.
- 2) **l'état patrimonial** : celui-ci exprime le degré de dégradation d'une eau du fait de la pression exercée par les activités socio-économiques sur les nappes, sans 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 (micropolluant 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, pesticides).
- 3) **l'aptitude chimique des eaux souterraines à la biologie des cours d'eau** : est la troisième fonction prise en compte pour satisfaire les besoins exprimés dans la Directive-cadre. Les seuils de qualité sont bien entendu compatibles avec ceux relatifs aux cours d'eau.

Le système SEQEAU est basé sur la notion d'**altération**. Une altération regroupe les paramètres chimiques apparentés du point de vue de leur nature, de leurs effets et du traitement de l'eau qu'ils nécessitent. La mesure de certains paramètres est obligatoire pour pouvoir qualifier une altération ; d'autres étant facultatifs.

Pour chaque paramètre, différents **seuils de qualité** sont fixés, correspondant soit à des normes ou des valeurs guides existant dans la législation française (ou certains codes internationaux), soit à des jugements d'experts reposant sur l'état des techniques, la littérature ou la dispersion statistique des données disponibles. Ces seuils définissent des classes de qualité<sup>(\*)</sup>. Le système SEQEAU permet de distinguer jusqu'à 5 classes de qualité chacune matérialisée par une couleur. Ainsi, sont définies :

---

<sup>(\*)</sup> Lorsque le paramètre donne lieu à des valeurs minimales à respecter (pH, dureté), les seuils correspondants sont introduits. Une classe de qualité peut alors comprendre 2 tranches de concentrations (une minimale et une maximale).

- 4 classes de qualité pour la production d'eau potable.
- 5 classes de qualité pour les autres usages, l'état patrimonial et l'aptitude à la biologie des cours d'eau.

Ces classes de qualité ont une définition précise pour chaque fonction comme le montre le tableau ci-dessous.

	Aptitude de l'eau à la <b>Production d'eau potable</b>	Aptitude de l'eau pour les <b>autres usages</b>	Niveaux de dégradation de <b>l'Etat Patrimonial</b>
<b>Bleu</b>	Eau de qualité optimale Pour être consommée	Aptitude très bonne	Eau de composition naturelle ou sub-naturelle
<b>Vert</b>	Eau de qualité acceptable Pour être consommée	Aptitude bonne	Eau de composition proche de l'état naturel, mais détection d'une contamination d'origine anthropique
<b>Jaune</b>	-	Aptitude passable	Dégradation significative par rapport à l'état naturel
<b>Orange</b>	Eau non potable nécessitant un traitement de potabilisation	Aptitude mauvaise	Dégradation importante par rapport à l'état naturel
<b>Rouge</b>	Eau inapte à la production d'eau potable	Inapte à l'usage	Dégradation très importante par rapport à l'état naturel

Pour chacune des fonctions et chacun des paramètres envisagés, la concentration de chacune des valeurs mesurées est transformée en un indice adimensionnel, et ce grâce à un modèle simple d'interpolation entre chaque seuil. Chacun des paramètres fait l'objet de la même procédure de calcul afin de déterminer sa classe de qualité. Les différentes altérations sont alors définies par la classe de qualité du paramètre qui donne le moins bon résultat (principe du paramètre limitant). Globalement, l'aptitude de l'eau à satisfaire un usage ou une fonction est donnée par le minimum des différentes altérations retenues, ce qui permet de synthétiser à l'extrême la notion de qualité de l'eau souterraine.

Le SEQEAU permet également de calculer pour chaque altération d'un point d'eau un **indice général de qualité** en combinant les seuils supérieurs relatifs à la production d'eau potable et les seuils inférieurs relatifs à l'état patrimonial. Cet indice général varie de manière continue entre 100 (eau de très bonne qualité) et 0 (eau de mauvaise qualité), quel que soit le paramètre envisagé. Cet indice général de qualité<sup>(\*\*)</sup> permet de comparer deux points d'eau du point de vue de leur qualité générale.

Le SEQEAU, tel que conçu par les Agences de l'Eau françaises avec la collaboration du BRGM, est décrit dans un rapport de présentation de 72 pages publiquement disponible.

---

<sup>(\*\*)</sup> Ne pas confondre indice et indice général de qualité : les indices, se rapportant aux usages et fonctions, constituent un moyen d'établir avec précision la classe de qualité de chaque altération ; tandis que seul l'indice général de qualité définit la qualité générale d'un point d'eau par altération et permet de réaliser une comparaison entre deux points d'eau.

### 3. Adaptation à la Région Wallonne

Dans la suite, nous utilisons le terme "usage" au sens large pour désigner tant les usages au sens strict que les autres fonctions de l'eau souterraine. Par ailleurs, l'appellation SEQ-ESO sera réservée à la version du SEQEAU adaptée à la Région wallonne. Enfin les quatre seuils de qualité sont baptisés S1, S2, S3 et S4, dans l'ordre des qualités décroissantes (M1, M2, M3 et M4 pour les seuils relatifs à des valeurs minimales).

Fondamentalement, le pari est pris que le SEQ-ESO, moyennant un système d'agrégation adéquat des données, permet d'évaluer correctement l'état chimique d'une masse d'eau souterraine à partir des analyses réalisées sur chacun des sites constituant un réseau de surveillance suffisamment représentatif de cette masse d'eau. La normalisation et la réduction des données inhérentes au SEQEAU est donc mise à profit pour les agréger via l'utilisation d'une simple moyenne arithmétique.

#### 3.1 Les "usages"

Trois usages ont été adaptés à la Wallonie en termes de seuils et de contenu des altérations (les correspondants français sont cependant également calculés par le SEQ-ESO à des fins de comparaison) :

- 1) **Aptitude à la Distribution de l'Eau (ADE)**, homologue de l'AEP français (Alimentation en Eau Potable) : usage établi pour le prélèvement d'eau destinée à la distribution par réseau en raison de certaines spécificités des normes pour l'eau potable et des traitements de potabilisation des eaux brutes souterraines (absence de normes en Région wallonne).

Etant donné que le seuil S3 et donc la classe de qualité moyenne n'existe pas pour cet usage, le code de couleurs des classes de qualité a été revu pour être harmonisé avec celui des autres usages :

	<b>AEP</b> (France)	<b>ADE</b> (Wallonie)
Eau de qualité optimale pour être consommée	Bleu clair	Bleu
Eau de qualité acceptable pour être consommée	Bleu foncé	Vert
Eau non potable nécessitant un traitement de potabilisation	Jaune	Orange
Eau inapte à la production d'eau potable	Rouge	Rouge

Par ailleurs, il est judicieux d'introduire un usage "industrie alimentaire" pour les eaux embouteillées, qui peuvent s'écarter sensiblement des normes relatives à l'eau de distribution, notamment pour le pH, le fer et le manganèse ; cet usage ne reprendra que les altérations "nitrates" (avec comme seuil S1 la valeur recommandée pour les nourrissons), "micropolluants minéraux" et "minéralisation" (ces 2 dernières réduites à quelques paramètres clés permettant la distinction de 5 degrés de minéralisation sans leur porter appréciation).

- 2) **Etat Patrimonial en Wallonie (PAW)**, homologue du PAT français (état PATrimonial) : usage spécifiquement établi pour l'état patrimonial wallon en raison de problèmes liés aux limites de quantification pour certaines analyses, de la législation "Sols" qui est développée en Région wallonne et de l'insuffisance du PAT dans la version actuellement disponible (absence d'altération pour les micropolluants minéraux).

Suite aux travaux du décret pour la protection des sols, il semble toutefois intéressant, pour les besoins de la SPAQuE notamment, d'ouvrir un "usage" supplémentaire permettant d'identifier les sites contaminés et intitulé "examen des eaux souterraines pour la qualification des sites contaminés" ; les normes relatives à certains contaminants organiques et d'emploi à l'échelle des sites sont en effet incompatibles avec l'état patrimonial applicable à l'échelle de la masse d'eau (voir normes proposées à l'annexe 2).

**3) Système d'Évaluation de la Qualité de l'eau en Wallonie (SEQW)**, homologue du SEQF français : cette fonction, via l'indice général, est l'expression générale de la qualité, harmonisée dans toute la gamme de concentrations observables, qui résulte des différences que peuvent présenter les deux "usages" précédents.

Enfin, les experts ont émis les observations suivantes sur les **autres usages** décrits dans le SEQEAU :

- Les usages agricoles ("abreuvement" et "irrigation"), au vu des seuils de qualité proposés, seront généralement rencontrés avec une bonne qualité. De plus, ils ne sont jamais plus stricts que l'ADE. Ils sont jugés secondaires dans le diagnostic de la qualité et seront désormais considérés comme informations complémentaires.
- Les usages "industrie" et "énergie" sont identiques et peu intéressants (en ce sens qu'ils apportent finalement peu d'information supplémentaire sur la qualité de l'eau). Ils sont toujours à l'étude en Wallonie. L'idée retenue est de s'en servir pour qualifier sans contradiction une altération unique "corrosion et formation de dépôts" à partir de l'oxygène dissous, des chlorures, du fer et du potentiel d'oxydo-réduction (ou, vu la délicatesse de la mesure de celui-ci, d'un ou plusieurs couples redox fondamentaux pour les eaux souterraines).

Le tableau qui suit liste les 8 différents usages existants (+ les 3 dédoublements) :

"Usage"	code
<i>Production d'eau pour l'alimentation en eau potable (France)</i>	AEP
Fourniture pour Distribution d'eau potable par réseau (Wallonie)	ADE
Abreuvement des animaux	BET
Irrigation des cultures (sol moyen)	IRR
Industrie agro-alimentaire et embouteillage	ALI
Energie (pompes à chaleur, climatisation) et autres industries	NRG
Aptitude à la biologie dans les cours d'eau	BIO
<i>Etat patrimonial de l'eau (France)</i>	PAT
Etat patrimonial de l'eau (Wallonie)	PAW
<i>Qualité générale France (AEP+PAT)</i>	SEQF
Qualité générale Wallonie (ADE+PAW)	SEQW

### 3.2 Les altérations

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 SEQEAU français définit 17 altérations, tandis qu'en Région wallonne, les paramètres sont regroupés en 14 altérations. Le tableau 1 ci-dessous compare les altérations françaises et wallonnes et précise les paramètres retenus pour chaque altération. Certains de ces paramètres sont obligatoires pour pouvoir quantifier les altérations, d'autres sont facultatifs et participent alors à la quantification de l'altération lorsqu'ils sont mesurés (contrairement au SEQEAU français qui ne fait pas toujours une distinction entre paramètres obligatoires et facultatifs ; ainsi par exemple, l'altération "micropolluants minéraux" exige les résultats relatifs à au moins 4 paramètres parmi les suivants : As, B, Cd, Cr, Cu, CN, Hg, Ni, Pb, Se et Zn, quels qu'ils soient).

Parmi les altérations proposées par la France, les suivantes ne sont pas retenues dans un premier temps pour le développement du SEQ-ESO:

- les altérations "goût et odeur" et "coloration" : les paramètres organoleptiques sont en général subjectifs et difficilement quantifiables. En outre, ils sont en général couverts par d'autres paramètres : fer, sulfures, etc...
- les micro-organismes : ils ne sont pas mesurés par les producteurs sur eau brute et nécessitent des fréquences de mesure plus élevées (une analyse par mois) pour être correctement évalués ; de plus, l'absence de bactéries indicatrices est un vœu pieu au niveau des eaux brutes, la désinfection des eaux souterraines étant en conséquence généralisée ; de plus, les paramètres microbiologiques ne sont pas visés par la Directive-cadre de l'eau.
- les PCB (polychlorobiphényles), ne sont traditionnellement mesurés qu'en cas de problème suspecté (pollution locale).
- quant aux altérations "corrosion" et "formation de dépôts", à priori contradictoires, elles seront envisagées dans un second temps en affinant le choix des paramètres concernés (potentiel rédox, sulfures,...).

Par contre, il a été jugé nécessaire d'introduire des altérations nouvelles ou distinctes pour les "matières phosphorées", pour traiter séparément 3 minéraux encore à l'étude (MIX), et pour le cas de l'aluminium ; la justification de ces ajouts/modifications se trouve dans les notes "Questions spéciales" en 3.4.

Le Comité de suivi du projet a décidé de regrouper les 14 altérations en 6 groupes d'altérations (équilibrées en nombre de paramètres) de la manière suivante :

1. "minéralisation et salinité" qui reprend l'altération MIN et exclu provisoirement l'altération MIX (tant qu'elle est toujours à l'étude) ;
2. "matières oxydables et substances eutrophisantes" qui regroupe les altérations "nitrate", "matières azotées", "matières phosphorées" et "matières organiques et oxydables" ;
3. "particules et éléments filtrables" en rassemblant les altérations "particules en suspension", "fer et manganèse" et "aluminium et silice" ;
4. "micropolluants minéraux" ;
5. "produits phytosanitaires" ;
6. "hydrocarbures et autres polluants organiques".

**Tableau 1 : Les 17 altérations françaises du SEQEAU et les 14 altérations wallonnes du SEQ-ESO, avec les paramètres retenus respectifs**

SEQEAU	SEQ-ESO	SEQEAU	SEQ-ESO
<b>Minéralisation et salinité</b>	<b>1. Minéralisation et salinité</b>	<b>Pesticides</b>	<b>5. Produits phytosanitaires</b>
pH (in-situ)	<b>1MIN</b> pH (in-situ)	Atrazine	Atrazine
Conductivité (in-situ)	Conductivité (in-situ)	Déséthyl Atrazine	Chlortoluron
Dureté totale	Dureté totale	Diuron	Déséthyl Atrazine
Chlorures	Chlorures	Isoproturon	Diuron
Magnésium	Magnésium	Simazine	Isoproturon
Sodium	Sodium	Lindane	Simazine
Sulfates	Sulfates	Terbutylazine	Lindane
Résidu sec (à 180°C)	Résidu sec (à 180°C)	Aldrine	Terbutylazine
Alcalinité totale	Alcalinité totale ou bicarbonates	Déséthyl simazine	Bromacile
Calcium	Calcium	Dieldrine	Bentazone
Is (indice saturation)		Heptachlore	Chloridazon
SAR (Sodium adsorption ratio)		Heptachlore-époxyde	
Fluorures	<b>1MIX</b> Fluorures	Total Parathion	
Potassium	Potassium	Total Pesticides	Pesticides Totaux
	Baryum	Autre Pesticides par substance identifiée	
		<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques</b>	<b>6. Hydrocarbures et polluants organiques</b>
<b>Matières organiques et oxydables</b>	<b>2. Matières oxydables et substances eutrophisantes</b>	Benzo (a) pyrène	<b>6HAP</b>
Oxydabilité au KMnO4	<b>2MOX</b> Oxydabilité (KMnO4)	HAP Somme (4)	Benzo (a) pyrène
Carbone organique dissous	Carbone organique total	Benzo (b) fluoranthène	HAP Somme (4)
	Azote Kjeldahl	Benzo (k) fluoranthène	Benzo (b) fluoranthène
		Benzo (g,h,i) pérylène	Benzo (k) fluoranthène
		Indéno (1,2,3-cd) pyrène	Benzo (g,h,i) pérylène
			Indéno (1,2,3-cd) pyrène
<b>Nitrates</b>	<b>2NO3</b>	<b>Micro-polluants organiques (autres)</b>	<b>6SOL</b>
Nitrates	Nitrates	Trichloréthylène	Trichloréthylène
		Tétrachloréthylène	Tétrachloréthylène
<b>Matières azotées</b>	<b>2AZO</b>	Somme (2)	TriEtPerchloréthylène
Ammonium	Ammonium	Benzène	Benzène
Nitrites	Nitrites	Tétrachlorure de carbone	
/		Chloroforme	
	<b>2PHO</b>	1,2 Dichloroéthane	
	Phosphore total	1,1,1 Trichloréthane	
	Ortho-Phosphates	Hexachlorobenzène	
<b>Particules en suspension</b>	<b>3. Particules et éléments filtrables</b>	Trihalométhanes	
Turbidité	<b>3MES</b>	Hydrocarbures dissous	
Matières en suspension	Turbidité	Indice Phénol	
	Matières en suspension	Détergents anioniques	
<b>Fer et Manganèse</b>	<b>3FEM</b>	<b>Goût et odeurs</b>	/
Fer	Fer (sur filtré 0,4µ)	Odeur	
Manganèse	Manganèse	Saveur	
/		<b>Coloration</b>	/
	<b>3ARG</b>	Couleur	
	Aluminium	<b>Micro-organismes</b>	/
	Silice	Escherichia Coli	
<b>Micropolluants minéraux</b>	<b>4. Micropolluants minéraux</b>	Entérocoques	
Arsenic	<b>4MPM</b>	Coliformes totaux	
Bore	Arsenic	<b>Poly-chloro-biphényles (PCB)</b>	/
Cadmium	Bore	PCB Somme 7	
Chrome	Cadmium	<b>Corrosion</b>	/
Cuivre	Chrome (total)	CO2 dissous	
Cyanure	Cuivre	O2 dissous	
Mercure	Cyanures (totaux)	Salinité	
Nickel	Mercure	Conductivité	
Plomb	Nickel	pH	
Zinc	Plomb	Chlorures	
Selenium	Zinc	Sulfates	
Antimoine	Selenium	Ferro-bactéries	
Argent	Antimoine	Bactéries sulfato-réductrices	
Aluminium		Eh (potentiel d'oxydo-réduction)	
	<b>4MLd</b>	<b>Formation de dépôts</b>	/
	Chrome	pH	
	Cuivre	Eh	
	Nickel	O2 dissous	
	Plomb	Ferro-bactéries	
	Zinc	Is	
<b>Température</b>	/		
Température			

Le tableau suivant indique de manière synthétique les altérations reprises pour chaque usage (afin de permettre la comparaison avec le SEQEAU français, ce sont les altérations françaises qui sont utilisées). Le détail est présenté à l'annexe 3.

Contenu en altérations	AEP	ADE	BET	IRR	ALI	NRG	BIO	PAT	PAW	SEQF	SEQW	
Minéralisation et salinité	X	X	r	r	r				r	X	X	
Azote et matières organiques	X	X	X		r		X	r	r	X	X	
Particules en suspension, fer et manganèse	X	X					r			X	X	
Micropolluants minéraux	X	X	X	X	X		X	r	X	X	X	
Pesticides	X	X					X	X	X	X	X	
Autres micropolluants organiques	X	X					X	X	X	X	X	
Hydrocarbures aromatiques polycycliques	X	X					r	X	X	X	X	
Corrosion et formation de dépôts						X						
	X	= altération					r	= altération réduite				

### 3.3 Les seuils de qualité

Les seuils de qualité S1 (bleu/vert), S2 (vert/jaune), S3 (jaune/orange) et S4 (orange/rouge), de même que leurs correspondants M1, M2, M3 et M4 lorsque le paramètre donne lieu à des seuils minimum, sont listés par paramètre et par "usage" respectivement en annexe 4a et 4b. Les seuils issus de la législation existant en Wallonie sont prioritairement appliqués.

#### Usage "distribution d'eau par réseau" (ADE adapté d'AEP)

Le seuil ADE-S1, correspondant à une excellente qualité de l'eau potable, est établi comme l'AEP-S1 sur base de la valeur guide à atteindre que prévoyait la directive 80/778/CEE<sup>(\*)</sup> ou, à défaut, à une valeur intermédiaire entre 0 et la norme de potabilité rencontrée par la plupart des eaux distribuées.

La norme de potabilité correspond, en règle générale, au seuil S2<sup>(\*\*)</sup> en ADE. En effet, contrairement à l'AEP, l'ADE n'utilise pas toujours les normes de potabilité au robinet du consommateur pour le seuil S2, mais éventuellement des valeurs déduites en tête des réseaux de distribution (pour les paramètres générés par les traitements de potabilisation et les paramètres générés significativement par les canalisations de distribution). C'est une particularité de la législation wallonne.

Le seuil AEP-S4 (orange/rouge) représente, en France, les limites de qualité des eaux brutes pour la production d'eau destinée à la consommation humaine (annexe III du décret n°2001-1220) : en effet, en France, l'autorisation de prise d'eau en vue de sa potabilisation est délivrée par les Préfets sur base d'une description qualitative de l'eau brute visée par la demande. Lorsque le demandeur se propose, moyennant un traitement correctif poussé, d'utiliser une eau brute (qu'elle soit de surface ou souterraine) strictement non potable et dégradée au-delà des limites de qualité en question, l'avis conforme du Conseil supérieur d'Hygiène publique de France est requis. Ce seuil ne représente rien d'officiel pour la Région wallonne qui n'a jusqu'ici pas ressenti le besoin d'adapter la directive 75/440/CEE<sup>(\*\*\*)</sup> aux eaux souterraines. A défaut de norme, AEP-S4 correspond à l'avis des spécialistes du traitement de potabilisation de l'eau ou au seuil équivalent pour les eaux de surface potabilisables.

(\*) Directive du Conseil des Communautés européennes du 17 juillet 1980 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

(\*\*) En ADE, afin de ne pas créer de classe de qualité moyenne (qui n'existe pas), le seuil S3 est toujours égal au seuil S2. Cependant dans le tableau, S3 apparaît parfois légèrement inférieur à S2! Il s'agit d'un artifice permettant d'empêcher des valeurs "hors limites" de calcul.

(\*\*\*) Directive du Conseil des Communautés européennes du 16 juin 1975 concernant la qualité requise des eaux superficielles destinées à la production d'eau alimentaire.

Le seuil ADE-S4 a fait l'objet d'une discussion approfondie et d'essais de traitabilité réalisés par l'UCL pour certains métaux ; ces travaux sont détaillés au point 3.4 (*Questions spéciales*). En conclusion, les seuils S4 d'AEP et ADE diffèrent finalement fort peu.

#### Etat patrimonial des eaux souterraines (PAW développé à partir de PAT)

Ici, les différences entre SEQEAU et SEQ-ESO sont nombreuses ; elles tiennent à la volonté d'inclure la toute nouvelle législation wallonne concernant les sites contaminés.

Une distinction a donc été opérée entre les polluants diffus ou répétés dans l'espace (nitrates et pesticides) et les polluants ponctuels (hydrocarbures et métaux lourds essentiellement) ; pour les micropolluants minéraux, la valeur d'intervention pour assainissement  $V_{\text{nappe}}$  du décret SOLS a été introduite en PAW-S4. Cette valeur est, rappelons-le, basée sur des critères de mobilité des polluants dans la nappe, de santé humaine et d'éco-toxicité. Pour les hydrocarbures peu mobiles comme les HAP, la  $V_{\text{nappe}}$  ne pouvait pas s'appliquer à la masse d'eau ; le rapport de 4 entre la  $V_{\text{nappe}}$  et la  $VS_{\text{nappe}}$  (valeur seuil pour les études de risque) qui intervient en règle générale a dès lors été utilisé pour fixer PAW-S4 par rapport à SEQW-S3.

Le seuil PAW-S1 est par contre toujours équivalent au PAT-S1 : soit 10 mg/l pour les nitrates, et des limites de détection (revues en fonction des performances des laboratoires wallons) pour les paramètres organiques ; les travaux réalisés pour établir le fond géochimique naturel des micropolluants minéraux en Région wallonne en vue du même décret SOLS (valeurs de référence devenant PAW-S1) ont été mis à profit pour établir cette altération qui, à notre connaissance, n'est pas encore introduite sur le SEQEAU en raison d'une grande variabilité du fond géochimique en France.

L'option a été prise de retenir un fond géochimique toutes nappes confondues et donc de ne pas introduire de typologie relative aux aquifères sur le SEQ-ESO ; en effet l'examen de l'ensemble de la base de données Calypso indique que les rares aquifères qui dérogent naturellement au S1 restent statistiquement de bonne qualité (seuil S2, considéré comme le seuil d'impact significatif, non atteint). Dans la démarche, la possibilité de mettre en évidence ces aquifères grâce au SEQ-ESO est donc privilégiée, quitte à déroger à la norme si nécessaire.

L'idée de partir de l'état naturel (S1) et d'utiliser des facteurs multiplicatifs (respectivement 5, 10 et 50) pour dériver les seuils S2, S3 et S4 a donc été abandonnée au profit d'une fixation plus rigoureuse du seuil S3 : en effet, conformément au projet de directive européenne sur la protection des eaux souterraines contre la pollution, il y a lieu de définir un seuil dit d'action ou de point de départ des inversions de tendances à réaliser en vertu de la directive-cadre de l'eau. Ce seuil d'action ne peut en aucun cas être supérieur à 75% de la norme communautaire envisagée par le texte en discussion (50 mg/l pour les nitrates et 0,1 µg/l pour les pesticides) ou à la valeur seuil de bonne qualité des eaux souterraines à établir par la Wallonie pour fin 2005 (lesquelles sont par définition SEQW-S3). Il est donc proposé d'établir dans un premier temps le PAW-S3 à 75% du niveau SEQW-S3. Remarquons que le ratio PAT-S4/S3 = 50/10 choisi par les experts français est pratiquement respecté (4/0,75). Un état patrimonial à l'orange pour une masse d'eau sera donc à l'avenir le signal pour envisager des mesures de correction. Dans un premier temps, par l'examen des résultats concernant les 33 masses d'eau wallonnes, S3 pourra être ajusté à la baisse s'il apparaît *qu'il ne remplit pas son rôle de signal d'alarme* ; la valeur seuil des eaux brutes sera au contraire relevée au delà de la norme de potabilité si l'on estime que SEQW-S3 ne correspond pas à un véritable problème de qualité d'origine anthropique.

L'utilisation du SEQ-ESO est donc mise à profit pour ajuster correctement le bon état des eaux souterraines avant que celui-ci ne devienne de rigueur. L'outil est donc fondamentalement appelé à évoluer.

Enfin, le seuil PAW-S2 intermédiaire est ajusté pour que l'ensemble S1, S2, S3, S4 corresponde le plus possible à une suite arithmétique ou géométrique selon le type de variations du polluant.

*NB* : les fondements des valeurs de référence et d'intervention sont explicités dans la note "proposition de normes pour l'interprétation des mesures des concentrations en polluants dans les sols et les eaux souterraines", établie par la SPAQUE le 16 mars 2004, et disponible sur demande.

### Fonction "qualité générale de l'eau" (SEQW adapté de SEQF)

Le mécanisme de combinaison de l'aptitude à la distribution d'eau et de l'état patrimonial pour en dériver la qualité générale est décrit ci-dessous :

- SEQW-S1 est égal à PAW-S1, ou à ADE-S1 si l'altération n'existe pas en PAW (cas de la minéralisation par exemple).
- SEQW-S2 est égal à PAW-S2, ou à une valeur intermédiaire entre ADE-S1 et ADE-S2 si l'altération n'existe pas en PAW (cas de la minéralisation par exemple).
- SEQW-S3 est égal à ADE-S2<sup>(\*)</sup>, la norme de potabilité, éventuellement *ramenée* à l'eau brute.
- SEQW-S4 est égal à ADE-S4, la valeur de référence de traitabilité, ou, pour les paramètres réputés intraitables, à PAW-S4, le seuil d'intervention. Pour les paramètres jugés à la fois non traitables et ne pouvant faire l'objet d'un assainissement (cas des minéraux solubles), ADE-S4 est maintenu en SEQW-S4 et SEQW-S3 est réduit à une valeur intermédiaire.

En voici quelques exemples :

NITRATES mg/l	S1	S2	S3	S4
ADE	25	50		100
PAW	10	25	37,5	50
SEQW	10	25	50	100

<sup>(\*)</sup> En conséquence, un indice inférieur à 40 présume d'une eau non potable. Par contre, une eau acceptable à la consommation (vert) peut se révéler "de qualité générale moyenne" (jaune), par combinaison avec l'état patrimonial (cas des nitrates entre 25 et 50 mg/l par exemple).

ATRAZINE µg/l	S1	S2	S3	S4
ADE	50	100		1000
PAW	25	50	75	100
SEQW	25	50	100	1000

TURBIDITE ntu	S1	S2	S3	S4
ADE	0,4	4		1000
PAW				
SEQW	0,4	2	4	1000

CHLORURES mg/l	S1	S2	S3	S4
ADE	30	250		250
PAW	30	60	100	400
SEQW	30	60	150	250

CUIVRE µg/l	S1	S2	S3	S4
ADE	50	100		1000
PAW	15	40	75	200
SEQW	15	40	100	1000

CADMIUM µg/l	S1	S2	S3	S4
ADE	1	5		5
PAW	0,25	1	3,75	20
SEQW	0,25	1	5	20

BENZENE µg/l	S1	S2	S3	S4
ADE	0,5	1		10
PAW	0,25	0,5	0,75	4
SEQW	0,25	0,5	1	10

Remarquons que dans tous les cas de figure, la fixation de PAW-S3 = 0,75\*SEQW-S3 ne provoque pas de *distorsion* dans l'échelle d'évaluation de l'état patrimonial qui reste cohérente.

Le calcul des indices de qualité générale sur base des différents seuils est décrit et illustré au point 3.7 (*Description du logiciel*).

#### Autres usages :

- Pour les usages "abreuvement" et "irrigation", les seuils du SEQ-ESO sont la réplique des seuils du SEQEAU.
- En ce qui concerne l'aptitude à la biologie dans les cours d'eau, il en va de même mais l'extrême rigueur de ces seuils soulève des réserves. On constate que la fonction BIO est en effet celle qui donne presque toujours la plus mauvaise image de la qualité d'une eau souterraine. La question a été posée de savoir s'il ne conviendrait pas de multiplier les seuils de qualité de BIO par un facteur tenant compte de la contribution des eaux souterraines au débit d'un cours d'eau ; la difficulté résidant dans le fait que cette contribution est variable en fonction du temps. En attendant, cet usage est fourni à titre indicatif.

### Remarques :

- Dans le cas où ils dérogent aux règles énoncées ci-dessus, les différents seuils proposés par le SEQ-ESO sont justifiés en annexe 5, altération par altération, pour les fonctions majeures (distribution d'eau et état patrimonial), en particulier lorsqu'ils ne sont pas identiques à ceux du SEQEAU.
- Parmi la liste des paramètres actuellement retenus pour une analyse complète de type SEQ-ESO (annexe 6), des paramètres importants comme les hydrocarbures apolaires et les phénols n'ont pas encore été examinés du point de vue des seuils de qualité, en raison principalement de l'actuel manque de résolution des appareils de mesures (détection insuffisante des méthodes analytiques employées). En attendant, ils sont systématiquement mesurés sur le réseau en cours d'élaboration.

### **3.4 Questions spéciales**

Aux cours des discussions, plusieurs problématiques sont apparues. Leur développement est exposé dans les annexes 7 à 11. Il en résulte :

- L'introduction d'une nouvelle altération "matières phosphorées", comprenant les ortho-phosphates et le phosphore total, évaluée en ADE, BIO et SEQW, permettant d'apprécier le risque d'eutrophisation des eaux de surface associées (annexe 7).
- Le déplacement de l'aluminium de l'altération "MPM" (micropolluants minéraux) pour former une nouvelle altération avec la silice dans le groupe d'altérations "particules et éléments filtrables", avec le fer et le manganèse notamment (annexe 8).
- L'élimination d'une série de métaux lourds de la fonction BIO (biologie dans les cours d'eau) étant donné que les seuils de bonne qualité correspondants ne sont pas accessibles dans l'état actuel des techniques d'analyse d'eau. Par ailleurs, l'altération correspondant aux eaux "ultra-douces" (TH < 5°F), peu rencontrées en Wallonie, n'est plus retenue (annexe 9).
- Une révision importante des seuils de potabilisation S4 d'AEP en ADE qui concerne plusieurs métaux et paramètres minéraux ; cette révision provient de l'examen des procédés courants de traitement des eaux souterraines applicables en Région wallonne. Le cas du nickel a nécessité des investigations complémentaires en matière de traitabilité de cet élément (annexe 10).
- La problématique du fluor a été examinée avec la France et a fait finalement l'objet d'un avis du Ministère belge de la Santé publique, dont il ressort que la position du Conseil supérieur d'hygiène de Belgique s'écarte de la sensibilité française. Ce Conseil considère en effet que les apports en fluor sont déjà largement couverts (notamment par les dentifrices fluorés), que la marge de sécurité est très réduite pour cet élément et qu'il y a lieu d'améliorer la connaissance de l'exposition avant d'autoriser ou favoriser tout apport complémentaire. La fixation d'un seuil de qualité minimal AEP-M1 à 0,7 mg/l F<sup>-</sup> est donc incompatible avec la situation belge (annexe 11).

### 3.5 Planches de qualité détaillées et simplifiée

Les développements suivants ont fait l'objet d'un consensus au sein du comité.

#### a) Planches de qualité détaillées

Deux planches de qualité détaillées sont générées par point d'eau. A titre d'exemple, celles relatives aux galeries de Hesbaye (plus particulièrement au niveau du réservoir d'Ans) sont données en annexe 12.

- La première planche reprend sous forme de tableau la valeur des indices (et la classe de qualité) pour les 8 "usages" retenus (+ les 3 dédoublements permettant de comparer le SEQ-ESO et le SEQEAU) et les 14 altérations définies.
- La seconde planche reprend : le paramètre limitant dans chaque cas où la très bonne qualité (bleu) n'est pas atteinte, le paramètre limitant pour les 6 groupes d'altérations agrégées, et le paramètre globalement limitant (toutes altérations confondues).

Il faut bien distinguer les cases du tableau pour lesquelles aucune altération n'est prévue par le SEQ, celles pour lesquelles l'altération est prévue mais non calculable faute de seuils établis, et enfin celles qui n'ont pas pu être calculées faute de résultats disponibles. Dans cette dernière catégorie rentrent les analyses pour lesquelles le nombre de paramètres mesurés est insuffisant pour valider l'altération.

#### *Discussion concernant le cas du réservoir d'Ans :*

La contamination en nitrate de la galerie de Hesbaye est bien mise en évidence ; le diagnostic de qualité est bon (62 = vert) pour la distribution d'eau et médiocre (24 = orange) pour l'état patrimonial, avec en conséquence un indice général moyen (42 = jaune). La légère contamination en pesticides est également soulignée ; elle ne pose aucun problème au niveau de la distribution d'eau. Pour la minéralisation, si l'on élimine l'effet "fluor" dû à l'imposition en France d'un seuil minimum de 0,7 mg/l dans les eaux, ce sont les sulfates qui apparaissent comme légèrement limitants.

#### b) Planche de qualité simplifiée

Dans la perspective d'utilisation du SEQ-ESO comme outil de communication, une fiche de qualité simplifiée, plus accessible au grand public a été élaborée, sur base d'un modèle français.

Le Comité de suivi du projet a décidé de ne faire figurer sur cette fiche que les 6 groupes d'altérations. Seuls les "usages" fondamentaux "Distribution", "Etat patrimonial" et "Biologie des cours d'eau" sont conservés, en plus de l'indice général de qualité. Les résultats fournis par le SEQ-ESO pour les usages "Agriculture" et "Industrie" apportant peu d'information, ces deux usages n'ont donc pas été repris dans la fiche de synthèse.

Par rapport à la version française, on conserve le code de couleur sans mention de la valeur de l'indice et on essaiera d'y adjoindre une symbolique pour compléter l'information "couleur". Les paramètres limitants sont indiqués sauf pour la très bonne qualité (bleu) où ils n'apportent que de la confusion.

L'analyse de la qualité est donc grandement facilitée par l'examen global au départ, puis détaillé si nécessaire.

A titre d'exemple, l'annexe 13 reprend la fiche simplifiée dans deux cas de figure conceptuellement différents (galerie de Hesbaye et nappe alluviale à Engis), ainsi que le feuillet explicatif qui sera annexé à chaque fiche. Le cas d'Engis (qui dans l'état patrimonial apparaît en bleu pour les nitrates) montre qu'il faudra veiller à toujours reprendre un maximum d'altérations pour garantir la représentativité de la qualité générale. Par ailleurs l'importante contamination de la nappe alluviale à cet endroit du point de vue de la minéralisation (sulfates) et des métaux lourds (cadmium, zinc) ressort parfaitement de la fiche simplifiée. Enfin, les altérations non mesurées (il s'agit d'analyses spécifiques d'un site industriel), comme les pesticides et les hydrocarbures, sont clairement mentionnées.

### 3.6 Agrégation des données

Le SEQ-ESO permet d'agréger les données en un indicateur censé être représentatif de la masse d'eau, ce qui est l'objectif final recherché. Deux méthodes d'agrégation des données pour une masse d'eau ont été envisagées :

- Première méthode : *agrégation par paramètre*  
L'indice général de la masse d'eau = minimum des moyennes par paramètre des indices de chaque ouvrage.
- Deuxième méthode : *agrégation par altération*  
L'indice général de la masse d'eau = moyenne des minima par ouvrage des indices de chaque paramètre d'une altération.

Ces deux méthodes consistent à effectuer dans l'ordre les opérations suivantes (les deux premières opérations étant identiques quelque soit la méthode utilisée) :

1. Calcule des indices I relatifs à toutes les valeurs mesurées disponibles (par transformation des concentrations en indices adimensionnels, grâce à un modèle simple d'interpolation entre chaque seuil).
2. Pour chaque paramètre, calcul de la moyenne arithmétique des indices I pour chaque station de réseau de mesure, pendant la période de temps considérée ( $\Rightarrow$  IMO = indice moyen ouvrage).

Méthode 1 ( <i>par paramètres</i> )	Méthode 2 ( <i>par altération</i> )
<ol style="list-style-type: none"> <li>3. Pour chaque paramètre d'une altération, calcul de la moyenne arithmétique des IMO de tous les sites qui composent le réseau de surveillance de la masse d'eau (<math>\Rightarrow</math> IMM = indice moyen masse).</li> <li>4. Qualification de chaque altération de la masse d'eau par sélection de l'IMM minimum parmi les IMM des paramètres qui constituent cette altération.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. Pour chaque site composant le réseau de surveillance de la masse d'eau, sélection de l'IMO minimum parmi les IMO des paramètres qui constituent l'altération (<math>\Rightarrow</math> IMA= altération moyenne ouvrage).</li> <li>4. Qualification de chaque altération de la masse d'eau par calcul de la moyenne arithmétique des IMA de tous les sites qui composent le réseau de surveillance de la masse d'eau.</li> </ol>

Afin d'améliorer la compréhension, voici un exemple chiffré permettant de mettre en évidence la différence entre ces deux méthodes : soit 4 sites composant le réseau de mesure et de surveillance (X1, X2, X3 et X4) et 3 paramètres définissant une altération (P1,

*P2* et *P3*). Les IMO par paramètre et pour chaque ouvrage (obtenus après les 2 premières étapes de calcul) sont repris dans le tableau qui suit :

<b>IMO</b>	<b><i>X1</i></b>	<b><i>X2</i></b>	<b><i>X3</i></b>	<b><i>X4</i></b>
<b><i>P1</i></b>	82	85	19	75
<b><i>P2</i></b>	76	74	78	69
<b><i>P3</i></b>	54	42	55	40

#### Méthode 1

Etape 3 :

$IMM(P1)=65$

$IMM(P2)=74$

$IMM(P3)=48$

Etape4 :

$IMMmin=48 (P3)$

⇒ classe moyenne (jaune) avec  
*P3* comme paramètre limitant

#### Méthode 2

Etape 3 :

$IMA(X1)=54 (P3)$

$IMA(X2)=42 (P3)$

$IMA(X3)=19 (P1)$

$IMA(X4)=40 (P3)$

Etape4 :

$IMAmoy=39 (P1)$

⇒ classe médiocre (orange) avec  
*P1* comme paramètre limitant

L'exemple ci-dessus illustre clairement la différence qui existe entre les deux méthodes d'agrégation. Celles-ci ne donnent évidemment le même résultat que dans le cas particulier où l'altération est basée sur un seul paramètre (cas de l'altération "nitrates"). Dans les autres cas (par exemple pour l'altération "pesticides" composée de 8 paramètres), la seconde méthode est pénalisante (elle tient compte de la situation la plus défavorable) et donnera toujours un résultat moins bon (indice plus faible) que la première méthode, et ce d'autant plus que les mesures varient fortement d'un site à l'autre. En d'autres termes, la seconde méthode sanctionne la masse d'eau du point de vue de l'altération (par exemple les "pesticides"). Il s'agit d'une vision qui se rapproche d'autres raisonnements associés le plus souvent à des notions générales de vulnérabilité : *"lorsqu'un pesticide est généré par une pression locale, il altère la masse d'eau, peu importe de quelle pression (agricole ou non, etc...) et de quelle substance il s'agit"*.

Les experts participant au projet ont considéré que la première méthode devait être retenue parce qu'il est indispensable de conserver le lien avec la situation réelle relative à chaque paramètre, notamment dans l'optique des plans de gestion par masse d'eau.

### 3.7 Description du logiciel

La Région wallonne dispose d'une base de données relationnelle appelée Calypso dans laquelle les ouvrages de prise d'eau font référence à des usages, les paramètres chimiques sont codifiés et les analyses disponibles font référence à des contextes (eaux potabilisables, piézomètres de contrôle des C.E.T.,...). En d'autres termes, l'information nécessaire à "l'implémentation" du SEQ, avec tout le discernement nécessaire, est accessible pour tout résultat mesuré. L'architecture du SEQEAU s'adapte très bien à la structure Access de Calypso qui contient actuellement 10.500 analyses pour 318.000 valeurs mesurées.

Le logiciel annoncé par les Agences de l'eau n'étant à ce jour pas encore disponible, le développement du SEQ-ESO a été poursuivi à partir d'un module de calcul directement implanté dans la base de donnée Calypso. Une fois le développement du SEQ-ESO terminé, une version conviviale de Calypso pourra être mise à disposition des principaux centres d'étude concernés par la qualité des eaux souterraines. Un mode d'emploi sera établi par étapes (étendre le réseau de surveillance, ajouter des analyses, calculer certains paramètres, réaliser le traitement SEQ-ESO proprement dit, obtenir les planches de qualité,..).

Les principales originalités ne figurant pas dans la version de base française sont les suivantes :

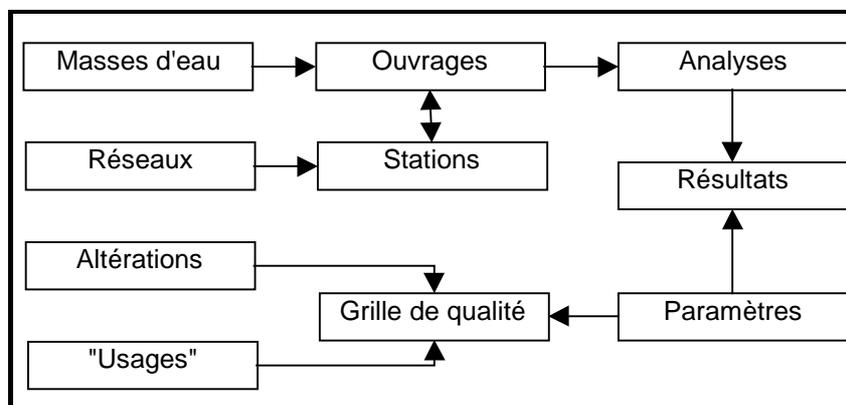
- Pour chaque altération, le paramètre limitant (c.-à-d. donnant la valeur de l'indice qualifiant l'altération) est retenu par le programme et mis en évidence.
- Le programme permet également de déterminer dans quelle mesure (nombre d'analyses, nombre de paramètres) les altérations sont évaluées et donc de mesurer la validité de la synthèse des résultats fournie par le SEQ-ESO.
- Enfin, le traitement des données est conçu de manière à permettre d'agréger les données en un indicateur censé être représentatif de la masse d'eau, ce qui est l'objectif final recherché.

En pratique, 4 tables supplémentaires ont été greffées sur Calypso :

- un catalogue des altérations (métaux, pesticides,...);
- un catalogue des "usages" au sens large, qui permettra d'introduire si nécessaire d'autres usages spécifiques à la Région wallonne;

- la grille de qualité proprement dite qui permet de fixer les différents seuils pour tout paramètre intervenant dans une combinaison *Usage + Altération*. Dans l'état actuel des travaux cette table contient 300 échelles de qualité.
- Une table permettant de définir les ouvrages (captages ou piézomètres) retenus en tant que *Stations* de surveillance des masses d'eau souterraine, c.-à-d. la définition du réseau de surveillance.

Le schéma relationnel entre les tables nécessaires est le suivant :



Cette configuration autorise un traitement unique des données pour le SEQ-ESO quelle que soit la masse d'eau et le réseau de surveillance choisi, pour tous les paramètres, altérations et usages retenus. Les flèches sont indiquées dans le sens où chaque donnée de la table de départ comprend ou est décrite par plusieurs données de la table d'arrivée (relations 1-> ∞). La relation entre *Ouvrages* et *Stations* a été développée pour ne pas grever la table des ouvrages de leurs caractéristiques (rarement connues) en tant que points de surveillance. La table additionnelle *Réseaux* permet de simuler des réseaux provisoires ou destinés à des applications particulières, autres que le réseau principal scientifiquement établi et baptisé SEQ.

Les tables existant avant le développement du SEQ-ESO (*Ouvrages*, *Analyses*, *Paramètres* et *Résultats*) sont décrites dans la présentation de Calypso faite par la Conférence Permanente pour le Développement Territorial (site Web CPDT.wallonie.be). Rappelons que *Résultats* est la table centrale de Calypso qui contient tous les résultats des analyses (toutes les mesures de paramètres effectuées sur les eaux souterraines), que la table *Paramètres* contient les unités, les normes et les limites de quantification maximales admissibles pour qu'un résultat permette d'appréhender le fond géochimique naturel, et que c'est la table *Analyses* qui rapporte les dates des différents prélèvements effectués et les laboratoires auxquels elles furent confiées.

Un travail important a consisté à mettre en relation chaque ouvrage pour lequel des analyses sont disponibles, avec les 33 masses d'eau souterraine récemment définies en Wallonie, et non plus simplement avec les aquifères principaux.

Par une série de 6 requêtes à partir de ces tables, on obtient les altérations relatives à un ouvrage ou à une masse d'eau. La séquence finalement retenue est la suivante :

- AASEQ1 : gestion des *Résultats* (nuls ou négatifs dans Calypso) donnés pour inférieurs à une limite de quantification : les zéros (correspondant à une non-détection) sont remplacés par le quart de la limite de quantification conventionnelle LOQ, les valeurs négatives supérieures à  $-LOQ$  sont remplacées par  $LOQ/2$  et les valeurs négatives inférieures à  $-LOQ$  sont éliminées du traitement. Cette première requête donne aussi la possibilité d'éliminer sciemment du traitement les paramètres qui ont donné lieu à des artefacts susceptibles de fausser le diagnostic SEQ-ESO.

- AASEQ2 : calcul des indices relatifs à tous les résultats validés pour toute la grille de qualité c.-à-d. autant de fois qu'un paramètre intervient dans un usage (en moyenne 2,6 fois dans l'état actuel de définition des altérations). Le temps de calcul des indices par paramètre en Access est tout à fait raisonnable ( $\pm 15$  secondes pour 100.000 enregistrements avec le Pentium III). Cette puissance de calcul a permis de conserver l'option de calculer d'abord les indices relatifs à toutes les données disponibles et d'ensuite effectuer la sélection de l'ouvrage ou de la masse d'eau auxquels on s'intéresse. Le calcul des indices est détaillé plus loin.
- AASEQ3 : première agrégation, celle des différentes analyses concernant un même ouvrage ; calcul de l'indice moyen par ouvrage (IMO) dans la période de temps considérée, toujours pour chaque paramètre, chaque altération (il n'est pas exclu qu'un paramètre intervienne pour plusieurs altérations dans un même usage) et chaque usage. Cette requête mémorise le nombre d'analyses effectuées pour chaque paramètre.

Ensuite, les requêtes sont différentes selon qu'on vise l'ouvrage ou la masse d'eau.

#### Pour un ouvrage

- AASEQo4 : sélection d'un ouvrage et écriture des expressions IMO, CODE ; ceci signifie que le code de chaque paramètre est recopié dans la partie décimale de l'indice qui lui correspond, de manière à être retenu en même temps que l'indice minimal.
- AASEQo5 : deuxième agrégation, obtention des IMA correspondant aux altérations par le minimum des IMO.
- AASEQo6 : requête croisée destinée à générer la planche de qualité (usage X altération) relative à l'ouvrage ; elle contrôle également le nombre de paramètres traités pour chaque altération

#### Pour une masse d'eau

- AASEQm4 : sélection d'une masse d'eau (et éventuellement d'un réseau de surveillance autre que SEQ). Deuxième agrégation, obtention des IMM correspondant à la masse d'eau par la moyenne des IMO. Cette requête contrôle le nombre de stations impliquées dans le traitement.
- AASEQm5 : écriture des expressions IMM, CODE ; ceci signifie que le code de chaque paramètre est recopié dans la partie décimale de l'indice IMM qui lui correspond, de manière à être retenu en même temps que l'indice minimal
- AASEQm6 : requête croisée destinée à générer la planche de qualité (usage X altération) relative à la masse d'eau ; elle effectue la troisième agrégation (minimum des IMM aboutissant à l'altération) et contrôle également le nombre de paramètres traités pour chaque altération.

La 6e requête est dans chaque cas appelée et injectée par lien ODBC dans des fichiers Excel ou s'effectue la mise en forme des planches de qualité détaillée et simplifiée (dont l'ajout des codes couleur et le remplacement des codes paramètre par leur libellé court). Le processus est actuellement semi-automatique.

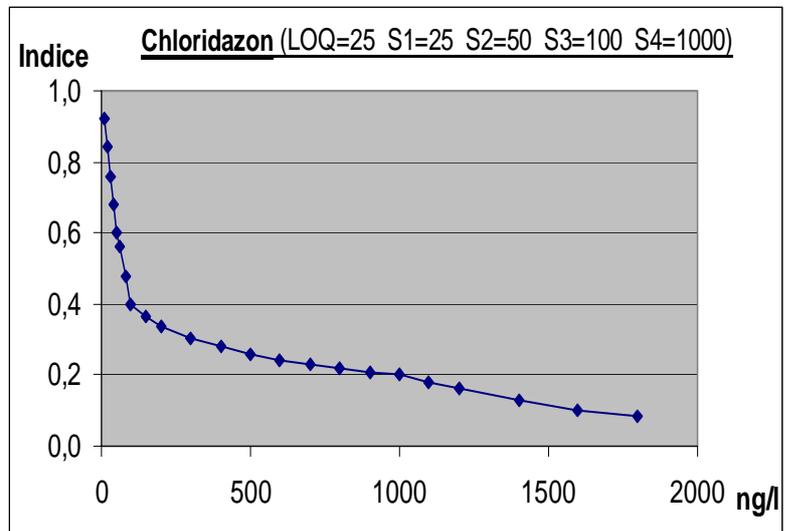
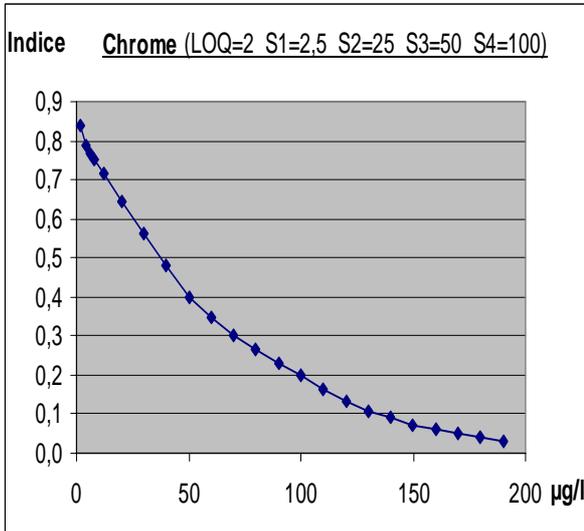
#### Calcul des indices

Les fonctions d'interpolation et d'extrapolation qui donnent, sans complexité inutile, la courbe des indices la mieux lissée pour l'ensemble des paramètres sont les suivantes :

- entre 0 et S1 (indice 100 à 80) : linéaire ;
- entre S1 et S2 (indice 80 à 60) : linéaire ;

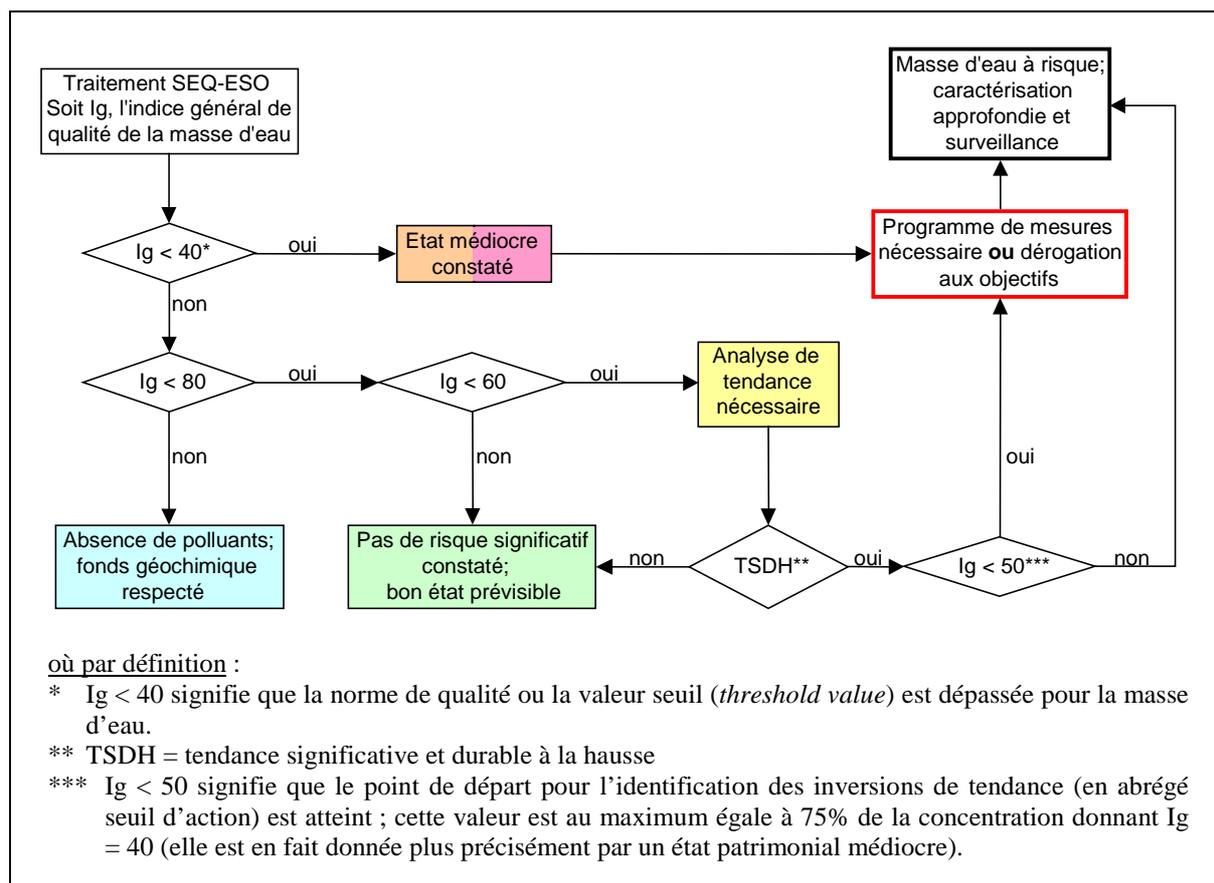
- entre S2 et S3 (indice 60 à 40) : linéaire ;
- entre S4 et S4 (indice 40 à 20) : anti-logarithmique tangente à la droite S2-S3 (en S3) ;
- au-delà de S4 (indice 20 à 0) : exponentielle négative tangente à une droite S3-S4 (en S4).

En voici deux exemples pour l'indice général SEQW où la meilleure précision est exigée :



#### 4. Conclusions et perspectives

Revenons aux notions fondamentales de la Directive-cadre de l'eau et du projet de Directive-fille pour les eaux souterraines. La caractérisation initiale doit permettre, sur base de l'analyse des pressions et de la vulnérabilité, d'identifier les polluants et les masses d'eau courant un risque de ne pas atteindre les objectifs de l'article 4 en 2015. En l'absence de cette analyse et au vu de la définition très relative et dépendante de l'échelle considérée de la "vulnérabilité" (ajoutée au caractère très subjectif des méthodes empiriques le plus souvent utilisées), le SEQ-ESO permet d'appréhender ce risque à partir des seules données disponibles en appliquant le logigramme suivant :



Une simplification importante qui résulte du schéma ci-dessus consiste à éluder l'analyse de tendance pour la bonne qualité (vert) bien que toute tendance à la hausse doive être inversée quel que soit le niveau de qualité où elle se produit; les simulations nous apprendrons si ce *seuil de non risque* est justifié.

Enfin, rappelons que le SEQ-ESO n'est pas figé et doit au contraire être considéré comme un instrument évolutif ; il est donc évident que les seuils clés (seuil de non risque, seuil d'action et seuil de bon état) pourront encore être adapté, dans un sens comme dans l'autre, en fonction des résultats de l'examen initial de la qualité des différentes masses d'eau, pour aboutir aux normes relatives aux eaux souterraines que la Région wallonne devra adopter préalablement à l'élaboration de ses plans de gestion par district hydrographique.

## **Annexe I**



## NOTE AU GOUVERNEMENT WALLON

---

**Objet :** Proposition d'adoption des principes et de la structure du "SEQ – Eaux souterraines" (système d'évaluation de la qualité des eaux souterraines) comme outil de caractérisation de la qualité des eaux souterraines.

### **I. RETROACTES**

La Directive 2000/60/CE du 23 novembre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau a pour objectif la gestion intégrée de l'eau par bassin hydrographique (la Meuse, l'Escaut et le Rhin en ce qui concerne la Région wallonne).

L'article 4 concernant les objectifs environnementaux prévoit que la Région wallonne mette en œuvre les mesures nécessaires pour :

- Prévenir ou limiter le rejet de polluants dans les eaux souterraines et prévenir la détérioration de l'état de toutes les masses d'eau souterraines.
- Protéger, améliorer et restaurer toutes les masses d'eau souterraines afin d'obtenir un bon état quantitatif et chimique des masses d'eau souterraines au plus tard fin 2015, à moins qu'elles ne soient tellement touchées par l'activité humaine ou que leur condition naturelle soit telle que ceci s'avère impossible ou d'un coût disproportionné.
- Inverser toute tendance à la hausse, significative et durable, de tout polluant résultant de l'impact de l'activité humaine, afin de réduire progressivement la pollution des eaux souterraines.

Les critères d'évaluation du bon état chimique, d'identification des tendances à la hausse ainsi que de définition des points de départ pour les inversions de tendances sont en cours d'élaboration dans le cadre d'une directive-fille sur les eaux souterraines en préparation. Dans l'état actuel des travaux de la Commission européenne, il semble que, pour certains polluants, autres que ceux visés par d'autres dispositions législatives communautaires (pesticides et nitrates), les critères restent indicatifs et qu'il soit fait appel au principe de subsidiarité, auquel cas il reviendra à la Région wallonne de fixer elle-même ses normes de qualité pour les eaux souterraines.

L'article 8 de la Directive impose à la Région wallonne l'établissement de programmes de surveillance afin de dresser un bilan complet de l'état des eaux au sein de chaque district hydrographique. Dans le cas des eaux souterraines, cette surveillance porte sur l'état quantitatif et l'état chimique.

L'article 8 précise que ces programmes de surveillance doivent être opérationnels au plus tard fin 2006 et doivent être conformes aux exigences de l'Annexe V.

Selon l'Annexe V de la Directive-Cadre, la surveillance de l'état chimique des masses d'eau souterraines doit porter sur les paramètres fondamentaux que sont la teneur en oxygène, la valeur des pH, la conductivité, les nitrates et l'ion ammonium, ainsi que sur les paramètres indicatifs des pressions engendrées par l'activité humaine, à savoir principalement les sources de pollution diffuses et ponctuelles et le captage (intensif).

Issus de ces pressions, les polluants suivants sont identifiés à l'échelle européenne : chlorures, pesticides, métaux lourds, hydrocarbures et solvants chlorés.

Les masses d'eau transfrontalières (c'est le cas de la plupart de nos nappes) doivent en outre être soumises à un contrôle portant sur les paramètres qui sont pertinents pour la protection de tous les usages possibles des eaux souterraines.

L'impact des eaux souterraines sur la qualité des eaux de surface associées ou sur les écosystèmes terrestres doit notamment pouvoir être évalué.

L'état chimique doit pouvoir être synthétisé non seulement en combinant les différents paramètres pour lesquels la législation communautaire prévoit des normes de qualité environnementale, mais encore en calculant la valeur moyenne de la masse d'eau sur base des sites de contrôle qui en sont représentatifs.

L'état chimique global qui en résulte devra ensuite être alors indiqué par un point vert ou rouge, selon qu'il est bon ou médiocre, sur une carte des masses d'eau souterraine en Région wallonne à inclure dans le plan de gestion du district hydrographique.

Il est bien évident que ces exigences nécessitent la mise au point et l'utilisation d'outils performants d'évaluation de la qualité des eaux souterraines. L'annexe II 2.2. relative à la caractérisation détaillée des eaux souterraines prévoit d'ailleurs que les Etats-membres peuvent utiliser des typologies pour la caractérisation de la composition chimique des eaux souterraines lorsqu'ils établissent des niveaux naturels pour ces masses d'eau souterraine.

## **II. EXPOSE DU DOSSIER**

Dans le domaine des eaux de surface, les Agences de l'Eau françaises utilisent un outil performant d'évaluation de la qualité des cours d'eau, appelé SEQ – EAU, développé depuis les années '90 et récemment amélioré pour répondre au système de classification adopté par la Directive-Cadre. Cet outil a été testé dans le cadre du programme PIRENE et vu son grand intérêt, il est proposé au Gouvernement de l'adopter pour la Région wallonne.

A partir de 1995, les Agences de l'Eau et le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement français ont souhaité mettre en place pareillement, avec l'appui du Bureau de Recherches géologiques et minières (BRGM), 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 de surface.

Une version opérationnelle du "SEQ – Eaux souterraines" a été présentée par l'Agence Rhin-Meuse en février 2002 à l'occasion d'un séminaire scientifique organisé dans le cadre du projet PIRENE.

A notre connaissance, en dehors d'un ensemble de grilles de qualité utilisées par l'Agence suédoise de l'Environnement, c'est la première fois qu'un tel outil de synthèse et d'aide à la décision est proposé en Europe pour la qualité des eaux souterraines.

Le "SEQ – Eaux souterraines" est déjà opérationnel en France, des modifications mineures intervenant de temps à autre.

L'Agence de l'Eau Rhin-Meuse a donné son accord pour que la Région wallonne soit insérée dans le processus de tenue à jour régulière du "SEQ – Eaux souterraines" et de son logiciel.

### Principe du "SEQ – Eaux souterraines"

Le système est basé sur la notion d'altération. Les paramètres chimiques sont apparentés du point de vue de leur nature, de leurs effets et du traitement de l'eau qu'ils nécessitent. Un ensemble de 17 altérations (les pesticides, les métaux lourds, les micro-polluants minéraux, ...) a été défini. Pour chacune de ces altérations, un indice de qualité variant entre 0 et 100 peut être calculé et déterminer une classe de qualité suivant les codes de couleur vert, bleu, jaune, orange et rouge.

Les altérations sont examinées par rapport à trois fonctions essentielles :

#### 1) Les usages de l'eau

- La production d'eau pour l'alimentation en eau potable est reconnue comme l'usage majeur, ce qui est également le cas en Région wallonne. Quatre classes de qualité y sont proposées pour 14 altérations. Une classe de qualité inférieure pour l'eau non plus potable mais encore potabilisable est introduite dans la classification.
- D'autres usages de l'eau tels l'industrie, l'énergie, l'irrigation et l'abreuvement peuvent également être évalués.

#### 2) L'état patrimonial

Celui-ci exprime le degré de dégradation d'une eau du fait de la pression exercée par les activités socio-économiques sur les nappes, sans référence à un usage quelconque.

Cette fonction intervient généralement pour fixer la classe de référence ou de très bonne qualité (bleu), lorsqu'elle est combinée avec l'usage de l'eau.

#### 3) L'aptitude chimique des eaux souterraines à la biologie des cours d'eau est la troisième fonction prise en compte pour satisfaire les besoins exprimés dans la Directive-Cadre. Les seuils de qualité sont bien entendu compatibles avec ceux relatifs aux cours d'eau.

L'architecture du SEQ est modulaire, ce qui lui confère une très grande souplesse. Les critères de qualité, basés sur les normes existantes et sur l'expérience française, sont susceptibles d'évoluer et restent adaptables aux spécificités réglementaires applicables en Wallonie.

Une centaine de paramètres chimiques mais aussi microbiologiques sont actuellement pris en considération. Pour les pesticides, les substances pertinentes sont pratiquement similaires à celles qui sont généralement retenues en Région wallonne.

L'indice global correspondant à un point de mesure de la qualité est l'indice minimum des différentes altérations retenues, ce qui permet de synthétiser à l'extrême la notion de qualité de l'eau souterraine comme le veut la Directive-Cadre de l'Eau.

### Premiers tests sur le SEQ – Eaux souterraines

Une première évaluation du "SEQ – Eaux souterraines" a été réalisée par l'Administration et l'Observatoire des Eaux souterraines, pour l'usage "production d'eau potable", en combinaison avec l'état patrimonial, et ce pour cinq altérations importantes (matières organiques et oxydables, minéralisation et salinité, nitrates, métaux lourds et pesticides).

L'outil s'adapte particulièrement bien à la structure de la banque de données de la D.G.R.N.E. Il ressort de cette première analyse que 743 prises d'eau destinées à la distribution publique en Région wallonne peuvent être classées comme suit :

- très bonne qualité : 2,3 %
- bonne qualité : 24,9 %
- qualité moyenne : 50,1 %
- qualité médiocre : 20,6 %
- mauvaise qualité : 2,1 %

Dans un deuxième temps, le SEQ a été simulé et agrégé aquifère par aquifère sur l'ensemble de la base de données de la DGRNE relative à la qualité des eaux souterraines de manière à obtenir un état chimique global par masse d'eau.

Les 2 tableaux de synthèse annexés permettent de comparer les indices calculés à partir des seuils français et à partir d'une ébauche de seuils wallons reprenant notamment les critères élaborés pour les eaux souterraines dans le projet de décret relatif à l'assainissement des sols.

L'ensemble des seuils de qualité retenus en France manque tantôt manifestation de pouvoir discriminant (notamment pour les métaux lourds où pratiquement toutes les nappes sont diagnostiquées dans le bleu de l'excellente qualité) mais il est aussi parfois trop restrictif notamment en ce qui concerne la minéralisation pour laquelle les nappes sont trop souvent déclassées selon des critères relatifs à la dureté et à la conductivité pourtant parfaitement naturelles.

Par ailleurs, les seuils à atteindre pour qualifier l'absence d'altération vis-à-vis des pesticides et des hydrocarbures aromatiques polycycliques sont inaccessibles pour la plupart des laboratoires wallons.

Quoiqu'il en soit, les résultats de synthèse donnés par le SEQEAU sont remarquablement pertinents et correspondent tout à fait aux menaces bien connues ou suspectées pour les aquifères de la Région wallonne, soit :

- une altération relative au NITRATE pour les nappes des Sables Bruxelliens, du Crétacé de Hesbaye et des formations calcaires et gréseuses du synclinorium de Dinant (Sud-Namurois) pour lesquelles les mesures sont déjà prises : désignation de zones vulnérables et programme de gestion durable de l'azote en agriculture (AGW du 10 octobre 2002).
- une altération relative aux pesticides pour les mêmes Sables Bruxelliens et les Calcaires dévoniens du synclinorium de Dinant (Karst) si la tendance dans ces nappes devait se confirmer.
- des problèmes de surminéralisation survenant pour la nappe (surexploitée) du Calcaire carbonifère du Tournaisis (sulfates, formation d'ammonium et dissolution de fer et manganèse) et la nappe des Craies du bassin de Mons (SO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>).

Par contre la faible minéralisation bien connue et mise en évidence pour les nappes de l'Ardenne et les Eaux carbo-gazeuses (+fer) est tout à fait naturelle et ne nécessite pas de mesure corrective dans le cadre de la gestion future des masses d'eau.

Le diagnostic SEQEAU qui indique une eau de mauvaise qualité correspond ici à l'usage de distribution d'eau par canalisations et ne signifie nullement que l'eau embouteillée (minérale, de source,...) puisse être de mauvaise qualité.

### Intérêt pour la Région wallonne d'adopter ce système

Le "SEQ – Eaux souterraines" répond donc à deux contraintes fixées par la Directive Cadre de l'Eau 2000/60/CE concernant à l'avenir le traitement des données chimiques caractérisant les masses d'eau souterraine :

- tenir compte de tous les usages pertinents de l'eau souterraine
- établir un état chimique synthétique et synoptique par masse d'eau à partir d'un réseau de surveillance correctement mis au point.

En outre, il est intéressant à plus d'un titre en Région wallonne:

1. Dans la perspective de la gestion des eaux souterraines dans les districts hydrographiques internationaux, il permet d'harmoniser l'approche de la qualité avec notre voisin français.
2. La Région wallonne gagne un temps précieux dans la mise en œuvre de la Directive-Cadre et bénéficie de l'expérience de la France qui possède une grande variété de systèmes aquifères.
3. C'est un outil évolutif qui ne nécessite que de petites adaptations aux spécificités wallonnes. A l'inverse, la Région wallonne pourrait revoir certains éléments de sa législation relative aux eaux souterraines sur la base de critères existants en France (fixation de normes pour les eaux souterraines potabilisables par exemple).
4. C'est un excellent outil de diagnostic et de synthèse de la qualité des eaux souterraines : il est rationnel, complet, souple et puissant. C'est pour la même raison un bon outil de communication, permettant d'éviter les interprétations erronées en matière de qualité des eaux, telles celles émanant de certaines équipes universitaires américaines.

### **III. DEFINITION DES MOYENS**

L'Observatoire des Eaux souterraines est déjà en mesure de produire des cartes de qualité des eaux souterraines en Région wallonne correspondant aux différentes altérations, pour l'Atlas des nappes et le Tableau de Bord de l'Environnement, deux documents mis à disposition sur l'Internet.

Une fois adopté par la D.G.R.N.E., l'outil fera l'objet d'un projet d'aménagement de la banque de données « 10-sous » de la Direction des Eaux souterraines, dont l'analyse et la réalisation sera confiée au G.I.E.I.

Une fiche de caractérisation qualitative selon les usages de l'eau et les altérations avec calcul des indices sera proposée à la consultation en complément des bulletins d'analyse correspondant à un ouvrage ou à un piézomètre. Cette fiche, compréhensible par le grand public, fera partie du développement sur Internet d'une partie de la banque de données.

Pour ce qui concerne la prise en compte du "SEQ – Eaux souterraines" dans l'élaboration des réseaux de surveillance de la qualité :

- Des compléments seront apportés par la D.G.R.N.E. à la liste des analyses imposées aux principales prises d'eau potabilisable, notamment des instructions relatives à la précision des mesures (seuils de détection) et la révision des hydrocarbures et des pesticides pertinents et obligatoire pour faire fonctionner le SEQ-EAU. Cette adaptation est déjà réalisée pour ce qui concerne les campagnes d'analyses complémentaires réalisées par l'ISSeP.
- Lors de la structuration des réseaux de surveillance par masse d'eau (pour laquelle une étude d'un an avec les services d'hydrogéologie de l'Université de Liège vient de démarrer en décembre 2002), une partie du travail devra être consacrée à la compatibilité des différentes catégories d'analyses et de l'usage des ressources retenues pour la surveillance, avec le système SEQ – EAU.

Dans ce cadre, l'intervention de plusieurs experts est sollicitée pour la fixation de certains seuils de qualité qui doivent être adaptés, notamment les bruits de fond et les seuils d'intervention en ce qui concerne l'état patrimonial relatif aux métaux lourds et aux micro-polluants organiques divers. L'examen de plusieurs paramètres chimiques comme les sulfures, les cyanures et les fluorures, figure également au programme des travaux de validation.

Les autres objectifs assignés concernant le SEQ-Eaux souterraines au cours de ce contrat d'étude sont :

- \* l'examen des usages agricoles et industriels de l'eau souterraine et de leur pertinence en Wallonie;
  - \* la mise au point d'un indicateur SEQ général permettant de comparer toutes les eaux souterraines sur une même base en tenant compte à la fois de l'usage alimentaire, de l'état patrimonial des eaux souterraines et de leur aptitude à la vie biologique dans les cours d'eau qui en dépendent. Sur ce dernier point la collaboration des ressources du programme PIRENE est acquise.;
  - \* une prise de position sur la manière d'agrèger les données à partir des stations de mesure jusqu'au niveau global de la masse d'eau en utilisant les indices calculés, simulations à l'appui.
- En ce qui concerne le futur réseau patrimonial, il y a peu de modifications à apporter au dernier projet déposé par l'ISSeP quant au contenu des analyses, du fait de l'adoption du "SEQ – Eaux souterraines". Toutefois, le transfert des données émanant des réseaux de mesure et leur conversion en rapports de synthèse utilisant la typologie du "SEQ – Eaux souterraines" nécessitera ¼ temps plein (niveau 2+).

#### **IV. IMPACT BUDGETAIRE**

La prise en compte des altérations pertinentes et des paramètres chimiques visés par le "SEQ – Eaux souterraines" introduit des modifications marginales à la liste des paramètres que la Région wallonne se propose de mesurer sur son réseau patrimonial.

L'adaptation de la banque de données « 10-sous » nécessitera en 2004 un développement informatique que l'on peut estimer à 50.000 €

#### **V. AVIS DE L'INSPECTION DES FINANCES**

Non requis.

**VI. ACCORD DU MINISTRE DU BUDGET**

Non requis.

**VII. ACCORD DU MINISTRE DE LA FONCTION PUBLIQUE**

Pour mémoire.

**VIII. INCIDENCE EMPLOI**

Création de ¼ poste de travail au sein de la D.G.R.N.E.

**IX. PROPOSITION**

Le Gouvernement wallon approuve l'adoption des principes et de la structure du "SEQ – Eaux souterraines" (Système d'évaluation de la qualité des eaux souterraines) comme outil de caractérisation de la qualité des eaux souterraines en Région wallonne.

Le Ministre de l'Aménagement du Territoire, de  
l'Urbanisme et de l'Environnement,

M. FORET

Annexe : Premières simulations de la caractérisation de la qualité chimique des eaux souterraines en Région wallonne – application du SEQ-Eaux souterraines à l’ensemble de la base de données CALYPSO de la DGRNE.

a) avec les seuils de qualité actuellement proposés en France et pour la combinaison des 2 fonctions « Alimentation en eau potable » et « Etat patrimonial » :

Masses d'eau principales (provisoires)			Altérations								
GWB_ID	GWB_NAME	Sites	Global	1 MIN	2a NO3	2b AZOT	2c MOX	3 FEM	4 MPM	5 PES	6 HAP
BE001	Calcaires du bord Nord du bassin de Namur	93	63,6%	63,6%	86,1%	88,5%	87,3%	65,3%	83,1%	82,3%	86,8%
BE002	Calcaires carbonifères du bassin de Dinant	80	59,3%	76,4%	59,3%	91,7%	90,9%	88,9%	90,0%	65,7%	85,0%
BE003	Craies du bassin de Mons	61	50,8%	50,8%	65,8%	67,0%	85,6%	80,7%	75,8%	72,1%	85,8%
BE004	Craies de Hesbaye	26	51,6%	69,0%	51,6%	93,9%	91,4%	88,5%	73,9%	68,7%	87,1%
BE005	Sables Bruxelliens et Landéniens du Brabant	87	47,7%	65,7%	47,7%	93,5%	89,3%	86,9%	83,9%	58,4%	85,0%
BE006	Calcaires carbonifères du Tournaisis	17	40,5%	52,8%	93,2%	53,2%	79,2%	40,5%	65,9%	87,5%	87,5%
BE007	Graviers de la Meuse	39	61,0%	61,0%	71,3%	83,8%	88,3%	74,0%	73,5%	66,4%	86,5%
BE008	Craies captives du Brabant	14	70,0%	70,0%	74,5%	85,9%	85,6%	70,8%	86,7%	81,7%	87,5%
BE009	Formations jurassiques du Sud-Luxembourg	37	77,3%	82,4%	80,7%	93,8%	93,1%	85,7%	83,2%	77,3%	86,9%
BE010	Massif schisto-gréseux de l'Ardenne	53	52,9%	52,9%	77,0%	93,1%	91,4%	79,4%	82,5%	82,4%	85,7%
BE011	Massif schisto-gréseux du bassin de Dinant	61	58,5%	78,7%	58,5%	92,0%	90,4%	87,4%	88,4%	74,1%	85,4%
BE012	Calcaires dévonien du bassin de Dinant	31	58,2%	76,1%	59,7%	92,6%	90,9%	86,8%	84,4%	58,2%	84,4%
BE013	Socle cambro-silurien de l'Ardenne	42	34,3%	34,3%	88,9%	94,4%	87,8%	71,9%	86,2%	85,2%	85,6%
BE014	Aquifères du massif de la Vesdre	13	63,8%	76,7%	63,8%	92,2%	89,1%	77,1%	81,3%	84,9%	85,0%
BE015	Crétacé du Pays de Herve	9	70,6%	76,5%	70,6%	95,1%	92,4%	78,5%	77,2%	73,6%	86,8%
BE016	Socle cambro-silurien du Brabant	11	57,7%	63,2%	73,6%	88,9%	86,2%	57,7%	84,4%	63,4%	87,5%
BE017	Eaux Carbo-gazeuses	9	14,1%	24,6%	99,0%	95,0%	96,6%	14,1%	70,0%	ND	ND
BE018	Conglomérats du Rhétien	1	59,0%	75,3%	99,5%	59,0%	ND	97,0%	70,6%	90,0%	94,0%

Contenu minimum des altérations principales:	
<b>1MIN</b>	Minéralisation et salinité (pH, dureté, chlorures, sulfates,...)
<b>2a NO3</b>	Nitrates
<b>2b AZOT</b>	Matières azotées hors nitrates
<b>2c MOX</b>	Matières organiques oxydables
<b>3FEM</b>	Fer et Manganèse
<b>4MPM</b>	Micropolluants minéraux (métaux lourds, bore, cyanures,...)
<b>5PES</b>	Pesticides (atrazine, diuron, simazine, isoproturon,...)
<b>6HAP</b>	Hydrocarbures aromatiques polycycliques (benzopyrène,...)

Valeurs et signification de l'indice SEQEAU:	
Entre 80 et 100%	Eau de très bonne qualité (naturelle)
Entre 60 et 80%	Eau de bonne qualité
Entre 40 et 60%	Eau de qualité moyenne (potable)
Entre 20 et 40%	Eau de qualité médiocre
Entre 0 et 20%	Eau de mauvaise qualité

*Simulation avec les seuils français*

ND = non disponible

- b) avec des seuils de qualité légèrement adaptés pour la Région wallonne pour la combinaison des 3 fonctions « Alimentation en eau potable », « Etat patrimonial » et « Aptitude à la biologie des Cours d'eau » :

Masses d'eau principales (provisoires)			Altérations						
GWB_ID	GWB_NAME	SITES	Global	1MIN	2NUT	3FEM	4MPM	5PES	6HAP
BE001	Calcaires du bord Nord du bassin de Namur	92	64,5%	66,6%	87,0%	64,5%	74,0%	84,3%	90,6%
BE002	Calcaires carbonifères du bassin de Dinant	79	62,4%	80,3%	62,4%	80,4%	87,0%	65,8%	88,2%
BE003	Craies du bassin de Mons	59	52,9%	52,9%	67,0%	80,7%	74,5%	73,2%	89,8%
BE004	Craies de Hesbaye	26	54,2%	74,1%	54,2%	83,4%	70,8%	69,7%	90,8%
BE005	Sables Bruxelliens et Landéniens du Brabant	86	49,3%	68,7%	49,3%	76,8%	77,7%	57,6%	88,5%
BE006	Calcaires carbonifères du Tournaisis	18	39,1%	54,8%	53,2%	39,1%	66,3%	90,0%	91,6%
BE007	Graviers de la Meuse	38	64,6%	64,6%	73,3%	74,0%	74,9%	67,0%	90,5%
BE008	Craies captives du Brabant	14	70,1%	75,0%	76,8%	70,1%	74,9%	83,9%	91,7%
BE009	Formations jurassiques du Sud-Luxembourg	36	79,3%	88,9%	81,8%	85,4%	80,4%	79,3%	90,6%
BE010	Massif schisto-gréseux de l'Ardenne	52	54,6%	54,6%	78,7%	79,1%	78,5%	84,9%	89,2%
BE011	Massif schisto-gréseux du bassin de Dinant	60	61,0%	82,9%	61,0%	85,3%	84,2%	75,7%	88,7%
BE012	Calcaires dévoniens du bassin de Dinant	30	55,2%	81,6%	60,1%	85,4%	81,6%	55,2%	85,7%
BE013	Socle cambro-silurien de l'Ardenne	41	37,3%	37,3%	87,8%	71,9%	79,4%	87,7%	89,2%
BE014	Aquifères du massif de la Vesdre	13	62,7%	84,8%	62,7%	78,6%	73,4%	84,4%	88,1%
BE015	Crétacé du Pays de Herve	9	69,2%	84,2%	72,2%	78,1%	69,2%	75,0%	90,8%
BE016	Socle cambro-silurien du Brabant	11	57,7%	65,4%	75,1%	57,7%	77,9%	64,0%	91,7%
BE017	Eaux Carbo-gazeuses	9	5,0%	40,3%	86,1%	5,0%	68,5%	ND	ND
BE018	Conglomérats du Rhétien	1	59,0%	83,0%	59,0%	93,0%	73,9%	92,3%	94,0%

Contenu minimum des altérations principales:	
<b>1MIN</b>	Minéralisation et salinité (pH, dureté, chlorures, sulfates,...)
<b>2NUT</b>	Nutriments (nitrates, ammonium, carbone organique,...)
<b>3FEM</b>	Fer et Manganèse (+ turbidité, aluminium, silice,...)
<b>4MPM</b>	Micropolluants minéraux (métaux lourds, bore, cyanures,...)
<b>5PES</b>	Pesticides (atrazine, diuron, simazine, isoproturon,...)
<b>6HAP</b>	Hydrocarbures aromatiques polycycliques (benzopyrène,...)

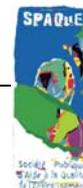
  

Valeurs et signification de l'indice SEQEAU:	
Entre 80 et 100% :	Eau de très bonne qualité (naturelle)
Entre 60 et 80% :	Eau de bonne qualité
Entre 40 et 60% :	Eau de qualité moyenne (potable)
Entre 20 et 40% :	Eau de qualité médiocre
Entre 0 et 20% :	Eau de mauvaise qualité

*Simulation avec des seuils adaptés pour la Région wallonne*  
ND = non disponible

## **Annexe II**





# 1 INTRODUCTION

*Ce document présente les propositions de normes destinées à accompagner le projet de décret relatif à l'assainissement des sols pollués et aux sites d'activités économiques à réhabiliter.*

*Il s'agit de propositions figurant dans l'avant-projet d'arrêté d'exécution relatif aux valeurs de référence, aux valeurs seuil et aux valeurs d'intervention (Première lecture. GW VII/2004/19.02/Doc. 6932/M.F.). Ces propositions couvrent les familles les plus essentielles de polluants, à savoir : les métaux lourds/métalloïdes, les hydrocarbures monoaromatiques non halogénés, les hydrocarbures polyaromatiques, et les huiles minérales. Il s'agit des polluants constitutifs du « paquet standard d'analyses », c'est-à-dire des polluants prévus pour faire l'objet d'une analyse systématique lors de la réalisation des études de sol (Etude d'orientation <sup>1</sup>).*

*Les valeurs proposées sont issues de l'application de procédures de calcul qui sont présentées dans le détail dans un rapport séparé <sup>2</sup>. Les résultats de l'application brute des procédures ont été corrigés, dans certains cas, sur base d'un test final d'applicabilité. Ce dernier est destiné à assurer à chacune des valeurs un caractère réaliste d'application. Sont prises en compte notamment : les teneurs admissibles dans d'autres milieux (air, eau), les teneurs naturelles « normales », les limites de quantification analytique, les teneurs les plus courantes sur site pollué, les valeurs proposées dans des systèmes de normes étrangers.*

*La comparaison des normes proposées avec celles en vigueur dans d'autres pays/régions (cf. annexe I) doit prendre en compte les éléments suivants :*

- 1. La spécificité de fonctionnement du système de normes (système à « trois valeurs »).*
- 2. Les types de risques « couverts » par la norme.*
- 3. L'état de référence (« sol standard »).*
- 4. L'évolution des connaissances.*

*Contrairement au système flamand <sup>3</sup> (système à « deux valeurs »), un système à « trois valeurs », jugé plus approprié pour le contexte wallon, a été retenu. Son fonctionnement, proche des systèmes adoptés dans la législation « stations-service » <sup>4</sup> ainsi que dans plusieurs législations étrangères, permet d'allier dans une plus large mesure sécurité et souplesse dans les décisions.*

*Les méthodes retenues pour le calcul des normes s'inspirent des développements les plus récents intervenus à l'échelle internationale dans les domaines de l'évaluation des risques et de la recherche de normes pour la santé humaine, la protection des écosystèmes et la protection des nappes. La méthodologie retenue globalement présente néanmoins ses spécificités et constitue une réelle avancée. Son intérêt a été relevé par le TCB (Technische Commissie Bodembescherming) aux Pays-Bas, dans une récente revue des systèmes de normes en place dans les différents pays.*

*L'une des spécificités du système est la cohérence entre les normes « sol » et les normes « eaux souterraines ». S'agissant des normes applicables pour l'eau souterraine, ces dernières sont issues des travaux de concertation inter-Régions entre l'OVAM, le VITO, l'IBGE et la SPAQuE initiés en 2001 dans le cadre du projet d'harmonisation des normes prévu par le Protocole d'Accord entre les trois Ministres de l'Environnement. Le détail concernant les propositions de normes pour 70 polluants peut être retrouvé dans un rapport séparé <sup>5</sup>.*

<sup>1</sup> SPAQuE – Tauw – ERM (2002). Elaboration du Guide pour l'Etude d'Orientation. Rapport Final.

<sup>2</sup> Halen, H. E. Maes, M. Moutier. (2004). Procédures de calcul des normes pour le sol : valeur de référence (VR), valeur seuil (VS) et valeur d'intervention (VI). Rapport SPAQuE – mars 2004.

<sup>3</sup> Décret du 22 février 1995 relatif à l'assainissement du sol et ses modifications.

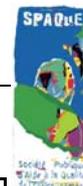
<sup>4</sup> Arrêté du Gouvernement wallon du 4 mars 1999 modifiant le titre III du Règlement général pour la protection du travail en insérant des mesures applicables à l'implantation et l'exploitation des stations-service, modifié par l'AGW du 17 juillet 2003.

<sup>5</sup> IBGE-SPAQuE-OVAM-VITO (2002). Groupe de travail « harmonisation des normes pour le sol » - Protocole d'Accord entre les Ministres de l'Environnement. Rapport Phase 1. 15 octobre 2002.

## 2 TABLEAU DE SYNTHÈSE DES PROPOSITIONS DE NORMES

(Avant-projet d'arrêté d'exécution relatif aux valeurs de référence, aux valeurs seuil et aux valeurs d'intervention - Première lecture)

Type d'usage <sup>(7)</sup>		Sol (mg/kg <sub>matière sèche</sub> )					Eaux souterraines (µg/L)
		I naturel	II agricole	III résidentiel ou mixte	IV récréatif	V industriel	
<b>Métaux/métalloïdes</b>							
arsenic	VR	12	12	12	12	12	1
	VS	15	15	40	40	50	10
	VI	120	120	300	300	300	30
cadmium	VR	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,25
	VS	1	1	3	10	10	5
	VI	10	10	30	40	50	20
chrome total <sup>(1)</sup>	VR	34	34	34	34	34	2,5
	VS	60	85	125	125	165	50
	VI	95	175	520	520	700	100
chrome VI <sup>(2)</sup>	VR (3)	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	VS	4,2	4,2	4,2	13	13	50
	VI	42	42	42	130	130	90
cuivre	VR	14	14	14	14	14	15
	VS	40	50	110	110	120	100
	VI	80	145	290	290	500	200
mercure <sup>(4)</sup>	VR	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,1
	VS	0,5	0,5	9	13	18	1
	VI	5	5	56	56	84	4
nickel	VR	24	24	24	24	24	10
	VS	35	35	150	150	210	20
	VI	100	200	300	300	500	80
plomb	VR	25	25	25	25	25	2,5
	VS	80	80	195	280	385	10
	VI	170	400	700	700	1360	40
zinc	VR	67	67	67	67	67	90
	VS	120	155	230	230	320	200
	VI	215	300	710	710	1300	400
<b>Hydrocarbures aromatiques non halogénés</b>							
benzène	VR (5)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,25
	VS	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	10
	VI	0,40	0,40	0,40	0,40	0,60	40
Éthylbenzène	VR	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	2
	VS	7,8	4,7	5,6	5,6	11,6	300
	VI	28	17	28	28	76	1520
Toluène	VR	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	2
	VS	6,0	3,6	3,3	7,1	8,5	700
	VI	20	12	33	42	85	5850
Xylènes (somme)	VR	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	4
	VS	1,9	1,1	2	2	2	500
	VI	4,4	2,6	10	10	20	2175
<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques non halogénés</b>							
benzo(a)anthracène	VR	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	VS	0,8	0,5	1	1	1	7
	VI	2,5	1,5	5	5	10	14
Benzo(b)fluoranthène	VR	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	VS	0,7	0,1	0,3	0,9	0,9	1,5
	VI	2,1	1,3	3,8	4,3	8,6	69
benzo(k)fluoranthène	VR	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	VS	3,2	0,5	1,3	3,9	3,9	0,8
	VI	9,5	4,7	13	19	39	1,6
Benzo(g,h,i)pérylène	VR	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	VS	2,5	1,5	3	3	3	0,26
	VI	7,4	4,6	15	15	30	0,52
benzo(a)pyrène	VR	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	VS	0,7	0,1	0,5	0,9	0,9	0,7
	VI	2,2	1	4,4	4,4	8,8	1,4



Type d'usage <sup>(7)</sup>		Sol (mg/kg <sub>matière sèche</sub> )					Eaux souterraines (µg/L)
		I naturel	II agricole	III résidentiel ou mixte	IV récréatif	V industriel	
Chrysène	VR	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	VS	4,8	3	4,9	4,9	4,9	1,5
	VI	9,8	6	24,5	24,5	49	3
Fluoranthène	VR	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	VS	8,4	5,2	23	23	30	4
	VI	77	47	125	125	300	60
Indéno(1,2,3-c,d)pyrène	VR	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	VS	1	0,1	0,2	1,2	1,2	0,22
	VI	2,4	0,8	2,6	5,8	11,6	0,44
Naphtalène	VR	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	2
	VS	1,1	0,7	1,7	1,7	1,7	60
	VI	4,1	2,5	8,6	8,6	17	410
Phénanthrène	VR	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	2
	VS	5,3	3,3	5,5	5,5	5,5	120
	VI	11	6,8	27	27	55	240
<b>Paramètres intégrateurs <sup>(6)</sup></b>							
Huiles minérales (C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> )	VR	50	50	50	50	50	50
	VS	250	250	750	750	1000	350
	VI	2000	2000	5000	5000	5000	3000

- (1) Les valeurs proposées pour le chrome total se basent sur le chrome trivalent.
- (2) Les valeurs proposées pour le chrome hexavalent se basent exclusivement sur les risques pour la santé humaine. Les données actuellement disponibles ne permettent pas de tenir compte des risques pour les eaux souterraines et les écosystèmes.
- (3) En l'absence de données pour la Région wallonne, (i) la VR pour le sol est fixée d'après la teneur bruit de fond de la législation canadienne (Ontario) et (ii) la VR pour les eaux souterraines est fixée à la VR du chrome total.
- (4) Normes établies pour le mercure inorganique.
- (5) La VR est fixée à la limite de détection (25 % de la valeur paramétrique) imposée par l'Arrêté du Gouvernement wallon du 15 janvier 2004 relatif aux valeurs paramétriques applicables aux eaux destinées à la consommation humaine.
- (6) Le terme « huiles minérales » regroupe tous les hydrocarbures extractibles, aliphatiques ramifiés ou non et cycliques. Les normes se réfèrent aux teneurs en huiles minérales, mesurées par ISO/DIS 16703 (2001) dans les sols et par EN ISO 9377 – 2 (2000) dans les eaux souterraines (« indice hydrocarbures »).
- (7) Le type d'usage sera déterminé d'après les règles édictées dans l'avant-projet d'arrêté d'exécution relatif aux valeurs de référence, aux valeurs seuil et aux valeurs d'intervention (Première lecture. GW VII/2004/19.02/Doc. 6932/M.F.) et reprises ci-dessous.

### 1. En pollution nouvelle :

1.1. Le type d'usage I s'applique aux terrains affectés au plan de secteur ou au plan communal d'aménagement

- en zone forestière,
- en zone naturelle
- en zone marquée de la surimpression périmètre de liaison écologique.

Le type d'usage I s'applique également <sup>6</sup> aux terrains inclus dans les périmètres des sites de grand intérêt biologique repris dans la base de données SGIB de la Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement.

1.2. Le type d'usage II s'applique aux terrains affectés au plan de secteur ou au plan communal d'aménagement en zone agricole.

<sup>6</sup> Dans la version du 31/03/2003, il était proposé que le type d'usage I s'applique également aux sites Natura 2000 - sites visés par le Décret du 6 décembre 2001 relatif à la conservation des sites Natura 2000 ainsi que de la faune et de la flore sauvage – et aux terrains inclus dans les périmètres de prévention de captage.

## **Annexe III**

<b>ADE</b>	<b>PAW</b>	<b>SEQW</b>	<b>BIO</b>	<b>ALI, BET, IRR</b>
<b>1. Minéralisation et salinité</b> <b>1MIN</b> pH (in-situ) Conductivité (in-situ) Dureté totale Chlorures Sulfates Magnésium Sodium  <b>1MIX</b> Fluorures Potassium Baryum		<b>1. Minéralisation et salinité</b> <b>1MIN</b> pH (in-situ) Conductivité (in-situ) Dureté totale Chlorures Sulfates Magnésium Sodium  <b>1MIX</b> Fluorures Potassium Baryum		<b>1. Minéralisation et salinité</b> <b>1MIN</b>  Chlorures Sulfates Magnésium Sodium Résidu sec (à 180°C) Alcalinité totale ou bicarbonates Calcium <b>1MIX</b>  Potassium
<b>2. MO et subst. eutroph.</b> <b>2MOX</b> Oxydabilité (KMnO4) Carbone organique total  <b>2NO3</b> Nitrates <b>2AZO</b> Ammonium Nitrites <b>2PHO</b> Phosphore total	<b>2. MO et subst. eutroph.</b>   <b>2NO3</b> Nitrates	<b>2. MO et subst. eutroph.</b> <b>2MOX</b> Oxydabilité (KMnO4) Carbone organique total  <b>2NO3</b> Nitrates <b>2AZO</b> Ammonium Nitrites <b>2PHO</b> Phosphore total Ortho-Phosphates	<b>2. MO et subst. eutroph.</b> <b>2MOX</b> Oxydabilité (KMnO4)  Azote Kjeldahl <b>2NO3</b> Nitrates <b>2AZO</b> Ammonium Nitrites <b>2PHO</b> Phosphore total Ortho-Phosphates	<b>2. MO et subst. eutroph.</b>   <b>2NO3</b> Nitrates <b>2AZO</b>  Nitrites
<b>3. Part. et élém. filtrables</b> <b>3MES</b> Turbidité Matières en suspension <b>3FEM</b> Fer (sur filtré 0,4µ) Manganèse <b>3ARG</b> Aluminium		<b>3. Part. et élém. filtrables</b> <b>3MES</b> Turbidité Matières en suspension <b>3FEM</b> Fer (sur filtré 0,4µ) Manganèse <b>3ARG</b> Aluminium Silice	<b>3. Part. et élém. filtrables</b> <b>3MES</b> Turbidité Matières en suspension	

<b>4. Micropolluants minéraux</b> <b>4MPM</b> Arsenic Bore Cadmium Chrome Cuivre Cyanures (totaux) Mercure Nickel Plomb Zinc Selenium Antimoine	<b>4. Micropolluants minéraux</b> <b>4MPM</b> Arsenic Bore Cadmium Chrome Cuivre Cyanures (totaux) Mercure Nickel Plomb Zinc Selenium Antimoine	<b>4. Micropolluants minéraux</b> <b>4MPM</b> Arsenic Bore Cadmium Chrome Cuivre Cyanures (totaux) Mercure Nickel Plomb Zinc Selenium Antimoine	<b>4. Micropolluants minéraux</b> <b>4MPM</b> Arsenic  Chrome Cuivre  Nickel Plomb Zinc  <b>4MLd</b> Chrome Cuivre Nickel Plomb Zinc	<b>4. Micropolluants minéraux</b> <b>4MPM</b> Arsenic  Cadmium Chrome Cuivre  Nickel Plomb Zinc
<b>5. Produits phyto.</b> Atrazine Chlortoluron Déséthyl Atrazine Diuron Isoproturon Simazine Bromacile Bentazone Chloridazon  Pesticides Totaux	<b>5. Produits phyto.</b> Atrazine Chlortoluron Déséthyl Atrazine Diuron Isoproturon Simazine Bromacile Bentazone Chloridazon  Pesticides Totaux	<b>5. Produits phyto.</b> Atrazine Chlortoluron Déséthyl Atrazine Diuron Isoproturon Simazine Bromacile Bentazone Chloridazon  Pesticides Totaux	<b>5. Produits phyto.</b> Atrazine Chlortoluron Déséthyl Atrazine Diuron Isoproturon Simazine  Terbutylazine Hexachlorocyclohexane gamma	
<b>6. Hydrocarb. et poll. org.</b> <b>6HAP</b> Benzo (a) pyrène HAP Somme (4) <i>Benzo (b) fluoranthène</i> <i>Benzo (k) fluoranthène</i> <i>Benzo (g,h,i) pérylène</i> <i>Indéno (1,2,3-cd) pyrène</i> Fluoranthène <b>6SOL</b> Benzène  Trichloréthylène Tétrachloréthylène TriEtPerchloréthylène	<b>6. Hydrocarb. et poll. org.</b> <b>6HAP</b> Benzo (a) pyrène HAP Somme (4) = <i>Benzo (b) fluoranthène</i> <i>Benzo (k) fluoranthène</i> <i>Benzo (g,h,i) pérylène</i> <i>Indéno (1,2,3-cd) pyrène</i> Fluoranthène <b>6SOL</b> Benzène  Trichloréthylène Tétrachloréthylène	<b>6. Hydrocarb. et poll. org.</b> <b>6HAP</b> Benzo (a) pyrène HAP Somme (4) <i>Benzo (b) fluoranthène</i> <i>Benzo (k) fluoranthène</i> <i>Benzo (g,h,i) pérylène</i> <i>Indéno (1,2,3-cd) pyrène</i> Fluoranthène <b>6SOL</b> Benzène  Trichloréthylène Tétrachloréthylène	<b>6. Hydrocarb. et poll. org.</b>      Benzène Trichloréthylène Tétrachloréthylène	

## **Annexe IV**

Usage	Alter	description	expression	LOQ	S0	S1	S2	S3	S4	M1	M2	M3	M4
ADE	3MES	Turbidité	NTU	0,5	0	0,4	4	4	1000	0	0	0	0
AEP	3MES	Turbidité	NTU	0,5	0	0,4	2	2	3750	0	0	0	0
BIO	3MES	Turbidité	NTU	0,5	0	15	35	70	100	0	0	0	0
SEQW	3MES	Turbidité	NTU	0,5	0	0,4	2	4	1000	0	0	0	0
SEQF	3MES	Turbidité	NTU	0,5	0	0,4	1,2	2	3750	0	0	0	0
ADE	3MES	Matières en suspension	0,00 mg/l	0,1	0	1	5	5	1500	0	0	0	0
AEP	3MES	Matières en suspension	0,00 mg/l	0,1	0	2	5	5	5000	0	0	0	0
BIO	3MES	Matières en suspension	0,00 mg/l	0,1	0	25	50	100	150	0	0	0	0
SEQW	3MES	Matières en suspension	0,00 mg/l	0,1	0	1	2	5	1500	0	0	0	0
SEQF	3MES	Matières en suspension	0,00 mg/l	0,1	0	2	3,5	5	5000	0	0	0	0
ADE	1MIN	pH (in-situ)	unités pH	2	7,5	8,5	9,2	9,2	9,5	6,5	6,5	4	0
AEP	1MIN	pH (in-situ)	unités pH	2	7,5	8,5	9	9	9,5	6,5	6,5	5,5	5,5
NRG	8FDP	pH (in-situ)	unités pH	2	0	5,5	5,5	14	14	0	0	0	0
NRG	8COR	pH (in-situ)	unités pH	2	14	14	14	14	14	9,8	7	6,9	6
SEQW	1MIN	pH (in-situ)	unités pH	2	7,5	8,5	8,8	9,2	9,5	6,5	6	5,5	4
SEQF	1MIN	pH (in-situ)	unités pH	2	7,5	8,5	8,8	9,2	9,5	6,5	6,2	5,8	5,5
ADE	1MIN	Conductivité (in-situ)	µs/cm à 20°C	20	400	750	2100	2100	2500	180	180	0	0
AEP	1MIN	Conductivité (in-situ)	µs/cm à 20°C	20	290	400	2500	2500	4000	180	180	0	0
NRG	8COR	Conductivité (in-situ)	µs/cm à 20°C	20	0	0	1300	3000	6000	0	0	0	0
SEQW	1MIN	Conductivité (in-situ)	µs/cm à 20°C	20	400	750	1500	2100	2500	180	120	60	0
SEQF	1MIN	Conductivité (in-situ)	µs/cm à 20°C	20	290	400	1500	2500	4000	180	120	60	0
ADE	1MIN	Dureté totale	° français	2	20	32	70	70	100	15	0	0	0
AEP	1MIN	Dureté totale	° français	2	24	40	90	90	125	8	0	0	0
SEQW	1MIN	Dureté totale	° français	2	20	32	50	70	100	15	0	0	0
SEQF	1MIN	Dureté totale	° français	2	24	40	70	90	125	8	6	4	0
ALI	1MIN	Résidu sec (à 180°C)	mg/l	10	0	140	300	500	1000	0	0	0	0
ALI	1MIN	Alcalinité totale	° français	0,5	0	5	20	40	60	0	0	0	0
ALI	1MIN	Bicarbonates	mg/l HCO3		0	61	244	488	732	0	0	0	0
ADE	1MIN	Chlorures	mg/l	1	0	30	200	200	250	0	0	0	0
AEP	1MIN	Chlorures	mg/l	1	0	25	250	245	250	0	0	0	0
IRR	1MIN	Chlorures	mg/l	1	0	180	360	700	2000	0	0	0	0

NRG	8COR	Chlorures	mg/l	1	0	50	150	400	1000	0	0	0	0
PAW	1MIN	Chlorures	mg/l	1	0	30	60	100	400	0	0	0	0
SEQW	1MIN	Chlorures	mg/l	1	0	30	60	150	250	0	0	0	0
SEQF	1MIN	Chlorures	mg/l	1	0	25	100	175	250	0	0	0	0
ADE	1MIN	Sulfates	mg/l	1	0	60	250	250	400	0	0	0	0
AEP	1MIN	Sulfates	mg/l	1	0	25	250	245	250	0	0	0	0
BET	1MIN	Sulfates	mg/l	1	0	250	250	1000	1005	0	0	0	0
PAW	1MIN	Sulfates	mg/l	1	0	60	120	200	800	0	0	0	0
SEQW	1MIN	Sulfates	mg/l	1	0	60	120	250	400	0	0	0	0
SEQF	1MIN	Sulfates	mg/l	1	0	25	100	175	250	0	0	0	0
SEQW	3ARG	Silice	mg/l SiO2	2	0	25	50	100	5000	0	0	0	0
ALI	1MIN	Calcium	mg/l	5	0	20	80	160	240	0	0	0	0
ADE	1MIN	Magnesium	mg/l	1	0	25	50	50	200	0	0	0	0
AEP	1MIN	Magnesium	mg/l	1	0	30	50	50	400	0	0	0	0
ALI	1MIN	Magnesium	mg/l	1	0	12	24	50	75	0	0	0	0
SEQW	1MIN	Magnesium	mg/l	1	0	10	25	50	200	0	0	0	0
SEQF	1MIN	Magnesium	mg/l	1	0	30	40	50	400	0	0	0	0
ADE	1MIN	Sodium	mg/l	1	0	20	150	195	200	0	0	0	0
AEP	1MIN	Sodium	mg/l	1	0	20	200	195	200	0	0	0	0
ALI	1MIN	Sodium	mg/l	1	0	20	100	200	500	0	0	0	0
BET	1MIN	Sodium	mg/l	1	0	150	150	2000	2000	0	0	0	0
SEQW	1MIN	Sodium	mg/l	1	0	20	80	150	200	0	0	0	0
SEQF	1MIN	Sodium	mg/l	1	0	20	80	140	200	0	0	0	0
ADE	1MIX	Potassium	mg/l	0,3	0	10	12	12	24	0	0	0	0
AEP	1MIX	Potassium	mg/l	0,3	0	10	12	12	70	0	0	0	0
ALI	1MIX	Potassium	mg/l	0,3	0	10	20	30	40	0	0	0	0
SEQW	1MIX	Potassium	mg/l	0,3	0	5	10	12	24	0	0	0	0
SEQF	1MIX	Potassium	mg/l	0,3	0	10	11	12	70	0	0	0	0
ADE	1MIX	Baryum	µg/l	10	0	100	700	700	1000	0	0	0	0
SEQW	1MIX	Baryum	µg/l	10	0	100	400	700	1000	0	0	0	0
ADE	3ARG	Aluminium	µg/l	10	0	50	200	200	10000	0	0	0	0
SEQW	3ARG	Aluminium	µg/l	10	0	50	100	200	10000	0	0	0	0
SEQF	4MPM	Aluminium	µg/l	10	0	50	125	200	10000	0	0	0	0
ADE	2NO3	Nitrates	mg/l NO3	1	0	25	50	50	100	0	0	0	0
AEP	2NO3	Nitrates	mg/l NO3	1	0	25	50	50	100	0	0	0	0
BET	2NO3	Nitrates	mg/l NO3	1	0	50	49,9	450	451	0	0	0	0
BIO	2NO3	Nitrates	mg/l NO3	1	0	2	10	25	50	0	0	0	0

PAT	2NO3	Nitrates	mg/l NO3	1	0	10	20	40	50	0	0	0	0
PAW	2NO3	Nitrates	mg/l NO3	1	0	10	25	37,5	50	0	0	0	0
SEQW	2NO3	Nitrates	mg/l NO3	1	0	10	25	50	100	0	0	0	0
SEQF	2NO3	Nitrates	mg/l NO3	1	0	10	20	50	100	0	0	0	0
ADE	2AZO	Nitrites	mg/l NO2	0,02	0	0,05	0,1	0,1	0,7	0	0	0	0
AEP	2AZO	Nitrites	mg/l NO2	0,02	0	0,05	0,1	0,1	0,7	0	0	0	0
BET	2AZO	Nitrites	mg/l NO2	0,02	0	0,1	0,1	30	29	0	0	0	0
BIO	2AZO	Nitrites	mg/l NO2	0,02	0	0,03	0,1	0,5	1	0	0	0	0
SEQW	2AZO	Nitrites	mg/l NO2	0,02	0	0,02	0,05	0,1	0,7	0	0	0	0
SEQF	2AZO	Nitrites	mg/l NO2	0,02	0	0,05	0,07	0,1	0,7	0	0	0	0
ADE	2AZO	Ammonium	mg/l NH4	0,05	0	0,05	0,5	0,5	4	0	0	0	0
AEP	2AZO	Ammonium	mg/l NH4	0,05	0	0,05	0,5	0,49	4	0	0	0	0
BIO	2AZO	Ammonium	mg/l NH4	0,05	0	0,1	0,5	2	5	0	0	0	0
SEQW	2AZO	Ammonium	mg/l NH4	0,05	0	0,05	0,3	0,5	4	0	0	0	0
SEQF	2AZO	Ammonium	mg/l NH4	0,05	0	0,05	0,3	0,5	4	0	0	0	0
BIO	2MOX	Azote Kjeldahl	mg/l N	0,1	0	1	2	4	10	0	0	0	0
ADE	2PHO	Phosphore total	mg/l P2O5	0,05	0	0,4	5	4,9	25	0	0	0	0
BIO	2PHO	Phosphore total	mg/l P2O5	0,05	0	0,115	0,46	1,15	2,3	0	0	0	0
SEQW	2PHO	Phosphore total	mg/l P2O5	0,05	0	0,115	0,4	1,15	5	0	0	0	0
SEQF	2PHO	Phosphore total	mg/l P2O5	0,05	0	0,115	0,4	1,15	5	0	0	0	0
ADE	1MIX	Fluorures	mg/l	0,1	0,3	0,5	1,5	1,5	1,5	0,15	0	0	0
AEP	1MIX	Fluorures	mg/l	0,1	1,1	1,5	1,5	1,5	10	0,7	0	0	0
SEQW	1MIX	Fluorures	mg/l	0,1	0,3	0,5	0,8	1,1	1,5	0,15	0	0	0
SEQF	1MIX	Fluorures	mg/l	0,1	1,1	1,5	4,5	7	10	0,7	0	0	0
BIO	2PHO	Ortho-Phosphates	mg/l	0,08	0	0,1	0,5	1	2	0	0	0	0
SEQW	2PHO	Ortho-Phosphates	mg/l	0,08	0	0,1	0,52	0,9	4,5	0	0	0	0
SEQF	2PHO	Ortho-Phosphates	mg/l	0,08	0	0,1	0,52	0,9	4,5	0	0	0	0
ADE	4MPM	Cyanures (totaux)	µg/l	5	0	10	50	50	250	0	0	0	0
AEP	4MPM	Cyanures (totaux)	µg/l	5	0	25	50	45	50	0	0	0	0
PAT	4MPM	Cyanures (totaux)	µg/l	5	0	5	25	50	250	0	0	0	0
PAW	4MPM	Cyanures (totaux)	µg/l	5	0	5	10	20	50	0	0	0	0
SEQW	4MPM	Cyanures (totaux)	µg/l	5	0	5	10	50	250	0	0	0	0
SEQF	4MPM	Cyanures (totaux)	µg/l	5	0	5	25	40	50	0	0	0	0
BIO	2PHO	Phosphates totaux	mg/l	0,1	0	0,1	0,5	1	2	0	0	0	0
SEQW	2PHO	Phosphates totaux	mg/l	0,1	0	0,1	0,52	0,9	4,5	0	0	0	0
ADE	3FEM	Fer (sur filtré 0,4µ)	µg/l	10	0	50	200	200	10000	0	0	0	0
AEP	3FEM	Fer (sur filtré 0,4µ)	µg/l	10	0	50	200	200	10000	0	0	0	0

SEQW	3FEM	Fer (sur filtré 0,4µ)	µg/l	10	0	50	125	200	10000	0	0	0	0
SEQF	3FEM	Fer (sur filtré 0,4µ)	µg/l	10	0	50	125	200	10000	0	0	0	0
ADE	3FEM	Manganèse	µg/l	5	0	20	50	50	1000	0	0	0	0
AEP	3FEM	Manganèse	µg/l	5	0	20	50	50	1000	0	0	0	0
SEQW	3FEM	Manganèse	µg/l	5	0	20	30	50	1000	0	0	0	0
SEQF	3FEM	Manganèse	µg/l	5	0	20	30	50	1000	0	0	0	0
ADE	4MPM	Cuivre	µg/l	2	0	50	100	100	1000	0	0	0	0
AEP	4MPM	Cuivre	µg/l	2	0	100	200	200	4000	0	0	0	0
BET	4MPM	Cuivre	µg/l	2	0	500	500	5000	4950	0	0	0	0
BIO	4MPM	Cuivre	µg/l	2	0	0,27	2,7	27	40	0	0	0	0
BIO	4MLd	Cuivre	µg/l	2	0	0,1	1	10	15	0	0	0	0
IRR	4MPM	Cuivre	µg/l	2	0	200	1000	5000	5000	0	0	0	0
PAW	4MPM	Cuivre	µg/l	2	0	15	40	75	200	0	0	0	0
SEQW	4MPM	Cuivre	µg/l	2	0	15	40	100	1000	0	0	0	0
SEQF	4MPM	Cuivre	µg/l	2	0	100	150	200	4000	0	0	0	0
ADE	4MPM	Zinc	µg/l	20	0	100	200	200	5000	0	0	0	0
AEP	4MPM	Zinc	µg/l	20	0	100	5000	4500	5000	0	0	0	0
ALI	4MPM	Zinc	µg/l	20	0	100	500	1000	5000	0	0	0	0
BET	4MPM	Zinc	µg/l	20	0	5000	5000	50000	49000	0	0	0	0
BIO	4MLd	Zinc	µg/l	20	0	0,43	4,3	43	98	0	0	0	0
BIO	4MPM	Zinc	µg/l	20	0	1,4	14	140	330	0	0	0	0
IRR	4MPM	Zinc	µg/l	20	0	5000	5000	50000	50500	0	0	0	0
PAW	4MPM	Zinc	µg/l	20	0	90	120	150	400	0	0	0	0
SEQW	4MPM	Zinc	µg/l	20	0	90	120	200	5000	0	0	0	0
SEQF	4MPM	Zinc	µg/l	20	0	100	1700	3400	5000	0	0	0	0
ADE	4MPM	Bore	µg/l	25	0	100	1000	990	1000	0	0	0	0
AEP	4MPM	Bore	µg/l	25	0	50	1000	990	1000	0	0	0	0
PAW	4MPM	Bore	µg/l	25	0	50	500	750	4000	0	0	0	0
SEQW	4MPM	Bore	µg/l	25	0	50	500	1000	4000	0	0	0	0
SEQF	4MPM	Bore	µg/l	25	0	50	350	700	1000	0	0	0	0
ADE	4MPM	Arsenic	µg/l	1	0	5	10	10	50	0	0	0	0
AEP	4MPM	Arsenic	µg/l	1	0	5	10	10	100	0	0	0	0
BET	4MPM	Arsenic	µg/l	1	0	50	50	500	490	0	0	0	0
BIO	4MPM	Arsenic	µg/l	1	0	1	10	100	270	0	0	0	0
IRR	4MPM	Arsenic	µg/l	1	0	100	100	2000	2000	0	0	0	0
PAW	4MPM	Arsenic	µg/l	1	0	1	5	7,5	30	0	0	0	0
SEQW	4MPM	Arsenic	µg/l	1	0	1	5	10	50	0	0	0	0

SEQF	4MPM	Arsenic	µg/l	1	0	5	7,5	10	100	0	0	0	0
ADE	4MPM	Cadmium	µg/l	0,25	0	1	5	4,9	5	0	0	0	0
AEP	4MPM	Cadmium	µg/l	0,25	0	1	5	4,9	5	0	0	0	0
BET	4MPM	Cadmium	µg/l	0,25	0	5	5	19,9	20	0	0	0	0
IRR	4MPM	Cadmium	µg/l	0,25	0	10	10	1000	900	0	0	0	0
PAW	4MPM	Cadmium	µg/l	0,25	0	0,25	1	3,75	20	0	0	0	0
SEQW	4MPM	Cadmium	µg/l	0,25	0	0,25	1	5	20	0	0	0	0
SEQF	4MPM	Cadmium	µg/l	0,25	0	1	2,5	3,5	5	0	0	0	0
ADE	4MPM	Chrome (total)	µg/l	2	0	25	50	49	50	0	0	0	0
AEP	4MPM	Chrome (total)	µg/l	2	0	25	50	49	50	0	0	0	0
BET	4MPM	Chrome (total)	µg/l	2	0	50	50	1000	1001	0	0	0	0
BIO	4MLd	Chrome (total)	µg/l	2	0	0,18	1,8	18	350	0	0	0	0
BIO	4MPM	Chrome (total)	µg/l	2	0	0,36	3,6	36	700	0	0	0	0
IRR	4MPM	Chrome (total)	µg/l	2	0	100	100	10000	10100	0	0	0	0
PAW	4MPM	Chrome (total)	µg/l	2	0	2,5	10	37,5	100	0	0	0	0
SEQW	4MPM	Chrome (total)	µg/l	2	0	2,5	25	50	100	0	0	0	0
SEQF	4MPM	Chrome (total)	µg/l	2	0	25	30	40	50	0	0	0	0
ADE	4MPM	Mercure	µg/l	0,2	0	0,5	1	0,95	1	0	0	0	0
AEP	4MPM	Mercure	µg/l	0,2	0	0,5	1	0,95	1	0	0	0	0
PAW	4MPM	Mercure	µg/l	0,2	0	0,1	0,5	0,75	4	0	0	0	0
SEQW	4MPM	Mercure	µg/l	0,2	0	0,1	0,5	1	4	0	0	0	0
SEQF	4MPM	Mercure	µg/l	0,2	0	0,5	0,65	0,8	1	0	0	0	0
ADE	4MPM	Nickel	µg/l	2	0	10	20	20	50	0	0	0	0
AEP	4MPM	Nickel	µg/l	2	0	10	20	20	40	0	0	0	0
BET	4MPM	Nickel	µg/l	2	0	50	50	1000	980	0	0	0	0
BIO	4MLd	Nickel	µg/l	2	0	0,62	6,2	62	360	0	0	0	0
BIO	4MPM	Nickel	µg/l	2	0	1,2	12	120	720	0	0	0	0
IRR	4MPM	Nickel	µg/l	2	0	200	200	2000	2000	0	0	0	0
PAW	4MPM	Nickel	µg/l	2	0	10	12	15	80	0	0	0	0
SEQW	4MPM	Nickel	µg/l	2	0	10	15	20	80	0	0	0	0
SEQF	4MPM	Nickel	µg/l	2	0	10	15	20	40	0	0	0	0
ADE	4MPM	Plomb	µg/l	1	0	5	10	10	50	0	0	0	0
AEP	4MPM	Plomb	µg/l	1	0	5	10	10	50	0	0	0	0
BET	4MPM	Plomb	µg/l	1	0	50	49	99	100	0	0	0	0
BIO	4MPM	Plomb	µg/l	1	0	1	10	100	500	0	0	0	0
BIO	4MLd	Plomb	µg/l	1	0	0,52	5,2	52	250	0	0	0	0
IRR	4MPM	Plomb	µg/l	1	0	200	200	2000	2000	0	0	0	0

PAT	4MPM	Plomb	µg/l	1	0	2,5	10	25	50	0	0	0	0
PAW	4MPM	Plomb	µg/l	1	0	2,5	5	7,5	40	0	0	0	0
SEQW	4MPM	Plomb	µg/l	1	0	2,5	5	10	50	0	0	0	0
SEQF	4MPM	Plomb	µg/l	1	0	5	7,5	10	50	0	0	0	0
ADE	4MPM	Antimoine	µg/l	1	0	2	5	5	10	0	0	0	0
AEP	4MPM	Antimoine	µg/l	1	0	2	5	5	10	0	0	0	0
PAW	4MPM	Antimoine	µg/l	1	0	1,01	2	3,75	10	0	0	0	0
SEQW	4MPM	Antimoine	µg/l	1	0	1,01	2	5	10	0	0	0	0
SEQF	4MPM	Antimoine	µg/l	1	0	2	3,5	5	10	0	0	0	0
ADE	4MPM	Selenium	µg/l	1,2	0	5	10	9,9	10	0	0	0	0
AEP	4MPM	Selenium	µg/l	1,2	0	5	10	9,9	10	0	0	0	0
PAW	4MPM	Selenium	µg/l	1,2	0	2	5	7,5	20	0	0	0	0
SEQW	4MPM	Selenium	µg/l	1,2	0	2	5	10	20	0	0	0	0
SEQF	4MPM	Selenium	µg/l	1,2	0	5	6,5	8,5	10	0	0	0	0
ADE	2MOX	Oxydabilité (KMnO4)	mg/l O2	0,5	0	1	5	5	10	0	0	0	0
AEP	2MOX	Oxydabilité (KMnO4)	mg/l O2	0,5	0	1	5	5	10	0	0	0	0
BIO	2MOX	Oxydabilité (KMnO4)	mg/l O2	0,5	0	3	5	8	10	0	0	0	0
SEQW	2MOX	Oxydabilité (KMnO4)	mg/l O2	0,5	0	1	3	5	10	0	0	0	0
SEQF	2MOX	Oxydabilité (KMnO4)	mg/l O2	0,5	0	1	3	5	10	0	0	0	0
ADE	2MOX	Carbone organique total	mg/l C	0,3	0	3	6	6	12	0	0	0	0
AEP	2MOX	Carbone organique total	mg/l C	0,3	0	3	6	6	12	0	0	0	0
SEQW	2MOX	Carbone organique total	mg/l C	0,3	0	3	4,5	6	12	0	0	0	0
SEQF	2MOX	Carbone organique total	mg/l C	0,3	0	3	4,5	6	12	0	0	0	0
ADE	7SOL	Benzène	µg/l	0,5	0	0,5	1	1	10	0	0	0	0
AEP	7SOL	Benzène	µg/l	0,5	0	0,5	1	1	10	0	0	0	0
BIO	7SOL	Benzène	µg/l	0,5	0	0,5	5	50	5000	0	0	0	0
PAT	7SOL	Benzène	µg/l	0,5	0	0,5	2,5	5	25	0	0	0	0
PAW	7SOL	Benzène	µg/l	0,5	0	0,26	0,5	0,75	4	0	0	0	0
SEQW	7SOL	Benzène	µg/l	0,5	0	0,26	0,5	1	10	0	0	0	0
SEQF	7SOL	Benzène	µg/l	0,5	0	0,5	0,75	1	10	0	0	0	0
BIO	7SOL	Trichloréthylène	µg/l	1	0	1,8	18	180	1800	0	0	0	0
PAT	7SOL	Trichloréthylène	µg/l	1	0	0,1	0,5	1	5	0	0	0	0
PAW	7SOL	Trichloréthylène	µg/l	1	0	1	2	7,5	40	0	0	0	0
SEQW	7SOL	Trichloréthylène	µg/l	1	0	1	2	10	200	0	0	0	0
SEQF	7SOL	Trichloréthylène	µg/l	1	0	0,1	0,5	10	200	0	0	0	0
BIO	7SOL	Tétrachloréthylène	µg/l	1	0	5	50	500	5000	0	0	0	0
PAT	7SOL	Tétrachloréthylène	µg/l	1	0	0,1	0,5	1	5	0	0	0	0

PAW	7SOL	Tétrachloréthylène	µg/l	1	0	1	2	7,5	40	0	0	0	0
SEQW	7SOL	Tétrachloréthylène	µg/l	1	0	1	2	10	200	0	0	0	0
SEQF	7SOL	Tétrachloréthylène	µg/l	1	0	0,1	0,5	10	200	0	0	0	0
ADE	7SOL	TriEtPerchloréthylène	µg/l	1	0	5	10	10	200	0	0	0	0
AEP	7SOL	TriEtPerchloréthylène	µg/l	1	0	5	10	10	200	0	0	0	0
PAT	7SOL	TriEtPerchloréthylène	µg/l	1	0	0,1	0,5	1	5	0	0	0	0
SEQF	7SOL	TriEtPerchloréthylène	µg/l	1	0	0,1	0,5	10	200	0	0	0	0
ADE	5PES	Pesticides totaux	µg/l	0,05	0	0,1	0,5	0,5	5	0	0	0	0
AEP	5PES	Pesticides totaux	µg/l	0,05	0	0,1	0,5	0,5	5	0	0	0	0
PAT	5PES	Pesticides totaux	µg/l	0,05	0	0,01	0,05	0,1	0,5	0	0	0	0
PAW	5PES	Pesticides totaux	µg/l	0,05	0	0,1	0,2	0,375	0,5	0	0	0	0
SEQW	5PES	Pesticides totaux	µg/l	0,05	0	0,1	0,2	0,5	5	0	0	0	0
SEQF	5PES	Pesticides totaux	µg/l	0,05	0	0,01	0,05	0,5	5	0	0	0	0
AEP	5PES	Hexachlorocyclohexane gamma	ng/l	10	0	50	100	100	2000	0	0	0	0
BIO	5PES	Hexachlorocyclohexane gamma	ng/l	10	0	5,1	10	100	1000	0	0	0	0
PAT	5PES	Hexachlorocyclohexane gamma	ng/l	10	0	10	50	100	500	0	0	0	0
SEQF	5PES	Hexachlorocyclohexane gamma	ng/l	10	0	10	50	100	2000	0	0	0	0
ADE	5PES	Atrazine	ng/l	25	0	50	100	100	1000	0	0	0	0
AEP	5PES	Atrazine	ng/l	25	0	50	100	100	2000	0	0	0	0
BIO	5PES	Atrazine	ng/l	25	0	20	200	2000	20000	0	0	0	0
PAT	5PES	Atrazine	ng/l	25	0	10	50	100	500	0	0	0	0
PAW	5PES	Atrazine	ng/l	25	0	25	50	75	100	0	0	0	0
SEQW	5PES	Atrazine	ng/l	25	0	25	50	100	1000	0	0	0	0
SEQF	5PES	Atrazine	ng/l	25	0	10	50	100	2000	0	0	0	0
ADE	5PES	Déséthyl Atrazine	ng/l	25	0	50	100	100	1000	0	0	0	0
AEP	5PES	Déséthyl Atrazine	ng/l	25	0	50	100	100	2000	0	0	0	0
BIO	5PES	Déséthyl Atrazine	ng/l	25	0	20	200	2000	20000	0	0	0	0
PAT	5PES	Déséthyl Atrazine	ng/l	25	0	10	50	100	500	0	0	0	0
PAW	5PES	Déséthyl Atrazine	ng/l	25	0	25	50	75	100	0	0	0	0
SEQW	5PES	Déséthyl Atrazine	ng/l	25	0	25	50	100	1000	0	0	0	0
SEQF	5PES	Déséthyl Atrazine	ng/l	25	0	10	50	100	2000	0	0	0	0
ADE	5PES	Simazine	ng/l	25	0	50	100	100	1000	0	0	0	0
AEP	5PES	Simazine	ng/l	25	0	50	100	100	2000	0	0	0	0
BIO	5PES	Simazine	ng/l	25	0	20	200	2000	20000	0	0	0	0
PAT	5PES	Simazine	ng/l	25	0	10	50	100	500	0	0	0	0
PAW	5PES	Simazine	ng/l	25	0	25	50	75	100	0	0	0	0
SEQW	5PES	Simazine	ng/l	25	0	25	50	100	1000	0	0	0	0

SEQF	5PES	Simazine	ng/l	25	0	10	50	100	2000	0	0	0	0
ADE	5PES	Diuron	ng/l	25	0	50	100	100	2000	0	0	0	0
AEP	5PES	Diuron	ng/l	25	0	50	100	100	2000	0	0	0	0
BIO	5PES	Diuron	ng/l	25	0	20	200	2000	20000	0	0	0	0
PAT	5PES	Diuron	ng/l	25	0	10	50	100	500	0	0	0	0
PAW	5PES	Diuron	ng/l	25	0	25	50	75	100	0	0	0	0
SEQW	5PES	Diuron	ng/l	25	0	25	50	100	2000	0	0	0	0
SEQF	5PES	Diuron	ng/l	25	0	10	50	100	2000	0	0	0	0
ADE	5PES	Isoproturon	ng/l	25	0	50	100	100	2000	0	0	0	0
AEP	5PES	Isoproturon	ng/l	25	0	50	100	100	2000	0	0	0	0
BIO	5PES	Isoproturon	ng/l	25	0	20	200	2000	20000	0	0	0	0
PAT	5PES	Isoproturon	ng/l	25	0	10	50	100	500	0	0	0	0
PAW	5PES	Isoproturon	ng/l	25	0	25	50	75	100	0	0	0	0
SEQW	5PES	Isoproturon	ng/l	25	0	25	50	100	2000	0	0	0	0
SEQF	5PES	Isoproturon	ng/l	25	0	10	50	100	2000	0	0	0	0
ADE	5PES	Chlortoluron	ng/l	25	0	50	100	100	2000	0	0	0	0
AEP	5PES	Chlortoluron	ng/l	25	0	50	100	100	2000	0	0	0	0
BIO	5PES	Chlortoluron	ng/l	25	0	20	200	2000	20000	0	0	0	0
PAT	5PES	Chlortoluron	ng/l	25	0	10	50	100	500	0	0	0	0
PAW	5PES	Chlortoluron	ng/l	25	0	25	50	75	100	0	0	0	0
SEQW	5PES	Chlortoluron	ng/l	25	0	25	50	100	2000	0	0	0	0
SEQF	5PES	Chlortoluron	ng/l	25	0	10	50	100	2000	0	0	0	0
ADE	5PES	Bromacile	ng/l	25	0	50	100	100	500	0	0	0	0
PAW	5PES	Bromacile	ng/l	25	0	25	50	75	100	0	0	0	0
SEQW	5PES	Bromacile	ng/l	25	0	25	50	100	500	0	0	0	0
ADE	5PES	Bentazone	ng/l	25	0	50	100	100	500	0	0	0	0
PAW	5PES	Bentazone	ng/l	25	0	25	50	75	100	0	0	0	0
SEQW	5PES	Bentazone	ng/l	25	0	40	50	100	500	0	0	0	0
ADE	5PES	Chloridazon	ng/l	25	0	50	100	100	1000	0	0	0	0
PAW	5PES	Chloridazon	ng/l	25	0	25	50	75	100	0	0	0	0
SEQW	5PES	Chloridazon	ng/l	25	0	25	50	100	1000	0	0	0	0
AEP	5PES	Terbutylazine	ng/l	25	0	50	100	100	2000	0	0	0	0
BIO	5PES	Terbutylazine	ng/l	25	0	20	200	2000	20000	0	0	0	0
PAT	5PES	Terbutylazine	ng/l	25	0	10	50	100	500	0	0	0	0
SEQF	5PES	Terbutylazine	ng/l	25	0	10	50	100	2000	0	0	0	0
ADE	6HAP	Benzo (a) pyrène	ng/l	2,5	0	5	10	10	200	0	0	0	0
AEP	6HAP	Benzo (a) pyrène	ng/l	2,5	0	5	10	10	200	0	0	0	0

PAT	6HAP	Benzo (a) pyrène	ng/l	2,5	0	1	5	10	50	0	0	0	0
PAW	6HAP	Benzo (a) pyrène	ng/l	2,5	0	1,5	5	7,5	40	0	0	0	0
SEQW	6HAP	Benzo (a) pyrène	ng/l	2,5	0	1,5	5	10	200	0	0	0	0
SEQF	6HAP	Benzo (a) pyrène	ng/l	2,5	0	1	5	10	200	0	0	0	0
ADE	6HAP	HAP somme (4)	µg/l	0,08	0	0,05	0,1	0,1	1	0	0	0	0
AEP	6HAP	HAP somme (4)	µg/l	0,08	0	0,05	0,1	0,1	1	0	0	0	0
PAT	6HAP	HAP somme (4)	µg/l	0,08	0	0,05	0,25	0,5	2,5	0	0	0	0
PAW	6HAP	HAP somme (4)	µg/l	0,08	0	0,05	0,07	0,075	0,4	0	0	0	0
SEQW	6HAP	HAP somme (4)	µg/l	0,08	0	0,05	0,07	0,1	1	0	0	0	0
SEQF	6HAP	HAP somme (4)	µg/l	0,08	0	0,05	0,07	0,1	1	0	0	0	0

Usage	Alter	description	expression	LOQ	S0	S1	S2	S3	S4	M1	M2	M3	M4
ADE	1MIN	pH (in-situ)	unités pH	2	7,5	8,5	9,2	9,2	9,5	6,5	6,5	4	0
ADE	1MIN	Conductivité (in-situ)	µs/cm à 20°C	20	400	750	2100	2100	2500	180	180	0	0
ADE	1MIN	Dureté totale	° français	2	20	32	70	70	100	15	0	0	0
ADE	1MIN	Chlorures	mg/l	1	0	30	200	200	250	0	0	0	0
ADE	1MIN	Sulfates	mg/l	1	0	60	250	250	400	0	0	0	0
ADE	1MIN	Magnesium	mg/l	1	0	25	50	50	200	0	0	0	0
ADE	1MIN	Sodium	mg/l	1	0	20	150	195	200	0	0	0	0
ADE	1MIX	Potassium	mg/l	0,3	0	10	12	12	24	0	0	0	0
ADE	1MIX	Baryum	µg/l	10	0	100	700	700	1000	0	0	0	0
ADE	1MIX	Fluorures	mg/l	0,1	0,3	0,5	1,5	1,5	1,5	0,15	0	0	0
ADE	2AZO	Nitrites	mg/l NO2	0,02	0	0,05	0,1	0,1	0,7	0	0	0	0
ADE	2AZO	Ammonium	mg/l NH4	0,05	0	0,05	0,5	0,5	4	0	0	0	0
ADE	2MOX	Oxydabilité (KMnO4)	mg/l O2	0,5	0	1	5	5	10	0	0	0	0
ADE	2MOX	Carbone organique total	mg/l C	0,3	0	3	6	6	12	0	0	0	0
ADE	2NO3	Nitrates	mg/l NO3	1	0	25	50	50	100	0	0	0	0
ADE	2PHO	Phosphore total	mg/l P2O5	0,05	0	0,4	5	4,9	25	0	0	0	0
ADE	3ARG	Aluminium	µg/l	10	0	50	200	200	10000	0	0	0	0
ADE	3FEM	Fer (sur filtré 0,4µ)	µg/l	10	0	50	200	200	10000	0	0	0	0
ADE	3FEM	Manganèse	µg/l	5	0	20	50	50	1000	0	0	0	0
ADE	3MES	Turbidité	NTU	0,5	0	0,4	4	4	1000	0	0	0	0
ADE	3MES	Matières en suspension	0,00 mg/l	0,1	0	1	5	5	1500	0	0	0	0
ADE	4MPM	Cyanures (totaux)	µg/l	5	0	10	50	50	250	0	0	0	0
ADE	4MPM	Cuivre	µg/l	2	0	50	100	100	1000	0	0	0	0

ADE	4MPM	Zinc	µg/l	20	0	100	200	200	5000	0	0	0	0
ADE	4MPM	Bore	µg/l	25	0	100	1000	990	1000	0	0	0	0
ADE	4MPM	Arsenic	µg/l	1	0	5	10	10	50	0	0	0	0
ADE	4MPM	Cadmium	µg/l	0,25	0	1	5	4,9	5	0	0	0	0
ADE	4MPM	Chrome (total)	µg/l	2	0	25	50	49	50	0	0	0	0
ADE	4MPM	Mercure	µg/l	0,2	0	0,5	1	0,95	1	0	0	0	0
ADE	4MPM	Nickel	µg/l	2	0	10	20	20	50	0	0	0	0
ADE	4MPM	Plomb	µg/l	1	0	5	10	10	50	0	0	0	0
ADE	4MPM	Antimoine	µg/l	1	0	2	5	5	10	0	0	0	0
ADE	4MPM	Selenium	µg/l	1,2	0	5	10	9,9	10	0	0	0	0
ADE	5PES	Pesticides totaux	µg/l	0,05	0	0,1	0,5	0,5	5	0	0	0	0
ADE	5PES	Atrazine	ng/l	25	0	50	100	100	1000	0	0	0	0
ADE	5PES	Déséthyl Atrazine	ng/l	25	0	50	100	100	1000	0	0	0	0
ADE	5PES	Simazine	ng/l	25	0	50	100	100	1000	0	0	0	0
ADE	5PES	Diuron	ng/l	25	0	50	100	100	2000	0	0	0	0
ADE	5PES	Isoproturon	ng/l	25	0	50	100	100	2000	0	0	0	0
ADE	5PES	Chlortoluron	ng/l	25	0	50	100	100	2000	0	0	0	0
ADE	5PES	Bromacile	ng/l	25	0	50	100	100	500	0	0	0	0
ADE	5PES	Bentazone	ng/l	25	0	50	100	100	500	0	0	0	0
ADE	5PES	Chloridazon	ng/l	25	0	50	100	100	1000	0	0	0	0
ADE	6HAP	Benzo (a) pyrène	ng/l	2,5	0	5	10	10	200	0	0	0	0
ADE	6HAP	HAP somme (4)	µg/l	0,08	0	0,05	0,1	0,1	1	0	0	0	0
ADE	7SOL	Benzène	µg/l	0,5	0	0,5	1	1	10	0	0	0	0
ADE	7SOL	TriEtPerchloréthylène	µg/l	1	0	5	10	10	200	0	0	0	0
AEP	1MIN	pH (in-situ)	unités pH	2	7,5	8,5	9	9	9,5	6,5	6,5	5,5	5,5
AEP	1MIN	Conductivité (in-situ)	µs/cm à 20°C	20	290	400	2500	2500	4000	180	180	0	0
AEP	1MIN	Dureté totale	° français	2	24	40	90	90	125	8	0	0	0
AEP	1MIN	Chlorures	mg/l	1	0	25	250	245	250	0	0	0	0
AEP	1MIN	Sulfates	mg/l	1	0	25	250	245	250	0	0	0	0
AEP	1MIN	Magnesium	mg/l	1	0	30	50	50	400	0	0	0	0
AEP	1MIN	Sodium	mg/l	1	0	20	200	195	200	0	0	0	0
AEP	1MIX	Potassium	mg/l	0,3	0	10	12	12	70	0	0	0	0
AEP	1MIX	Fluorures	mg/l	0,1	1,1	1,5	1,5	1,5	10	0,7	0	0	0
AEP	2AZO	Nitrites	mg/l NO2	0,02	0	0,05	0,1	0,1	0,7	0	0	0	0
AEP	2AZO	Ammonium	mg/l NH4	0,05	0	0,05	0,5	0,49	4	0	0	0	0
AEP	2MOX	Oxydabilité (KMnO4)	mg/l O2	0,5	0	1	5	5	10	0	0	0	0

AEP	2MOX	Carbone organique total	mg/l C	0,3	0	3	6	6	12	0	0	0	0
AEP	2NO3	Nitrates	mg/l NO3	1	0	25	50	50	100	0	0	0	0
AEP	3FEM	Fer (sur filtré 0,4µ)	µg/l	10	0	50	200	200	10000	0	0	0	0
AEP	3FEM	Manganèse	µg/l	5	0	20	50	50	1000	0	0	0	0
AEP	3MES	Turbidité	NTU	0,5	0	0,4	2	2	3750	0	0	0	0
AEP	3MES	Matières en suspension	0,00 mg/l	0,1	0	2	5	5	5000	0	0	0	0
AEP	4MPM	Cyanures (totaux)	µg/l	5	0	25	50	45	50	0	0	0	0
AEP	4MPM	Cuivre	µg/l	2	0	100	200	200	4000	0	0	0	0
AEP	4MPM	Zinc	µg/l	20	0	100	5000	4500	5000	0	0	0	0
AEP	4MPM	Bore	µg/l	25	0	50	1000	990	1000	0	0	0	0
AEP	4MPM	Arsenic	µg/l	1	0	5	10	10	100	0	0	0	0
AEP	4MPM	Cadmium	µg/l	0,25	0	1	5	4,9	5	0	0	0	0
AEP	4MPM	Chrome (total)	µg/l	2	0	25	50	49	50	0	0	0	0
AEP	4MPM	Mercure	µg/l	0,2	0	0,5	1	0,95	1	0	0	0	0
AEP	4MPM	Nickel	µg/l	2	0	10	20	20	40	0	0	0	0
AEP	4MPM	Plomb	µg/l	1	0	5	10	10	50	0	0	0	0
AEP	4MPM	Antimoine	µg/l	1	0	2	5	5	10	0	0	0	0
AEP	4MPM	Selenium	µg/l	1,2	0	5	10	9,9	10	0	0	0	0
AEP	5PES	Pesticides totaux	µg/l	0,05	0	0,1	0,5	0,5	5	0	0	0	0
AEP	5PES	Hexachlorocyclohexane gamma	ng/l	10	0	50	100	100	2000	0	0	0	0
AEP	5PES	Atrazine	ng/l	25	0	50	100	100	2000	0	0	0	0
AEP	5PES	Déséthyl Atrazine	ng/l	25	0	50	100	100	2000	0	0	0	0
AEP	5PES	Simazine	ng/l	25	0	50	100	100	2000	0	0	0	0
AEP	5PES	Diuron	ng/l	25	0	50	100	100	2000	0	0	0	0
AEP	5PES	Isoproturon	ng/l	25	0	50	100	100	2000	0	0	0	0
AEP	5PES	Chlortoluron	ng/l	25	0	50	100	100	2000	0	0	0	0
AEP	5PES	Terbutylazine	ng/l	25	0	50	100	100	2000	0	0	0	0
AEP	6HAP	Benzo (a) pyrène	ng/l	2,5	0	5	10	10	200	0	0	0	0
AEP	6HAP	HAP somme (4)	µg/l	0,08	0	0,05	0,1	0,1	1	0	0	0	0
AEP	7SOL	Benzène	µg/l	0,5	0	0,5	1	1	10	0	0	0	0
AEP	7SOL	TriEtPerchloréthylène	µg/l	1	0	5	10	10	200	0	0	0	0
ALI	1MIN	Résidu sec (à 180°C)	mg/l	10	0	140	300	500	1000	0	0	0	0
ALI	1MIN	Alcalinité totale	° français	0,5	0	5	20	40	60	0	0	0	0
ALI	1MIN	Bicarbonates	mg/l HCO3		0	61	244	488	732	0	0	0	0
ALI	1MIN	Calcium	mg/l	5	0	20	80	160	240	0	0	0	0
ALI	1MIN	Magnesium	mg/l	1	0	12	24	50	75	0	0	0	0
ALI	1MIN	Sodium	mg/l	1	0	20	100	200	500	0	0	0	0

ALI	1MIX	Potassium	mg/l	0,3	0	10	20	30	40	0	0	0	0
ALI	4MPM	Zinc	µg/l	20	0	100	500	1000	5000	0	0	0	0
BET	1MIN	Sulfates	mg/l	1	0	250	250	1000	1005	0	0	0	0
BET	1MIN	Sodium	mg/l	1	0	150	150	2000	2000	0	0	0	0
BET	2AZO	Nitrites	mg/l NO2	0,02	0	0,1	0,1	30	29	0	0	0	0
BET	2NO3	Nitrates	mg/l NO3	1	0	50	49,9	450	451	0	0	0	0
BET	4MPM	Cuivre	µg/l	2	0	500	500	5000	4950	0	0	0	0
BET	4MPM	Zinc	µg/l	20	0	5000	5000	50000	49000	0	0	0	0
BET	4MPM	Arsenic	µg/l	1	0	50	50	500	490	0	0	0	0
BET	4MPM	Cadmium	µg/l	0,25	0	5	5	19,9	20	0	0	0	0
BET	4MPM	Chrome (total)	µg/l	2	0	50	50	1000	1001	0	0	0	0
BET	4MPM	Nickel	µg/l	2	0	50	50	1000	980	0	0	0	0
BET	4MPM	Plomb	µg/l	1	0	50	49	99	100	0	0	0	0
BIO	2AZO	Nitrites	mg/l NO2	0,02	0	0,03	0,1	0,5	1	0	0	0	0
BIO	2AZO	Ammonium	mg/l NH4	0,05	0	0,1	0,5	2	5	0	0	0	0
BIO	2MOX	Azote Kjeldahl	mg/l N	0,1	0	1	2	4	10	0	0	0	0
BIO	2MOX	Oxydabilité (KMnO4)	mg/l O2	0,5	0	3	5	8	10	0	0	0	0
BIO	2NO3	Nitrates	mg/l NO3	1	0	2	10	25	50	0	0	0	0
BIO	2PHO	Phosphore total	mg/l P2O5	0,05	0	0,115	0,46	1,15	2,3	0	0	0	0
BIO	2PHO	Ortho-Phosphates	mg/l	0,08	0	0,1	0,5	1	2	0	0	0	0
BIO	2PHO	Phosphates totaux	mg/l	0,1	0	0,1	0,5	1	2	0	0	0	0
BIO	3MES	Turbidité	NTU	0,5	0	15	35	70	100	0	0	0	0
BIO	3MES	Matières en suspension	0,00 mg/l	0,1	0	25	50	100	150	0	0	0	0
BIO	4MLd	Cuivre	µg/l	2	0	0,1	1	10	15	0	0	0	0
BIO	4MLd	Zinc	µg/l	20	0	0,43	4,3	43	98	0	0	0	0
BIO	4MLd	Chrome (total)	µg/l	2	0	0,18	1,8	18	350	0	0	0	0
BIO	4MLd	Nickel	µg/l	2	0	0,62	6,2	62	360	0	0	0	0
BIO	4MLd	Plomb	µg/l	1	0	0,52	5,2	52	250	0	0	0	0
BIO	4MPM	Cuivre	µg/l	2	0	0,27	2,7	27	40	0	0	0	0
BIO	4MPM	Zinc	µg/l	20	0	1,4	14	140	330	0	0	0	0
BIO	4MPM	Arsenic	µg/l	1	0	1	10	100	270	0	0	0	0
BIO	4MPM	Chrome (total)	µg/l	2	0	0,36	3,6	36	700	0	0	0	0
BIO	4MPM	Nickel	µg/l	2	0	1,2	12	120	720	0	0	0	0
BIO	4MPM	Plomb	µg/l	1	0	1	10	100	500	0	0	0	0
BIO	5PES	Hexachlorocyclohexane gamma	ng/l	10	0	5,1	10	100	1000	0	0	0	0
BIO	5PES	Atrazine	ng/l	25	0	20	200	2000	20000	0	0	0	0
BIO	5PES	Déséthyl Atrazine	ng/l	25	0	20	200	2000	20000	0	0	0	0

BIO	5PES	Simazine	ng/l	25	0	20	200	2000	20000	0	0	0	0
BIO	5PES	Diuron	ng/l	25	0	20	200	2000	20000	0	0	0	0
BIO	5PES	Isoproturon	ng/l	25	0	20	200	2000	20000	0	0	0	0
BIO	5PES	Chlortoluron	ng/l	25	0	20	200	2000	20000	0	0	0	0
BIO	5PES	Terbutylazine	ng/l	25	0	20	200	2000	20000	0	0	0	0
BIO	7SOL	Benzène	µg/l	0,5	0	0,5	5	50	5000	0	0	0	0
BIO	7SOL	Trichloréthylène	µg/l	1	0	1,8	18	180	1800	0	0	0	0
BIO	7SOL	Tétrachloréthylène	µg/l	1	0	5	50	500	5000	0	0	0	0
BIO	9EUT	Chlorophylle A	µg/l	2	0	10	30	50	100	0	0	0	0
IRR	1MIN	Chlorures	mg/l	1	0	180	360	700	2000	0	0	0	0
IRR	4MPM	Cuivre	µg/l	2	0	200	1000	5000	5000	0	0	0	0
IRR	4MPM	Zinc	µg/l	20	0	5000	5000	50000	50500	0	0	0	0
IRR	4MPM	Arsenic	µg/l	1	0	100	100	2000	2000	0	0	0	0
IRR	4MPM	Cadmium	µg/l	0,25	0	10	10	1000	900	0	0	0	0
IRR	4MPM	Chrome (total)	µg/l	2	0	100	100	10000	10100	0	0	0	0
IRR	4MPM	Nickel	µg/l	2	0	200	200	2000	2000	0	0	0	0
IRR	4MPM	Plomb	µg/l	1	0	200	200	2000	2000	0	0	0	0
NRG	8COR	pH (in-situ)	unités pH	2	14	14	14	14	14	9,8	7	6,9	6
NRG	8COR	Conductivité (in-situ)	µs/cm à 20°C	20	0	0	1300	3000	6000	0	0	0	0
NRG	8COR	Chlorures	mg/l	1	0	50	150	400	1000	0	0	0	0
NRG	8FDP	pH (in-situ)	unités pH	2	0	5,5	5,5	14	14	0	0	0	0
PAT	2NO3	Nitrates	mg/l NO3	1	0	10	20	40	50	0	0	0	0
PAT	4MPM	Cyanures (totaux)	µg/l	5	0	5	25	50	250	0	0	0	0
PAT	4MPM	Plomb	µg/l	1	0	2,5	10	25	50	0	0	0	0
PAT	5PES	Pesticides totaux	µg/l	0,05	0	0,01	0,05	0,1	0,5	0	0	0	0
PAT	5PES	Hexachlorocyclohexane gamma	ng/l	10	0	10	50	100	500	0	0	0	0
PAT	5PES	Atrazine	ng/l	25	0	10	50	100	500	0	0	0	0
PAT	5PES	Déséthyl Atrazine	ng/l	25	0	10	50	100	500	0	0	0	0
PAT	5PES	Simazine	ng/l	25	0	10	50	100	500	0	0	0	0
PAT	5PES	Diuron	ng/l	25	0	10	50	100	500	0	0	0	0
PAT	5PES	Isoproturon	ng/l	25	0	10	50	100	500	0	0	0	0
PAT	5PES	Chlortoluron	ng/l	25	0	10	50	100	500	0	0	0	0
PAT	5PES	Terbutylazine	ng/l	25	0	10	50	100	500	0	0	0	0
PAT	6HAP	Benzo (a) pyrène	ng/l	2,5	0	1	5	10	50	0	0	0	0
PAT	6HAP	HAP somme (4)	µg/l	0,08	0	0,05	0,25	0,5	2,5	0	0	0	0
PAT	7SOL	Benzène	µg/l	0,5	0	0,5	2,5	5	25	0	0	0	0

PAT	7SOL	Trichloréthylène	µg/l	1	0	0,1	0,5	1	5	0	0	0	0
PAT	7SOL	Tétrachloréthylène	µg/l	1	0	0,1	0,5	1	5	0	0	0	0
PAT	7SOL	TriEtPerchloréthylène	µg/l	1	0	0,1	0,5	1	5	0	0	0	0
PAW	1MIN	Chlorures	mg/l	1	0	30	60	100	400	0	0	0	0
PAW	1MIN	Sulfates	mg/l	1	0	60	120	200	800	0	0	0	0
PAW	2NO3	Nitrates	mg/l NO3	1	0	10	25	37,5	50	0	0	0	0
PAW	4MPM	Cyanures (totaux)	µg/l	5	0	5	10	20	50	0	0	0	0
PAW	4MPM	Cuivre	µg/l	2	0	15	40	75	200	0	0	0	0
PAW	4MPM	Zinc	µg/l	20	0	90	120	150	400	0	0	0	0
PAW	4MPM	Bore	µg/l	25	0	50	500	750	4000	0	0	0	0
PAW	4MPM	Arsenic	µg/l	1	0	1	5	7,5	30	0	0	0	0
PAW	4MPM	Cadmium	µg/l	0,25	0	0,25	1	3,75	20	0	0	0	0
PAW	4MPM	Chrome (total)	µg/l	2	0	2,5	10	37,5	100	0	0	0	0
PAW	4MPM	Mercure	µg/l	0,2	0	0,1	0,5	0,75	4	0	0	0	0
PAW	4MPM	Nickel	µg/l	2	0	10	12	15	80	0	0	0	0
PAW	4MPM	Plomb	µg/l	1	0	2,5	5	7,5	40	0	0	0	0
PAW	4MPM	Antimoine	µg/l	1	0	1,01	2	3,75	10	0	0	0	0
PAW	4MPM	Selenium	µg/l	1,2	0	2	5	7,5	20	0	0	0	0
PAW	5PES	Pesticides totaux	µg/l	0,05	0	0,1	0,2	0,375	0,5	0	0	0	0
PAW	5PES	Atrazine	ng/l	25	0	25	50	75	100	0	0	0	0
PAW	5PES	Déséthyl Atrazine	ng/l	25	0	25	50	75	100	0	0	0	0
PAW	5PES	Simazine	ng/l	25	0	25	50	75	100	0	0	0	0
PAW	5PES	Diuron	ng/l	25	0	25	50	75	100	0	0	0	0
PAW	5PES	Isoproturon	ng/l	25	0	25	50	75	100	0	0	0	0
PAW	5PES	Chlortoluron	ng/l	25	0	25	50	75	100	0	0	0	0
PAW	5PES	Bromacile	ng/l	25	0	25	50	75	100	0	0	0	0
PAW	5PES	Bentazone	ng/l	25	0	25	50	75	100	0	0	0	0
PAW	5PES	Chloridazon	ng/l	25	0	25	50	75	100	0	0	0	0
PAW	6HAP	Benzo (a) pyrène	ng/l	2,5	0	1,5	5	7,5	40	0	0	0	0
PAW	6HAP	HAP somme (4)	µg/l	0,08	0	0,05	0,07	0,075	0,4	0	0	0	0
PAW	7SOL	Benzène	µg/l	0,5	0	0,26	0,5	0,75	4	0	0	0	0
PAW	7SOL	Trichloréthylène	µg/l	1	0	1	2	7,5	40	0	0	0	0
PAW	7SOL	Tétrachloréthylène	µg/l	1	0	1	2	7,5	40	0	0	0	0
SEQW	1MIN	pH (in-situ)	unités pH	2	7,5	8,5	8,8	9,2	9,5	6,5	6	5,5	4
SEQW	1MIN	Conductivité (in-situ)	µs/cm à 20°C	20	400	750	1500	2100	2500	180	120	60	0
SEQW	1MIN	Dureté totale	° français	2	20	32	50	70	100	15	0	0	0

SEQW	1MIN	Chlorures	mg/l	1	0	30	60	150	250	0	0	0	0
SEQW	1MIN	Sulfates	mg/l	1	0	60	120	250	400	0	0	0	0
SEQW	1MIN	Magnesium	mg/l	1	0	10	25	50	200	0	0	0	0
SEQW	1MIN	Sodium	mg/l	1	0	20	80	150	200	0	0	0	0
SEQW	1MIX	Potassium	mg/l	0,3	0	5	10	12	24	0	0	0	0
SEQW	1MIX	Baryum	µg/l	10	0	100	400	700	1000	0	0	0	0
SEQW	1MIX	Fluorures	mg/l	0,1	0,3	0,5	0,8	1,1	1,5	0,15	0	0	0
SEQW	2AZO	Nitrites	mg/l NO2	0,02	0	0,02	0,05	0,1	0,7	0	0	0	0
SEQW	2AZO	Ammonium	mg/l NH4	0,05	0	0,05	0,3	0,5	4	0	0	0	0
SEQW	2MOX	Oxydabilité (KMnO4)	mg/l O2	0,5	0	1	3	5	10	0	0	0	0
SEQW	2MOX	Carbone organique total	mg/l C	0,3	0	3	4,5	6	12	0	0	0	0
SEQW	2NO3	Nitrates	mg/l NO3	1	0	10	25	50	100	0	0	0	0
SEQW	2PHO	Phosphore total	mg/l P2O5	0,05	0	0,115	0,4	1,15	5	0	0	0	0
SEQW	2PHO	Ortho-Phosphates	mg/l	0,08	0	0,1	0,52	0,9	4,5	0	0	0	0
SEQW	2PHO	Phosphates totaux	mg/l	0,1	0	0,1	0,52	0,9	4,5	0	0	0	0
SEQW	3ARG	Silice	mg/l SiO2	2	0	25	50	100	5000	0	0	0	0
SEQW	3ARG	Aluminium	µg/l	10	0	50	100	200	10000	0	0	0	0
SEQW	3FEM	Fer (sur filtré 0,4µ)	µg/l	10	0	50	125	200	10000	0	0	0	0
SEQW	3FEM	Manganèse	µg/l	5	0	20	30	50	1000	0	0	0	0
SEQW	3MES	Turbidité	NTU	0,5	0	0,5	2	4	1000	0	0	0	0
SEQW	3MES	Matières en suspension	0,00 mg/l	0,1	0	1	2	5	1500	0	0	0	0
SEQW	4MPM	Cyanures (totaux)	µg/l	5	0	5	10	50	250	0	0	0	0
SEQW	4MPM	Cuivre	µg/l	2	0	15	40	100	1000	0	0	0	0
SEQW	4MPM	Zinc	µg/l	20	0	90	120	200	5000	0	0	0	0
SEQW	4MPM	Bore	µg/l	25	0	50	500	1000	4000	0	0	0	0
SEQW	4MPM	Arsenic	µg/l	1	0	1	5	10	50	0	0	0	0
SEQW	4MPM	Cadmium	µg/l	0,25	0	0,25	1	5	20	0	0	0	0
SEQW	4MPM	Chrome (total)	µg/l	2	0	2,5	25	50	100	0	0	0	0
SEQW	4MPM	Mercure	µg/l	0,2	0	0,1	0,5	1	4	0	0	0	0
SEQW	4MPM	Nickel	µg/l	2	0	10	15	20	80	0	0	0	0
SEQW	4MPM	Plomb	µg/l	1	0	2,5	5	10	50	0	0	0	0
SEQW	4MPM	Antimoine	µg/l	1	0	1,01	2	5	10	0	0	0	0
SEQW	4MPM	Selenium	µg/l	1,2	0	2	5	10	20	0	0	0	0
SEQW	5PES	Pesticides totaux	µg/l	0,05	0	0,1	0,2	0,5	5	0	0	0	0
SEQW	5PES	Atrazine	ng/l	25	0	25	50	100	1000	0	0	0	0
SEQW	5PES	Déséthyl Atrazine	ng/l	25	0	25	50	100	1000	0	0	0	0
SEQW	5PES	Simazine	ng/l	25	0	25	50	100	1000	0	0	0	0

SEQW	5PES	Diuron	ng/l	25	0	25	50	100	2000	0	0	0	0
SEQW	5PES	Isoproturon	ng/l	25	0	25	50	100	2000	0	0	0	0
SEQW	5PES	Chlortoluron	ng/l	25	0	25	50	100	2000	0	0	0	0
SEQW	5PES	Bromacile	ng/l	25	0	25	50	100	500	0	0	0	0
SEQW	5PES	Bentazone	ng/l	25	0	40	50	100	500	0	0	0	0
SEQW	5PES	Chloridazon	ng/l	25	0	25	50	100	1000	0	0	0	0
SEQW	6HAP	Benzo (a) pyrène	ng/l	2,5	0	1,5	5	10	200	0	0	0	0
SEQW	6HAP	HAP somme (4)	µg/l	0,08	0	0,05	0,07	0,1	1	0	0	0	0
SEQW	7SOL	Benzène	µg/l	0,5	0	0,26	0,5	1	10	0	0	0	0
SEQW	7SOL	Trichloréthylène	µg/l	1	0	1	2	10	200	0	0	0	0
SEQW	7SOL	Tétrachloréthylène	µg/l	1	0	1	2	10	200	0	0	0	0
SEQF	1MIN	pH (in-situ)	unités pH	2	7,5	8,5	8,8	9,2	9,5	6,5	6,2	5,8	5,5
SEQF	1MIN	Conductivité (in-situ)	µs/cm à 20°C	20	290	400	1500	2500	4000	180	120	60	0
SEQF	1MIN	Dureté totale	° français	2	24	40	70	90	125	8	6	4	0
SEQF	1MIN	Chlorures	mg/l	1	0	25	100	175	250	0	0	0	0
SEQF	1MIN	Sulfates	mg/l	1	0	25	100	175	250	0	0	0	0
SEQF	1MIN	Magnesium	mg/l	1	0	30	40	50	400	0	0	0	0
SEQF	1MIN	Sodium	mg/l	1	0	20	80	140	200	0	0	0	0
SEQF	1MIX	Potassium	mg/l	0,3	0	10	11	12	70	0	0	0	0
SEQF	1MIX	Fluorures	mg/l	0,1	1,1	1,5	4,5	7	10	0,7	0	0	0
SEQF	2AZO	Nitrites	mg/l NO2	0,02	0	0,05	0,07	0,1	0,7	0	0	0	0
SEQF	2AZO	Ammonium	mg/l NH4	0,05	0	0,05	0,3	0,5	4	0	0	0	0
SEQF	2MOX	Oxydabilité (KMnO4)	mg/l O2	0,5	0	1	3	5	10	0	0	0	0
SEQF	2MOX	Carbone organique total	mg/l C	0,3	0	3	4,5	6	12	0	0	0	0
SEQF	2NO3	Nitrates	mg/l NO3	1	0	10	20	50	100	0	0	0	0
SEQF	2PHO	Phosphore total	mg/l P2O5	0,05	0	0,115	0,4	1,15	5	0	0	0	0
SEQF	2PHO	Ortho-Phosphates	mg/l	0,08	0	0,1	0,52	0,9	4,5	0	0	0	0
SEQF	3FEM	Fer (sur filtré 0,4µ)	µg/l	10	0	50	125	200	10000	0	0	0	0
SEQF	3FEM	Manganèse	µg/l	5	0	20	30	50	1000	0	0	0	0
SEQF	3MES	Turbidité	NTU	0,5	0	0,4	1,2	2	3750	0	0	0	0
SEQF	3MES	Matières en suspension	0,00 mg/l	0,1	0	2	3,5	5	5000	0	0	0	0
SEQF	4MPM	Aluminium	µg/l	10	0	50	125	200	10000	0	0	0	0
SEQF	4MPM	Cyanures (totaux)	µg/l	5	0	5	25	40	50	0	0	0	0
SEQF	4MPM	Cuivre	µg/l	2	0	100	150	200	4000	0	0	0	0
SEQF	4MPM	Zinc	µg/l	20	0	100	1700	3400	5000	0	0	0	0
SEQF	4MPM	Bore	µg/l	25	0	50	350	700	1000	0	0	0	0

SEQF	4MPM	Arsenic	µg/l	1	0	5	7,5	10	100	0	0	0	0
SEQF	4MPM	Cadmium	µg/l	0,25	0	1	2,5	3,5	5	0	0	0	0
SEQF	4MPM	Chrome (total)	µg/l	2	0	25	30	40	50	0	0	0	0
SEQF	4MPM	Mercure	µg/l	0,2	0	0,5	0,65	0,8	1	0	0	0	0
SEQF	4MPM	Nickel	µg/l	2	0	10	15	20	40	0	0	0	0
SEQF	4MPM	Plomb	µg/l	1	0	5	7,5	10	50	0	0	0	0
SEQF	4MPM	Antimoine	µg/l	1	0	2	3,5	5	10	0	0	0	0
SEQF	4MPM	Selenium	µg/l	1,2	0	5	6,5	8,5	10	0	0	0	0
SEQF	5PES	Pesticides totaux	µg/l	0,05	0	0,01	0,05	0,5	5	0	0	0	0
SEQF	5PES	Hexachlorocyclohexane gamma	ng/l	10	0	10	50	100	2000	0	0	0	0
SEQF	5PES	Atrazine	ng/l	25	0	10	50	100	2000	0	0	0	0
SEQF	5PES	Déséthyl Atrazine	ng/l	25	0	10	50	100	2000	0	0	0	0
SEQF	5PES	Simazine	ng/l	25	0	10	50	100	2000	0	0	0	0
SEQF	5PES	Diuron	ng/l	25	0	10	50	100	2000	0	0	0	0
SEQF	5PES	Isoproturon	ng/l	25	0	10	50	100	2000	0	0	0	0
SEQF	5PES	Chlortoluron	ng/l	25	0	10	50	100	2000	0	0	0	0
SEQF	5PES	Terbutylazine	ng/l	25	0	10	50	100	2000	0	0	0	0
SEQF	6HAP	Benzo (a) pyrène	ng/l	2,5	0	1	5	10	200	0	0	0	0
SEQF	6HAP	HAP somme (4)	µg/l	0,08	0	0,05	0,07	0,1	1	0	0	0	0
SEQF	7SOL	Benzène	µg/l	0,5	0	0,5	0,75	1	10	0	0	0	0
SEQF	7SOL	Trichloréthylène	µg/l	1	0	0,1	0,5	10	200	0	0	0	0
SEQF	7SOL	Tétrachloréthylène	µg/l	1	0	0,1	0,5	10	200	0	0	0	0
SEQF	7SOL	TriEtPerchloréthylène	µg/l	1	0	0,1	0,5	10	200	0	0	0	0

## **Annexe V**

## JUSTIFICATIFS DES OPTIONS DU SEQESO S'ÉCARTANT DU SEQEAU

*Ce qui suit ne concerne que l'usage ADE/AEP (aptitude à la distribution de l'eau par réseau) et l'état patrimonial PAW/PAT.*

### ***Altération matières organiques et oxydables***

Contrairement aux eaux de surface, l'usage en Région wallonne est de mesurer le carbone organique total (COT) et non le carbone organique dissous (COD) dans les eaux souterraines. C'est également le COT qui fait l'objet des objectifs de qualité pour l'eau alimentaire.

Des essais comparatifs (MO + COT + COD + DCO) devraient être réalisés sur plusieurs types d'eau pour déterminer les échelles respectives. Dans l'eau souterraine il ne devrait pas y avoir de grande différence entre COT et COD. Par ailleurs, le rapport COT/MO, entre le carbone organique total et l'oxydabilité au  $\text{KmnO}_4$  à chaud, est généralement voisin de 4 dans les eaux souterraines.

### ***Altération nitrates (NO<sub>3</sub>)***

Le seuil PAT-S2 (vert/jaune) de 25 mg/l (niveau guide de la directive 80/778/CEE) nous paraît préférable au seuil de 20 mg/l dérivé de l'état patrimonial, parce qu'il a toujours été employé en Région wallonne et qu'il est fondamental dans l'application et le *reporting* de la Directive Nitrates 91/676.

Le seuil PAT-S3 de 40 mg/l (seuil d'alerte parfois utilisé pour les eaux potabilisables) devrait être abandonné pour faire place à PAW-S3 = 37,5 mg/l, conformément à la règle de la valeur d'action (au maximum égale à 75% de la norme de qualité).

Le seuil AEP-S4 de 100 mg/l (correspondant au niveau A3 = 50 mg/l pour les eaux de surface potabilisables) est bien adapté à de petites stations de traitement (par échange ionique) là où aucune alternative n'existe (Erquelinnes, Honnelles, Inzémont). Nous ne trouverons effectivement pas en Région wallonne d'eau potabilisable dans le rouge; par contre, on peut en trouver dans les puits domestiques (particuliers et fermiers). Nous l'adoptons.

en conclusion pour les nitrates:

	<i>S1</i>	<i>S2</i>	<i>S3</i>	<i>S4</i>
AEP	10	25	50	100
ADE	10	25	50	100
PAT	10	20	40	50
PAW	10	25	37.5	50

### ***Altération matières azotées***

Il paraît a priori souhaitable de regrouper les formes de l'azote, interconvertibles par oxydo-réduction dans les nappes. Toutefois les phénomènes générateurs sont relativement différents. Aussi les nitrates demeureront dans une altération distincte.

NO<sub>2</sub> et NH<sub>4</sub> sont souvent générés par les nitrates et observés à la limite de détection des laboratoires, raisons pour ne pas les reprendre dans l'état patrimonial.

En analogie avec le réseau de mesure des eaux de surface, nous proposons de baptiser cette altération "substances eutrophisantes", avec les phosphates comme paramètre facultatif.

### ***Altération particules en suspension***

Pour les eaux souterraines non affectées, c'est bien la turbidité qui est pertinente, la mesure des matières en suspension n'étant précise que pour des eaux particulièrement chargées (mal filtrées par le sol et le sous-sol).

L'ISSeP a démontré, à partir de mesures effectuées sur quelques stations du réseau de surveillance des cours d'eau que, d'une part, le seuil BIO-S4 est pertinent, d'autre part le ratio entre les différents seuils de la turbidité et des matières en suspension est correct.

### ***Altération fer et manganèse***

Il s'agit en Région wallonne d'une première altération fondamentale, très généralement naturelle (lithogène) et fréquemment rencontrée. Elle nécessite souvent un traitement de potabilisation (oxydation + filtration).

Au moins 50% des turbidités excessives sont due, en post-aération, au fer et au manganèse. On pourrait donc combiner ces altérations et ajouter en facultatif l'aluminium (rarement solubilisé) et la silice, responsables également de dépôts dans l'eau distribué (argiles, entraînement de terres,...).

### ***Altération minéralisation et salinité***

#### **I. Paramètres généraux**

I.a) Conductivité (µs/cm à 20° C).

Seuil M1 (bleu/vert) : la nécessité de reminéraliser l'eau à 180 µs/cm (ou 8° français pour la dureté; voir ci-dessous) n'est pas évidente et s'oppose à des considérations relatives au goût.

La norme de potabilité en Région wallonne est de 2100 et non 2500 µs/cm en tête de distribution (AERW du 20/07/1989). Aucune eau potabilisable ne dépasse 1500 µS/cm en Région wallonne.

	<i>M4</i>	<i>M3</i>	<i>M2</i>	<i>M1</i>	<i>S1</i>	<i>S2</i>	<i>S3</i>	<i>S4</i>
SEQF		60	120	180	400	1450	2500	4000
SEQW		60	120	180	750	1500	2100	2500

Vu l'absence d'intrusion saline en Région wallonne, nous ne voyons pas l'opportunité d'utiliser des eaux jusqu'à 4000  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , ces eaux seraient forcément suspectes.

#### I.b) Dureté (° français).

Ici, nous disposons d'une valeur-guide minimale de 15° F pour leur adoucissement ménager idéal. D'autre part, les duretés élevées (nécessitant une surconsommation de tensio-actifs pour laver le linge et la vaisselle commencent traditionnellement à 32° F (idem en Allemagne)).

En additionnant les CMA<sub>d</sub> relatives au calcium et au magnésium, on obtient 67,5° F pour la dureté. On peut arrondir à 70 ° F mais 50° F génèrent déjà pas mal de plaintes et semblent devoir déjà nécessiter un traitement correctif (entartrement excessif des circuits chauds, vieillissement anormal des chaudières).

Quant au seuil S4, bien que la dureté soit un paramètre facilement traitable (adoucissement chimique ou par échange ionique), il n'est pas nécessaire qu'il excède 100 vu que 100% des eaux potabilisables respectent cette valeur en Wallonie. Les eaux trop douces et agressives sont également facilement corrigées (Magnos, calcite,...) de sorte que les seuils minima ne sont pas nécessaires.

	<i>M4</i>	<i>M3</i>	<i>M2</i>	<i>M1</i>	<i>S1</i>	<i>S2</i>	<i>S3</i>	<i>S4</i>
AEP	0	0	0	8	40	90	90	125
ADE				15	32	70	70	100
SEQF		4	6	8	40	70	90	125
SEQW				15	32	50	70	100

#### I.c) pH

La plage de potabilité (eau distribuée par réseau) est de 6,5 à 9,2 en Région wallonne.

Le pH maximum pour les eaux de surface (Directive 75/440) est de 8,5 (eaux désinfectées) de 9 (eaux subissant un traitement complet). Il ressort de l'équilibre ClO<sup>-</sup> qu'au-delà de 8,5 la désinfection au chlore perd de son pouvoir.

Hors pollution notoire, nous ne connaissons pas en Région wallonne d'eaux alcalines (pH élevé, TA > 0).

Nous estimons utile de descendre le seuil minimal M4 (orange/rouge) à 4,5 pour tenir compte de certaines excellentes eaux minérales naturelles utilisables moyennant traitement (région des Hautes-Fagnes) ou de réseaux de canalisations adaptés (PVC/PE) à l'agressivité de l'eau.

Certaines interpolations se modifient par là même :

	<i>M4</i>	<i>M3</i>	<i>M2</i>	<i>M1</i>	<i>S1</i>	<i>S2</i>	<i>S3</i>	<i>S4</i>
SEQEAU	5,5	5,8	6,2	6,5	8,5	8,8	9,2	9,5
SEQ-ESO	4,5	5,5	6,0	6,5	8,5	8,8	9,2	9,5

#### I.d) Résidus secs

La relation proportionnelle avec la conductivité électrique (facteur multiplicatif entre 0,75 et 0,8) est correcte. Les seuils hauts (3000 mg/l) nous paraissent également excessifs et suspects. Les maxima en Région wallonne sont de l'ordre de 1000 mg/l pour les eaux potabilisables. Ce paramètre nécessite un complément d'étude.

#### I.e) autres paramètres

L'IS, indice de Langelier, servant à l'usage industrie et énergie n'est pas souvent mesuré pour l'instant. Le SAR, obtenu par calcul, vise l'usage "Irrigation".

## II. Chlorures et sulfates

Chlorures et sulfates doivent chacun être pris en compte (leurs origines sont différentes). Vu le projet de directive fille pour la protection des eaux souterraines où ils sont tous 2 visés en vue de l'établissement de valeurs seuils et des analyses de tendance, il est nécessaire d'introduire un état patrimonial wallon pour ces 2 paramètres.

Pour la distribution d'eau potable, si la VG de 25 µg/l de la Directive 80/778 nous paraît correcte pour les chlorures, elle semble trop stricte pour les sulfates. Nous préférons adopter les valeurs médianes de toutes les eaux potabilisables confondues, soit 30 mg/l pour les chlorures et 60 mg/l pour les sulfates.

L'ancienne CMAAd de 200 et non 250 mg/l pour les chlorures nous paraît mieux adaptée aux eaux brutes. Contrairement aux chlorures, les sulfates seront considérés comme traitables jusqu'à 400 mg/l (traitement par nano-filtration appliqué sur les eaux d'exhaure des carrières).

En ce qui concerne l'état patrimonial, la dispersion des valeurs habituelles pour les eaux potabilisables nous fait pencher pour le seuil S2 (vert/jaune) vers 60 mg/l pour les chlorures et 120 mg/l pour les sulfates (90 % des résultats respectent ces valeurs).

Par ailleurs, vu leur présence fréquente sur certains sites contaminés, des seuils PAW-S4 sont établis à 4 fois la valeur du PAW-S3.

En conclusion pour les chlorures :

<i>Cl-</i>	<i>S1</i>	<i>S2</i>	<i>S3</i>	<i>S4</i>
AEP	25	250	250	250
ADE	30	200	200	250
PAT	-	-	-	-

PAW	30	60	100	400
SEQF	25	100	175	250
SEQW	30	60	150	250

Vu l'absence d'intrusion saline en Wallonie, la valeur de 150 peut être testée provisoirement comme valeur seuil.

En conclusion pour les sulfates :

<i>SO4--</i>	<i>S1</i>	<i>S2</i>	<i>S3</i>	<i>S4</i>
AEP	25	250	250	250
ADE	60	250	250	400
PAT	-	-	-	-
PAW	60	120	200	800
SEQF	25	100	175	250
SEQW	60	120	250	400

La norme de potabilité prend bien ici la place de la valeur seuil.

### *Altération micropolluants minéraux*

La mesure de l'argent n'est plus considérée comme pertinente, celle du baryum manque à l'appel par contre. Pour ce paramètre, l'ADE-S1 est fixé à 100 µg/l par la directive de 1980 et la norme de potabilité impérative est de 1000. Toutefois nous intercalons la valeur guide de l'OMS = 700 en ADE-S2. Le paramètre est inclus dans l'altération MIX (minéralisation complémentaire) :

<i>Ba++</i>	<i>S1</i>	<i>S2</i>	<i>S3</i>	<i>S4</i>
ADE	100	700	700	1000
SEQW	100	400	700	1000

L'aluminium (total) peut être en grande partie naturel. Rarement dissout, il devrait rejoindre l'altération "Particules, Fer et Mn", avec la silice SiO<sub>2</sub>.

Il nous paraît important d'introduire cette altération dans l'usage patrimonial, ce qui fait défaut dans le SEQEAU français. Le bruit de fond des métaux dans les eaux souterraines a été évalué pour le décret Sols et les valeurs de référence (seuils de la classe de qualité "bleu") sont disponibles. De l'autre côté de l'échelle, des valeurs d'intervention pour assainissement (VINappe, soit l'équivalent des valeurs C néerlandaises), seront également bientôt disponibles.

Par ailleurs, nous proposons de traiter les métaux lourds + le bore (par suite de méthode d'analyse commune standard, l'ICP) à par des autres micropolluants minéraux, c.-à-d. principalement les cyanures, mais aussi les sulfures et le baryum.

Il y a beaucoup de considérations à faire ici sur les seuils préconisés (voir questions spéciales des seuil de traitabilité).

## *Altération pesticides*

La liste proposée ici possède un tronc commun avec les pesticides les plus souvent rencontrés dans les eaux souterraines de Wallonie (familles d'herbicides des triazines et des urées). La terbutylazine n'a pas été détectée en Région wallonne. Par contre, il faut s'intéresser à la bromacile, au chlortoluron, au chloridazon et à la bentazone.

Mis à part le lindane, les organochlorés et organophosphorés (fenthions et drines) repris le sont parce qu'ils possèdent des normes particulières (eaux de surface potabilisables, potabilité à 0,03 µg/l). Toutefois, ces substances n'ont jamais été détectées chez nous dans les eaux souterraines.

Pour les autres pesticides facultatifs, il convient de s'inspirer de la liste des pesticides jugés pertinents dans les eaux souterraines, établie par le Comité régional Phyto.

Le seuil analytique de détection des herbicides triazines et urées, 0,01 µg/l, semble inaccessible par bon nombre de laboratoires en Région wallonne; l'exigence du contrôle de potabilité fixée à 0,025 µg/l (voire 0,040 µg/l pour la bentazone) nous semble plus en rapport avec les méthodes analytiques utilisées.

Pour les herbicides organochlorés ou organophosphorés ou carbamates le 0,01 µg/l peut s'appliquer.

Pour les insecticides puissants tels les drines, il faut en référer à l'ISSeP.

La valeur A3, 2 µg/l, égale à 20 fois la norme de potabilité (soit un rendement de 95 % de traitement correctif) paraît a priori énorme ; il est peu probable que chaque substance bénéficie de ce taux d'épuration sur les charbons actifs en grains, tels qu'ils sont mis en œuvre classiquement. Nous nous référons ici aux tests pilotes et études réalisées par la Faculté agronomique de Gembloux (M.C. GERARD et J.P. BARTHELEMY, 2003). Bien que peu de substances ont encore été étudiées, il ressort de ces études que la difficulté d'adsorption n'est pas nécessairement liée à la polarité de la substance. Les auteurs proposent 3 classes de traitabilité pour une série d'herbicides dont nous tiendrons compte comme indiqué ci-dessous pour le seuil S4.

En conclusion, on obtient les grilles suivantes (toutes valeurs exprimées en µg/litre) :

Pour l'atrazine et le diuron et la plupart des herbicides :

	<i>Substances</i>	<i>S1</i>	<i>S2</i>	<i>S3</i>	<i>S4</i>
SEQEAU		0,01	0,05	0,1	2
SEQ-ESO	Urées substituées	0,025	0,05	0,1	2
SEQ-ESO	Triazines et chloridazon	0,025	0,05	0,1	1
SEQ-ESO	Phytohormones et uraciles	0,025	0,05	0,1	0,5

Pour le lindane et les organochlorés/phosphorés utilisés par l'agriculture :

	S1	S2	S3	S4
SEQEAU	0,01	0,05	0,1	2
SEQ-ESO	0,01	0,05	0,1	1

Pour l'aldrine, la dieldrine, l'heptachlore et l'heptachlore époxyde

	S1	S2	S3	S4
SEQEAU	0,001	0,005	0,03	0,3
SEQ-ESO	?	?	0,03	0,3

Pour le total des pesticides quantifiés, nous ne voyons pas pourquoi les seuils S1 et S2 devraient rester identiques à ceux des substances individualisées :

	S1	S2	S3	S4
SEQEAU	0,01	0,05	0,5	5
SEQ-ESO	0,10	0,20	0,5	5

### ***Altération hydrocarbures aromatiques polycycliques***

D'autres substances de cette famille (pyrène, phénanthrène,..), non normées pour la potabilité, mais indicateurs de pollutions ponctuelles ou diffuses (produits pétroliers et du charbon, produits de combustion), sont présents localement. Ils devraient être ajoutés (facultatifs).

### ***Altération autres micropolluants organiques***

Seuls le benzène et trois solvants chlorés font l'objet de normes de potabilité spécifiques. Parmi les trihalométhanes, seul le chloroforme est un solvant industriel qui peut affecter les eaux brutes.

Cette altération reprend les trois mesures groupées classiques que sont l'indice phénol, les huiles minérales et les détergents anioniques. Les résultats des deux premières familles sont entachés par un manque de précision dans le chef des laboratoires.

Parmi les chlorobenzènes, seul l'hexa est repris ... Pourquoi ?

Les limites de détection PAT-S1 du PCE et du TCE ne sont pas accessibles par la plupart des laboratoires ; nous les relevons de 0,1 à 1 µg/l. Le benzène doit au contraire pouvoir être détecté à 0,25 µg/l, soit 25% de la valeur paramétrique, au lieu de 0,5 µg/l.

### ***Altération micro-organismes***

Les bactéries indicatrices correspondent aux Directives européennes sur l'eau potable. Il y a lieu de faire le choix des nouveaux paramètres : E. Coli et entérocoques.

Cette altération n'est pas toujours mesurée par les producteurs sur les eaux brutes, puisque les eaux sont quasi-systématiquement désinfectées.

Par ailleurs une fréquence d'échantillonnage plus élevée est nécessaire pour quantifier cette altération.

### ***Altération goûts et odeurs***

L'eau souterraine n'est pas goûtée lors du prélèvement, tandis que l'odeur se résume à une appréciation "qualitative". Les altérations parfois mentionnées sont "odeur d'hydrocarbures", "odeur de soufre", "odeur d'égout" ou "odeur de purin".

La méthode du seuil de détection à 25°C (l'eau diluée plusieurs fois est présentée à un jury) n'est jamais pratiquée. Tous les éléments responsables d'odeurs (et de saveurs) particulières et non acceptables sont repris dans les autres altérations et donc quantifiables au sein de celles-ci.

Nous proposons de ne pas prendre en compte l'altération "goûts et odeurs". Il est toutefois important de signaler toute odeur perçue lors d'un prélèvement pour permettre de la confirmer lors de l'analyse.

### ***Altération coloration***

Même observation que pour "odeurs et saveurs", même si, grâce à l'échelle platine-cobalt, la couleur est plus aisément quantifiable.

### ***Altération poly-chloro biphényles (PCB)***

Cette altération n'est en général pas mesurée dans les eaux souterraines et de distribution publique. On ne les recherche que si un fait permet de les suspecter. La mesure des PCB pourrait s'envisager dans le futur sur le réseau "patrimonial".

### ***Altérations corrosion, formation de dépôt et température***

Ces altérations interviennent dans les usages "industrie" et "énergie". Les ferrobactéries, la salinité et le potentiel redox ne sont jamais mesurés pour les eaux potabilisables et posent donc problème pour un réseau intégré avec les producteurs. L'IS ou le CO<sub>2</sub> dissous, et l'O<sub>2</sub> dissous, sans pouvoir être soumis à des seuils, sont également à mesurer pour apprécier plusieurs altérations affectant les eaux potabilisables. Nous les considérons comme des compléments d'analyse. L'oxygène est un indicateur de terrain indispensable.

-----

## **Annexe VI**

code ESO	Description	Symbole	Expression	Norme de potabilité	Niveau guide	Limite de quantification
<b>Paramètres indicateurs</b>						
500	Niveau relatif (si piézomètre)	z	0,00 m			
2001	Couleur (in-situ)		appréciation	20		
2003	Odeur		appréciation			
2005	Température (in-situ)	T	° Celsius	25	10	
2106	Oxygène dissous (in-situ)	O2d	mg/l O2		10	
<b>Micro-organismes</b>						
1013	Escherichia Coli	E.Coli	nb par 100ml	0		
1022	Entérocoques	Enter.	nb par 100ml	0		
1001	Germes totaux à 22 °C	GT22	nb par ml		100	
1002	Germes totaux à 37 °C	GT37	nb par ml		10	
1011	Coliformes totaux	ColiT	nb par 100ml	0		
<b>Minéralisation et salinité</b>						
2101	pH (in-situ)	pH	unités pH	>6,5 et <9,2	>5,5	
2102	Conductivité (in-situ)	K20	µs/cm à 20°C	2100	1000	
2103	Dureté totale	TH	°français	67,5	40	1
2201	Chlorures	Cl-	mg/l	200	50	5
2202	Sulfates	SO4--	mg/l	250	100	5
2104	Résidu sec (à 180°C)	Res	mg/l	1500	500	10
2107	Alcalinité totale	TAC	° français	>2,5	25	1
2204	Calcium	Ca++	mg/l	270	150	5
2205	Magnésium	Mg++	mg/l	50	20	1
2206	Sodium	Na+	mg/l	150	10	1
2207	Potassium	K+	mg/l	12	5	0,3
<b>Particules en suspension, Fer et Manganèse</b>						
2002	Turbidité	NTU	NTU	4	0,4	0,2
2006	Matières en suspension	MES	mg/l			0,1
3501	Fer (sur filtré 0,4µ)	Fe	µg/l	200		10
3502	Manganèse	Mn	µg/l	50		5
2210	Aluminium	Al+++	µg/l	200		10
2203	Silice	SiO2	mg/l SiO2		10	2
<b>Substances eutrophisantes</b>						
3001	Nitrates	NO3-	mg/l NO3	50	25	1
3003	Ammonium	NH4+	mg/l NH4	0,5	0,5	0,05
3005	Phosphore total	P	mg/l P2O5	5		0,05
3002	Nitrites	NO2-	mg/l NO2	0,1	0,5	0,05
3204	Ortho-Phosphates	PO4---	mg/l	6,7		0,08
<b>Métaux</b>						
3503	Cuivre	Cu	µg/l	100		2
3504	Zinc	Zn	µg/l	200		10
3601	Arsenic	As	µg/l	10		1
3602	Cadmium	Cd	µg/l	5		0,5
3603	Chrome (total)	Cr	µg/l	50		2
3604	Mercure	Hg	µg/l	1		0,2
3605	Nickel	Ni	µg/l	20		2
3606	Plomb	Pb	µg/l	10		1
3607	Antimoine	Sb	µg/l	5		1,25
3608	Selenium	Se	µg/l	10		1
3506	Argent	Ag	µg/l	10		1
3508	Molybdène	Mo	µg/l		70	5
3613	Etain	Sn	µg/l		5	1
<b>Micropolluants minéraux (autres)</b>						
3205	Cyanures (totaux)	CN-	µg/l	50	10	2
3203	Fluorures	F-	mg/l	1,5	0,1	0,05

3505	Bore	B	µg/l	1000	100	25
3201	Sulfures	S--	mg/l			0,04
3202	Bromures	Br-	mg/l			0,02
2208	Baryum	Ba++	µg/l		700	10
2209	Strontium	Sr++	µg/l		750	50
3610	Chromates	Cr6+	µg/l		10	?
<b>Altération Matières organiques et oxydables</b>						
4001	Oxydabilité (KMnO4)	M.O.	mg/l O2	5		0,5
4002	Carbone organique total	COT	mg/l C		6	0,1
<b>Altération Hydrocarbures aromatiques polycycliques</b>						
4501	Fluoranthène		ng/l			10
4502	Benzo (b) fluoranthène		ng/l	25		5
4503	Benzo (k) fluoranthène		ng/l	25		5
4504	Benzo (a) pyrène		ng/l	10		2,5
4505	Benzo (g,h,i) pérylène		ng/l	25		5
4506	Indéno (1,2,3-cd) pyrène		ng/l	25		5
4507	Pyrène		ng/l			10
4508	Chrysène		ng/l			10
4509	Phénanthrène		ng/l			10
4510	Fluorène		ng/l			10
<b>Altération Pesticides</b>						
4403	Atrazine		ng/l	100		25
4404	Déséthyl Atrazine		ng/l		100	25
4405	Simazine		ng/l	100		25
4408	Diuron		ng/l	100		25
4410	Isoproturon		ng/l	100		25
4406	Propazine		ng/l	100		25
4407	Métribuzin		ng/l	100		25
4411	Chlortoluron		ng/l	100		30
4412	Linuron		ng/l	100		25
4413	Monuron		ng/l	100		25
4414	Métoxuron		ng/l	100		25
4415	Métobromuron		ng/l	100		25
4416	Bromacile ?		ng/l	100		?
4426	Bentazone ?		ng/l	100		?
4427	Chloridazon		ng/l	100		40
4435	Terbutylazine		ng/l	100		25
4436	Déisopropyl Atrazine		ng/l		100	25
4437	Cyanazine		ng/l	100		25
4401	Lindane ?	C6H6Cl6	ng/l	100		10
<b>Altération Micro-polluants organiques (autres)</b>						
4306	Trichloréthylène	C2HCl3	µg/l	5	10	1
4307	Tétrachloréthylène	C2Cl4	µg/l	5	10	1
4201	Benzène	C6H6	µg/l	1		0,25
4301	Tétrachlorure de carbone	CCl4	µg/l		2	1
4302	Chloroforme	CHCl3	µg/l		10	1
4303	1,2 Dichloréthane	1,2-C2H4Cl2	µg/l	3		0,75
4304	1,1,1 Trichloréthane	1,1,1-C2H3Cl3	µg/l		200	1
4305	1,1,2 Trichloréthane	1,1,2-C2H3Cl3	µg/l			1
4308	Chlorobenzènes ?	C6HxCly	µg/l			1
4202	Toluène	C7H8	µg/l			1
4203	Ethylbenzène	C8H10	µg/l			1
4204	Xylènes	diC8H10	µg/l			1
4310	Trihalométhanes	THM	µg/l	100		10
4003	Hydrocarbures dissous, huiles minérales	HCB	µg/l	10		10

	(IR)	apolaires				
4004	Phénols	Indice phénol	µg/l C6H5OH	0,5		2
4005	Agents de surface (bleu de méthyle)	Détergents anioniques	µg/l	200		50
<b>Altération Poly-Chloro-Biphényles</b>						
A définir: la France propose les 7 congénères 28,52,101,118,138,153 et 180 (7 de Ballschmiter ?)						7 ng/l

## **Annexe VII**

Mise au point du SEQ-ESO : fiche relative à un paramètre.

### Phosphore (mg/l ; total et phosphates)

(D.Wylock – F.Delloye – 3/2/2003)

#### 1. SEQ-EAU France.

Le paramètre phosphore qui apparaît dans la législation sur l'eau potable n'a pas été pris en compte dans le SEQ-Eau souterraines car il n'est pas considéré comme problématique par le traiteur d'eau (textu –Annexe justificative page 10) ; pour information la valeur guide de la directive 80/778/CEE est de 0,4 mg/l P2O5 tandis que la norme de potabilité est de 5 mg/l P2O5.

Par contre, Mr Wylock nous communique que ce paramètre, principal responsable de l'eutrophisation en tant que paramètre limitant, est bien pris en compte par le SEQ-Cours d'eau dans une altération *matières phosphorées (phosphore total + phosphates)* et devrait donc au minimum figurer dans la fonction BIO. Voici les aptitudes :

	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
	S1	S2	S3	S4	
Phosphore (P)	<0.050	<0.200	<0.50	<1.00	
Phosphates (PO4)	<0.100	<0.500	<1.00	<2.00	
Phosphates (P)	<0.033	<0.165	<0.33	<0.66	
Phosphore (P2O5)	<0.110	<0.460	<1.15	<2.30	

Les 2 dernières lignes sont des changements d'unité destinés à la comparaison :

- il est estimé que 2/3 de l'apport en phosphore provient des phosphates, le solde essentiellement du phosphore organique.
- pour le phosphore total, les seuils BIO sont compatibles avec les seuils de potabilité en vue de la construction d'un indice général.

#### 2. Particularités en Région wallonne.

En ce qui concerne les eaux piscicoles, la valeur impérative est bien S3 = 0,5 pour Ptot. Les valeurs guides sont respectivement de 0,13 pour les eaux cyprinicoles et 0,065 pour les eaux salmonicoles.

L'arrêté de transposition de la directive sur les eaux de surface potabilisables en Région wallonne donne les seuils suivants (valeurs guides) pour les phosphates :

	A1 (désinfection)	A2 (physico-chimique)	A3 (traitement)
--	-------------------	-----------------------	-----------------

		traitement normal)	poussé)
Phosphates (P2O5)	0.40	0.7	0.7
Phosphates (PO4)	~=0.53	~=0.9	~=0.9
Phosphates (P)	~=0.17	~=0.3	~=0.3

Il est donc estimé que 3/7 des phosphates sont abattables par coagulation-floculation suivie d'une décantation.

La valeur guide de potabilité (0,4) est reprise et affectée aux phosphates tandis que la norme de potabilité (5) est de loin supérieure à la norme de potabilisation ; ceci résulte de l'emploi autorisé de certains sels de phosphate et polyphosphates pour le traitement de l'eau (agents précipitants ou dispersants). Cette incohérence ne permet pas d'utiliser les phosphates comme paramètre en ADE.

### 3. Directive cadre de l'eau.

Bien que reconnu non pertinent pour l'eau potable, le phosphore total serait repris comme standard pour les eaux souterraines avec une valeur paramétrique de 0,5 en raison du lien de cette substance avec le risque d'eutrophisation pour les eaux de surface et les zones humides associées et sensibles.

C'est à ce titre qu'il faut l'inclure dans le SEQ-ESO, en vue de vérifier que l'apport des eaux souterraines est négligeable.

### 4. Méthodes analytiques.

Les phosphates sont mesurés par photométrie d'absorption moléculaire (limite de quantification LOQ = 0,1 en PO4) ou par chromatographie ionique (LOQ = 0,05 en PO4). Le phosphore total est mesuré par spectrométrie d'émission (LOQ = 0,05 en P2O5).

### 5. Expérience du contrôle des nappes et des eaux de distribution publique.

Le phosphore est régulièrement mesuré dans l'eau potable en vertu de la directive de 1980 (AGW de 89). Les valeurs sont toujours proches de la limite de détection (0,05 mg P2O5/l).

Les ortho-phosphates sont recherchés dans l'analyse complète des eaux brutes de surface (uniquement solubles) et souterraines ; dans les eaux souterraines, les valeurs mesurées n'excèdent en général pas 0,1 mg/l PO4, sauf localement dans les calcaires du Tournaisis et le Crétacé de Herve. En outre, certains producteurs mesurent en fait les phosphates totaux (par hydrolyse préalable) et il semble que les polyphosphates constituent une part importante du dosage (très variable cependant vu l'imprécision due à la proximité de la limite de détection).

L'examen des analyses (P+PO4) de captages particulièrement affectés dans la Région de Tournai montre qu'à cet endroit les orthophosphates correspondent à la moitié environ du phosphore total mesuré.

## 6. Propositions.

Il est parfaitement possible d'introduire dans le SEQ-ESO une altération supplémentaire intitulée *matières phosphorées*.

L'analyse du phosphore total étant plus fiable, ce paramètre serait obligatoire. En attendant le passage aux phosphates totaux, les phosphates seraient facultatifs.

L'altération serait calculée pour la fonction BIO et les seuils de potabilité seraient utilisés pour construire un indice général permettant d'appliquer la Directive Cadre. Il est nécessaire pour cela que la norme de potabilité glisse de S3 en S4 en QGW.

Pour le phosphore total, cela donne le tableau suivant (expression P2O5):

Qualité	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Seuils	S1	S2	S3	S4	
Indice ADE	0,400	5,00	néant	A définir	
Indice BIO	0,115	0,46	1,15	2,3	
Indice général	0,115	▲ 0,40	1,15	▲ 5,0	

Il n'y a donc pas de problème de seuil de détection.

Pour les phosphates, cela donne le tableau suivant (expression PO4) :

Qualité	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Seuils	S1	S2	S3	S4	
Indice BIO	0,1	0,5	1	2	
Indice général	0,1	0,52	0,9	4,5*	

\*en première approximation :  $\frac{2}{3} \times 5 \times 190[2PO_4]/142[P_2O_5]$

La simulation de ces grilles de qualité donne les résultats suivants :

- Toutes les nappes sont dans le bleu pour BIO, QGW (indice général) et bien entendu ADE, sauf les eaux carbo-gazeuses (vert pour BIO et QGW) et les calcaires du Tournaisis (jaune pour BIO et QGW).
- Dans le dernier cas on peut estimer que la nappe est influencée par les pertes de l'Escaut.

- En ce qui concerne les eaux de surface potabilisables, Tailfer (Meuse) est au vert et Nisramont (Ourthe) est au jaune.
- Là où les 2 paramètres sont mesurés, P est généralement limitant par rapport à PO<sub>4</sub> (exceptions notoires : craies et sables), ce qui confirme l'insuffisance de la mesure des seuls orthophosphates.

## 7. Questions complémentaires.

Les engrais phosphatés (superphosphates (PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CaH<sub>4</sub>, phosphates ammoniques ou de potassium, engrais organiques [2,5 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> à la tonne pour un fumier de bovin]) constituent une pression agricole importante et diffuse.

Comment peut-on expliquer le peu d'impact du P sur les eaux souterraines ? Par l'adsorption préférentielle sur les particules du sol (argiles, matière organique, aluminium) ? **OUI** Par l'insolubilité du phosphate tricalcique dans les eaux bicarbonatées calciques ? **OUI**

Quid alors dans les nappes acides ? L'emploi d'engrais phosphatés est-il effectivement marginal sur le Massif ardennais (prairies et forêt essentiellement) ? **NON, mais les sols demeurent pauvres en P, environ 10 fois trop pauvres pour que l'équilibre d'adsorption sol-eau engendre des teneurs significatives dans les eaux d'infiltration (voir ci-dessous).**

-----

Voici les éléments de réponse apportés par Mr Richard LAMBERT, spécialiste de la question au Laboratoire d'écologie des Prairies de l'UCL à Michamps (Bastogne), sollicité par Ph. Guillaume :

### Les principales sources de P en agriculture.

-sous-produits de l'industrie sidérurgique : scories de déphosphoration. Elles ont été beaucoup utilisées en Ardenne avant le déclin de l'industrie sidérurgique. Actuellement, on n'en trouve plus depuis 4-5 ans (abandon du procédé Thomas)

-phosphates naturels

-superphosphates de chaux (concentre, triple, normal)

-phosphate bicalcique

-les aliments du bétail

Dans les sols acides, le P se combine au Fe et à Al pour former des phosphates de Fe et d'Al, peu solubles. Peut être récupéré après chaulage.

Dans les sols basiques, formation de phosphates tricalciques.

Le P est présent dans le sol dans les roches-mères ou sous forme rétrogradée (Phosphate tricalcique, phosphate de Mg, de Fe et d'Al), sous forme précipitée ou combinée dans des formes peu solubles (phosphates de Fe et Al) et bloqué à l'intérieur des argiles, dans la matière organique et adsorbé sur les argiles et les hydroxydes de Fe et d'Al. Le P assimilable par les plantes ne représente qu'une très petite partie du P du sol.

Il y a de nombreuses méthodes de dosage du P assimilable dans les sols, mais la concordance entre les résultats n'est pas très bonne. Il semble y avoir un rôle important du type de sol. En RW, on utilise la méthode de dosage au nitrovanadate d'ammonium après extraction par une solution d'acétate d'ammonium + EDTA. Jean Laroche (Géopédologie Gblx) pourra te donner plus d'infos sur ce sujet.

Dans le cadre d'une étude du Laboratoire d'Ecologie des Prairies financée par la RW (Observatoire des sols) on a fait le point de la situation dans la Province de Luxembourg sur 2211 parcelles (Région Jurassique, Ardenne et une partie de la Famenne). Sur base des normes de richesse en vigueur, 66% des sols sont carencés en P, 23% ont une bonne teneur et 11 % sont riches. Pour les parcelles en Région jurassique, 70% sont pauvres, 69 % en Ardenne et 45% en Famenne. Les sols de prairies permanentes sont généralement plus pauvres (76% sont pauvres) que les sols de cultures (46%) ou en prairies temporaires (63%).

Un essai d'épuisement du sol en P a été suivi de 1984 à 1990 à Michamps sur un sol qui présentait une bonne teneur.

On observe des fluctuations importantes de la teneur en P d'une année à l'autre liées vraisemblablement aux conditions climatiques???. Sur les parcelles sans P, la teneur relative (teneur des parcelles sans P/teneur des parcelles avec P) diminue sans application de P pendant les 4-5 premières années puis se stabilise...Ce qui semble indiquer un nouvel état d'équilibre entre l'absorption par la plante et la libération par le sol (Minéralisation de la matière organique???). On a observé des effets significatifs de la suppression de la fumure P sur les rendements, mais de façon sporadique. L'effet sur les teneurs en P des plantes est par contre plus marqué. Le coefficient d'utilisation moyen de la fumure P était seulement de 3,2% dans notre essai. Cela signifie que 97% de la fumure P reste dans le sol.

Des essais d'épuisement du sol (100 sols différents) par culture en pots (11 coupes successives) ont également été suivis dans le cadre d'une étude réalisée par ECOP.

Les sols forestiers ont des réserves faibles. En général, il y a épuisement après 4 coupes sans apports de P. Viennent ensuite les sols des associations végétales naturelles (Fonds de vallées abandonnés, réserves naturelles, nardaies) qui n'ont pas subi l'intensification agricoles. Les sols des marais sont généralement très riches, probablement suite à des apports avec les sédiments.

Ensuite, les sols de prairies et de cultures, puis les jardins potagers (tendance linéaire jusque la 11ème coupe).

Des bilans des éléments minéraux d'exploitation agricoles de la région de Bastogne (5 exploitations) montrent un solde positif de 25 kg en moyenne (de 9 à 36 kg de P/ha). Au niveau des parcelles, le solde va de -28 kg à 120 kg P/ha.

Ces données sont tirées des documents suivants :

Biblio ECOP

Lambert R., Lambert J., Toussaint B., 1992. Résultats d'un essai d'épuisement du sol en phosphore (1984-1990). Communication interne

Lambert R., Lambert J., Toussaint B., 1992. Comparaison de 2 méthodes d'extraction utilisées pour le dosage du phosphore dans le sol. Communication interne

Etienne MA, Lambert R. Lambert J., Toussaint B., Mise au point d'une nouvelle méthode pour le dosage du P dans les sols des prairies naturelles. Rapport Final.

Lambert R., Lambert J., Toussaint B., Peeters A., Vrancken F., 1994. Soil fertility, biomass production and mineral content of some marginal meadows in Ardenne. Comparison with the cultivated grasslands. Grazing system for semi-natural vegetation in marginal area. Aberdeen.

Pochet P., Lambert R., Toussaint B., 1995. Etude des intrants dans quelques exploitations agricoles du plateau de Bastogne. Rapport final de convention.

Ces documents sont consultables et photocopiables à Michamps...

Mémoire intitulé "libération du phosphore par quelques sols agricoles de Belgique. Relation avec la problématique de l'eutrophisation des eaux" Isabelle Charlier.

Ce mémoire a été réalisé à l'unité des sciences du sol-UCL (Pr Dufey). Les sols étudiés provenaient de Michamps, Baudecet, Arlon et Eeckloo. Les sols ont été enrichis en P pour simuler une fertilisation excessive. Le relarguage a été suivi dans une expérience de désorption en colonne pendant 13 semaines. Ces sols ont été enrichis en P (750 kg P/ha) et incubé pendant 1 mois avant l'étude. Les conclusions générales sont que la quantité de P

désorbée est très faible par rapport au contenu en P des sols au départ. La désorption est surtout influencée par la capacité d'adsorption, plus que par la contenance en P. La capacité d'adsorption avait été mesurée précédemment (Schadeck 1992).

La capacité d'adsorption (quantité (mmole/kg) de P adsorbé sur 1 kg de sol lorsque la cc en P de la solution à l'équilibre est de 1ppm (Q1) ou 10 ppm (Q10)) était :

Horizon superficiel (0-30)

Michamps : Q1=16 et Q10 =34

Baudacet : Q1=7.6 et Q10 = 21.6

Arlon : Q1=2.7 et Q10=8.1

Eeckloo : Q1=-0.1 et Q10 = 4.3

Horizon inférieur (60-90)

Michamps : Q1=9.6 et Q10 =17.3

Baudacet : Q1=5.1 et Q10 = 12.4

Arlon : Q1=8.6 et Q10=15.5

Eeckloo : Q1=1.4 et Q10 = 8.1

Des infos sur les capacités d'adsorption doivent être disponibles chez le Pr Dufey -UCL.

Voici les teneurs conseillées en P (mg P/100 g de sol) pour les sols de prairies et culture :

- Ardenne

- prairies 4.5 à 7.5 mg

- cultures 4 à 7

- Famenne

- prairies 5 à 8

- cultures 4 à 7

- Gaume

- prairies 5 à 8

- culture 3 à 5

Ces normes ont été établies sur base des CEC moyennes...Attention, car les valeurs citées n'ont qu'une valeur relative. Elles dépendent de la méthode d'extraction utilisées pour l'analyse. Les valeurs citées plus haut concernent la méthode d'extraction à l'acétate d'ammonium + EDTA. Si on utilise la méthode au lactate d'ammonium, les valeurs conseillées sont environ 2x plus élevées. Attention également, pour les apports d'engrais P, on parle généralement d'unité de P2O5( 1 unité = 1kg de P2O5). 2,3 kg de P2O5 apporte 1 kg de P.

## **Annexe VIII**

Mise au point du SEQ-ESO : fiche relative à un paramètre.

### Aluminium ( $\mu\text{g/l}$ ; total)

#### 8. SEQ-EAU France.

L'aluminium fait partie de l'altération « Micropolluants minéraux » ; il est repris dans l'usage « AEP » (production d'eau potable) uniquement, ce qui donne la grille de qualité suivante :

	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
AEP	<50	<200	Néant	>200	néant
Indice général	<50	<125	<200	>200	néant

Le plus mauvais indice de qualité pour ce paramètre est donc 20 (pas de rouge).

Les seuils S1 et S3 correspondent au niveau guide de 1980 (50) et à la norme de potabilité européenne (200).

#### 9. Particularités en Région wallonne.

- réglementaire : norme de potabilité plus stricte (en valeur moyenne des échantillons prélevés sur l'année) depuis 1984 : 100. Cette valeur devrait être conservée comme référence à la sortie des stations de traitement qui utilisent l'alun comme coagulant.

- pas de bauxite semble-t-il, aluminium présent uniquement sous forme d'alumino-silicates dans le sol, les argiles et les schistes ? ? ?

- l'aluminium est le métal le plus abondant de l'écorce terrestre (8%) devant le fer (5%). Comme le fer et le manganèse, il n'est évidemment pas visé par le projet de décret sur l'assainissement des sols. C'est également le cas en Hollande et en Flandre où cette législation est d'application.

-pas d'électrolyse Al (Overpelt) et de toute manière volatilité très limitée.

#### 10. Directive cadre de l'eau.

L'aluminium est un des premiers éléments à être lessivé en cas d'acidification des sols et est donc un bon indicateur à ce point de vue ; il est ainsi proposé comme standard pour les eaux souterraines avec une valeur paramétrique de 200, ce qui correspond au SEQ-EAU.

## 11. Méthode analytique.

L'aluminium total est mesuré par ICP (torche à plasma). Les échantillons sont acidifiés à pH 2 sur le terrain pour éviter les dépôts sur les flacons.

## 12. Expérience du contrôle des rivières, des nappes et des eaux de distribution publique.

La direction des eaux de surface est passée de l'aluminium total en 1999 à l'aluminium soluble en 2000 sur son réseau de mesure physico-chimique car l'aluminium mesuré était largement imputable à la turbidité des eaux ; les valeurs médianes observées sont les suivantes :

- pour la Meuse à Liège , pH = 7,9 ; Al<sub>tot</sub> = 175 ; Al<sub>+++</sub> = 13
- pour l'Amblève à Comblain, pH = 7,5 ; Al<sub>tot</sub> = 109 ; Al<sub>+++</sub> = 31
- pour la Sûre à Witry, pH = 6,9 , Al<sub>tot</sub> = 80 , Al<sub>+++</sub> = 11

Les nappes bicarbonatées calciques, de même que les sables et graviers où le pH est neutre, ne posent pas de problèmes (95% des valeurs < 10 µg/l).

Sur le massif schisto-gréseux Ardennais, les teneurs oscillent fortement dans le temps, peuvent excéder les 200 et semblent liées à la pluviométrie.

Dans les Hautes Fagnes (socle cambro-silurien), les teneurs varient entre 10 et 500 et Al est semble-t-il associé avec des solutés organiques (acides humiques).

A Stavelot, Jalhay et Stoumont elles sont systématiquement > 50 mais ne semblent pas directement corrélées au pH acide dans cette Région, lequel varie entre 6 et 5 avec un minimum de 4 relevé à Stoumont.

Un essai réalisé par l'ISSeP sur un site contaminé a montré que l'aluminium était concomitant avec de fortes turbidités, et donc présent sous forme de colloïdes (pH neutre). **Des mesures d'Al dissous (filtration à 0,45 µm) et total ont été réalisées ensuite sur ce site de même qu'à Stoumont :**

Lieu	PH	K20 µS/cm	Turbidité (NTU)	Al total	Al sur filtré à 0,45µ
Bierset F1	7,35	740	291	15756	<30
La Gleize	4,45	49	0,02	341	377
Targnon	4,59	66	0,01	421	488

**Dans les eaux acides des Hautes Fagnes, l'aluminium est donc solubilisé au delà de la norme de potabilité.**

Dans ce cas, son origine est parfaitement naturelle ; il provient du sol et de la roche comme le fer et le manganèse dans la plupart des cas. Il ne devrait pas être groupé avec les autres métaux lourds et les métaux toxiques (Cu, Cd, Cr,...).

Enfin, d'après la SWDE, l'eau des barrages de l'Est (Eupen-Verviers), qui subit un traitement de coagulation-floculation avec  $Al_2(SO_4)_3 \cdot xH_2O$  et donc le pH est corrigé à 8 en sortie de station, provoque des dépôts dans l'adduction vers Liège qui par décrochages intempestifs peuvent donner une eau avec  $Al > 200$ , la teneur moyenne valant 50 au niveau des réservoirs de Liège.

### 13. Evaluation.

L'aluminium soluble est quasi inexistant dans les nappes à pH neutre (bicarbonatées calciques) mais peut représenter une fraction non négligeable de l'aluminium total dans les nappes subissant l'acidification.

Cet élément semble **cependant** le plus souvent induit par ruissellement entraînant des particules du sol dans les captages superficiels et les eaux de surface.

L'utilisation d'alun comme coagulant augmente certes la fraction soluble mais elle reprécipite en partie après correction du pH.

#### **Discussion solubilité théorique (Gibbsite) à pH 7 et 4 :**

La littérature mentionne un produit de solubilité  $K_{ps} = [Al^{+++}].[OH^-] = 10^{-34}$

Soit à pH = 4, pour l'aluminium en solution : 0,0001M ou encore 2,7 mg/l !

Et à pH = 7,  $10^{-13}$  M donc  $Al^{+++}$  non détectable.

Par ailleurs, les études d'équilibre plus poussées indiquent que dans les eaux acides (pH<5), la solubilité de Al se confond avec celle d' $Al^{+++}$  car les autres espèces ( $AlOH^{++}$ ,  $Al(OH)_2^+$ ,...) sont négligeables

#### **Discussion réduction de solubilité (géochimie des alumino-silicates, exemple Kaolinite) :**

Dans son traité sur l'altération des roches, l'hydro-géochimiste américain Donald LANGMUIR recalcule l'équilibre en présence de silice (17 ppm  $SiO_2$ ) et indique que « la kaolinite est généralement au moins d'un ordre de grandeur moins soluble que les hydroxydes d'aluminium aux concentrations typiques des eaux naturelles ».

En conclusion l'immobilisation de l'aluminium est confirmée.

### 14. Conclusion

En vertu de la solubilité de l'aluminium, l'indice pH passera à l'orange si l'aluminium soluble produit un indice dans le jaune. Le pH se suffit donc à lui même en tant qu'indice d'acidification.

**Par ailleurs, l'élimination d'Al+++ est analogue à celle du fer (précipitation de la forme trivalente).**

Ces considérations font que Al devrait être considéré comme un indicateur de limpidité et groupé avec la turbidité de l'eau dans l'altération « particules en suspension » avec la silice, le fer et le manganèse.

L'indice ADE resterait identique à l'indice AEP et l'indice général comprendrait un seuil S2 = 100 plutôt que 125 :

	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
ADE	<50	<200	Néant	>200*	néant
Indice général	<50	<100	<200	>200*	Néant

\*en pratique une valeur très élevée (S4 = 10000) sera adoptée pour le calcul.

En conclusion, il s'agit donc d'effectuer une modification du choix de l'altération concernée.

## **Annexe IX**

Mise au point du SEQ-ESO

Analyse de la fonction « Potentialités biologiques » (BIO) pour l'altération micropolluants minéraux (MPM).

**(D.Wylock- F.Delloye , 7/03/03)**

### 1. Vérification des unités et des seuils.

Tous les seuils SEQ-Eaux souterraines correspondent aux seuils SEQ-cours d'eau. La seule erreur concerne les cyanures libres dont l'unité n'est pas µg/l mais mg/l (confirmé).

Malgré cela ces cyanures libres sont éliminés d'office parce que :

- non mesurés dans les eaux souterraines ni dans les cours d'eau (analyse trop délicate).
- non évaluables dans le vert (bonne qualité) en raison des limites de détection actuelles.

### 2. Construction des seuils.

Pour les métaux, les seuils S1 (bleu/vert) et S2 (vert/jaune) correspondent à des facteurs de sécurité (100 et 10 respectivement) par rapport au seuil S3 (jaune/orange) qui correspond à la plus basse (pour l'espèce la plus sensible) concentration chronique fiable sans effet (NOEC, no observed effect concentration). Le seuil S4 (orange/rouge) correspond quant à lui à la plus basse valeur fiable aigüe (CL50, concentration létale pour 50% des individus d'une population). Pour le zinc par exemple, les seuils sont fixés par la sensibilité des salmonidés.

Les seuils S1 et S2 sont donc théoriques mais non modifiables (méthode toxicologique classique). Les S3 correspondent effectivement aux normes pour les eaux classées (piscicoles, conchilicoles,...) en Région wallonne.

### 3. Effet de la dureté de l'eau.

Elle joue pour Cd, Cr, Cu, Ni, Pb et Zn, pas par contre pour As, CN-libres et Hg.

Les rivières wallonnes se répartissent bien dans les 3 classes de dureté considérées (0-5, 5-20, >20 °F) surtout si on fait la distinction entre les affluents supérieurs des bassins (dureté faible) et la rivière principale. A titre d'exemple, l'Amblève et la Sûre restent ultra douces sur tout leur parcours. La Lesse et la Vesdre atteignent la classe moyenne de dureté. La plupart des cours d'eau du Nord de la Région et les 2 fleuves sont globalement en dureté élevée.

En ce qui concerne les nappes souterraines, elles sont toutes en dureté élevée à l'exception des formations de l'Ardenne ( Schisto-gréseux (y compris Vesdre et Eaux carbo-gazeuses): dureté moyenne à faible, socle Cambro-silurien : dureté faible).

En conséquence il est proposé de prendre les seuils en dureté forte (évaluables pour tous les métaux, voir ci-dessous) dans l'altération générale MPM (micropolluants minéraux) et non plus la dureté moyenne.

#### 4. Seuils non évaluables.

Le tableau ci-dessous permet de comparer les limites de quantification actuelles des analyses de métaux aux aptitudes du SEQ, et d'en tirer les conclusions quant à l'évaluation possible des classes de qualité. Toutes les valeurs sont en µg /litre.

Les classes de qualité non-accessibles s'obtiennent par comparaison des seuils avec la moitié (valeur la plus probable) de la limite de quantification maximale admissible actuellement pour les eaux souterraines LOQ-ESO. Remarquons que l'ISSeP fait généralement mieux sur le réseau eau de surface (LOQ-ESU), de même que la SWDE pour ses captages.

Qualité	Bleu	Vert		Orange	Rouge	LOQ -ESU	LOQ -ESO	Conclusion
Aptitude	S1	S2	S3	S4				
	1	10	100	270		0.2	1	OK
						0.1	0.25	
TH faible	0.001	0.01	0.10	0.37				Orange d'office
TH moyen	0.004	0.04	0.37	1.30				Jaune d'office
TH fort	0.009	0.09	0.85	3.00				Jaune d'office
						1	2	

TH faible	0.04	0.4	3.6	70				Jaune d'office
TH moyen	0.18	1.8	18.0	350				Vert d'office
TH fort	0.36	3.6	36.0	700				Vert d'office
<b>Cuivre :</b>						1	2	
TH faible	0.017	0.17	1.7	2.5				Jaune d'office
TH moyen	0.100	1.00	10.0	15.0				Vert d'office
TH fort	0.270	2.70	27.0	40.0				Vert d'office
	0.007	0.07	0.7	3		0.1	0.2	Jaune d'office
<b>Nickel :</b>						2	2	
TH faible	0.25	2.5	25	140				Vert d'office
TH moyen	0.62	6.2	62	360				Vert d'office
TH fort	1.20	12.0	120.0	720				OK
<b>Plomb :</b>						0.5	1.0	
TH faible	0.21	2.1	21	100				Vert d'office
TH moyen	0.52	5.2	52	250				OK
TH fort	1.00	10.0	100	500				OK
<b>Zinc :</b>						25	10	
TH faible	0.23	2.3	23	52				Jaune d'office
TH moyen	0.43	4.3	43	98				Jaune d'office
TH fort	1.40	14.0	140	330				Vert d'office

## 5. Conclusions.

Seul l'arsenic est complètement évaluable pour la fonction « potentialité biologique » BIO.

A l'inverse, quelque soit la dureté, le cadmium donnera toujours au minimum du jaune avec la limite de quantification acceptée actuellement. En attendant de pouvoir diminuer celle-ci, il faut éliminer ce paramètre.

On considère que si seule l'excellente qualité (bleu) n'est pas évaluable, on peut quant même calculer l'indice relatif à un paramètre, le vert étant suffisant pour les conclusions sur la qualité ; cette remarque sera faite sur la fiche type SEQ pour BIO. Cette attitude est également adoptée en France.

En dureté faible, seuls 2 éléments sont évaluables au minimum dans le vert ; il s'agit du nickel et du plomb. Or le SEQ exige pour BIO qu'au moins 4 paramètres dans la liste ci-dessus

soient mesurés pour qualifier l'altération *micropolluants minéraux*. Dans ces conditions, il vaut mieux éliminer le MPM à dureté faible pour les eaux souterraines plutôt que de faire accroire que Ni et Pb sont systématiquement des paramètres limitants.

Restent évaluables :

Pour la dureté moyenne, 4 paramètres:

- Cd et Zn sont éliminés
- Cr, Cu, Ni sont évaluables à partir du vert
- Pb est parfaitement évaluable

Il est proposé d'appeler cette altération MLd (Métaux lourds dans les eaux douces), une dureté < 20°F étant jugée faible pour les eaux souterraines.

Pour la dureté élevée et donc le MPM général, 6 paramètres :

- Cd et Hg sont éliminés
- Cr, Cu et Zn sont évaluables à partir du vert
- As, Ni et Pb sont parfaitement évaluables

#### 6. Application au craies de Hesbaye (point de validation du réservoir d'Ans).

En ce qui concerne la fonction BIO :

L'altération MLf disparaît

L'altération MLH devient MPM avec un indice 65 inchangé (chrome limitant).

L'altération MPM devient MLd avec un indice 59 inchangé (le chrome remplace le cadmium comme paramètre limitant).

Vérification faite en consultant les analyses du réservoir d'Ans, le chrome est bien mesuré 3 fois avec des valeurs significatives situées entre 2 et 3 µg/l tandis que le Cadmium n'a jamais été détecté. Le chrome est donc bien le paramètre limitant pour les *micropolluants minéraux* (*métaux lourds*) dans tous les usages en ce point moyen du Crétacé de Hesbaye.

## **Annexe X**

### I.1.3 Mise au point du SEQ-ESO

#### **Seuils de traitabilité des micropolluants minéraux.**

( Cette fiche ne concerne que les seuils S4 de l'usage AEP ou ADE).

#### 15. SEQ-EAU France.

Dans l'usage *alimentation en eau potable*, la France a retenu le principe de fixer, au delà du seuil de potabilité S2 (bleu foncé = vert / jaune) un niveau au delà duquel l'eau est inapte à la production d'eau potable. Ces seuils hauts S4 (jaune-orange/rouge), encore appelés *seuils de potabilisation*, ont l'origine suivante :

- en priorité, la valeur CMAb (concentration maximale admissible pour les eaux brutes souterraines destinées à la production d'eau potable) du nouveau décret 2001-1220, pour laquelle il n'y a pas d'équivalent en RW. Cette CMAb est identique à la valeur A3 (traitement complet de l'eau) applicable aux eaux de surface potabilisables en vertu de la DIR/75/440/CEE, donc appliquée aussi en RW, sauf pour les nitrates (100 mg/l NO<sub>3</sub> en ESO et 50 mg/l NO<sub>3</sub> en ESU) et le baryum (pas de norme ESO).
- si le paramètre n'est pas visé par cette réglementation, un avis d'experts en traitement de l'eau, basé sur les performances des traitements correctifs, fixe le seuil S4.

Une conséquence importante de cette façon de voir est que si la CMAb est égale à la CMAd (norme de potabilité ou concentration maximale admissible de l'eau distribuée), c'est le cas du cadmium par exemple, le constat-qualité passe directement du vert au rouge. Nous ne sommes pas tenus par cette règle pour les eaux souterraines et pouvons donc envisager autre chose, notamment l'élaboration de nos propres règles de potabilisation.

Au niveau des altérations, cette règle concerne principalement :

- les nitrates avec  $S4 = CMAb_{ESO} = 100 \text{ mg/l}$  ; nous pouvons adopter cette valeur sur base de l'expérience des traitements existants par résines échangeuses d'ions spécifiques NO<sub>3</sub>, lesquels sont bien adaptés aux eaux souterraines pour des débits traités qui atteignent les 60 m<sup>3</sup>/h.
- les pesticides avec  $S4 = CMAb = 2000 \text{ ng/l}$  ; OK pour les substances apolaires (CMAd = 100, soit un rendement d'épuration de 95% pour les charbons actifs en lits fixes) mais la question sera posée pour les autres substances à la FUSAGx (qui a étudié le problème de sélectivité des charbons en grains pour toute une série de substances jusqu'au stade micro-

pilote). En outre, la possibilité de détruire les micropolluants organiques par ozonation (destruction sans formation de sous produits toxiques) ou l'utilisation de charbon en poudre dans un décanteur ne sont pas économiquement réalistes pour les eaux souterraines contrairement au cas des grosses stations de traitement opérant à partir d'eaux de surface.

- le même raisonnement est tenu et acceptable pour les HAP (charbon actif) et les hydrocarbures volatils (stripping à l'air).
- Les micro-polluants minéraux avec S4 = CMAb ou, à défaut, un avis d'experts. Nous allons rediscuter ici cette altération.
- Il faut y ajouter les métaux de l'altération *fer et manganèse*, et 2 paramètres de l'altération *minéralisation* pour lesquels ces avis d'experts interviennent mais ne sont pas justifiés. Il s'agit du potassium et des fluorures.

#### 16. L'altération *micro-polluants minéraux* en AEP.

Le tableau ci-dessous reprend pour chaque paramètre la norme de potabilité CMAAd (S2 en AEP, qui devient pour rappel S3 pour l'indice général de qualité SEQ), la CMAb (pour laquelle il faut distinguer des valeurs impératives I contraignantes et des valeurs guides G non contraignantes) et/ou l'éventuel avis d'experts en traitement de l'eau (et sa justification) et le seuil S4 qui en résulte.

Au niveau S2, une colonne propre à la Région wallonne, notée CMAeRW, est introduite. Il existe en effet chez nous des normes à l'entrée des réseaux de distribution, distinctes de celles valables au robinet du consommateur pour plusieurs paramètres. Toutes les valeurs sont en µg/l.

Paramètre	CMAAd	CMAeRW	CMAbA3	Experts	Justification	S4
Aluminium	200	(100)	-	∞	Non justifié mais pas de mauvaise qualité retenue	Néant
Arsenic	10		100 (I)			100
Baryum	700		1000 (I)			ND
Bore	1000		1000 (G)	1000	Aucune technique disponible pour éliminer cet élément.	1000
Cadmium	5		5 (I)			5

Chrome (tot)	50		50 (I)			50
Cuivre	2000 (1000)	100	1000 (G)	4000	Rendement de 95% du traitement pour obtenir 200 qui est la CMAbA1(I)*	4000
Cyanures	50	10	50 (I)			50
Fer (dissous)	200		1000 (G)	10000	Eaux couramment traitées par les procédés usuels ?	10000
Manganèse	50		1000 (G)	1000	Eaux couramment traitées par les procédés usuels ?	1000
Mercure	1		1 (I)			1
Nickel	20		-	40	Au delà de 40 il faut passer à un traitement spécial par coagulation basique	40
Plomb	10		50 (I)			50
Sélénium	10		10 (I)			10
Zinc	5000	200	5000 (I)			5000
<i>Antimoine</i>	5			10	Non justifié	10
Fluorures	1500		1700 (G)	10000	Valeur basée sur les performances usuelles de traitement pour ce produit ? !	10000
Potassium	plus retenu	12000	-	70000	Idem Fluorures	70000

\* La CMAb A1 est la concentration maximale admissible pour une eau brute qui n'est traitée que par simple désinfection ; elle remplace la CMAd lorsque celle-ci tient compte de la corrosion des canalisations de distribution et est donc hors gamme pour l'eau souterraine.

On voit que l'avis d'experts n'intervient que si la CMAb n'existe pas ou n'est pas impérative.

En conclusion, le seuil S4 est fixé de la manière suivante :

- Pour As, Cd, Cr, CN-, Hg, Mn, Pb, Se et Zn, il est égal aux valeurs légales admissibles pour les eaux brutes de surface à l'entrée d'un traitement complet.
- Pour B, Cu, Fe, Ni, Sb, F- et K+, il est égal aux valeurs admises par un collège d'experts, avec des taux d'abattement respectifs de 0, 95, 98, 50, 50, 85 et 73 %.
- Pour Ba++, il n'est pas encore disponible et pour Al, il sera discuté à part (insolubilité).

Dans la première catégorie, le seuil S4 est égal à la norme de potabilité pour Cd, Cr, CN-, Hg et Zn ; dans la seconde, c'est le cas pour le Bore.

## 17. Directives européennes.

### 3.1. Directives relatives à la consommation humaine

Il est important de constater la postériorité de la directive sur l'eau potable (1980) par rapport à celle sur les eaux de surface potabilisables (1975). En outre, certaines normes de potabilité ont évolué depuis (nouvelle directive 98/83/CE) avec la nouvelle valeur paramétrique au robinet VP :

	CMAb (1975)	CMAd (1980)	Vprobinet (1998)
Arsenic	100	50	10
Cuivre	1000	1000	2000
Nickel	-	50	20
Plomb	50	50	25 (10 pour 2013)
Antimoine	-	10	5
Zinc	5000	5000	Non retenu

Il apparaît aussi que les CMAd étaient dans certains cas proches ou égales aux CMAb, tout simplement parce que les métaux concernés, abattus par le traitement de l'eau sont introduits à nouveau en aval par les tuyauteries, soudures, etc... C'est clairement le cas de Cu, Zn et Pb principalement. Ni et As, dont la norme est revue à la baisse, sont également générés dans les réseaux de distribution.

Par contre, en ce qui concerne les éléments peu ou non générés dans les réseaux de distribution et les installations intérieures, par exemple Hg, Se et probablement B, l'égalité CMAb=CMAd signifie que ces éléments sont difficilement traitables.

Récemment, le comité de préparation de la directive « matériaux en contact avec l'eau alimentaire » (CPDW-confirmer J.Szwarcensztajn) a estimé la proportion de la norme que l'on peut attribuer aux matériaux métalliques en contact avec l'eau distribuée (au robinet du consommateur) :

Paramètre	% ayant pour origine les matériaux métalliques de distribution	Exigence résultante en sortie du traitement d'eau (µg/l)
Cuivre	90	200
Zinc	90	500
Plomb	50	5
Nickel	50	10
Aluminium	50	100
Chrome	50	25
Arsenic	20	8
Antimoine	10	4.5

Cadmium	10	4.5
Selenium	10	9

De plus, outre l'origine géologique, une contribution de certains réactifs de traitement de l'eau est signalée pour le plomb (+conduites en PVC) et le chrome, mais on peut en faire abstraction dans le cadre présent.

### 3.2. Directives relatives à la protection des ressources

La directive « nitrates » 91/676/CEE et les directives « pesticides » et « biocides » de 1994 (?) consacrent le principe que ces substances ne peuvent **globalement** menacer notamment l'usage « consommation humaine » par leur présence dans les eaux. Le risque d'atteindre les normes de potabilité doit être examiné à l'échelle des masses d'eau souterraine. L'élimination possible des substances par traitement n'intervient en aucune manière la restriction de son usage.

La directive cadre de l'eau enjoint aux Etats membres en son article 7.3 de **prévenir la détérioration de la qualité des eaux captées de manière à réduire le degré de traitement de purification nécessaire à la production d'eau potable**. C'est également un objectif à l'échelle de la masse d'eau destinée à la consommation humaine (probablement 31 masses d'eau sur 33 en Région wallonne) même si les mesures de protection peuvent intervenir au sein de chaque zone de protection de captage.

L'approche française de restreindre l'utilisation d'une ressource au-delà d'un seuil de potabilisation n'est pas retenue en Région wallonne pour deux raisons :

- la compétence régionale « Eau » n'est pas subordonnée à la compétence « Santé publique » en Belgique et la tutelle d'un « Conseil supérieur de l'eau » n'est pas constitutionnellement envisageable.
- Toute ressource doit pouvoir être mise en œuvre, moyennement mélange d'eau ou traitement approprié, si la situation le requiert et sur base d'un Permis d'environnement qui statue sur tous les aspects de la demande (amélioration de la ressource par des mesures de protection et traitement d'eau compris). Cette option va d'ailleurs dans le sens de la restauration des ressources puisqu'elle ne les condamne pas.

Il y a lieu toutefois d'examiner le niveau de traitement des eaux actuellement pratiqué dans l'état des techniques de traitement de manière à situer le niveau de dégradation intolérable de la ressource qui provoquerait non seulement une catastrophe écologique à coup sûr (les normes de protection des espèces animales et végétales se situant très généralement à un niveau plus strict que celles de la santé humaine) mais également, sur le plan économique, des surcoûts non négligeables.

Il importe également d'effectuer cette analyse dans l'état actuel des ressources **waltonnes** et l'argument que la faisabilité des techniques de traitement s'améliore sans cesse et finissent par s'appliquer à des cas de plus en plus difficiles, ne saurait être retenu dans le cadre d'une gestion durable. Une ressource plus saine et plus disponible est aussi pour l'avenir un atout concurrentiel.

## 18. Expérience du traitement des eaux souterraines en Région wallonne.

En Région wallonne, l'eau souterraine est abondante et de bonne à très bonne qualité naturelle. En ce qui concerne les micropolluants minéraux, elle n'est que très localement affectée par des gisements miniers, des établissements polluants (CET) ou par le passif environnemental de certaines activités industrielles (chancre). La mobilité des métaux dans nos nappes est de plus généralement très faible.

En raison du premier point, il n'a jamais été nécessaire de développer des traitements complets de potabilisation de type A3 (ensemble de la filière classique pour les eaux de surface) ni même A2 (correction de pH, coagulation, floculation, décantation et filtration) pour produire de l'eau potable en Région wallonne à partir d'eau souterraine.

Le traitement A2 usuel de référence pour les eaux souterraines chargées en métaux (fer + manganèse + métaux lourds en traces) consiste en :

- oxydation à l'air ou dans les cas difficiles à l'aide d'un réactif soluble oxydant ( $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{NaClO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,...).
- Eventuellement une légère correction de pH, mais jamais de basculement basique suivi d'une neutralisation en fin de chaîne de traitement.
- Filtration simple généralement sur sables en lit ouvert (gros débits) ou fermés.

Le traitement de l'eau des Emprises à Tournai (injection d'air + filtres ouverts) ramène ainsi le fer de 2000 (maximum 3500) à 200  $\mu\text{g/l}$  ; pour le manganèse on passe de 100 à 30  $\mu\text{g/l}$ . Ce traitement semble sans effet sur les métaux lourds en traces ( $\text{Zn} = 100$  ;  $\text{Ni} = 30$  ;  $\text{Pb} = 20$ ).

Moyennant une colonne d'oxydation et des sables spéciaux (Aquamandix), l'IECBW réalise les performances suivantes à Genval :

- fer :           IN : 1050     OUT : 50
- manganèse : IN : 93        OUT : 10

Exceptionnellement la précipitation-décantation à la chaux ou à la soude est toutefois utilisée (pour adoucissement des eaux distribuées à Tournai, par la SWDE pour éliminer le plomb naturel à Sclaigneaux,...) mais il faut dans ce cas que la ressource soit stratégique (peu ou pas d'alternative).

Il existe également des projets de traitement de l'aluminium dans les eaux acide des Hautes Fagnes par simple reminéralisation (passage sur lits de calcite ou de magnésie).

D'autres parties du traitement A3 sont adaptées aux eaux souterraines pour les débits ordinaires mais ne visent pas les micropolluants minéraux (filtres à charbon, résines,...).

Toutefois, les résines cationiques utilisées pour l'adoucissement ont certainement une action sur certains métaux (cas du cuivre à Tournai).

Récemment les techniques membranaires ont fait leur apparition avec la nanofiltration pour traiter les eaux sulfatées de l'exhaure des carrières et les valoriser dans la Transhennuyère. Ce traitement n'est nécessaire et pratiqué que sur une partie du débit admis dans la station de Gaurain-Ramecroix.

A l'instar de la France, on peut considérer que la nanofiltration et l'osmose inverse, applicables au traitement d'eau à l'échelle domestique, ne sont pas à l'heure actuelle économiquement envisageables pour la production d'eau potable d'origine souterraine.

### 19. Discussion.

Voici un extrait de la minéralisation caractéristique des principaux aquifères qui indique les teneurs rencontrées dans les captages d'eau potabilisable et leur dispersion:

	Valeurs habituelles dans la plupart des nappes (bruit de fond)	Teneurs moyennes dans les nappes plus « riches » en cet élément	Teneurs élevées (Pc99) observées localement	S4 proposé
Potassium	1100 à 2500	4500 à 12500	17400	70000
Fluorures	70 à 130	200 à 810	1030	10000
Fer	30 à 150	500 à 2500	8580	10000
Zinc	15	100 à 200	500 à 1000	5000
Cuivre	2	10 à 15	200	4000
Bore	18	100 à 150	500	1000
Manganèse	5 à 32	50 à 500	1200	1000
Baryum	25	90 à 150	400	(1000)
Arsenic	0,25	1 à 2	10	100
Chrome	0,6	2 à 10	25	50
Cyanures	1,25	-	10	50
Plomb	0,2 à 0,5	5 à 10	20 (100)	50
Nickel	2 à 10	20 à 50	70	40
Antimoine	0,25	0,5	2	10
Sélénium	0,5	2	10 (12)	10
Cadmium	0,1	0,2 à 0,5	2,1	5
Mercure	0,05	-	0,4	1

Les seuils S4 proposés ne peuvent donc provoquer un déclassement de l'eau en mauvaise qualité que pour le **nickel**, et localement (ou très localement) pour 3 paramètres : le manganèse, le plomb et le sélénium. Pour les 2 derniers les valeurs S4 sont impératives dans

les eaux de surface. Il serait malvenu de la relever dans le cas du plomb mais le sélénium n'est par contre pas avéré toxique pour l'homme (oligo-élément).

On doit en effet considérer en principe que les CMAB impératives des eaux de surface sont le maximum applicables aux eaux souterraines dont le traitement ne peut être que plus rudimentaire que le traitement A3 des eaux de surface, sauf si une technique est appropriée à l'élimination d'un élément par ailleurs régulièrement rencontré à un niveau supérieur dans les eaux brutes wallonnes hors pollutions ponctuelles.

Par contre, pour le **sélénium**, localement rencontré dans les nappes en contact occasionnel avec l'aquifère du Houiller ou dans certains captages subissant le passif de l'ancienne activité minière des charbonnages, le problème est couramment réglé par dilution opérée au niveau d'une batterie de captages. Il est donc proposé de relever le seuil S4 à 20 µg/l.

Pour le nickel, la valeur d'experts de 40 est insuffisante. Il faut examiner s'il existe des traitements plus performants permettant de traiter au moins à partir de 50.

Reste l'opportunité de donner un peu de marge pour le manganèse (S4 augmenté de 1000 à 1200).

Venons en aux CMAB indicatives (+ impérative concernant le baryum) et aux avis d'experts.

Le cas des fluorures et du potassium sont curieux ; comment peut-on imaginer traiter ces éléments réputés solubles (formes base faible et acide faible) alors que pour le bore (borates) c'est déjà jugé impossible ? Il faut pour cela penser que les concentrations naturelles rencontrées en France sont localement très élevées et nécessitent la mise en œuvre de traitements spécifiques. Or en Région wallonne ce n'est manifestement pas le cas.

Pour le fluor, on peut en revenir à l'application de la CMAB. C'est également le cas pour le cuivre où il n'est nullement nécessaire de fixer 4000, 1000 étant largement suffisant en Région wallonne.

Tenant compte d'une marge d'incertitude, on peut fixer S4 à 10000 pour le fer (comme en France), et à 24000 pour le potassium (nettement plus strict qu'en France).

La présence de nappes plus riches ne s'oppose pas à l'utilisation de la CMAB (1000) pour le baryum et le bore puisque aucun traitement d'eau n'est nécessaire.

En conclusion, les seuils S4 de potabilisation sont parfaitement acceptables voire inutilement excessifs, d'autant que les eaux souterraines potabilisables (c-à-d à l'écart des contaminations locales) ne présentent pas, à l'exception des cas du nickel et du sélénium, de concentrations aussi élevées en Wallonie pour ce qui concerne les micro-polluants minéraux.

## 20. Traitements d'eau théoriques.

Le tableau suivant synthétise les données précédentes en appliquant les anciennes normes existantes (principe du « stand still ») concernant les CMAeRW et en déduit les taux d'épuration qui seraient nécessaires :

Paramètre	Sortie traitement	Eau brute admissible	Epuration nécessaire
<i>Fer dissous</i>	200	10000	98%
Zinc	200	Entre 1000 et 5000	80 à 96%
<i>Manganèse</i>	50	1200	96%
Arsenic	8	100	92%
Cuivre	100	1000	90%
Plomb	5	50	90%
Cyanures	10	50	80%
<b>Nickel</b>	<b>10</b>	<b>50</b>	<b>80%</b>
Potassium	12000	24000	50%
Antimoine	4,5	10	55%
Chrome total	25	50	50%
Baryum	700	1000	30%
Fluorures	1500	1700	12%
Sélénium	9	<b>20</b>	Mélange à 55%
Cadmium	4,5	5	10%
Bore	1000	1000	0%

Pour le fer et le manganèse, les techniques habituelles devraient permettre de traiter les eaux brutes jusqu'au niveau admissible.

Pour les autres paramètres, les experts estiment que des traitements spécifiques à ces niveaux de concentration sont illusoirs. Les concentrations à traiter sont généralement du même ordre que celles des effluents traités obtenues par les procédés classiques. La sélectivité des procédés d'adsorption et d'échange d'ions est loin d'être garantie à ces niveaux de concentration. Le seul traitement possible aboutit, comme l'osmose inverse, à une déminéralisation complète, parfaitement antiéconomique sous nos latitudes vu la disponibilité de la ressource.

Par ailleurs, réduire de quelques pour cents les métaux constitutifs des canalisations n'a pas de sens si l'agressivité ou la corrosivité de l'eau n'est pas réduite.

La seule question qui subsiste concerne la possibilité d'optimiser les procédés de co-précipitation et adsorption pour les métaux lourds en présence de fer, et notamment dans le cas du nickel.

## 21. Essais en laboratoire

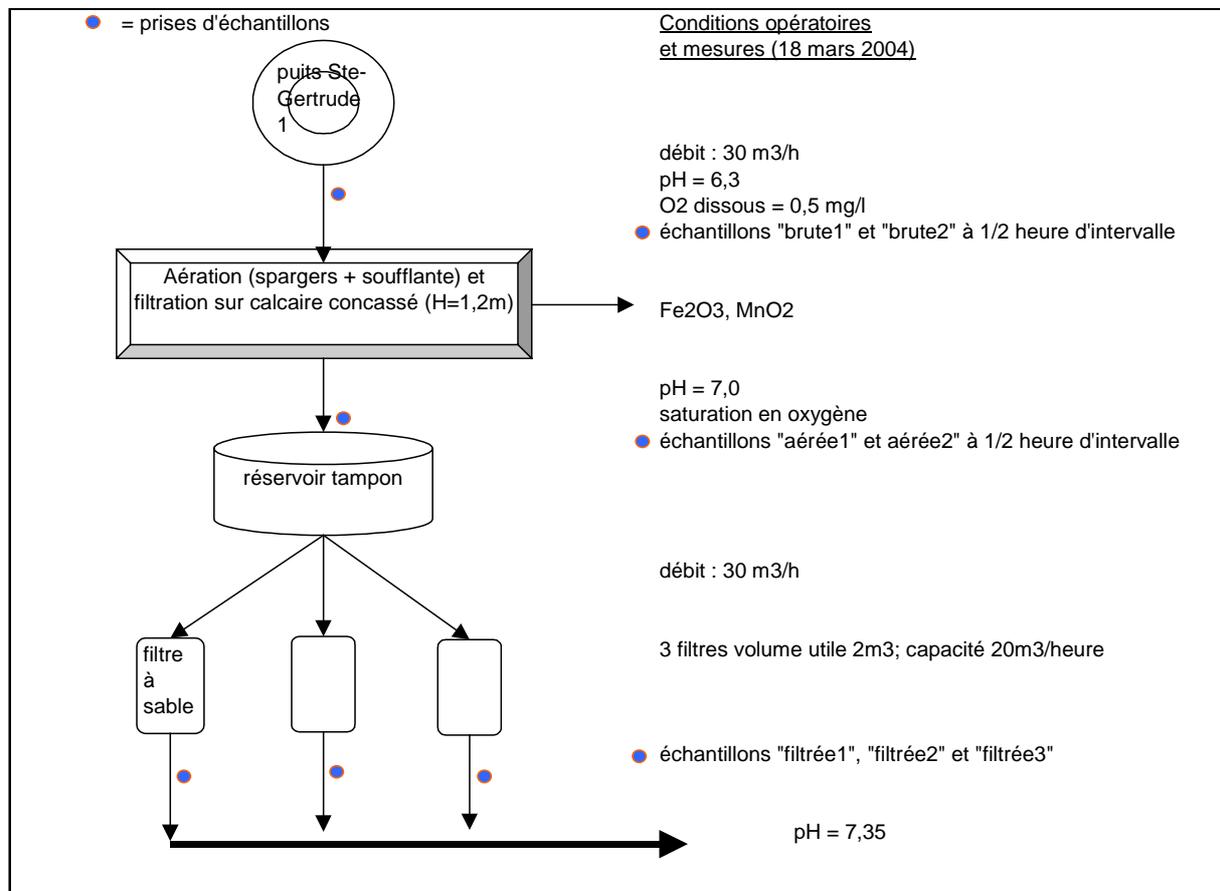
Dans le cadre de la convention, le Professeur Van Lierde de l'UCL a mené des essais de traitabilité d'eau contaminée par Ni, Zn et Al. L'effet de la présence de manganèse et de fer à éliminer conjointement a été analysé.

Le rapport final de ces travaux est annexé à la présente ; la conclusion principale en est que « quels que soient le type du milieu filtrant utilisé et la masse de CaCO<sub>3</sub> ajoutée aux solutions (20 mg/l ou 30 mg/l), la concentration Ni<sup>2+</sup> ne peut être abaissée en dessous de 45 à 65 µg/l, à un pH de 7.5 à 8, lorsque la concentration Fe<sup>3+</sup> est limitée à 500 µg/l. Ce constat n'est pas étranger au fait que les ions Ni<sup>2+</sup> précipitent difficilement sous forme d'hydroxydes, avec un rendement élevé, si le pH reste maintenu à des valeurs comprises entre 7.5 et 8. De meilleures performances seraient obtenues à un pH de 9 ».

## 22. Essais sur installation de traitement existante

Avec la collaboration de l'IECBW, une mesure directe de la traitabilité du nickel a été faite sur la station de SART, traitant les eaux captées localement dans le socle du Brabant. Pour l'occasion, seul le puits Sainte Gertrude 1, dont l'eau peut contenir par litre 6000 µg Fe, 2500 µg Mn, 50µg Ni, 5 µg As/l et 100 µg Zn, était en service de production et alimentait la station.

Les conditions opératoires, les échantillons prélevés et les mesures faites sur place sont indiquées dans le schéma suivant ; le traitement consiste en une aération vigoureuse avec passage sur lit de chaux (relevé de pH et saturation en oxygène), suivi d'une filtration sur 3 lits de sables fermés disposés en parallèle :



Les résultats fournis par le LEM de l'UCL, [joint en annexe], montrent que :

- Après aération et filtration sur calcaire concassé, les concentrations Fe et Mn sont abaissées respectivement à 16-24 µg/l et 286 à 333 µg/l. Lors de cette opération, il y a abattement de l'arsenic sous 5 µg/l tandis que les concentrations de Ni et Zn sont amenées respectivement à 13-16 µg/l et 8-11 µg/l.
- Après filtration complémentaire sur le filtre à sable, la concentration Mn est abaissée en dessous de 2 µg/l. Pour le fer, le taux d'abattement est plus faible puisque la concentration résiduelle varie entre 9 et 14 µg/l.....Pour ce qui regarde le nickel et le zinc, il y a eu également un abaissement sensible des concentrations mais pour 2 échantillons sur 3.

Tout ceci paraît confirmer en tous cas que la filtration sur filtre à sable permet d'arriver à de bonnes performances de rétention des colloïdes ou des précipités d'hydroxydes très fins, formés lors du traitement des eaux.

Le taux d'abattement du nickel recalculé par bilan matériel valait 62% ; on peut donc valider un seuil ADE-S4 du nickel établi pour le SEQ-ESO à 50 µg/litre.

## Convention RW eaux souterraines - ULg GEOMAC - SEQ EAU

**Objet : Traitabilité d'eau polluée par des ions  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  par précipitation chimique sous forme d'hydroxyde.**

### Rapport final

#### Introduction.

Ce rapport final concerne les résultats de tests de laboratoire réalisés sur des solutions synthétiques diverses, formées par addition à de l'eau déminéralisée de  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  sous forme de chlorure, en concentrations variables.

Comme convenu, le procédé d'abattement utilisé est la précipitation chimique sous forme d'hydroxyde à l'aide de NaOH ou  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Le pH visé a varié entre 7.5 et 8.

Les précipités formés ont été filtrés sur divers milieux filtrants car il est apparu très rapidement que c'est la nature de ces derniers qui conditionne fortement la qualité du filtrat obtenu, qu'il y ait ou non ajout de flocculant au précipité avant filtration.

Les milieux filtrants utilisés ont été :

- A. une membrane millipore, de porosité  $0.1 \mu\text{m}$  (mélange d'esters de cellulose), la membrane étant placée sur un support en verre muni de trous de plusieurs mm de diamètre ;
- B. une membrane de même type, placée sur un support en verre fritté millipore ;
- C. deux tampons en fibres de verre, de porosité  $0.5 \mu\text{m}$ , d'une épaisseur nominale de  $690 \mu\text{m}$ , déposés sur le support en verre fritté millipore ;
- D. un tampon en fibres de verre, de même type que les précédents, déposé sur le même support en verre fritté.

Les filtrations ont été réalisées sous une dépression créée par une trompe à eau (milieux A-B-C) ou sans dépression (milieu D).

Pour l'abattement des ions  $\text{Mn}^{2+}$ , une quantité stoechiométrique de  $\text{KMnO}_4$  a été ajoutée à la solution, avant stabilisation du pH à la valeur de consigne. La réaction stoechiométrique de précipitation du manganèse s'écrit :  $3\text{MnCl}_2 + 2\text{KMnO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 5\text{MnO}_2 + 2\text{KCl} + 4\text{HCl}$ .

Les bilans des essais ont été réalisés selon diverses procédures, en fonction des milieux filtrants utilisés :

- a) pour les essais réalisés avec la membrane millipore  $0.1 \mu\text{m}$  et un support muni de trous, les bilans ont été établis sur base de l'analyse du filtrat et de la solution recueillie après immersion de la membrane dans une solution acide (dissolution du précipité) ;
- b) pour les essais effectués avec une membrane millipore  $0.1 \mu\text{m}$  ou des tampons en fibres de verre sur un support en verre fritté, les bilans ont été calculés sur base de l'analyse du filtrat et de la solution recueillie lors de l'immersion du support filtrant et de la membrane dans une solution acide (dissolution du précipité). Les données reprises dans les tableaux donnent la répartition des ions entre le filtrat et la solution acide d'attaque de la membrane et du support, exprimée par rapport à la concentration des ions dans la solution initiale.

L'étude a été menée en trois étapes successives.

Lors des deux premières étapes, les essais ont été effectués sur respectivement 100 ml et 1 litre de solutions telles que définies précédemment. Les objectifs poursuivis étaient doubles :

- suivre le taux d'élimination des ions  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  et éventuellement  $\text{Zn}^{2+}$ , en fonction du réactif utilisé ( $\text{NaOH}$  ou  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) pour porter le pH entre 7.5 et 8, et des concentrations respectives des divers ions ;
- évaluer l'efficacité des systèmes de filtration mis en jeu et déterminer l'influence du volume de la solution traitée sur les performances atteintes.

La troisième étape concerne des essais complémentaires, réalisés dans les mêmes conditions opératoires générales que celles adoptées pour les essais effectués au cours de la seconde étape de l'étude, du  $\text{CaCO}_3$  ayant été toutefois ajouté aux solutions à traiter afin d'évaluer son influence sur l'efficacité de la filtration des précipités.

### I. Première étape de l'étude : traitement de 100 ml de solutions.

Lors de ces essais, on a travaillé sur des solutions présentant des concentrations diverses de  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  et  $\text{Al}^{3+}$ . Les milieux filtrants utilisés ont été :

- le milieu A pour les essais 1 à 10. Les résultats obtenus sont donnés aux tableaux I et II ;
- le milieu B pour les essais 13 à 19 ( $\text{NaOH}$  - tableau III) et 20 à 26 ( $\text{NaOH}$  - tableau IV). Notons cependant que dans le cas spécifique des essais 13 à 19, effectués avec la membrane millipore 0.1  $\mu\text{m}$  sur support en verre fritté, les bilans ont été déterminés selon une méthode différente de celle décrite précédemment. En fait, ces bilans ont été calculés par analyse du filtrat et des solutions recueillies respectivement lors du lavage acide du support et de l'immersion de la membrane dans une solution acide en vue de dissoudre le précipité. La solution de lavage du support a été mélangée au filtrat, la concentration reprise dans le tableau, sous la dénomination "filtrat", étant rapportée au volume initial de la solution avant précipitation ;
- le milieu C pour les essais FV1 à FV6 ( $\text{NaOH}$  - tableau V) ;
- le milieu D pour les essais FV7 à FV12 ( $\text{NaOH}$  - tableau VI) et FV13 à FV15 ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$  - tableau VII).

L'analyse des divers résultats met en évidence de nombreuses constatations très intéressantes.

- Les résultats du tableau I (filtration sur membrane avec support troué) témoignent d'un manque de reproductibilité des essais, des valeurs sensiblement différentes étant obtenues lors de deux essais identiques, bien que les bilans soient corrects. Les filtrats contiennent de 25 à 70 % du nickel et de 20 à 40 % du manganèse, que la solution initiale titre 2000 ou 5000  $\mu\text{g/l}$  Fe. Les concentrations Fe du filtrat sont également assez mauvaises puisque les filtrats contiennent de 6 à 16 % du fer présent en solution avant précipitation. En fait, il faut porter la concentration initiale Fe de la solution à 10 ou 20  $\text{mg/l}$  pour arriver à un excellent abattement du fer. Cependant, même dans ce cas, les filtrats contiennent toujours environ 30 % de nickel.

Si le pH est réglé à l'aide de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (tableau II), les performances obtenues semblent légèrement plus favorables pour le nickel et moins favorables pour le fer. On notera toutefois qu'elles restent globalement très insuffisantes.

- Lorsque la filtration est réalisée sur filtre millipore déposé sur un creuset filtrant (tableau III), **les filtrats analysés, comportant la solution de lavage du creuset** comme expliqué précédemment, contiennent systématiquement de 36 à 50 % du nickel et moins de 2 % du fer de la solution initiale titrant 50 ou 100  $\mu\text{g/l}$   $\text{Ni}^{2+}$  et 5000  $\mu\text{g/l}$   $\text{Fe}^{3+}$ . La présence de 2000  $\mu\text{g/l}$   $\text{Al}^{3+}$  dans cette solution (essai 19) n'améliore pas l'élimination des métaux lourds ; 7 % de l'aluminium mis en jeu se retrouvent dans le filtrat reconstitué. Globalement, il y a eu lors de ces essais une amélioration sensible du comportement du fer sans modification notable de celui du nickel.

La solution du lavage du support à l'acide ayant été ajoutée au filtrat, il paraît évident que les faibles concentrations Fe des filtrats reconstitués, observées ici, résultent de **l'amélioration de la filtration des précipités sur la membrane elle-même**, grâce au support en verre fritté. Par contre, ce dispositif ne semble pas avoir amélioré la rétention du nickel.

- Ces constats ont justifié les essais 20 à 26 (tableau IV) pour lesquels, la filtration des précipités a été identique à celle des essais 13 à 19. Par contre, on a analysé le filtrat seul et la solution du lavage acide du creuset filtrant et de la membrane. Ces analyses ont été exprimées par rapport aux concentrations initiales des solutions. Les **filtrats recueillis** ont été cette fois **excellents**, les **concentrations Ni<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>** étant systématiquement **inférieures à 5 µg/l** tandis que les **concentrations Fe<sup>3+</sup> ne dépassent pas 34 µg/l**, même si la concentration Fe<sup>3+</sup> initiale atteint 5000 µg/l.

La comparaison de ces performances à celles obtenues lors des essais précédents (tableau III) montre clairement que :

- la **précipitation** des ions Fe<sup>3+</sup>, Ni<sup>2+</sup> et Mn<sup>2+</sup>, dans les conditions opératoires préconisées, conduit effectivement à un **traitement des solutions répondant aux normes souhaitées** ;
- c'est la **filtration** des précipités qui **pose des problèmes** complexes, la membrane millipore 0.1 µm ne retenant pas la totalité des précipités. En fait, ces derniers sont également arrêtés en partie par le support en verre fritté : environ 30 à 40 % pour le nickel et 1 à 2 % pour le fer.
- La filtration sur deux tampons en fibres de verre, placés sur un support en verre fritté (tableau V), conduit à des résultats moins performants, surtout pour le nickel et dans une moindre mesure pour le fer, quelles que soient les concentrations Fe<sup>3+</sup> initiales de la solution. Il y a en effet de 10 à 30 % du nickel total qui n'ont pas été arrêtés par le filtre pour 5 à 10 % du manganèse et 1 à 16 % du fer. Le précipité de fer paraît d'autant mieux bloqué par le milieu filtrant que la concentration Fe initiale de la solution est élevée.

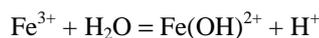
Les moindres performances observées ici, de manière assez générale, sont vraisemblablement liées à la porosité plus grossière des tampons en fibres de verre (0.5 µm au lieu de 0.1 µm), les colloïdes étant de ce fait moins retenus alors que la filtration devient plus rapide.

- C'est afin de mettre en évidence l'effet de la vitesse de filtration sur la filtration des précipités sur un filtre en fibres de verre, qu'on a réalisé les essais repris aux tableaux VI (NaOH) et VII (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Pour ces essais, un seul tampon de fibres de verre a été utilisé et **la filtration a été menée sans dépression**. Dans ces conditions, il y a eu effectivement un ralentissement net de la vitesse de filtration, bien que l'épaisseur totale du milieu filtrant ait été réduite.

Que le pH soit réglé à l'aide de NaOH ou Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, les mêmes observations peuvent être mises en évidence :

- si la concentration initiale Fe<sup>3+</sup> atteint au moins 2000 µg/l, il y a systématiquement blocage du nickel, du manganèse et du zinc à des niveaux fort bas : les filtrats titrent moins de 10 µg/l Ni<sup>2+</sup>, 5 µg/l Mn<sup>2+</sup> et 70 µg/l Fe<sup>3+</sup> ;
- par contre, si la concentration initiale Fe<sup>3+</sup> est limitée à 500 µg/l, on retrouve dans le filtrat environ 35 µg/l Ni<sup>2+</sup>, 130 µg/l Mn<sup>2+</sup> pour 380 µg/l Fe<sup>3+</sup>. Dans ce cas, le précipité de fer - nickel - manganèse semble être resté à l'**état colloïdal**. Vu la faible concentration Fe<sup>3+</sup> de la solution, il n'est pas impossible en effet que les réactions d'hydrolyse du fer n'aient pas évolué suffisamment vite vers la formation de Fe(OH)<sub>3</sub> et que la croissance des germes ait été insuffisante pour que les précipités atteignent une taille acceptable pour une filtration sur un filtre 0.5 µm, d'épaisseur faible (690 µm).

Pour rappel, les stades d'hydrolyse du  $\text{Fe}^{3+}$  peuvent s'écrire :



#### I.1.4 Conclusions.

En conclusion des résultats obtenus lors de la première étape de l'étude, on retiendra tout particulièrement que :

- la précipitation à un pH compris entre 7.5 et 8, du nickel, du zinc, du manganèse (avec ajout de  $\text{KMnO}_4$ ) et du fer de solutions synthétiques, en milieu chlorure, peut conduire à des **filtrats respectant les normes de traitabilité de l'eau**, pour autant que la **filtration** des précipités formés **soit très efficace** ;
- la **filtration totale** des précipités paraît un **problème** soluble, mais **difficile à résoudre**, du moins lorsqu'on traite de petits volumes de solution et que la concentration  $\text{Fe}^{3+}$  ne dépasse pas 500  $\mu\text{g/l}$ .

#### II. Deuxième étape de l'étude : traitement d'un volume plus important de solutions (1 litre).

L'objectif essentiel de cette deuxième étape de l'étude a été de voir dans quelle mesure les performances atteintes lors des essais précédents pouvaient être améliorées en traitant des volumes plus importants de solutions (1 litre au lieu de 100 ml) tout en utilisant les mêmes milieux filtrants que précédemment. On pouvait s'attendre en effet à constater de légères améliorations par suite de l'accroissement de la masse de précipité à filtrer.

Les résultats obtenus sont présentés aux tableaux VIII à XIII.

Pour la bonne compréhension de l'interprétation ultérieure des résultats, il est utile de signaler que :

- dans le tableau VIII, les essais 1/1 l à 6/1 l concernent les mêmes conditions opératoires (NaOH), le même type de milieu filtrant (type A) que celles des essais 1 à 6 du tableau I. Les bilans ont été calculés selon la méthode (a). Il en va de même pour ce qui regarde les tableaux IX et II ;
- les conditions opératoires des essais dont les résultats sont repris au tableau X correspondent à celles des essais mentionnés au tableau IV (même milieu filtrant B - calcul des bilans selon la méthode (b)).

Les essais repris, d'une part, au tableau XI et, d'autre part, aux tableaux XII et XIII ont été menés dans les mêmes conditions opératoires générales que celles utilisées respectivement pour les essais repris aux tableaux V, VI et VII. Seules les concentrations des divers ions ont été parfois modifiées.

La comparaison des résultats obtenus dans des conditions opératoires similaires, mais en traitant 100 ml ou 1 litre de solution, conduit à des constats variables.

En ce qui concerne **les ions  $\text{Fe}^{3+}$  et  $\text{Mn}^{2+}$** , les résultats obtenus en traitant **1 litre de solution** ont été **excellents**, les concentrations respectives  $\text{Fe}^{3+}$  et  $\text{Mn}^{\text{tot}}$  étant quasi systématiquement abaissées à moins de 20  $\mu\text{g/l}$  et 10  $\mu\text{g/l}$ , quels que soient le milieu filtrant et la nature de l'agent précipitant ( $\text{NaOH}$  ou  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ).

Pour ce qui concerne le **nickel**, les résultats obtenus sont **assez erratiques**. Ils sont généralement **meilleurs** si on traite un litre de solution lorsque la filtration est réalisée sur filtre millipore 0.1  $\mu\text{m}$  et sur support en verre muni de trous (tableaux I-II et VIII-IX). Notons cependant que porter la concentration  $\text{Fe}^{3+}$  à 20 000  $\mu\text{g/l}$  n'améliore pas sensiblement la précipitation du nickel par rapport à ce qui est observé dans le cas d'une solution à 5000  $\mu\text{g/l}$   $\text{Fe}^{3+}$  (tableau VIII).

Par contre, les performances sont en général nettement **moins bonnes** lorsque les précipités sont filtrés sur filtre millipore avec support en verre fritté (tableaux IV et X), sur deux tampons en fibres de verre (tableaux V et XI) ou sur un seul tampon en fibres de verre sans dépression (tableaux VI-VII-XII-XIII). Ce comportement du nickel paraît difficile à expliquer sans tenir compte des conditions particulières de température (35°C) rencontrées au moment de la réalisation des essais repris dans les tableaux X à XIII. Tous ces tests ont en effet été effectués en juillet, au moment où la température du laboratoire était toujours voisine de 35°C au lieu de 22°C environ. Le nickel étant manifestement plus difficile à précipiter que le fer ou le manganèse, il n'est pas impossible que l'accroissement de la température n'ait favorisé la solubilité des colloïdes formés lors de la précipitation à un pH relativement modéré de 7.5 à 8.

On notera encore qu'il est possible d'abaisser de 80 à 90 % la concentration initiale  $Zn^{2+}$  (100 µg/l) des solutions pour autant qu'il y ait dans la solution 5000 µg/l  $Fe^{3+}$  (tableaux XI-XII-XIII). Pour l'aluminium, les performances sont très nettement moins favorables, l'abattement de l'ion n'étant pas assuré avec des rendements supérieurs à la fourchette de 60 à 80 %, même si la concentration Al atteint 2000 µg/l (tableaux X-XI-XII-XIII).

### III. Troisième étape de l'étude : traitement d'un volume plus important de solutions (1 litre) en présence de 10 à 30 mg/l $CaCO_3$ .

La troisième série d'essais a eu pour objet essentiel de suivre le comportement du nickel lors de la précipitation chimique à pH 7.5 à 8 (NaOH) en présence de concentrations variables (10 à 30 mg/l) de  $CaCO_3$  de qualité chimique. L'ajout de  $CaCO_3$  comme support inerte pour la filtration du précipité devrait en effet améliorer le piégeage des colloïdes de nickel dans un gâteau de filtration dont la masse sera très sensiblement augmentée.

Ces essais ont été réalisés en septembre, sur base du recours aux quatre types de milieu filtrant définis antérieurement, à savoir :

- A. une membrane millipore, de porosité 0.1 µm (mélange d'esters de cellulose), la membrane étant placée sur un support en verre muni de trous de plusieurs mm de diamètre ;
- B. une membrane de même type, placée sur un support en verre fritté millipore ;
- C. deux tampons en fibres de verre, de porosité 0.5 µm, d'une épaisseur nominale de 690 µm, déposés sur le support en verre fritté millipore ;
- D. un tampon en fibres de verre, de même type que les précédents, déposé sur le même support en verre fritté.

Notons que les essais avec le milieu D ont été réalisés avec filtration, sans trompe à eau.

Les résultats obtenus sont présentés respectivement aux tableaux XIV (milieu filtrant A), XV (milieu filtrant B), XVI (milieu filtrant C) et XVII (milieu filtrant D).

Les bilans des essais ont été effectués selon les deux procédures différentes déjà évoquées à la page 2, soit :

- la procédure (a) pour le cas des essais repris au tableau XIV (filtre millipore 0.1 µm déposé sur un support troué) ;
- la procédure (b) pour le cas des essais présentés aux tableaux XV à XVII.

En comparant ces résultats à ceux obtenus lors de la seconde campagne d'essais (1 litre de solution) ou même lors de la première campagne d'essais (100 cc de solution), quelques constats très intéressants peuvent être mis en évidence :

- pour autant que le milieu filtrant utilisé ne soit pas constitué d'un filtre millipore 0.1 µm déposé sur un **support muni de trous**, il est possible de réduire la concentration nickel du filtrat à moins de 12-

13 µg/l et le plus souvent sous 10 µg/l si la solution comporte **au moins 2000 µg/l Fe<sup>3+</sup>** et **30 mg/l CaCO<sub>3</sub>** (tableaux XV-XVI-XVII) ;

- avec un filtre millipore déposé sur un **support troué**, il faut nécessairement travailler avec une concentration Fe<sup>3+</sup> de **5000 µg/l** et une concentration de 20 à 30 mg/l CaCO<sub>3</sub> pour réduire la concentration Ni<sup>2+</sup> de la solution à 12 µg/l (tableau XIV) ;
- le recours à 500 µg/l Fe<sup>3+</sup> et 20 mg/l CaCO<sub>3</sub> ne permet pas de réduire la concentration résiduelle Ni<sup>2+</sup> en dessous de 45 à 60 µg/l, quel que soit le milieu filtrant utilisé ;
- dès que le milieu filtrant est plus performant, il est possible d'arriver systématiquement à des concentrations Ni<sup>2+</sup> voisines de 5 mg/l si la solution contient 5000 µg/l Fe<sup>3+</sup> et 20 à 30 mg/l CaCO<sub>3</sub> ;
- dans tous les essais réalisés au cours de la troisième campagne d'essais, la concentration résiduelle de Fe<sup>3+</sup> des solutions a toujours été ramenée en dessous de 10 µg/l, quelle que soit la concentration Fe<sup>3+</sup> initiale.

Ces résultats confirment dans une très large mesure **l'importance du système de filtration** des précipités sur la **qualité chimique de l'eau** recueillie après traitement, du moins pour ce qui concerne les ions Ni<sup>2+</sup>.

### Conclusions générales.

Les essais réalisés au cours de l'étude mettent clairement en évidence que :

- la précipitation à un pH compris entre 7.5 et 8, du nickel, du zinc, du manganèse (après ajout de KMnO<sub>4</sub>) et du fer de solutions synthétiques, en milieu chlorure, peut conduire à des filtrats respectant les normes de traitabilité de l'eau, pour autant que la filtration des précipités soit très efficace et que la température n'atteigne pas des niveaux anormaux (environ 35°C) ;
- la présence en solution de fer en concentration plus élevée (5000 µg/l par exemple) et d'un inerte tel que du CaCO<sub>3</sub> (20 à 30 mg/l) améliore nettement la **qualité du filtrat** grâce à la formation, au cours de la précipitation, d'une masse plus importante de solide à filtrer ;
- quels que soient le type du milieu filtrant utilisé et la masse de CaCO<sub>3</sub> ajoutée aux solutions (20 mg/l ou 30 mg/l), la concentration Ni<sup>2+</sup> ne peut être abaissée en dessous de 45 à 65 µg/l, à un pH de 7.5 à 8, lorsque la concentration Fe<sup>3+</sup> est limitée à 500 µg/l. Ce constat n'est pas étranger au fait que les ions Ni<sup>2+</sup> précipitent difficilement sous forme d'hydroxydes, avec un rendement élevé, si le pH reste maintenu à des valeurs comprises entre 7.5 et 8. De meilleures performances seraient obtenues à un pH de 9 ;
- les ions Al<sup>3+</sup> ne peuvent être éliminés des solutions avec des rendements supérieurs à 60-80 % lorsque leur concentration initiale atteint 2000 µg/l, tout comme celle des ions Fe<sup>3+</sup>.

Louvain-la-Neuve, le 4 décembre 2003

C. WILMUS  
Analyste chimiste

Dr A. VAN LIERDE  
Professeur

Annexes : 17 tableaux.

Tableau I

## pH 7.5-8.0 par NaOH

	conc. solution de départ (µg/l)			µg/l			%			µg/l			%		
	Ni <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Mn <sup>tot</sup> (MnCl <sub>2</sub> +KMnO <sub>4</sub> )	Ni <sup>2+</sup> filtrat	Ni <sup>2+</sup> precipité	Ni <sup>2+</sup> filtrat	Fe <sup>3+</sup> filtrat	Fe <sup>3+</sup> precipité	Fe <sup>3+</sup> filtrat	Mn <sup>tot</sup> filtrat	Mn <sup>tot</sup> precipité	Mn <sup>tot</sup> filtrat	Mn <sup>tot</sup> filtrat	Mn <sup>tot</sup> precipité	Mn <sup>tot</sup> filtrat
1a	100	2000	0	26	70	<b>26</b>	130	1853	<b>6,5</b>	-	-	-	-	-	-
1b	100	2000	0	75	31	<b>75</b>	53	1978	<b>2,6</b>	-	-	-	-	-	-
2a	100	5000	0	51	48	<b>51</b>	247	4700	<b>4,9</b>	-	-	-	-	-	-
2b	100	5000	0	43	65	<b>43</b>	256	4818	<b>5,1</b>	-	-	-	-	-	-
3a	100	2000	170	66	28	<b>66</b>	236	1727	<b>11,8</b>	30	132	<b>17,7</b>	30	132	<b>17,7</b>
3b	100	2000	170	72	26	<b>72</b>	190	1815	<b>9,5</b>	37	132	<b>21,8</b>	37	132	<b>21,8</b>
4a	100	5000	170	72	25	<b>72</b>	816	4055	<b>16,3</b>	78	88	<b>45,9</b>	78	88	<b>45,9</b>
4b	100	5000	170	50	48	<b>50</b>	535	4532	<b>10,7</b>	65	105	<b>38,2</b>	65	105	<b>38,2</b>
5a	100	10000	-	27	68	<b>27</b>	26	10005	<b>0,3</b>	-	-	-	-	-	-
6a	100	20000	-	31	70	<b>31</b>	25	19660	<b>0,1</b>	-	-	-	-	-	-

Filtre millipore 0.1µ sur support en verre muni de trous

Tableau II

pH 7.5-8.0 par Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

	conc. solution de départ (µg/l)		µg/l			%			µg/l			%		
	Ni <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Ni <sup>2+</sup> filtrat	Ni <sup>2+</sup> precipité	Ni <sup>2+</sup> filtrat	Fe <sup>3+</sup> filtrat	Fe <sup>3+</sup> precipité	Fe <sup>3+</sup> filtrat	Fe <sup>3+</sup> filtrat	Fe <sup>3+</sup> precipité	Fe <sup>3+</sup> filtrat	Fe <sup>3+</sup> filtrat	Fe <sup>3+</sup> precipité	Fe <sup>3+</sup> filtrat
7	100	2000	62	24	<b>62</b>	723	1259	<b>36,2</b>	723	1259	<b>36,2</b>	723	1259	<b>36,2</b>
8	100	5000	35	65	<b>35</b>	192	4848	<b>3,8</b>	192	4848	<b>3,8</b>	192	4848	<b>3,8</b>
9	100	2000	44	56	<b>44</b>	626	1402	<b>31,3</b>	626	1402	<b>31,3</b>	626	1402	<b>31,3</b>
10	100	5000	20	79	<b>20</b>	528	4354	<b>10,6</b>	528	4354	<b>10,6</b>	528	4354	<b>10,6</b>

Filtre millipore 0.1µ sur support en verre muni de trous

## pH 7.5-8.0 par NaOH

	conc. solution de départ (µg/l)			µg/l			%			µg/l			%		
	Ni <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Ni <sup>2+</sup> filtrat	Ni <sup>2+</sup> précipité	Ni <sup>2+</sup> filtrat	Fe <sup>3+</sup> filtrat	Fe <sup>3+</sup> précipité	Fe <sup>3+</sup> filtrat	Al <sup>3+</sup> filtrat	Al <sup>3+</sup> précipité	Al <sup>3+</sup> filtrat			
13	50	5000	-	23	25	46	85	4890	1,7	-	-	-			
14	100	5000	-	46	51	46	70	5001	1,4	-	-	-			
15	100	5000	-	50	48	50	101	4853	2,0	-	-	-			
16	100	5000	-	46	52	46	104	4864	2,0	-	-	-			
17	100	5000	-	43	51	43	77	4924	1,5	-	-	-			
18	100	5000	-	36	62	36	83	4819	1,7	-	-	-			
19	100	5000	2000	57	36	57	90	4990	1,8	148	1704	7,4			

membrane millipore 0.1µ avec support en verre fritté millipore (lavage support avec filtrat)

Tableau IV

## pH 7.5-8.0 par NaOH

	conc. solution de départ (µg/l)			µg/l			%			µg/l			%		
	Ni <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Mn <sup>tot</sup> (MnCl <sub>2</sub> +KMnO <sub>4</sub> )	Ni <sup>2+</sup> filtrat	Ni <sup>2+</sup> précipité + verre fritté	Ni <sup>2+</sup> filtrat	Fe <sup>3+</sup> filtrat	Fe <sup>3+</sup> précipité + verre fritté	Fe <sup>3+</sup> filtrat	Mn <sup>tot</sup> filtrat	Mn <sup>tot</sup> précipité+ verre fritté	Mn <sup>tot</sup> filtrat			
20	100	0	0	6	88	6	-	-	-	-	-	-			
21	100	500	0	9	90	9	<10	485	<2	-	-	-			
22	100	2000	0	<5	98	<5	12	2027	0,6	-	-	-			
23	100	5000	0	<5	99	<5	22	5040	0,4	-	-	-			
24	100	500	160	<5	95	<5	<10	496	<2	<5	158	<3			
25	100	2000	160	<5	105	<5	<10	1964	<0.5	<5	155	<3			
26	100	5000	160	<5	98	<5	34	4820	0,7	<5	158	<3			

membrane millipore 0.1µ avec support en verre fritté millipore

Tableau V

## pH 7.5-8.0 par NaOH

	conc. solution de départ (µg/l)			µg/l			%			µg/l			%		
	Ni <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Mn <sup>tot</sup> (MnCl <sub>2</sub> +KMnO <sub>4</sub> )	Ni <sup>2+</sup> filtrat	Ni <sup>2+</sup> précipité + verre fritté	Ni <sup>2+</sup> filtrat	Fe <sup>3+</sup> filtrat	Fe <sup>3+</sup> précipité + verre fritté	Fe <sup>3+</sup> filtrat	Mn <sup>tot</sup> filtrat	Mn <sup>tot</sup> précipité + verre fritté	Mn <sup>tot</sup> filtrat			
FV1	100	500	0	33	75	<b>33</b>	84	410	<b>16,8</b>	-	-	-			
FV2	100	2000	0	10	93	<b>10</b>	60	1957	<b>3,0</b>	-	-	-			
FV3	100	5000	0	15	93	<b>15</b>	160	4918	<b>3,2</b>	-	-	-			
FV4	100	500	160	21	79	<b>21</b>	54	433	<b>10,8</b>	10	155	<b>6,3</b>			
FV5	100	2000	160	24	83	<b>24</b>	68	1904	<b>3,4</b>	<5	165	<b>&lt;3</b>			
FV6	100	5000	160	18	85	<b>18</b>	60	4970	<b>1,2</b>	15	159	<b>9,4</b>			

FV= Fibre de verre

filtration sur 2 tampons en fibre de verre (épaisseur= 690µm porosité=0.5µm) déposé sur un support en verre fritté

Tableau VI

## pH 7.5-8.0 par NaOH

	conc. solution de départ (µg/l)			µg/l			%			µg/l			%		
	Ni <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Mn <sup>tot</sup> (MnCl <sub>2</sub> +KMnO <sub>4</sub> )	Ni <sup>2+</sup> filtrat	Ni <sup>2+</sup> précipité + verre fritté	Ni <sup>2+</sup> filtrat	Fe <sup>3+</sup> filtrat	Fe <sup>3+</sup> précipité + verre fritté	Fe <sup>3+</sup> filtrat	Mn <sup>tot</sup> filtrat	Mn <sup>tot</sup> précipité + verre fritté	Mn <sup>tot</sup> filtrat			
FV7	100	500	0	<5	90	<b>&lt;5</b>	<10	550	<b>&lt;2</b>	-	-	-			
FV8	100	2000	0	<5	97	<b>&lt;5</b>	16	2017	<b>0,8</b>	-	-	-			
FV9	100	5000	0	<5	93	<b>&lt;5</b>	58	4913	<b>1,2</b>	-	-	-			
FV10	100	500	160	38	65	<b>38</b>	340	206	<b>68</b>	117	44	<b>73</b>			
FV11	100	2000	160	<5	99	<b>&lt;5</b>	38	1971	<b>1,9</b>	<5	160	<b>&lt;3</b>			
FV12	100	5000	160	6	99	<b>6</b>	100	5006	<b>2,0</b>	<5	155	<b>&lt;3</b>			

FV= Fibre de verre

filtration sans trompe à eau sur 1 tampon en fibre de verre (épaisseur= 690µm porosité=0.5µm) déposé sur un support en verre fritté

Tableau VII

pH 7.5-8.0 par Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

conc. solution de départ (µg/l)				µg/l			%			µg/l			%		
Ni <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Mn <sup>tot</sup> (MnCl <sub>2</sub> +KMnO <sub>4</sub> )	Ni <sup>2+</sup> filtrat	Ni <sup>2+</sup> précipité + verre fritté	Ni <sup>2+</sup> filtrat	Fe <sup>3+</sup> filtrat	Fe <sup>3+</sup> précipité + verre fritté	Fe <sup>3+</sup> filtrat	Zn <sup>2+</sup> filtrat	Zn <sup>2+</sup> précipité + verre fritté	Zn <sup>2+</sup> filtrat	Mn <sup>tot</sup> filtrat	Mn <sup>tot</sup> précipité + verre fritté	Mn <sup>tot</sup> filtrat
100	500	100	160	35	70	35	380	161	76	71	30	71	144	10	90
100	2000	100	160	<5	101	<5	29	2001	1,5	<10	90	<10	<5	161	<3
100	5000	100	160	9	97	9	71	4946	1,4	<10	90	<10	<5	163	<3

ibre de verre

on sans trompe à eau sur 1 tampon en fibre de verre (épaisseur= 690µm porosité=0.5µm)  
é sur un support en verre fritté

Tableau VIII

## pH 7.5-8.0 par NaOH

	conc. solution de départ (µg/l)			µg/l			%			µg/l			%		
	Ni <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Mn <sup>tot</sup> (MnCl <sub>2</sub> +KMnO <sub>4</sub> )	Ni <sup>2+</sup> filtrat	Ni <sup>2+</sup> précipité	Ni <sup>2+</sup> filtrat	Fe <sup>3+</sup> filtrat	Fe <sup>3+</sup> précipité	Fe <sup>3+</sup> filtrat	Mn <sup>tot</sup> filtrat	Mn <sup>tot</sup> précipité	Mn <sup>tot</sup> filtrat	Mn <sup>tot</sup> filtrat	Mn <sup>tot</sup> précipité	Mn <sup>tot</sup> filtrat
1/1L	100	2000	0	65	29	65	<10	1995	<0.5	-	-	-	-	-	-
2/1L	100	5000	0	39	60	39	20	4960	0,4	-	-	-	-	-	-
3/1L	100	2000	170	38	61	38	30	1935	1,5	10	157	6			
4/1L	100	5000	170	14	86	14	<10	4986	<0.2	<5	170	<3			
5/1L	100	10000	-	20	80	20	<10	9980	<0.1	-	-	-	-	-	-
6/1L	100	20000	-	20	81	20	<10	19990	<0.05	-	-	-	-	-	-

Filtre millipore 0.1µ sur support en verre muni de trous

Tableau IX

pH 7.5-8.0 par Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

	conc. solution de départ (µg/l)		µg/l		%	µg/l		%
	Ni <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Ni <sup>2+</sup> filtrat	Ni <sup>2+</sup> precipité	Ni <sup>2+</sup> filtrat	Fe <sup>3+</sup> filtrat	Fe <sup>3+</sup> precipité	Fe <sup>3+</sup> filtrat
7/1L	100	2000	60	35	<b>60</b>	60	1987	<b>3</b>
8/1L	100	5000	18	80	<b>18</b>	97	4960	<b>1,9</b>
9/1L	100	2000	17	83	<b>17</b>	<10	2010	<b>&lt;0.5</b>
10/1L	100	5000	8	94	<b>8</b>	<10	4986	<b>&lt;0.2</b>

Filtre millipore 0.1µ sur support en verre muni de trous

Tableau X

## pH 7.5-8.0 par NaOH

	conc. solution de départ (µg/l)					µg/l			%	µg/l			%	µg/l			%	µg/l			%
	Ni <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Mn <sup>tot</sup> (MnCl <sub>2</sub> + KMnO <sub>4</sub> )	Al <sup>3+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup> filtrat	Ni <sup>2+</sup> precip. + fritté	Ni <sup>2+</sup> filtrat	Fe <sup>3+</sup> filtrat	Fe <sup>3+</sup> precip. + fritté	Fe <sup>3+</sup> filtrat	Mn <sup>tot</sup> filtrat	Mn <sup>tot</sup> precip. + fritté	Mn <sup>tot</sup> filtrat	Al <sup>3+</sup> filtrat	Al <sup>3+</sup> precip. + fritté	Al <sup>3+</sup> filtrat	Zn <sup>2+</sup> filtrat	Zn <sup>2+</sup> precip. + fritté	Zn <sup>2+</sup> filtrat	
20/1L	100	0	0	0	0	85	10	<b>85</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
21/1L	100	500	0	0	0	39	59	<b>39</b>	<10	487	<b>&lt;2</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
22/1L	100	2000	0	0	0	39	58	<b>39</b>	<10	1990	<b>&lt;0.5</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
23/1L	100	5000	0	0	0	<5	95	<b>&lt;5</b>	<10	4920	<b>&lt;0.2</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
24/1L	100	500	170	0	0	31	66	<b>31</b>	<10	500	<b>&lt;2</b>	<5	170	<b>&lt;3</b>	-	-	-	-	-	-	
25/1L	100	2000	170	0	0	6	98	<b>6</b>	<10	1992	<b>&lt;0.5</b>	<5	170	<b>&lt;3</b>	-	-	-	-	-	-	
26/1L	100	5000	170	0	0	7	99	<b>7</b>	<10	4940	<b>&lt;0.2</b>	<5	166	<b>&lt;3</b>	-	-	-	-	-	-	
27/1L	100	2000	170	2000	0	16	78	<b>16</b>	<10	2090	<b>&lt;0.5</b>	<5	170	<b>&lt;3</b>	840	1097	<b>42</b>	-	-	-	
28/1L	100	5000	170	0	100	13	93	<b>13</b>	<10	5023	<b>&lt;0.2</b>	<5	170	<b>&lt;3</b>	-	-	-	9	90	<b>9</b>	

membrane millipore 0.1µ avec support en verre fritté millipore

Tableau XI

## pH 7.5-8.0 par NaOH

	conc. solution de départ (µg/l)					µg/l			%			µg/l			%			µg/l			%		
	Ni <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Mn <sup>tot</sup> (MnCl <sub>2</sub> + KMnO <sub>4</sub> )	Al <sup>3+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup> filtrat	Ni <sup>2+</sup> fritté precip. +	Ni <sup>2+</sup> filtrat	Fe <sup>3+</sup> filtrat	Fe <sup>3+</sup> fritté precip. +	Fe <sup>3+</sup> filtrat	Mn <sup>tot</sup> filtrat	Mn <sup>tot</sup> fritté precip. +	Mn <sup>tot</sup> filtrat	Al <sup>3+</sup> filtrat	Al <sup>3+</sup> fritté precip. +	Al <sup>3+</sup> filtrat	Zn <sup>2+</sup> filtrat	Zn <sup>2+</sup> fritté precip. +	Zn <sup>2+</sup> filtrat			
FV1/1L	100	500	0	0	0	38	63	38	32	450	6,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
FV2/1L	100	2000	0	0	0	35	64	35	<10	1998	<0,5	-	-	-	-	-	-	-	-				
FV3/1L	100	5000	0	0	0	43	56	43	22	4968	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-				
FV4/1L	100	500	170	0	0	40	64	40	<10	500	<2	<5	168	<3	-	-	-	-	-				
FV5/1L	100	2000	170	0	0	44	57	44	<10	1980	<0,5	<5	167	<3	-	-	-	-	-				
FV6/1L	100	5000	170	0	0	40	60	40	<10	4971	<0,2	<5	170	<3	-	-	-	-	-				
FV5/1L Al	100	2000	170	2000	0	50	46	50	373	1670	18,5	<5	170	<3	880	964	44	-	-				
FV6/1L Zn	100	5000	170	0	100	20	80	20	<10	4980	<0,2	<5	168	<3	-	-	-	20	80	20			

filtration sur 2 tampons en fibre de verre (épaisseur=690µm porosité=0.5µm) déposé sur un support en verre fritté

Tableau XII

## pH 7.5-8.0 par NaOH

	conc. solution de départ (µg/l)					µg/l			%			µg/l			%			µg/l			%		
	Ni <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Mn <sup>tot</sup> (MnCl <sub>2</sub> + KMnO <sub>4</sub> )	Al <sup>3+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup> filtrat	Ni <sup>2+</sup> fritté precip. +	Ni <sup>2+</sup> filtrat	Fe <sup>3+</sup> filtrat	Fe <sup>3+</sup> fritté precip. +	Fe <sup>3+</sup> filtrat	Mn <sup>tot</sup> filtrat	Mn <sup>tot</sup> fritté precip. +	Mn <sup>tot</sup> filtrat	Al <sup>3+</sup> filtrat	Al <sup>3+</sup> fritté precip. +	Al <sup>3+</sup> filtrat	Zn <sup>2+</sup> filtrat	Zn <sup>2+</sup> fritté precip. +	Zn <sup>2+</sup> filtrat			
FV7/1L	100	500	0	0	0	71	30	71	188	305	37,5	-	-	-	-	-	-	-	-				
F82/1L	100	2000	0	0	0	49	51	49	<10	2016	<0,5	-	-	-	-	-	-	-	-				
FV9/1L	100	5000	0	0	0	24	78	24	22	4949	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-				
FV10/1L	100	500	170	0	0	54	44	54	<10	510	<2	<5	168	<3	-	-	-	-	-				
FV11/1L	100	2000	170	0	0	30	75	30	<10	2061	<0,5	<5	170	<3	-	-	-	-	-				
FV12/1L	100	5000	170	0	0	30	71	30	38	4968	0,8	<5	171	<3	-	-	-	-	-				
FV11/1L Al	100	2000	170	2000	0	39	62	39	<10	2010	<0,5	<5	170	<3	377	1581	18,9	-	-				
FV12/1L Zn	100	5000	170	0	100	32	69	32	<10	4970	<0,2	<5	168	<3	-	-	-	13	85	13			

filtration sans trompe à eau sur 1 tampon en fibre de verre (épaisseur=690µm porosité=0.5µm)

Tableau XIII

pH 7.5-8.0 par Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

	conc. solution de départ (µg/l)					µg/l			%			µg/l			%			µg/l			%		
	Ni <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Mn <sup>tot</sup> (MnCl <sub>2</sub> + KMnO <sub>4</sub> )	Zn <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Ni <sup>2+</sup> filtrat	Ni <sup>2+</sup> precip. + fritté	Ni <sup>2+</sup> filtrat	Fe <sup>3+</sup> filtrat	Fe <sup>3+</sup> precip. + fritté	Fe <sup>3+</sup> filtrat	Mn <sup>tot</sup> filtrat	Mn <sup>tot</sup> precip. + fritté	Mn <sup>tot</sup> filtrat	Zn <sup>2+</sup> filtrat	Zn <sup>2+</sup> precip. + fritté	Zn <sup>2+</sup> filtrat	Al <sup>3+</sup> filtrat	Al <sup>3+</sup> precip. + fritté	Al <sup>3+</sup> filtrat			
FV13/1L	100	500	170	100	-	61	38	<b>61</b>	<10	500	<b>&lt;2</b>	<5	168	<b>&lt;3</b>	14	85	<b>14</b>	-	-	-			
FV14/1L	100	2000	170	100	-	26	72	<b>26</b>	<10	1981	<b>&lt;0.5</b>	<5	166	<b>&lt;3</b>	14	85	14	-	-	-			
FV15/1L	100	5000	170	100	-	12	87	<b>12</b>	<10	4996	<b>&lt;0.2</b>	<5	169	<b>&lt;3</b>	13	85	13	-	-	-			
FV16/1L	100	2000	170	100	2000	46	53	<b>46</b>	<10	2003	<b>&lt;0.5</b>	<5	169	<b>&lt;3</b>	9	90	9	409	1590	<b>20,5</b>			

filtration sans trompe à eau sur 1 tampon en fibre de verre (épaisseur= 690µm porosité=0.5µm)  
déposé sur un support en verre fritté

Tableau XIV

## pH 7.5-8.0 par NaOH

	conc. solution de départ (µg/l)			mg/l	µg/l			%	µg/l			%
	Ni <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	CaCO <sub>3</sub>		Ni <sup>2+</sup> filtrat	Ni <sup>2+</sup> precipité	Ni <sup>2+</sup> filtrat		Fe <sup>3+</sup> filtrat	Fe <sup>3+</sup> precipité	Fe <sup>3+</sup> filtrat	
31/1L	100	2000	10	42	56	<b>42</b>	<10	1950	<b>&lt;0.5</b>			
32/1L	100	2000	20	32	68	<b>32</b>	<10	1930	<b>&lt;0.5</b>			
33/1L	100	2000	30	29	69	<b>29</b>	<10	1959	<b>&lt;0.5</b>			
34/1L	100	5000	10	16	82	<b>16</b>	<10	4929	<b>&lt;0.2</b>			
35/1L	100	5000	20	12	87	<b>12</b>	<10	4950	<b>&lt;0.2</b>			
36/1L	100	5000	30	12	87	<b>12</b>	<10	4984	<b>&lt;0.2</b>			
37/1L	100	500	20	48	46	<b>48</b>	<10	505	<b>&lt;2</b>			

- filtre millipore à 0.1 µm sur support en verre muni de trous

**pH 7.5-8.0 par NaOH**

Tableau XV

	conc. solution de départ (µg/l)		mg/l
	Ni <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	CaCO <sub>3</sub>
38/1l	100	2000	10
39/1l	100	2000	20
40/1l	100	2000	30
41/1l	100	5000	10
42/1l	100	5000	20
43/1l	100	5000	30
44/1l	100	500	20

µg/l		%
Ni <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup> précipité+	Ni <sup>2+</sup>
filtrat	fritté	filtrat
28	70	<b>28</b>
20	76	<b>20</b>
9	90	<b>9</b>
15	82	<b>15</b>
5	95	<b>5</b>
6	93	<b>6</b>
46	52	<b>46</b>

µg/l		%
Fe <sup>3+</sup>	Fe <sup>3+</sup> précipité+	Fe <sup>3+</sup>
filtrat	fritté	filtrat
<10	1969	<b>&lt;0.5</b>
<10	1950	<b>&lt;0.5</b>
<10	1990	<b>&lt;0.5</b>
<10	4992	<b>&lt;0.2</b>
<10	4999	<b>&lt;0.2</b>
<10	4979	<b>&lt;0.2</b>
<10	500	<b>&lt;2</b>

-membrane millipore 0.1 µm sur support en verre fritté millipore

**pH 7.5-8.0 par NaOH**

Tableau XVI

	conc. solution de départ (µg/l)		mg/l
	Ni <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	CaCO <sub>3</sub>
FV 21/1L	100	2000	10
FV 22/1L	100	2000	20
FV 23/1L	100	2000	30
FV 24/1L	100	5000	10
FV 25/1L	100	5000	20
FV 26/1L	100	5000	30
FV 27/1L	100	500	20

µg/l		%
Ni <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup> précipité+	Ni <sup>2+</sup>
filtrat	fritté	filtrat
19	78	<b>19</b>
18	79	<b>18</b>
13	84	<b>13</b>
5	93	<b>5</b>
7	92	<b>7</b>
8	93	<b>8</b>
47	49	<b>47</b>

µg/l		%
Fe <sup>3+</sup>	Fe <sup>3+</sup> précipité+	Fe <sup>3+</sup>
filtrat	fritté	filtrat
<10	1942	<b>&lt;0.5</b>
<10	2011	<b>&lt;0.5</b>
<10	2002	<b>&lt;0.5</b>
<10	4951	<b>&lt;0.2</b>
<10	4931	<b>&lt;0.2</b>
<10	4998	<b>&lt;0.2</b>
<10	497	<b>&lt;2</b>

2 tampons en fibre de verre de porosité 0.5µm d'une épaisseur nominale de 690µ déposés sur un support en verre fritté mill

Tableau XVII

## pH 7.5-8.0 par NaOH

	conc. solution de départ		mg/l	µg/l		%	µg/l		%
	Ni <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	CaCO <sub>3</sub>	Ni <sup>2+</sup> filtrat	Ni <sup>2+</sup> precipité + fritté	Ni <sup>2+</sup> filtrat	Fe <sup>3+</sup> filtrat	Fe <sup>3+</sup> precipité + fritté	Fe <sup>3+</sup> precipité
FV 28/1L	100	2000	10	10	87	<b>10</b>	<10	1957	<b>&lt;0.5</b>
FV 29/1L	100	2000	20	9	89	<b>9</b>	<10	1990	<b>&lt;0.5</b>
FV 30/1L	100	2000	30	15	80	<b>15</b>	<10	1955	<b>&lt;0.5</b>
FV 31/1L	100	5000	10	22	77	<b>22</b>	<10	4937	<b>&lt;0.2</b>
FV 32/1L	100	5000	20	13	85	<b>13</b>	<10	4934	<b>&lt;0.2</b>
FV 33/1L	100	5000	30	6	96	<b>6</b>	<10	4997	<b>&lt;0.2</b>
FV 34/1L	100	500	20	65	34	<b>65</b>	<10	504	<b>&lt;2</b>

1 tampon en fibre de verre de porosité 0.5µm d'une épaisseur nominale de 690µ déposé sur un support en verre fritté millipor

## **Annexe XI**

Mise au point du SEQ-ESO : fiche relative à un paramètre.

### **Fluor (mg/l F-)**

1. La fixation des différents seuils de qualité relatifs au fluor a d'abord fait l'objet de l'échange de vue suivant avec l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse qui supervisait le développement du SEQ-Eaux souterraines :

> -----Message d'origine-----

> De: DELLOYE Francis [SMTP:F.Delloye@mrw.wallonie.be]

> Date: mercredi 4 juin 2003 19:00

> À: CADILHAC Laurent

> Cc: vanlierde@pcim.ucl.ac.be; Alain.Dassargues@ulg.ac.be

> Objet: SEQ Eaux souterraines / Fluor

>

>

> Bonjour Mr Cadilhac,

>

> L'application du SEQ en ce qui concerne les fluorures (usage AEP et indice  
> général) nous pose problème car elle a pour effet de déclasser pas mal  
> d'eaux possédant par ailleurs une très bonne minéralisation (de bleu clair  
> à bleu foncé ou vert) ou de masquer d'autres altérations légères mais non  
> naturelles (SO<sub>4</sub>,Cl<sup>-</sup>).

>

> En effet, le seuil minimum de 0,7 mg/l F- n'est que très rarement atteint  
> en Région wallonne dans certaines nappes captives; ailleurs F- ne dépasse  
> pas 0,1 à 0,2 mg/l.

>

> Il fut question il y a 20 ans en Belgique d'ajouter du fluor dans l'eau de  
> distribution mais le Conseil supérieur de l'Eau a jugé la chose peu utile  
> et dangereuse (procédé d'adjonction pas complètement maîtrisée).Par  
> ailleurs je crois savoir que l'adjonction de fluor se pratique en Amérique  
> du Nord.

>

> Par ailleurs, le SEQEAU fait apparaître que les eaux souterraines sont  
> potabilisables jusqu'à 10 mg/l (seuil jaune/rouge). Interrogés sur la  
> question nos experts ne voient pas de traitement d'eau économiquement  
> applicable à de gros volumes d'eau souterraine.

>

> Auriez-vous des précisions à nous apporter sur l'origine des seuils de 0,7  
> et 10 mg/l concernant le fluor. Disposez-vous d'études toxicologiques  
> concluant à la nécessité d'adjonction d'une certaine quantité de fluor  
> dans  
> l'eau de distribution.

>

> Vous remerciant d'avance de l'aide que vous pourrez nous apporter, je vous  
> présente mes plus sincères salutations.

Réponse de

=====  
Laurent CADILHAC  
Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse  
Service Etudes  
2-4, allée de Lodz  
69363 LYON CEDEX 07  
Tél. 04.72.71.26.69 - Fax. 04.72.71.26.03

Bonjour Monsieur Delloye

Pour répondre à vos interrogations j'ai effectué quelques recherches :

Les valeurs seuils qui figurent dans le document de présentation du SEQ Eau souterraines pour les fluorures trouvent leur origine :

- 0,7 et 1,5 : dans la directive européenne 80/778 retranscrite dans le 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

\* 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

Le décret français 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)

Sur le choix de retenir le seuil de 0,7 comme seuil déclassant pour les eaux en contenant moins, il apparaît que le groupe de travail est effectivement parti du principe 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)

Il est intéressant de remarquer que dans 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.

Le seuil de 10 mg/l a semble-t-il été proposé par le BRGM suite à avis d'experts sur les performances techniques des traitements usuels de potabilisation de l'eau mais je n'ai pas trace d'archives permettant d'appuyer cet avis.

N'étant pas du tout spécialiste de ces questions, après consultation de collègues versés dans le traitement des eaux et après recherche dans la littérature il apparaît effectivement que l'élimination du fluor pose problème.

D'après la société GLS (guide mémo-tec n°15 "Elimination du fluor dans l'eau destinée à la consommation humaine" ) :

"Les techniques spécifiques utilisant l'alumine activée ou le phosphate tricalcique diminuent la concentration en fluor mais dans le cas de l'alumine activée la durée de vie assez faible du support et les problèmes de régénération ne permettent pas son utilisation à grande échelle.

Les techniques de précipitation à la chaux ou à la magnésie ne peuvent être utilisées que dans le cas d'une faible concentration en ions fluorures et dans le cadre d'un traitement de la dureté de l'eau.

Quant aux techniques membranaires, ces méthodes sont compétitives seulement si elles sont utilisées dans le cadre d'une correction simultanée de la minéralisation. "

Je retransmet ces questions à Monsieur Montiel de la SAGEP qui est un expert national reconnu du traitement de l'eau.

En France il n'existe que très peu d'usines de défluoration (là où des problèmes d'excès de fluor se posaient, la solution retenue a été le plus souvent de changer de ressource ou d'assurer une dilution suffisante)

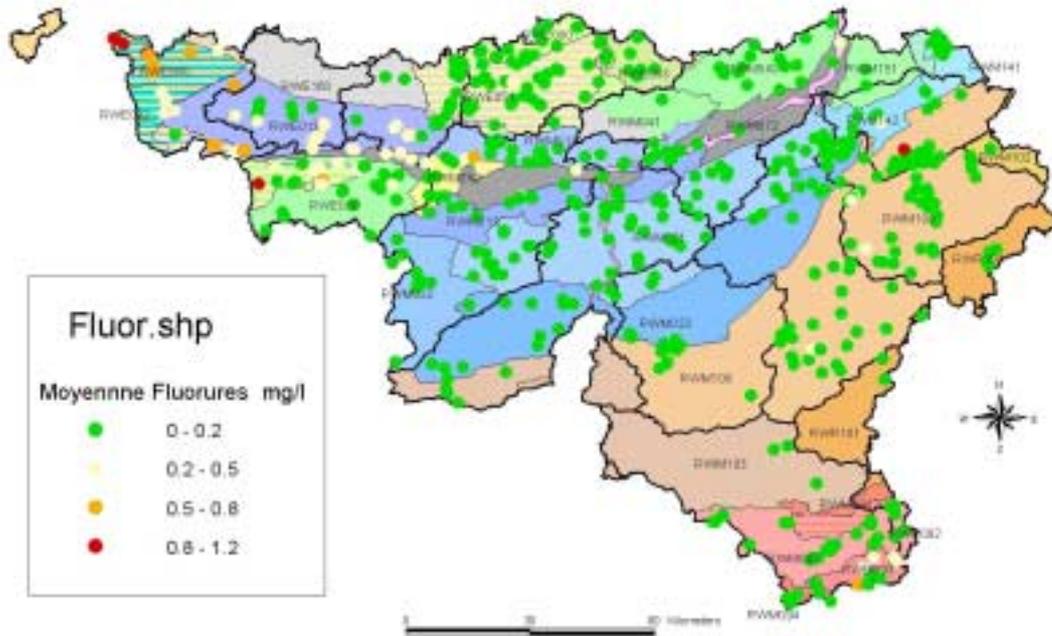
Je vous remercie de vos observations très pertinentes qui devraient logiquement nous amener à reconsidérer les seuils fluorure.

Je vous tiens au courant de la suite donnée et vous informe qu'au jour d'aujourd'hui les travaux sur les systèmes d'évaluation de la qualité des eaux en France sont suspendus suite aux dernières décisions prises par le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (besoin de mise en cohérence avec les dispositions de la directive cadre communautaire sur l'eau).

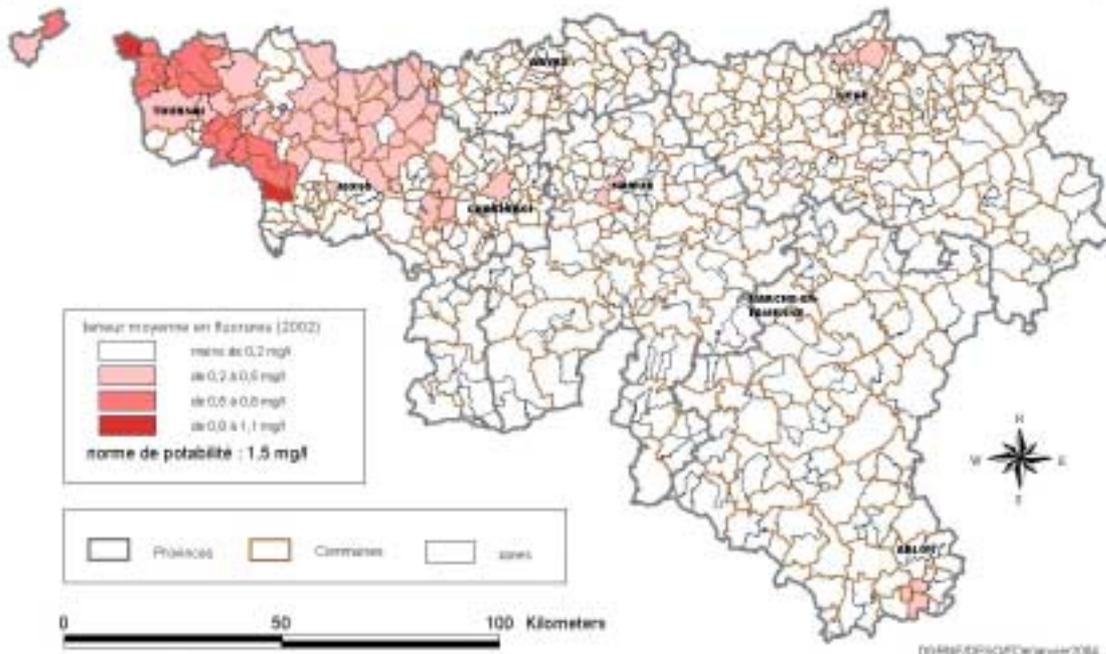
Veillez agréer, Monsieur l'expression de mes meilleures salutations.

2. Ensuite, constatation a été faite que la concentration en fluor des eaux souterraines de Wallonie est naturelle (corrélée avec la profondeur) et rarement significative :

**Le fluor dans les eaux souterraines**



**Zones de distribution où la teneur en fluor est significative**



3. En conclusion, afin de ne pas déclasser des eaux qui ne contiennent pas de fluor et suite aux contacts pris avec le Ministère de la Santé publique qui nous apprend que le fluor fait l'objet d'une nouvelle évaluation, les seuils suivants sont proposés à titre provisoire :

	S1	S2	S3	S4	M1	M2	M3	M4
AEP	1,5	1,5	1,5	10,0	0,7			
ADE	0,5	1,5	1,5	1,5	0,15			
SEQF	1,5	4,5	7,0	10,0	0,7			
SEQW	0,5	0,8	1,1	1,5	0,15			

En conséquence pour la Wallonie:

- le fluor n'est pas jugé traitable par des procédés économiquement envisageables pour l'eau de distribution.
- les eaux seront jugées d'excellente qualité si elles contiennent entre 150 et 500 µg/l de fluor.
- en dessous elles seront de bonne qualité générale (rappelons que la limite de quantification est de 100 µg/l).
- au vu des cartes précédentes, il devrait y avoir déclassement au jaune (qualité moyenne) pour la masse d'eau du calcaire du Tournaisis (valeur moyenne dépassant 800 µg/litre), cet état demeurant parfaitement naturel.

## **Annexe XII**

ALTERATIONS		USAGES DE L'EAU						FONCTIONS DE L'EAU			Indice général de qualité	
		Distribution		Agricole		Industrie		Surface	Etat patrimonial			
ref	Intitulé	ADE (W)	AEP (F)	BET	IRR	ALI*	NRG	BIO**	PAT (F)	PAT (W)	SEQ (F)	SEQ (W)
1MIN	Minéralisation et salinité (pH,TH,K20,Cl-,SO4,Res,TAC)	72	72	90	93	41					55	55
1MIX	Minéralisation (autres ions; F-,K+,Mg,Na,Ba)	86	68	ND		95					68	86
2AZO	Azote minéral hors nitrates (NO2-,NH4+)	95	95	99				97			95	95
2MOX	Matières organiques et oxydables (IP,COT,Nkj)	94	94					98			94	94
2NO3	Nitrates (NO3-)	62	62	81		62		22	25	24	42	42
2PHO	Matières phosphorées (Ptot, PO4)	ND						ND				ND
3ARG	Aluminium et silice (Al,SiO2)	97										91
3FEM	Fer et Manganèse (Fe,Mn)	98	98								98	98
3MES	Particules en suspension (turbidité,M.E.S.)	94	94					100			94	95
4MLd	Métaux lourds dans les eaux douces (Cr,Cu,Ni,Pb)							53				
4MPM	Micropolluants minéraux (Cr,Cu,Ni,Pb,As,Zn,Cd,Hg,B)	96	93	99	99	96		59	A	80	93	80
5PES	Pesticides (atrazine, D.atrazine, diuron, simazine, isoproturon,[1])	83	83	A	A	A		77	64	66	64	66
6HAP	Hydrocarbures aromatiques polycycliques (6 paramètres)	92	92	A	A	A		A	88	92	88	92
6SOL	Autres Micropolluants Organiques (benzène, PCE, TCE)	ND	ND	A	A	A		ND	ND	ND	ND	ND
8COR	Corrosion						A					
8FDP	Formation de dépôts						A					
Qualité globale par "usage" :		62	62	81	93			22	25	24	42	42

[1] complément F: lindane, terbuthylazine  
complément W: bromacile, chloridazon, bentazone

Usages agricoles:  
BET: abreuvement  
IRR: irrigation

Usages industriels:  
ALI: agro-alimentaire et embouteillage  
NRG: autres industries et énergie

SEQ (F) est l'indice général de qualité français, obtenu par combinaison de AEP Production d'eau potable et de l'état patrimonial PAT (F)

SEQ (W) est l'indice adapté à la Région wallonne, obtenu par combinaison de ADE Distribution publique et de l'état patrimonial PAT (W) ou accessoirement BIO

\*Appréciations pour l'usage industrie alimentaire

-- : eaux très faiblement minéralisées ou chargées

- : eaux faiblement minéralisées ou chargées

+ : eaux moyennement minéralisées ou chargées

++ : eaux fortement minéralisées

+++ : eaux riches en minéraux

	altération non pertinente pour cet usage
ND	altération non disponible
A	en attente d'informations supplémentaires

\*\* Pour la fonction Potentialités biologiques dans les cours d'eau (BIO) et l'altération 4, le bleu (excellente qualité) n'est pas évaluable mais possible.

## **Annexe XIII a**

# Système d'évaluation de la qualité des eaux souterraines (SEQ-ESO)

Appliqué à: **RESERVOIR DE ANS**

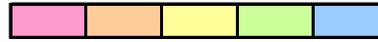
Nombre de paramètres évalués : **52**

Nombre d'analyses effectuées : **2**

CTRL\_K

## Qualité générale de l'eau

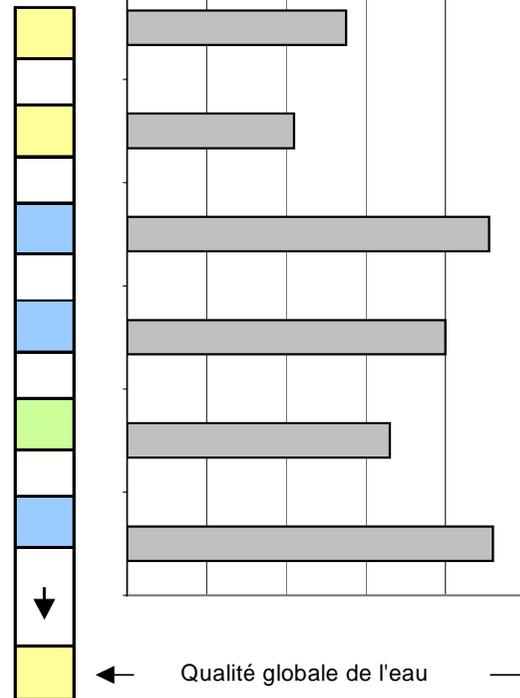
Classe



mauvais médiocre moyen bon très bon

Indice

0 20 40 60 80 100



### ALTERATION

(paramètres entrant en considération pour qualifier l'altération de l'eau)

#### Minéralisation et salinité

(acidité, conductivité, chlorures, sulfates, dureté, alcalinité, résidu sec,...)

#### Matières oxydables et substances eutrophisantes

(nitrates, ammonium, azote organique, carbone organique, oxydabilité, phosphates,...)

#### Particules et éléments filtrables

(turbidité, fer, manganèse, aluminium, silice, matières en suspension)

#### Micropolluants minéraux

(cuivre, zinc, plomb, nickel, chrome, cadmium, arsenic, bore, cyanures,...)

#### Produits phytosanitaires

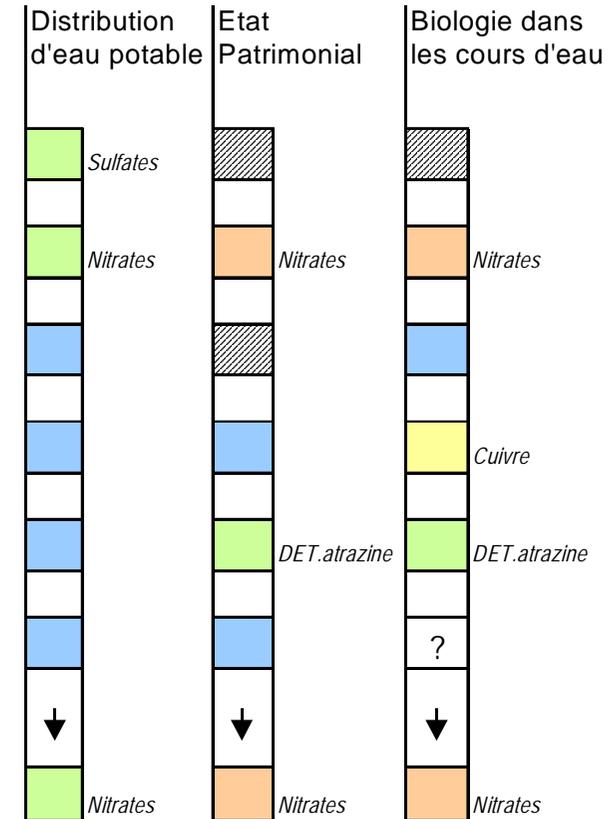
(désherbants, pesticides utilisés pour le maïs, le froment, la betterave,...)

#### Hydrocarbures et autres polluants organiques

(benzène, solvants chlorés, hydrocarbures polycycliques,...)

## Aptitude de l'eau à satisfaire les "usages" (1)

(avec indication du paramètre le plus pénalisant)



(1) La distribution d'eau potable par réseau est l'usage majeur des eaux souterraines en Wallonie (75% des prélèvements). Les autres usages agricoles et industriels sont disponibles mais ne sont pas représentés car ils sont moins exigeants et sont influencés par un nombre restreint d'altérations. L'état patrimonial mesure la dégradation de l'eau par rapport à un état naturel, due à l'activité humaine. L'aptitude à la biologie dans les cours d'eau représente les effets néfastes de la qualité de l'eau sur l'abondance et la variété des espèces vivant dans les rivières dans l'hypothèse extrême où celles-ci sont alimentées exclusivement par les eaux souterraines. La signification précise des classes de qualité pour ces "usages" est donnée dans le tableau annexé qui montre également comment l'indice général de qualité est obtenu.

Altération n'influençant pas l'usage  
 Altération non qualifiée (absence de données)



## **Annexe XIII b**

# Système d'évaluation de la qualité des eaux souterraines (SEQ-ESO)

Appliqué à: **ENGIS nappe alluviale P168MM**

Nombre de paramètres évalués : **42**

Nombre d'analyses effectuées : **2**

CTRL\_K

## Qualité de l'eau par altération

## Aptitude de l'eau à satisfaire les "usages" <sup>(1)</sup>

(avec indication du paramètre le plus pénalisant)

### ALTERATION

(paramètres entrant en considération pour qualifier l'altération de l'eau)

#### Minéralisation et salinité

(acidité, conductivité, chlorures, sulfates, dureté, alcalinité, résidu sec,...)

#### Matières oxydables et substances eutrophisantes

(nitrates, ammonium, azote organique, carbone organique, oxydabilité, phosphates,...)

#### Particules et éléments filtrables

(turbidité, fer, manganèse, aluminium, silice, matières en suspension)

#### Micropolluants minéraux

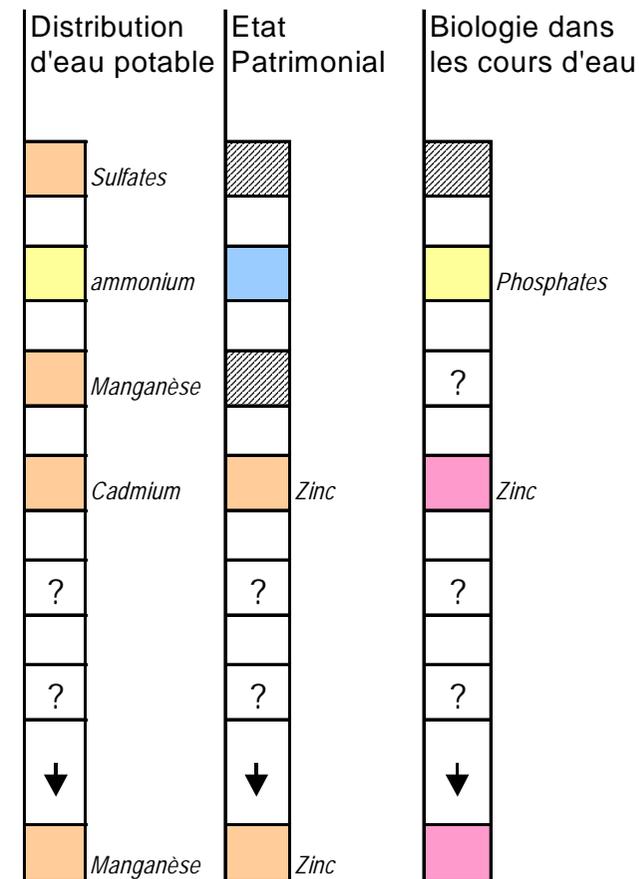
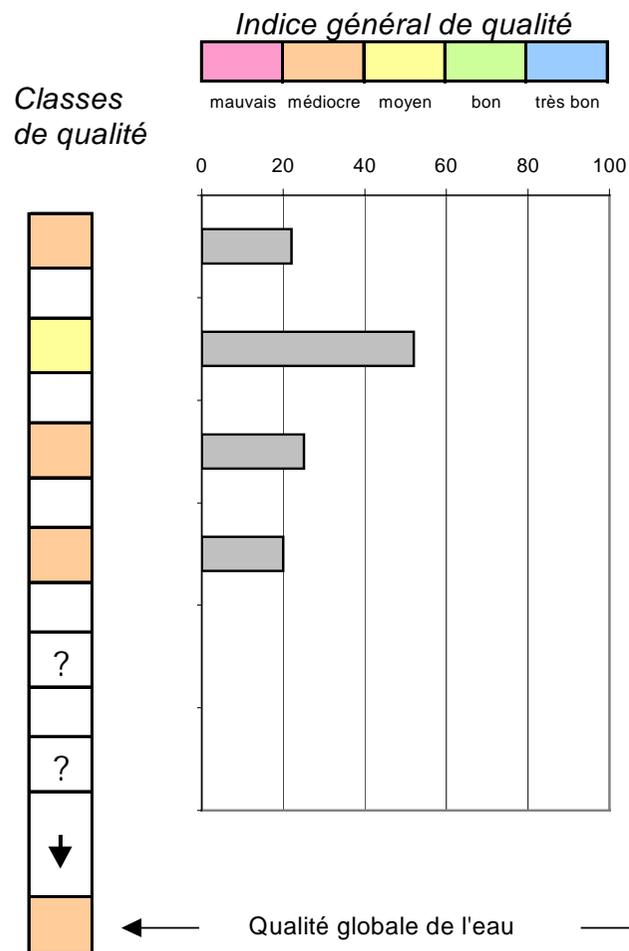
(cuivre, zinc, plomb, nickel, chrome, cadmium, arsenic, bore, cyanures,...)

#### Produits phytosanitaires

(désherbants, pesticides utilisés pour le maïs, le froment, la betterave,...)

#### Hydrocarbures et autres polluants organiques

(benzène, solvants chlorés, hydrocarbures polycycliques,....)



(1) La distribution d'eau potable par réseau est l'usage majeur des eaux souterraines en Wallonie (75% des prélèvements). Les autres usages agricoles et industriels sont disponibles mais ne sont pas représentés car ils sont moins exigeants et sont influencés par un nombre restreint d'altérations. L'état patrimonial mesure la dégradation de l'eau par rapport à un état naturel, due à l'activité humaine. L'aptitude à la biologie dans les cours d'eau représente les effets néfastes de la qualité de l'eau sur l'abondance et la variété des espèces vivant dans les rivières dans l'hypothèse extrême où celles-ci sont alimentées exclusivement par les eaux souterraines. La signification précise des classes de qualité pour ces "usages" est donnée dans le tableau annexé qui montre également comment l'indice général de qualité est obtenu.

Altération n'influençant pas l'usage  
 Altération non qualifiée (absence de données)

