



RÉGION WALLONNE

DIRECTION GENERALE
DES RESSOURCES NATURELLES
ET DE L'ENVIRONNEMENT
DIVISION DE L'EAU
Direction des Eaux souterraines

Directive-Cadre de l'eau

**Principes et méthodologie
d'adaptation du réseau
de surveillance de l'état quantitatif
des eaux souterraines en Région wallonne**

I. Objectifs généraux - Justification

La Directive-cadre sur l'eau n°2000/60 CE du 23 octobre 2000 (DCE) exige une nouvelle approche des eaux souterraines, en liaison avec les eaux de surface et en vue d'une gestion par bassin hydrographique.

L'objectif prioritaire est la préparation du programme de surveillance prescrit par la directive, qui doit être opérationnel le 22 décembre 2006.

Les programmes de surveillance des eaux souterraines (Art 8 DCE) sont établis en premier lieu pour valider la procédure d'évaluation des risques déjà entreprise, pour établir l'état des masses d'eau risquant de ne pas atteindre les objectifs de la Directive et pour établir les tendances à la hausse des polluants.

En ce qui concerne l'Etat quantitatif, ces programmes de contrôle doivent inclure un réseau de contrôle de niveaux des nappes.

La Directive n'apporte toutefois que peu de précisions sur la manière d'évaluer l'état quantitatif des masses d'eau souterraine. Elle indique simplement que:

- le réseau de surveillance des eaux souterraines doit être conçu de manière à fournir une estimation fiable de l'état quantitatif de toutes les masses ou tous les groupes de masses d'eau souterraine, y compris une évaluation des ressources disponibles en eau souterraine;
- pour les masses d'eau souterraine qui ont été recensées comme risquant de ne pas répondre aux objectifs de bon état, il faut de surcroît assurer une fréquence suffisante de surveillance pour évaluer l'impact des captages et des rejets sur le niveau de l'eau souterraine;
- enfin, pour les masses d'eau souterraine relatives à des aquifères transfrontaliers, il faut veiller à ce que les mesures soient assez fréquentes pour évaluer la direction et le débit de l'eau à travers la frontière.

Chaque Etat membre doit donc élaborer sa propre méthodologie afin de mettre en application la directive. Il est essentiel que la Région wallonne précise les règles qu'elle entend voir appliquer afin d'assurer la police des eaux souterraines d'une part et le programme de surveillance prescrit par la DCE d'autre part: c'est l'objectif de la présente note.

II. Contexte actuel

La surveillance quantitative des eaux souterraines en Région wallonne est réalisée jusqu'à présent par :

- un réseau de mesures piézométriques et,
- un réseau de mesures des volumes prélevés annuellement.

Le réseau piézométrique actuel est surtout basé sur des ouvrages réalisés pour étudier des situations spécifiques (études hydrogéologiques locales) et sur une rationalisation du réseau de près de 1500 puits privés inexploités ou peu exploités mis en place par l'Administration des mines au début des années 1970. La répartition spatiale reste toutefois insuffisante (certaines masses d'eau ne disposent d'aucun point de mesure) et la régularité des relevés n'est pas toujours maintenue.

Les objectifs identifiés pour l'adaptation du réseau de surveillance quantitatif des masses d'eau sont :

- la surveillance de l'état quantitatif des masses d'eau souterraine tel que défini dans la Directive-cadre ;
- une meilleure connaissance des interactions avec les eaux de surface ;
- l'exercice de la Police de l'Eau (délivrance optimale des permis d'environnement et détection de signes éventuels de surexploitation d'une masse d'eau) ;
- la fourniture de données de références pour toute étude relative aux eaux souterraines.

Les améliorations attendues de ce réseau vont donc essentiellement consister en :

- un meilleur encadrement administratif et réglementaire afin de collecter régulièrement et systématiquement les données auprès de l'ensemble des opérateurs ;
- une nette amélioration de la répartition des stations de mesures ;
- une adaptation des fréquences et des modes d'acquisition des mesures piézométriques ;
- une meilleure adéquation avec les besoins d'évaluation des ressources disponibles, par l'adjonction de stations de mesure d'autres paramètres hydrologiques (débit des exutoires, débit des cours d'eau, pluviométrie).

III. Organisation conceptuelle du réseau de surveillance

Une typologie des points d'observation existants ou à créer doit tout d'abord être proposée. A priori, trois grandes catégories peuvent être distinguées:

- les stations homogènes (**réseau homogène**) : points d'observation non directement influencés par les captages et répartis uniformément sur l'entièreté des aquifères ;
- les stations d'impact (**réseau d'impact**) : situées dans la zone d'influence des captages importants et permettant d'observer l'incidence de ceux-ci ;
- des stations additionnelles (**réseaux spécifiques**) : consacrées à la surveillance de phénomènes ou de sites particuliers (remontées de nappes ; études particulières ; centres d'enfouissement techniques ; zones Natura 2000 ;...).

Pour rappel, le bon état quantitatif a une triple exigence au sens de la DCE :

- il existe un équilibre entre le taux annuel moyen de captage (le taux de prélèvement annuel à long terme) et la ressource en eau souterraine disponible dans la masse d'eau^(*) ;

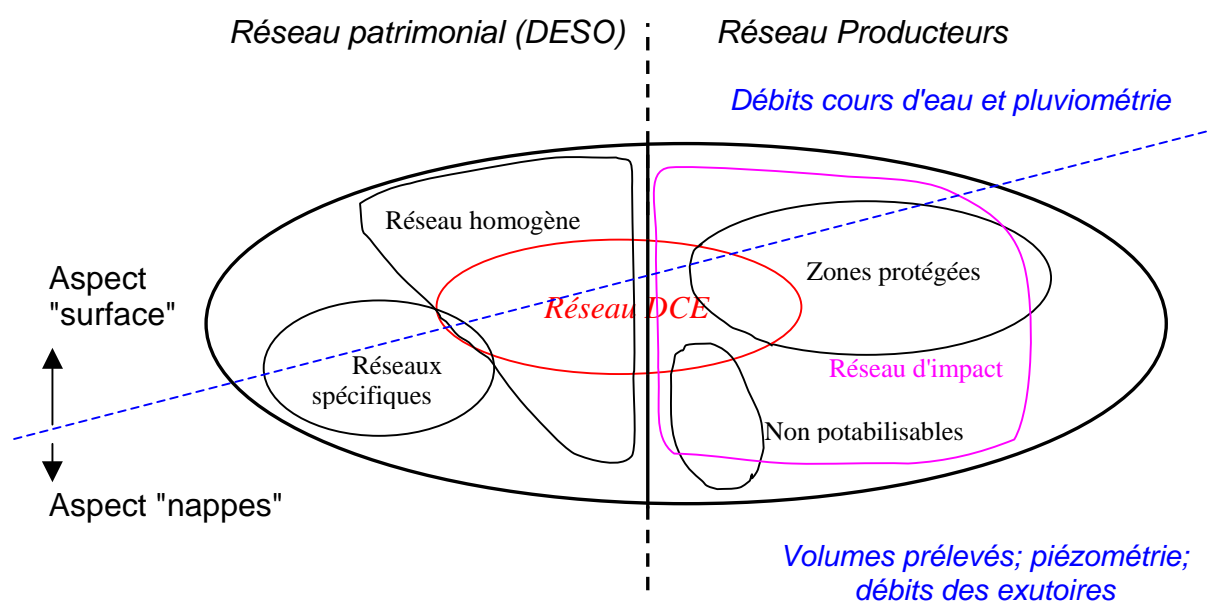
^(*) Au sens de la directive, la ressource disponible d'eau souterraine est le taux moyen annuel à long terme de la recharge totale de la masse d'eau souterraine moins le taux annuel à long terme de l'écoulement requis pour éviter toute diminution significative de l'état écologique des eaux de surface et des écosystèmes terrestres associés.

- les prélèvements et les autres altérations anthropogéniques du niveau des eaux souterraines n'affectent pas les eaux de surface et les écosystèmes terrestres associés ;
- les altérations dans les flux ne doivent pas créer d'intrusion d'eau salée.

Ceci indique que, outre les mesures de niveau d'eau des nappes, le réseau de surveillance quantitatif doit fournir des données relatives aux prélèvements, aux écoulements de surface et à la pluviométrie, et ce à des fréquences et des densités en rapport avec les objectifs de la directive cadre. Il y a donc, du point de vue de la gestion des eaux souterraines, un **aspect « nappes »** (mesure du niveau des nappes, du débit des exutoires naturels et artificiels et des volumes captés) et un **aspect « surface »** (stations spécifiques sur certains cours d'eau et le cas échéant stations pluviométriques complémentaires au réseau IRM). Les paramètres à mesurer sont donc :

- le niveau piézométrique de la masse d'eau si le site de mesure est un piézomètre ou un forage ;
- le débit dans le cas d'une source ou d'une rivière ;
- le volume prélevé, pour ce qui concerne les captages ;
- des paramètres complémentaires éventuels permettant d'améliorer l'interprétation des données (température et conductivité de l'eau ; pluviométrie ; température et pression atmosphériques ;...).

Très schématiquement, certains concepts devant sans doute encore être précisés, le réseau quantitatif des eaux souterraines se structure donc de la manière suivante:



Ce schéma met bien en évidence le fait que, conformément à l'article 8 de la directive, le réseau de surveillance quantitatif « DCE » est une partie du réseau nécessaire à la caractérisation des masses d'eau et à la police de l'eau¹.

¹ partie qui n'est cependant limitée ni aux captages de distribution publique ni aux masses d'eau à risque quantitatif.

La typologie du réseau montre par ailleurs qu'il faut distinguer les problématiques des différents sous-réseau (homogène & d'impact).

IV. Sélection des stations du réseau homogène

IV.1. Proposition de densité des points du réseau homogène

Dans le cadre du projet Scaldit (Interreg III B ENO), la FPMs propose une approche purement géométrique, basée sur l'utilisation d'un maillage permettant d'atteindre une densité de 1pt/maille de 25 km² (grilles flottantes à maille carrée). A la lumière des discussions d'experts, cette densité s'avère essentiellement motivée par un besoin de caractérisation et va au-delà des impératifs de surveillance patrimoniale de la directive cadre.

L'approche finalement suivie propose de déterminer la densité associée à une masse d'eau sur base des caractéristiques hydrodynamiques suivantes :

- le type d'écoulement et donc la porosité associée à la masse d'eau ;
- le type de confinement associé à la masse d'eau; ce qui implique l'identification des parties de nappe libre ou captive ;
- l'existence d'aquifères superposés ou de nature différente au sein d'une même masse d'eau.

La prise en compte de ces notions combinée à la densité de base définie dans l'Etat des lieux qui est de 1 point/100 km² permet de fixer des densités spécifiques reprises dans le tableau ci-dessous. Vu l'intérêt de diversifier la nature des mesures (piézométrie et débit des exutoires) certaines stations pourront être consacrées à la débitmétrie au cas où les caractéristiques des aquifères contenant la masse d'eau le justifient.

Type de porosité	Type de confinement	Densité des points de mesure	Exutoires
Porosité d'interstices	essentiellement libre en Région wallonne	1/100 km ²	non
Double porosité	libre	1/50 km ²	oui
	captif	1/100 km ²	non
Porosité de fissures	libre	1/200 km ² (voire 1/400 km ²)	non
	captif	1/400 km ² (voire 1/800 km ²)	non
Karstique	libre	1/50 km ²	oui
	captif	1/100 km ²	non

Par ailleurs, le nombre de points obtenus en divisant la superficie de la masse d'eau par la densité, doit ensuite être adapté en tenant compte des principes suivants :

- de manière à obtenir au moins un site de mesure par masse d'eau, les nombres calculés sont arrondis à l'unité supérieure ;
- chaque masse d'eau classée à risque quantitatif ou à doute doit faire l'objet d'une surveillance renforcée (équivalence du monitoring opérationnel). Le nombre de stations sera multiplié par 2 ;

- les parties dénoyées des masses d'eau captives intensivement exploitées sont considérées comme libres ;
- pour les masses d'eau transfrontalières, le nombre de sites de mesure doit aussi permettre d'évaluer les écoulements aux frontières régionales. Le nombre de points obtenus sera augmenté d'un nombre tenant compte de l'importance de la longueur frontalière de la masse d'eau.

Tenant compte de ces considérations, le nombre de sites à atteindre par masse d'eau est repris à l'annexe 1.

IV.2. Méthodologie de sélection des stations du réseau piézométrique homogène

Le schéma représenté à la figure 1 permet globalement de conceptualiser la démarche à suivre, mais cette méthodologie peut être adaptée à chacune des masses d'eau en fonction des caractéristiques de la masse d'eau, des données existantes et des problèmes rencontrés lors de la sélection des points d'observations du réseau.

L'évaluation du réseau DGRNE existant montre qu'il n'est pas possible de se limiter aux stations actuellement relevées par l'Administration en vue de constituer un réseau permettant de surveiller le bon état des eaux souterraines. Il convient donc de reprendre l'ensemble des sources de données disponibles afin d'élargir les facultés de sélection des stations de mesure.

La méthodologie comporte deux étapes préliminaires importantes :

a) Inventaire des sources d'information et collecte exhaustive des données

Une grande partie de l'information nécessaire à la connaissance du fonctionnement du système « masse d'eau souterraine » doit être rassemblée lors de la caractérisation initiale. Le document guide (**réf biblio exacte**) insiste en effet sur le fait que la surveillance de la masse d'eau doit être conçue sur base de la compréhension de son fonctionnement hydrogéologique et sur le caractère évolutif de cette compréhension tout au long du processus voulu par la directive cadre.

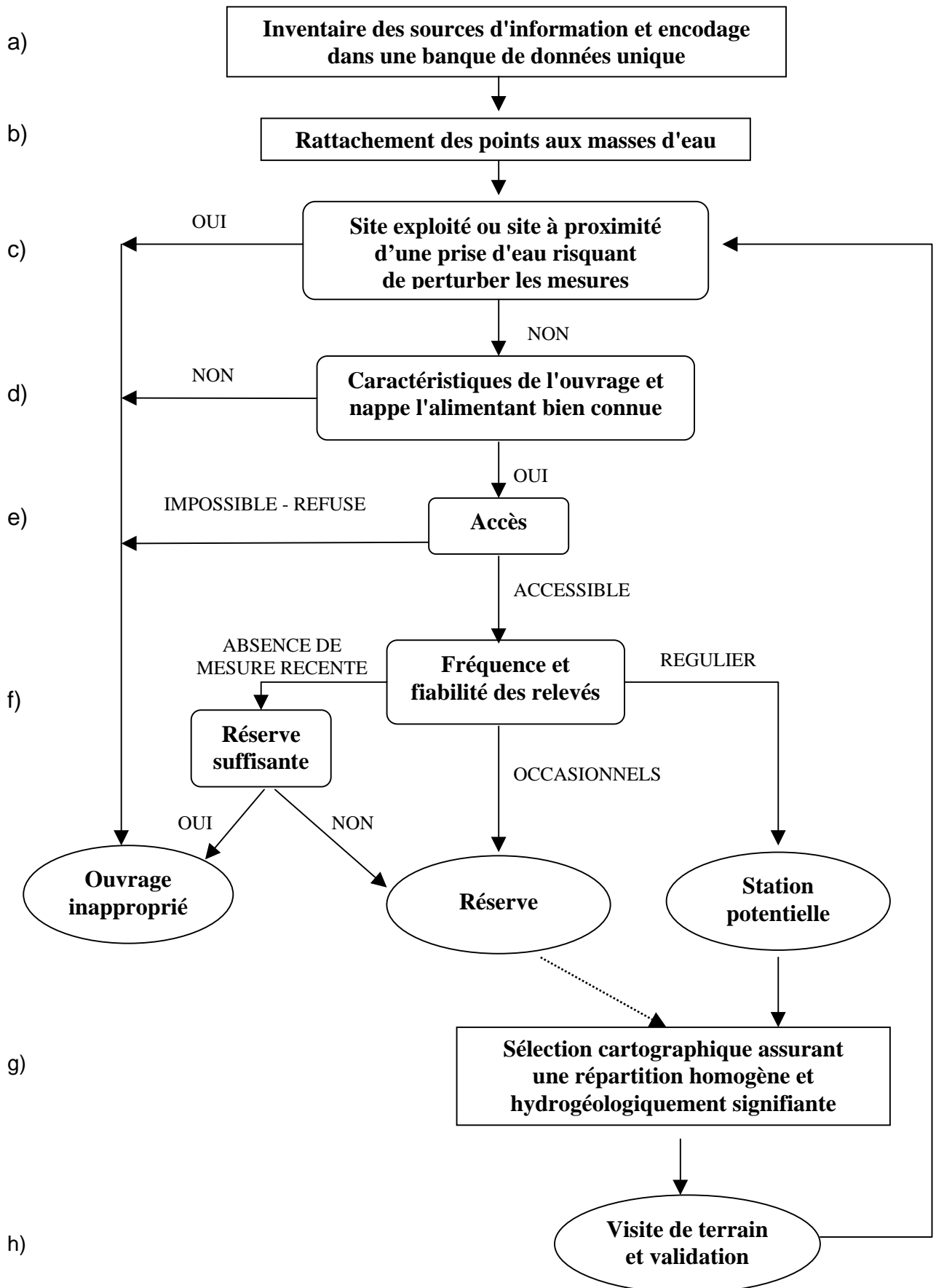
Afin de ne pas répéter éternellement les opérations de collecte de l'information, les données recueillies sont encodées dans la base de données 10-SOUS du service des eaux souterraines, selon les protocoles prévus à cet effet.

Lors de l'utilisation et du croisement de plusieurs BD, ceci implique de vérifier d'abord s'il y a correspondance des ouvrages, d'éliminer les doublons et d'agréger certaines données.

b) Affectation des points à une et une seule masse d'eau

La notion de masse d'eau étant assez récente et ne correspondant pas toujours aux tables "aquifère" des bases de données existantes, de nouvelles tables ont été créées et un important travail d'affectation et de validation des codes « masse d'eau » doit être entrepris, en particulier dans les zones où coexistent des masses d'eau superposées. Faute de données suffisantes, certains points ne pourront pas être affectés à une masse d'eau sans enquête de terrain.

Figure 1



Ensuite viennent les étapes d'analyse des données et de présélection des points d'observation. A cet effet, des appréciations (métadonnées) pourront être ajoutées aux informations de la banque de données afin de faciliter la sélection.

c) Type d'ouvrage

Seuls les forages non exploités et les piézomètres sont retenus, à condition d'être accessibles et que leur coupe géologique et leur équipement soient connus.

Si un ouvrage est utilisé comme prise d'eau, même occasionnellement, le site de mesure est rejeté sauf s'il y a des raisons valables d'en garder la trace, comme par exemple l'existence d'une série longue et dense de mesures de niveaux représentatifs. Si un tel point de mesure est en définitive sélectionné, le programme de surveillance devra inclure une procédure pour mettre fin à la perturbation (expropriation ou remplacement) ou pour en détecter et en éliminer les effets (mesure en continu).

Les sites présentant une proximité trop importante avec des ouvrages exploités doivent être écartés ou le cas échéant proposés pour le réseau d'impact. Les piézomètres amenés à constituer le réseau homogène seront donc situés dans des endroits peu susceptibles d'être influencés par des captages et représentatifs de l'évolution des nappes à suivre.

Compte tenu du caractère fortement incomplet de la banque de données actuelle (plus de 10.000 ouvrages exploités non encodés par manque de géo-référencement), une procédure de validation des points du réseau devra faire partie du programme de surveillance : campagnes de surveillance continue de courte durée afin de vérifier l'absence d'influence de pompages ou d'autres phénomènes perturbateurs à proximité.

d) Connaissance des caractéristiques de l'ouvrage

Les ouvrages disposant d'informations hydrogéologiques complémentaires (coupe géologique; emplacement des crépines,...), seront mis en évidence au moyen de métadonnées à introduire dans la banque de données.

e) Accessibilité / possibilité d'équipement ultérieur

Il y a lieu de s'assurer de l'existence de l'ouvrage, de son accessibilité physique et de l'accord du propriétaire.

Dans la perspective d'une gestion à moyen et long terme conforme à la directive, il faut s'assurer de la possibilité d'effectuer les mesures pendant une période minimale de six à douze ans. En pratique, cet aspect ne pourra bien souvent être vérifié que lors de la visite de terrain de l'étape h), lors de laquelle il conviendra d'informer le propriétaire du terrain en assurant sa coopération pour la continuité des mesures. Le programme de surveillance devra inclure les mesures propres à assurer le respect de l'accessibilité (baux de location ou soulté après déclaration d'utilité publique) dont le nombre sera limité au stricte nécessaire.

f) Analyse des données piézométriques

Lorsqu'elles sont disponibles, les données piézométriques feront l'objet d'une analyse afin de guider les choix.

A ce stade, il s'agit essentiellement de porter une appréciation globale sur la fréquence des mesures, leur durée et leur continuité. Il est également procédé à un examen plus détaillé de l'historique, afin de vérifier que l'ouvrage est bien représentatif des fluctuations naturelles des nappes (exemple: un piézomètre trop proche d'un cours d'eau drainant présente une signature presque plate, quelle que soit l'évolution globale de la nappe).

1. *Période et fréquence d'observation*

La valeur de la chronique piézométrique peut être décrite par trois paramètres:

- la date de la première mesure : ...
- le nombre de mesures : ...
- l'étendue de la période de mesure et la répartition des mesures sur cette période:

Année	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	Etc.
Nbre de mesures										3	5	10	12	10	12								10	9	12

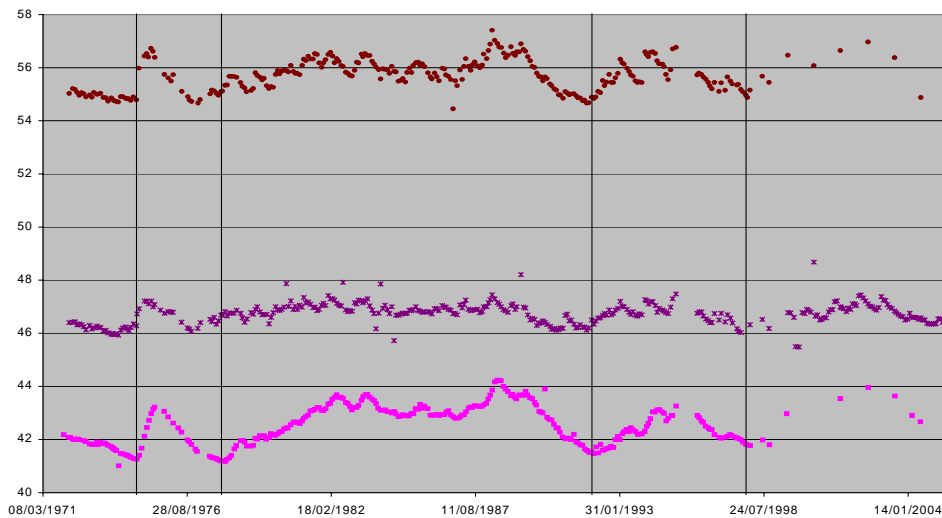
L'année de référence pour la période de mesures est 1969, date à laquelle des premières mesures systématiques ont été réalisées et encodées à l'échelle de la Région wallonne, suite à l'élan donné par la «Décennie hydrologique internationale (1965-1974)». L'existence de mesures antérieures à la date de référence et non encodées peut s'avérer intéressante et peut contribuer à donner un caractère exceptionnel au piézomètre.

Le nombre de mesures sera éventuellement rapporté au nombre de mesures idéal, défini par la fréquence de mesure préconisée pour la surveillance de la masse d'eau.

2. *Examen des minima et des anomalies sur les chroniques*

La recherche de la présence de marqueurs sur la chronique piézométrique, tels que des inflexions dont les causes sont connues, peut orienter le choix de certains piézomètres. Par exemple, l'apparition de minima annuels bien marqués peut indiquer la bonne aptitude du piézomètre à refléter les variations naturelles du niveau de la nappe et plus précisément les épisodes liés aux années historiquement sèches (qui sont : 1973-74, 1976-77, 1991-92, 1997-98, 2003-04 et 2005-06).

En assurant la représentation des chroniques d'ouvrages dont le comportement est prévisible, tout événement non lié au facteur climatique pourra également être détecté.



3. Artésianisme et assèchement

Il arrive qu'un piézomètre soit artésien ou tarisse.

- Lorsqu'un ouvrage artésien de manière temporaire ou permanente n'est pas pourvu d'un dispositif adéquat (rehausse ou maintien sous pression), la mesure piézométrique n'est pas possible. Le fait qu'un piézomètre soit ou ait été artésien est une information qu'il faut mettre en évidence car elle devra être prise en compte pour l'utilisation future de l'ouvrage, afin de prévoir les aménagements appropriés dans le programme de surveillance.
- D'autre part, un ouvrage peut très bien tarir à certains moments sur la période d'observation. Cette information doit également être mise en évidence et la cause de cette mise à sec doit être recherchée. Idéalement, les ouvrages ne devraient jamais être dénoyés, leur profondeur devant donc descendre sous le niveau de base (généralement un cours d'eau). Si la mise à sec résulte d'une profondeur insuffisante de l'ouvrage, le site pourra éventuellement être retenu mais le programme de surveillance devra prévoir le forage d'un ouvrage d'observation plus profond. Si la mise à sec résulte du tarissement (naturel ou artificiel) de l'aquifère, le choix du point comme ouvrage de surveillance devra faire l'objet d'une évaluation.

4. Proximité de limites (artificielles ou naturelles) imposant des conditions de potentiel ou de flux pouvant influencer les niveaux

Le cas échéant, l'analyse de la chronique piézométrique peut mettre en évidence une condition aux limites influençant les niveaux observés. Il peut par exemples s'agir :

- de pompages dans les puits;
- de sources potentielles de recharge (cours d'eau; canaux;...);
- de galeries ou tranchées drainantes;
- d'ouvrages de génie civil; etc...

Si de telles conditions aux limites sont mises en évidence, le choix du piézomètre comme point de surveillance fera l'objet d'une réflexion appropriée.

5. Repère de mesure connu et stable dans le temps

La visite de terrain et la consultation de la banque de donnée et des archives peuvent mettre en évidence la difficulté de rattacher les mesures de niveau disponibles à un repère précis. Dans tous les cas, il faudra constituer un dossier (schéma ou photo avec indication en surcharge ou lors de la prise de vue) permettant d'éviter toute confusion lors des mesures piézométriques.

Un code couleur, synthétisant les résultats de la présélection (étapes c à f), est attribué aux différents ouvrages permettant de faciliter la visualisation cartographique. Le code de couleur suivant est proposé:

- noir: point rejeté en raison d'un critère disqualifiant (disparu; à sec; exploité) ;
- blanc: point en réserve (ne répondant pas à l'un ou l'autre critère) ;
- vert: point d'observation potentiel (équipement connu et faisant l'objet de relevés réguliers actuellement).

g) Sélection des points d'observation

La sélection finale des stations du réseau homogène parmi les points d'observation potentiels est guidée non seulement par la recherche de la densité définie pour la masse d'eau considérée, mais également en assurant au réseau une répartition spatiale uniforme (évaluée par le logiciel Gwstat : indice calculé devant atteindre au moins 80%).

Entre deux points répondant à l'ensemble des critères prévus, le choix d'une station de mesure DGRNE est privilégié.

La succession des étapes c) à f) permet en principe de constituer un ensemble de points d'observation potentiels suffisant. Dans le cas où une zone serait dépourvue de points utilisables des points complémentaires sont proposés, en priorité à partir des stations pertinentes figurant dans la réserve constituée à l'étape f) mais au besoin en proposant des forages :

- dans le cas où l'un des points en réserve viendrait à être sélectionné, il ne sera toutefois pas immédiatement utilisable pour représenter l'état quantitatif, une évaluation préalable des relevés étant nécessaire à l'issue d'une période à déterminer. Le programme de surveillance mettra en exergue les points d'observation à évaluer.
- au cas où des forages seraient nécessaires, contact est pris avec les responsables des cartes géologiques et hydrogéologiques afin de vérifier les données à collecter à cette occasion.

A l'issue de cette étape, l'hydrogéologue veillera à constituer une fiche ouvrage rassemblant les données recueillies, fiche complétée le cas échéant par une photo ou un schéma du repère de mesure piézométrique. Cette fiche est le document indispensable à la mise à jour ultérieure des bases de données et au suivi administratif de l'ouvrage.

h) Validation des propositions

Des enquêtes de terrain seront menées pour compléter les données des ouvrages sélectionnés et vérifier le bon état de ces ouvrages (inspection caméra ou diagraphies).

Ces enquêtes de terrain et la soumission des propositions à un panel d'experts pour vérifier et étayer la représentativité du réseau et sélectionner les stations « DCE » constituent la validation technique et scientifique des propositions. Des propositions sont reprises en annexe II en vue de définir des indicateurs de qualité du réseau piézométrique.

Le cas échéant, un bail de location de neuf ans est proposé au propriétaire.

Si les connaissances sont insuffisantes pour proposer un réseau représentatif, des propositions sont faites pour atteindre la connaissance nécessaire.

Le produit final obtenu est donc une liste de points de mesures piézométriques aptes à être suivis à long terme et dans lesquels les changements de niveau d'eau devraient principalement refléter la variabilité climatique et les influences non ponctuelles ou les impacts anthropiques à l'échelle de la masse d'eau.

V. Méthodologie de sélection des stations du réseau d'impact

On ne peut pas parler de « densité » pour le réseau d'impact puisqu'il est entièrement tributaire de la densité des captages.

La directive n'impose un suivi de l'impact des captages que dans les masses d'eau à risque. En pratique, une telle restriction ne semble se justifier que pour les informations à communiquer à la Commission. La Police de l'eau impose quant à elle de pouvoir disposer de données sur l'impact des captages importants.

La densité du réseau d'impact sera donc négociée avec les producteurs d'eau sur base de débits seuils éventuellement adaptables en fonction du type de confinement de la masse d'eau (nappe libre ou captive).

Certaines masses d'eau feront probablement l'objet de "contrats de nappes" (craies de Hesbaye; calcaires du Tournaisis). Les propositions de principe suivantes sont en discussion.

V.1. Mesure des volumes

- un dispositif de comptage des volumes prélevés sera imposé par prise d'eau; sauf dérogation prévue dans le permis d'environnement ;
- des dispositifs de mesure complémentaires peuvent être imposés pour certaines prises d'eau prélevant dans des aquifères distincts ;
- le relevé d'index du compteur d'eau des prises d'eau autorisées pour un débit journalier de plus de 100 m³/jour ou d'une production moyenne supérieure à 100 m³/jour, doit être mensuel ;

- les mesures de débit des cours d'eau associés feront l'objet d'un examen au cas par cas, des fréquences de mesure plus élevées des débits prélevés pouvant être imposées en cas de nécessité ;
- pour les prises d'eau gravitaires importantes, mesure en continu du volume mis en décharge ou aménagement d'un dispositif conforme aux normes applicables (déversoir; jaugeur à ressaut type Parshall ou autre; manomètre;...) permettant à l'administration d'effectuer cette mesure.

V.2. Mesure des niveaux

- une surveillance par site de captage (et non par prise d'eau) est suffisante et admise, sous certaines conditions ;
- pour les prises d'eau en nappe captive ne dénoyant pas le toit de l'aquifère, la mesure dynamique dans l'ouvrage de prise d'eau suffit ;
- pour les prises d'eau en nappe captive dénoyant le toit de l'aquifère, la mesure statique dans l'ouvrage de prise d'eau peut suffire dans certaines conditions ;
- pour les prises d'eau en nappe libre, les piézomètres sont indispensables à partir d'un certain seuil à fixer (365 000 m³/an), le nombre exact et la localisation étant sans doute à préciser au cas par cas.

VI. Fréquences de mesure

La fréquence des mesures est un paramètre fondamental pour le réseau quantitatif. En effet, la valorisation des données issues du monitoring quantitatif, leur exploitation statistique et de ce fait leur interprétation future dépend considérablement du nombre de mesures acquises. Par ailleurs, l'établissement de bilans annuels (alimentation et prélèvement) devrait se faire à l'aide de données mensuelles, ce qui constitue en soit le seuil minimal à atteindre pour la plupart des relevés.

La fréquence peut conditionner le type d'appareillage à utiliser. La fixation d'une fréquence plus grande que mensuelle imposera dans bien des cas le recours à des appareils autonomes (limnigraphes enregistreurs; sondes autonomes).

Des adaptations de fréquences sont nécessaires pour répondre notamment à ces contraintes (difficulté d'affecter du personnel aux tâches de mesures manuelles à des fréquences élevées, programmation budgétaire,...). Dans ces conditions le tableau suivant est proposé:

		Objectif à atteindre (fréquence maximale)	Objectif minimal (fréquence minimale)
Réseau piézométrique homogène et réseau d'impact	Libre ou dénoyé	1/semaine	1/mois
	Captif	1/mois	2/an
Réseau homogène partim exutoires	Karst calcaire dévono-carbonifère	Continu	1/jour
	Non karstique et karst crayeux	1/jour	1/mois

Pour les masses d'eau à risque quantitatif, la fréquence minimale de mesure devrait être fixée à 1x/semaine.

La fréquence maximale est à retenir pour un nombre suffisant de sites par masse d'eau de manière à pouvoir disposer de données continues et interprétables pour permettre d'agréger significativement les données par site et par masse d'eau. Pour cette raison, un pourcentage fixé arbitrairement à 50% du total des sites disponibles pour chaque masse d'eau, sera mesuré avec la fréquence maximale. Les autres sites seront mesurés avec une fréquence adaptée en fonction des besoins particuliers et des disponibilités en personnel et en équipement.

Lorsque l'on ne dispose que d'un site de mesure par masse d'eau, la fréquence maximale s'applique d'office.

VII. Références

(2004) Rapport FPMs SCALDIT

Cahier des charges pour l'évolution des réseaux de surveillance des eaux souterraines en France (septembre 2003)

Guidance manual Monitoring EFD

TAYLOR (2005) USGS Circular 1217

ACSAD/BGR (2004) Guidelines for GW Monitoring

BENDER (2001) monitoring networks for springs in Bavaria

Annexe I

Nombre de station du réseau homogène par masse d'eau

			Superficie libre (km ²)	Superficie captive (km ²)	Superficie totale (km ²)	Type de porosité	Nombre de sites	
ESCAUT	RWE160	Socle du Brabant	483	899	1382	Porosité de fissures	2	
	RWE013	Calcaires de Peruwelz-Ath-Soignies	870	150	1020	Karstique	19	
	RWE051	Sables du Bruxellien	965		965	Porosité d'interstices	10	
	RWE030	Craies de la Haine	477	167	644	Double porosité	11	
	RWE060	Calcaires du Tournaisis		392	392	Karstique	4	
	RWE061	Sables du Thanétien des Flandres	389		389	Porosité d'interstices	4	
	RWE080	Craies du Brabant		348	348	Double porosité	3	
	RWE031	Sables de la vallée de la Haine	241		241	Porosité d'interstices	2	
	RWE053	Sables du Landénien (Est)	206		206	Porosité d'interstices	2	
	RWE032	Craies de la Deûle	73		73	Double porosité	1	
	MEUSE	RWM100	Grès et schistes du massif ardennais :Lesse,Outhé,Ambève et Vesdre	3588		3588	Porosité de fissures	9
		RWM021	Calcaires et grès du Condroz	1661		1661	Karstique	33
		RWM023	Calcaires et grès de la Calestienne et de la Famenne	1504		1504	Karstique	30
RWM103		Grès et schistes du massif ardennais :Semois,Chiers, Houille et Viroin	1224		1224	Porosité de fissures	3	
RWM011		Calcaires du bassin de la Meuse bord Nord	417	382	799	Karstique	12	
RWM092		Lias inférieur (Sinémurien) - district de la Meuse	536		536	Double porosité	11	
RWM012		Calcaires du bassin de la Meuse bord Sud	461	23	484	Karstique	9	
RWM022		Calcaires et grès dévonien du bassin de la Sambre	443		443	Karstique	9	
RWM040		Crétacé du bassin du Geer	430	10	440	Double porosité	9	
RWM041		Sables et Craies du bassin de la Méhaigne	305		305	Double porosité	6	
RWM151		Crétacé du Pays de Herve	286		286	Double porosité	6	
RWM142		Calcaires et grès du bassin de la Vesdre	207		207	Karstique	4	
RWM141		Calcaires et grès du bassin de la Gueule	134	54	188	Karstique	3	
RWM091		Trias supérieur (Conglomérats du Rhétien)	64	106	170	Double porosité	2	
RWM052		Sables Bruxelliens des bassins Haine et Sambre	142		142	Porosité d'interstices	1	
RWM093		Lias supérieur (Domérien)	133		133	Double porosité	3	
RWM102		Grès et schistes du massif ardennais: bassin de la Roer	110		110	Porosité de fissures	0	
RWM072		Alluvions et graviers de Meuse (Namur - Lanaye)	78		78	Porosité d'interstices	1	
RWM094		Calcaires du Bajocien-Bathonien (Dogger)	53		53	Double porosité	1	
RWM073		Alluvions et graviers de Meuse (Engis - Herstal)	46		46	Porosité d'interstices	0	
RWM071	Alluvions et graviers de Meuse (Givet - Namur)	38		38	Porosité d'interstices	0		
RHIN	RWR101	Grès et schistes du massif ardennais : bassin de la Moselle	668		668	Porosité de fissures	2	
	RWR092	Lias inférieur (Sinémurien) - district du Rhin	53		53	Double porosité	1	
Total			16285	2531	18816		216	

Annexe II

Proposition d'indicateurs de la qualité du réseau piézométrique

Six indicateurs sont proposés par Feten JARRAYA HORRICHE pour caractériser un réseau piézométrique. Le texte ci-après reprend de larges extraits de la méthode proposée par JARRAYA HORRICHE¹, (il faudrait adapter en fonction des critères de l'organigramme). Les six grandeurs de base permettant de définir les indicateurs sont :

- **la durée de surveillance**: c'est le nombre d'années pendant lesquelles le réseau a été actif. Plus longue est cette période, meilleure sera la connaissance globale de l'évolution du système. La station la plus ancienne ayant été mise en place en 1966 dans les calcaires du Tournaisis, et la base de données analysée étant limitée à l'année 2004, la durée maximale de surveillance à considérer est en principe de 38 ans. L'indicateur **SURV**, exprime le rapport de la durée de surveillance pour une masse d'eau donnée, à la durée totale du réseau wallon.

- **la densité spatiale**: c'est le nombre total de points de surveillance ayant fait l'objet de relevés au cours d'une période de référence à fixer, ramené à la superficie de la masse d'eau. Pour des raisons pratiques, la période de référence sera toutefois ramenée à la période 1995-2004, soit 10 ans. Il n'existe aucune norme ni recommandation concernant ce paramètre. Une proposition de densité à atteindre pour les différentes masses d'eau wallonnes est détaillée au chapitre IV. L'indicateur **DENS** sera donc le rapport de la densité réelle à la densité à atteindre.

- **le fonctionnement du réseau**: le réseau piézométrique wallon est caractérisé par une fréquence de mesures très disparate, liée à la disparition d'un cadre administratif pour le personnel chargé d'effectuer les tournées. L'année hydrologique comportant une période de hautes-eaux et une période de basses eaux, quatre mesures annuelles constituent un minimum, une fréquence mensuelle étant toutefois recommandée. Le fonctionnement du réseau est d'autant meilleur que les mesures sont effectuées d'une manière systématique pendant toute la durée de surveillance (sans lacunes). L'indicateur associé **FONCT** est donc le nombre de mesures effectuées dans une masse d'eau divisé par le nombre de points du réseau et par la durée de surveillance multipliée par douze pour tenir compte de la fréquence mensuelle recommandée. Afin d'éviter un trop grand biais pour le calcul de cet indicateur, chaque période d'activité d'un piézomètre automatique correspondant à la période de référence (quotidienne; hebdomadaire ou mensuelle) pour la masse d'eau considérée est comptabilisés pour une mesure. La période de référence proposée pour le calcul de cet indicateur est également la période 1995-2004.

- **le nombre de piézomètres** : l'indicateur **PIEZO** reflète la qualité intrinsèque du réseau. C'est le rapport du nombre de stations uniquement dédiées à la piézométrie et dont toutes les caractéristiques hydrogéologiques sont connues au nombre total des stations. Cet indicateur ne sera calculé que pour le réseau DGRNE

¹ Contribution à l'analyse et à la rationalisation des réseaux piézométriques, thèse de doctorat présentée à l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis, 2004, 260p.

- **le contrôle de l'exploitation**: c'est l'une des principales fonctions d'un réseau. La qualité de ce contrôle (**EXPL**) est le rapport du nombre des stations relevées au cours de la période au nombre de prises d'eau (puits et forages) recensées dans la même période. Afin de limiter l'influence de certaines incertitudes pour le nombre de prises d'eau de moins de 3600 m²/an et tenir compte du fait que les prélèvements sont à plus de 90% opérés par des prises d'eau de plus de 100.000 m³/an, ce paramètre est calculé pour les prises d'eau de plus de 275 m³/jour. En fonction des instructions administratives, cet indicateur devrait être proche de 1.

- **l'évolution du réseau**: durant toute la période de surveillance, la composition du réseau peut varier soit par l'abandon de points, soit par l'intégration de nouveaux points. Une tendance vers la stabilisation, ou l'accroissement des points du réseau, représente la meilleure évolution. Compte tenu des efforts de rationalisation entrepris ces dernières années, il est proposé d'adapter comme suit l'évaluation de l'indicateur **EVOL** proposé par JARRAYA HORRICHE²:

- a) évolution stable et nombre de piézomètres actifs en 2004 supérieur à 50% du nombre de piézomètres relevés sur la période 1995-2004 (score=1) ;
- b) en augmentation et nombre de piézomètres actifs en 2004 supérieur à 50% du nombre de piézomètres relevés sur la période 1995-2004 (score=0,8) ;
- c) en récession et nombre de piézomètres actifs en 2004 supérieur à 50% du nombre de piézomètres relevés sur la période 1995-2004 (0,6) ;
- d) en augmentation et nombre de piézomètres actifs en 2004 inférieur à 50% du nombre de piézomètres relevés sur la période 1995-2004 (0,4) ;
- e) stable et nombre de piézomètres actifs en 2004 inférieur à 50% du nombre de stations relevées sur la période 1995-2004 (0,2);
- f) en récession et nombre de piézomètres actifs en 2004 inférieur à 50% du nombre de piézomètres relevés sur la période 1995-2004 (0,1³).

A partir de ces différents indicateurs, chacun idéalement égal à 1, il est possible de proposer un indicateur global de qualité du réseau. Sans entrer dans le détail des justifications⁴, la formule suivante est proposée :

$$\text{Qual} = \text{DUREE} + \text{DENS} + \text{FONCT} + \text{PIEZO} + \text{EXPL} + \text{EVOL}.$$

Le tableau ci-après résume, masse d'eau par masse d'eau, les différents indicateurs de qualité du réseau DGRNE existant.

(en cours de développement)

² il s'agit essentiellement de limiter le calcul à la période 1995-2004 et de ne considérer que les piézomètres dans le calcul.

³ JARRAYA HORRICHE propose une valeur nulle, ce qui pénaliserait trop le calcul de l'indicateur global proposé.

⁴ Il n'est pas tenu compte ici des facteurs de pondération proposés par JARRAYA HORRICHE.