

**GUIDE TECHNIQUE DE SUIVI DE LA**  
**QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES**  
**(GTSQES)**

Septembre 2008

*Développement durable,  
Environnement  
et Parcs*

Québec 

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2008  
ISBN : 978-2-550-53956-8 (pdf)  
© Gouvernement du Québec, 2008

# TABLE DES MATIÈRES

	<u>Page</u>
1. INTRODUCTION.....	3
1.1. Contexte général .....	3
1.2. Objectif .....	4
1.3. Réglementation et encadrements reliés .....	5
2. MÉTHODE STATISTIQUE.....	6
2.1. Terminologie.....	6
2.2. Présentation de la méthode .....	7
3. APPROCHE PROPOSÉE.....	9
3.1. Réseau de suivi .....	9
3.1.1. Conception du réseau de suivi (absence de réseau initial).....	9
3.1.2. Validation du réseau de suivi (réseau existant ou imposé).....	10
3.2. Sélection des paramètres analytiques.....	10
3.3. Sélection de la fréquence de suivi.....	10
3.4. Validation de la base de données .....	10
3.5. Détermination et mise à jour des seuils de vérification .....	11
3.6. Dépassement confirmé du seuil de vérification .....	12
4. CONCLUSION .....	13
5. RÉFÉRENCES.....	14
6. REMERCIEMENTS .....	14

## 1. INTRODUCTION

### 1.1. Contexte général

Les eaux souterraines constituent une ressource importante pour la collectivité et les écosystèmes du Québec, dont la qualité, dans une perspective de développement durable, se doit d'être protégée. À cette fin, l'encadrement légal et réglementaire des activités à risque comporte de plus en plus l'obligation de réaliser un suivi de la qualité des eaux souterraines. Toutefois, ce cadre légal et réglementaire ne précise pas nécessairement de façon détaillée les aspects techniques de ce suivi.

Les méthodes de construction des puits d'observation et les méthodes d'échantillonnage des eaux souterraines sont déjà décrites dans plusieurs documents. C'est ainsi que la série des guides d'échantillonnage à des fins environnementales, publiée par le MDDEP, couvre adéquatement ces aspects techniques du suivi des eaux souterraines. Plusieurs autres documents techniques couvrant l'aménagement de puits d'observation et l'échantillonnage des eaux souterraines sont également disponibles à l'Environmental Protection Agency (EPA) et à l'American Society for Testing and Materials (ASTM) aux États-Unis d'Amérique (USA).

L'aménagement de puits d'observation et l'échantillonnage des eaux souterraines ne constituent qu'un aspect, somme toute restreint, d'un programme de suivi des eaux souterraines. L'élaboration d'un tel programme débute par la caractérisation de l'activité à risque (site contaminé, activité humaine à risque) et l'identification des formations géologiques aquifères où la qualité de l'eau souterraine a été ou est susceptible d'être altérée. Ces actions permettent d'identifier les paramètres à inclure au suivi et leur fréquence, donc les méthodes d'échantillonnage à privilégier, ainsi que le nombre, la position et les caractéristiques d'aménagement (profondeur d'échantillonnage, matériaux...) des puits d'observation.

Dans certains cas, la réglementation précise la « méthode » d'interprétation des résultats obtenus dans le cadre du programme de suivi; elle se résume alors souvent à une simple comparaison avec une grille de critères maximaux à ne pas dépasser. Toutefois, habituellement le programme de suivi est peu ou n'est pas défini et l'interprétation suggérée se limite à préciser qu'il ne doit pas y avoir de dégradation ou de variation significative de la qualité des eaux souterraines.

Ainsi, un programme de suivi des eaux souterraines aura normalement pour objectif de vérifier s'il y a « dégradation ou variation significative de la qualité des eaux souterraines ». Dans un cadre légal et réglementaire, les conséquences d'un résultat « positif », c'est-à-dire qui conclut à une dégradation « significative » par exemple, sont sérieuses en raison du processus qui est mis en branle et qui peut déboucher éventuellement sur des procédures judiciaires. En conséquence, il est important de disposer d'une méthode d'interprétation des résultats d'un programme de suivi des eaux souterraines qui, tout en permettant de conclure qu'il y a ou non

dégradation ou variation significative de la qualité des eaux souterraines, minimise les risques d'erreur d'interprétation des résultats (faux positif ou faux négatif).

## 1.2. **Objectif**

L'objectif du *Guide technique de suivi de la qualité des eaux souterraines* (GTSQES) est de proposer un protocole global de suivi incluant une méthode statistique d'interprétation des résultats et l'établissement d'un programme d'analyses respectant les hypothèses inhérentes à la méthode d'interprétation.

**Le guide s'applique lorsque le programme de suivi est défini et mis en œuvre sur un site *a priori* non contaminé. Il peut s'agir, par exemple, d'un programme défini à l'occasion d'une demande de certificat d'autorisation émis en vertu des articles 22 et 32 de la Loi sur la qualité de l'environnement (LQE) pour une activité à risque. Au préalable, une entente devra être prise sur un plan de contingence à mettre en œuvre dans le cas où l'application de la méthodologie statistique mène à la détection d'une tendance à la hausse d'un paramètre. De plus, des données de suivi sur le site doivent être disponibles avant que celui-ci soit affecté par la contamination potentielle sous observation, et ce, au regard de plusieurs campagnes d'échantillonnage. Le principe de la méthode statistique consiste à établir une base de données initiales, représentative de l'aquifère à l'état naturel, puis à valider si les analyses subséquentes représentent toujours l'état naturel de la nappe ou si une tendance à la hausse d'un paramètre est identifiable.**

L'annexe I couvre la question de l'applicabilité de la méthodologie statistique, lorsque le programme de suivi est mis en œuvre sur un site où une activité à risque est déjà existante. Il n'est alors pas assuré que l'ensemble des données de suivi sur le site ne soit pas affecté par la contamination sous observation.

Le présent guide constitue un outil simple et s'adresse autant au concepteur (promoteur et consultant) d'un programme de suivi qu'au personnel du MDDEP chargé de la vérification de l'application des encadrements légaux. Le GTSQES a été conçu comme une méthodologie générale dressant les principes de base plutôt que comme une procédure rigide. Son application laisse donc place à l'adaptation nécessaire au contexte hydrogéologique ou réglementaire spécifique de chaque cas. L'utilisateur conserve ainsi une grande part de liberté et de responsabilité dans la conception du programme de suivi.

Afin d'alléger le corps du texte, les concepts théoriques qui sous-tendent le protocole préconisé par le guide sont reportés en annexe. Cependant, conformément à leur Code de déontologie, il est de la responsabilité de l'ingénieur ou du géologue de bien comprendre tous les tenants et aboutissants du protocole et de s'assurer de l'appliquer adéquatement à son dossier.

### 1.3. Réglementation et encadrements reliés

Comme il a été mentionné précédemment, le GTSQES est utile à la conception des programmes de suivi de la qualité des eaux souterraines prévus dans plusieurs règlements. Voici une liste de règlements comprenant des exigences de suivi et qui, bien entendu, ne sera jamais définitive.

#### Loi sur la qualité de l'environnement (LOE)

Cette loi donne le cadre général pour la protection de l'environnement. Le régime des certificats d'autorisation (art. 22 et 32) permet au MDDEP d'exiger des programmes de suivi de la qualité des eaux souterraines quand il le juge nécessaire dans le cadre des projets autorisés. Le régime des attestations d'assainissement permet également d'avoir des exigences du suivi de la qualité des eaux souterraines pour les établissements industriels visés.

#### Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains (RPRT)

Ce règlement exige la mise en œuvre d'un programme de suivi de la qualité des eaux souterraines lorsqu'il y a risque de contamination d'une source d'eau potable à proximité de certaines activités industrielles à risque.

#### Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés (PPSRTC)

Cette politique introduit des critères de qualité des eaux souterraines. La protection des eaux souterraines s'y articule autour du concept de dégradation significative réelle ou appréhendée de la qualité des eaux souterraines.

#### Règlement sur l'enfouissement des sols contaminés

Le présent règlement détermine les conditions ou prohibitions applicables à l'aménagement, à l'agrandissement et à l'exploitation des lieux servant, en tout ou en partie, à l'enfouissement de sols contaminés ainsi que les conditions applicables à leur fermeture et à leur suivi post-fermeture.

#### Règlement sur les déchets solides (RDS) - Règlement sur l'enfouissement et l'incinération des matières résiduelles (REIMR)

Le règlement sur les déchets solides présente des exigences pour la qualité des résurgences provenant des lieux d'enfouissement sanitaire. Depuis le 19 janvier 2006, il est graduellement remplacé par le Règlement sur l'enfouissement et l'incinération des matières résiduelles (REIMR) qui contient également des exigences de suivi de la qualité des eaux souterraines.

#### Règlement sur les matières dangereuses (RMD)

Ce règlement exige des puits d'observation et un suivi de la qualité des eaux souterraines autour de certains lieux d'entreposage et des lieux d'enfouissement de matières résiduelles dangereuses.

#### Règlement sur les fabriques de pâtes et papiers

Ce règlement demande un suivi semestriel de la qualité des eaux souterraines autour des lieux d'enfouissement de résidus solides de fabrique de pâtes et papiers.

## Règlement sur les lieux d'élimination de neige

Ce règlement et le guide d'aménagement qui le complète comprennent l'installation de puits d'observation et le suivi régulier de la qualité des eaux souterraines.

Par ailleurs, une exigence plus générale concernant l'absence de dégradation significative de la qualité des eaux souterraines se trouve dans les décrets actuellement en vigueur pour plusieurs lieux d'enfouissement techniques.

## 2. MÉTHODE STATISTIQUE

### 2.1. Terminologie

La terminologie employée dans un document comme le GTSQES constitue souvent le principal obstacle à sa compréhension par des non-spécialistes. Nous voulons donc définir ici un certain nombre de termes qui prennent une importance ou une signification particulière dans le GTSQES.

- Campagne d'échantillonnage : épisode au cours duquel les puits d'observation sont échantillonnés.
- Critère de qualité : concentration limite au-delà de laquelle on considère qu'il y a dégradation significative de la qualité de l'eau, car un usage peut être compromis.
- Dégradation significative de la qualité des eaux souterraines : dépassement d'un critère de qualité pour l'usage des eaux souterraines.
- Détection de tendance : méthode statistique permettant de détecter des variations significatives d'une variable mesurée en présence d'un bruit de fond. Dans le cas du GTSQES, la détection ne concerne que la tendance à la hausse.
- Données singulières : données qui ne semblent pas appartenir à la distribution observée des autres valeurs (par exemple, le nombre 55 dans la série suivante : 0,45 - 0,67 - 0,34 - 55,0 - 0,56). On peut détecter une telle valeur à l'aide d'un test statistique. On doit ensuite vérifier (phase de validation) s'il s'agit d'une valeur erronée (par exemple, erreur de transcription ou de mesure) ou d'une valeur extrême réelle mais exceptionnelle.
- Niveau de signification : coefficient de confiance que l'on accorde aux résultats (probabilité d'obtenir un vrai résultat positif). Le niveau de signification vaut  $1-\alpha$ .
- Paramètre analytique : substance chimique dont la concentration dans l'eau est mesurée par l'application d'une méthode d'analyse en laboratoire standardisée.

- Puits d'observation : puits tubulaire muni d'une crépine et permettant l'échantillonnage des eaux souterraines.
- Seuil de vérification : concentration limite au-delà de laquelle on considère qu'il y a détection d'une variation significative de la qualité. Le seuil de vérification est habituellement spécifique à chaque puits d'observation et chaque paramètre analytique dans le cadre d'un programme de suivi.
- Statistique descriptive : paramètre statistique servant à décrire les propriétés d'une distribution ou d'un échantillon. Par exemple, la moyenne est la statistique descriptive décrivant la tendance centrale d'une distribution ou d'un échantillon.
- Statistique non paramétrique : méthode statistique n'utilisant pas les paramètres statistiques descriptifs comme la moyenne ou la variance.
- Statistique paramétrique : méthode statistique basée sur l'emploi de paramètres statistiques descriptifs comme la moyenne ou la variance.
- Programme de suivi régulier : programme de suivi de la qualité des eaux souterraines comprenant des campagnes d'échantillonnage à une fréquence régulière.
- Teneur de fond locale : valeur représentative des concentrations observables d'une substance dans les eaux souterraines locales en l'absence de la source potentielle de contamination faisant l'objet d'un suivi régulier.

## 2.2. Présentation de la méthode

La méthode préconisée dans le GTSQES est basée sur une méthode statistique non paramétrique (statistique d'ordre). Au lieu de considérer des paramètres descriptifs de la distribution, comme la moyenne ou la variance, la méthode se base sur le rang (c'est-à-dire la place dans la série ordonnée) des valeurs observées. Elle est présentée en détail à l'annexe A et présentée de façon simplifiée ci-après.

L'idée de base est la suivante : le suivi de la qualité de l'eau sur un site donné est réalisé (des échantillons d'eau souterraine sont prélevés). La base de données est donc composée de résultats concernant différents puits, différents paramètres analysés et elle augmente à chaque campagne d'échantillonnage. Il s'agit d'analyser les données, pour savoir si elles indiquent une modification de la qualité des eaux souterraines dans le temps. Cette analyse (des données) est indépendante d'un quelconque critère de concentration maximale. Il s'agit seulement de répondre à cette question : ma base de données est-elle seulement constituée de valeurs représentant l'état naturel de la nappe ou détecte-t-on une tendance à la hausse d'un paramètre analysé? Avec cette méthode, on peut s'attendre raisonnablement à ce qu'une contamination soit détectée avant le dépassement d'éventuels critères de qualité.

Toutefois, avant d'autoriser un tel suivi, une entente doit être conclue sur le plan de contingence à appliquer en cas de détection d'une tendance à la hausse. Si une tendance est détectée, les actions définies dans le plan de contingence devront immédiatement être prises.

La détection d'une tendance se fait préférablement pour l'ensemble des puits d'observation et pour chaque paramètre (annexe § A.5.2) Dans le cas le plus simple (site constitué d'un puits et suivi d'un seul paramètre), la théorie s'explique comme suit : on observe les données initiales (exemptes de l'effet d'une contamination), issues de plusieurs campagnes d'échantillonnage dans le temps et une valeur, appelée **seuil de vérification**, est choisie (généralement la valeur la plus élevée, donc de rang le plus élevé). Ensuite, on cherche combien de fois le seuil de vérification devra être dépassé successivement lors des campagnes d'échantillonnages **subséquentes** pour pouvoir affirmer avec 95 % de chances qu'il y a une tendance à la hausse (donc une contamination).

Selon le nombre de répétitions obtenu, on peut être amené à choisir une valeur de rang inférieur (deuxième valeur la plus élevée, troisième valeur la plus élevée etc.) comme seuil de vérification. En effet, il a été décidé que le nombre minimal de répétitions de dépassement serait de 2. Un résultat indiquant qu'il suffit que le seuil de vérification soit dépassé une seule fois pour qu'il y ait 95 % de chances de contamination n'est donc pas acceptable. Dans ce cas, il faudra recommencer en abaissant le rang du seuil de vérification, jusqu'à l'obtention d'un nombre de répétitions de dépassement d'au moins 2. Ce nombre de répétitions (nombre de dépassements nécessaire pour affirmer qu'il y a tendance) s'appelle **probabilité de dépassement**. L'objectif de 95 % (de chances d'une tendance à la hausse) est appelé **niveau de signification**. La valeur du niveau de signification est fonction du nombre de puits et de paramètres concernés par le suivi (se référer à l'annexe A.5.2).

Une autre façon d'aborder le problème précédent est de chercher le rang de la valeur de la base de données qu'il faut prendre pour pouvoir affirmer avec une probabilité de 95 % qu'il y a contamination si elle est dépassée 2 fois de façon successive. On peut aussi choisir une autre probabilité de dépassement, supérieure à 2.

Il est important de comprendre ici que la méthode n'utilise pas la valeur du seuil de vérification mais son **rang**. Ainsi, pour une base contenant n données, la valeur la plus élevée de la base de données est la valeur de rang n, la deuxième valeur la plus élevée est la valeur de rang n-1 et ainsi de suite, les données étant classées par valeurs croissantes.

### 3. APPROCHE PROPOSÉE

La méthode proposée s'appuie sur les concepts explicités principalement dans les annexes A et B. Cette méthode est assez générale d'application et ne doit pas être considérée comme une recette fixe. La flexibilité laisse à l'utilisateur une grande part de liberté et de **responsabilités**. Elle encadre toutefois suffisamment la démarche pour éviter les polémiques et les discussions sans fin. Nous considérons que la conception d'un programme de suivi de la qualité des eaux souterraines et le calcul des seuils de vérification doivent être réalisés par des experts en hydrogéologie membres de l'Ordre des ingénieurs du Québec ou membres de l'Ordre des géologues du Québec.

La Figure 1 présente le protocole (§3.1 à 3.6) à suivre.

Les recommandations concernant le réseau de suivi ainsi que la sélection des paramètres analytiques et de la fréquence de suivi découlent directement des concepts explicités à l'annexe B (§B.2.2).

#### 3.1. Réseau de suivi

La première étape consiste à définir le réseau de puits de suivi. Nous distinguons deux cas selon l'absence ou la présence d'un réseau existant ou imposé.

##### 3.1.1. Conception du réseau de suivi (absence de réseau initial)

Dans le cas des nouvelles installations, la position et la conception des puits d'observation sont déterminées en fonction du modèle conceptuel (voir §B.1.). Pour des raisons statistiques (et pour éviter les corrélations), nous recommandons de sélectionner un maximum de cinq puits aval pour déterminer les seuils de vérification de chaque paramètre suivi. Cependant, le nombre de puits installés et suivis peut être plus grand. Puisqu'en effet il permet initialement l'identification du modèle hydrogéologique conceptuel et éventuellement de satisfaire à d'autres objectifs de suivi. Par ailleurs, **il doit inclure un nombre suffisant de puits amont**, qui sera déterminé en fonction de la taille de la base de données initiales (voir §B.1.). L'ensemble des puits installés et plus particulièrement les puits amont servent à constituer une base de données suffisante en l'absence d'analyse sur une période post-opératoire suffisante et augmente, quoi qu'il en soit, la puissance du test statistique (voir §A.5.2.). Cette base de données sert ensuite à déterminer des seuils de vérification qui ne seront applicables qu'à un nombre limité de puits situés en aval.

### 3.1.2. Validation du réseau de suivi (réseau existant ou imposé)

Dans le cas des installations déjà existantes, il faut d'abord vérifier si la position et la conception des puits d'observation sont logiques en fonction du modèle conceptuel. Il faudra corriger le réseau avec de nouveaux puits au besoin. Ici aussi, nous recommandons de sélectionner un maximum de cinq puits aval pour y déterminer des seuils de vérification. L'ensemble des données accumulées du suivi du réseau de puits d'observation existants sera quand même utile comme base de données dans la détermination des seuils de vérification pour les puits de contrôle choisis.

### 3.2. Sélection des paramètres analytiques

Le programme analytique est validé par rapport à la problématique environnementale du site. Nous recommandons de choisir au plus cinq paramètres analytiques susceptibles d'être émis par la source potentielle de contamination. Les paramètres choisis ne devront pas être corrélés entre eux (voir A.2.5).

### 3.3. Sélection de la fréquence de suivi

La fréquence des campagnes d'échantillonnage ne doit pas être trop rapprochée afin de respecter l'hypothèse d'indépendance des données. Lorsque la fréquence n'est pas fixée par règlement, nous recommandons une fréquence de deux fois à quatre fois par année. Ces chiffres sont à relativiser en fonction des temps de transferts de la contamination dans le milieu.

Nous rappelons que les campagnes doivent toujours être réalisées à la même période de l'année pour éviter les écarts causés par les cycles annuels.

### 3.4. Validation de la base de données

Les données observées servant au calcul des seuils de vérification doivent être analysées pour en valider l'homogénéité. On voudra surtout identifier les données singulières. Ces données singulières peuvent être détectées par des tests statistiques comme le test de Rosner, le test du coefficient d'asymétrie, le test du coefficient d'aplatissement, le test de Shapiro-Wilk ou le test de Dixon. Ces tests sont décrits dans les manuels de Gilbert (1987) et de Gibbons (1994) cités en référence. Le test de Dixon<sup>1</sup> est proposé en annexe G. Il est recommandé de n'enlever les données identifiées comme des données singulières que s'il existe des évidences documentées prouvant qu'elles sont erronées.

---

1. Ce test a été choisi à titre d'exemple, afin de rendre le guide autosuffisant. D'autres tests sont tout aussi recommandables.

La validation de la base de données inclut également la vérification de la présence d'une tendance préexistante. Cette vérification peut être faite graphiquement ou peut être faite avec les méthodes statistiques classiques. Le test de Sen<sup>1</sup> (méthode statistique non paramétrique) est proposé en annexe H. Les puits d'observation pour lesquels on observe une tendance préexistante ne pourront pas être utilisés pour le suivi. Il faudra cependant enquêter pour déterminer la cause de cette tendance observée.

### 3.5. Détermination et mise à jour des seuils de vérification

La méthode statistique est décrite en détail à l'annexe A.5. Il s'agit de déterminer un seuil de vérification propre à chaque paramètre pour les puits du programme de suivi avec une probabilité  $\alpha$  d'au moins 5 % (ce qui équivaut à un niveau de signification de 95 %) **par campagne**. Cette probabilité  $\alpha$  de 5 % est divisée par le produit du nombre de paramètres analytiques retenus par le nombre de puits suivis, pour obtenir la probabilité  $\alpha_1$  applicable aux couples puits-paramètre (se référer à l'annexe A.5.2). **Dans le calcul de la probabilité  $\alpha_1$ , le nombre de puits suivis est considéré comme égal à 1 lorsque la base de données met en commun les résultats de tous les puits** (voir annexe D pour les exemples), ce qui est le cas privilégié (se référer à l'annexe A.5.2). On a alors pour chaque paramètre analytique un seuil de vérification unique pour tous les puits d'observation du suivi.

L'équation 1 (de l'annexe A) permet de calculer la probabilité  $(1-\alpha_1)$  en fonction de la taille  $n$  de la base de données déjà acquises ( $n$  : nombre d'analyses), du nombre  $r$  de puits dans le suivi, du rang  $j$  en ordre croissant du seuil de vérification et du nombre  $m$  de dépassements successifs requis pour la validation. Il suffit donc de trouver le nombre  $m$  qui donne la probabilité égale ou juste inférieure à la probabilité  $(1-\alpha_1)$  voulue. L'équation est programmée dans le fichier formule\_recursive.xls (se référer à l'annexe C).

Nous recommandons de fixer le seuil de vérification à la valeur maximale historique  $j=n$  et d'obtenir un nombre de répétition  $m$  qui soit égal ou supérieur à 2. Lorsque le nombre de répétitions requis devient inférieur à 2, il faut réduire le rang du seuil de vérification et choisir un seuil de vérification plus faible. Il faut alors réduire  $j$  jusqu'à l'obtention de la probabilité  $(1-\alpha_1)$  visée. Les exemples de l'annexe D illustrent les calculs requis dans chacun de ces cas. Les tableaux de l'annexe C et le fichier formule\_recursive.xls aident la réalisation de ces calculs.

Finalement, nous recommandons de réviser le calcul des seuils de vérification tous les ans. En effet, en l'absence de tendance détectée, les nouvelles données peuvent être intégrées dans la base de données déjà acquise. La puissance du test augmentera ainsi avec les années. Il est préférable d'éviter d'intégrer des données issues de puits « aval » dans la base de données. L'intégration de ces données ne peut s'effectuer qu'en ayant la certitude qu'elles n'ont pas été affectées par une éventuelle contamination.

---

1. Ce test a été choisi à titre d'exemple, afin de rendre le guide autosuffisant. D'autres tests sont tout aussi recommandables.

### 3.6. Dépassement confirmé du seuil de vérification

L'entente initiale doit contenir le descriptif d'un plan détaillé de contingence dont la mise en œuvre sera immédiate après qu'un dépassement du seuil de vérification aura été confirmé. Ce plan de contingence contiendra le sommaire d'une caractérisation exhaustive du site, dans l'espace et en termes de contaminants éventuels. L'objectif de cette caractérisation sera d'identifier l'origine, la nature et l'étendue de la contamination. Le plan de contingence devra prévoir les mesures à mettre en place en fonction de la dégradation de la qualité des eaux souterraines afin de contrôler, de confiner ou d'éliminer la source de la contamination.

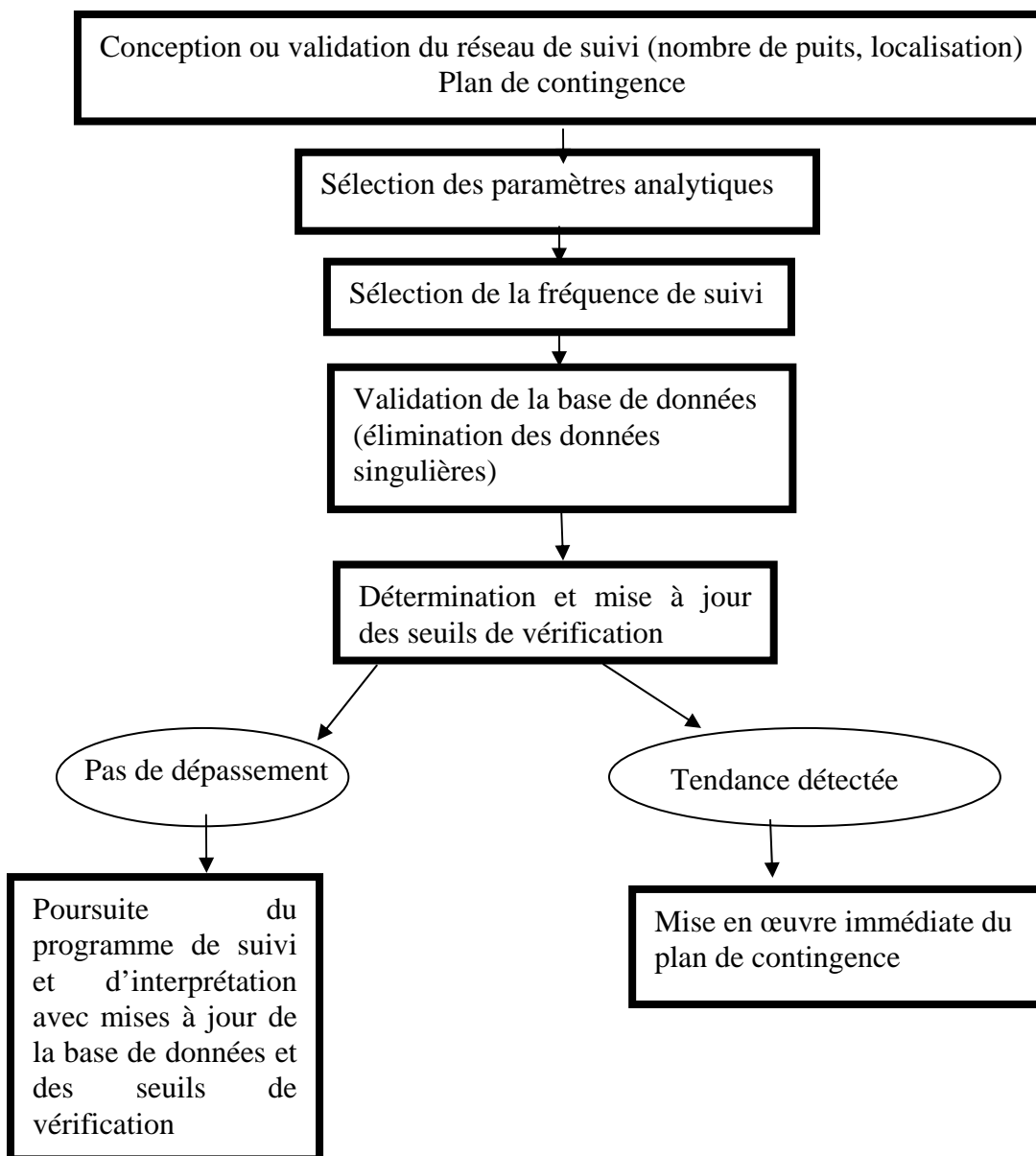


Figure 1 : Protocole général pour la mise en place du suivi sur le site non contaminé (avant installation de l'activité à risque ou avec une base de données initiales sûres).

#### 4. **CONCLUSION**

Les concepts et la méthode proposés ici permettent de réaliser et d'interpréter efficacement des programmes de suivi de la qualité des eaux souterraines dans le but d'y détecter des variations significatives. Cette méthode est simple et robuste par son emploi de méthodes statistiques non paramétriques (se référer à l'annexe A). Elle vient s'ajouter à un ensemble d'encadrements légaux et techniques qui se complètent pour constituer progressivement un système de plus en plus efficace pour protéger la qualité de nos eaux souterraines.

#### 5. **RÉFÉRENCES**

Anderson, M. P. et W.W. Woessner (1991), « Applied Groundwater Modeling », chapitre 3.1, *Building the conceptual model*, Academic Press, Inc., 381 p.

ASTM (1998), *Standard Guide for Developing Appreciate Statistical Approaches for Ground-Water Detection Monitoring Programs*, Standard n° D6312-98, Subcommittee D18.21 on Ground-Water and Vadose Zone Investigations.

Davis C.B. et R.J. McNichols (1999), « Simultaneous Nonparametric Prediction Limits. *Technometrics* », vol. 41, n° 2, p. 89-101.

Dixon W. J. (1953), « Processing data for outliers », *Biometrics*, vol. 9, p. 74-89.

Gibbons R. (1994), *Statistical Methods for Groundwater Monitoring*, John Wiley & Sons, inc., 286 p.

Gilbert R.O. (1987), *Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring*, Van Nostrand Reinhold, 320 p.

U.S. EPA (1989), *Statistical Analysis of Ground-Water Monitoring Data at RCRA Facilities, Interim Final Guidance*.

U.S. EPA (1992), *Statistical Analysis of Ground-Water Monitoring Data at RCRA Facilities, Addendum to Interim Final Guidance*.

#### 6. **REMERCIEMENTS**

La rédaction initiale du présent guide a fait l'objet d'un contrat entre le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs et M. Denis Isabel, alors président de

la firme de consultants EXPERTS ENVIROCONSEIL INC. La coordination de la production a alors été assurée par M. Hubert Demard de RÉSEAU Environnement. La version originale du guide a été révisée par un comité d'experts constitué par M. André Bériault, les professeurs Bernard Bobée et Pierre Gélinas ainsi que M. Jean Halde.

La rédaction finale du guide a été assurée par M<sup>me</sup> Sylvie Chevalier aidée de MM. Charles Lamontagne, Normand Rousseau et Michel Ouellet du MDDEP. Les autres membres du MDDEP impliqués dans la révision de ce guide ont été M<sup>mes</sup> Diane Myrand et Nadine Roy, ainsi que MM. Colin Bilodeau, Luc Champagne et Francis Chénard.