

« Méthodologie de diagnostic environnemental autour
de 6 captages d'eau potabilisable sensibles
qualitativement du point de vue du nitrate »

Développement du logigramme principal et applications aux six sites-pilotes

TABLE DES MATIERES

1	INTRODUCTION	3
2	HYPOTHESE DE DEPART ET TESTS SUR BASE DES DONNEES DISPONIBLES POUR LES CAPTAGES ETUDIES DANS LE CADRE DE LA CONVENTION.....	3
2.1	Comparaison des concentrations en nitrate dans l'eau des captages aux valeurs seuils de 20, 35 et 50 mg/l	5
2.2	Analyse de la tendance d'évolution des teneurs en nitrate dans l'eau du captage	6
2.3	Choix d'un programme à appliquer à la Zone d'Alimentation des Captages (ZAC).....	7
3	RECOMMANDATIONS POUR L'APPLICATION DU LOGIGRAMME PRINCIPAL .	9
4	REFERENCES	9

1 INTRODUCTION

L'établissement de la vulnérabilité au nitrate du captage et la sélection du programme d'action adapté à la situation repose sur l'évaluation de l'état de pollution du captage par le nitrate et son évolution escomptée. A ce titre, l'analyse de tendance des concentrations en nitrate au captage constitue un élément clé de l'analyse puisqu'il conditionne l'entrée et le cheminement au sein du logigramme décisionnel. Ce rapport vise donc à décrire les choix qui ont été effectués en la matière pour le développement de la méthodologie de diagnostic, mais aussi à proposer quelques réflexions portant sur la mise en œuvre de cette méthodologie.

Ce rapport constitue une mise à jour des informations fournies dans le rapport produit en décembre 2014 (Huby et al, 2014) qui décrit, de manière détaillée, l'ensemble des réflexions menées. Ce nouveau rapport intègre également les commentaires émis par les partenaires du projet lors du Comité d'Accompagnement du projet du 17 décembre 2014.

2 HYPOTHESE DE DEPART ET TESTS SUR BASE DES DONNEES DISPONIBLES POUR LES CAPTAGES ETUDIES DANS LE CADRE DE LA CONVENTION

La méthodologie de diagnostic environnemental des captages sensibles qualitativement du point de vue du nitrate repose sur l'application d'un logigramme décisionnel principal (Figure 1) adapté de Bah et al (2014). Ce logigramme décisionnel principal vise à identifier les captages présentant un problème du point de vue du nitrate et à déterminer le type de programme d'actions à appliquer afin d'y restaurer la qualité de l'eau.

L'application du logigramme principal implique :

1. la comparaison des concentrations en nitrate dans l'eau des captages aux valeurs seuils de 20, 35 et 50 mg/l ;
2. l'analyse de la tendance d'évolution des teneurs en nitrate dans l'eau du captage ;
3. sur base des résultats des deux premières étapes, de déterminer si la zone d'alimentation du captage (ZAC) de la prise d'eau doit être délimitée¹ et le choix d'un éventuel programme de mesures à mettre en œuvre dans cette (ZAC) afin de réduire la pression en nitrate.

Ce logigramme principal a été testé sur les 6 captages pilotes étudiés dans le cadre de cette étude en vue d'en définir les modalités d'application et d'y apporter d'éventuelles améliorations. Les données de concentrations en nitrate utilisées pour ce test ont été fournies par la SWDE ou proviennent de la banque de données Dix-Sous du Service Public de Wallonie. Les données brutes de concentrations en nitrates sont reprises et décrites dans les documents décrivant les sites de captages (Wittorski et al, 2015). A titre d'exemple, la chronique d'évolution des concentrations en nitrate aux prises d'eau du captage de Waremmes est présentée à la Figure 2.

Comme le montre le cas de Waremmes, un site de captage peut comporter plusieurs prises d'eau. Quand ce cas est rencontré, il a été choisi d'appliquer ce logigramme aux données de chacun des points de prélèvements d'eau pour autant que ces données soient disponibles. Ceci permettra en effet, pour autant qu'il soit possible de distinguer les zones d'alimentation de ces différents points de prélèvement, de conduire des programmes d'action différenciés par sous-zone d'alimentation.

L'analyse est réalisée sur l'ensemble des prises d'eau même celles (Givry P1, Givry P2, Waremmes P4), qui, à l'heure actuelle, ne sont plus en service. Dans ces cas, l'analyse est réalisée sur base des données disponibles les plus récentes. Si le captage est destiné à être abandonné sur le long terme, il faudra examiner l'intérêt de poursuivre l'analyse.

¹ La méthodologie de détermination des zones d'alimentation du captage est définie dans le rapport de Wittorski et al (2015).

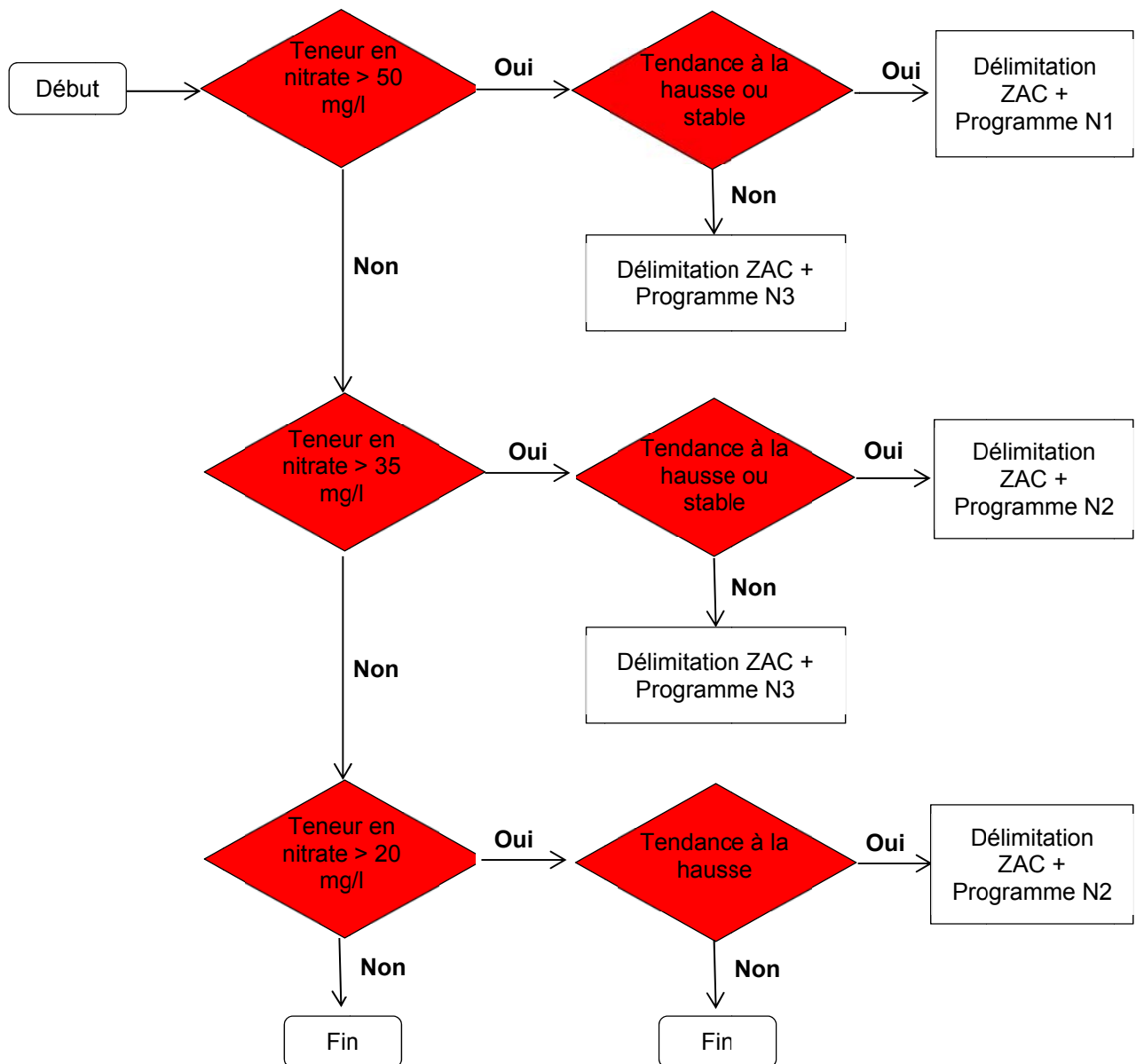


Figure 1. Logigramme principal pour le choix du programme d'actions de restauration de la qualité de l'eau.

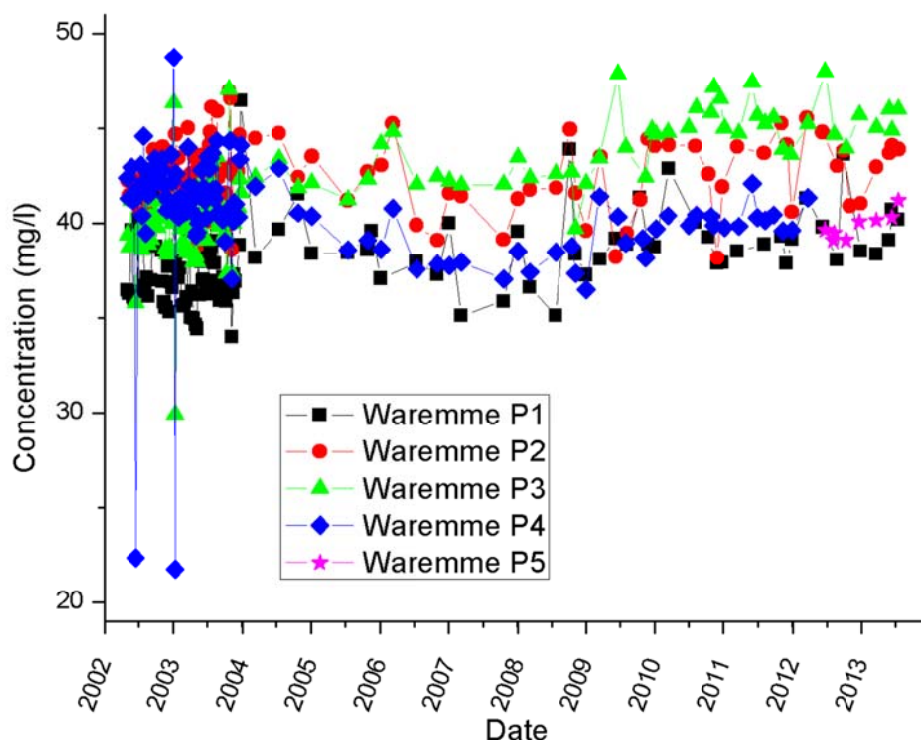


Figure 2. Evolution des concentrations en nitrate aux 5 prises d'eau composant le site de captage de Waremmes.

2.1 Comparaison des concentrations en nitrate dans l'eau des captages aux valeurs seuils de 20, 35 et 50 mg/l

La première étape de l'application du logigramme consiste à comparer la concentration en nitrate mesurée dans l'eau du captage avec les valeurs seuils de 20 mg/l (valeur à partir de laquelle les tendances à la hausse doivent être inversées), 35 mg/l et de 50 mg/l (limite de potabilité) définies dans le code de l'eau. Cette première étape, bien que simple en apparence, soulève la question de savoir quelle valeur de concentration mesurée au captage est à utiliser pour effectuer cette comparaison, par exemple la dernière valeur mesurée ou la moyenne des concentrations de la dernière année de mesure ou la moyenne des concentrations mesurées sur les 5 dernières années. Ces différentes possibilités ont été testées sur les données des 6 sites-pilotes afin de définir le choix le plus pertinent. Les résultats présentés au Tableau 1 montrent que, dans la plupart des cas, les trois valeurs calculées sont relativement similaires. Dans les 4 cas surlignés en rouge, les trois valeurs de concentrations sont différentes et cette différence peut potentiellement avoir un impact sur le choix d'un futur programme d'action. Par exemple, pour le captage de Petit Houmart, considérer la dernière valeur mesurée pour effectuer la comparaison aux valeurs seuils conduit, si les concentrations ne sont pas à la hausse, à n'appliquer aucun programme d'action. Par contre si on utilise la moyenne des concentrations sur la dernière année, les programmes d'action N2 ou N3 pourraient devoir être appliqués dans la ZAC de la prise d'eau.

Vu le « risque » de tomber sur une valeur aberrante (voir dans le tableau le cas du captage de Cornesse Chabotte mélange), l'option de choisir la dernière valeur de concentration en nitrate mesurée est abandonnée. Par ailleurs, prendre la moyenne sur les 5 dernières années ne semble pas cohérent. En effet, cette valeur pourrait être déjà influencée par la tendance temporelle et ne refléterait donc pas l'état actuel du captage. Le choix retenu est donc de travailler avec la valeur moyenne sur la dernière année de mesure, pour autant que ces données existent. Si ces données sont inexistantes, il conviendra de prendre les dernières données disponibles ou d'organiser de nouvelles campagnes d'échantillonnage.

Prises d'eau	Dernière concentration mesurée (mg/l) (année)	Moyenne des concentrations observées sur la dernière année (mg/l) (Nbre de valeurs)	Moyenne des concentrations observées sur les 5 dernières années (mg/l) (Nbre de valeurs)
Arquennes E1	49.2 (2014)	49.4 (6)	47.9 (29)
Arquennes E2	38.1 (2014)	37.1 (6)	37.2 (30)
Arquennes G3	40.1 (2014)	41.3 (7)	46.5 (23)
Arquennes G6	54.3 (2014)	56.8 (8)	57.2 (28)
Cornesse Chabotte Mélange	43.0 (2014)	59.3 (11)	62.1 (72)
Cornesse Doux-Fond	34.4 (2013)	36.1 (8)	31.2 (31)
Givry P1	74.3 (2010)	61.3 (18)	59.5 (112)
Givry P2	62.1 (2014)	61.5 (21)	61.5 (109)
Petit-Houmart	34.5 (2013)	35.8 (8)	35.8 (33)
Solre-sur-Sambre P1	38.6 (2014)	39.6 (8)	39.4 (59)
Waremmes P1	40.2 (2014)	39.8 (7)	39.3 (29)
Waremmes P2	43.9 (2014)	42.9 (8)	42.7 (30)
Waremmes P3	46.0 (2014)	45.2 (7)	44.9 (33)
Waremmes P4	41.35 (2013)	40.4 (8)	39.5 (28)
Waremmes P5	41.2 (2014)	39.9 (7)	/

Tableau 1: Comparaison de la dernière valeur, de la moyenne sur la dernière année et de la moyenne sur les 5 dernières années des concentrations en nitrate mesurées aux différents points de prélèvements des 6 sites pilotes. Les données surlignées en rouges sont celles où les trois valeurs de concentrations sont significativement différentes et/ou ont un impact sur le choix d'un programme d'action. Le captage Waremmes P5 étant récent, les données de concentration en nitrate existantes ne couvrent que la période 2013-2014. Il est donc impossible de calculer une moyenne sur les 5 dernières années de mesures

2.2 Analyse de la tendance d'évolution des teneurs en nitrate dans l'eau du captage

La deuxième étape de l'application du logigramme principal consiste à identifier si une tendance statistiquement significative existe à la hausse (ou à la baisse) dans la chronique des concentrations en nitrate. Pour réaliser cette analyse de tendance, il est proposé d'utiliser une méthodologie proche de celle développée par Batlle et al. (2007) dans le cadre du projet FP6 AquaTerra et testée sur des jeux de données disponibles pour plusieurs masses d'eau souterraines de Wallonie (Broers et al, 2005). La méthode d'analyse de tendance proposée comporte trois grandes étapes : (1) un examen visuel des données visant à évaluer si une cyclicité existe dans le jeu de données, (2) un test de détection de tendance basé sur un test de Mann-Kendall et (3) la quantification proprement dite de la tendance par une analyse de Sen.

L'analyse de tendance d'évolution des concentrations en nitrate a été réalisée pour les différentes prises d'eau des 6 sites de captage à l'aide du package 'Openair' du logiciel R. Afin de tester l'impact de la longueur de la chronique de concentrations prise en compte pour l'analyse de tendance sur les

résultats, il a été choisi de réaliser ce test sur les données des 5 et 10 dernières années. Les résultats de l'analyse de tendance (Tableau 2) menées pour le nitrate pour les différents captages montrent qu'une tendance significativement à la baisse n'est observée qu'au niveau du captage d'Arquennes (sauf pour la prise d'eau E1) pour lequel un programme d'action visant à réduire la pression en nitrate a déjà été mis en place. Pour les autres prises d'eau, les tendances observées sont soit à la baisse soit non statistiquement significatives. Il est également constaté que le fait de réaliser l'analyse de tendance sur les 5 ou les 10 dernières années modifie, pour certaines prises d'eau, le résultat du test de détection et/ou de quantification de tendance.

Le captage Waremme P5 étant récent, les données de concentration en nitrate existantes ne couvrent que la période 2013-2014 jugée trop courte pour réaliser l'étude de tendance. Dans le cas de Waremme, les puits P3, P4 et P5 étant situés très proches l'un de l'autre et les concentrations observées étant similaires, les conclusions tirées de l'analyse des données au puits P3 et P4 pourront également être appliquées au puits P5.

2.3 Choix d'un programme à appliquer à la Zone d'Alimentation des Captages (ZAC)

La troisième étape de l'application du logigramme principal permet de déterminer si la ZAC de la prise d'eau doit être délimitée² et de sélectionner l'éventuel programme d'action à y appliquer afin de réduire la pression en nitrate. Les résultats de cette application aux différentes prises d'eau des sites – pilotes étudiés sont présentés au Tableau 2. Même dans les cas où l'analyse de tendance menée sur les 5 ou les 10 dernières années, produit un résultat légèrement différent, le programme d'action qui découle de la procédure de sélection reste généralement identique (cas par exemple des captages de Givry, Houmart D1, Waremme P1, Waremme P4). Dans le cas où les programmes d'action sélectionnés sont différents (cas du captage de Chabotte Mélange), nous recommandons d'appliquer le programme le plus contraignant.

Les résultats obtenus illustrent également l'intérêt de travailler par prise d'eau individuelle plutôt que par site de captage pris dans son ensemble pour autant qu'il soit possible de distinguer les zones d'alimentation associée à chaque point de prélèvement. Sur cette base, on pourrait par exemple mener des programmes d'actions différents sur les 2 sites de prises d'eaux du captage de Cornesse ou sur les prises d'eau d'Arquennes.

² La méthodologie de détermination des ZAC définie dans le cadre du projet est décrite dans le rapport de Wittorski et al, 2015

Sites	NO3 initial (mg/l) Moyenne sur la dernière année	Tendance sur les 5 dernières années		Tendance sur les 10 dernières années		Tendance retenue	Programme d'action
		Oui/Non	Pente (mg/l an)	Oui/Non	Pente (mg/l an)		
Arquennes E1	49.4	N	/	N	/	→	N2
Arquennes E2	37.1	O	-0.053	O	-1.47	↓	N3
Arquennes G3	41.3	O	-3.86	O	-1.62	↓	N3
Arquennes G6	56.8	O	-1.12	O	-1.23	↓	N3
Cornesse Chabotte Mélange	59.3	O	-1.01	N	/	→	N1
Cornesse Doux- Fond	36.01	N	/	N	/	→	N2
Givry P1	61.3	N	/	O	-0.21	→	N1
Givry P2	61.5	O	0.5	N	/	↑	N1
Petit-Houmart	35.8	N	/	O	0.27	↑	N2
Solre-sur- Sambre P1	39.6	N	/	N	/	→	N2
Wareme P1	39.8	N	/	O	0.18	↑	N2
Wareme P2	42.9	N	/	N	/	→	N2
Wareme P3	45.2	O	0.52	O	0.57	↑	N2
Wareme P4	40.4	O	0.63	N	/	↑	N2
Wareme P5	39.9	?	?	?	?	?	?

Tableau 2. Résultats de l'étude de tendance sur base des données des 5 et 10 dernières années et de l'application du logigramme principal aux chroniques de concentrations en nitrate mesurées dans les prises d'eau des 6 sites-pilotes étudiés. La colonne Oui/Non indique si une tendance statistiquement significative existe ou non dans la chronique de données considérées. Le symbole '/' dans les colonnes 'Pentes' signifie que le calcul de la pente de la tendance est sans objet vu qu'aucune tendance statistiquement significative à la hausse ou à la baisse n'est identifiée (N dans la colonne Oui/non). Le symbole '?' signifie que le test de détection de tendance ne peut pas être appliqué vu que le jeu de données ne couvre pas une période suffisante. La colonne 'Tendance retenue' indique si la tendance qui sert à choisir le programme d'action est à la hausse (↑), à la baisse (↓) ou si aucune tendance n'existe (→)

3 RECOMMANDATIONS POUR L'APPLICATION DU LOGIGRAMME PRINCIPAL

Sur base de ces premiers tests d'application du logigramme, plusieurs recommandations peuvent déjà être émises :

1. Quand un site de captage est composé de plusieurs prises d'eau, le logigramme doit être appliqué à chacun des points de prélèvements d'eau séparément, pour autant que les données soient disponibles et que les zones d'alimentation puissent être distinguées.
2. Pour comparer les concentrations mesurées au niveau du captage aux trois valeurs seuils de 20, 35 et 50 mg/l, il est recommandé d'utiliser la valeur moyenne des concentrations en nitrate mesurée sur la dernière année de mesure.
3. L'analyse de tendance des concentrations en nitrate doit être réalisée en s'affranchissant des éventuels effets de cyclicité et doit être basée sur une approche statistique rigoureuse permettant de déterminer si une tendance est présente de manière statistiquement significative. A ce titre, les méthodes non paramétriques, qui impliquent moins d'hypothèses sur la distribution des données (ex : hypothèse de normalité), sont préférables. De plus, l'étude de tendance doit être réalisée sur des données couvrant une période suffisamment longue (5 à 10 ans).

4 REFERENCES

- Bah B., Vandenberghe C., Colinet G., 2014. Logigrammes décisionnels en matière d'actions à entreprendre en vue de protéger les captages d'eau souterraine contre la pollution par le nitrate. Note de recherche. GRENeRA. 27p.
- Batlle-Aguilar, J., Orban, P., Dassargues, A., & Brouyère, S. (2007). Identification of groundwater quality trends in a chalk aquifer threatened by intensive agriculture in Belgium. *Hydrogeology Journal*, 15(8), 1615-1627. <http://hdl.handle.net/2268/2341>.
- Broers, H. P., A. Visser, J.-L. Pinault, D. Guyonnet, I. G. Dubus, N. Baran, A. Gutierrez, C. Mouvet, J. Batlle-Aguilar, P. Orban and S. Brouyère (2005). Report on extrapolated time trends at test sites, Deliverable T2.4, AquaTerra (Integrated Project FP6 no. 505428): 81. <http://hdl.handle.net/2268/151833>
- Huby, M., Orban, Ph., Wittorski, O., Piront, L., Brouyère, S., 2014. Rapport d'activité n°1 du consortium Geolys - HGE-ULg dans le cadre du projet « Méthodologie de diagnostic environnemental autour de captages d'eau potabilisable sensibles qualitativement du point de vue du nitrate », Convention SPGE, 33 p.
- Wittorski, O., Dolle, F. , Orban, Ph., Huby, M., Piront, L., Brouyère, S., 2015. « Méthodologie de diagnostic environnemental autour de 6 captages d'eau potabilisable de la SWDE sensibles qualitativement du point de vue du nitrate » - Méthodologie de délimitation des zones d'alimentation des captages et caractérisation de leur vulnérabilité au nitrate, Convention SPGE, 43 p. + annexes