

CONVENTION S.P.G.E. – NITRAWAL

PROGRAMME D'ACTIONS POUR LA  
PROTECTION DES CAPTAGES CONTRE  
LES CONTAMINATIONS D'ORIGINE  
AGRICOLE

*BASSIN PILOTE D'ARQUENNES*

*RAPPORT D'ACTIVITES ANNUEL INTERMEDIAIRE 2007*

*Troisième année*



Ce rapport doit être cité de la manière suivante :

Marcoen J M<sup>1</sup>, Vandenberghe C<sup>1</sup>, Bolly P.-Y.<sup>2</sup>, Gaule D.<sup>2</sup>, Peret J<sup>2</sup>, Corswaren I<sup>3</sup>, Hulpiau A<sup>1</sup>, Benoit J<sup>1</sup>, Triolet N<sup>3</sup>, Hupin F<sup>3</sup> (2006). *Programme d'actions pour la protection des captages contre les contaminations d'origine agricole. Bassin pilote d'Arquennes. Rapport d'activités annuel intermédiaire 2007. Troisième année. Convention S.P.G.E. – Nitrawal, 59 p.*

1 : Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux – Laboratoire de Géopédologie – Groupe de Recherche Environnement et Ressources Azotées (GRENeRA)

2 : AQUALE sprl (Bureau d'ingénieurs conseils en environnement)

3 : Nitrawal asbl

Le comité d'accompagnement de cette convention est composé de la manière suivante :

- un représentant de la SPGE
- un représentant de la SWDE
- un représentant de l'Observatoire des Eaux souterraines
- trois représentants de la structure d'encadrement Nitrawal

Sont invités en tant qu'observateur :

- un représentant de la Direction Générale de l'Agriculture
- un représentant de la Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement.

## Table des matières

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
|          | <b>LISTE DES FIGURES, TABLEAUX ET PHOTOS.....</b>                        | <b>5</b>  |
| <b>1</b> | <b>PREAMBULE.....</b>  | <b>7</b>  |
| 1.1      | CONTEXTE DE L'ETUDE.....   | 7         |
| 1.2      | PROGRAMME DE TRAVAIL.....  | 9         |
| 1.3      | RAPPEL DES ACTIONS MENEES EN 2005 ET 2006.....                           | 10        |
| <b>2</b> | <b>CARACTERISTIQUES GENERALES DES DEUX BASSINS VERSANTS .....</b>        | <b>11</b> |
| <b>3</b> | <b>ENCADREMENT DES AGRICULTEURS.....</b>                                 | <b>12</b> |
| 3.1      | ZONES VULNERABLES.....   | 12        |
| 3.2      | LES EXPLOITATIONS AGRICOLES.....   | 12        |
| 3.3      | TAUX DE LIAISON AU SOL .....   | 12        |
|          | <i>Taux de liaison au sol 2006.....</i>                                  | <i>12</i> |
|          | <i>Taux de liaison au sol prévisionnels 2007.....</i>                    | <i>14</i> |
|          | <i>Comparaison taux de liaison au sol 2006 et prévisionnel 2007.....</i> | <i>15</i> |
| 3.4      | MISE EN CONFORMITE DES INFRASTRUCTURES DE STOCKAGE DES EFFLUENTS .....   | 15        |
| 3.5      | CONCENTRATION EN AZOTE NITRIQUE DANS LE SOL EN AUTOMNE 2006.....         | 17        |
|          | <i>Mode opératoire .....</i>   | <i>17</i> |
|          | <i>Répartitions des différentes classes.....</i>                         | <i>18</i> |
|          | <i>Résultats 2006 .....</i>  | <i>18</i> |
| 3.6      | ASSOLEMENT 2007.....   | 24        |
| 3.7      | CONSEILS DE FERTILISATION 2007 .....                                     | 25        |
|          | <i>La betterave .....</i>  | <i>25</i> |
|          | <i>Le maïs.....</i>  | <i>26</i> |
|          | <i>La pomme de terre.....</i>  | <i>26</i> |
|          | <i>Les céréales .....</i>  | <i>26</i> |
| 3.8      | SURFACES IMPLANTÉES DE CIPAN EN 2007 .....                               | 27        |
| 3.9      | DÉROGATIONS.....   | 28        |
|          | <i>Démarche qualité .....</i>  | <i>28</i> |
|          | <i>Démarche transitoire.....</i>   | <i>28</i> |
|          | <i>Démarche dérogatoire.....</i>   | <i>29</i> |
| 3.10     | RESPECT DU 1 <sup>ER</sup> PGDA.....                                     | 29        |
| <b>4</b> | <b>L'EAU SOUTERRAINE .....</b>   | <b>30</b> |
| 4.1      | MONITORING DU NIVEAU PIEZOMETRIQUE.....                                  | 30        |
| 4.2      | CARTES PIÉZOMÉTRIQUES.....   | 31        |
| <b>5</b> | <b>LE DEBIT DES PRISES D'EAU, SOURCES ET RUISSEAUX.....</b>              | <b>33</b> |
| 5.1      | LES PRISES D'EAU.....  | 33        |
| 5.2      | LE RUISSEAU .....  | 33        |
| <b>6</b> | <b>LE NITRATE DANS LES EAUX SOUTERRAINES.....</b>                        | <b>35</b> |
| 6.1      | AUX PRISES D'EAU.....  | 35        |
| 6.2      | AUX PIEZOMETRES .....  | 36        |
| <b>7</b> | <b>LES PESTICIDES DANS LES EAUX SOUTERRAINES.....</b>                    | <b>38</b> |
| 7.1      | LA BENTAZONE.....  | 38        |
|          | <i>Sa présence historique dans les prises d'eau .....</i>                | <i>38</i> |
|          | <i>Sa présence dans les piézomètres .....</i>                            | <i>39</i> |
|          | <i>Son utilisation .....</i>   | <i>40</i> |
|          | <i>Discussions .....</i>   | <i>44</i> |
| 7.2      | L'ATRAZINE ET SES PRODUITS DÉRIVÉS .....                                 | 45        |
|          | <i>L'atrazine .....</i>  | <i>46</i> |
|          | <i>La déséthylatrazine.....</i>  | <i>47</i> |
|          | <i>La désisopropylatrazine .....</i>                                     | <i>47</i> |
| 7.3      | REGARD SUR LES PESTICIDES PRINCIPAUX .....                               | 48        |
| <b>8</b> | <b>L'ESSAI DE MULTITRACAGE EN MILIEU NON SATURE .....</b>                | <b>49</b> |
| 8.1      | RAPPEL DU DISPOSITIF .....   | 49        |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 8.2       | ECHANTILLONNAGE ET ANALYSE DE SOL.....                    | 50        |
| 8.3       | ECHANTILLONNAGE ET ANALYSE D'EAU .....                    | 52        |
| <b>9</b>  | <b>L'ESSAI DE TRAÇAGE EN MILIEU SATURE .....</b>          | <b>53</b> |
| <b>10</b> | <b>L'HUMIDITE DU SOL .....</b>                            | <b>55</b> |
| <b>11</b> | <b>MODELISATION DES ECOULEMENTS ET DU TRANSPORT.....</b>  | <b>56</b> |
| 11.1      | LES LOGICIELS DE MODELISATION .....                       | 56        |
| 11.2      | LA MODELISATION EN ZONE NON –SATUREE (LOGICIEL SWAT)..... | 56        |
| 11.3      | LA MODELISATION EN MILIEU SATURE.....                     | 57        |
| <b>12</b> | <b>ETAT D'AVANCEMENT DES ACTIONS .....</b>                | <b>58</b> |
| <b>13</b> | <b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>                                | <b>59</b> |

## Liste des figures

|  |    |
|--|----|
| Figure 1. Projet de délimitation des zones de prévention rapprochées et éloignée (Source : SWDE)...  | 7  |
| Figure 2. Les deux bassins versants d'Arquennes.....   | 11 |
| Figure 3. Taux de liaison au sol 2006 .....  | 13 |
| Figure 4. Répartition de la charge organique en 2006 des exploitations agricoles .....   | 13 |
| Figure 5. Taux de liaison au sol prévisionnel 2007.....  | 14 |
| Figure 6. Répartition de la charge organique prévisionnelle en 2007 des exploitations agricoles.....   | 14 |
| Figure 7. Carte des résultats APL 2006 (kg N-NO <sub>3</sub> / ha).....  | 17 |
| Figure 8. Carte des cotes APL 2006.....  | 18 |
| Figure 9. Graphe des cotations APL 2006 en C1 .....  | 19 |
| Figure 10. Graphe de cotation APL 2006 en C2 .....   | 21 |
| Figure 11. Graphe de cotation APL 2006 en C3 .....   | 22 |
| Figure 12. Graphe de cotation APL 2006 en P.....   | 23 |
| Figure 13. carte de l'assolement 2007.....   | 24 |
| Figure 14. Fertilisation totale efficace 2007 en betterave .....   | 25 |
| Figure 15. Fertilisation totale efficace 2007 en maïs .....  | 26 |
| Figure 16. Fertilisation totale efficace 2007 en pommes de terre .....   | 26 |
| Figure 17. Carte des parcelles semées de CIPAN .....   | 27 |
| Figure 18. Carte de localisation des piézomètres .....   | 30 |
| Figure 19. Vue 3D du niveau piézométrique.....   | 31 |
| Figure 20. Carte piézométrique (Source : Aquale sprl).....   | 32 |
| Figure 21. Concentrations en nitrate dans les prises d'eau d'Arquennes .....   | 35 |
| Figure 22. Concentration en nitrate dans les piézomètres (bassin versant Ouest).....   | 36 |
| Figure 23. Concentrations en nitrate au droit des piézomètres (bassin versant Est) .....   | 37 |
| Figure 24. Formule plane de la bentazone.....  | 38 |
| Figure 25. Concentration en bentazone dans les prises d'eau.....   | 38 |
| Figure 26. Concentration en bentazone dans les piézomètres et les prises d'eau (échelle linéaire (haut) et logarithmique (bas)).....   | 39 |
| Figure 27. Emblavement 2000 et pulvérisation de bentazone (parcelle entourée d'une bordure bleue) .....  | 40 |
| Figure 28. Emblavement 2001 et pulvérisation de bentazone (parcelle entourée d'une bordure bleue) .....  | 41 |
| Figure 29. Emblavement 2002 et pulvérisation de bentazone (parcelle entourée d'une bordure bleue) .....  | 41 |
| Figure 30. Emblavement 2003 et pulvérisation de bentazone (parcelle entourée d'une bordure bleue) .....  | 42 |
| Figure 31. Emblavement 2004 et pulvérisation de bentazone (parcelle entourée d'une bordure bleue) .....  | 42 |
| Figure 32. Emblavement 2005 et pulvérisation de bentazone (parcelle entourée d'une bordure bleue) .....  | 43 |
| Figure 33. Emblavement 2006 et pulvérisation de bentazone (parcelle entourée d'une bordure bleue) .....  | 43 |
| Figure 34. Cinétique de biodégradation de la bentazone (gauche : horizon de surface – droite : horizon profond) (losange/carré/triangle correspondent respectivement à la moyenne (20 échantillons), maximum et minimum des observations)..... | 45 |
| Figure 35. Concentration en atrazine dans les prises d'eau et piézomètres (oct 06 - sept 07).....  | 46 |
| Figure 36. Concentration en déséthylatrazine dans les prises d'eau et piézomètres (oct 06 - sept 07).....  | 47 |
| Figure 37. Concentration en désisopropylatrazine dans les prises d'eau et piézomètres (oct 06 - sept 07).....  | 47 |
| Figure 38. Uranine - formule plane .....   | 49 |
| Figure 39. Traçage en milieu non saturé - résultats d'analyse de sol (uranine).....  | 50 |
| Figure 40. Migration du chlorure sous la planche d'épandage .....  | 51 |

|  |    |
|--|----|
| Figure 41. Traçage en milieu saturé - évolution de la concentration en naphthionate au droit de la G6<br>(Source : Aquala sprl)..... | 53 |
|--|----|

### Liste des tableaux

|   |    |
|---|----|
| Tableau 1. Taux de liaison au sol 2006 et 2007 .....                                      | 15 |
| Tableau 2. Mise en conformité des infrastructures de stockage des effluents.....          | 15 |
| Tableau 3. Répartition des classes de culture dans la zone d'étude .....                  | 18 |
| Tableau 4. Cotation APL par unité de surface .....  | 18 |
| Tableau 5. Type et superficie des cultures de classe C1 .....                             | 19 |
| Tableau 6. Cotation des superficies classées en C1.....                                   | 20 |
| Tableau 7. Type et superficie des cultures de classe C2 .....                             | 20 |
| Tableau 8. Cotation des superficies classées en C2.....                                   | 21 |
| Tableau 9. Type et superficie des cultures de classe C3 .....                             | 22 |
| Tableau 10. Cotation des superficies classées en C2.....                                  | 22 |
| Tableau 11. Superficie de la classe prairie .....   | 23 |
| Tableau 12. Cotes de gestion globale de l'azote des agriculteurs de la zone d'étude ..... | 23 |
| Tableau 13. Reliquat azoté en sortie d'hiver et conseils de fumure.....                   | 25 |
| Tableau 14. Evaluation par agriculteur du respect du PGDA .....                           | 29 |
| Tableau 15. Concentration moyenne en pesticides des piézomètres.....                      | 48 |

### Liste des photos

|   |    |
|---|----|
| Photo 1. Planche d'infiltration .....   | 49 |
| Photo 2. Dispositifs de pompage et d'échantillonnage au Pz E3 .....                                     | 49 |
| Photo 3. Dispositif d'échantillonnage dans la galerie G6 .....  | 49 |
| Photo 4. Injection du traceur dans la nappe.....  | 53 |
| Photo 5. Dispositif pour effectuer la « chasse d'eau » en vue de disperser le traceur dans la nappe ... | 53 |
| Photo 6. Installation des sondes pour les mesures du profil d'humidité du sol .....                     | 55 |
| Photo 7. Vue de la partie supérieure de la sonde à humidité après installation.....                     | 55 |

# 1 PREAMBULE

## 1.1 Contexte de l'étude.

Deux sites de prises d'eau exploitées par la Société Wallonne Des Eaux (SWDE) à proximité d'Arquennes sont contaminés par le nitrate (concentrations supérieures à 50 mg/l) et par des produits phytosanitaires (simazine, atrazine et ses produits de dégradation : déséthylatrazine, désisopropylatrazine). L'eau captée n'est actuellement plus utilisée par la SWDE pour la distribution.

Le bassin versant de ces captages est situé exclusivement en zone agricole. Le bassin d'alimentation du premier site (à l'Ouest : une galerie et deux émergences) est couvert exclusivement par des terres de cultures. L'eau est captée dans la nappe des sables éocènes (Bruxellien et Yprésien). Ce bassin d'alimentation est, à la date de ce rapport, hors zone vulnérable. Le bassin d'alimentation du deuxième site (à l'Est : une galerie) est couvert de terres de cultures, comprend une ferme avec porcherie et est situé dans la zone vulnérable des sables bruxelliens.

Chaque site dispose d'un projet de zone de protection rapprochée ; la zone de protection éloignée leur est commune (Figure 1).

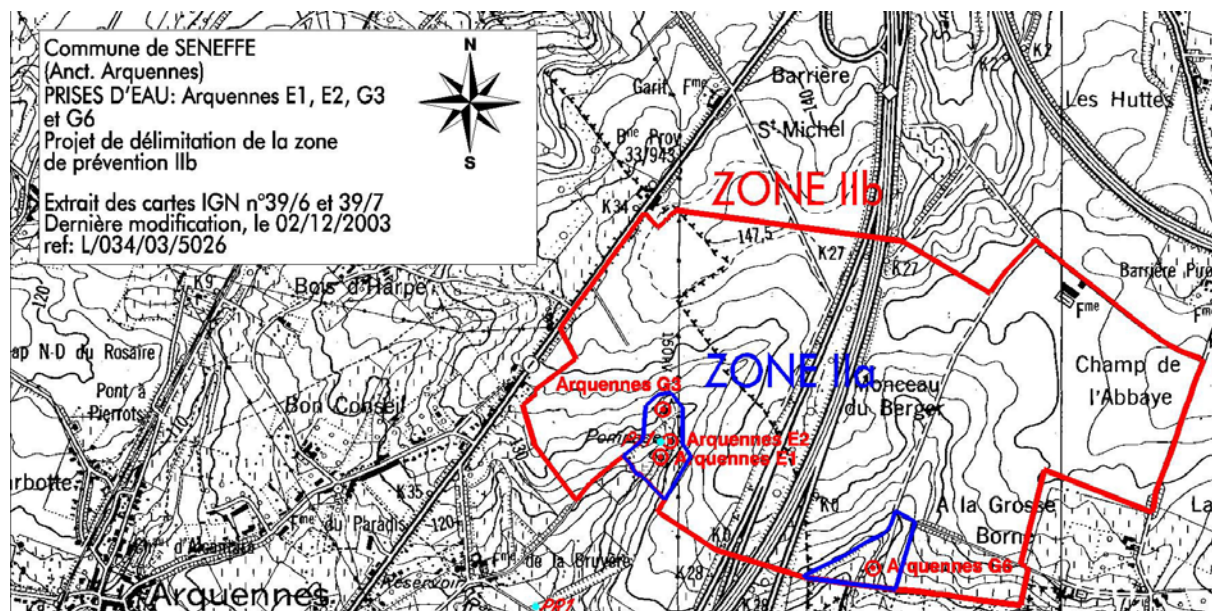


Figure 1. Projet de délimitation des zones de prévention rapprochées et éloignée (Source : SWDE)

Suite aux contacts avec l'Observatoire des Eaux Souterraines, la SWDE et la Société Publique de Gestion de l'Eau (SPGE) relatifs au projet de désignation des zones de prévention de ces prises d'eau à Arquennes et afin de répondre à leur demande de restrictions des pratiques agricoles au sein de ces zones de prévention, il est apparu que le site pourrait servir de site pilote pour :

- la mise en œuvre effective de bonnes pratiques agricoles en matière d'utilisation de fertilisants azotés;
- la détermination des améliorations à y apporter pour atteindre les objectifs de qualité des eaux souterraines captées sur ces sites de prises d'eau.

Les objectifs du programme d'actions ciblés par le présent projet de convention sont :

1. d'étudier et de mettre en place, dans le cadre des bassins versants pilotes d'Arquennes, un outil d'aide à la décision en matière de prévention de la contamination des eaux par le nitrate d'origine agricole à proximité des ouvrages de prise d'eau ;
2. d'encadrer les agriculteurs exploitant des parcelles situées dans les zones de prévention des sites de prise d'eau d'Arquennes afin d'ajuster leurs pratiques agricoles en vue d'améliorer la qualité de l'eau.

L'originalité et l'intérêt de ce projet de convention dépassent le cadre strict des bassins versants d'Arquennes et résident notamment dans :

- l'action concertée entre techniciens de terrains, scientifiques, représentants des agriculteurs et producteurs d'eau
- l'approche interdisciplinaire (hydrologie, géopédologie, agronomie, chimie, (hydro)géologie...)
- la conception d'une méthodologie générale qui soit reproductible sur d'autres bassins.



## **1.2 Programme de travail**

La convention définit 3 phases de travail :

### Phase 1 : caractérisation du contexte

- Identification des acteurs (agriculteurs, riverains, personnel de la SWDE) et des pratiques agricoles
- Diagnostic « infrastructures » : stockage des différents produits, puits, état des bâtiments, alimentation en eau, rejets d'eaux usées...
- Essais (pompages, traçages et analyses) in situ et en laboratoire pour caractérisation du sous-sol
- Analyses d'eau (nitrate et produits phytosanitaires)

### Phase 2 : Mise en œuvre des actions

- Liste d'actions à entreprendre : pratiques agricoles (fertilisation...), aménagement (cultures intercalaires pièges à nitrate, tournières...), infrastructures (gestions des flux d'eaux usées...)
- Etude des aspects financiers de ces actions
- Accompagnement individuel des agriculteurs
- Etablissement d'un bilan (input – output – solde) de l'azote à l'échelle des bassins versants
- Analyse des reliquats azotés du sol au printemps en vue d'établir un conseil de fertilisation
- Analyses des reliquats azotés du sol chaque année en début de période de lessivage (novembre)
- Suivi mensuel de la qualité de l'eau brute (nitrate et produits phytosanitaires)
- Calibration des modèles de flux et transport

### Phase 3 : Evaluation

- Evaluation intermédiaire à la fin de chaque saison culturale
- Evaluation finale de l'impact des mesures mises en place sur la qualité de l'eau et sur les coûts (rentabilité de l'exploitation) des actions et propositions d'actions pour l'agriculteur
- Etablissement d'un outil d'aide à la décision en matière protection contre la contamination des eaux par le nitrate d'origine agricole à proximité des prises d'eau.

### 1.3 Rappel des actions menées en 2005 et 2006

| Action   | Etat d'avancement |
|--|-------------------|
| <u>Phase 1 : caractérisation du contexte</u>   |                   |
| ▪ Identification des acteurs (agriculteurs, riverains, personnel de la SWDE) et des pratiques agricoles  | ■                 |
| ▪ Diagnostic « bâtiments » : stockage des différents produits, puits, état des bâtiments, alimentation en eau, rejets d'eaux usées...  | ■                 |
| ▪ Essais (pompages, traçages et analyses) in situ et en laboratoire pour caractérisation du sol  | ■                 |
| ▪ Analyses d'eau (nitrate et produits phytosanitaires)   | ■                 |
| <u>Phase 2 : Mise en œuvre des actions</u>   |                   |
| ▪ Liste d'actions à entreprendre : pratiques agricoles (fertilisation...), aménagement (cultures intercalaires pièges à nitrate, tournières...), bâtiments (gestions des flux d'eaux usées...) | ■                 |
| ▪ Etude des aspects financiers de ces actions  | ■                 |
| ▪ Accompagnement individuel des agriculteurs   | ■                 |
| ▪ Etablissement d'un bilan (input – output – solde) de l'azote à l'échelle des bassins versants  | ■                 |
| ▪ Analyse des reliquats azotés du sol au printemps en vue d'établir un conseil de fertilisation  | ■                 |
| ▪ Analyses des reliquats azotés du sol chaque année en début de période de lessivage (novembre)  | ■                 |
| ▪ Suivi mensuel de la qualité de l'eau brute (nitrate et produits phytosanitaires)   | ■                 |
| ▪ Calibration des modèles de flux et transport   | ■                 |
| <u>Phase 3 : Evaluation</u>  |                   |
| ▪ Evaluation intermédiaire à la fin de chaque saison culturale   | ■                 |
| ▪ Evaluation finale de l'impact des mesures mises en place sur la qualité de l'eau et sur les coûts (rentabilité de l'exploitation) des actions et propositions d'actions pour l'agriculteur   | ■                 |
| ▪ Etablissement d'un outil d'aide à la décision en matière de contamination des eaux par le nitrate d'origine agricole à proximité des prises d'eau  | ■                 |

#### Légende

- Action terminée
- Action en cours – timing respecté
- Action en cours – léger retard
- Action non-entamée – retard important
- Action non-entamée – timing respecté

## 2 CARACTERISTIQUES GENERALES DES DEUX BASSINS VERSANTS

Ce paragraphe est une synthèse d'éléments détaillés dans le premier rapport d'activités (Corswarem *et al*, 2005)

La zone d'étude appartient au district hydrographique international de l'Escaut.

La zone d'étude est située dans le bassin du ruisseau du Trieux, lui-même situé dans le bassin versant de la Samme, lui-même situé dans le bassin versant de la Senne (Figure 2), un des 15 sous-bassins hydrographiques défini par la Région wallonne<sup>1</sup> lors de l'établissement de sa politique de gestion de l'eau. Dans le cadre de cette étude, la zone est, elle-même, subdivisée en deux petits bassins, le bassin versant Ouest et le bassin versant Est.

Bassin de la Senne

### Figure 2. Les deux bassins versants d'Arquennes

Les sol et sous-sol des bassins versants d'Arquennes sont schématiquement constitués d'une couche de limon recouvrant une couche de sable, elle-même recouvrant une couche d'argile. Le contexte pédologique de ces deux bassins est relativement semblable : le sol est caractéristique de la région limoneuse (sable < 15%, limon > 70 %, argile < 20%).

Les deux bassins versants ne comportent pas de réseau hydrographique permanent.

La surface de la zone d'étude est de 76 ha entièrement occupés par des terres agricoles. Sept exploitations disposent d'une superficie significative sur les deux zones d'étude.

---

<sup>1</sup> Décret relatif au Livre II du Code de l'eau constituant le Code de l'Environnement (MB 23 septembre 2004)

### **3 ENCADREMENT DES AGRICULTEURS**

La campagne 2006-2007 a fait l'objet de modifications en ce qui concerne la réglementation « nitrate » en Région wallonne. En effet, un nouveau Programme de Gestion Durable de l'Azote en agriculture (PGDA) a été adopté par le Gouvernement wallon le 15 février 2007. Celui-ci modifie de manière substantielle un certain nombre de points du premier programme.

Le volet encadrement de ce rapport intermédiaire pour la campagne 2006-2007 couvre donc deux législations. C'est pourquoi certains points seront présentés à la fois selon l'ancien et le nouveau programme.

#### **3.1 Zones vulnérables**

Dans le premier Programme d'action, seul le bassin Est était situé dans la zone vulnérable des Sables bruxelliens. L'extension des zones vulnérables en Région wallonne à l'ensemble du nord du sillon de la Sambre et de la Meuse a pour effet que la totalité du bassin versant (Est et Ouest) se trouve dorénavant en zone vulnérable. Cela va avoir une implication pour l'ensemble des agriculteurs du bassin, notamment due aux nouvelles prescriptions spécifiques aux zones vulnérables.

#### **3.2 Les exploitations agricoles**

Les exploitations agricoles ayant des parcelles sur le bassin versant ont été décrites complètement dans le rapport d'activité intermédiaire 2005 (Corswarem et al, 2005).

#### **3.3 Taux de liaison au sol**

De nouvelles normes de productions d'azote et de nouveaux plafonds d'épandages étant définis lors de la révision du PGDA, le taux de liaison au sol 2006 ainsi que le LS prévisionnel 2007 sont présentés ci-dessous.

##### **Taux de liaison au sol 2006**

Le taux de liaison au sol 2006 a été envoyé aux agriculteurs en mai 2007.

Les plafonds d'épandage qui entraient en compte pour l'année 2006 étaient :

- 80 kg d'azote organique sur les terres arables situées en zone vulnérable ;
- 120 kg d'azote organique sur les terres arables situées hors zone vulnérable ;
- 210 kg d'azote organique sur les prairies.

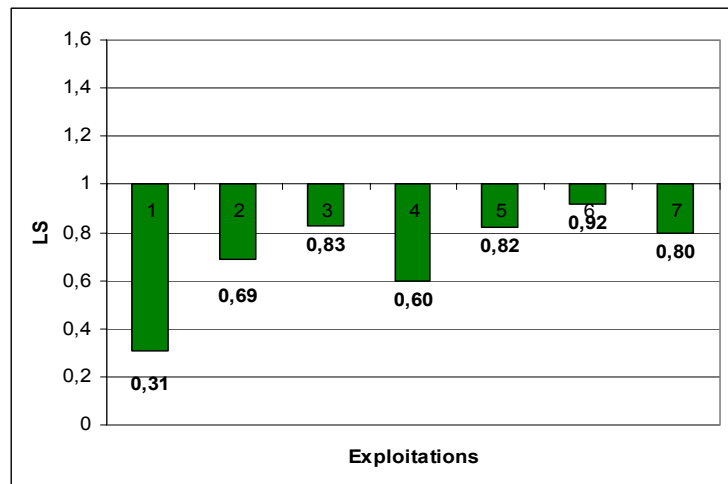


Figure 3. Taux de liaison au sol 2006

Tous les agriculteurs ont un LS 2006 inférieur à l'unité (Figure 3). Deux d'entre-eux étaient inscrits en démarche qualité en 2006 (agriculteurs 2 et 3).

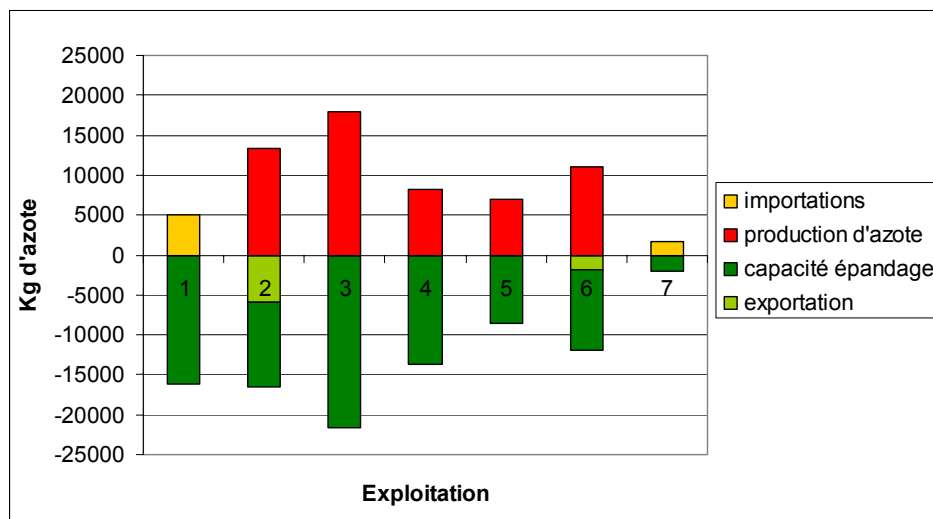


Figure 4. Répartition de la charge organique en 2006 des exploitations agricoles

On observe que les deux agriculteurs inscrits en démarche qualité (2 et 3) produisent respectivement 13.300 et 17.994 kg d'azote organique (Figure 4). Cela représente 54% de l'azote produit pour l'ensemble des agriculteurs du bassin versant.

Deux exploitations (2 et 6), en excès de production d'azote par rapport à leur capacité d'épandage, ont réalisé des exportations (via contrats avec d'autres agriculteurs) en 2006. Les exploitations 1 et 7 ont importé de l'azote sous forme de lisier de porcs provenant de l'exploitation 2.

## Taux de liaison au sol prévisionnels 2007

L'ensemble des agriculteurs du bassin versant se trouvant en zone vulnérable, ils recevront chaque année deux taux de liaison au sol, à savoir :

- *le taux de liaison au sol global (LS global)* dont les plafonds d'épandage à l'échelle de l'exploitation définis dans le second PGDA sont :
  - o 115 kg d'azote organique sur l'ensemble des terres arables de l'exploitation ;
  - o 230 kg d'azote organique sur l'ensemble des prairies de l'exploitation.
- *le taux de liaison au sol zone vulnérable (LS ZV)* dont le plafond d'épandage à l'échelle de l'ensemble des terres de l'exploitation est de 170 kg d'azote organique.

La figure suivante montre le taux de liaison au sol prévisionnel pour chaque agriculteur du bassin versant.

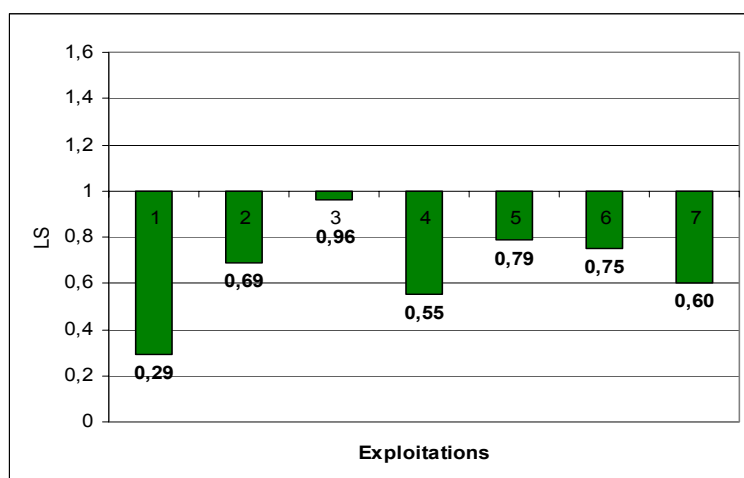


Figure 5. Taux de liaison au sol prévisionnel 2007

On note que l'ensemble des exploitations ont un LS prévisionnel 2007 inférieur à l'unité. Aucun agriculteur n'est limité par le LS ZV.

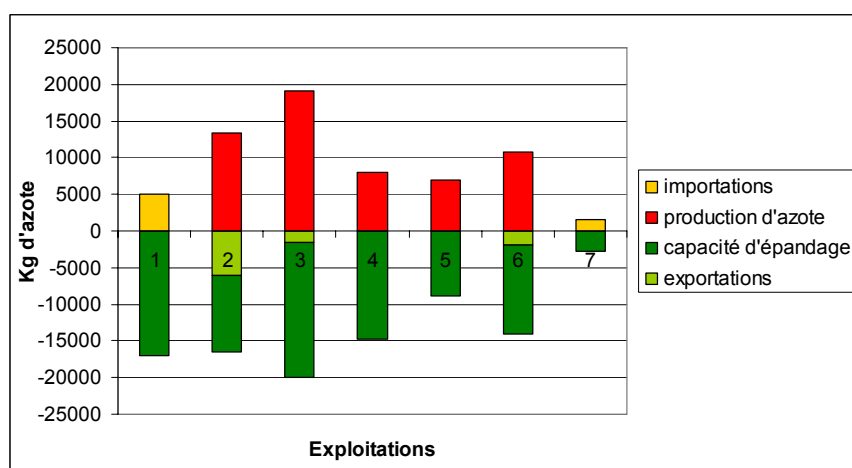


Figure 6. Répartition de la charge organique prévisionnelle en 2007 des exploitations agricoles

On note que l'agriculteur 3 qui n'avait pas fait de contrat d'exportation en 2006 a réalisé un contrat de 1500 kg pour l'année 2007.

## Comparaison taux de liaison au sol 2006 et prévisionnel 2007

Le Tableau 1 compare la charge organique entre le calcul du LS 2006 et du LS prévisionnel 2007 pour l'ensemble des agriculteurs du bassin versant.

**Tableau 1. Taux de liaison au sol 2006 et 2007**

|                | Azote produit<br>(kg N org.) | Azote importé<br>(kg N org.) | Azote exporté<br>(kg N org.) | Capacité d'épandage<br>(kg N org.) | LS   |
|----------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------------|------|
| <b>LS 2006</b> | 57.484,1                     | 6.640                        | 7.925                        | 82.532,61                          | 0,68 |
| <b>LS 2007</b> | 58.091,6                     | 6.640                        | 9.425                        | 84.537,81                          | 0,65 |

Le taux de liaison au sol global de l'ensemble des agriculteurs du bassin versant est nettement inférieur à l'unité. Le changement des normes de production d'azote par le cheptel conduit à une réévaluation à la hausse de l'estimation de la production totale d'azote pour l'ensemble des exploitations. Le changement des plafonds d'épandage a pour effet d'augmenter de manière significative la capacité d'épandage de l'ensemble des exploitations. Cela a pour conséquence, en plus du contrat supplémentaire réalisé par l'agriculteur 3, une diminution du taux de liaison au sol globale des agriculteurs du bassin versant entre 2006 et 2007 ; ce qui doit être lu comme une amélioration « administrative » de leur situation.

### 3.4 Mise en conformité des infrastructures de stockage des effluents

Cinq agriculteurs exploitant sur le bassin versant sont impliqués par la mise aux normes. Pour chaque agriculteur, une visite des bâtiments d'élevage et un calcul des volumes de stockage nécessaires ont été réalisés.

Le Tableau 2 donne une vue d'ensemble de l'état d'avancement de la mise aux normes des bâtiments d'élevage.

**Tableau 2. Mise en conformité des infrastructures de stockage des effluents**

| Agriculteur | Mise aux normes | Etat d'avancement | Coût estimé | Coût réel   |
|-------------|-----------------|-------------------|-------------|-------------|
| <b>1</b>    | Pas concerné    | /                 | /           | /           |
| <b>2</b>    | Oui             | Terminé           | /           | 43.675,15 € |
| <b>3</b>    | Oui             | En cours          | 62.745 €    | /           |
| <b>4</b>    | Oui             | En cours          | Non estimé  | /           |
| <b>5</b>    | Oui             | En cours          | Non estimé  | /           |
| <b>6</b>    | Oui             | En cours          | Non estimé  | /           |
| <b>7</b>    | Pas concerné    | /                 | /           | /           |

#### Agriculteur 1 et 7 :

Ces exploitations ne détenant pas de cheptel, elles ne sont pas concernées par le stockage d'engrais de ferme.

#### Agriculteur 2 :

La mise aux normes est terminée, l'ensemble des données est disponible dans le rapport d'activité intermédiaire 2006 (Marcoen et al, 2006)

#### Agriculteur 3 :

Les travaux de mise aux normes devraient commencer au plus tard début 2008. Le dossier d'agrément est rentré auprès du service extérieur de la Direction Générale de l'Agriculture concerné et est en cours de traitement.

#### Agriculteur 4 :

Dans le cadre de la mise aux normes de son exploitation, l'agriculteur souhaite introduire une demande d'application de l'article R 199 § 3 du Code de l'eau pour le stockage de purin. Il s'agit d'une demande de dérogation concernant une étable entravée où sont logés 18 bovins de plus de deux ans. Le niveau de paillage des ces bêtes est de 6 à 7 kg de paille/animal/jour. De plus l'alimentation de celles-ci se compose essentiellement de paille, maïs, foin et préfané. Le niveau de paillage ainsi que le type d'alimentation permettent la production d'un fumier réputé sec pouvant être stocké directement au champ. L'obtention de cette dérogation éviterait à l'agriculteur de devoir construire une capacité de stockage réglementaire de 20 m<sup>3</sup> pour le purin de l'étable entravée.

Agriculteur 5 et 6 :

Ces agriculteurs ont entamé les démarches de demande de devis estimatifs des travaux à réaliser.



### 3.5 Concentration en azote nitrique dans le sol en automne 2006

Une campagne d'échantillonnage d'azote potentiellement lessivable (APL) a été réalisée sur l'ensemble des parcelles du bassin versant au mois de novembre 2006 afin de mesurer le reliquat en azote nitrique du sol.

La carte suivante (Figure 7) présente les résultats des mesures réalisées sur les différentes parcelles en kg d'azote nitrique par hectare (kg N-NO<sub>3</sub> / ha).

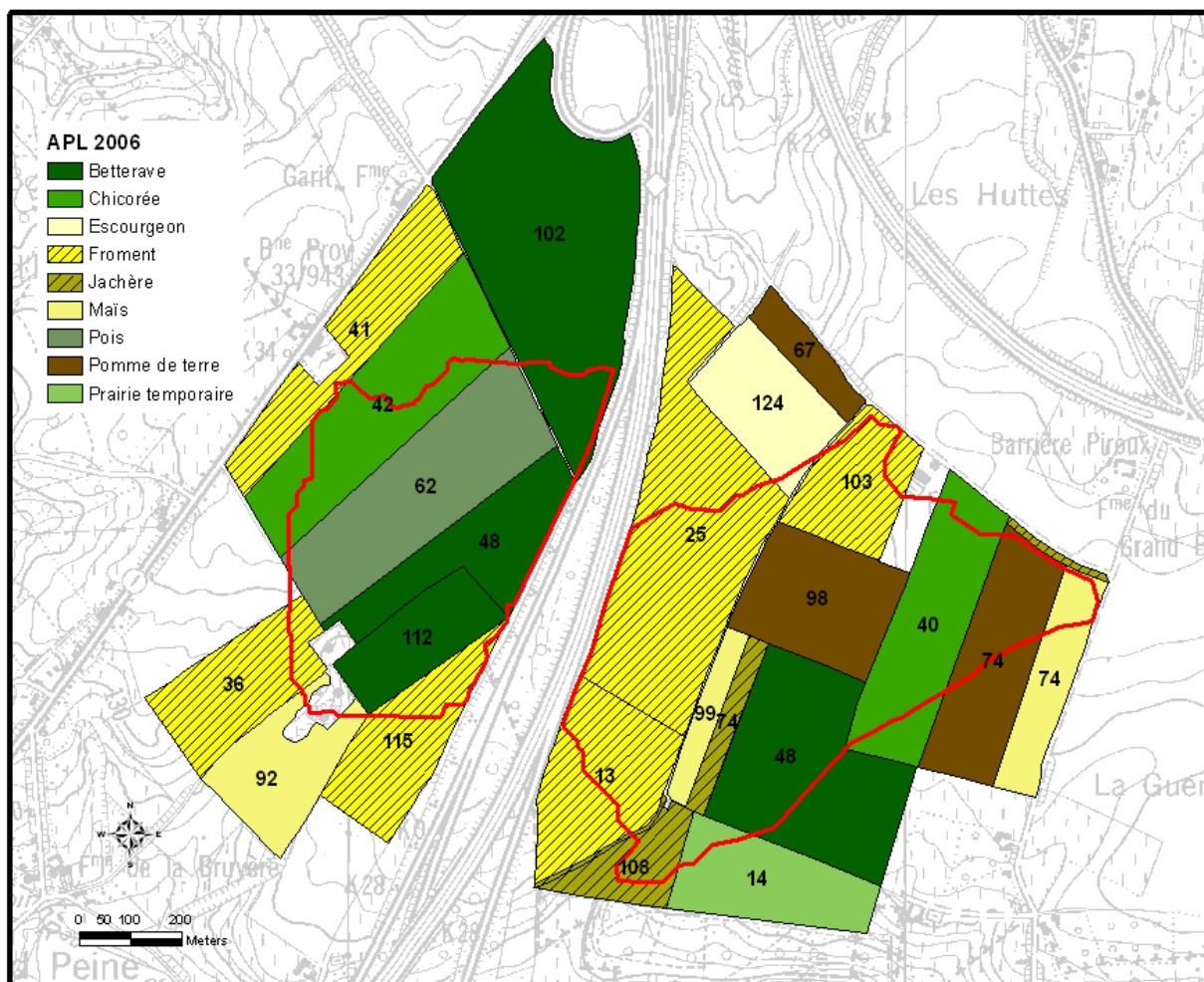


Figure 7. Carte des résultats APL 2006 (kg N-NO<sub>3</sub> / ha)

Les résultats du reliquat en azote du sol sur le bassin versant varient sous l'effet des cultures et des pratiques culturales. Afin d'analyser ces différents résultats, ceux-ci ont été comparés aux résultats des 26 fermes de références du « Survey Surface Agricole ».

#### Mode opératoire

La méthodologie de l'interprétation des résultats APL a été décrite de manière complète dans le rapport d'activité intermédiaire 2006 (Marcoen et al, 2006). Toutefois, il faut noter que, pour la campagne APL 2006, au vu des conditions climatiques particulières de l'année (ayant engendré un retard pour les moissons de froment, des semis tardifs de CIPAN et une minéralisation de l'humus augmentée par le travail du sol), les céréales suivies de CIPAN ont été déclassées par le Ministre de C1 en C2.

## Répartitions des différentes classes

Toutes les classes de cultures sont représentées sur le bassin versant. Les classes C1 et C2 représentent 79% des terres du bassin versant. La classe C3 regroupant les cultures à risque (pomme de terre, maïs) représente 17% du bassin versant (Tableau 3).

Tableau 3. Répartition des classes de culture dans la zone d'étude

| Classe | Superficie (ha) | Pourcentage (%) |
|--------|-----------------|-----------------|
| C1     | 52,76           | 35              |
| C2     | 67,13           | 44              |
| C3     | 26,21           | 17              |
| P      | 5,66            | 4               |

## Résultats 2006

Les reliquats azotés sont cotés de -2 (reliquat azoté très supérieur à la référence) à 2 (reliquat azoté très inférieur à la référence).

La répartition des cotes d'APL obtenues sur le bassin versant lors de la campagne 2006 sont présentées sur la carte ci-dessous (Figure 8).

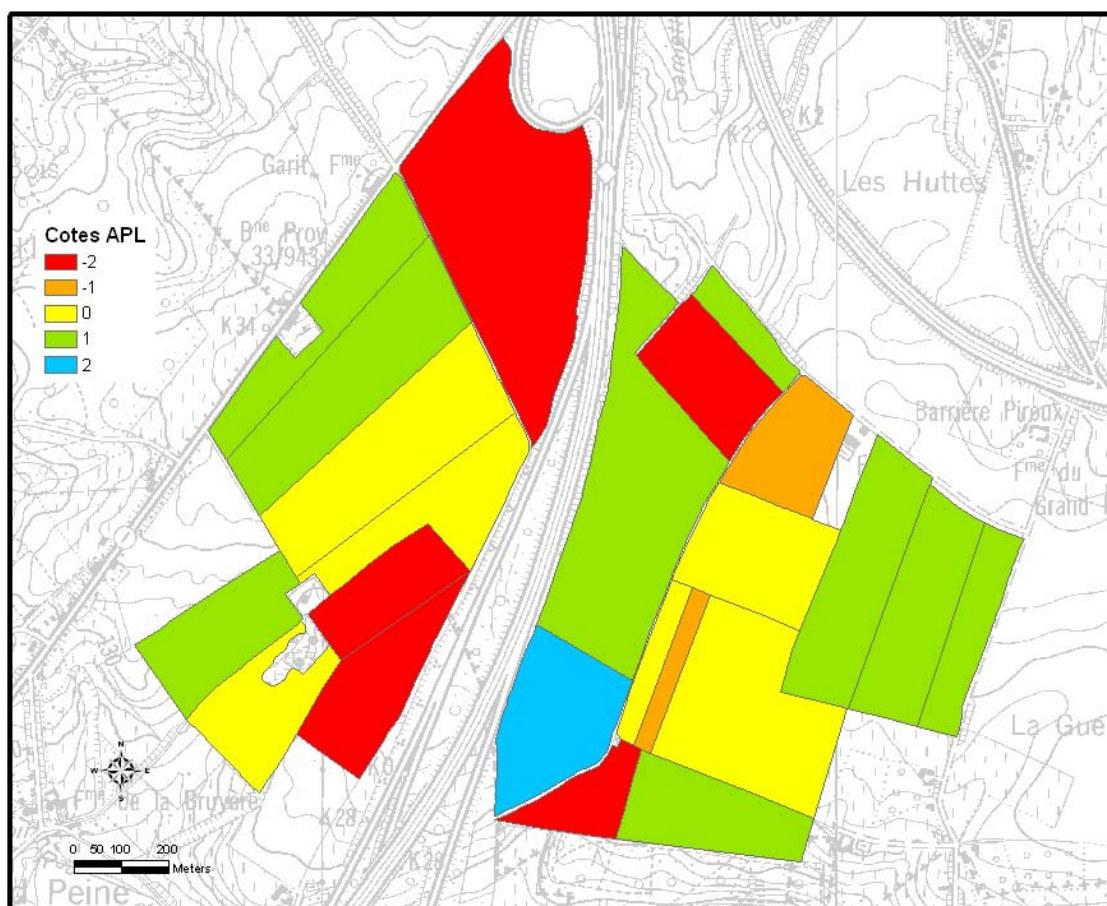


Figure 8. Carte des cotes APL 2006

On note (Tableau 4) que 73% des parcelles de la surface du bassin versant ont une cote supérieure ou égale à 0, ce qui est un résultat « satisfaisant ».

Tableau 4. Cotation APL par unité de surface

| Cote | Superficie (ha) | Pourcentage (%) |
|------|-----------------|-----------------|
| +2   | 7               | 5               |
| +1   | 64,12           | 42              |
| 0    | 39,03           | 26              |
| -1   | 6,41            | 4               |
| -2   | 35,2            | 23              |

En 2005, ce résultat concernait 59 % de la surface du bassin versant. On peut donc en conclure que les agriculteurs ont amélioré leur gestion de l'azote.

En 2006 les résultats positifs impliquent majoritairement les parcelles emblavées en froment suivi de CIPAN (23 ha), de chicorées (15,53 ha), de pommes de terre (15 ha), de froment suivi d'une culture d'hiver (13,5ha).

Les résultats de reliquat azotés négatifs représentent 27% de la surface du bassin versant. Ces surfaces sont emblavées en betteraves (21,9 ha), en froment sans CIPAN (5,4 ha), en escourgeon suivi de CIPAN (5ha) et en froment suivi de CIPAN (4,7 ha).

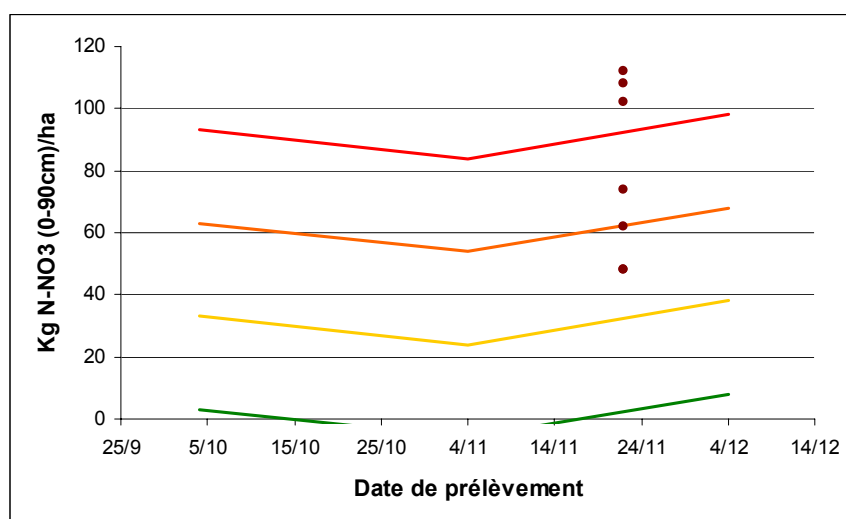
### Résultats de la classe C1

Les cultures comprises dans la classe C1 sont essentiellement la betterave et les pois suivis de phacélie (Tableau 5).

**Tableau 5. Type et superficie des cultures de classe C1**

| C1              | Superficie |
|-----------------|------------|
| Betterave       | 36,25 ha   |
| Pois + Phacélie | 11,9 ha    |
| Jachère         | 4,61 ha    |

Le graphique suivant (Figure 9) illustre le résultat des parcelles C1 par rapport aux courbes de références des fermes du « Survey Surface Agricole ».



**Figure 9. Graphe des cotations APL 2006 en C1**

Les cotes des parcelles emblavées en cultures de classe C1 sont réparties comme suit :

**Tableau 6. Cotation des superficies classées en C1**

| Cote | Superficies |
|------|-------------|
| 0    | 26,25 ha    |
| -1   | 1,71 ha     |
| -2   | 24,8 ha     |

Deux parcelles de betteraves et une parcelle de jachère sont concernées par une cote -2.

En betteraves, les reliquats exceptionnellement élevés (112 et 102 kg de N-NO<sub>3</sub>/ha) ne peuvent pas être uniquement liés à une fertilisation excédentaire. Celle-ci est d'environ 180 kg d'azote total efficace / ha. Ces résultats élevés s'expliquent également par un arrachage hâtif des betteraves début du mois de septembre provoquant une aération du sol combiné à des conditions climatiques exceptionnellement clémentes en arrière saison qui ont favorisé un pic de minéralisation de l'azote présent dans le sol.

Concernant la parcelle de jachère, une seconde analyse a été réalisée au mois de mars 2007 afin de vérifier le résultat obtenu en novembre (108 kg de N-NO<sub>3</sub>/ha). Il s'avère que la concentration en azote nitrique dans le sol a ce moment ne s'élevait plus qu'à 10 et 13 kg de N-NO<sub>3</sub>/ha. Il est fort peu vraisemblable que 90 kg d'azote se soient lessivés durant l'hiver. En effet, les reliquats d'azote nitrique en automne lors des deux campagnes précédentes révélaient un reliquat inférieur à 30 kg N-NO<sub>3</sub>/ha. L'erreur proviendrait de l'analyse ou plus vraisemblablement du prélèvement.

La parcelle concernée par une cote -1 est également une jachère. Il s'agit cependant d'un cas particulier en 2006 vu les dispositions prises par le Ministre, à savoir que les terres mises en jachère puissent être utilisées à des fins d'alimentation animale par pâturage ou fauche. L'agriculteur concerné a exercé son droit et a mis en pâturage cette parcelle de jachère.

Les parcelles concernées par la cote 0 sont deux parcelles de betteraves et une de pois suivie de phacélie. A noter que la parcelle de pois n'a reçu aucune fertilisation tant minérale qu'organique et que les parcelles de betteraves ont été arrachées plus tard dans la saison.

### Résultats de la classe C2

La classe C2 est représentée en majeure partie par des parcelles de froment suivi de CIPAN, de froment sans CIPAN et de chicorées (Tableau 7).

**Tableau 7. Type et superficie des cultures de classe C2**

| C2                 | Superficie |
|--------------------|------------|
| Froment + CIPAN    | 27,7ha     |
| Froment            | 18,9 ha    |
| Escourgeon + CIPAN | 5 ha       |
| Chicorée           | 15,53 ha   |

Le graphique suivant (Figure 10) illustre les résultats des parcelles C2 par rapport aux courbes de références des fermes du « Survey Surface Agricole ».

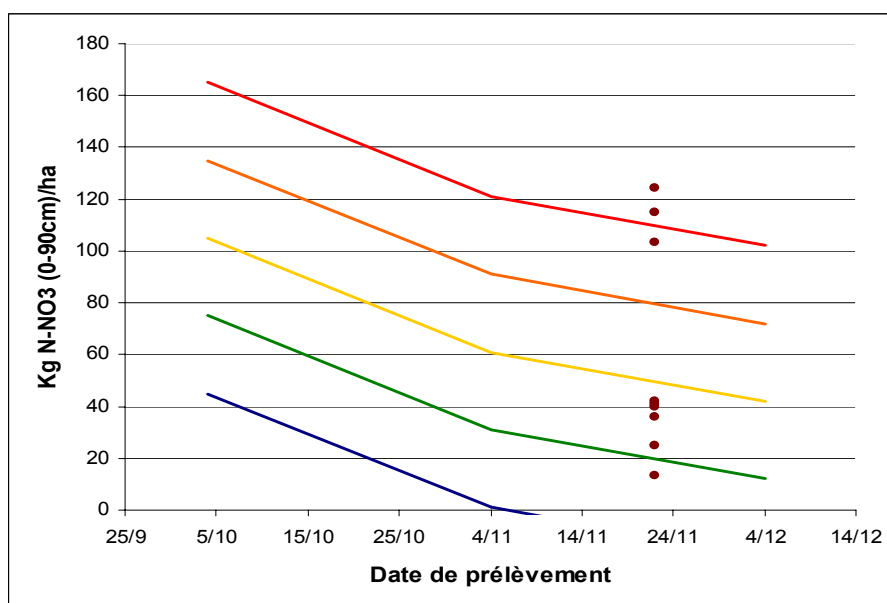


Figure 10. Graphe de cotation APL 2006 en C2

Les cotes des parcelles emblavées en cultures de classe C2 sont réparties comme suit :

Tableau 8. Cotation des superficies classées en C2

| Cote | Superficie |
|------|------------|
| -2   | 10,4 ha    |
| -1   | 4,7 ha     |
| +1   | 45,03 ha   |
| +2   | 7 ha       |

Les cotes -2 ont été attribuées à deux parcelles. La première emblavée en escourgeon suivie d'une moutarde a un APL de 124 kg de N-NO<sub>3</sub>/ha. Cette situation peut être expliquée par l'apport de lisier de porcs après la récolte (20 m<sup>3</sup>/ha en juillet), en effet le profil réalisé au mois de novembre était de 83 kg de N-NO<sub>3</sub> sur l'horizon 0-30 cm, 26 kg de N-NO<sub>3</sub> sur 30-60 cm et 15 kg de N-NO<sub>3</sub> sur 60-90 cm.

La seconde parcelle concernée par une cote -2 est emblavée en froment. Cette parcelle a reçu en post récolte un apport de fumier de bovin (20 tonnes/ha) qui n'a pas été suivi par l'implantation de CIPAN.

Une seule parcelle est concernée par une cote -1, il s'agit d'un froment suivi de moutarde. La cote négative s'explique également par un rendement limité (7 tonnes / ha) combiné à l'apport de lisier de porc après la récolte (20 m<sup>3</sup>/ha en septembre).

Les cotes +1 sont attribuées à quatre parcelles. Deux de celles-ci sont emblavées en chicorée et pour les deux autres il s'agit de froment suivit d'une culture d'hiver pour l'une et de phacélie pour l'autre. A noter qu'il n'y a eu aucun apport d'engrais de ferme sur les parcelles de froment en post récolte.

Une parcelle est notée avec une cote + 2. Il s'agit d'une parcelle de froment avec un apport de fumier de bovin suivi d'une implantation de moutarde.

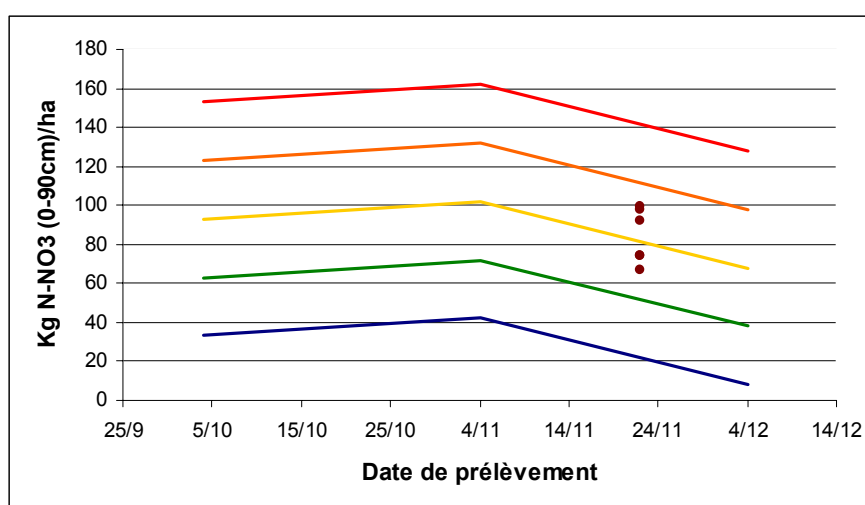
### Résultat de la classe C3

La classe C3, qui reprend les cultures dites à risque, est représentée par la pomme de terre et le maïs (Tableau 9).

**Tableau 9. Type et superficie des cultures de classe C3**

| C3             | Superficies |
|----------------|-------------|
| Pomme de terre | 15 ha       |
| Maïs           | 11,21 ha    |

Le graphique suivant (Figure 11) illustre les résultats des parcelles C3 par rapport aux courbes de références des fermes du « Survey Surface Agricole ».



**Figure 11. Graphe de cotation APL 2006 en C3**

Les cotes des parcelles emblavées en cultures de classe C3 sont réparties comme suit :

**Tableau 10. Cotation des superficies classées en C2**

| Cote | Superficies |
|------|-------------|
| 0    | 12,78 ha    |
| +1   | 13,43 ha    |

Six parcelles sont impliquées par la classe C3. Trois d'entre-elles ont reçu une cote 0, il s'agit de deux parcelles de maïs et une de pommes de terre. Les trois dernières parcelles (deux en pomme de terre et une en maïs) ont reçu une cote +1.

On note une évolution vers la hausse du reliquat d'azote nitrique en fonction de l'augmentation de fertilisation. En effet en ce qui concerne le maïs on observe que la parcelle ayant reçu une fertilisation totale efficace de 200 kg d'azote / ha a une cote de 0 (APL de 99 kg de N-NO<sub>3</sub> / ha) par rapport aux deux autres parcelles, ayant reçu une fertilisation totale efficace de 150 et 170 kg d'azote / ha, qui elles ont une cote +1 (APL de 92 et 74 kg de N-NO<sub>3</sub> / ha).

En pomme de terre, la même observation est faite, la parcelle ayant reçu une fertilisation totale efficace de 189 kg d'azote / ha a une cote de 0 (APL de 98 kg de N-NO<sub>3</sub> / ha) par rapport aux deux autres parcelles ayant reçu une fertilisation totale efficace de 129 et 176 kg qui elles ont une cote +1 (APL de 67 et 74 kg de N-NO<sub>3</sub>)

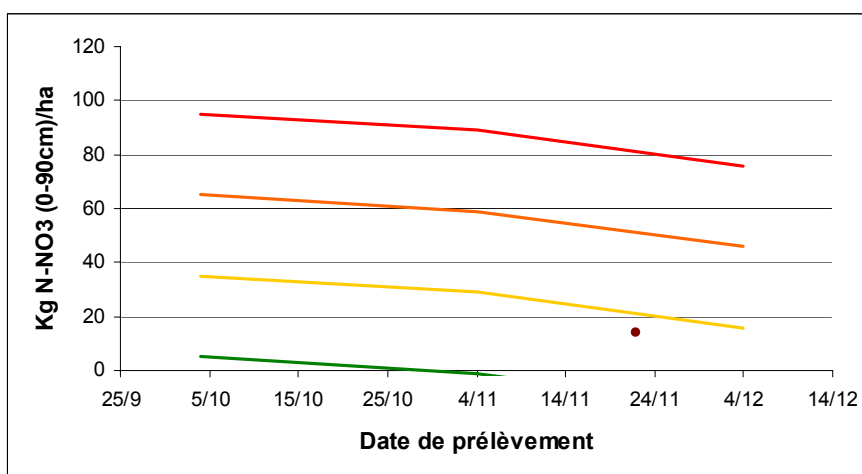
### Résultat de la classe P

La classe P est représentée par une prairie pâturée (Tableau 11).

**Tableau 11. Superficie de la classe prairie**

| P               | Superficie |
|-----------------|------------|
| Prairie pâturée | 5,66 ha    |

Le graphique suivant (Figure 12) illustre les résultats de la parcelle P par rapport aux courbes de références des fermes du « Survey Surface Agricole ».



**Figure 12. Graphe de cotation APL 2006 en P**

La cote de la parcelle emblavée en prairie pâturée est de +1 pour une mesure d'APL de 14 kg de N-NO<sub>3</sub>/ha

### Evaluation de la cote de gestion globale de l'azote par agriculteur :

La cote de gestion globale de l'azote (CGG) par agriculteur (Tableau 12), nous indique l'impact de la gestion de la fertilisation à la parcelle pour chaque agriculteur impliqué sur le bassin versant. On la calcule en faisant la moyenne des cotes par parcelle.

**Tableau 12. Cotes de gestion globale de l'azote des agriculteurs de la zone d'étude**

| Agriculteur | CGG 2005 | CGG 2006 | Surface (ha) | Superficie du BV (%) |
|-------------|----------|----------|--------------|----------------------|
| 1           | 0,75     | 0,2      | 66,6         | 43,8                 |
| 2           | -0,66    | 0        | 8,9          | 5,9                  |
| 3           | -0,11    | 0,6      | 44,63        | 29,4                 |
| 4           | 0        | -2       | 9,4          | 6,2                  |
| 5           | 0        | 0        | 4,78         | 3,1                  |
| 6           | -1       | 1        | 6            | 3,9                  |
| 7           | -1       | -0,7     | 11,7         | 7,7                  |

Au vu des résultats 2006, cinq agriculteurs ont une cote de gestion globale de l'azote supérieur ou égale à un. Cela peut être interprété comme une gestion de l'azote par agriculteur satisfaisante. Cet impact positif a lieu sur 86% de la surface du bassin versant.

Par contre, deux agriculteurs ont une cote de gestion globale de l'azote négative. Cela concerne 14 % du bassin versant. Par rapport à la campagne 2005, nous observons une nette amélioration, en effet les cotes négatives représentaient 46 % de la surface du bassin versant.







### 3.7 Conseils de fertilisation 2007

Pour la campagne 2006-2007 des conseils de fertilisation ont été donnés au courant des mois de mars et avril.

Différents échantillons de terre ont été prélevés et analysés par le laboratoire provincial de La Hulpe. Sur base des reliquats observés, le laboratoire a établi un conseil de fertilisation.

Pour chaque analyse de sol, un calcul de bilan prévisionnel a également été réalisé à l'aide de la fiche fertilisation raisonnée créée par Nitrawal. Le conseil via la fiche se veut avant tout didactique afin de faire prendre conscience à l'agriculteur des éléments qui entrent en compte dans un conseil de fertilisation. Dans tous les cas, c'est le conseil du laboratoire qui a été privilégié.

Tableau 13. Reliquat azoté en sortie d'hiver et conseils de fumure

| Parcelles              | Précédent | Culture envisagée | Reliquat*<br>0-30 | Reliquat<br>30-60 | Reliquat<br>60-90 | Conseil<br>Labo** | Conseil Bilan<br>prévisionnel |
|------------------------|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------|
| Le long de l'autoroute | Froment   | Betterave         | 12                | 11                | 16                | 125               | 130                           |
| La Guenette            | Froment   | Betterave         | 14                | 21                | 21                | 145               | 124                           |
| Le long autoroute      | Froment   | Betterave         | 12                | 27                | 19                | 75                | 65                            |
| Moto                   | Froment   | Betterave         | 19                | 19                | 11                | 125               | 110                           |
| Captage                | Maïs      | Maïs              | 6                 | 7                 | 12                | 185               | 225                           |
| Obin                   | Froment   | Maïs              | 22                | 31                | 13                | -                 | 139                           |
| La Guenette            | Froment   | P de t            | 9                 | 14                | 18                | 185               | 187                           |
| Le Long du bois        | Prairie   | P de t            | 13                | 21                | 17                | 100               | 146                           |
| Obin                   | Froment   | P de t            | 22                | 31                | 13                | 115               | 86                            |

\* Reliquat en Kg de N-NO<sub>3</sub>/ha

\*\* Conseil en Kg de N/ha

### La betterave

En betterave, sur les quatre parcelles ayant reçus des conseils de fertilisation deux agriculteurs (1 et 3) ont légèrement dépassé la fertilisation conseillée sur leur parcelle. Ce dépassement est évalué de 5 à 39 unités d'azote/hectare.

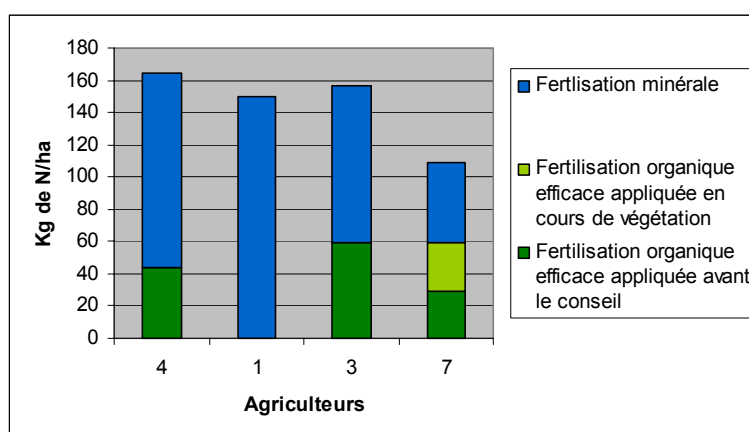


Figure 14. Fertilisation totale efficace 2007 en betterave

Lors de la campagne 2006-2007, la fertilisation totale efficace en betterave varie de 109 à 164 kg d'azote total efficace (Figure 14) contrairement à la campagne 2005-2006 où celle-ci avoisinait les 183 à 188 kg d'azote total efficace pour des réserves dans le sol du même ordre de grandeur.

## Le maïs

Trois parcelles ont été emblavées en maïs et deux ont reçu un conseil de fertilisation. Une parcelle n'a reçu un conseil que sur base de la fiche fertilisation de Nitrawal car l'agriculteur a changé son assolement en maïs après avoir reçu le conseil du laboratoire qui concernait la culture de pomme de terre. Enfin, une troisième parcelle a été emblavée en maïs en dernière minute. Pour celle-ci, aucun conseil de fertilisation n'a été donné. Dans les trois cas, la fertilisation totale efficace est de l'ordre de 150 kg N / ha, ce qui est inférieur au conseil donné pour deux d'entre-elles.

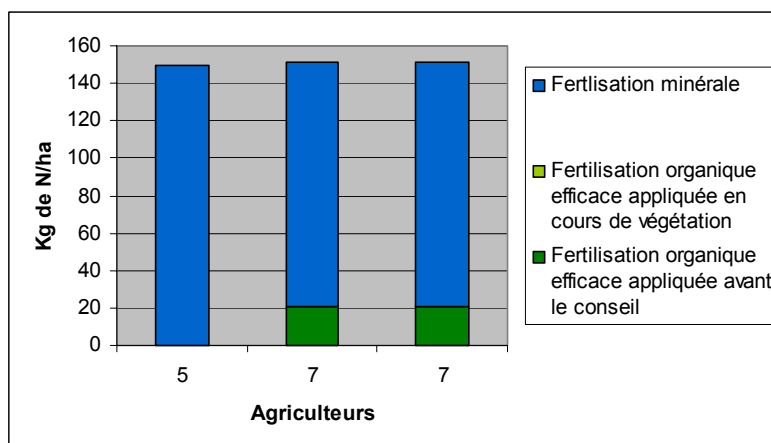


Figure 15. Fertilisation totale efficace 2007 en maïs

## La pomme de terre

Pour les trois parcelles de pommes de terre, la fertilisation appliquée est inférieure au conseil.

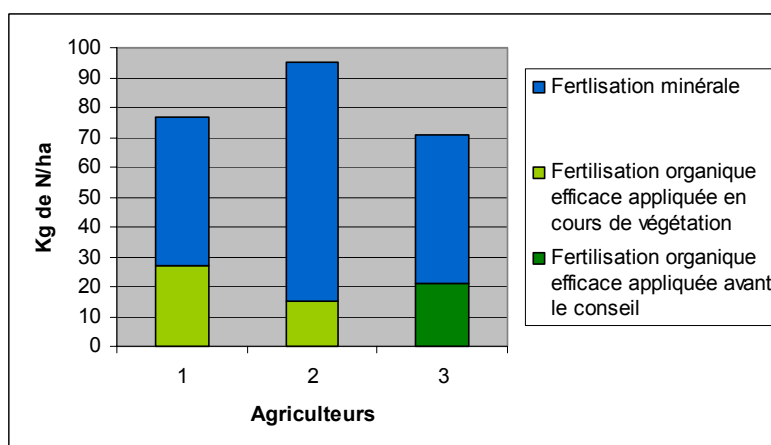


Figure 16. Fertilisation totale efficace 2007 en pommes de terre

## Les céréales

En froment les fertilisations totales appliquées varient de 150 à 200 kg d'azote total / ha avec la majorité des parcelles entre 190 et 200 kg d'azote total / ha. Selon les recommandations du livre blanc, édition de février 2007, la fertilisation de base était de 185 kg d'azote total / ha.

En escourgeon les fertilisations totales appliquées sont de 140 et 145 kg d'azote totale/ha. Selon les recommandations du livre blanc, édition de février 2007, la fertilisation de base était de 165 kg d'azote total / ha.



### **3.9 Dérogations**

Dans le premier programme d'action, les agriculteurs qui ne respectaient pas un taux de liaison au sol interne inférieur à l'unité avaient la possibilité de rentrer en démarche qualité. Dans le second programme d'action, cette démarche n'existe plus et est remplacée par une démarche transitoire jusqu'au 31 décembre 2008.

Les agriculteurs limités par le 170 kg d'azote organique / ha à l'échelle de l'exploitation peuvent quant à eux rentrer dans une démarche dérogatoire.

#### **Démarche qualité**

Cette démarche permettait aux agriculteurs d'élever les plafonds d'épandage à 130 kg d'azote organique sur terres arables et 250 kg d'azote organique en prairie. Les principes de la démarche qualité ont été expliqués dans le rapport d'activité intermédiaire 2005 (Corswarem et al, 2005).

Afin de pouvoir déroger, les agriculteurs avaient un certain nombre d'obligations à respecter et recevaient de la part de Nitrawal un bilan de campagne faisant état de leur pratiques en regard des exigences requises et du respect de la législation. Les principales conclusions de ce bilan de campagne 2006 sont présentées ci-dessous.

#### **Présentations des conclusions des bilans de campagne 2006**

##### Exploitation n°2

- les plafonds des fertilisations organiques sont respectés ;
- le plafond de fertilisation totale en pois de conserverie est dépassé ;
- les cotes de gestion globale de l'azote et de risque lié à l'assolement sont positives et reflètent le caractère satisfaisant des APL ;
- les mesures obligatoires (CIPAN, ...) sont respectées.

##### Exploitation n°3

- les fertilisations organiques tant en prairie qu'en culture respectent les maxima autorisés ;
- les plafonds en fertilisation totale ne sont pas toujours respectés e maïs et prairie;
- la cote de gestion globale de l'azote et la cote de risque lié à l'assolement sont satisfaisantes ;
- toutes les mesures obligatoires (CIPAN, charge au pâturage, ...) sont respectées ;
- les mesures complémentaires recommandées lors du bilan de campagne 2005 ont été suivies.

#### **Démarche transitoire**

Les agriculteurs inscrits en démarche qualité au 31 décembre 2006 ont la possibilité de rester dans une démarche dite transitoire jusque fin 2008 afin de déroger aux plafonds d'épandages définis dans le nouveau PGDA.

Ceux-ci sont de :

- 130 kg d'azote organique / ha sur les terres arables ;
- 230 kg d'azote organique / ha sur prairies.

Pour pouvoir bénéficier de cette dérogation, l'agriculteur doit se soumettre à un certain nombre d'obligations comme par exemple :

- avoir réalisé au printemps 2007 trois analyses de terre en vue d'un conseil de fertilisation ou à défaut de faire analyser tous ces engrais de ferme et de réaliser des pesées ;
- réaliser 3 analyses de sol au printemps 2008 ;
- réaliser un plan prévisionnel de fertilisation.

Les deux agriculteurs inscrits en démarche qualité en 2006 continuent en démarche transitoire jusque fin 2008.

## Démarche dérogatoire

Les agriculteurs situés en zone vulnérable et qui ont plus de 48% de prairies sont limités par rapport au plafond de 170 kg d'azote organique à l'échelle de l'exploitation. Sur le bassin versant d'Arquennes, aucun agriculteur n'est concerné.

### 3.10 Respect du 1<sup>er</sup> PGDA

De manière générale, les agriculteurs exploitant des terres sur le bassin versant d'Arquennes respectaient les prescriptions indiquées dans le premier programme d'action (Tableau 14). En effet, toutes les exploitations sont liées au sol et les bonnes pratiques étaient et sont largement répandues.

Par contre, un point important du premier programme n'était pas respecté puisque au 1<sup>er</sup> janvier 2007, quatre exploitations devaient encore se mettre aux normes en ce qui concerne le stockage des engrais de ferme. De plus les plafonds d'épandage en fertilisation azotée totale n'étaient pas toujours respectés (ces plafonds ne figurent plus dans le second programme).

Enfin un agriculteur n'a pas mis de CIPAN après un épandage d'été. Toutefois, les agriculteurs du bassin versant ont pris conscience de l'importance du respect des prescriptions réglementaires. Ils ont entamé les démarches de mise aux normes et les prescriptions du second programme devraient être respectées.

Tableau 14. Evaluation par agriculteur du respect du PGDA

| Agriculteurs | L<br>S | Mises<br>aux<br>normes | Périodes et<br>conditions<br>d'épandage | Plafonds<br>épandage à<br>la parcelle | Bonnes pratiques agricoles |                             |                |                      |
|--------------|--------|------------------------|---|---------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------|----------------------|
|              |        |                        |   |                                       | CIPAN<br>50%               | Fertilisatio<br>n raisonnée | Analyse<br>sol | Analyse<br>effluents |
| 1            | +      | +                      | +                                       | +                                     | +                          | +                           | +              | +                    |
| 2            | +      | +                      | +                                       | -                                     | +                          | +                           | +              | +                    |
| 3            | +      | -                      | +                                       | -                                     | +                          | +                           | +              | +                    |
| 4            | +      | -                      | -                                       | -                                     | +                          | +                           | +              | +                    |
| 5            | +      | -                      | +                                       | +                                     | +                          | +                           | +              | +                    |
| 6            | +      | -                      | +                                       | +                                     | +                          | +                           | +              | +                    |
| 7            | +      | +                      | +                                       | +                                     | +                          | +                           | +              | +                    |

## 4 L'EAU SOUTERRAINE

### 4.1 Monitoring du niveau piézométrique

Ce suivi a débuté par un monitoring automatique réalisé à l'aide de sondes enregistrant toutes les heures le niveau piézométrique local. Ce monitoring avait pour but de mettre en évidence les piézomètres ayant un comportement similaire. Dans l'ensemble les variations observées furent faibles (quelques centimètres) mais permirent néanmoins de distinguer, en première approche, trois groupes de piézomètres aux comportements distincts.

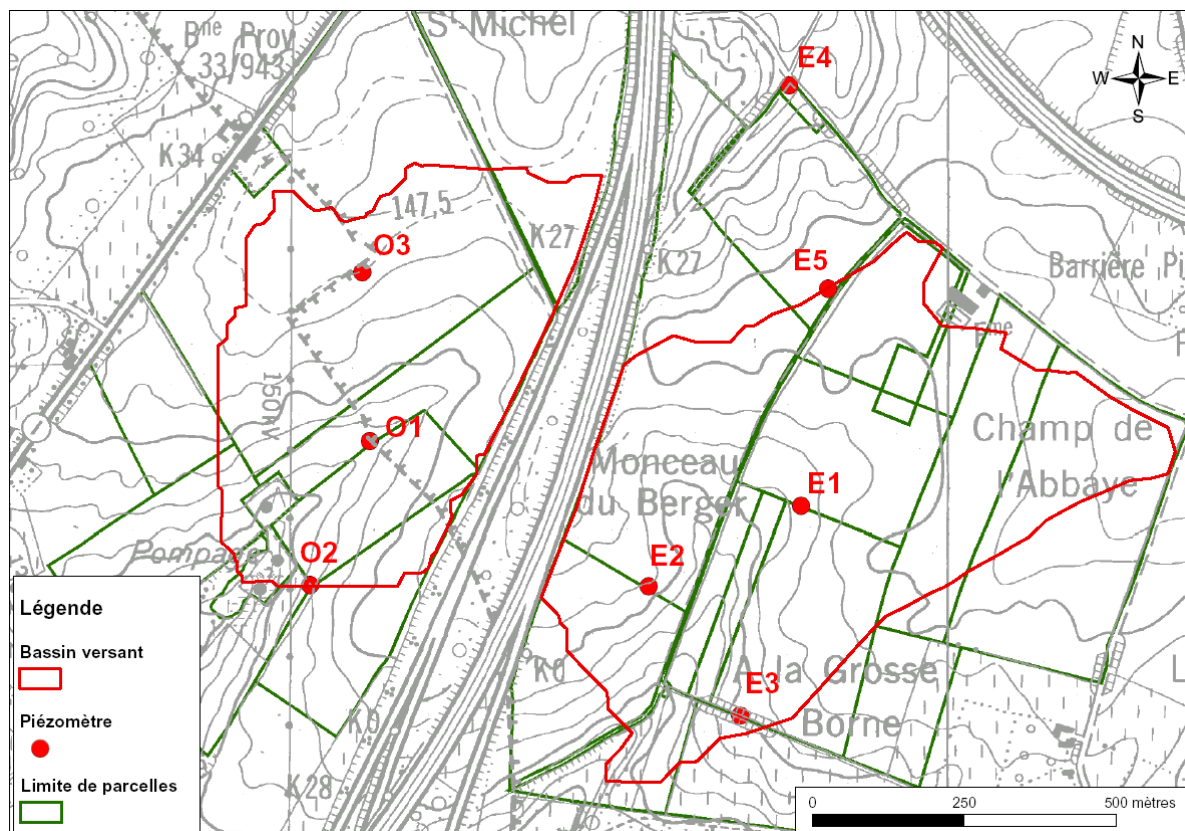
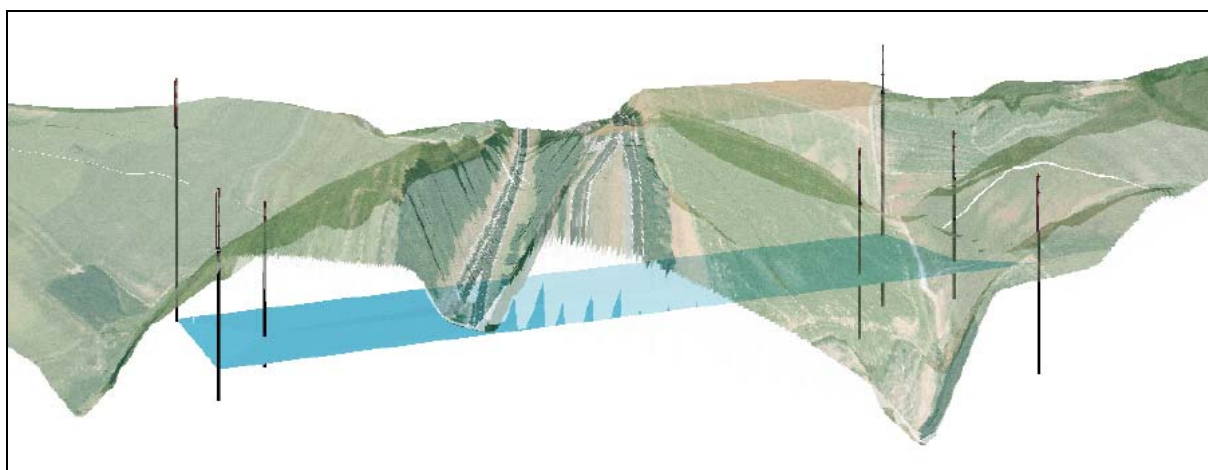


Figure 18. Carte de localisation des piézomètres

Suite à cette première période de monitoring, un monitoring manuel a été mis en œuvre avec une fréquence hebdomadaire. Il a permis de préciser le gradient hydrodynamique (sens d'écoulement) de la nappe, selon une composante principale Nord –Sud (en direction des prises d'eau) et une composante Est-Ouest (Figure 19). De plus, la superposition du relief au niveau piézométrique confirme que l'autoroute n'intercepte pas l'aquifère.





**Figure 19. Vue 3D du niveau piézométrique**

La période de mesure demeure encore à ce jour trop courte pour permettre de quantifier avec précision le temps de réponse entre les phénomènes d'infiltration et la variation de niveau d'eau de la nappe.

Néanmoins, l'augmentation des niveaux d'eau observés à partir de février 2006 au droit des piézomètres réactifs pourrait être liée aux infiltrations observées entre décembre 2004 et mars 2005 (soit un délai de 11 à 14 mois) de même que l'augmentation des niveaux d'eau observés à partir de février 2007 pourrait être liée aux infiltrations observées entre décembre 2005 et mars 2006 (soit un délai de 11 à 14 mois). Par ailleurs, la descente des niveaux d'eau observée en juin 2006 pourrait être liée à la période sèche avril 2005 – novembre 2005 de même que la descente observée à partir de mai 2007 pourrait être liée à la période sèche juin 2006-novembre 2006. Ceci semble être validé par l'interprétation de l'essai multi-traçage réalisé en zone non saturée.

## **4.2 Cartes piézométriques**

Suite à l'observation de l'évolution des niveaux d'eau au droit des différents piézomètres, quatre cartes piézométriques intéressantes ont été tracées pour les dates suivantes :

- 29 décembre 2005 (période de basses eaux<sup>2</sup>);
- 06 avril 2006 (période de moyennes eaux<sup>1</sup>, avec maximum piézométrique pour PZ E4);
- 10 août 2006 (période de moyennes eaux<sup>1</sup>, avec minimum piézométrique pour PZ E4);
- 8 juin 2007 (période des hautes eaux<sup>1</sup>) (Figure 20).

Ces cartes piézométriques prennent en compte les potentiels imposés tels que les émergences ou encore, pour la situation du 8 juin 2007 les niveaux d'eau des ruisseaux.

Globalement, les écoulements de la nappe déduits des mesures piézométriques sont d'orientation Nord-Est / Sud-Ouest, depuis PZ E1 et PZ E5 en direction de PZ O2 (Figure 20).

Les gradients piézométriques sont de l'ordre de 1,0 à 1,1 % dans la partie amont de la zone d'étude et de 3 à 3,4 % dans la partie aval de la zone d'étude.

Les niveaux d'eau se situent environ 10 à 15 mètres sous le niveau topographique de l'autoroute et ne semblent pas influencés par le réseau de drainage de cette dernière.

<sup>2</sup> Relativement à la période de mesure

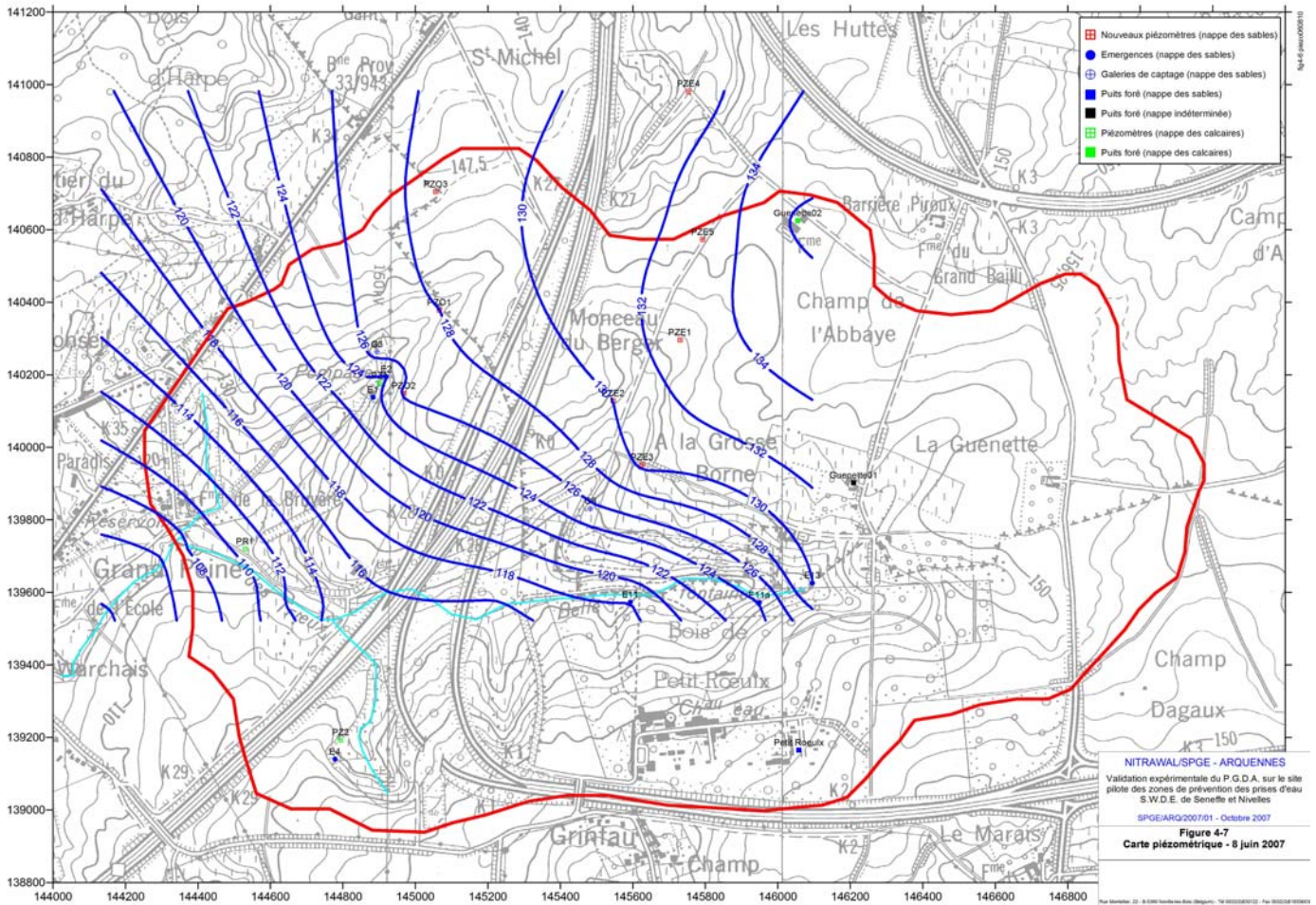


Figure 20. Carte piézométrique (Source : Aqualé sprl)

Par ailleurs, les réseaux de collecte des eaux de ruissellement situés à proximité des tunnels passant sous l'autoroute ne semblent pas drainer les eaux en provenance de cette dernière.



## 5 LE DEBIT DES PRISES D'EAU, SOURCES ET RUISSEAUX

### 5.1 Les prises d'eau

L'approche géocentrique de centre (X = 145500, Y = 140000) et de rayon 2000 mètres est disponible pour la période allant du 01 janvier 1995 au 04 septembre 2006. Elle renseigne la présence de 14 ouvrages situés à proximité de la zone étudiée. Parmi ces ouvrages, on dénombre :

- deux galeries à flanc de coteaux (G3 et G6) et six sources à l'émergence (E1, E2, E4, E11, E11a et E13), situées dans les sables bruxelliens et gérés par la S.W.D.E. ;
- un piézomètre de reconnaissance (PR1) et deux piézomètres (PZ1 et PZ2), situés dans les calcaires carbonifères du bord Nord du Bassin de Namur et gérés par la S.W.D.E. ;
- un puits foré (Bois de Petit Roeulx) situé dans les sables bruxelliens et exploité par la S.A. MECAR dans le cadre de la fabrication industrielle de produits non alimentaires ;
- un puits foré (chemin de la Guenette) situé dans les calcaires carbonifères du bord Nord du Bassin de Namur et exploité par M. Obin pour de l'élevage ;
- un puits foré (Guenette) dont la situation est inconnue (mais vraisemblablement situé dans les sables bruxelliens) et exploité par M. Derideau pour de l'élevage.

La société S.A. MECAR a exploité son puits à raison d'un volume de 2700 à 3000 m<sup>3</sup>/an entre 1995 et 2001, 17832 m<sup>3</sup>/an en 2002, 30339 m<sup>3</sup>/an en 2003 et 35751 m<sup>3</sup>/an en 2004.

Le puits de M. Derideau est exploité à raison de 1200 à 1800 m<sup>3</sup>/an (données 2001 – 2003).

Les débits historiques des ouvrages de la S.W.D.E. (G3) sont disponibles annuellement de 1995 à 1999 et hebdomadairement de janvier 2000 à septembre 2007.

Afin de pallier au manque de données de débits, la S.W.D.E. a procédé récemment à l'installation de débitmètres automatiques sur les émergences E1 et E2 ainsi que sur la galerie G6.

L'observation de ces mesures de même que de certaines mesures manuelles de ces débits effectuées entre 2005 et 2007 renseignent les valeurs suivantes :

- galerie G6 : de 7,5 à 11 m<sup>3</sup>/heure ;
- émergence E1 : de 0,5 à 1,5 m<sup>3</sup>/heure ;
- émergence E2 : de 4,5 à 7,5 m<sup>3</sup>/heure ;
- galerie G3 : de 5 à 21 m<sup>3</sup>/heure.

### 5.2 Le ruisseau

La carte piézométrique (Figure 20) illustre le fait que les prises d'eau de la SWDE n'interceptent pas la totalité des écoulements d'eau souterraine. Pour pouvoir paramétrer le modèle, il est dès lors indispensable d'étendre la zone d'étude jusqu'à l'exutoire naturel de la nappe, c'est-à-dire le cours d'eau et d'y réaliser un monitoring du débit.

Dans ce cadre, début 2007, deux stations de mesures automatiques de débits ont été installées par la Région Wallonne (Direction des Cours d'eau non navigables) :

- Sur le ruisseau de la Belle Fontaine, en amont de l'embouchure Nord du tunnel passant sous l'autoroute Charleroi / Bruxelles ;
- Sur le ruisseau des Trieux, au Sud de la ferme de la Bruyère.

Pour la station de Belle Fontaine, on y observe un débit moyen de 0,006 m<sup>3</sup>/s, soit 22 m<sup>3</sup>/heure avec des pics pouvant atteindre 0,050 m<sup>3</sup>/s (180 m<sup>3</sup>/heure).

Pour la station aval, les données collectées ne sont pas encore exploitables car la courbe de tarage doit être améliorée par la Direction des Cours d'eau non navigables.

## 6 LE NITRATE DANS LES EAUX SOUTERRAINES.

### 6.1 Aux prises d'eau

Des analyses d'eau sont réalisées régulièrement par la SWDE depuis 1998.

Les résultats indiquent que la situation s'est clairement dégradée en 1998 en ce qui concerne la galerie G6 et en 2002 en ce qui concerne la galerie G3 (Figure 21).

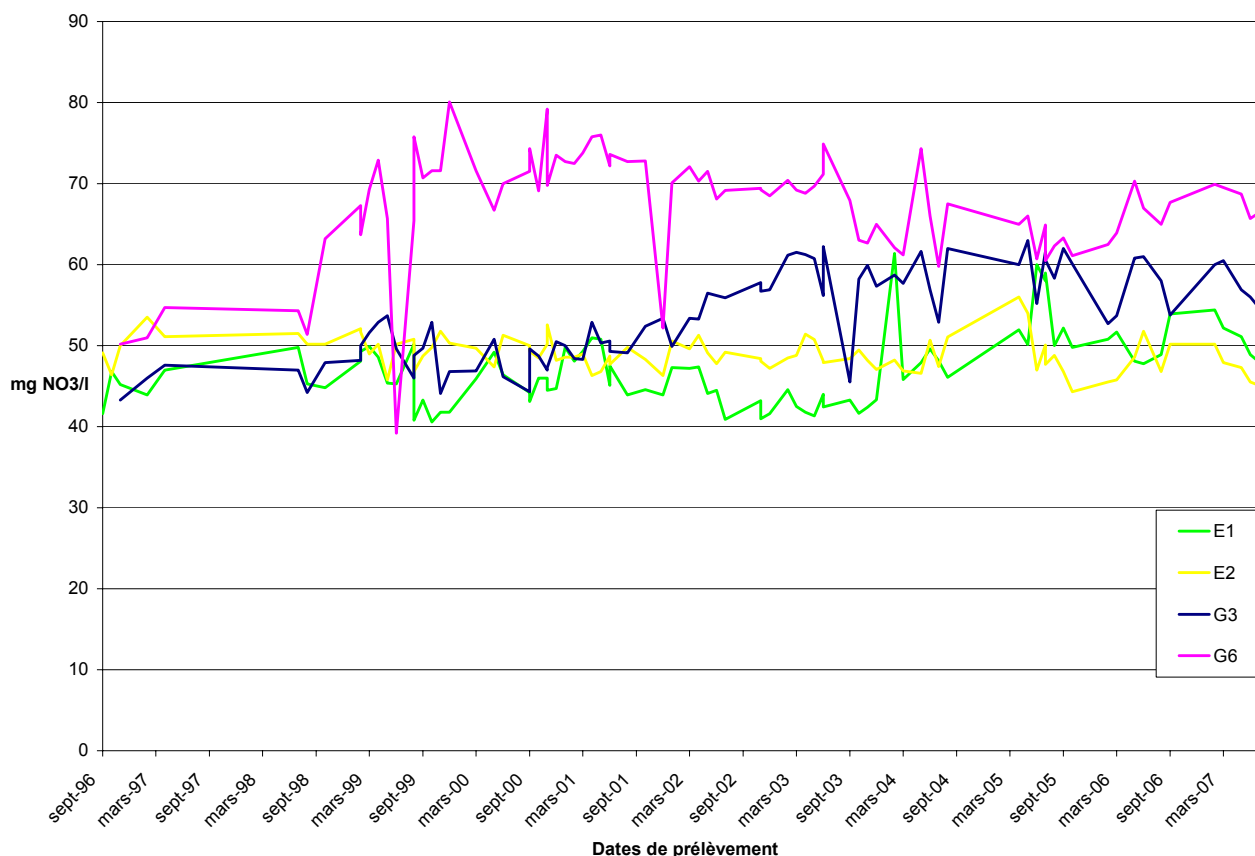


Figure 21. Concentrations en nitrate dans les prises d'eau d'Arquennes

La qualité de l'eau à l'émergence E2 est restée relativement stable au cours de la période d'observation.

L'émergence E1 a connu une légère amélioration de sa qualité en 2002-2003. A partir de 2004, la concentration en nitrate est régulièrement passée au dessus de la norme de potabilité.

## 6.2 Aux piézomètres

Quatorze campagnes d'échantillonnage ont été réalisées pour évaluer la concentration en nitrate dans la frange superficielle de l'aquifère. La Figure 22 et la Figure 23 présentent les résultats de ces mesures.

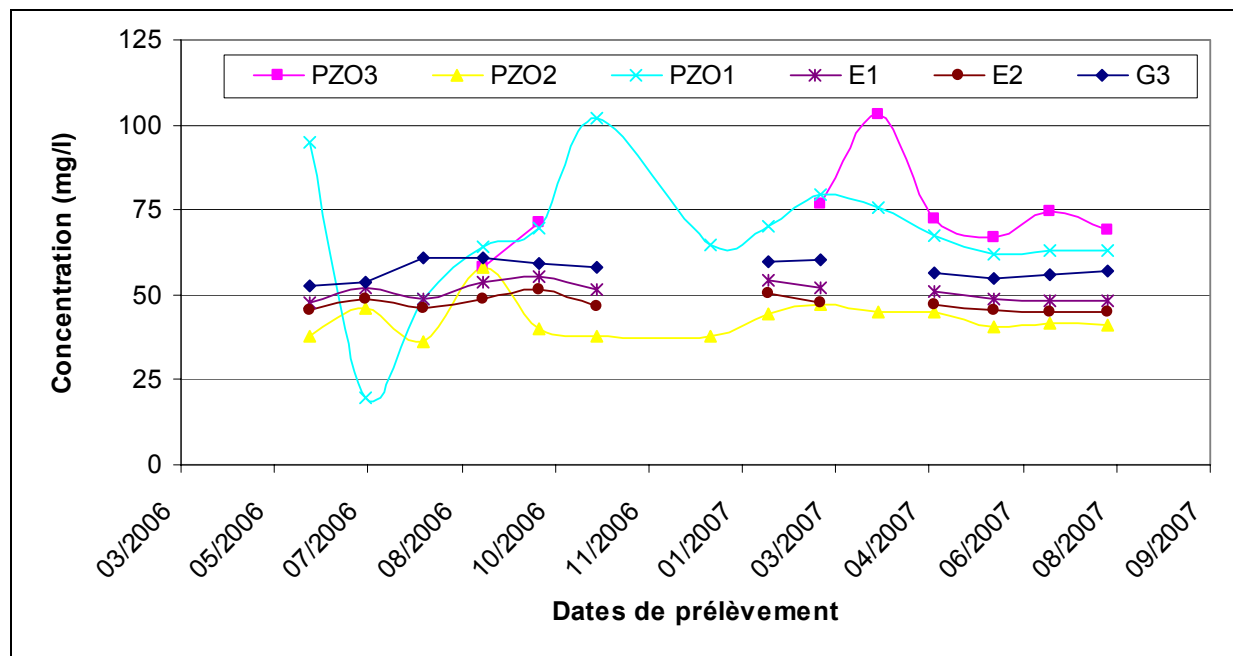


Figure 22. Concentration en nitrate dans les piézomètres (bassin versant Ouest)

Les résultats illustrés à la Figure 22 sont conformes à ce qui est mesuré dans les prises d'eau E1, E2 et G3.

Le piézomètre Pz O1, situé dans l'axe du talweg, montre des variations relativement importantes au cours de la période de mesure. Compte tenu du gradient d'écoulement de la nappe au droit du piézomètre, les eaux passant au droit ou à proximité de ce dernier sont susceptibles de se retrouver, *in fine*, dans la galerie G3.

Le piézomètre Pz O2 est situé en amont de la source à l'émergence E2. Les concentrations observées dans ce piézomètre correspondent à celles rencontrées dans les émergences E1 et E2 (situées hydrogéologiquement en aval de ce piézomètre).

Le piézomètre Pz O3 est situé en amont de la galerie G3. La concentration observée dans ce piézomètre, tout comme celle du PZ O1, est supérieure à celle de la galerie G3.

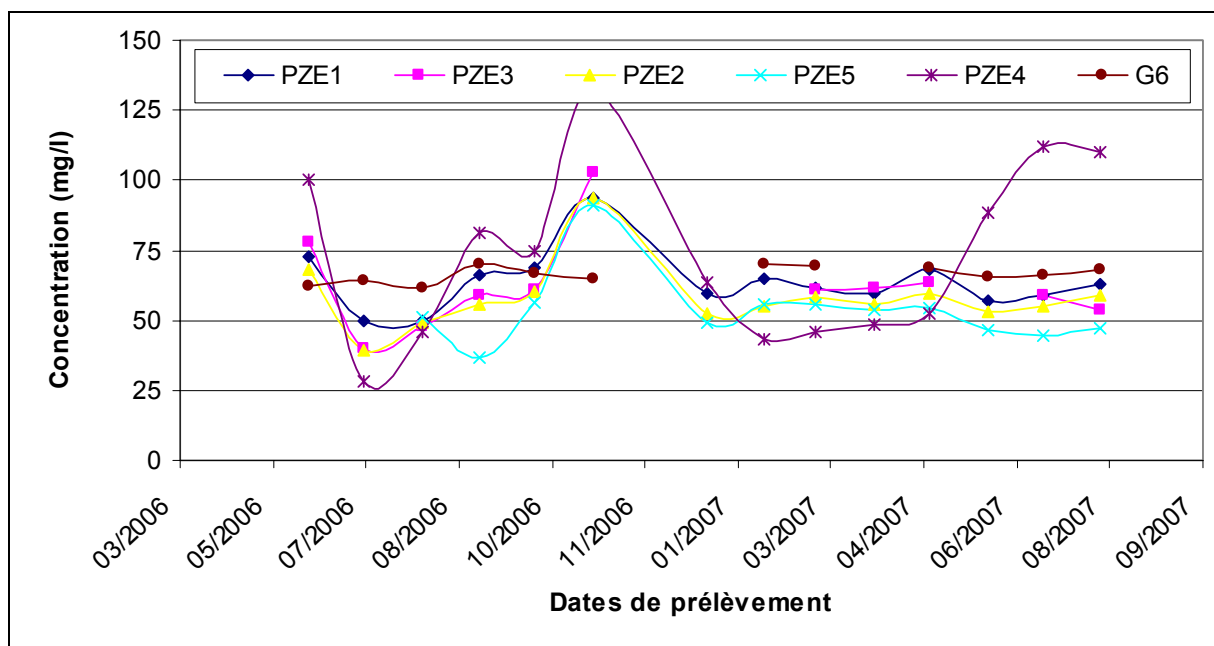


Figure 23. Concentrations en nitrate au droit des piézomètres (bassin versant Est)

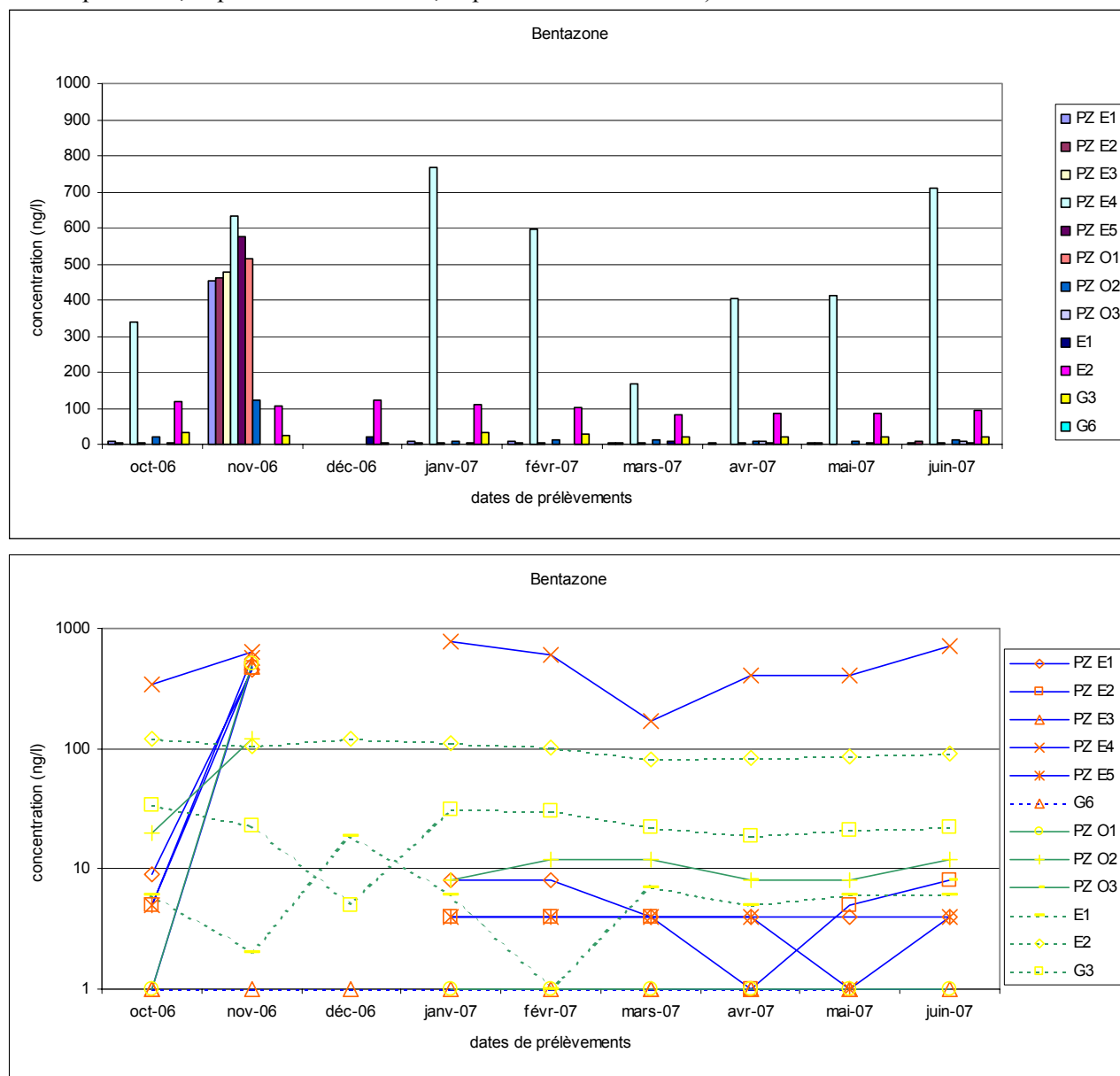
Les concentrations observées dans les piézomètres du bassin versant Est (Figure 23) sont cohérentes avec celles observées à la galerie G6. Les eaux prélevées au droit des piézomètres Pz E1, Pz E2, Pz E3 et Pz E5 présentent globalement les mêmes tendances et niveaux entre juin 2006 et septembre 2007. Le mois de novembre présente un pic de concentration dans les piézomètres, pic qui n'est pas observé dans la galerie G6. Il est à noter qu'un pic de concentration en pesticide est également observé à cette date (voir paragraphe relatif aux pesticides). Pour des raisons techniques, les piézomètres n'ont pu être échantillonnés en décembre.

Le piézomètre Pz E4 présente un comportement assez différent. Il faut rappeler qu'il est situé en dehors du bassin hydrogéologique et ne peut donc être comparé aux observations faites dans la galerie G6. A ce titre, il joue un rôle de témoin (sans encadrement des agriculteurs). La comparaison entre ce témoin et les autres piézomètres, conduisant à évaluer l'effet « encadrement », ne pourra toutefois se faire que sur une période suffisamment longue (plusieurs années) pour prendre en compte l'impact d'une « rotation » culturale complète sur la qualité de l'eau.



## Sa présence dans les piézomètres

Des analyses sont réalisées mensuellement (sauf décembre 06 dans les piézomètres) depuis octobre 2006 par la SWDE dans le cadre de ce programme d'actions. Les résultats de ces analyses sont portés sur graphique (Figure 26). Les deux graphiques présentent sous des formes différentes les résultats de ces analyses. Le premier met clairement en évidence l'ampleur des différences observées ; le second (attention à l'échelle logarithmique de l'ordonnée) permet de suivre plus aisément l'évolution de la concentration en bentazone, ouvrage par ouvrage (les piézomètres sont en trait plein, les prises d'eau sont en pointillés, la partie Est est en bleu, la partie Ouest est en vert).



**Figure 26. Concentration en bentazone dans les piézomètres et les prises d'eau (échelle linéaire (haut) et logarithmique (bas))**

On observe (Figure 26) que

- le piézomètre PZ E4, situé en dehors de la zone d'étude, présente mensuellement sur une période de quasi-une concentration en bentazone très élevée et supérieure à la norme de potabilité;
- tous les piézomètres présentent en novembre une concentration très élevée ;
- la prise d'eau E2 présente, comme les années précédentes, une concentration 5 à 10 fois plus élevée que les prises d'eau proche (E1 et G3).

Tout comme pour l'atrazine, le pic observé en novembre n'a pas de répercussion visible sur la qualité de l'eau aux prises d'eau. Cette observation doit également être éclairée à la lumière des résultats de l'essai de traçage en milieu saturé.

## Son utilisation

Cette molécule a une action herbicide. Elle est utilisée principalement dans les cultures de maïs et de pois et, de façon plus ponctuelle, dans le froment et la pomme de terre.

Les figures suivantes illustrent, sur un fond d'emblavement, les parcelles (entourées d'un trait bleu) où ce produit a été utilisé depuis 2000.

Selon les renseignements communiqués par les agriculteurs à Nitrawal asbl, les doses utilisées sont conformes aux prescriptions des fabricants.

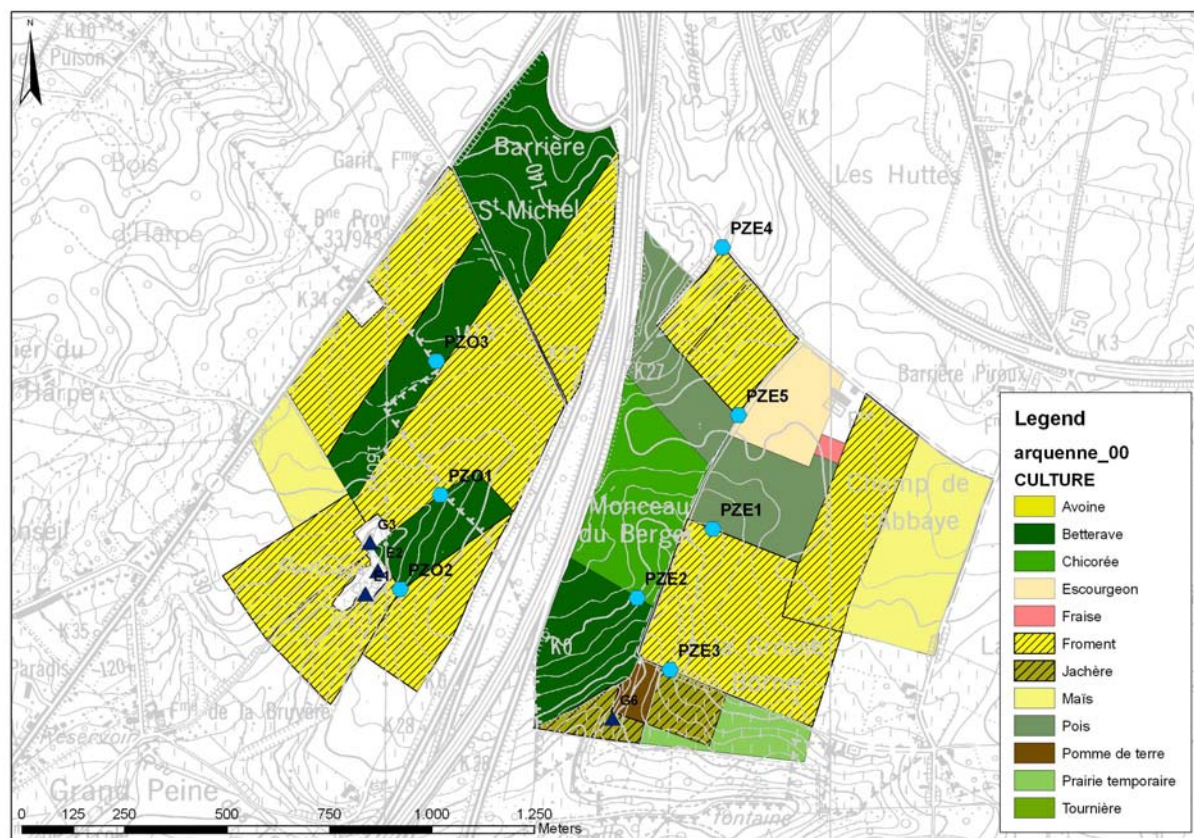


Figure 27. Emblavement 2000 et pulvérisation de bentazone (parcelle entourée d'une bordure bleue)

En 2000, aucune application de bentazone n'a été renseignée (Figure 27).



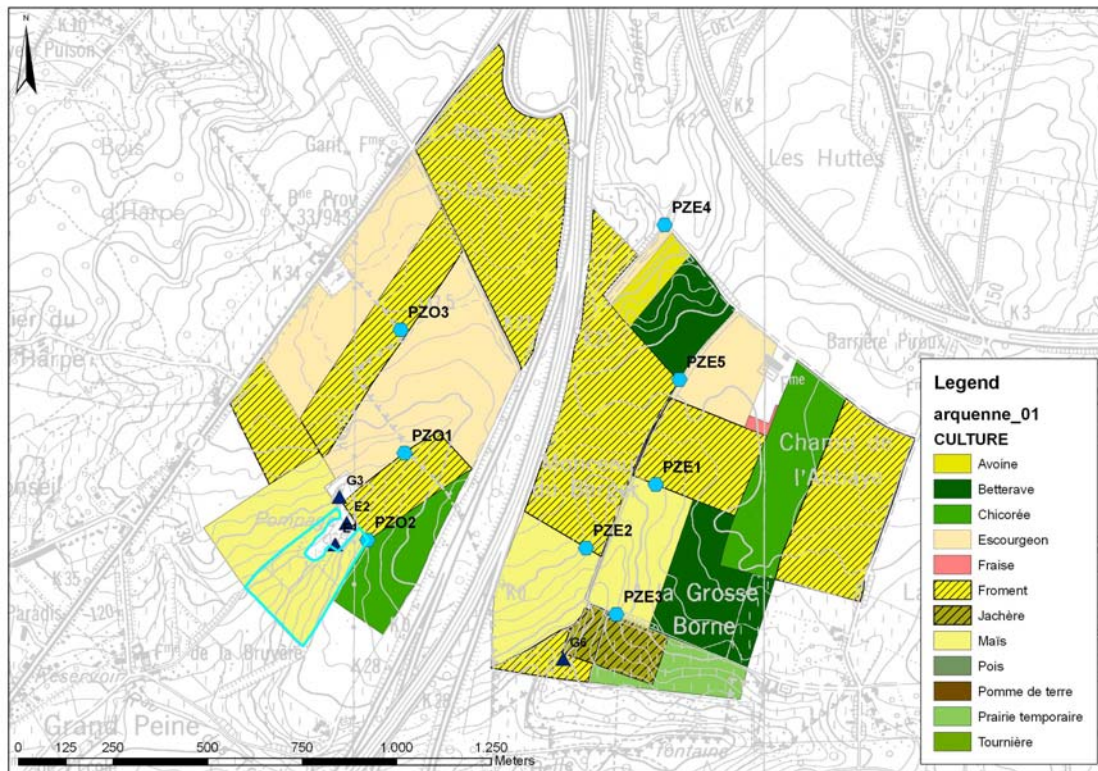


Figure 28. Emblavement 2001 et pulvérisation de bentazone (parcelle entourée d'une bordure bleue)

En 2001, une application de bentazone a été renseignée (Figure 28) à proximité des émergences EI et E2.

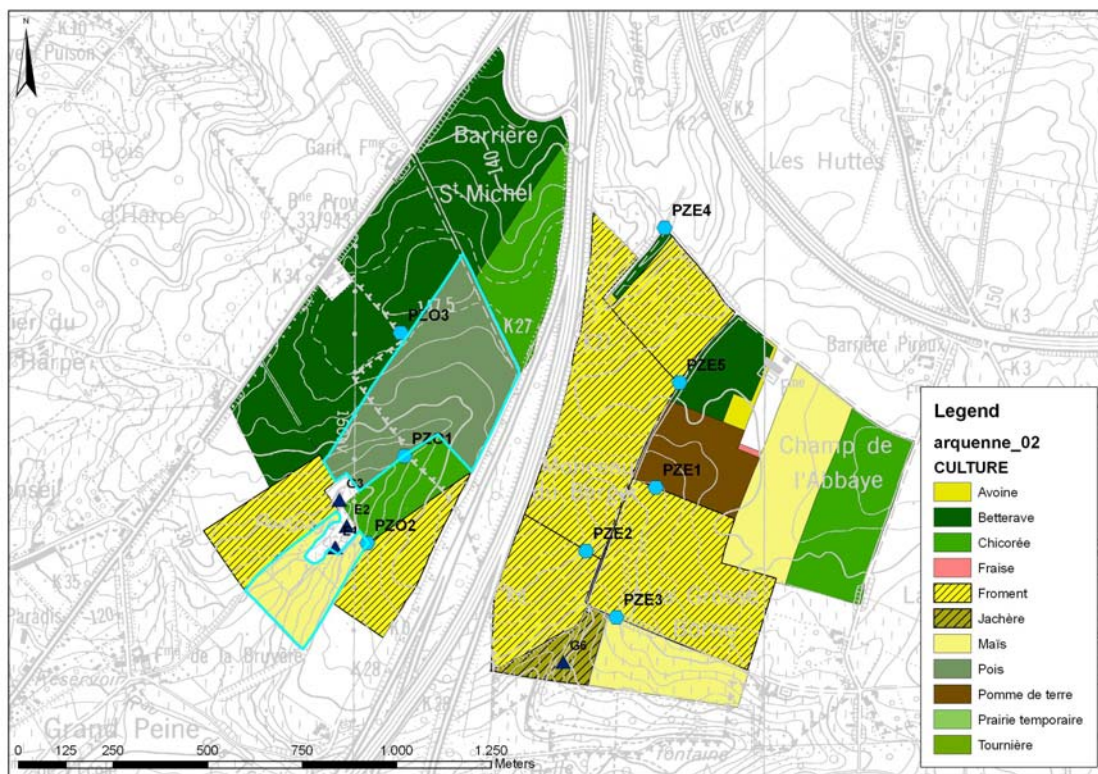


Figure 29. Emblavement 2002 et pulvérisation de bentazone (parcelle entourée d'une bordure bleue)

En 2002, deux applications de bentazone ont été renseignées à proximité des prises d'eau E1, E2 et G3 (Figure 29).



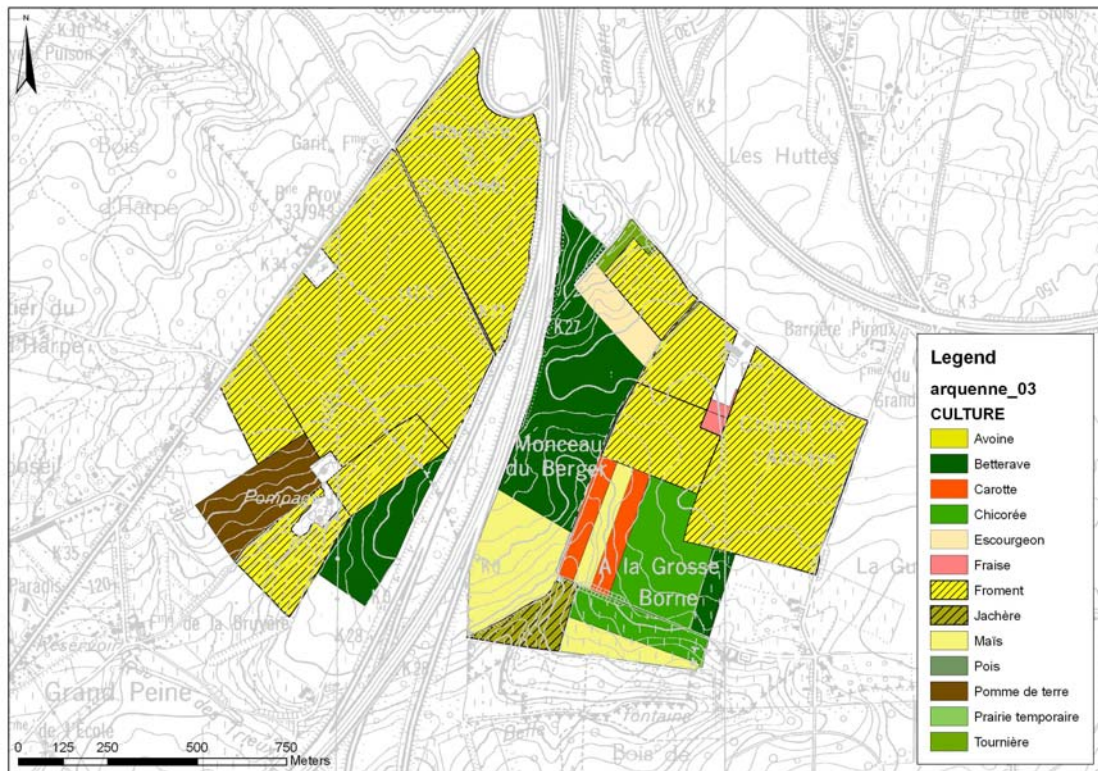


Figure 30. Emblavement 2003 et pulvérisation de bentazone (parcelle entourée d'une bordure bleue)

En 2003, aucune application de bentazone n'a été renseignée (Figure 30).

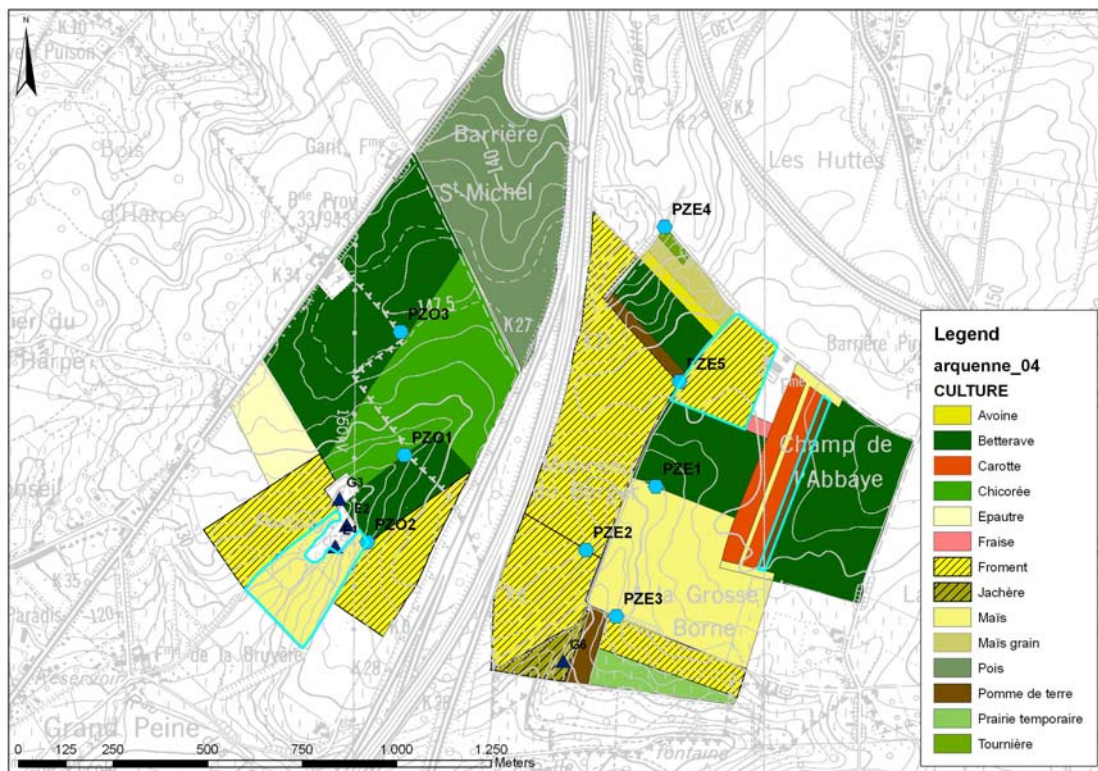


Figure 31. Emblavement 2004 et pulvérisation de bentazone (parcelle entourée d'une bordure bleue)

En 2004, trois applications de bentazone ont été renseignées sur des parcelles de froment, maïs et pomme de terre (Figure 31).



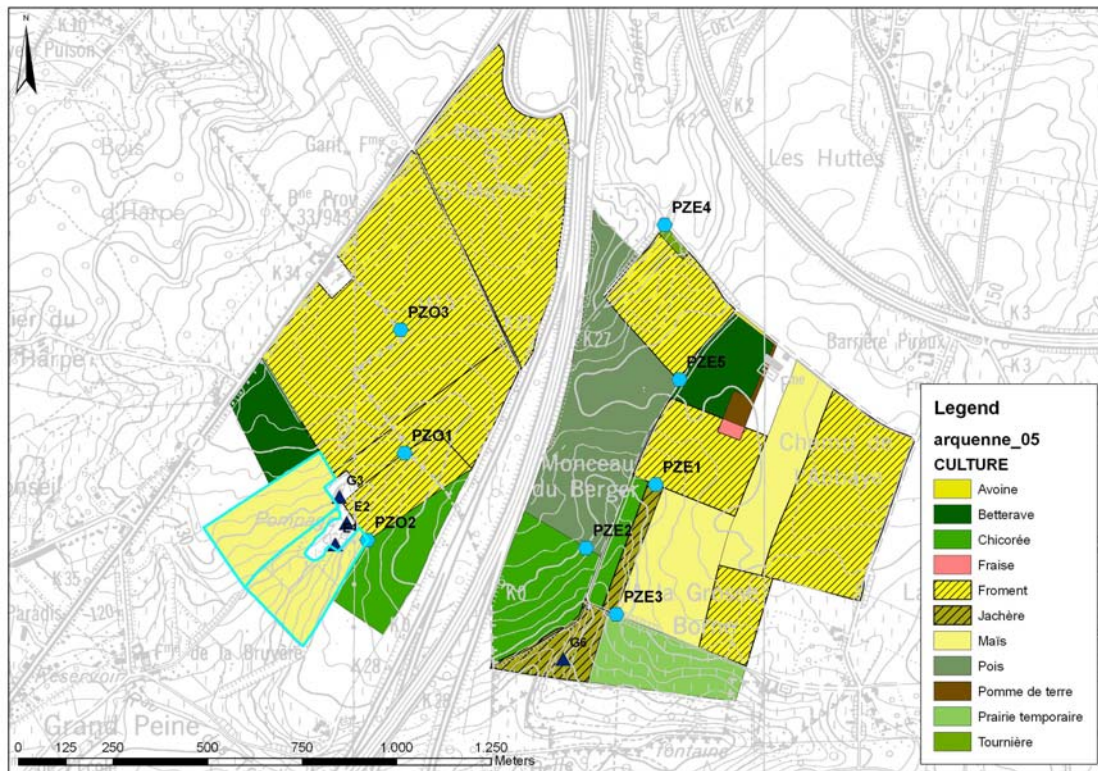


Figure 32. Emblavement 2005 et pulvérisation de bentazone (parcelle entourée d'une bordure bleue)

En 2005, deux applications de bentazone ont été renseignées sur des parcelles de maïs (Figure 32).

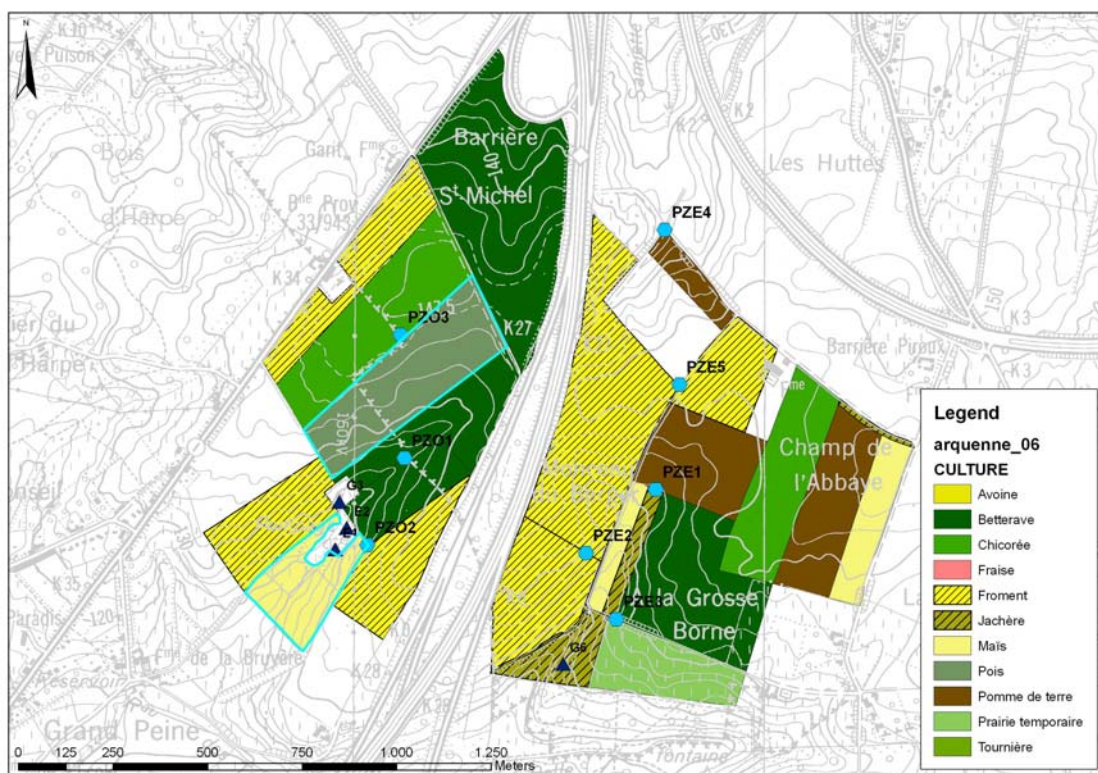


Figure 33. Emblavement 2006 et pulvérisation de bentazone (parcelle entourée d'une bordure bleue)

En 2006, deux applications de bentazone ont été renseignées sur des parcelles de maïs et pois (Figure 33).

Au cours des sept années sur lesquelles l'enquête a porté, il apparaît que la bentazone est peu utilisée sur l'Est du bassin versant : 2 parcelles concernées uniquement en 2004. Aucun pic de pollution n'a été observé sur la galerie G6 située hydrogéologiquement en aval de ces deux parcelles.

Sur la partie Ouest du bassin versant, la bentazone est utilisée plus régulièrement sur des cultures tels que le maïs ou le pois. Entre 0 et 2 parcelles sont concernées chaque année. Compte tenu de la taille de ces parcelles, les apports sont plus importants.

Entre 1989 et 1999, sur la parcelle « Houssiau » qui jouxte le piézomètre PZ O3, des applications de bentazone ont été effectuées en 1997, 1998, 1999.

## Discussions

Les résultats de cette enquête paraissent ne pas être en adéquation avec les analyses effectuées dans les prises d'eau et piézomètres :

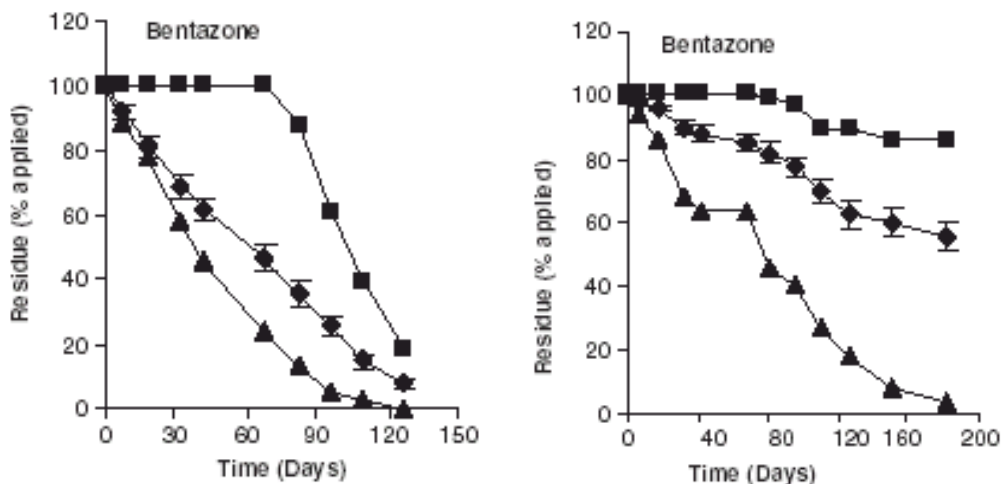
- comment expliquer un pic de concentration en bentazone observé dans tous les piézomètres en novembre 2006 alors que l'utilisation de ce produit n'est spatialement et temporellement pas du tout homogène sur le bassin versant et que les épaisseurs de sol non saturé varient en fonction des piézomètres de 5 à 21 m. ?
- comment expliquer que ce pic de concentration coïncide avec un pic de concentration en atrazine, produit qui, selon les dires des agriculteurs, n'est plus utilisé depuis plusieurs années ?

Ces deux questions trouveraient peut-être une réponse si on admettait que le pic observé est le résultat de pratiques antérieures à 2000. Cela ne correspond cependant pas aux caractéristiques de stabilité de ces deux herbicides ; leur durée de demi-vie (DT50) est en effet estimée, selon le fabricant, à quelques dizaines de jours (communication CRA-W).

Plusieurs études relatives à la stabilité de la bentazone ont été réalisées. La plupart de celles-ci montrent que la longévité et la mobilité des pesticides dans le sol sont liés respectivement aux phénomènes de biodégradation et de sorption (Rodriguez-Cruz et al, 2006). Le processus de biodégradation diminue avec la profondeur du sol qui va de paire avec une diminution de la masse et de l'activité microbienne.

Le phénomène de sorption diminue également avec la profondeur du sol. Ce constat est lié à la diminution de la matière organique.

L'étude menée par Rodriguez-Cruz et al (2006) a montré que la demi-vie de la bentazone dans l'horizon de surface (2.88 % d'humus) est de l'ordre de 67 jours alors que dans les horizons sous-jacents (1.59 % d'humus), la demi-vie est de 240 jours. La Figure 34 illustre la cinétique de biodégradation de la bentazone.



**Figure 34. Cinétique de biodégradation de la bentazone (gauche : horizon de surface – droite : horizon profond) (losange/carré/triangle correspondent respectivement à la moyenne (20 échantillons), maximum et minimum des observations)**

Boivin et al (2005) montrent également que ce phénomène de sorption est lié au pH : plus celui-ci est faible, plus l'adsorption est importante. La désorption, évaluée par saturation et extraction répétée d'un échantillon de sol, est quasi totale après quelques répétitions.

La mobilité de la bentazone est également liée à l'humidité du sol au moment de l'application, paramètre moins stable (à l'échelle temporelle de la décennie) que le pH, la matière organique et l'activité microbienne. Ainsi, Guimont et al (2005) montrent que la probabilité que la bentazone soit lixiviée rapidement en profondeur est plus faible lorsque le sol est humide au moment de l'application ou lorsqu'une faible pluie favorise la diffusion de la molécule dans les agrégats.

Ces études permettent donc de relativiser la quasi innocuité environnementale (demi-vie relativement courte) annoncée par le fabricant et d'expliquer la présence de la bentazone dans certains piézomètres alors qu'aucune application récente n'a été réalisée dans la zone affectant ceux-ci.

- comment expliquer la pollution permanente observée à la prise d'eau E2 et la bonne qualité (en ce qui concerne la bentazone) de l'eau de la prise d'eau E1 alors que la parcelle toute proche sur laquelle les apports de bentazone sont les plus fréquemment réalisés se situe plutôt à l'amont de l'émergence E1 que de l'émergence E2 ?

La différence de débit entre ces deux prises d'eau (moins d'1 m<sup>3</sup>/h pour la E1 et 5 m<sup>3</sup>/h pour la E2) peut-elle éclairer ce constat ?

- comment expliquer que l'émergence E2, située entre et à moins de 100 m. des prises d'eau E1 et G3, présente un tel niveau de pollution (jusqu'à dix fois plus que dans les prises d'eau E1 et G3) et ce, alors que les piézomètres PZO1, PZ O2 et PZ O3, situés hydrogéologiquement en amont des ces prises d'eau, témoignent d'une eau de qualité sur cet aspect ?

D'un point de vue quantitatif, tablant sur une concentration moyenne en bentazone de 130 ng/l et un débit de 5 m<sup>3</sup>/h dans la prise d'eau E2, il apparaît que celle-ci « produit » annuellement 5 grammes de bentazone.

Le 25 juin 2007, une réunion a été organisée sur le terrain en présence de Messieurs Biron et Carbonelle (SWDE), Bolly (Aqual-Sprl), Marcoen et Vandenberghe (FUSAGx – GRENeRA).

Il a été convenu, pour tenter de répondre à ces questions, de forer quelques petits piézomètres à proximité de l'émergence E2.

Une étude de faisabilité (forage manuel) a été réalisée par GRENeRA en août 2007. Vu la présence de zones compactes (vraisemblablement du sable induré) dès 1,50 m. de profondeur, ces forages devront être réalisés mécaniquement. Une estimation du coût de ces forages est en préparation.

## **7.2 L'atrazine et ses produits dérivés**

Les échantillons prélevés dans les piézomètres et les prises d'eau ont également été dosés en ce qui concerne la concentration en atrazine, déséthylatrazine et désisopropylatrazine. Les Figure 35, Figure 36 et Figure 37 illustrent les résultats de ces analyses. Globalement, la situation a tendance à s'améliorer.

## L'atrazine

Dans les piézomètres, au cours de la période d'analyse, les concentrations ont tendance à baisser. Par contre, dans les quatre prises d'eau les concentrations restent stables et proche de la limite de potabilité (Figure 35). Le pic de concentration observé en novembre 2006 n'est pour l'instant pas expliqué.

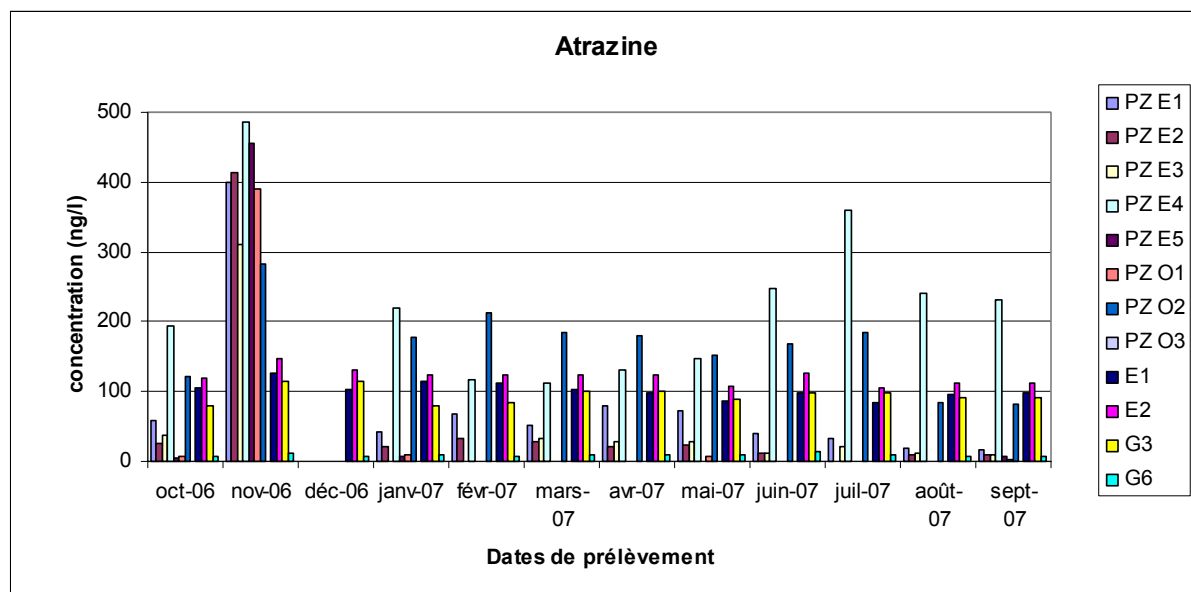


Figure 35. Concentration en atrazine dans les prises d'eau et piézomètres (oct 06 - sept 07)

Le fait que les concentrations dans les piézomètres soient inférieures à celles observées dans les prises d'eau est encourageant. Il faut en effet rappeler que les échantillons prélevés dans les piézomètres illustre la qualité de l'eau au toit de la nappe. En ce qui concerne l'atrazine, l'eau qui atteint la nappe (piézomètre) est donc moins contaminée que celle qui la quitte (prise d'eau). D'ici quelques années (quantifiable en tenant compte du volume d'eau contenu dans la nappe et des débits), la qualité de l'eau aux prises d'eau devrait donc s'améliorer.

## La déséthylatrazine

Dans les piézomètres, au cours de la période d'analyse, les concentrations ont également tendance à baisser et sont, à l'exception du piézomètre E4, sous la limite de potabilité. La tendance, bien que moins nette, est également visible dans les prises d'eau (Figure 36). Le pic de concentration observé en novembre 2006 n'est pour l'instant pas expliqué.

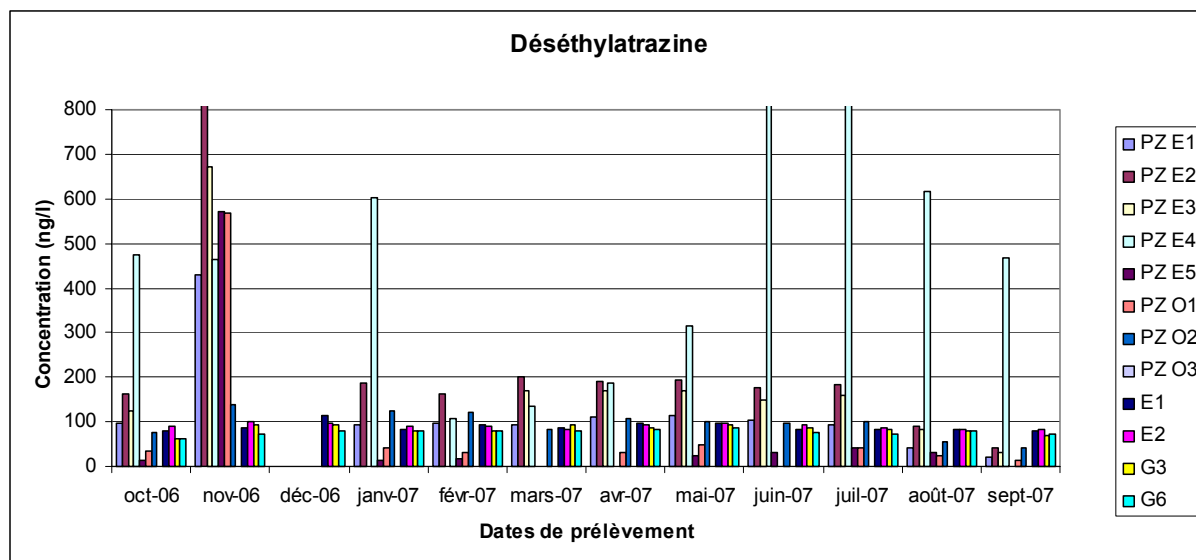


Figure 36. Concentration en déséthylatrazine dans les prises d'eau et piézomètres (oct 06 - sept 07)

## La désisopropylatrazine

Dans les piézomètres comme dans les prises d'eau, la concentration est sous la limite de potabilité (Figure 37).

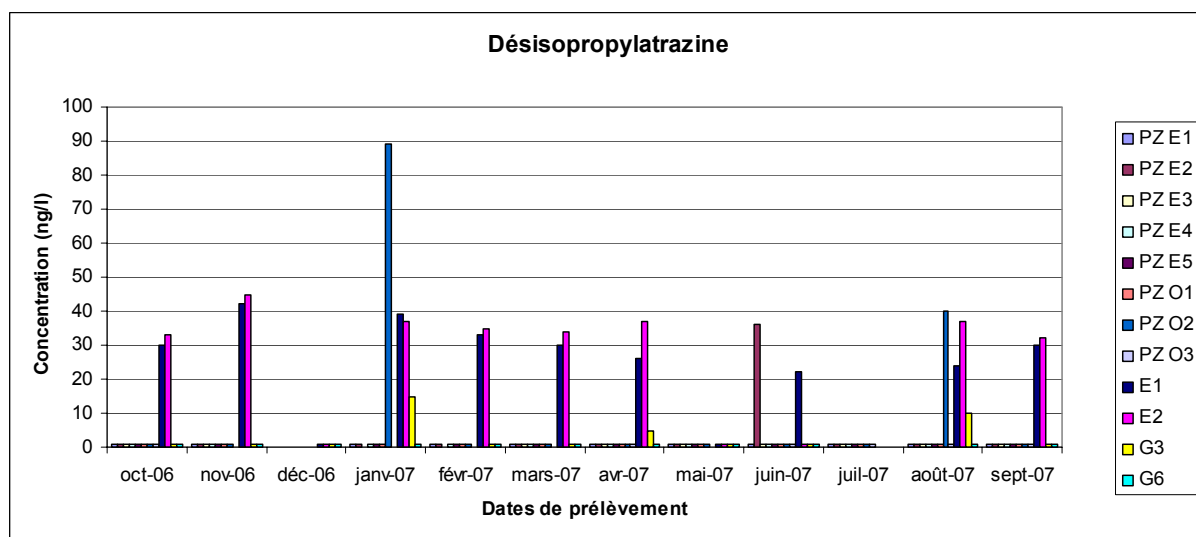


Figure 37. Concentration en désisopropylatrazine dans les prises d'eau et piézomètres (oct 06 - sept 07)

### 7.3 Regard sur les pesticides principaux

Un examen des résultats a été effectué sur les molécules<sup>3</sup> apparaissant le plus souvent dans les résultats d'analyses menées sur les échantillons d'eau prélevés dans les piézomètres.

Sur la période octobre 2006 – juillet 2007, il apparaît que les piézomètres E1 (situé hydrogéologiquement 300 mètres en aval d'une exploitation agricole) et E4 (situé hors de la zone d'étude) présentent la concentration moyenne en pesticides totaux la plus élevée (Tableau 15).

**Tableau 15. Concentration moyenne en pesticides des piézomètres.**

| Piézomètre | Concentration en pesticides (ng/l) |
|------------|------------------------------------|
| E1         | 2013                               |
| E2         | 499                                |
| E3         | 404                                |
| E4         | 1203                               |
| E5         | 484                                |
| O1         | 375                                |
| O2         | 527                                |
| O3         | 235                                |

Sur les mêmes données, l'observation de la fréquence des maxima enregistrés par molécule montre qu'un tiers de ceux-ci sont attribués au piézomètre E4 (hors zone d'étude) et un quart au piézomètre E1.

A la lumière de ces observations, il apparaît donc que, tant en valeur absolue qu'en fréquence d'occurrence, le piézomètre E1 présente le niveau de contamination le plus élevé de la zone d'étude. Compte tenu de sa situation par rapport à l'exploitation agricole, la cause de cette contamination pourrait être une mauvaise pratique de rinçage de la cuve du pulvérisateur.

Dans ce cadre, lors d'un contact pris avec cet agriculteur en 2006, ce dernier avait alors affirmé rincer au champ quatre fois sa cuve. Il s'agit là d'un zèle très rarement renseigné et non préconisé par les fabricants de pulvérisateurs (2 dilutions recommandées) ...

---

<sup>3</sup> Atrazine, Bentazone, Chloridazon, Déséthylatrazine, Désisopropylatrazine, Dicamba, Dichlorobenzamid,2,6, Diflufenican, Dinoterb, Ethofumésate, Fluroxyppyr, Hexachlorobenzène, Isoproturon, Metamitron, Simazine

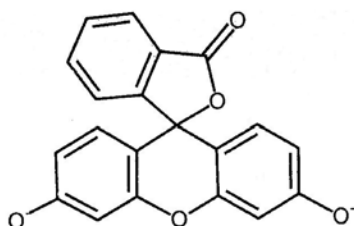


## 8 L'ESSAI DE MULTITRAÇAGE EN MILIEU NON SATURE

### 8.1 Rappel du dispositif

Un premier essai de multi-traçage en milieu non saturé a été réalisé le 6 avril 2006. Cet essai a pour objectifs d'une part de pouvoir préciser les paramètres hydrodispersifs locaux et, d'autre part, d'évaluer les temps de transfert en milieu non-saturé (de la surface du sol au toit de la nappe).

Deux traceurs, du chlorure de lithium et de l'uranine ( $C_{20}H_{10}Na_2O_5$ , Figure 38) ont été utilisés pour idéaliser le comportement du nitrate (de nature ionique, tout comme le chlorure de lithium) et d'un produit phytosanitaire (nature moléculaire, tout comme l'uranine).



**Photo 1. Planche d'infiltration**

**Figure 38. Uranine - formule plane**

Ces traceurs ont été épanchés sur une planche d'infiltration de 4 m<sup>2</sup> constituée de 30 cm de sable. Un dispositif de pompage en continu (débit ~ 2 à 3 l/min) et d'échantillonnage a été mis en place (photo 2) à cette date au droit du piézomètre Pz E3, distant d'une dizaine de mètres de la planche d'infiltration.

Un dispositif d'échantillonnage a également été mis en œuvre dans la galerie G6 (photo 3) situé 200 mètres en aval de la planche d'infiltration.

**Photo 2. Dispositifs de pompage et d'échantillonnage au Pz E3**

**Photo 3. Dispositif d'échantillonnage dans la galerie G6**

## 8.2 Echantillonnage et analyse de sol

Afin d'observer l'évolution du traceur au droit du milieu non saturé avant son arrivée au droit de PZ E3, 5 tarières de reconnaissance ont été réalisées au droit de la planche d'infiltration en date du 08 juin 2006, du 1er septembre 2006, du 27 octobre 2006, du 16 mars 2007 et du 1er septembre 2007 soit respectivement 2 mois, 5 mois, 7 mois 11,5 mois et 17 mois après l'injection des traceurs.

La Figure 39 illustre les résultats d'analyses de la concentration d'uranine (sous forme logarithmique) des lixiviats obtenus à partir des 5 tarières de reconnaissance. Les niveaux de la nappe mesurés dans le piézomètre de contrôle PZE3 sont également représentés (en bleu). Le niveau de cette nappe reste relativement constant et stabilisé aux environs de 6m de profondeur.

### Figure 39. Traçage en milieu non saturé - résultats d'analyse de sol (uranine)

Le log du forage PZE3 fait apparaître un niveau sablo-limoneux (cadre rouge sur la figure) en corrélation avec la rémanence d'uranine en fortes concentrations dans cet horizon. Ces pics de concentration ne peuvent donc pas nécessairement être assimilés au noyau du panache d'uranine. Celui-ci a très certainement évolué plus en profondeur.

Les logs de concentrations montrent une progression régulière en profondeur du noyau du panache de polluant avec un étalement lié aux composantes de dispersion et diffusion du polluant.

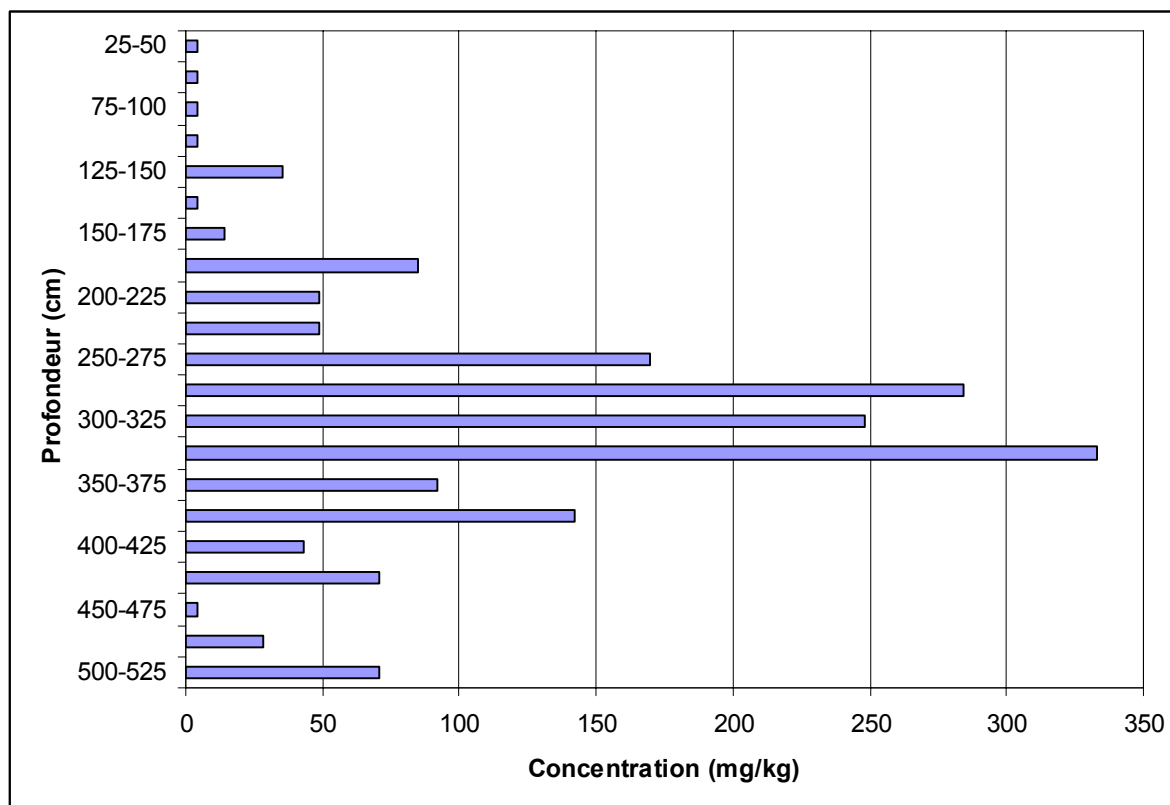
Les 3 premières tarières et la quatrième se sont arrêtées respectivement à 2,2m et 2,4m de la surface du sol. La cinquième tarière, réalisée plus de 6 mois après la tarière précédente et après les pluies

abondantes observées entre ces deux tarières, a permis de déduire des concentrations en uranine représentatives de profondeurs atteignant 5,4m sous la surface. Le log des concentrations montre clairement une présence du contaminant jusqu'à 5,4m de profondeur.

La présence d'uranine en concentration non négligeable à proximité du niveau de la nappe en septembre 2007 (voire éventuellement ultérieurement à cette date) est à corrélérer avec l'augmentation de la concentration en uranine au droit du piézomètre PZE3.

Sur base de ces résultats, une estimation des paramètres de convection et de dispersion de l'uranine dans le sol sera prochainement menée à l'aide d'un logiciel de modélisation mathématique en milieu non saturé de type WhiUnsatSuite.

Les échantillons de sol prélevés le 1<sup>er</sup> septembre ont également été analysés pour évaluer la migration du chlore (anion, tout comme le nitrate). La Figure 40 illustre les résultats de ces analyses.



**Figure 40. Migration du chlorure sous la planche d'épandage**

En première approche, il apparaît que ce traceur a été lixivié sur une profondeur de 3,5 m. en 18 mois. Compte tenu de la quantité d'eau apportée lors de l'épandage du traceur pour le faire pénétrer dans le sol, on peut estimer qu'en condition normale, le traceur migre à la vitesse de 1,5 m. par an.

Sachant que la surface piézométrique se situe entre 6 et 20 m. de profondeur, il faudra une dizaine d'années pour que les actions (bonnes pratiques agricoles) menées en surface aient un effet au toit de la nappe. Pour obtenir une amélioration de la qualité de l'eau aux prises d'eau, il faudra encore intégrer l'inertie liée au volume de la nappe.

Ces ordres de grandeur devront être confirmés.

### **8.3 Echantillonnage et analyse d'eau**

A partir du 14 mars 2007, l'échantillonnage automatique dans PZ E3 a cessé pour débiter un essai de traçage en milieu saturé. Des prélèvements manuels d'échantillons dans PZ E3 se sont néanmoins poursuivis hebdomadairement à partir de fin avril 2007. Les prélèvements automatiques dans G6 et manuels dans PZ E3 se sont prolongés avec une interruption entre le 18 juillet 2007 et le 9 septembre 2007.

Les analyses ont été réalisées :

- pour l'uranine, à l'aide d'un spectrofluorimètre pour lequel la limite de détection est de 0,002 ppb ;
- pour le chlorure de lithium, par ionométrie, avec une limite de détection de 2,5 ppb.

Le bruit de fond en uranine a été mesuré dans les échantillons prélevés avant traçage et est de 0,02 ppb, ce qui est très faible.

Le bruit de fond en chlorure de lithium a été mesuré dans les échantillons prélevés avant traçage et est compris entre 3,5 et 4,5 ppb.

A partir de janvier 2007, soit environ 9 mois après l'injection des traceurs, on observe une hausse des concentrations en uranine mesurées au droit de PZ E3 (bien que demeurant faibles en absolu) et un démarquage par rapport au bruit de fond se manifeste de manière de plus en plus franche.

A partir de septembre 2007, soit environ 17 mois après l'injection des traceurs, les concentrations mesurées augmentent sensiblement.

Ces résultats demeurent en accord avec les conclusions déduites de la comparaison des historiques de débits de pompages, de la pluviométrie, de l'eau utile et de la piézométrie, à savoir que les temps de réponse entre les principales périodes d'infiltration d'eau de pluie dans la nappe et leur influence sur les débits captés demeurent supérieurs à 6 à 8 mois pour des années de pluviométrie élevée et supérieurs à 9 à 13 mois pour des années de pluviométrie faible.

Une augmentation des concentrations en uranine est également observée au droit de la galerie G6 en avril et mai 2007 mais cette possible restitution doit encore être affinée en tenant compte des prochains résultats (notamment en vérifiant si l'augmentation observée en uranine au droit de PZE3 après le 10/09 se reproduit au droit de la galerie G6).

Les analyses se poursuivront durant les prochaines semaines encore.

Les échantillons disponibles feront prochainement l'objet d'analyses complémentaires ponctuelles afin d'estimer l'éventuelle restitution en lithium compte tenu de l'arrivée actuelle de l'uranine.

## 9 L'ESSAI DE TRAÇAGE EN MILIEU SATURÉ

L'essai de multitraçage quantitatif en milieu saturé a débuté le 14 mars 2007 avec une injection de naphthionate dans le piézomètre PZE3 (Photo 4 et. Photo 5)



Photo 4. Injection du traceur dans la nappe

Photo 5. Dispositif pour effectuer la « chasse d'eau » en vue de disperser le traceur dans la nappe

Le pas de temps entre chaque prise d'échantillon est croissant, depuis 2 heures lors de l'injection jusqu'à 7 heures pour les prélèvements actuels.

Les analyses ont été réalisées à l'aide d'un spectrofluorimètre pour lequel la limite de détection est de 0,015 ppb.

La courbe obtenue en reportant l'évolution des concentrations mesurées en naphthionate au droit de G6 en fonction du temps écoulé depuis l'injection, est reprise à la Figure 41.

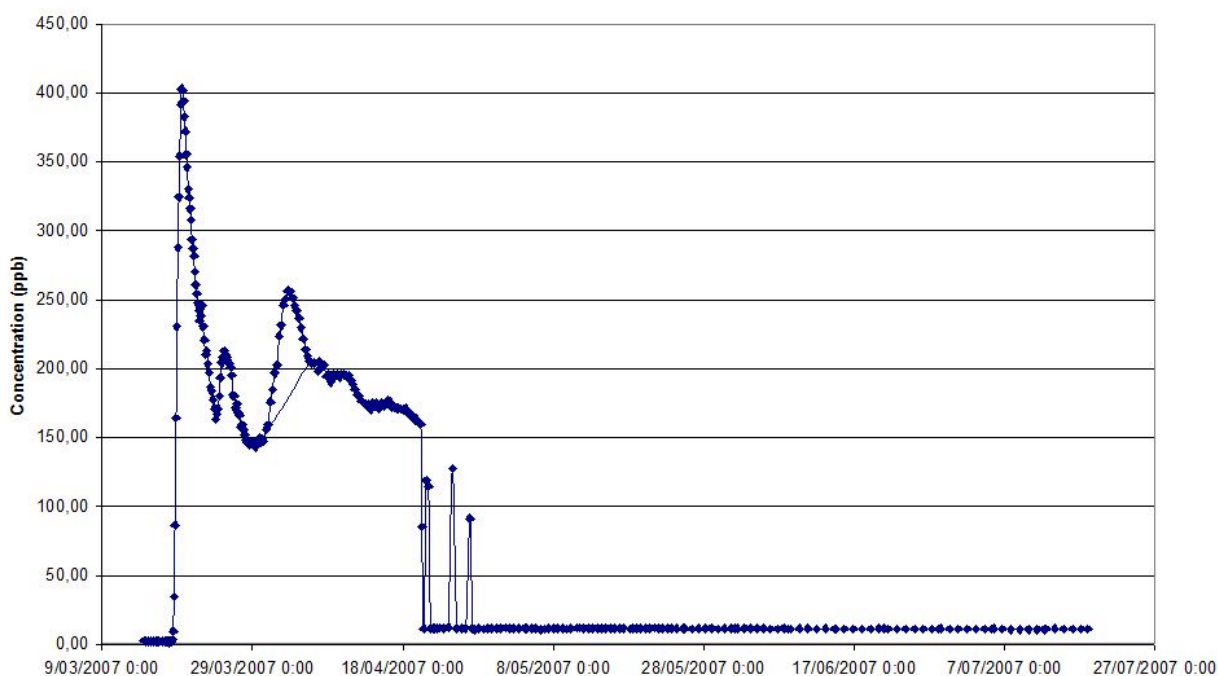


Figure 41. Traçage en milieu saturé - évolution de la concentration en naphthionate au droit de la G6 (Source : Aquale sprl)

Le tableau ci-dessous reprend le temps et la vitesse de 1ère arrivée, le temps et la vitesse du pic maximal ainsi que le temps et la vitesse du noyau (vitesse modale) du panache de naphionate restitué.

|                     | <b>Temps (jours)</b> | <b>Vitesse (m/s)</b> | <b>Vitesse (m/h)</b> | <b>Vitesse (m/jour)</b> |
|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|
| <b>1ere arrivée</b> | 3,9                  | 5,60E-04             | 2,02                 | 48,4                    |
| <b>pic</b>          | 5,0                  | 4,34E-04             | 1,56                 | 37,5                    |
| <b>modal</b>        | 26,4                 | 8,21E-05             | 0,30                 | 7,1                     |

La masse restituée en naphionate dans la galerie G6 est de l'ordre de 2 kg, c'est-à-dire environ 50% de la masse injectée au départ de l'essai.

Les analyses se poursuivront durant les prochaines semaines encore, en parallèle avec les analyses de l'uranine.

## 10 L'HUMIDITE DU SOL

Ce paramètre est important car il renseigne indirectement l'état de saturation du sol et par conséquent, les périodes de drainage. Il peut être évalué au moyen de sondes TDR qui mesurent la conductivité du sol à plusieurs profondeurs jusqu'à 180 cm de profondeur.

Six sondes de ce type ont été installées à proximité de certains piézomètres le 8 juin 2006 (Photo 6). Après l'installation, il ne reste apparent qu'un petit capuchon bleu (Photo 7) sous lequel se trouve la sonde et sa prise pour la connexion à l'appareil de mesure.



**Photo 6. Installation des sondes pour les mesures du profil d'humidité du sol**



**Photo 7. Vue de la partie supérieure de la sonde à humidité après installation**

Lors de chaque campagne de mesures, plusieurs répétitions ont été réalisées. Nous avons observé une importante variabilité des résultats.

Pour évaluer la pertinence de ceux-ci, nous les avons comparées aux résultats d'analyses menées sur des échantillons de sol. Il est apparu que les sondes ne fournissaient pas de résultats fiables.

En conséquence, nous avons abandonné cette méthode de mesure et retiré les sondes installées.

# 11 MODELISATION DES ECOULEMENTS ET DU TRANSPORT

## 11.1 Les logiciels de modélisation

Les bassins versants sont découpés verticalement en deux zones : une zone non saturée et une zone saturée. Dans la zone non saturée, l'évolution de l'eau dans le sol est principalement gravitaire (vertical par percolation). Au sein de la zone saturée, l'évolution de l'eau se fait essentiellement selon une composante horizontale. L'eau peut également s'écouler en surface par ruissellement suivant le profil topographique avant d'atteindre la zone non saturée ou encore avant d'être évaporée dans l'air.

Outre ces différences en terme de flux, la zone non saturée et plus spécifiquement la couche superficielle (ou labourée) est le siège de nombreux processus de transformation de l'azote (minéralisation, nitrification, dénitrification...); processus qui fixent ou libèrent du nitrate. La cinétique de ceux-ci est influencée par les conditions de sol (teneur en humus) et climatiques (température, humidité).

Pratiquement, les écoulements et transferts dans la zone non saturée sont modélisés à l'aide du logiciel SWAT (Annexe 1) par l'équipe GRENeRA (FUSAGx – Laboratoire de Géopédologie). Ce logiciel offre également la possibilité de simuler les processus de transformation de l'azote évoqués ci-dessus.

Les écoulements et transferts dans les deux zones, c'est-à-dire du sol jusqu'aux exutoires naturels (prises d'eau et rivière), sont modélisés à l'aide des logiciels Whi Unsat Suite et AQUA 3D par le bureau d'études Aquala sprl.

Cette association entre les deux modèles permet :

- de valider le drainage sous la zone racinaire (pour GRENeRA) et
- d'évaluer la quantité de nitrate qui quitte cette zone (GRENeRA) en vue de modéliser son transfert en zone saturée vers les prises d'eau (Aquala sprl).

## 11.2 La modélisation en zone non –saturée (logiciel SWAT)

Le logiciel SWAT comporte une série de modules dont 4 sont utilisés dans le contexte d'Arquennes : les modules Sol, Climat, Données chimiques et Gestion du sol. Ces modules ainsi que les sources des données utilisées sont explicités en Annexe 1.

Dans un premier temps, nous nous attardons à calibrer le modèle pour simuler les aspects quantitatifs (percolation). La deuxième étape consistera à calibrer le modèle pour simuler les aspects qualitatifs (nitrate et produits phytosanitaires). Les « outputs » de ces simulations serviront alors de données aux logiciels Whi Unsat et AQUA3D pour, entre autres, évaluer les temps de transfert jusqu'aux prises d'eau.

Le calibrage du modèle se fait sur les années 2000 à 2003. Pour chacune de ces années, le logiciel a calculé journalièrement les évapotranspirations potentielle et réelle, la percolation, le ruissellement et la variation de stock d'eau dans la zone racinaire. Les résultats de ces simulations figurent en Annexe 1.

Lorsque le tout sera calibré et validé, nous pourrons évaluer le temps de réponse des bassins versants aux pratiques agricoles et quantifier l'impact de telle ou telle (modification de) pratique.

Au cours de cette année, l'analyse des résultats de simulations opérées dans le cadre de la calibration du modèle ont mis en évidence diverses anomalies (résultats aberrants). Un contact a été pris avec l'équipe universitaire américaine qui développe le logiciel SWAT. Suite à de nombreux échanges, quelques solutions ont déjà pu être apportées mais les résultats ne sont pas encore satisfaisants.

Les travaux et échanges se poursuivront dans les prochains mois.



### **11.3 La modélisation en milieu saturé**
















Comme expliqué précédemment, le modèle mathématique (Aqua 3D) des écoulements et du transport en milieu saturé a été étendu au-delà de la zone d'intérêt (bassins Est et Ouest) afin d'être délimité par des frontières de type flux nul (flux imposé) et afin d'éviter les effets de bord.

- Ce modèle intègre les données piézométriques, les débits observés ainsi que les observations faites à l'occasion des pompages d'essai et de l'essai de multitraçage.






D'autres paramètres tels que la percolation (fournie par SWAT) et les débits aux prises d'eau seront intégrés dans ce modèle.

Cette année n'a pas permis de développements importants de la modélisation en milieu saturé car des informations liées aux expérimentations de terrain (traçages en milieu non saturé et saturé) et à la modélisation en milieu non saturé doivent être intégrées dans ce modèle.

## 12 ETAT D'AVANCEMENT DES ACTIONS

| Action   | Etat d'avancement   |
|--|---|
| <u>Phase 1 : caractérisation du contexte</u>   |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Identification des acteurs (agriculteurs, riverains, personnel de la SWDE) et des pratiques agricoles</li> </ul>  |    |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Diagnostic «bâtiments» : stockage des différents produits, puits, état des bâtiments, alimentation en eau, rejets d'eaux usées...</li> </ul>  |    |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Essais (pompages, traçages et analyses) in situ et en laboratoire pour caractérisation du sol</li> </ul>  |    |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Analyses d'eau (nitrate et produits phytosanitaires)</li> </ul>   |    |
| <u>Phase 2 : Mise en œuvre des actions</u>   |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Liste d'actions à entreprendre : pratiques agricoles (fertilisation...), aménagement (cultures intercalaires pièges à nitrate, tournières...), bâtiments (gestions des flux d'eaux usées...)</li> </ul> |    |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Etude des aspects financiers de ces actions</li> </ul>  |    |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Accompagnement individuel des agriculteurs</li> </ul>   |    |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Etablissement d'un bilan (input – output – solde) de l'azote à l'échelle des bassins versants</li> </ul>  |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Analyse des reliquats azotés du sol au printemps en vue d'établir un conseil de fertilisation</li> </ul>  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Analyses des reliquats azotés du sol chaque année en début de période de lessivage (novembre)</li> </ul>  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Suivi mensuel de la qualité de l'eau brute (nitrate et produits phytosanitaires)</li> </ul>   |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Calibration des modèles de flux et transport</li> </ul>   |  |
| <u>Phase 3 : Evaluation</u>  |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Evaluation intermédiaire à la fin de chaque saison culturale</li> </ul>   |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Evaluation finale de l'impact des mesures mises en place sur la qualité de l'eau et sur les coûts (rentabilité de l'exploitation) des actions et propositions d'actions pour l'agriculteur</li> </ul>   |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Etablissement d'un outil d'aide à la décision en matière de contamination des eaux par le nitrate d'origine agricole à proximité des prises d'eau</li> </ul>  |  |

### Légende

-  Action terminée
-  Action en cours – timing respecté
-  Action en cours – léger retard
-  Action non-entamée – retard important
-  Action non-entamée – timing respecté

## 13 BIBLIOGRAPHIE

Boivin A., Cherrier R., Schiavon M., 2005. A comparison of five pesticides adsorption and desorption processes in thirteen contrasting field soils. *Chemosphere* 61, 668-676.

Corswaren I, Fripiat C, Hulpiau A, Hupin F, Marcoen J M, Triolet N, Vandenberghe C., 2005. Programme d'actions pour la protection des captages contre les contaminations d'origine agricole. Bassins pilotes d'Arquennes. Rapport d'activités annuel intermédiaire 2005. Convention S.P.G.E. – Nitrawal, 34p + Annexes 34p.

Marcoen J M, Vandenberghe C, Bolly P.-Y., Gaule D., Corswaren I, Hulpiau A, Fripiat C, Triolet N, Hupin F., 2006. Programme d'actions pour la protection des captages contre les contaminations d'origine agricole. Bassins pilotes d'Arquennes. Rapport d'activités annuel intermédiaire 2006. Deuxième année. Convention S.P.G.E. – Nitrawal, 38 p. + Annexes.

Guimont S., Perrin-Garnier C., Real B., Schiavon M., 2005. Effect of soil moisture and treatment volume on bentazon mobility in soil. *Agron. Sustain. Dev.* 25, 323-329.

Rodriguez-Cruz S., Jones J., Bending G., 2006. Field-scale study of the variability in pesticide biodegradation with soil depth and its relationship with soil characteristics. *Soil Biology & Biochemistry* 38, 2910-2918.