

**Performance de l'indicateur *Azote*
Potentiellement Lessivable pour l'évaluation de la
gestion du nitrate en agriculture et du risque
pour la qualité de l'eau**

**Synthèse de la thèse soutenue par Christophe
Vandenberghe**



Ce document doit être cité de la manière suivante :

Vandenberghe C., 2016. *Performance de l'indicateur Azote Potentiellement Lessivable pour l'évaluation de la gestion du nitrate en agriculture et du risque pour la qualité de l'eau. Synthèse de la thèse soutenue par Christophe Vandenberghe. Dossier GRENeRA 16-09.* 11p. In De Toffoli M., Vandenberghe C., Imbrecht O., Bah B., Bachelart F., Colinet G., Lambert R., 2016. *Programme de gestion durable de l'azote en agriculture wallonne – Rapport d'activités annuel intermédiaire 2016 des membres scientifiques de la Structure d'encadrement Nitrawal.* Université catholique de Louvain et Université de Liège - Gembloux Agro-Bio Tech, 20 p.

Table des matières

1. INTRODUCTION.....	3
2. OBJECTIFS	4
3. ATOUTS DE L'APL.....	5
3.1. EN LIAISON AVEC LE RISQUE.....	5
3.2. TRANSFERABLE.....	7
3.3. TRANSPARENT.....	8
3.4. MESURABLE	8
3.5. VALIDITE ANALYTIQUE.....	8
3.6. DISCRIMINANT	9
3.7. PERTINENCE POLITIQUE	9
4. LIMITES DE L'APL.....	10
5. PERSPECTIVES	11

1. Introduction

Chaque année, de l'ordre de 550 millions de m³ d'eau apportée par la pluie rechargent les masses d'eau souterraine en Wallonie.

Depuis les années septante, l'Europe s'est montrée de plus en plus préoccupée par la qualité de l'eau. Elle a ainsi pris une série de directives fixant des objectifs de qualité pour les rivières et les lacs destinés à la production d'eau potable et à la baignade (1976) ainsi que des normes pour l'eau potable (1980). En 1991, deux nouvelles directives voient le jour, l'une concerne le traitement des eaux urbaines résiduaires, l'autre, le nitrate d'origine agricole (Directive 91-676).

Le suivi de la qualité de l'eau potabilisée est rendu obligatoire en région wallonne depuis 1984 (Arrêté royal du 27 avril 1984 relatif à la qualité de l'eau distribuée par réseau, transposition de la Directive CEE 80/778 du 15 juillet 1980 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine). Les informations antérieures sont par conséquent plus lacunaires.

Néanmoins, certains producteurs d'eau avaient intégré ce suivi (même partiel) bien avant 1984. Ainsi, la Société Wallonne des Eaux contrôle la qualité de l'eau dans l'aquifère du Crétacé de Hesbaye depuis 1960. Elle a pu y observer une augmentation constante de la concentration en nitrate dans trois captages depuis 1976 (figure 1).

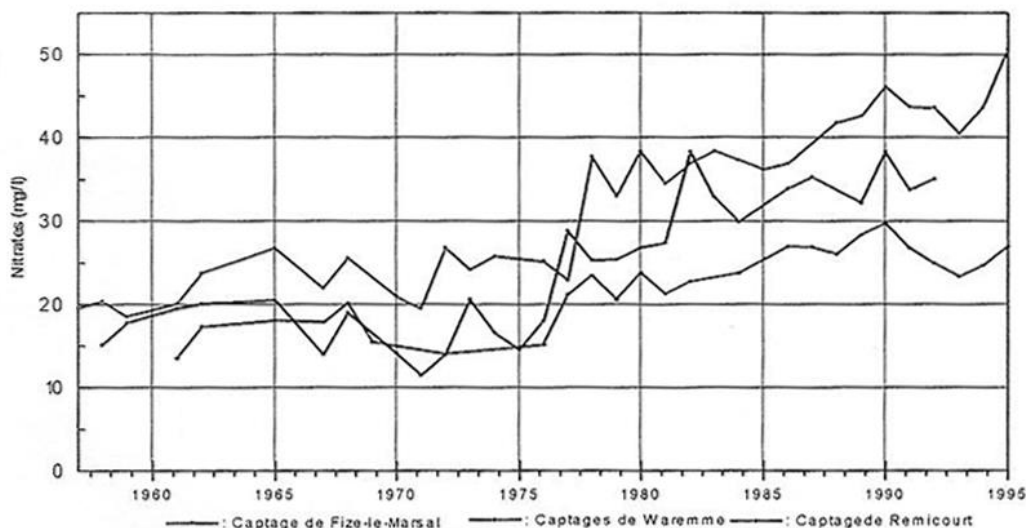


Figure 1. Evolution de la concentration en nitrate dans trois prises d'eau en Hesbaye (Source : SWDE).

Les niveaux de concentration enregistrés depuis 1976 dans l'aquifère du Crétacé de Hesbaye se sont maintenus jusqu'à nos jours, tant dans cet aquifère que dans les principaux autres exploités pour l'eau potable (figure 2).

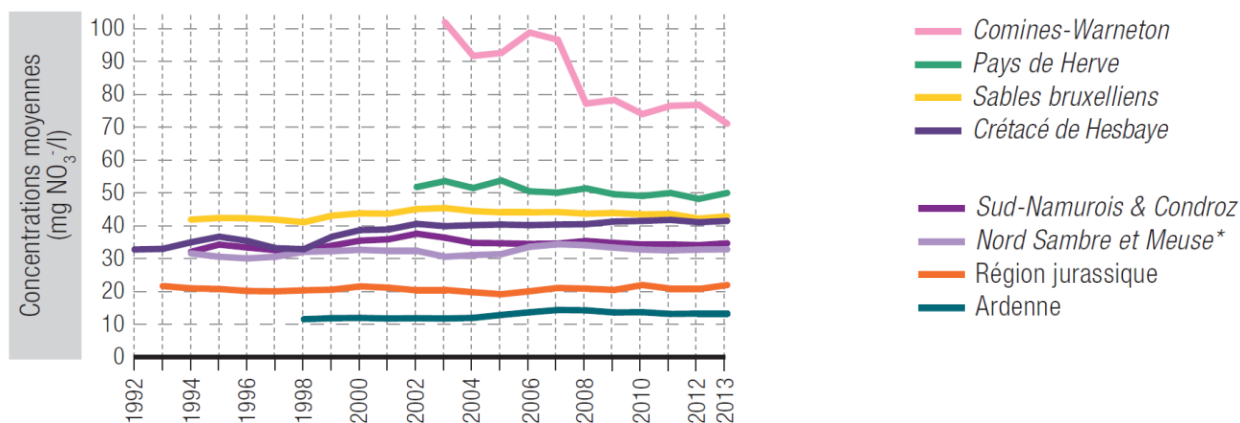


Figure 2. Evolution de la concentration en nitrate dans les eaux souterraines (Source : SPW).

2. Objectifs

L'impact de l'agriculture sur la qualité des eaux souterraines et de surface résulte d'une part, des pratiques agricoles en matière de gestion de l'azote (fertilisation organique et minérale, gestion de l'interculture) pour chaque culture et d'autre part, de la place de chaque culture dans le paysage wallon.

L'objet de la thèse est de vérifier si cet impact peut être estimé via l'« APL » (Azote Potentiellement Lessivable – mesure de la concentration en azote nitrique dans le sol en début de période de lixiviation).

La première partie de la thèse s'attache à décrire les qualités que doit remplir l'indicateur APL :

- mesurable,
- discriminant,
- transférable,
- transparent,
- en liaison avec le risque.

Dans un deuxième temps, quelques limites de l'indicateur sont développées et des solutions/adaptations seront proposées :

- variabilité spatiale et temporelle,
- impact de paramètres physico-chimiques.

La troisième partie de la thèse s'attache à démontrer que l'APL est un indicateur pertinent de la gestion de l'azote et du risque environnemental (relation entre l'APL et la qualité de l'eau à l'échelle parcellaire ou d'un bassin versant).

Enfin, les résultats APL enregistrés depuis plusieurs années sont valorisés pour

- évaluer le risque environnemental lié à certaines pratiques agricoles et
- élaborer un conseil de fertilisation idoine pour la culture suivante (sans mesure du reliquat azoté dans le sol en sortie d'hiver) ;
- tenter une extrapolation spatiale et historique de l'APL.

3. Atouts de l'APL

3.1. En liaison avec le risque

L'indicateur est-il bien en relation avec le risque de contamination des eaux souterraines par le nitrate ?

Depuis 2003, six lysimètres sont installés en plein champ, dans six parcelles sur sols limoneux typiques situées en Hesbaye liégeoise. Ceux-ci sont constitués d'un tonneau de 1,5 mètre de hauteur et un mètre carré de section, ouvert à son sommet et fermé à la base (figure 3). Ils sont placés à deux mètres de profondeur de manière à ne pas entraver les travaux du sol. Chaque lysimètre est raccordé, par un tuyau en polyéthylène, à une chambre de visite placée en bordure de parcelle de façon à collecter gravitairement l'eau récoltée à la base des lysimètres.

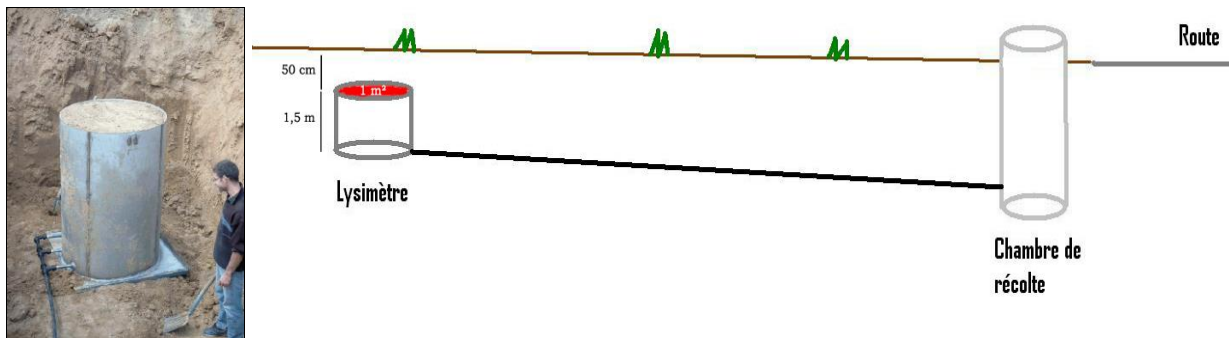


Figure 3. Schéma d'un lysimètre.

Des sites lysimétriques comparables installés en France, Allemagne ou Angleterre ont mis en évidence l'impact de facteurs anthropiques (succession culturale, fertilisation, gestion de l'interculture, intensité du pâturage) et pédoclimatiques (pluviométrie, propriétés du sol) sur la lixiviation du nitrate.

L'étude en cours depuis 2003 dans les parcelles équipées de lysimètres en Hesbaye liégeoise a permis de confirmer l'impact des facteurs évoqués précédemment.

La spécificité de cette étude est également de rechercher une relation entre l'APL et la concentration en nitrate des percolats. Après huit années de suivi, il apparaît (figure 4) que l'ordre de grandeur de l'APL (exprimé en $\text{kg N-NO}_3^-\cdot\text{ha}^{-1}$) est équivalent à la concentration moyenne en nitrate (exprimée en $\text{mg NO}_3^-\cdot\text{l}^{-1}$) de l'eau récoltée à la base du lysimètre au cours de la période de drainage qui suit la mesure de l'APL.

La qualité de cette relation a également été observée lors du suivi de 34 exploitations agricoles aux Pays-Bas au cours de trois années successives durant lesquelles plusieurs milliers de mesures APL et d'observation dans l'aquifère (1 à 3 m de profondeur) ont été réalisées.

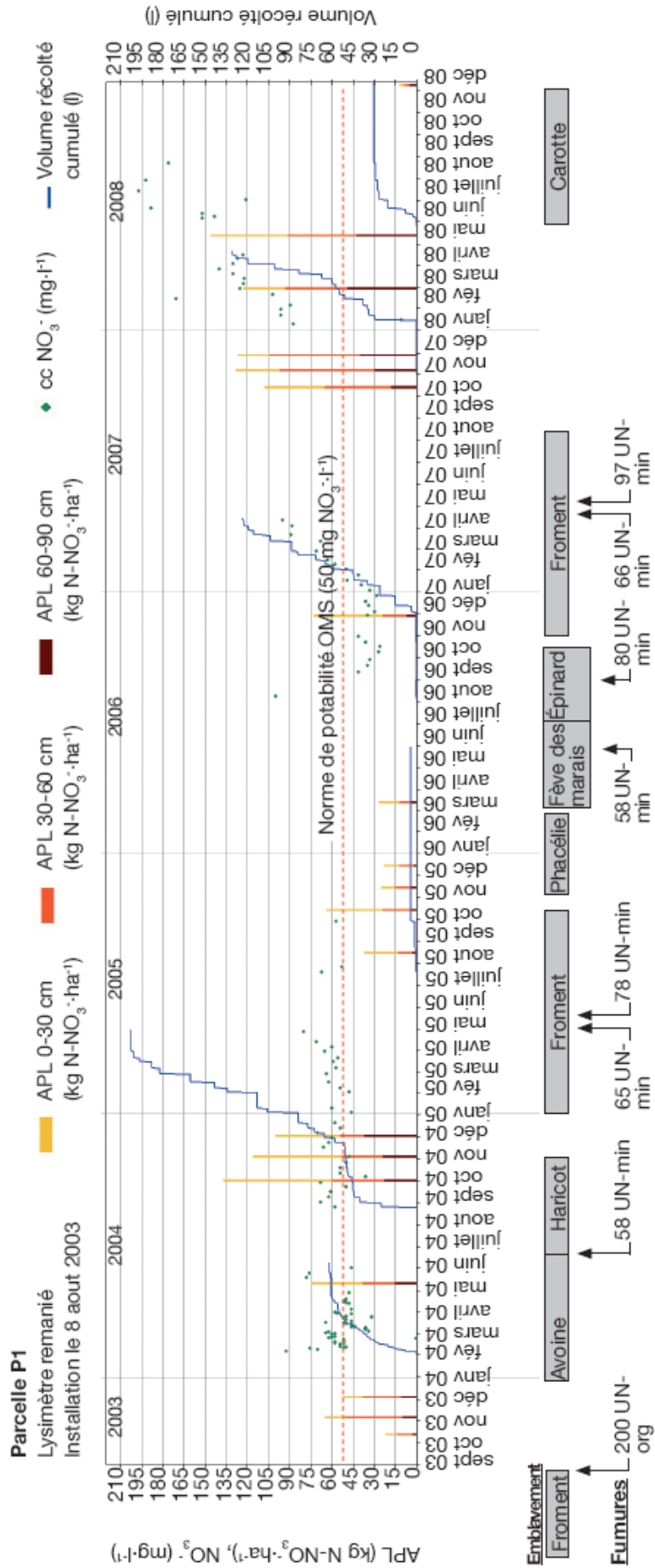


Figure 4. Lysimètre P1. Illustration des observations APL – concentration en nitrate de l'eau.

Cette même relation est également étudiée à l'échelle d'un petit bassin versant agricole (~ 100 hectares) depuis 2004 (figure 5).

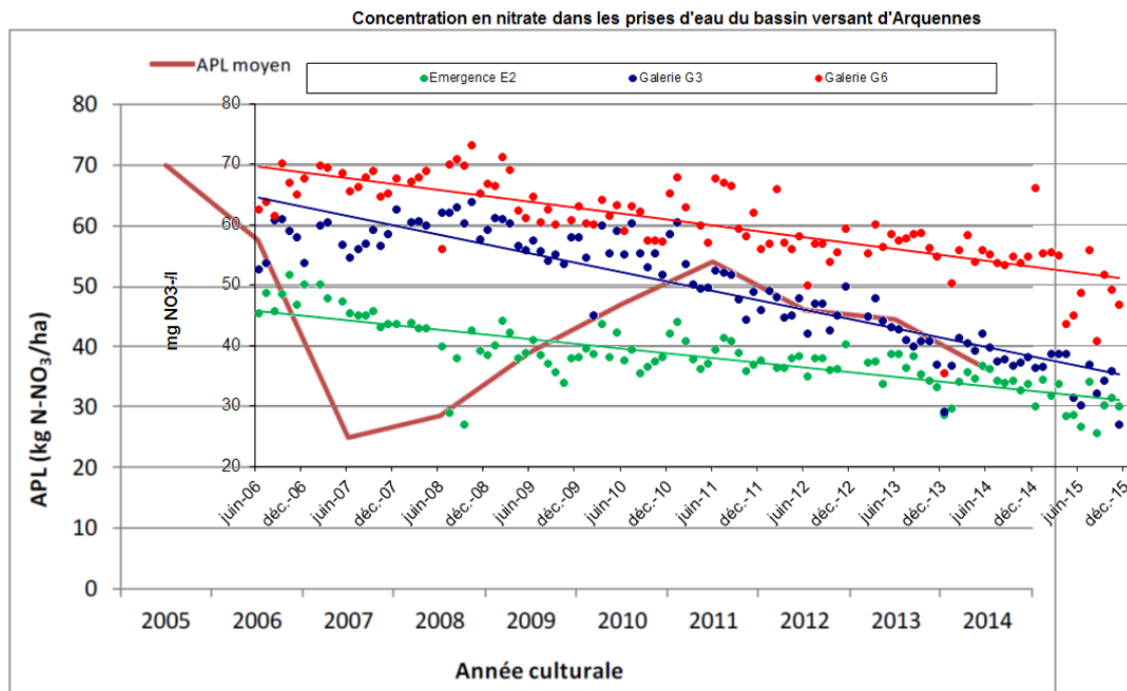


Figure 5. Relation APL – concentration en nitrate dans l'eau souterraine à l'échelle d'un bassin versant.

En conséquence, on considère que l'indicateur APL est bien en relation avec le risque de contamination des eaux souterraines par le nitrate d'origine agricole.

3.2. Transférable

L'indicateur peut-il être applicable dans la majorité des exploitations agricoles belges ?

Il est important de vérifier que l'indicateur ne soit pas trop influencé par les conditions édaphiques. La réponse à cette question est fournie par l'analyse des résultats du contrôle APL mis en place par le SPW depuis 2007. Dans ce cadre, de l'ordre de 900 parcelles sont choisies chaque année afin d'être échantillonnées en vue d'une mesure de l'APL. Les résultats sont comparés à des valeurs de référence et des valeurs limites établies dans un réseau constitué d'une trentaine de fermes où le raisonnement de la fertilisation est encadré par GxABT (GRENeRA) et l'UCL.

Les parcelles échantillonnées sont jugées conformes ou non selon que le résultat de la mesure d'APL est inférieur ou pas à la valeur limite correspondante de l'APL.

Un test χ^2 d'indépendance a été réalisé sur les résultats des contrôles APL menés en 2007, 2008 et 2009 pour analyser si la conformité des résultats est indépendante du type de sol. Les résultats de ces tests ont permis de conclure que le caractère conforme ou non de la parcelle est indépendant du type de sol.

3.3. Transparent

L'indicateur est-il facilement compréhensible et facile à interpréter ?

Le résultat exprimé en kilo d'azote (nitrique) par hectare, dérivé d'une concentration en nitrate dans un extrait de sol, est plus facilement compréhensible que cette dernière par les agriculteurs puisqu'ils utilisent cette unité pour exprimer la fertilisation appliquée aux cultures.

Il leur est donc aisé d'interpréter un APL de $87 \text{ kg N-NO}_3 \cdot \text{ha}^{-1}$ lorsqu'ils ont, par exemple, appliqué une fertilisation de $160 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. L'expérience des conseillers de Nitrawal asbl, régulièrement en contact avec les agriculteurs, confirme la bonne compréhension de cet indicateur.

3.4. Mesurable

Cet indicateur est-il facilement mesurable ?

On peut considérer qu'il est facilement mesurable parce que :

- les laboratoires provinciaux et institutions de recherches réalisent ce type d'analyse depuis plus de trente ans soit dans le cadre de conseils de fertilisation pour les agriculteurs, soit dans le cadre d'expérimentations ;
- son cout reste encore assez accessible (quelques dizaines d'euros).

Néanmoins, la mesure revêt deux contraintes :

- l'échantillonnage se déroule en fin d'automne, période pas toujours humainement propice (froid, pluie) à ces travaux ;
- le résultat final résulte d'une série de manipulations dont il convient de s'assurer de la qualité de l'exécution au risque d'établir un résultat très différent de la valeur 'vraie' de la parcelle.

3.5. Validité analytique

La mesure de l'indicateur est-elle scientifiquement validée ?

La mesure de l'APL ne peut être réalisée que par des laboratoires agréés pour ce type d'analyse. L'agrément s'obtient/se conserve par la participation régulière (trois fois par an) à des essais interlaboratoires organisés par le CRAW, laboratoire de référence de la Chaîne Nitrate-Sol de Requasud.

Ces essais consistent en l'analyse de dix échantillons (cinq échantillons en double aveugle) dont les résultats permettent d'évaluer la répétabilité et la justesse de l'analyse.

Compte tenu des résultats de ces essais interlaboratoires (précision de l'ordre de quelques pourcents), on peut considérer que l'analyse en laboratoire est valide.

3.6. Discriminant

L'APL permet-il de faire la distinction entre des changements dus à des facteurs externes, à des modes de gestions différenciés ?

Le caractère discriminant relatif à des modes de gestion est illustré par les résultats enregistrés sur une plateforme expérimentale relative à la réponse du rendement à une fertilisation croissante. Cette expérimentation a ainsi pu montrer que lorsque la fertilisation est supérieure à l'optimum de rendement, l'APL est significativement plus élevé qu'à fertilisation optimale.

Ce caractère discriminant est également illustré au travers du mode de gestion d'une parcelle après la récolte de céréale : un sol laissé nu, une culture d'hiver (telle que du colza, de l'escourgeon ou du froment) semée ou une CIPAN semée (avec ou sans apport de matière organique) sont autant d'alternatives agronomiques qui présentent une « signature » APL distincte.

Le caractère 'discriminant dans l'espace' est développé sous deux angles : un 'chimique' et un 'physique' (les deux étant bien souvent liés).

L'angle 'chimique' est illustré par la dépendance de l'APL à la teneur en carbone d'une parcelle. En 2012, lors du contrôle APL mené par le SPW, outre la teneur en nitrate, les laboratoires ont également dosé le carbone dans le sol. L'analyse de ces résultats a révélé que l'appréciation de la conformité d'un résultat (*non conforme, limite, satisfaisant* ou *bon*) est dépendante de la teneur en carbone du sol. En d'autres mots, les résultats qualifiés *non conformes* présentent un taux de carbone significativement plus élevé que les autres résultats.

L'angle 'physique' est illustré par une étude 'intraparcellaire'. Afin de déterminer la relation entre le niveau de précision de la mesure et le nombre de carotte à prélever, environ 140 carottes ont été prélevées et analysées dans deux parcelles. L'une de ces deux parcelles présente une toposéquence typique d'un plateau-versant-fond de vallée condruzien. Le traitement statistique des résultats a mis en évidence une relation (différence faible mais significative) entre le résultat et le type de sol.

3.7. Pertinence politique

Cet indicateur peut-il aider au contrôle des effets des décisions politiques et à l'identification des régions ou des systèmes où une action politique est nécessaire ?

L'expérience pilote menée sur le bassin versant agricole d'Arquennes depuis 2004 permet d'illustrer le contrôle des effets des décisions politique, à savoir la mise en œuvre du Programme de Gestion Durable de l'Azote en agriculture (PGDA). Ainsi, avant la mise en œuvre effective du PGDA, l'APL moyen (à l'échelle du bassin versant) était compris entre 60 et 70 kg N-NO₃.ha⁻¹ et deux-trois ans après sa mise en œuvre (encadrée par les conseillers de Nitrawal asbl), l'APL moyen avait quasiment diminué de moitié. Trois-quatre années après cette diminution 'en surface', la concentration en nitrate dans l'eau souterraine a affiché la même tendance (figure 5).

Un constat similaire a été réalisé à l'échelle parcellaire au moyen de lysimètres installés en plein champ depuis 2003. Ces outils permettent la collecte d'eau de percolation à deux mètres de profondeur (figure 3). L'examen des résultats d'analyses de sol (APL) et d'eau illustre la dépendance des stocks et flux de nitrate aux pratiques agricoles (figure 4). Ces résultats ont permis d'orienter/justifier le contenu du PGDA.

En matière d'identification des régions ou des systèmes où une action est nécessaire, le contrôle APL mis en œuvre par le SPW permet chaque année de pointer en zone vulnérable quelques dizaines d'exploitations agricoles où des changements de pratiques agricoles doivent être mis en œuvre par les agriculteurs concernés et confirmés les années suivantes par des contrôles APL toujours diligentés par le SPW.

La performance de ce contrôle a également fait l'objet d'une étude : l'échantillonnage de trois parcelles dans une exploitation qui en compte souvent plus d'une quinzaine permet-il de rendre compte de la performance de gestion de l'azote pratiquée par l'agriculteur ?

4. Limites de l'APL

L'expression « mesurer l'APL d'une parcelle » est certainement un abus de langage ; il serait plus approprié d' « estimer l'APL d'une parcelle » au vu du nombre d'étapes à mener pour pouvoir exprimer un résultat.

Rappelons ainsi (figure 6) :

- que tout le sol de la parcelle (~ 4000 tonnes par hectare pour l'horizon labouré) n'est pas analysé ; seulement quelques centaines de grammes sont échantillonnés pour l'analyse ;
- que cet échantillon est « vivant » et que s'il n'est pas conservé correctement, l'azote peut continuer à se transformer;
- que la transformation du résultat analytique en $\text{kg N-NO}_3^- \cdot \text{ha}^{-1}$ se fait en y intégrant la densité du sol et sa charge caillouteuse, deux paramètres qui ne sont pas « mesurés » lors de l'échantillonnage ;

Par ailleurs, le sol étant soumis aux aléas du climat, sa concentration en nitrate est donc, outre la gestion pratiquée par l'agriculteur, sensible à ce facteur.

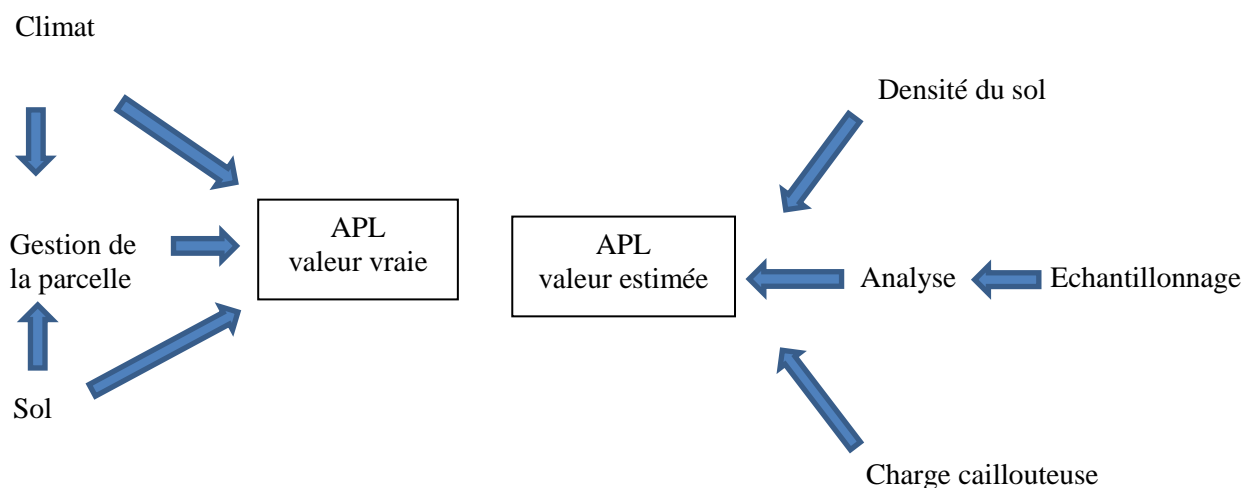


Figure 6. Facteurs influençant l'APL d'une parcelle et son estimation.

Les travaux menés dans le cadre de cette thèse ont permis d'étudier ces facteurs d'incertitudes/sources de variation et le cas échéant, à apporter les solutions pour que l'estimation de l'APL soit la plus proche possible de la valeur vraie.

5. Perspectives

L'examen des observations APL a mis en évidence un impact de la teneur en carbone et de la texture du sol sur le résultat. Il a été montré que plus la teneur en carbone organique total d'un sol est élevée, plus le risque d'un APL non-conforme est élevé. Pour améliorer l'interprétation des résultats APL ainsi que les conseils de fertilisation, il conviendrait d'évaluer l'intérêt que pourrait avoir une meilleure connaissance des diverses formes de carbone dans le sol, à travers des mesures de fractionnement (physique, chimique et granulométrique).

Actuellement, la démonstration de la pertinence de l'APL (tant sur le volet agronomique qu'environnemental) a essentiellement été menée sur base d'observations réalisées en zone limoneuse, au nord du sillon Sambre et Meuse. Si l'usage de l'APL devait être étendu à toute la région wallonne (soit par une extension de zone vulnérable, soit lors d'actions plus ponctuelles à proximité de zones de captage), il conviendrait de pouvoir préalablement mener quelques expérimentations pour valider ou, le cas échéant, adapter l'interprétation d'un résultat APL.

Dans le cadre du contrôle APL, des résultats très élevés sont parfois observés et font régulièrement l'objet de critiques après qu'une ré-analyse de la parcelle en question présente un résultat 30 à 50% supérieur ou inférieur à la première analyse. Il conviendrait de profiter de telles situations pour étendre l'expertise relative à la variabilité intraparcélaire de l'APL et à la relation densité d'échantillonnage – précision du résultat.

Par ailleurs, actuellement, chaque résultat analytique est pondéré par un coefficient illustrant la charge caillouteuse estimée de la parcelle, coefficient identique pour les trois couches de sol échantillonnées. Il conviendrait d'évaluer si l'anisotropie de la distribution verticale de la charge impacte significativement la qualité du résultat final et, le cas échéant, de voir dans quelle mesure il serait possible d'améliorer la Carte Numérique des Sols de Wallonie.

Le texte complet de la thèse est disponible à l'URL suivant : <http://hdl.handle.net/2268/201372>