

Analyse des résultats du contrôle APL 2020 et évolution depuis 2008 à l'échelle des masses d'eau souterraine de Wallonie



Ce document doit être cité de la manière suivante :

Lefebure K., Vandenberghe C., Colinet G., 2021. *Analyse des résultats du contrôle APL 2020 et évolution depuis 2008 à l'échelle des masses d'eau souterraine de Wallonie*. Dossier GRENeRA **21-04**, 67 p. + annexes. In Vandenberghe C.¹, De Toffoli M.², Hawotte F.³, Lefébure K.¹, Durenne B.³, Imbrecht O.², Bachelart F.¹, Weickmans B.³, Huyghebaert B.³, Lambert R.², Colinet G.¹, 2021. Programme de gestion durable de l'azote en agriculture wallonne et volet eau du programme wallon de réduction des pesticides - Rapport d'activités final 2021 des membres scientifiques de la Structure d'encadrement PROTECT'eau. Centre wallon de Recherches agronomiques, Université catholique de Louvain et Université de Liège - Gembloux Agro-Bio Tech, 21 p. + annexes.

-
1. Gembloux Agro-Bio Tech (ULg)
 2. Earth and Life Institute (UCL)
 3. Centre wallon de Recherches agronomiques
-

Table des matières

1	Introduction	5
2	Contexte et données utilisées	6
2.1	Le contrôle APL	6
2.1.1	Sélection des exploitations et échantillonnage	6
2.1.2	Conformité des APL	6
2.1.3	Évaluation de l'exploitation	6
2.1.4	Le programme d'observation	7
2.2	Le SIGEC	7
2.3	Le Survey Nitrate	9
2.4	Les masses d'eau souterraine de Wallonie	11
3	Résultats du contrôle APL 2020	14
3.1	Distribution spatiale des parcelles contrôlées	14
3.2	Distribution statistique des échantillons	15
3.3	Résultats globaux pour 2020 et évolutions par rapport aux années précédentes	17
3.3.1	Comparaison statistique des proportions de conformité des exploitations en fonction des années culturales	20
3.3.2	Comparaison statistique des proportions de conformité des parcelles en fonction des années culturales	21
3.3.3	Synthèse	21
3.4	Complétude de la base de données APL	21
3.5	Explicitation des résultats par classe de contrôle APL	25
3.5.1	Classe A1 (betterave)	25
3.5.2	Classe A2 (céréales non suivies d'une culture implantée en automne)	26
3.5.3	Classe A3 (céréales suivies d'une culture implantée en automne; chicorée)	26
3.5.4	Classe A4 (maïs)	27
3.5.5	Classe A5 (pomme de terre)	27
3.5.6	Classe A6 (colza)	28
3.5.7	Classe A7 (légumes)	28
3.5.8	Classe A8 (prairie)	29
3.5.9	Synthèse	29
3.6	Comparaison interannuelle des résultats	29
3.7	Conclusion	32

4	Extrapolation des résultats APL à l'échelle de la masse d'eau souterraine	33
4.1	Méthodologie	33
4.2	Répartition des cultures et prairies par masse d'eau souterraine	35
4.3	Remarque sur les classes de céréales A2 et A3	41
4.4	APL moyen par classe de cultures ou prairie en 2020	41
4.5	APL moyen par masse d'eau souterraine en 2020	46
4.6	Évolution de l'APL par masse d'eau souterraine	50
5	Qualité de l'eau des masses d'eau souterraine d'un point de vue du nitrate (Survey Nitrate)	55
6	Confrontation des APL moyens et des résultats du Survey Nitrate à l'échelle des masses d'eau souterraine	60
7	Conclusions	64
8	Bibliographie	66

1 Introduction

Le 14 février 2008, le Gouvernement wallon adopte un arrêté relatif au suivi, par des mesures de l'Azote Potentiellement Lessivable (APL) dans le sol, de la conformité des exploitations agricoles situées en zone vulnérable aux bonnes pratiques agricoles nécessaires à la protection des eaux contre la pollution par le nitrate à partir de sources agricoles. Cet arrêté est entré en vigueur le 1er janvier 2008 et fixe les modalités de l'évaluation des APL mesurés dans les exploitations situées en zone vulnérable en région wallonne. Il s'agit là d'une mesure importante s'inscrivant dans le cadre de la révision en 2007 du Programme de Gestion Durable de l'Azote en Agriculture (PGDA), transposition de la directive européenne 'Nitrates' dans la législation belge.

Concrètement, chaque année, l'Administration⁴ sélectionne au moins 5 % des exploitations agricoles (environ 700) situés en zone vulnérable. Dans chacune de ces exploitations, l'APL est mesuré dans trois parcelles. Les résultats, exprimés en $\text{kg N-NO}_3 \text{ ha}^{-1}$, sont comparés à des seuils d'intervention établis dans des parcelles appartenant à un réseau de fermes de référence, le Survey Surfaces Agricoles (SSA), suivi par deux membres scientifiques (ULg GxABT⁵ et UCL⁶) de la Structure d'encadrement PROTECT'eau. Si les résultats ne s'avèrent pas conformes par rapport à ces seuils, l'agriculteur doit entrer dans un programme d'observation au cours duquel les résultats doivent s'améliorer, faute de quoi des amendes sont prévues.

En 2007, une campagne "fictive" de contrôle dans environ 300 exploitations choisies au hasard en zone vulnérable avait été simulée, sans toutefois engendrer de conséquences négatives pour l'exploitant en cas de non-conformité de ses APL. La campagne de contrôle menée en 2020 est la douzième campagne "effective" depuis la campagne de 2008, avec le risque pour l'agriculteur d'entrer dans un programme d'observation en cas de résultat 'négatif'. Pour mémoire, les enseignements des précédentes campagnes de contrôle figurent dans les rapports d'activités annuels intermédiaires⁷.

L'objectif de ce dossier est dans un premier temps d'analyser les résultats de la campagne 2020 en vue d'évaluer la performance des agriculteurs contrôlés en matière de gestion de l'azote (point 3).

Dans un deuxième temps, une extrapolation des résultats APL est réalisée à l'échelle des masses d'eau souterraine⁸ afin de suivre l'évolution de la pression « nitrate » sur les eaux souterraines (point 4).

Enfin, l'état qualitatif des masses d'eau souterraine est abordé (point 5) avant une confrontation des APL moyens calculés à l'échelle des masses d'eau avec les résultats du suivi du nitrate dans l'eau des captages (point 6).

4. Service Public de Wallonie - Direction Générale Opérationnelle Agriculture, Ressources naturelles et Environnement (DGO 3).

5. Université de Liège - Gembloux Agro-Bio Tech.

6. Université catholique de Louvain - Earth and Life Institute

7. www.gembloux.ulg.ac.be/gp/grenera/grenera_rapports_activites_en_cours.htm.

8. Jusqu'en 2012 cette extrapolation était réalisée à l'échelle de la région agricole.

2 Contexte et données utilisées

Ce paragraphe rappelle le contexte du contrôle APL et présente brièvement les données utilisées pour extrapoler et interpréter les résultats du contrôle à l'échelle des masses d'eau souterraine. Ces données sont :

1. le contrôle APL ;
2. le SIGEC (Système Intégré de Gestion et de Contrôle) des déclarations de la PAC⁹ ;
3. les données de surveillance permanente des teneurs en nitrate dans les aquifères de la région wallonne (« Survey Nitrate ») ainsi que
4. les masses d'eau souterraine.

2.1 Le contrôle APL

2.1.1 Sélection des exploitations et échantillonnage

Chaque année, l'Administration procède à la sélection de minimum 5 % d'exploitations agricoles parmi celles déclarant plus de 20 % de leur superficie agricole en zone vulnérable. Au sein des exploitations choisies, trois parcelles identifiées¹⁰ par l'Administration font l'objet d'un prélèvement d'échantillons de sol entre le 15 octobre et le 20 décembre, en vue d'y doser l'APL. Une parcelle de remplacement est également choisie. Les échantillons prélevés sont analysés par un laboratoire agréé. Le coût du premier contrôle est pris en charge par la Région wallonne. Chaque agriculteur peut également faire échantillonner à ses frais par un laboratoire agréé de son choix une ou plusieurs parcelles précédemment échantillonnées, en vue d'une analyse contradictoire.

2.1.2 Conformité des APL

Chaque APL est comparé à la référence APL de la classe correspondante, augmenté de la marge de tolérance, à la même date de prélèvement, définissant ainsi le seuil d'intervention. Pour être jugé conforme, l'APL mesuré doit être inférieur au seuil d'intervention à cette date de prélèvement (Dossier GRENeRA 20-03)¹¹.

2.1.3 Évaluation de l'exploitation

L'évaluation de l'exploitation est positive si au moins deux APL mesurés sur trois sont conformes et si aucun APL n'est supérieur de plus de 100 % et de plus de 100 kg N-NO₃⁻ ha⁻¹ à la limite de non-conformité. Le contrôle est alors clôturé. Par l'effet du hasard, l'exploitation est toutefois susceptible de figurer parmi les exploitations contrôlées l'année suivante. Si par contre au moins deux APL sur trois sont non conformes ou si au moins un APL est supérieur de plus de 100 % et de plus de 100 kg N-NO₃⁻ ha⁻¹ à la limite de non-conformité, l'évaluation est négative et l'exploitation entre alors dans un programme d'observation.

9. Politique Agricole Commune.

10. Les parcelles contrôlées peuvent également être situées hors de la zone vulnérable.

11. https://www.gembloux.ulg.ac.be/gp/grenera/Bibliotheque/PROTECTeau/2020/DG_20-03_APL.pdf.

2.1.4 Le programme d'observation

La durée du programme d'observation est de deux ans minimum (figure 1). Pendant ce programme d'observation, chaque année, trois parcelles sont échantillonnées en vue d'y doser l'APL. Pour sortir du programme d'observation, il faudra obtenir une évaluation positive (cf. § 2.1.3), pendant deux années consécutives. Si par contre dans le programme d'observation, l'exploitation obtient une évaluation négative à trois reprises, l'agriculteur s'expose alors à une amende pouvant atteindre 120 € par hectare de Surface Agricole Utile (SAU) déclaré à la PAC. Durant le programme d'observation, le coût des analyses est à la charge de l'agriculteur excepté le coût de celles réalisées l'année de sortie du programme d'observation.

Le paiement d'une amende n'implique pas la sortie du programme d'observation. L'année suivante, le contrôle se poursuit. Si l'évaluation reste négative, l'amende est doublée. Il faudra deux évaluations positives successives pour quitter le programme d'observation.

CONTRÔLE	PROGRAMME D'OBSERVATION				
2008	2009	2010	2011	2012	2013
			SANCTION		
				SANCTION	
					SANCTION
		SORTIE DU PROGRAMME D'OBSERVATION			
				SORTIE DU PROGRAMME D'OBSERVATION	
					SORTIE DU PROGRAMME D'OBSERVATION

- Evaluation négative : 2 APL sur 3 sont non conformes au cours d'une même année
- Evaluation positive : 2 APL sur 3 sont conformes au cours d'une même année

FIGURE 1 – Déroulement du programme d'observation.

2.2 Le SIGEC

L'information sur les occupations culturelles des parcelles agricoles provient du SIGEC (Système Intégré de Gestion Et de Contrôle) qui centralise les déclarations de superficie introduites chaque année par les agriculteurs sollicitant les aides compensatoires prévues par la PAC. Le SIGEC offre un inventaire annuel du parcellaire (localisation et nature de l'occupation) et des superficies agricoles. Le SIGEC

représente environ 270 000 parcelles et couvre plus de 90 % de la superficie agricole de la Wallonie. Ce caractère partiel venant du fait qu'une minorité des agriculteurs n'introduisent pas de déclaration de superficie pour obtenir les aides compensatoires liées à la PAC. Le SIGEC est naturellement mis à jour annuellement.

2.3 Le Survey Nitrate

(sources : Vandenberghe et al., 2013a, SPW-DGO3-DEE, 2014 et SPW-DGO3¹², 2016)

En 1991, l'Europe adopte la directive 'Nitrates' (91/676/CEE) relative à la protection des eaux vis-à-vis de la pollution par le nitrate d'origine agricole. Cette directive impose aux États membres de :

1. désigner des zones vulnérables (zones dans lesquelles la concentration en nitrate des eaux dépasse ou risque d'atteindre la limite de $50 \text{ mg NO}_3 \text{ l}^{-1}$),
2. de mettre en oeuvre des Programmes d'action révisables tous les quatre ans,
3. de rédiger, selon la même fréquence, un rapport d'évaluation de ces programmes à l'attention de la Commission européenne.

En 1994, la Région wallonne de Belgique a délimité les premières zones vulnérables (Sables bruxelliens et Crétacé de Hesbaye). Depuis lors, elles ont été étendues pour occuper, depuis 2013, une zone qui représente un peu plus 56 % de la superficie de la Wallonie et un peu moins de 70 % de la superficie agricole de la Wallonie (figure 2).

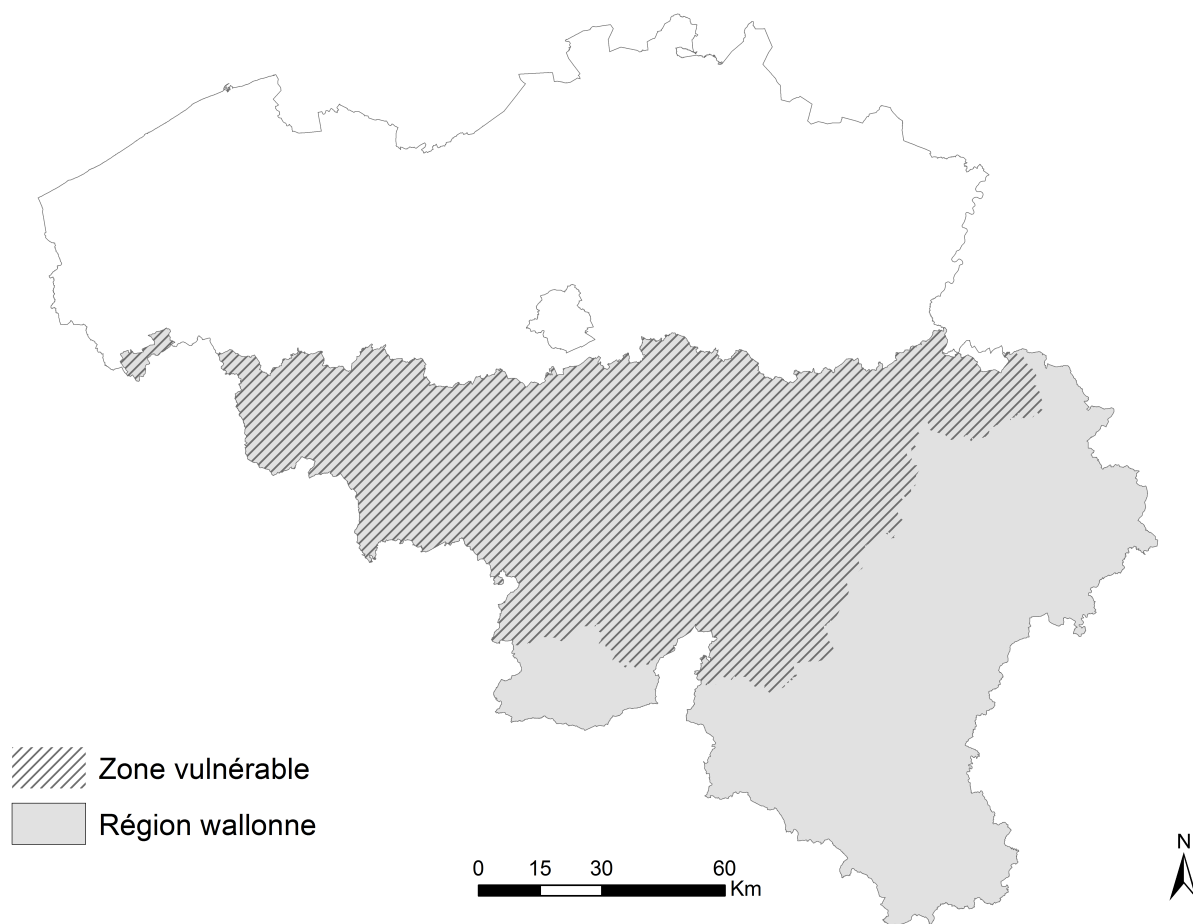


FIGURE 2 – Zone vulnérable en région wallonne définie en 2013.

12. Direction Générale Opérationnelle Agriculture, Ressources naturelles et Environnement.

Pour pouvoir établir et, au besoin, réviser l'extension de la zone vulnérable, le Service Public de Wallonie (SPW) organise depuis 1994 une surveillance permanente de la teneur en nitrate dans les principaux cours d'eau et aquifères de la région wallonne, appelée « *Survey Nitrate* » (SPW-DGO3, 2016).

En ce qui concerne les eaux souterraines, les principales masses d'eau de Wallonie¹³ (figure 3) en zone vulnérable (au sens de la Directive Nitrates 91/676 CEE) font l'objet d'un suivi régulier, coordonné par le SPW avec l'appui des producteurs d'eau (essentiellement distribution publique).

La concentration moyenne annuelle (2 à 12 analyses par an et par point d'observation) en nitrate dans ces masses d'eau majeures se situe généralement entre 30 et 50 mg NO₃⁻ l⁻¹, limite fixée par la Directive « Eau potable » (98/83 CE), sauf dans les masses d'eau des sables du Thanétien des Flandres (Comines-Warneton) et du Crétacé du Pays de Herve (figure 3; SPW-DGO3-DEE, 2017). Les aquifères situés hors zone vulnérable (par exemple Ardenne et Région jurassique) contiennent des eaux dont la concentration en nitrate se situe généralement entre 10 et 30 mg NO₃⁻ l⁻¹.

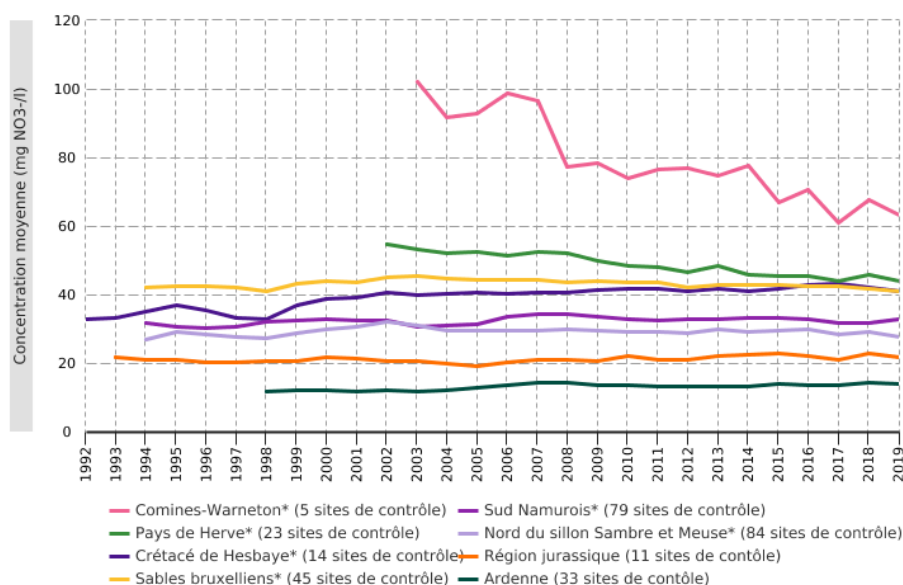


FIGURE 3 – Teneurs moyennes [mg NO₃⁻ l⁻¹] en nitrate dans les eaux souterraines (SPW-DGO3-DEE, 2020).

En 1996, la Région Wallonne a défini un code de bonnes pratiques agricoles qui sera révisé, sous la forme d'un Programme d'action en 2002 (PGDA I), revu en 2007 (PGDA II), en 2011 (PGDA IIbis) et en 2014 (PGDA III). Le Programme d'action définit les pratiques (quantité maximale d'apport azoté, période d'apport, culture intermédiaire piège à nitrate, etc.) à mettre en oeuvre par les agriculteurs ainsi que des références (production d'azote par catégorie de cheptel, capacité minimale de stockage des engrais de fermes, etc.).

13. Crétacé de Hesbaye, Sud Namurois, Nord Sambre et Meuse, Sables bruxelliens, Craies de Mons et Comines-Warneton (Sables du Thanétien des Flandres).

En 2000, le Gouvernement wallon a mis en place la « Structure d'encadrement Nitrawal », composée de cinq membres : la Fédération Wallonne de l'Agriculture, Aquawal (Union professionnelle des Opérateurs du Cycle de l'eau en Région wallonne), l'asbl Nitrawal, l'Université Catholique de Louvain (Earth and Life Institute) et l'ULg Gembloux Agro-Bio Tech (Axe 'Echanges Eau-Sol-Plante' - GRE-NeRA). Parmi leurs missions, ces deux équipes universitaires doivent évaluer le Programme d'action et proposer les éventuelles révisions nécessaires (Vandenberghé et al., 2013b).

En 2017, la « Structure d'encadrement Nitrawal » est devenue « Structure d'encadrement PROTECT'eau » en y ajoutant un nouveau membre (le Centre wallon de Recherches Agronomiques) et de nouvelles missions relatives aux produits phytosanitaires. La Fédération Wallonne de l'Agriculture et Aquawal ne font depuis lors plus partie de la Structure.

2.4 Les masses d'eau souterraine de Wallonie

(Source : SPW-DGO3, 2016)

La Directive cadre sur l'Eau (Directive 2000/60/CE) introduit un nouveau concept, celui de masse d'eau souterraine, nouvelle unité élémentaire du milieu aquatique, mieux adaptée à la gestion des eaux à l'intérieur des bassins hydrographiques à large échelle (districts hydrographiques). La masse d'eau souterraine est donc un volume distinct d'eau souterraine à l'intérieur d'un ou de plusieurs aquifères.

L'article 5 de la Directive précise que les États membres doivent réaliser une caractérisation initiale de toutes les masses d'eau souterraine pour évaluer leurs utilisations et le risque qu'elles présentent de ne pas répondre aux objectifs de qualité prévus à l'article 4. Les critères retenus pour évaluer le bon état des eaux souterraines sont l'**état qualitatif** (mesures physiques, chimiques et microbiologiques) et l'**état quantitatif** (mesures du niveau de l'eau souterraine et mesures du débit des émergences).

La figure 4 illustre la spatialisation des 34 masses d'eau souterraine de Wallonie. Le tableau 1 reprend la liste des masses d'eau souterraine avec leur superficie et typologie simplifiée.

En 2017, les deux parties de la masse d'eau souterraine des sables de la vallée de la Haine RWE031 ont été scindées. Dans la partie Est (RWE033), on observe une pression urbaine et industrielle importante alors que dans la partie Ouest (RWE034), l'impact agricole est plus important.

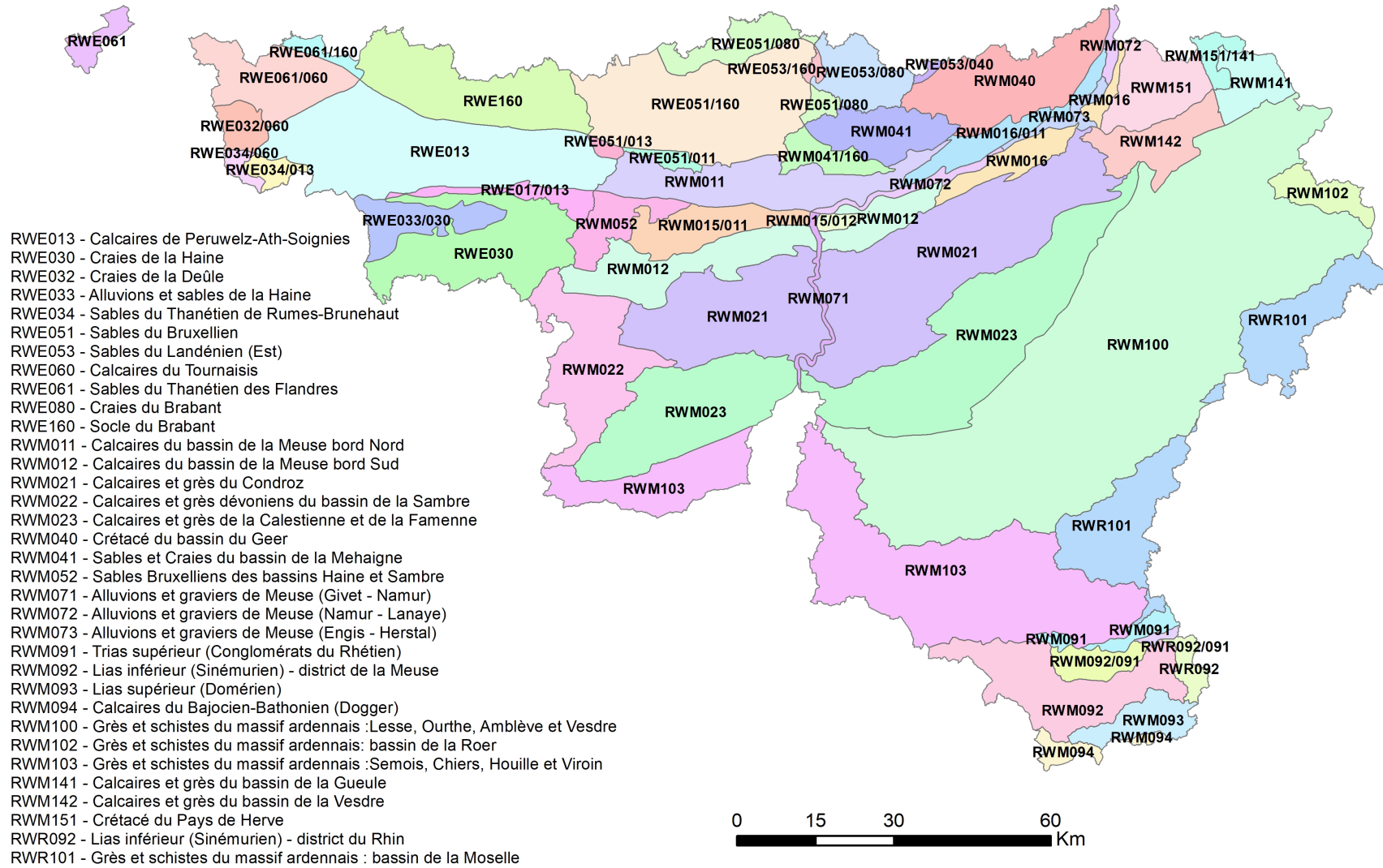


FIGURE 4 – Les 34 masses d'eau souterraine de Wallonie (d'après SPW-DGO3, 2017).

TABLEAU 1 – Superficie des 34 masses d’eau souterraine et typologie simplifiée (SPW-DGO3, 2017).

District hydrographique	Code MESO	Dénomination	Superficie* [km ²]	Typologie simplifiée
Escaut	RWE013	Calcaires de Peruwelz-Ath-Soignies	1020	Socle primaire
	RWE030	Craies de la Haine	644	Sédimentaire
	RWE032	Craies de la Deûle	73	Sédimentaire
	RWE033	Alluvions et sable de la Haine	167	Dépôts et quaternaire
	RWE034	Sables du Thanétien de Rumes-Brunchaut	75	Dépôts et quaternaire
	RWE051	Sables du Bruxellien	965	Sédimentaire
	RWE053	Sables du Landénien (Est)	206	Sédimentaire
	RWE060	Calcaires du Tournaisis	392	Socle primaire
	RWE061	Sables du Thanétien des Flandres	389	Dépôts et quaternaire
	RWE080	Craies du Brabant	348	Sédimentaire
	RWE160	Socle du Brabant	1382	Socle primaire
Meuse	RWM011	Calcaires du bassin de la Meuse bord Nord	799	Socle primaire
	RWM012	Calcaires du bassin de la Meuse bord Sud	484	Socle primaire
	RWM021	Calcaires et grès du Condroz	1661	Socle primaire
	RWM022	Calcaires et grès dévoniens du bassin de la Sambre	443	Socle primaire
	RWM023	Calcaires et grès de la Calestienne et de la Famenne	1504	Socle primaire
	RWM040	Crétacé du bassin du Geer	440	Sédimentaire
	RWM041	Sables et Craies du bassin de la Méhaigne	305	Sédimentaire
	RWM052	Sables Bruxelliens des bassins Haine et Sambre	142	Sédimentaire
	RWM071	Alluvions et graviers de Meuse (Givet - Namur)	38	Dépôts et quaternaire
	RWM072	Alluvions et graviers de Meuse (Namur - Lanaye)	78	Dépôts et quaternaire
	RWM073	Alluvions et graviers de Meuse (Engis - Herstal)	46	Dépôts et quaternaire
	RWM091	Trias supérieur (Conglomérats du Rhétien)	170	Sédimentaire
	RWM092	Lias inférieur (Sinémurien) - district de la Meuse	536	Sédimentaire
	RWM093	Lias supérieur (Domérien)	133	Sédimentaire
	RWM094	Calcaires du Bajocien-Bathonien (Dogger)	53	Sédimentaire
	RWM100	Grès et schistes du massif ardennais :Lesse, Ourthe, Amblève et Vesdre	3588	Socle primaire
	RWM102	Grès et schistes du massif ardennais : bassin de la Roer	110	Socle primaire
	RWM103	Grès et schistes du massif ardennais : Semois, Chiers, Houille et Viroin	1224	Socle primaire
	RWM141	Calcaires et grès du bassin de la Gueule	188	Socle primaire
	RWM142	Calcaires et grès du bassin de la Vesdre	207	Socle primaire
	RWM151	Crétacé du Pays de Herve	286	Sédimentaire
Rhin	RWR092	Lias inférieur (Sinémurien) - district du Rhin	65	Sédimentaire
	RWR101	Grès et schistes du massif ardennais : bassin de la Moselle	668	Socle primaire

*Pour les masses d’eau avec des parties supérieures et inférieures, la surface totale est calculée en considérant les deux niveaux.

3 Résultats du contrôle APL 2020

3.1 Distribution spatiale des parcelles contrôlées

Depuis 2007, 24046 parcelles ont été contrôlées en Wallonie. Les contrôles sont répartis de manière relativement homogène dans l'ensemble de la zone vulnérable. Comme expliqué précédemment, quelques parcelles contrôlées se trouvent hors zone vulnérable (cf § 2.1.1).

La valeur APL d'une parcelle est jugée conforme par rapport aux références si la valeur est inférieure au seuil d'intervention. Les valeurs conformes sont réparties en trois catégories (bon, satisfaisant et limite). Pour plus amples informations, le lecteur est renvoyé au Dossier GRENeRA 20-03¹⁴.

En 2020, 2356 parcelles ont été contrôlées (figure 5). Localement, la densité de parcelles non conformes est plus importante. C'est notamment le cas à l'ouest de la province du Hainaut et dans le nord de la province de Namur. A l'inverse, dans le centre du Brabant wallon, à l'est des provinces de Hainaut et de Namur et dans le sud de la province de Liège, les parcelles dont le statut de l'analyse est classé comme 'bon' dominant.

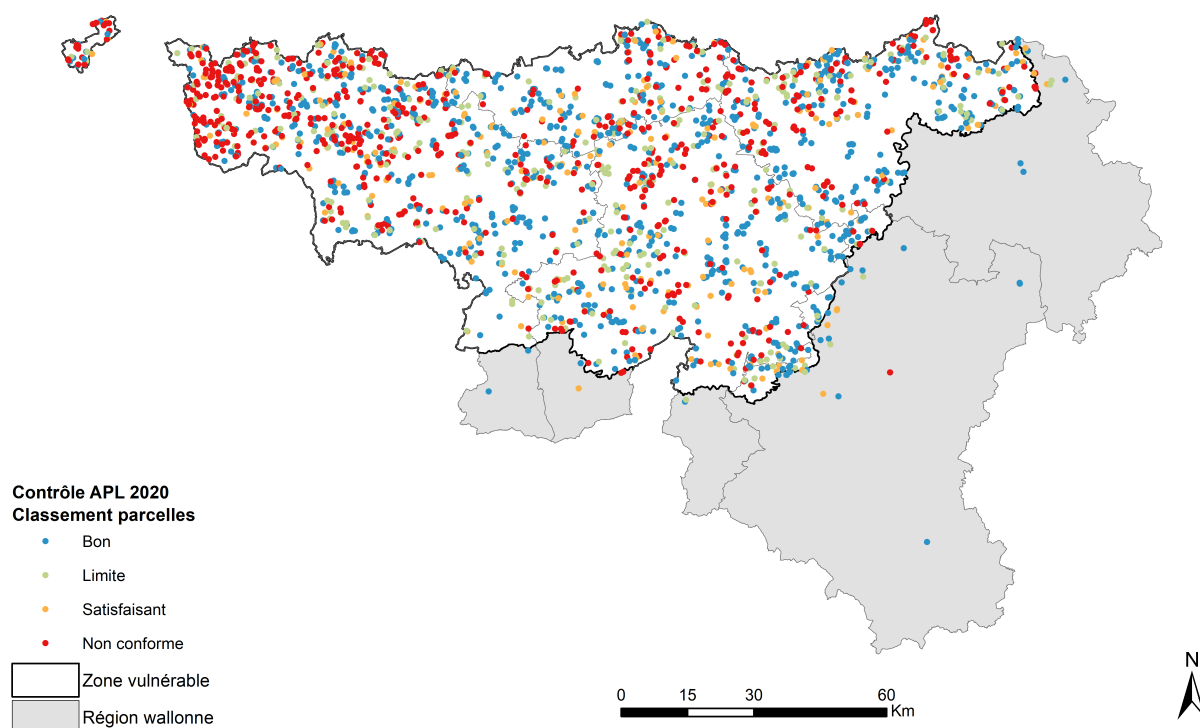


FIGURE 5 – Distribution spatiale et conformité des parcelles contrôlées en 2020.

Afin d'orienter le contrôle APL des années à venir, le statut "moyen" des parcelles sélectionnées de manière aléatoire entre 2016 et 2020 a été évalué sur un maillage d'environ 15 x 6 km² (figure 6). Un score de 1, 2, 3 et 4 points a respectivement été attribué aux parcelles jugées bonnes, satisfaisantes, limites et non conformes. Ensuite, le score moyen a été calculé dans chaque maille. Le chiffre dans la maille

14. https://www.gembloux.ulg.ac.be/gp/grenera/Bibliotheque/PROTECTeau/2020/DG_20-03_APL.pdf.

correspond au nombre de parcelles prises en compte dans le calcul de la moyenne. Ainsi plus le score moyen tend vers 4 (plus la couleur tend vers le rouge) plus la proportion de parcelles non conformes est importante et plus le score moyen est faible (plus la couleur tend vers le bleu), plus la proportion de parcelles jugées bonnes est importante. Gardons à l'esprit que les moyennes "cachent" les valeurs extrêmes. Il est donc possible que des parcelles bonnes se retrouvent dans des mailles dont le score est élevé (et inversement).

En considérant que les parcelles sélectionnées de manière aléatoire sont représentatives des pratiques agricoles dans l'ensemble des mailles, cette carte permettra à l'administration d'orienter l'échantillonnage où la probabilité d'observer des parcelles non conformes est plus élevée.

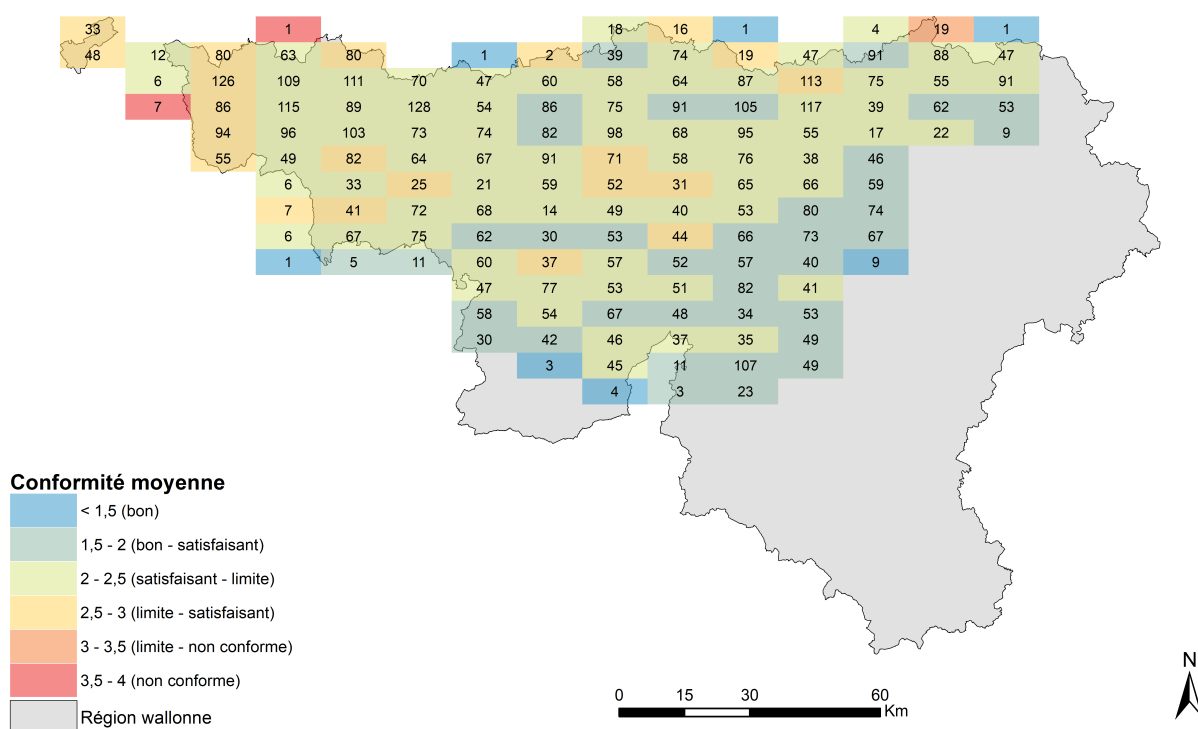


FIGURE 6 – Spatialisation de la conformité moyenne des parcelles contrôlées entre 2016 et 2020.

3.2 Distribution statistique des échantillons

Comme précédemment, les parcelles échantillonnées en 2020 sont emblavées principalement (tableau 2 et figure 7) de céréales non suivies d'une culture implantée en automne (classe A2; 29.6 %), de céréales suivies d'une culture implantée en automne ou chicorée (classe A3; 13.2 %) et de maïs (classe A4; 19.7 %), ces trois classes représentent 62.5 % des parcelles échantillonnées.

Notons que jusqu'en 2012, la classe A2 ne reprenait que les céréales suivies d'une CIPAN. Depuis 2013, cette classe reprend des céréales non suivies d'une culture implantée en automne (donc suivies d'une culture de printemps), le sol pouvant ainsi être nu à l'interculture ou occupé par une CIPAN. Concernant la classe A3, jusque 2012, elle regroupait les céréales sans CIPAN (donc suivies d'une culture implantée en automne ou d'un sol nu) et la chicorée. Depuis 2013, cette classe ne comprend que les céréales suivies d'une culture implantée en automne (froment d'hiver, orge d'hiver, colza d'hiver, etc.) et la chicorée.

La distribution relative annuelle des effectifs au sein des différentes classes est quasiment la même depuis 2010 sauf pour la classe A2 où le nombre de parcelles échantillonnées en 2013 a augmenté d'environ 70 % par rapport à 2012. Cette augmentation remarquable s'explique principalement par l'élargissement de la composition de cette classe aux céréales suivies d'un sol nu. L'année 2009 se démarquait des autres années puisque 36 % des parcelles sélectionnées étaient des prairies (classe A8) contre en moyenne 10 % depuis 2010 (entre 7 et 14 %).

En 2020, le contrôle APL était composé d'environ 16 % de prairies alors qu'il n'était composé que de 10 % en moyenne entre 2012 et 2019. La proportion de parcelles de légumes contrôlées a également augmenté en 2020 (5 %) ; elle ne représentait qu'environ 2 % jusqu'en 2019.

TABLEAU 2 – Correspondance des classes de cultures et pourcentage de parcelles contrôlées en 2020.

Classe	Culture	Nombre total de parcelles	Proportion [%]
A1	Betterave	148	6.3
A2	Céréales non suivies d'une culture implantée en automne	698	29.6
A3	Céréales suivies d'une culture implantée en automne ; chicorée	311	13.2
A4	Maïs	464	19.7
A5	Pomme de terre	224	9.5
A6	Colza	34	1.4
A7	Légumes	112	4.8
A8	Prairie	365	15.5
Total		2356	

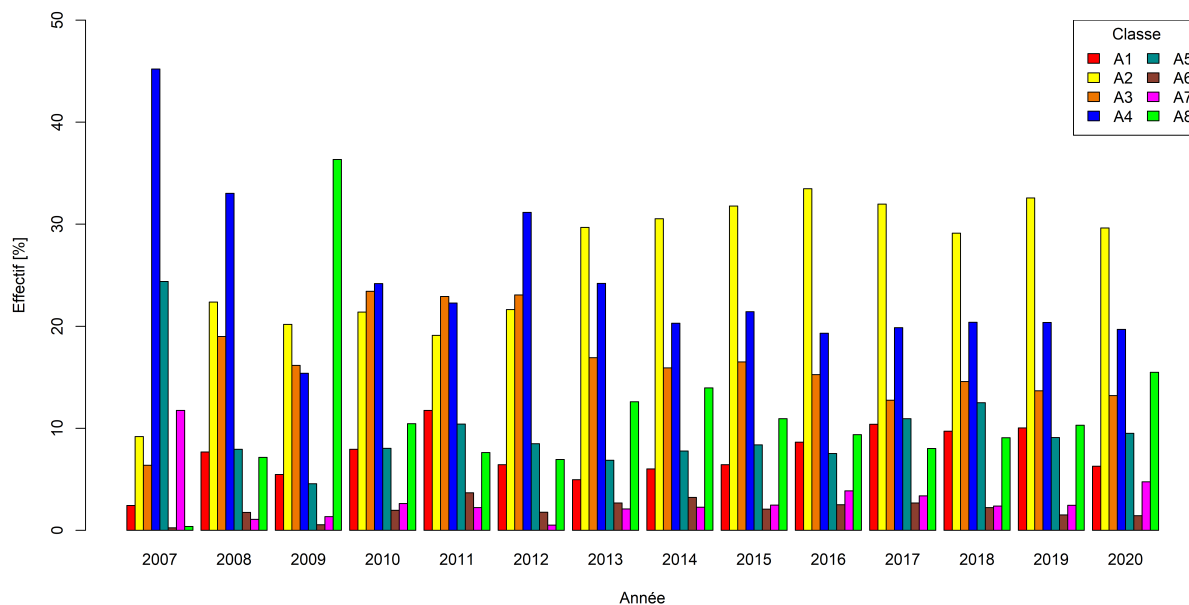


FIGURE 7 – Distribution relative des classes de cultures échantillonnées de 2008 à 2020.

3.3 Résultats globaux pour 2020 et évolutions par rapport aux années précédentes

Au cours de la campagne 2020, 2356 parcelles ont été contrôlées dans 786 exploitations entre le 15 octobre et le 17 décembre. Sur base des références APL de 2020 (Dossier GRENeRA 20-03), ces 2356 parcelles ont été qualifiées comme suit :

- 700 "non conformes" soit, 29.7 %
- 377 "limites" soit, 16 %
- 246 "satisfaisantes" soit, 10.4 %
- 1033 "bonnes" soit, 43.8 %.

575 exploitations parmi les 786 contrôlées (soit 73.2 %) ont au moins 2 parcelles sur 3 conformes. En 2020, les exploitations agricoles qui ont fait l'objet d'un contrôle APL ont été choisies selon trois modes de sélection :

- les exploitations (554) sélectionnées de manière aléatoire,
- les exploitations (9) sélectionnées manuellement par l'administration selon un critère de suspicion de gestion déficiente de l'azote et
- les exploitations (223) en 'observation APL' (suite à une évaluation négative l'(les) année(s) précédente(s)).

On peut ainsi comparer les résultats (conformité ou non) par catégorie de sélection d'exploitation (figure 8). Le meilleur taux de conformité est observé dans les exploitations en sélection aléatoire et le plus mauvais dans les exploitations sélectionnées manuellement par l'administration, la suspicion d'une gestion déficiente de l'azote (sélection manuelle) s'avère régulièrement fondée, en témoigne la proportion plus importante d'exploitations non conformes dans cette catégorie. Notons que le nombre d'exploitations sélectionnées manuellement par l'administration est négligeable en 2020.

Des taux de conformité légèrement différents sont observés entre les exploitations sélectionnées aléatoirement (74.5 % de conformes) et les exploitations entrées dans un programme d'observation APL (70.4 % de conformes). Cette différence est, avec les réserves liées aux légères différences de distribution des classes de cultures en fonction de la catégorie de l'exploitation, statistiquement ¹⁵ non significative (p -value = 0.3 ¹⁶). Les exploitations en 'sélection aléatoire' sont aussi performantes que celles en 'observation APL'.

Observons toutefois que depuis 2016, le taux de conformité des exploitations sélectionnées aléatoirement est presque systématiquement supérieur à celui des exploitations en programme d'observation APL.

Cette analyse est affinée dans l'approche par culture (paragraphe 3.5).

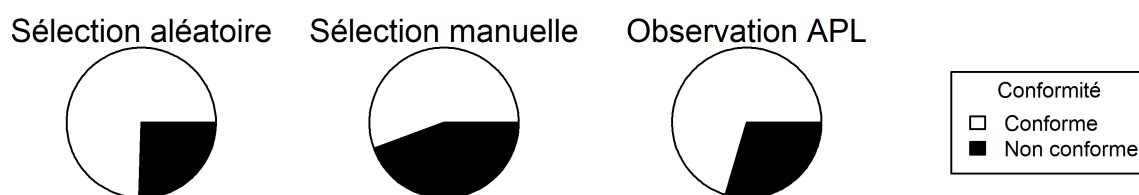


FIGURE 8 – Distribution de la conformité de l'exploitation en fonction du mode de sélection en 2020.

Les résultats en termes de conformité obtenus en 2020 sont comparés à ceux obtenus depuis 2008 (tableau 3). En 2020, le pourcentage d'exploitations ayant une évaluation positive est le plus faible observé depuis le premier contrôle APL (2008). Le taux de conformité à la parcelle est le deuxième plus faible observé depuis 2008. Lors de cette première année de contrôle APL, il était de 68,5 %.

15. Test statistique des proportions de conformité au sein des deux types de sélection.

16. La p -value étant supérieure à 5 %, on n'observe pas de différence statistiquement significative entre les proportions de conformité des deux catégories d'exploitation ('sélection aléatoire' et 'observation APL').

TABLEAU 3 – Évolution des résultats globaux des contrôles de 2008 à 2020 en pourcent [%].

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Pourcentage d'exploitations avec une évaluation positive (au moins 2 parcelles sur 3 conformes)	73.4	88.6	82.9	79.6	87.3	85.3	84.4	82.1	86.1	78.5	79.9	75.1	73.2
- dans les exploitations sélectionnées aléatoirement	/	89.6	81.9	80.2	87.3	85	84.5	81.5	86.2	78.6	81.8	76.6	74.5
- dans les exploitations en observation APL	/	88.7	86	82.3	84.1	86.7	84.3	83.8	85.6	79	76.6	72.3	70.4
Pourcentage de parcelles conformes	68.5	81.5	75	71.9	79.2	78.5	78.8	76	78.3	73.3	72.8	70.5	70.3
- dans les exploitations sélectionnées aléatoirement	/	81.3	73.8	72.2	80.4	79.1	79.5	75.8	78.8	74.3	73.1	71.9	71.6
- dans les exploitations en observation APL	/	84.4	78.7	73	75	76.7	75.9	76.5	77.1	71.6	72.5	66.9	67.4

3.3.1 Comparaison statistique des proportions de conformité des exploitations en fonction des années culturelles

Les tableaux 4 à 9 présentent les résultats du test de comparaison deux à deux des proportions¹⁷ de conformité soit au niveau des exploitations soit au niveau des parcelles pour les différents modes de sélections des exploitations. La comparaison des proportions de conformité effectuée au niveau de la parcelle sera présentée au sous-paragraphe suivant.

Le tableau 4 montre les résultats du test de comparaison **indépendamment du mode de sélection** de 2008 à 2020. On remarque que la proportion d'exploitations conformes est statistiquement identique à celles des années 2008 et 2019 (p-value > 0,05). Le pourcentage de conformité de l'ensemble des exploitations en 2020 (73.2 %) est donc statistiquement situé parmi les plus bas pourcentages observés depuis le début du contrôle APL.

TABLEAU 4 – Résultats (p-value) du test de comparaison deux à deux des proportions d'exploitations conformes de 2008 à 2020, tous modes de sélection confondus.

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2020	1.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.41

Dans les **exploitations en 'sélection aléatoire'**, le pourcentage de conformité (tableau 5)¹⁸ en 2020 est le plus faible jamais observé (74.5 %). Il est statistiquement comparable à celui des années 2011, 2017, 2018 et 2019.

TABLEAU 5 – Résultats (p-value) du test de comparaison deux à deux des proportions d'exploitations conformes de 2010 à 2020, dans les exploitations en sélection aléatoire.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2020	0.02	0.05	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.14	0.01	0.48

Dans les **exploitations en 'programme d'observation APL'**, le pourcentage de conformité (tableau 6)¹⁹ est le plus faible jamais observé (70.4 %). Il reste cependant statistiquement comparable à celui des années 2011, 2017, 2018 et 2019.

TABLEAU 6 – Résultats (p-value) du test de comparaison deux à deux des proportions d'exploitations conformes de 2010 à 2020, dans les exploitations en programme d'observation APL

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2020	0.01	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.19	0.76

17. Ce test calcule une valeur de probabilité (p-value). Le test pose l'hypothèse d'égalité des proportions. Pour toutes les p-values inférieures au seuil $\alpha = 5\%$, on peut conclure que les proportions sont différentes dans la population visée (avec 5 % de chances de se tromper en affirmant cela). Dans le cas contraire (p-values > 0,05), on accepte l'hypothèse nulle (égalité des proportions).

18. Le test n'a pas été réalisé pour 2008 et 2009, car l'information relative au type de sélection n'a pas été précisée.

19. Le test n'a pas été réalisé pour 2008 et 2009, car l'information relative au type de sélection n'a pas été précisée.

3.3.2 Comparaison statistique des proportions de conformité des parcelles en fonction des années culturales

Le tableau 7 présente les résultats du test de comparaison de la conformité des parcelles choisies **in-dépendamment du mode de sélection** des exploitations. Le pourcentage de parcelles conformes (70.3 %) est statistiquement semblable à celui des années 2008, 2011, 2017, 2018 et 2019. Il est parmi les plus bas jamais observé, mais n'est cependant pas statistiquement aussi mauvais que le pourcentage observé en 2008 (68.5 %).

TABLEAU 7 – Résultats (p-value) du test de comparaison deux à deux des proportions parcelles conformes de 2008 à 2020, tous modes de sélection confondus.

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2020	0.37	0.00	0.01	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.07	0.90

Le tableau 8 présente les résultats du test de comparaison de la conformité des parcelles choisies parmi les **exploitations en 'sélection aléatoire'**. Le pourcentage de parcelles conformes (71.6 %) est comme précédemment situé parmi les plus faibles valeurs. Il est statistiquement semblable à celui des années 2010, 2011, 2017, 2018 et 2019.

TABLEAU 8 – Résultats (p-value) du test de comparaison deux à deux des proportions parcelles conformes de 2010 à 2020, dans les exploitations en sélection aléatoire.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2020	0.28	0.77	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.10	0.39	0.89

Le tableau 9 présente les résultats du test de comparaison de la conformité des parcelles choisies parmi les **exploitations en 'programme d'observation APL'**. Le pourcentage de conformité observé en 2020 est légèrement meilleur que celui observé en 2019 (67.4 %). Il est, d'après le tableau 9, statistiquement semblable à celui des années 2011, 2017, 2018 et 2019.

TABLEAU 9 – Résultats (p-value) du test de comparaison deux à deux des proportions parcelles conformes de 2010 à 2020, dans les exploitations en programme d'observation.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2020	0.00	0.13	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.06	0.89

3.3.3 Synthèse

Les comparaisons statistiques des proportions de conformité des exploitations et des parcelles ont mis en évidence que les proportions de conformité en 2020 étaient globalement les plus faibles valeurs observées depuis la mise en place du contrôle APL. Les taux de conformité sont de manière générale statistiquement identiques à celles des années 2008, 2011, 2017, 2018 et 2019.

3.4 Complétude de la base de données APL

Dans les précédentes éditions de ce rapport, une attention particulière avait été portée sur la profondeur d'échantillonnage et sur la qualité de l'encodage des valeurs dans la base de données APL.

Il avait notamment été mis en évidence que la profondeur d'échantillonnage avait une influence sur la conformité des parcelles. Le taux de conformité des parcelles non échantillonnées jusqu'à 90 cm était supérieur à celui des parcelles échantillonnées jusqu'à 90 cm. En 2020, 1991 parcelles (hors prairies) ont été échantillonnées. Parmi celles-ci, 63 parcelles l'ont été jusqu'à 30 cm et 260 autres ont été échantillonnées sur 60 cm.

Dans la base de données APL, l'absence de valeur est tantôt renseignée (erronément) par une valeur nulle tantôt par une absence de données. A titre d'exemple, en 2020, une parcelle (hors prairie) a un APL de $0 \text{ kg N-NO}_3^- \text{ ha}^{-1}$ pour la couches 60-90 cm alors qu'aucune valeur nulle n'est observée pour la couche 30-60 cm. Il est impossible à posteriori de justifier si une valeur nulle correspond effectivement à une valeur nulle (ou proche de zéro) ou si la mesure n'a pas été effectuée. A défaut, toutes les valeurs nulles ont été converties par une absence de donnée.

Les conditions météorologiques ainsi que les caractéristiques pédologiques de certaines parcelles les rendent difficilement échantillonnables jusqu'à 90 cm. Il n'est cependant pas judicieux de comparer des mesures APL réalisées sur 90 cm avec d'autres valeurs mesurées sur une plus faible profondeur. Dans les rapports réalisés entre 2018 et 2020 (Dossier GRENERA 18-06, 19-04 et 20-04). Les valeurs manquantes ont été complétées par la moyenne des APL calculée par couche et par classe de culture.

Une analyse approfondie du jeu de données a permis d'établir des relations (multi-)linéaires entre les APL des couches 0-30 cm et 30-60 cm²⁰ par classes de cultures et par années. Cette analyse a été réalisée à partir des données APL des parcelles échantillonnées jusqu'à 90 cm. Une moitié de ces parcelles, choisie aléatoirement, a servi à la calibration et l'autre à la validation des équations (multi-)linéaires. Sur base de ces données, l'APL total de la parcelle a été estimé sur base soit de l'APL de la couche 0-30 cm soit des couches 0-30 et 30-60 cm. La performance des équations a été jugée par l'analyse des coefficients de détermination en calibration ($R^2_{\text{calibration}}$) et en validation ($R^2_{\text{validation}}$). Les coefficients de détermination en validation ont également été comparés aux coefficients de détermination en validation basés sur l'ancienne méthode d'extrapolation des données APL à 90 cm.

Sur base des données APL allant de 2009 à 2020, il a été montré que les coefficients de détermination en validation sont globalement meilleurs lorsque l'APL 0-90 cm est estimé par l'utilisation de régressions (multi-)linéaires plutôt que par l'ajout des valeurs moyennes. Lorsque le nombre de données est faible, notamment dans les classes de cultures 'colza' et 'légumes', les coefficients de détermination en validation sont parfois²¹ meilleurs lorsque l'APL 0-90 cm est estimé par l'ajout de valeurs moyennes.

Les équations utilisées pour l'extrapolation des données APL de 2020 ainsi que les coefficients de détermination en calibration et validation sont présentés au tableau 10. La qualité des extrapolations de l'APL à 90 cm est logiquement meilleure lorsque les parcelles sont échantillonnées jusqu'à 60 cm.

En moyenne, l'erreur commise en extrapolant l'APL 0-90 cm à partir des valeurs mesurées dans les couches 0-30 cm et 30-60 cm se situe entre 5 et 15 $\text{kg N-NO}_3^- \text{ ha}^{-1}$ selon les classes de cultures. Cette incertitude est du même ordre de grandeur que la tolérance de (minimum) $15 \text{ kg N-NO}_3^- \text{ ha}^{-1}$ utilisée pour fixer le seuil d'intervention. Pour rappel, la tolérance n'est pas modulée selon la profondeur d'échantillonnage. L'analyse de la conformité des parcelles pourrait donc être plus juste si elle était évaluée sur base de l'APL 0-90 cm extrapolé. On peut montrer que 10 parcelles ont été jugées conformes sur base

20. lorsque la valeur existe.

21. Maximum 30 % des situations.

de l'APL 0-60 cm alors qu'elles auraient été jugées non conformes sur base de l'extrapolation à 90 cm. Par ailleurs, 3 parcelles ont été jugées non conformes sur base de l'APL mesuré dans le 0-60 cm alors qu'elles ne l'auraient pas été en extrapolant l'APL à 90 cm.

Dans la suite du document, toutes les valeurs APL des parcelles de culture sont évaluées sur 90 cm.

TABLEAU 10 – Equations d'extrapolation à l'APL 0-90 cm.

Classe APL	Extrapolation 0-30 cm à 0-90 cm	$R^2_{\text{calibration}}$	$R^2_{\text{validation}}$	Extrapolation 0-60 cm à 0-90 cm	$R^2_{\text{calibration}}$	$R^2_{\text{validation}}$
A1	$6.576 + 2.070 * APL_{0-30 \text{ cm}}$	0.79	0.85	$1.353 + 1.719 * APL_{30-60 \text{ cm}} + 0.764 * APL_{0-30 \text{ cm}}$	0.98	0.96
A2	$16.347 + 3.261 * APL_{0-30 \text{ cm}}$	0.52	0.53	$6.631 + 1.779 * APL_{30-60 \text{ cm}} + 0.467 * APL_{0-30 \text{ cm}}$	0.94	0.90
A3	$28.586 + 2.580 * APL_{0-30 \text{ cm}}$	0.44	0.55	$7.088 + 1.633 * APL_{30-60 \text{ cm}} + 0.798 * APL_{0-30 \text{ cm}}$	0.91	0.92
A4	$45.299 + 1.719 * APL_{0-30 \text{ cm}}$	0.70	0.67	$12.551 + 1.579 * APL_{30-60 \text{ cm}} + 0.675 * APL_{0-30 \text{ cm}}$	0.95	0.95
A5	$70.008 + 1.764 * APL_{0-30 \text{ cm}}$	0.58	0.43	$9.851 + 1.637 * APL_{30-60 \text{ cm}} + 0.693 * APL_{0-30 \text{ cm}}$	0.95	0.93
A6	$-4.129 + 2.972 * APL_{0-30 \text{ cm}}$	0.86	0.51	$5.048 + 1.532 * APL_{30-60 \text{ cm}} + 0.716 * APL_{0-30 \text{ cm}}$	0.99	0.96
A7	$27.926 + 2.532 * APL_{0-30 \text{ cm}}$	0.55	0.58	$9.497 + 1.921 * APL_{30-60 \text{ cm}} + 0.439 * APL_{0-30 \text{ cm}}$	0.97	0.87

3.5 Explication des résultats par classe de contrôle APL

Dans ce paragraphe, la conformité des résultats du contrôle APL est étudiée par classes de culture. Par ailleurs, les distributions des mesures APL des **exploitations en 'sélection aléatoire'** et des **exploitations en 'programme d'observation APL'** sont comparées afin d'évaluer l'amélioration de la gestion azotée des exploitations en programme d'observation.

La comparaison des distributions des mesures APL se base sur le test statistique de Wilcoxon, un test non paramétrique d'identité des distributions. Ce test se justifie par rapport au test t-Student de comparaison des moyennes vu la non normalité des distributions. Si l'on considère deux populations X et Z caractérisées par n_x et n_z individus, on peut définir une nouvelle distribution W basée sur l'ensemble des individus, composée donc de $n_w (= n_x + n_z)$ individus. Ces n_w individus sont classés d'après leur rang. Le score attribué à la distribution X (X_s) est calculé comme la somme des rangs des n_x individus dans la distribution W.

On doit rejeter l'hypothèse d'identité des distributions si

$$u_{obs} \geq u_{1-\alpha/2}$$

avec

$$u_{obs} = |X_s - n_x(n_x + n_z + 1)/2| / (n_x n_z (n_x + n_z + 1)/12)^{0.5}$$

3.5.1 Classe A1 (betterave)

Le tableau 11 présente les paramètres statistiques caractérisant les résultats du contrôle APL de la classe A1 pour les parcelles sélectionnées aléatoirement et celles faisant l'objet d'un programme d'observation APL. Selon le test de Wilcoxon, les deux distributions présentent un décalage l'une par rapport à l'autre (p-value = 0.023).

Les parcelles de betteraves sélectionnées parmi les exploitations sélectionnées aléatoirement présentent des APL globalement plus faibles que les parcelles de betteraves des exploitants en programme d'observation APL.

Le pourcentage de conformité est respectivement de 73 % et de 62 % pour les parcelles sélectionnées aléatoirement et celles en programme d'observation APL. Les pourcentages de conformité sont du même ordre de grandeur que ceux observés en 2019.

A titre de comparaison les moyennes des parcelles de référence sont de 22 et 33 kg N-NO₃ ha⁻¹ respectivement en octobre et décembre.

TABLEAU 11 – Variabilité des APL [kg N-NO₃ ha⁻¹] dans les parcelles A1 contrôlées en 2020.

Origine	N	min	Q1	médian	Q3	max	moyenne	écart-type
Aléatoire	96	11	24.8	31.6	49.4	112.1	39.4	24
Programme d'observation APL	50	14	28.2	41.7	62	150.7	49.3	29.8

3.5.2 Classe A2 (céréales non suivies d'une culture implantée en automne)

Le tableau 12 présente les paramètres statistiques caractérisant les résultats APL de la classe A2 pour les parcelles sélectionnées aléatoirement et celles faisant l'objet d'un programme d'observation APL. Selon le test de Wilcoxon, les deux distributions sont identiques (p-value = 0.122). Il n'y a donc pas de décalage d'une distribution par rapport à l'autre.

Depuis 2017, la médiane augmente de 10 kg N-NO₃ ha⁻¹ par an.

Le pourcentage de conformité est respectivement de 67 % et de 70 % pour les parcelles sélectionnées aléatoirement et celles en programme d'observation APL. Ces pourcentages de conformité sont du même ordre de grandeur que ceux observés en 2017 et 2018.

A titre de comparaison les moyennes des parcelles de référence sont de 51 et 30 kg N-NO₃ ha⁻¹ respectivement en octobre et décembre.

TABLEAU 12 – Variabilité des APL [kg N-NO₃ ha⁻¹] dans les parcelles A2 contrôlées en 2020.

Origine	N	min	Q1	médian	Q3	max	moyenne	écart-type
Aléatoire	438	5	27.7	51.2	76.3	292.2	56	37.6
Programme d'observation APL	237	5.3	24	42	67.8	251.1	51.9	38.3

3.5.3 Classe A3 (céréales suivies d'une culture implantée en automne; chicorée)

Le tableau 13 présente les paramètres statistiques caractérisant les résultats APL de la classe A3 pour les parcelles sélectionnées aléatoirement et celles faisant l'objet d'un programme d'observation APL. Selon le test de Wilcoxon, les deux distributions sont identiques (p-value = 0.947). Il n'y a donc pas de décalage d'une distribution par rapport à l'autre.

Le pourcentage de conformité est respectivement de 64 % et de 68 % pour les parcelles sélectionnées aléatoirement et celles en programme d'observation APL. Le pourcentage de conformité diminue d'environ 10 unités depuis 2018.

A titre de comparaison les moyennes des parcelles de référence sont de 59 et 49 kg N-NO₃ ha⁻¹ respectivement en octobre et décembre.

TABLEAU 13 – Variabilité des APL [kg N-NO₃ ha⁻¹] dans les parcelles A3 contrôlées en 2020.

Origine	N	min	Q1	médian	Q3	max	moyenne	écart-type
Aléatoire	209	8.4	43.8	64.9	100	233.3	73.8	42.7
Programme d'observation APL	93	8	37.3	66	92.3	269.1	72.2	44.1

3.5.4 Classe A4 (maïs)

Le tableau 14 présente les paramètres statistiques caractérisant les résultats APL de la classe A4 pour les parcelles sélectionnées aléatoirement et celles faisant l'objet d'un programme d'observation APL. Selon le test de Wilcoxon, les deux distributions sont identiques (p-value = 0.773). Il n'y a donc pas de décalage d'une distribution par rapport à l'autre.

Le pourcentage de conformité est respectivement de 68 % et de 70 % pour les parcelles sélectionnées aléatoirement et celles en programme d'observation APL.

Les APL de la classe A4 sont très important. Les trois quarts des observations sont supérieures à 62 kg N-NO₃⁻ ha⁻¹.

A titre de comparaison les moyennes des parcelles de référence sont de 92 et 90 kg N-NO₃⁻ ha⁻¹ respectivement en octobre et décembre.

TABLEAU 14 – Variabilité des APL [kg N-NO₃⁻ ha⁻¹] dans les parcelles A4 contrôlées en 2020.

Origine	N	min	Q1	médian	Q3	max	moyenne	écart-type
Aléatoire	297	23	62.2	91	132.5	626.5	110.2	75.3
Programme d'observation APL	150	8.7	63.3	89.5	127.8	317	102.6	54.8

3.5.5 Classe A5 (pomme de terre)

Le tableau 15 présente les paramètres statistiques caractérisant les résultats APL de la classe A5 pour les parcelles sélectionnées aléatoirement et celles faisant l'objet d'un programme d'observation APL. Selon le test de Wilcoxon, les deux distributions sont identiques (p-value = 0.749). Il n'y a donc pas de décalage statistique d'une distribution par rapport à l'autre.

Le pourcentage de conformité est respectivement de 45 % et de 44 % pour les parcelles sélectionnées aléatoirement et celles en programme d'observation APL. Ces taux de conformité sont globalement très faibles.

Les valeurs observées sont élevées; environ trois quarts des observations ont des APL supérieurs à 100 kg N-NO₃⁻ ha⁻¹.

A titre de comparaison les moyennes des parcelles de référence sont de 103 et 100 kg N-NO₃⁻ ha⁻¹ respectivement en octobre et décembre.

TABLEAU 15 – Variabilité des APL [kg N-NO₃⁻ ha⁻¹] dans les parcelles A5 contrôlées en 2020.

Origine	N	min	Q1	médian	Q3	max	moyenne	écart-type
Aléatoire	159	35.4	97.2	132.8	178.2	489	147.7	71.1
Programme d'observation APL	62	34	105	137.9	176.4	294.6	143.2	55.7

3.5.6 Classe A6 (colza)

Le tableau 16 présente les paramètres statistiques caractérisant les résultats APL de la classe A6 pour les parcelles sélectionnées aléatoirement et celles faisant l'objet d'un programme d'observation APL. Selon le test de Wilcoxon, les deux distributions sont identiques (p -value = 0.523). Il n'y a donc pas de décalage statistique d'une distribution par rapport à l'autre. Remarquons toutefois que le nombre de parcelles contrôlées est faible.

Les pourcentages de conformité sont assez contrastés d'un mode de sélection à l'autre, respectivement 67 % et 43 % pour les parcelles sélectionnées aléatoirement et celles en programme d'observation APL.

A titre de comparaison les moyennes des parcelles de référence sont de 53 et 50 kg N-NO₃⁻ ha⁻¹ respectivement en octobre et décembre.

TABLEAU 16 – Variabilité des APL [kg N-NO₃ ha⁻¹] dans les parcelles A6 contrôlées en 2020.

Origine	N	min	Q1	médian	Q3	max	moyenne	écart-type
Aléatoire	27	13.4	39.5	57.5	81.3	730.7	86.5	132.6
Programme d'observation APL	7	14	30.9	83	105.5	126.8	70.9	45.4

3.5.7 Classe A7 (légumes)

Le tableau 17 présente les paramètres statistiques caractérisant les résultats APL de la classe A7 pour les parcelles sélectionnées aléatoirement et celles faisant l'objet d'un programme d'observation APL. Selon le test de Wilcoxon, les deux distributions présentent un décalage (p -value = 0.04).

Les parcelles de légumes sélectionnées parmi les exploitations sélectionnées aléatoirement présentent des APL globalement plus faibles que les parcelles de légumes des exploitants en programme d'observation APL.

Le pourcentage de conformité est respectivement 76 % et 56 % pour les parcelles sélectionnées aléatoirement et celles en programme d'observation APL ; des niveaux de conformité supérieurs à ceux observés en 2018.

A titre de comparaison les moyennes des parcelles de référence sont de 85 et 77 kg N-NO₃⁻ ha⁻¹ respectivement en octobre et décembre.

TABLEAU 17 – Variabilité des APL [kg N-NO₃ ha⁻¹] dans les parcelles A7 contrôlées en 2020.

Origine	N	min	Q1	médian	Q3	max	moyenne	écart-type
Aléatoire	80	6.9	35.1	74.5	110.7	228.1	81.2	56.2
Programme d'observation APL	25	9.6	53.6	99	147.1	300.6	105.6	67.7

3.5.8 Classe A8 (prairie)

Le tableau 18 présente les paramètres statistiques caractérisant les résultats APL de la classe A8 pour les parcelles sélectionnées aléatoirement et celles faisant l'objet d'un programme d'observation APL. Selon le test de Wilcoxon, les deux distributions sont identiques (p-value = 0.306). Il n'y a donc pas de décalage statistique d'une distribution par rapport à l'autre.

Le pourcentage de conformité est respectivement 96 % et 97 % pour les parcelles sélectionnées aléatoirement et celles en programme d'observation APL.

TABLEAU 18 – Variabilité des APL [kg N-NO₃ ha⁻¹] dans les parcelles A8 contrôlées en 2020.

Origine	N	min	Q1	médian	Q3	max	moyenne	écart-type
Aléatoire	300	0.9	5.2	10	17.2	87.7	13.9	13
Programme d'observation APL	30	1	7.2	12	19.2	46	14.6	10.5

3.5.9 Synthèse

A l'exception de la classe A8 (prairie), on retiendra le faible le pourcentage de conformité (< 80 %) généralisé pour l'ensemble des classes de cultures. Particulièrement pour la classe de cultures A5 (pomme de terre) où le taux de conformité est à peine de 50 %.

Le pourcentage de conformité des classes de cultures est globalement indépendant du mode de sélection des exploitations. On constate cependant des différences de pourcentage de conformité selon le mode de sélection des exploitations dans les classes de cultures A1 (betterave), A6 (colza) et A7 (légumes). Ces différences ne sont statistiquement significatives que pour la classe A7 où 76 % des parcelles ont été jugées conformes dans les exploitations sélectionnées aléatoirement et seulement 56 % dans les exploitations en programme d'observation APL.

De manière générale, les distributions des données APL présentent une variabilité importante. Les contrôles APL ont mis en évidence des défaillances sévères dans la gestion de l'azote. Par exemple, une parcelle de colza dont l'APL (estimé) est de 730 kg N-NO₃ ha⁻¹²² ou encore une parcelle de maïs dont l'APL total est de 626 kg N-NO₃ ha⁻¹.

3.6 Comparaison interannuelle des résultats

La campagne de contrôle 2020 dans les parcelles des exploitations agricoles en zone vulnérable est la treizième du genre. Le tableau 19 présente, depuis la première campagne en 2008, l'évolution des effectifs, des APL moyens ainsi que les pourcentages de conformité des parcelles sélectionnées de manière aléatoire pour les différentes classes de cultures.

Pour la culture de **betterave (A1)**, on peut voir qu'un effet "année" se marque sur l'APL moyen (de 19 à 39 kg N-NO₃ ha⁻¹). En général, on peut remarquer une bonne corrélation entre l'APL moyen et la proportion de parcelles conformes lors des différentes campagnes de contrôles (plus l'APL moyen est faible, plus la proportion de parcelles conformes est élevée); ceci peut s'expliquer par le fait que

22. L'APL mesuré sur 60 cm est de 581 kg N-NO₃ ha⁻¹.

les références APL restent relativement constantes chaque année pour cette classe de culture. Les APL moyens annuels les plus faibles sont observés en 2012, 2013, 2014 et 2016 (19 à 24 kg N-NO₃⁻ ha⁻¹). À l'inverse, les APL les plus élevés sont observés en 2009, 2011, 2018, 2019 et 2020 (36 à 39 kg N-NO₃⁻ ha⁻¹).

Pour la classe A1, l'APL moyen observé en 2020 (39 kg N-NO₃⁻ ha⁻¹) est la valeur la plus élevée. Le pourcentage de conformité de la classe A1 est le deuxième plus faible (73 %) depuis le début du contrôle APL.

Pour les **céréales non suivies d'une culture implantée en automne (A2)**, on observe également une variabilité interannuelle importante (APL moyen de 33 à 39 kg N-NO₃⁻ ha⁻¹). L'APL moyen observé en 2020 (39 kg N-NO₃⁻ ha⁻¹) est le plus élevé depuis 2013, date à laquelle les anciennes classes A2 et A3 ont été réformées. Le taux de conformité observé est également le plus faible observé depuis 2013.

Les gammes de valeurs d'APL moyens observées avant et après 2013 ne montrent pas de différence. L'introduction des parcelles non couvertes de CIPAN avant l'installation d'une culture de printemps dans la classe A2 n'a pas conduit à une augmentation de l'APL moyen.

Dans les parcelles de **céréales suivies d'une culture implantée en automne et chicorée (A3)**, les résultats de 2013 restent les meilleurs obtenus depuis le début des contrôles, aussi bien en termes d'APL moyen (50 kg N-NO₃⁻ ha⁻¹) que de conformité (84 %).

TABLEAU 19 – Evolution des effectifs, des APL moyens [kg N-NO₃ ha⁻¹] et pourcentages de conformité des parcelles « aléatoires » pour les différentes classes de cultures depuis 2008.

		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A1	Effectif	57	34	68	142	75	80	93	90	125	144	132	155	96
	Moyenne	27	39	31	38	19	23	22	28	24	30	37	37	39
	Conformité [%]	91	76	90	74	95	88	85	87	82	81	73	69	73
A2	Effectif	166	122	174	229	259	526	521	447	468	435	409	508	438
	Moyenne	55	33	46	34	45	38	45	35	48	35	44	52	56
	Conformité [%]	55	71	78	76	81	76	76	72	69	76	74	75	67
A3	Effectif	140	100	184	291	291	289	298	225	213	173	189	206	209
	Moyenne	69	69	58	69	66	48	52	61	75	70	76	71	74
	Conformité [%]	65	62	68	74	77	84	75	73	76	68	83	76	65
A4	Effectif	245	82	192	261	366	409	350	314	283	292	287	317	297
	Moyenne	67	56	99	129	65	64	67	73	38	97	115	99	110
	Conformité [%]	64	86	58	51	73	70	74	72	84	68	62	60	68
A5	Effectif	59	23	64	127	102	119	140	122	94	139	164	140	159
	Moyenne	91	89	71	108	81	84	84	91	85	114	174	140	148
	Conformité [%]	80	78	80	87	83	74	68	64	81	65	67	51	45
A6	Effectif	13	3	19	44	23	50	58	34	35	41	28	21	27
	Moyenne	77	68	75	71	73	68	60	61	87	74	77	78	86
	Conformité [%]	85	67	68	86	96	84	88	88	83	74	86	52	67
A7	Effectif	8	10	21	24	8	35	40	40	59	41	34	40	80
	Moyenne	98	120	93	116	75	78	81	92	73	87	111	90	81
	Conformité [%]	75	73	81	50	88	66	80	60	77	71	54	78	77
A8	Effectif	53	202	90	111	103	225	259	183	152	128	142	175	300
	Moyenne	15	17	23	22	10	13	10	11	13	13	28	13	14
	Conformité [%]	96	97	92	90	98	97	99	99	99	96	97	97	96

On observe dans les résultats des parcelles de **maïs (A4)** un effet 'année' assez marqué (APL moyen de 38 à 129 kg N-NO₃ ha⁻¹). Cette variabilité interannuelle se marque également dans les proportions de parcelles conformes (en général si l'APL moyen est élevé, le pourcentage de parcelles conformes est faible et inversement). L'APL moyen en 2020 (110 kg N-NO₃ ha⁻¹) est le troisième plus élevé APL depuis le début du contrôle APL.

Les résultats dans les parcelles de **pomme de terre (A5)** montrent que la proportion de parcelles conformes est la plus faible depuis le début du contrôle APL (45 %). L'APL moyen est le deuxième plus élevé jamais observé depuis 2008 (de 148 kg N-NO₃ ha⁻¹).

L'APL moyen pour la culture de **colza (A6)** en 2020 (86 kg N-NO₃ ha⁻¹) est le quatrième plus élevé depuis 2008. La moyenne la plus élevée a été observée en 2016. Le taux de conformité est le deuxième plus faible jamais (67 %).

Les résultats pour la classe **légumes (A7)** montrent une certaine variabilité interannuelle (APL moyen de 73 à 120 kg N-NO₃ ha⁻¹). Les meilleurs résultats en termes de conformité ont été observés en 2012 (APL moyen de 75 kg N-NO₃ ha⁻¹ et pourcentage de parcelles conformes de 88 %). Les résultats pour l'année 2020 ne montrent pas de tendance particulières.

Enfin, dans la classe **prairies (A8)**, l'APL moyen et le taux de conformité correspondent aux valeurs 'habituelles'. Les résultats plutôt mauvais de 2018 découlent d'une dérogation ministérielle qui autorisait l'épandage d'engrais de ferme à action rapide jusqu'à 20 octobre (prolongation de 20 jours).

3.7 Conclusion

Les conditions météorologiques observées en 2020 (Dossier GRENeRA 20-03) présentent pour la quatrième année consécutive un déficit hydrique et des températures estivales importants. Ces conditions affectent les rendements de la plupart des cultures et contribuent à augmenter la minéralisation de l'azote dans le sol post-récolte. Les pourcentages de conformité et les niveaux d'APL moyen observés en 2020 sont du même ordre de grandeur que ceux observés en 2019. Dans les faits, la situation est encore plus "extrême" que ce qui est présenté car, comme l'illustre le tableau 9, la proportion de prairies contrôlées (plus souvent conformes que les autres classes) est plus importante en 2020 que précédemment.

4 Extrapolation des résultats APL à l'échelle de la masse d'eau souterraine

4.1 Méthodologie

Le paragraphe 3 a porté sur l'analyse de conformité des résultats du contrôle APL 2020. Cette analyse a permis de comparer la performance (en matière de gestion de l'azote) des exploitations contrôlées par rapport à celles du Survey Surfaces Agricoles (exploitations de référence). Il en ressortait que 70.3 % des parcelles contrôlées étaient conformes (grosso modo dans la même gamme de valeurs qu'en 2019), et que les pourcentages de conformité (à l'échelle de la parcelle ou de l'exploitation) sont parmi les plus mauvais observés depuis le début du contrôle APL.

Il est également important d'évaluer l'impact global (risque) du stock d'azote nitrique dans le sol sur les ressources en eau. Cet impact est évalué en considérant les résultats des contrôles APL réalisés depuis 2008. L'objectif est d'estimer un APL moyen par masse d'eau souterraine en extrapolant les résultats observés dans les parcelles contrôlées à l'ensemble de la masse d'eau souterraine dans laquelle les parcelles en question sont localisées. Cette extrapolation nécessite la connaissance de la part de chaque culture sur la masse d'eau. Elle est établie grâce au SIGEC. La pondération des mesures APL par les SAU des masses d'eau permet ainsi de comparer des masses d'eau de tailles différentes.

Il convient de préciser que pour les masses d'eau « supérieures » (MASSUP), l'analyse est faite sur toute la superficie. Tandis que pour les masses d'eau avec des parties supérieures et inférieures (MASINF), seule la partie supérieure est prise en compte. C'est le cas par exemple de la masse d'eau RWE032/060, constituée de la masse d'eau supérieure RWE032 (Craies de la Deûle) reposant sur la masse RWE060 (Calcaires du Tournaisis). Les masses d'eau qui sont toujours en situation inférieure ne sont pas caractérisées dans cette étude. On fait donc l'hypothèse que, en cas de superposition de masses d'eau souterraine, l'impact des pressions se marque a priori d'abord sur la masse d'eau supérieure (SPW-DGARNE, 2010a).

Le contrôle APL n'étant réalisé qu'en zone vulnérable, seules les masses d'eau situées dans cette zone (figure 9) ont été considérées. La zone non considérée comme vulnérable correspond à l'Ardenne et à la Lorraine belge qui sont des régions dominées par la forêt, où les eaux sont de bonne qualité, peu ou pas contaminées par les activités anthropiques (SPW-DGO3-DEE, 2017).

Dans la suite, le paragraphe 4.2 détaille la répartition des cultures et des prairies dans les différentes masses d'eau souterraine. Le paragraphe 4.4 synthétise, par masse d'eau, les APL moyens observés dans les parcelles de culture et de prairie lors du contrôle 2020. Enfin, le paragraphe 4.6 compare les résultats sur les douze années considérées.

Rappelons que les résultats annuels précédents relatifs au APL et leur spatialisation sont repris dans les rapports GRENeRA des années précédentes.

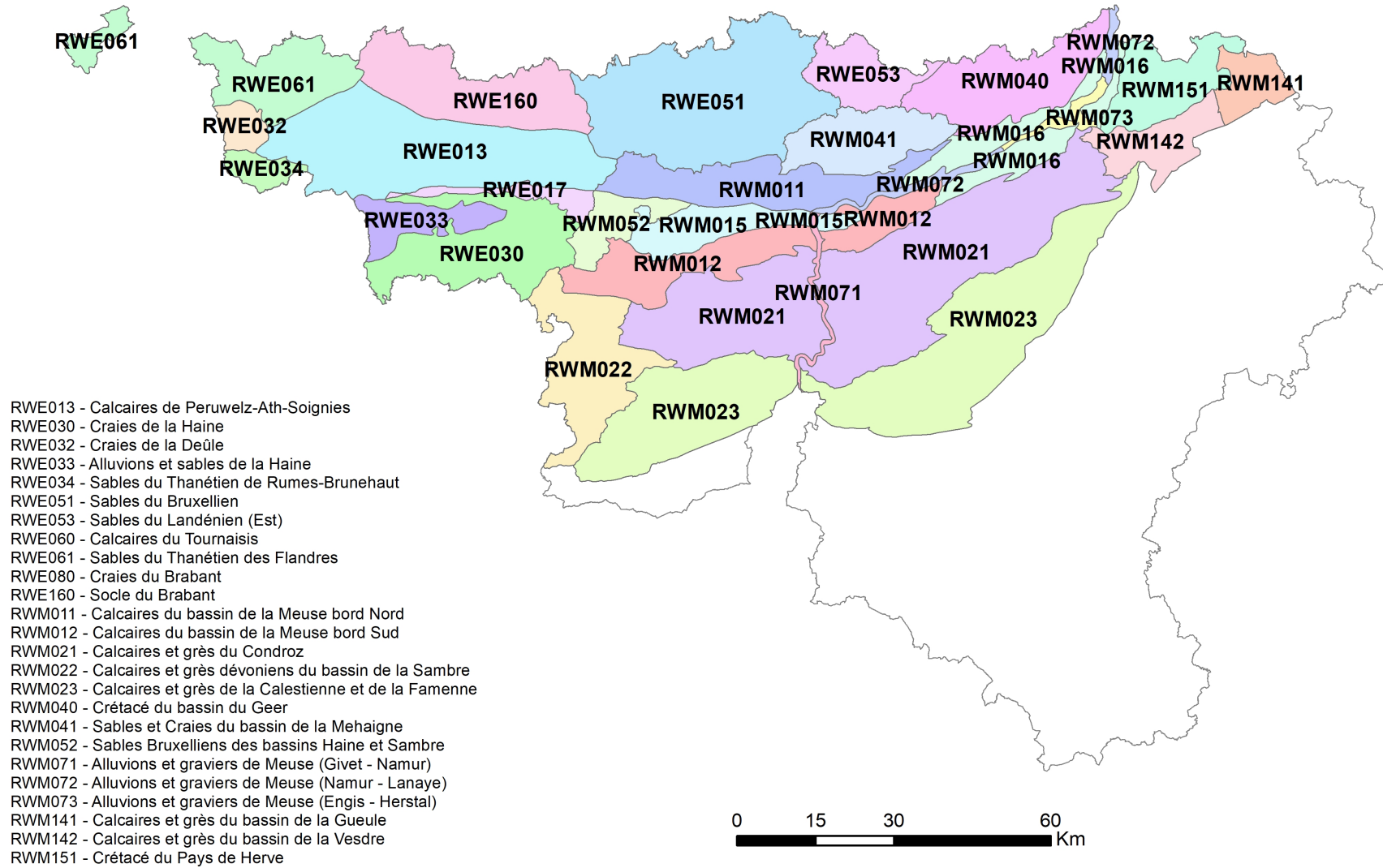


FIGURE 9 – Masses d’eau souterraine situées sous la zone vulnérable de Wallonie.

4.2 Répartition des cultures et prairies par masse d'eau souterraine

Les données du SIGEC permettent d'avoir une vue d'ensemble de la part de chaque classe de cultures et prairie (au sens du PGDA) dans la SAU de chaque masse d'eau souterraine en zone vulnérable. Les tableaux 20 et 21 présentent les SAU de 2020²³. Comme déjà mentionné précédemment, la surface prise en compte pour l'extrapolation des mesures APL à l'échelle de la masse d'eau est celle de la masse d'eau supérieure (MASSUP).

À titre d'exemple, la masse d'eau des « Calcaires de Peruwelz-Ath-Soignies » (RWE013) est couverte par 55 7831 ha de SAU en 2020, dont 96 % (53 627 ha) sont occupés par des cultures susceptibles de subir un contrôle APL. Par ailleurs, pour une classe de cultures donnée dans une masse d'eau souterraine, il se peut que l'effectif de parcelles contrôlées soit trop faible (inférieur à 5 parcelles), voire nul et par conséquent non représentatif. C'est par exemple le cas du colza où une seule parcelle de cette culture a été contrôlée en 2020. Dans ce cas, la superficie des parcelles de colza est retirée et la part de la SAU pour laquelle des mesures APL ont été réalisées est recalculée. Ainsi, pour la masse d'eau des « Calcaires de Peruwelz-Ath-Soignies », cela revient à 91 % (50 932 ha) de la superficie cultivée qui est occupée par des cultures avec mesures APL.

Précisons que cette règle de disponibilité minimale de 5 parcelles n'a pas été appliquée en prairie étant donnée la faible variabilité globale des APL pour cette occupation (écart-type annuel variant entre 9 et 25 kg N-NO₃ ha⁻¹, respectivement en 2012 et 2010), comparée à celles observées pour les autres classes de cultures (à titre de comparaison, la variabilité (écart-type) en maïs se situe entre 39 et 82 kg N-NO₃ ha⁻¹, respectivement en 2008 et 2011).

Les lignes 'Céréales' et 'Chicorées' des tableaux 20 et 21 ne correspondent pas aux classes APL. Afin d'évaluer le plus correctement la superficie des classes A2 et A3 dans chacune des masses d'eau à partir du SIGEC, il faut distinguer les parcelles de céréales suivies d'une culture implantée en automne et celles suivies d'une culture de printemps. L'analyse des données du contrôle APL permet cette distinction. Les tableaux 22 et 23 décrivent la part des parcelles de céréales suivies d'une culture de printemps (A2) et celles suivies d'une culture d'automne dans chacune des masses d'eau. La surface des classes A2 et A3 sont finalement calculées, par les équations suivantes, en tenant compte des surfaces de céréales et de chicorée et de la proportion de contrôle au sien des classes A2 et A3.

$$Surface_{A2} = Surface_{Céréales} \frac{n_{A2}}{n_{A2} + n_{A3}}$$

$$Surface_{A3} = Surface_{Chicorées} + Surface_{Céréales} \frac{n_{A3}}{n_{A2} + n_{A3}}$$

avec :

n_{A2} , le nombre de parcelles de céréales classées comme A2,

n_{A3} , le nombre de parcelles de céréales classées comme A3.

Précisons également que, lorsque le nombre de données APL dans la classe A3 (céréales suivies d'une culture implantée en automne et chicorée) est inférieur à 5, la superficie des parcelles de céréales prise en compte dans les ratios des tableaux 20 et 21 est pondérée en tenant compte de la proportion estimée de céréales suivi de CIPAN qui permet de faire la distinction des céréales classées comme A2 ou A3.

23. Celles de 2008 à 2019 sont reprises dans les rapports précédents.

En 2020, les superficies occupées par des classes de cultures susceptibles de subir un contrôle APL et présentant un nombre suffisant de mesures APL par classe représentent, toutes masses d'eau confondues (tableaux 20 et 21 ; ligne « SAU comptabilisée dans les classes APL avec mesures APL/SAU déclarée »), au moins 60 % de la SAU de la masse d'eau en zone vulnérable. L'extrapolation d'APL à l'échelle des différentes masses d'eau en zone vulnérable peut donc être jugée représentative. Notons par ailleurs que seules les masses d'eau ayant une représentativité d'au moins 60 % sont présentées et discutées dans les paragraphes suivants.

A l'échelle de la zone vulnérable²⁴, il convient d'observer que parmi les 690 parcelles contrôlées en classe A2, 75.5 % étaient renseignées avec une CIPAN. En termes de superficie, 2336 ha des 2908 ha de parcelles A2 contrôlées ont été couverts par une CIPAN soit 80.3 %. D'après ce relevé, il apparaît donc que l'obligation des 90 % de couverture au cours de l'interculture n'est globalement pas rencontrée. En 2020, le pourcentage de conformité des parcelles A2 n'a pas été impacté par l'absence de CIPAN et ce, pour deux raisons. Primo, l'été fût très sec et donc peu propice au semis des CIPAN et secundo, l'automne fût très pluvieux, ce qui a assez vite "nivelé" les différences que l'on peut habituellement observer entre les situations avec ou sans CIPAN.

En zone vulnérable, tout agriculteur doit couvrir 90 % de la surface des cultures récoltées avant le 1^{er} septembre et qui seront suivies d'une culture de printemps. Ces cultures correspondent principalement aux céréales de la classe A2. Il est évident que si chaque agriculteur respecte cette imposition, alors la proportion de la surface A2 couverte de CIPAN doit au moins être supérieure à 90 %. Or, on constate que parmi les masses d'eau où cette classe de cultures a été contrôlée, le palier de 90 % n'est atteint que pour quelques masses d'eau :

- RWE013,
- RWE033,
- RWE051,
- RWE061,
- RWM016,
- RWM142 et
- RWM151

Pour la masse d'eau RWM023 (1504 km²), RWM040 (429 km²) et RWM052 (142 km²), on note des taux de couverture de la classe A2 particulièrement bas, respectivement de 45, 50 et 21 %. Le taux de couverture de la classe A2 par des CIPAN est historiquement faible dans la masse d'eau RWM023.

24. La zone vulnérable comprend également les masses d'eau non présentées dans les tableaux 20 et 21.

TABLEAU 20 – Superficie (ha) des cultures et prairies contrôlées par masse d'eau souterraine superficielle du district de l'Escaut en zone vulnérable sur base du SIGEC 2020.

	RWE013	RWE030	RWE033	RWE051	RWE053	RWE061	RWE160
Betteraves	4906	2467	202	6127	1829	2788	2444
Céréales	16339	10193	1406	19847	5581	7408	8915
Chicorées	947	388	101	2150	351	394	169
Maïs	7886	2810	966	4150	1028	4134	5014
Pommes de terre	6128	3007	462	6344	2139	3580	2965
Colza	118	282	3	538	60	26	34
Légumes	2671	658	65	2380	1590	1193	951
Prairie	14435	6162	2895	9507	1619	5982	10101
Superficie de la masse d'eau souterraine	87013	47743	16693	96484	20585	38940	48382
SAU déclarée	55698	27468	6286	54081	15912	26709	31546
SAU déclarée / Superficie de la masse d'eau souterraine [%]	64	58	38	56	77	69	65
SAU comptabilisée dans les classes APL	53430	25966	6100	51041	14196	25505	30593
SAU comptabilisée dans les classes APL / SAU déclarée [%]	96	95	97	94	89	95	97
SAU comptabilité dans les classes APL avec mesures APL	53312	25027	4402	50503	12546	24285	30558
SAU comptabilité dans les classes APL avec mesures APL / SAU déclarée [%]	96	91	70	93	79	91	97

TABLEAU 21 – Superficie (ha) des cultures et prairies contrôlées par masse d'eau souterraine superficielle du district de la Meuse en zone vulnérable sur base du SIGEC 2020.

	RWM011	RWM012	RWM016	RWM021	RWM022	RWM023	RWM040	RWM041	RWM052	RWM073	RWM103	RWM141	RWM142	RWM151
Betteraves	3427	994	496	4569	1165	340	3254	2460	644	0	51	8	7	156
Céréales	10385	6398	2774	29979	6681	8705	10379	8208	2312	3	2193	8	95	515
Chicorées	589	124	187	145	71	34	946	733	76	0	0	0	0	16
Maïs	1841	1728	583	8933	2200	5294	1685	1072	476	1	1720	407	574	1856
Pommes de terre	3436	1160	721	3734	1419	282	3610	2890	754	0	80	0	0	134
Colza	377	536	286	3023	344	776	244	162	51	0	215	0	0	0
Légumes	1127	407	487	2139	666	1366	2420	1948	106	0	1017	1	31	70
Prairie	5005	7248	3037	39600	12340	44667	3892	3525	1621	28	28585	5822	7644	14171
Superficie de la masse d'eau souterraine	41740	46064	30020	166074	44287	150471	42937	30546	14172	4608	150168	13424	20687	28622
SAU déclarée	27556	19335	9212	94857	25654	61874	29411	22954	6237	32	34217	6254	8374	17267
SAU déclarée / Superficie de la masse d'eau souterraine [%]	66	42	31	57	58	41	68	75	44	1	23	47	40	60
SAU comptabilisée dans les classes APL	26188	18595	8570	92120	24885	61464	26430	21000	6041	32	33861	6246	8351	16917
SAU comptabilisée dans les classes APL / SAU déclarée [%]	95	96	93	97	97	99	90	91	97	100	99	100	100	98
SAU comptabilisée dans les classes APL avec mesure APL	25061	16492	5997	92120	21292	60842	26186	18889	4743	28	28585	5822	7644	16646
SAU comptabilisée dans les classes APL avec mesure APL / SAU déclarée [%]	91	85	65	97	83	98	89	82	76	88	84	93	91	96

TABLEAU 22 – Proportion de parcelles de céréales non suivies d'une culture implantée en automne (classe A2) par masse d'eau souterraine du district de l'Escaut lors du contrôle APL 2020.

	RWE013	RWE030	RWE033	RWE051	RWE053	RWE061	RWE160
Nombre de parcelles de céréales contrôlées	97	45	13	108	31	86	87
Surface des parcelles de céréales contrôlées	374	158	36	486	149	260	241
Nombre de parcelles de céréales (A2) contrôlées	76	35	8	91	24	65	70
Surface des parcelles de céréales (A2) contrôlées	284	111	21	426	111	209	201
Nombre de parcelles de céréales (A2) contrôlées non couvertes	6	9	1	9	6	5	18
Proportion de parcelles de céréales (A2) parmi les parcelles de céréales [%]	78	78	62	84	77	76	80
Proportion de la surface des parcelles (A2) parmi les surfaces de céréales [%]	76	70	58	88	74	80	83
Taux de couverture de la classe A2 [%]	92	74	88	90	75	92	74
Proportion de la surface A2 couverte de CIPAN [%]	91	85	91	91	86	94	82

TABLEAU 23 – Proportion de parcelles de céréales non suivies d'une culture implantée en automne (classe A2) par masse d'eau souterraine du district de la Meuse lors du contrôle APL 2020.

	RWM011	RWM012	RWM016	RWM021	RWM022	RWM023	RWM040	RWM041	RWM052	RWM103	RWM142	RWM151
Nombre de parcelles de céréales contrôlées	64	36	14	132	16	56	64	32	11	1	2	10
Surface des parcelles de céréales contrôlées	327	129	103	692	93	196	339	163	21	9	5	28
Nombre de parcelles de céréales (A2) contrôlées	46	26	9	70	8	32	44	30	9	1	2	9
Surface des parcelles de céréales (A2) contrôlées	248	84	71	374	60	110	255	160	17	9	5	25
Nombre de parcelles de céréales (A2) contrôlées non couvertes	13	11	1	21	2	22	23	9	6	0	0	1
Proportion de parcelles de céréales (A2) parmi les parcelles de céréales [%]	72	72	64	53	50	57	69	94	82	100	100	90
Proportion de la surface des parcelles (A2) parmi les surfaces de céréales [%]	76	65	69	54	64	56	75	98	82	100	100	90
Taux de couverture de la classe A2 [%]	72	58	89	70	75	31	48	70	33	100	100	89
Proportion de la surface A2 couverte de CIPAN [%]	82	75	90	77	84	42	50	82	21	100	100	90

4.3 Remarque sur les classes de céréales A2 et A3

Les parcelles de céréales classées comme A2 sont suivies par une CIPAN ou par une culture installée au printemps de l'année suivante. Les parcelles de céréales classées comme A3 sont en principe exclusivement suivies par une culture d'automne.

Il est connu que les références APL de la classe A3 sont supérieures à celles de la classe A2. Il pourrait être avantageux pour les agriculteurs de voir leurs parcelles de céréales classées comme A3 plutôt qu'A2. En particulier lorsque le sol n'est pas couvert par une CIPAN.

A l'heure de la rédaction du rapport, GRENERA n'a pas encore reçu le SIGeC 2021. Par conséquent, la concordance de la classification des parcelles de céréales dans la base de données APL vis-à-vis des informations parcellaires n'a pu être réalisée que pour les données APL de l'année précédente (contrôle APL 2019). Le SIGeC 2020 permet donc de vérifier que les parcelles A3 sont réellement suivies par une culture d'hiver.

Lors du contrôle APL de 2019, 1005 parcelles de céréales ont été contrôlées (A2 ou A3). Parmi ces parcelles, 274 ont été classées comme A3 et 731 comme A2. L'utilisation à posteriori du SIGeC a permis de montrer des irrégularités dans la classification APL. Dans certains cas, une parcelle de céréales contrôlée est scindée en deux l'année suivante pour y installer une culture d'hiver sur une partie et une culture de printemps sur l'autre. Parmi les 274 parcelles de céréales classées comme A3 en 2019, certaines, près de 10 %, soulèvent de réelles questions :

- 7 n'ont pas été déclarées au SIGeC en 2020 ;
- 4 ont été emblavées de betterave²⁵ ;
- 10 ont été emblavées de maïs ;
- 3 ont été emblavées de pommes de terre
- 2 ont été emblavées d'un mélange de protéagineux de printemps et de céréales ;

On peut également montrer que dans 3 exploitations, deux des trois parcelles sont classées erronément.

4.4 APL moyen par classe de cultures ou prairie en 2020

Les tableaux 24 à 44 fournissent l'APL moyen par classe de cultures en 2020 pour les différentes masses d'eau ayant une représentativité d'au moins 60 %. Rappelons par ailleurs que seules les classes de cultures présentant un effectif d'au moins 5 parcelles contrôlées dans la masse d'eau considérée sont prises en compte pour le calcul de l'APL moyen de la masse d'eau. Toutes les valeurs sont cependant présentées.

Dans les masses d'eau RWM012 et RWM041, l'APL moyen de la classe A2 est supérieur à celui de la classe A3. Dans la masse d'eau RWM041, 5 des 7 parcelles A3 contrôlées sont des chicorées. Les deux autres sont des céréales suivies de colza. Dans la masse d'eau RWM012, 11 parcelles ont été échantillonnées, l'APL de 5 est classé 'bon' et seulement 2 sont non conformes.

25. Une demi parcelle à toutefois été emblavée par une céréale d'hiver.

Une attention particulière doit être portée sur la masse d'eau RWM141. L'APL moyen des prairie (0-30 cm) est de 42,1 kg N-NO₃ ha⁻¹ alors que l'APL moyen des prairies toutes masses d'eau confondues n'est de 14 kg N-NO₃ ha⁻¹.

TABLEAU 24 – APL moyen [kg N-NO₃ ha⁻¹] par classe de cultures en 2020 dans la masse d'eau RWE013 (Escaut).

Classe APL	Effectif	Moyenne	Ecart-type
A1	20	45.3	29.1
A2	76	59.5	35.9
A3	25	81.2	42.0
A4	57	117.1	63.1
A5	45	157.5	65.5
A7	23	104.9	70.9
A8	25	14.6	12.8

TABLEAU 25 – APL moyen [kg N-NO₃ ha⁻¹] par classe APL en 2020 dans la masse d'eau RWE030 (Escaut).

Classe APL	Effectif	Moyenne	Ecart-type
A1	6	21.1	7.0
A2	35	55.7	32.3
A3	10	76.3	35.2
A4	15	77.0	45.9
A5	16	125.3	58.7
A6	3	33.9	34.2
A8	6	17.6	7.8

TABLEAU 26 – APL moyen [kg N-NO₃ ha⁻¹] par classe APL en 2020 dans la masse d'eau RWE033 (Escaut).

Classe APL	Effectif	Moyenne	Ecart-type
A1	2	31.6	5.8
A2	8	74.9	38.0
A3	6	97.5	96.9
A4	4	95.4	23.4
A7	1	111.1	
A8	6	9.3	7.6

TABLEAU 27 – APL moyen [kg N-NO₃ ha⁻¹] par classe APL en 2020 dans la masse d'eau RWE051 (Escaut).

Classe APL	Effectif	Moyenne	Ecart-type
A1	14	34.2	20.3
A2	91	41.8	29.9
A3	26	66.2	36.6
A4	35	81.9	52.2
A5	24	151.1	59.0
A6	3	62.3	30.7
A7	12	73.9	38.1
A8	19	9.9	9.4

TABLEAU 28 – APL moyen [kg N-NO₃⁻ ha⁻¹] par classe APL en 2020 dans la masse d'eau RWE053 (Escaut).

Classe APL	Effectif	Moyenne	Ecart-type
A1	5	37.1	21.2
A2	24	52.8	35.8
A3	8	99.3	29.2
A4	5	172.1	69.1
A5	7	117.4	30.0
A7	3	75.2	49.1
A8	3	37.9	21.0

TABLEAU 29 – APL moyen [kg N-NO₃⁻ ha⁻¹] par classe APL en 2020 dans la masse d'eau RWE061 (Escaut).

Classe APL	Effectif	Moyenne	Ecart-type
A1	20	46.4	21.7
A2	65	81.4	46.2
A3	24	111.8	46.2
A4	49	126.9	65.2
A5	25	161.7	60.5
A6	1	25.0	
A7	4	48.0	71.7
A8	13	19.0	17.0

TABLEAU 30 – APL moyen [kg N-NO₃⁻ ha⁻¹] par classe APL en 2020 dans la masse d'eau RWE160 (Escaut).

Classe APL	Effectif	Moyenne	Ecart-type
A1	9	32.9	22.1
A2	70	58.7	38.5
A3	18	68.7	39.9
A4	47	89.0	43.6
A5	27	158.3	105.6
A7	8	66.0	46.7
A8	8	14.0	9.5

TABLEAU 31 – APL moyen [kg N-NO₃⁻ ha⁻¹] par classe APL en 2020 dans la masse d'eau RWM011 (Meuse).

Classe APL	Effectif	Moyenne	Ecart-type
A1	13	32.7	18.7
A2	46	56.1	33.3
A3	19	70.0	34.4
A4	17	141.8	141.9
A5	16	125.0	41.8
A6	5	94.9	37.2
A7	2	108.5	86.9
A8	6	27.2	18.5

TABLEAU 32 – APL moyen [kg N-NO₃ ha⁻¹] par classe APL en 2020 dans la masse d'eau RWM012 (Meuse).

Classe APL	Effectif	Moyenne	Ecart-type
A1	5	36.5	20.5
A2	26	67.2	47.4
A3	11	67.6	39.7
A4	20	86.6	39.3
A5	3	123.1	61.0
A6	2	101.5	24.7
A7	4	71.8	35.8
A8	12	6.4	5.7

TABLEAU 33 – APL moyen [kg N-NO₃ ha⁻¹] par classe APL en 2020 dans la masse d'eau RWM016 (Meuse).

Classe APL	Effectif	Moyenne	Ecart-type
A2	9	31.2	31.9
A3	6	76.5	41.1
A4	3	91.0	50.1
A5	1	112.0	
A6	1	41.1	
A8	17	12.4	12.0

TABLEAU 34 – APL moyen [kg N-NO₃ ha⁻¹] par classe APL en 2020 dans la masse d'eau RWM021 (Meuse).

Classe APL	Effectif	Moyenne	Ecart-type
A1	14	51.6	29.2
A2	70	47.1	29.9
A3	64	60.3	37.0
A4	65	90.7	52.2
A5	11	112.2	53.0
A6	9	49.1	21.9
A7	16	57.7	44.0
A8	48	8.8	6.4

TABLEAU 35 – APL moyen [kg N-NO₃ ha⁻¹] par classe APL en 2020 dans la masse d'eau RWM022 (Meuse).

Classe APL	Effectif	Moyenne	Ecart-type
A1	3	33.2	6.1
A2	8	36.6	18.1
A3	8	68.1	24.7
A4	8	86.6	38.3
A5	1	104.8	
A8	7	11.7	10.5

TABLEAU 36 – APL moyen [kg N-NO₃ ha⁻¹] par classe APL en 2020 dans la masse d'eau RWM023 (Meuse).

Classe APL	Effectif	Moyenne	Ecart-type
A1	2	68.4	9.1
A2	32	48.6	31.8
A3	25	55.9	24.5
A4	34	125.8	68.4
A6	5	75.3	14.1
A7	17	98.5	52.8
A8	65	11.3	9.1

TABLEAU 37 – APL moyen [kg N-NO₃ ha⁻¹] par classe APL en 2020 dans la masse d'eau RWM040 (Meuse).

Classe APL	Effectif	Moyenne	Ecart-type
A1	11	44.9	31.4
A2	44	37.1	30.7
A3	24	67.7	44.8
A4	27	127.6	116.5
A5	19	141.8	61.7
A6	1	17.8	
A7	9	148.1	70.1
A8	18	20.9	18.8

TABLEAU 38 – APL moyen [kg N-NO₃ ha⁻¹] par classe APL en 2020 dans la masse d'eau RWM041 (Meuse).

Classe APL	Effectif	Moyenne	Ecart-type
A1	5	43.8	29.0
A2	30	52.6	33.1
A3	7	51.5	36.2
A4	12	87.6	53.9
A5	5	197.0	69.1
A7	3	81.2	43.1
A8	6	19.6	18.0

TABLEAU 39 – APL moyen [kg N-NO₃ ha⁻¹] par classe APL en 2020 dans la masse d'eau RWM052 (Meuse).

Classe APL	Effectif	Moyenne	Ecart-type
A1	1	150.7	
A2	9	54.5	21.7
A3	2	57.0	14.4
A4	9	88.0	49.1
A5	6	139.2	46.7
A8	2	8.4	2.1

TABLEAU 40 – APL moyen [kg N-NO₃ ha⁻¹] par classe APL en 2020 dans la masse d'eau RWM073 (Meuse).

Classe APL	Effectif	Moyenne	Ecart-type
A8	1	3.2	

TABLEAU 41 – APL moyen [kg N-NO₃ ha⁻¹] par classe APL en 2020 dans la masse d'eau RWM103 (Meuse).

Classe APL	Effectif	Moyenne	Ecart-type
A2	1	166.0	
A8	2	4.0	2.8

TABLEAU 42 – APL moyen [kg N-NO₃ ha⁻¹] par classe APL en 2020 dans la masse d'eau RWM141 (Meuse).

Classe APL	Effectif	Moyenne	Ecart-type
A4	1	171.0	
A8	4	42.1	36.2

TABLEAU 43 – APL moyen [kg N-NO₃ ha⁻¹] par classe APL en 2020 dans la masse d'eau RWM142 (Meuse).

Classe APL	Effectif	Moyenne	Ecart-type
A1	1	26.0	
A2	2	24.0	4.2
A4	2	151.5	37.5
A8	23	14.4	7.3

TABLEAU 44 – APL moyen [kg N-NO₃ ha⁻¹] par classe de cultures en 2020 dans la masse d'eau RWM151 (Meuse).

Classe APL	Effectif	Moyenne	Ecart-type
A1	5	41.6	26.0
A2	9	29.0	26.8
A3	1	46.0	
A4	18	122.7	62.3
A5	3	167.1	66.7
A7	1	17.4	
A8	35	19.6	12.9

4.5 APL moyen par masse d'eau souterraine en 2020

En tenant compte des SAU par culture et par masse d'eau (tableaux 20 et 21) et des résultats APL présentés aux tableaux 24 à 44, il est possible de calculer une valeur moyenne d'APL 'culture' et une valeur moyenne d'APL 'prairie'. Ces valeurs sont présentées dans les diagrammes circulaires de la figure 10. Dans la partie jaune qui correspond à la proportion de cultures au sein de la masse d'eau, on retrouve

l'APL moyen 'culture' et réciproquement l'APL moyen 'prairie' dans la partie verte. Afin d'être représentatif, les calculs de moyennes ne sont réalisés que pour les masses d'eau situées en zone vulnérable et dont la SAU annuelle comptabilisée dans les classes de cultures « APL » avec mesure APL couvre au moins 60 % de la SAU totale de la masse d'eau pour l'année considérée.

En 2020, les APL 'culture' sont de manière générale élevés. Alors qu'on observait généralement (entre 2014 et 2017) des APL 'culture' compris entre 29 et 81 kg N-NO₃ ha⁻¹ et que les valeurs supérieures à 70 kg N-NO₃ ha⁻¹ étaient exceptionnelles, depuis 2018, les APL 'culture' inférieurs à 70 kg N-NO₃ ha⁻¹ se font rares. En 2020, seules les masses d'eau suivantes :

- RWE030 (Craies de la Haine),
- RWE051 (Sables du Bruxellien),
- RWM012 (Calcaires du bassin de la Meuse bord nord),
- RWM016 (Schistes houillers),
- RWM021 (Calcaires et grès du Condroz),
- RWM022 (Calcaires et grès dévoniens du bassin de la Sambre),

ont un APL moyen 'culture' inférieur à 70 kg N-NO₃ ha⁻¹.

L'APL moyen 'culture' le plus bas est observé dans la masse d'eau RWM012 (49 kg N-NO₃ ha⁻¹). Le calcul de l'APL moyen intègre seulement les classes A1, A2, A3 et A4. Bien que le calcul ne prenne pas en compte les superficies emblavées de pommes de terre, de colza et de légumes qui présentent des APL moyens supérieurs à 100 kg N-NO₃ ha⁻¹ mais un nombre de mesures (par classes) inférieurs à 5. Quoiqu'il en soit, ces classes de cultures sont largement minoritaires dans le paysage de la masse d'eau ; elles couvrent environ 10 % de la SAU.

A l'inverse, l'APL moyen 'culture' le plus élevé (106 kg N-NO₃ ha⁻¹) est observé dans la masse d'eau RWE061. L'APL moyen pondéré de cette masse d'eau ne prend pas en compte les cultures de colza et de légumes qui couvrent ensemble moins de 5 % de la SAU déclarée. Les APL moyens de toutes les classes de cultures sont supérieurs aux APL moyens des classes de cultures calculés à partir de toutes les données du contrôle.

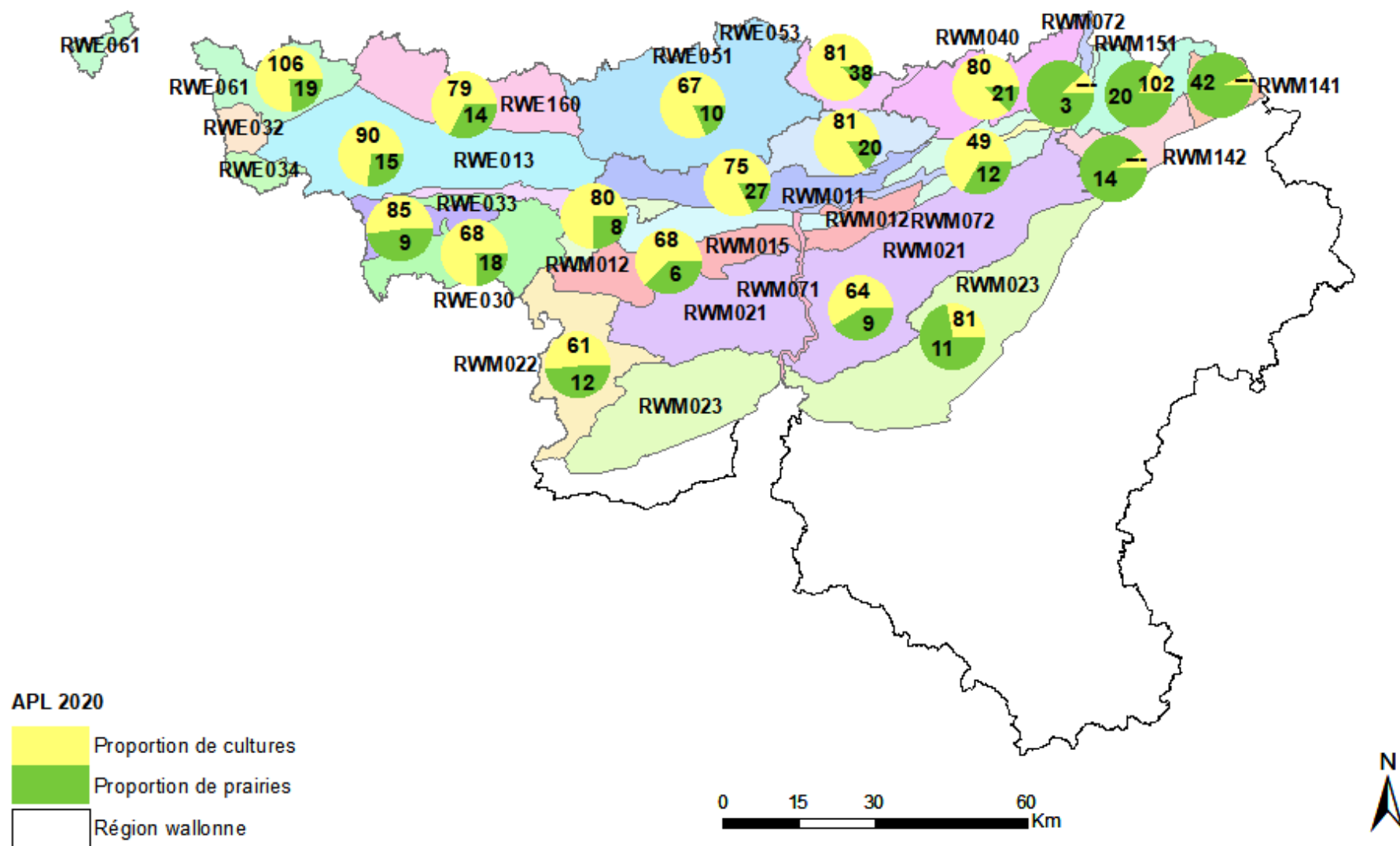


FIGURE 10 – Spatialisation des APL moyens en culture (sur 90 cm) et prairie (sur 30 cm) par masse d'eau en 2020.

Afin d'avoir une vue globale de la quantité de nitrate qui risque d'être lixiviée à l'échelle de la masse d'eau, il faut évaluer l'APL 'prairie' sur la profondeur de 90 cm. Pour ce faire, la base de données du Survey Surfaces Agricoles est mise à profit. Les observations faites entre 2002 et 2004 montrent que le reliquat azoté mesuré sur une épaisseur de 90 cm (somme des trois couches) correspond approximativement au double du reliquat azoté observé dans la première couche (0-30 cm). Ce coefficient a donc été adopté pour extrapoler jusqu'à 90 cm les résultats obtenus en prairie dans la première couche (0-30 cm). La quantité de nitrate qui risque d'être lixiviée à l'échelle de la masse d'eau peut donc être évaluée en tenant compte de l'APL 'culture' et de la surface de cultures ainsi que du double de l'APL 'prairie' et de la surface des prairies.

De manière générale, et assez logiquement, on observe les APL les plus faibles dans les masses d'eau qui présentent les parts les plus importantes de prairies (figure 10 et tableau 45). Des APL moyens inférieurs à $40 \text{ kg N-NO}_3 \text{ ha}^{-1}$ ne sont observés que dans les masses d'eau RWM022, RWM023, RWM073 et RWM142.

Hormis la masse d'eau RWM073, l'APL moyen le plus faible est localisé dans la masse d'eau RWM142 (Calcaires et grès du bassin de la Vesdre). Les prairies dont l'APL moyen sur 90 cm est de $29 \text{ kg N-NO}_3 \text{ ha}^{-1}$ y couvrent environ 91 % de la SAU. Les autres cultures ne sont pas prises en compte.

La proportion de prairies est également importante dans la masse d'eau RWM151 (82 %) mais les observations APL réalisées dans la classe A8 ne sont pas suffisamment faibles, en moyenne $37 \text{ kg N-NO}_3 \text{ ha}^{-1}$ pour compenser les APL observés en maïs respectivement $122 \text{ kg N-NO}_3 \text{ ha}^{-1}$.

La masse d'eau RWE061 (Sable du Thanétien des Flandres) montre l'APL moyen pondéré le plus élevé ($89 \text{ kg N-NO}_3 \text{ ha}^{-1}$) du fait que les APL moyen 'culture' ($106 \text{ kg N-NO}_3 \text{ ha}^{-1}$) et 'prairies' ($38 \text{ kg N-NO}_3 \text{ ha}^{-1}$) sont parmi les plus élevés.

TABLEAU 45 – APL moyen [kg N-NO₃⁻ ha⁻¹] par masse d'eau en 2020.

Masse d'eau souterraine	APL moyen	Part de la SAU représentée dans l'APL moyen [%]
RWE013	74	96
RWE030	60	91
RWE033	41	70
RWE051	58	93
RWE053	80	79
RWE061	89	91
RWE160	62	97
RWM011	71	91
RWM012	43	85
RWM016	37	65
RWM021	44	97
RWM022	39	83
RWM023	38	98
RWM040	74	89
RWM041	73	82
RWM052	58	76
RWM073	6	88
RWM103	8	84
RWM141	84	93
RWM142	29	91
RWM151	48	96

4.6 Évolution de l'APL par masse d'eau souterraine

Les APL moyens par masse d'eau souterraine ont été calculés pour les campagnes de contrôle de 2008 à 2020 et sont comparés au tableau 46²⁶. La moyenne globale des APL moyens des 13 années évaluées y est également renseignée par masse d'eau. L'APL moyen d'une année en question n'est pas pris en compte dans le calcul de la moyenne globale lorsque, pour l'année considérée, la part de la SAU comptabilisée dans les classes APL avec mesure APL est inférieure à 60 % (tableau 47).

Les APL moyens pondérés de 2020 par masse d'eau sont globalement supérieurs ceux observés l'année précédente. Ils restent néanmoins inférieurs à ceux de 2018. Les APL moyens des masses d'eau sont depuis trois ans largement supérieurs aux moyennes historiques.

26. Rappelons que les masses d'eau RWM100 (Grès et schistes du massif ardennais : Lesse, Ourthe, Amblève et Vesdre) et RWM103 (Grès et schistes du massif ardennais : Semois, Chiers, Houille et Viroin) n'ont pas été considérées comme faisant partie de la zone vulnérable car la part de leur surface incluse dans la zone vulnérable est faible.

TABLEAU 46 – APL moyen total [kg N-NO₃⁻ ha⁻¹] par masse d'eau depuis 2008.

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Moyenne
RWE013	61	45	44	71	48	43	49	51	59	61	79	63	74	58
RWE017		13				23	11	21		34	11		11	
RWE030	52	56	46	68	55	49	37	44	61	54	81	57	60	55
RWE032		49	68			44	53	73	80	71	68	94	126	69
RWE033		37	73	131	84	47	74	47	58	30	84	45	41	53
RWE034	64	34	38	146	65	71	43	56	45	60	57	60	111	47
RWE051	52	42	48	48	48	47	46	48	44	48	76	57	58	51
RWE053	68	56	61	59	70	52	49	48	41	48	72	50	80	57
RWE061	73	67	82	97	53	49	62	56	67	73	94	89	89	73
RWE160	46	52	45	63	40	35	41	49	51	54	81	65	62	53
RWM011	53	43	44	46	39	53	50	46	46	46	97	76	71	55
RWM012		24	30	51	24	40	36	40	30	54	81	40	43	42
RWM015	60	30	24	4	17	54	45	49	36	45	61	69	77	47
RWM016	4	8	49	114	80	48	28	48	34	61	71	51	37	54
RWM021	43	25	48	41	31	33	32	37	41	38	59	49	44	40
RWM022	17		24	148	33	28	25	31	40	52	84	32	39	39
RWM023	28	10	43	47	24	25	28	23	28	28	43	37	38	31
RWM040	48	51	55	71	56	46	55	44	50	53	60	67	74	56
RWM041	75	54	62	54	50	45	50	36	48	50	72	62	73	55
RWM052	46	42	32	79	39	20	57	28	20	37	13	37	58	32
RWM071				12										12
RWM072		38	14	40			36	24	60		23	14		
RWM073													6	6
RWM141						54	25	32	14	24	56	26	84	39
RWM142		42	62	43	23	24	25	19	56	30	49	21	29	35
RWM151	33	51	73	42	27	40	34	34	26	36	74	42	48	43

TABLEAU 47 – Représentativité de l'APL moyen total [% de la SAU] par masse d'eau depuis 2008.

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
RWE013	67	94	93	94	94	98	97	97	97	97	97	92	96
RWE017													
RWE030	78	65	76	93	85	85	93	93	92	92	93	93	91
RWE032						76				67	89	66	
RWE033						87	81	80	82	64	81	83	70
RWE034		72										79	
RWE051	94	94	97	98	93	97	97	92	96	94	90	94	93
RWE053			69	85	73	70	92	81	61	71	80	67	79
RWE061	94	83	93	99	93	98	92	92	97	92	91	92	91
RWE160	97	97	97	99	97	97	89	96	98	97	95	94	97
RWM011		65	93	84	84	77	94	90	90	92	89	73	91
RWM012		61		76	77	92	88	88	86	85	86	90	85
RWM015					67		82			66	81	69	
RWM016			66	63		74	71	84	77	79	80	82	65
RWM021	93	78	93	97	97	98	95	98	98	98	96	98	97
RWM022			60		87	90	86	92	85	91	94	84	83
RWM023	97	74	84	87	89	88	98	87	97	99	97	99	98
RWM040	86	84	86	94	87	92	92	91	92	90	90	90	89
RWM041		71	82	88	70	87	94	84	84	83	82	75	82
RWM052						67		68	66				76
RWM071				69									
RWM072													
RWM073													88
RWM141						92	92	92	92	93	93	93	93
RWM142		89	90	98	98	98	98	89	90	91	92	91	91
RWM151	93	93	94	96	94	96	96	95	95	97	96	95	96

Sur l'ensemble de la période investiguée, les APL les plus élevés sont observés dans les masses d'eau à substrat géologique sableux (RWE033 - Alluvions et sable de la Haine, RWE053 - Sables du Landénien (Est) et RWE061 - Sables du Thanétien des Flandres) et crayeux (RWE030 - Craies de la Haine, RWE032 - Craies de la Deûle et RWM040 - Crétacé du bassin du Geer), tandis que les plus faibles sont notés dans les masses d'eau à substrat calcaire et gréseux (RWM021 - Calcaires et grès du Condroz, RWM022 - Calcaires et grès dévoniens du bassin de la Sambre, RWM023 - Calcaires et grès de la Calestienne et de la Famenne, RWM141 - Calcaires et grès du bassin de la Gueule et RWM142 - Calcaires et grès du bassin de la Vesdre). Les différences d'APL moyen entre masses d'eau sont à attribuer en partie aux différences rencontrées dans les assolements (entre autres, la part de cultures/prairies dans la SAU et l'APL moyen en cultures ; figure 10).

Le tableau 46 présente l'APL moyen annuel par masse d'eau depuis 2008, quelle que soit sa représentativité ainsi que l'APL moyen pluriannuel calculé par masse d'eau depuis 2008. Cette dernière valeur a été établie en ne considérant que les APL moyens annuels représentant au moins 60 % de la SAU (tableau 47).

L'APL moyen global (sur les 13 dernières années) le plus bas et représentatif de la masse est observé pour la masse d'eau RWM023 (Calcaires et grès de la Calestienne et de la Famenne) ($23 \text{ kg N-NO}_3^- \text{ ha}^{-1}$). À l'inverse l'APL moyen global (sur les 13 dernières années) le plus élevé ($73 \text{ kg N-NO}_3^- \text{ ha}^{-1}$) s'observe dans la masse d'eau RWE061 (Sables du Thanétien des Flandres). Comme on le verra par la suite, la concentration en nitrate dans la cette masse d'eau montre, depuis plusieurs années, une réelle diminution. L'APL moyen global observé laisse à penser qu'une amélioration est encore envisageable.

Les limites de l'utilisation de l'APL moyen pondéré comme indicateur de pression « nitrate » sur les ressources en eau viennent de l'incertitude engendrée par la considération d'une valeur moyenne qui ignore la variabilité des teneurs observées à l'échelle spatiale parcellaire considérée. Néanmoins, cette incertitude peut être relativisée du fait de la prise en compte des superficies par classe de cultures APL afin de pondérer la moyenne calculée.

L'APL moyen peut également être évalué à l'échelle de la région wallonne afin de mettre en évidence l'influence des conditions météorologiques (figure 11). Pour ce faire, un APL moyen est calculé par classe de cultures indépendamment de la masse d'eau. Enfin, ces APL moyens sont pondérés par la surface de chaque classe de cultures. On considère donc que les APL observés en zone vulnérable sont du même ordre de grandeur que ceux en dehors.

L'APL moyen est resté sous la limite de $40 \text{ kg N-NO}_3^- \text{ ha}^{-1}$ entre 2012 et 2015. Il a par ailleurs été inférieur à $50 \text{ kg N-NO}_3^- \text{ ha}^{-1}$ en 2008, 2009, 2016 et 2017. Depuis 2018, l'APL moyen est en moyenne de $57.5 \text{ kg N-NO}_3^- \text{ ha}^{-1}$.

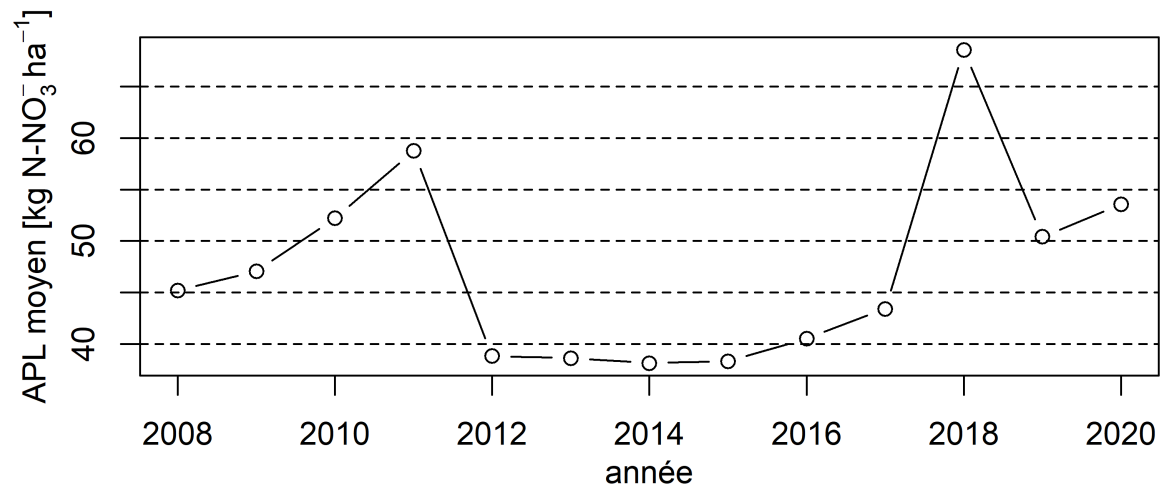


FIGURE 11 – Évolution de l'APL moyen entre 2008 et 2020.

5 Qualité de l'eau des masses d'eau souterraine d'un point de vue du nitrate (Survey Nitrate)

Les concentrations « naturelles » en nitrate dans les eaux souterraines sont généralement inférieures à $10 \text{ mg NO}_3^- \text{ l}^{-1}$ (SPW-DGO3-DEE, 2014). Des teneurs supérieures restent principalement liées aux activités anthropiques. Les figures 12 et 13 montrent l'évolution des concentrations moyennes en nitrate de 2008 à 2020 respectivement pour les masses d'eau du district de l'Escaut et de la Meuse, calculées sur base des données disponibles dans la banque de données Calypso²⁷ de la DGO3.

Des dépassements fréquents de la limite de potabilité de $50 \text{ mg NO}_3^- \text{ l}^{-1}$ ne sont observés que pour trois masses d'eau :

RWE032 (Craies de la Deûle),
RWE061 (Sables du Thanétien des Flandres) et
RWM052 (Sables Bruxelliens de Haine et Sambre).

Dans les sept masses d'eau suivantes :

RWE034 (Sables du Thanétien de Rumes-Brunehaut),
RWE051 (Sables du Bruxellien),
RWE053 (Sables du Landénien [Est]),
RWM040 (Crétacé du bassin du Geer),
RWM041 (Sables et Craies de la Méhaigne),
RWM141 (Calcaires et grès du bassin de la Gueule) et
RWM151 (Crétacé du Pays de Herve)

les concentrations moyennes sont fréquemment supérieures à $35 \text{ mg NO}_3^- \text{ l}^{-1}$ (70 % de $50 \text{ mg NO}_3^- \text{ l}^{-1}$), qui représente la limite d'enclenchement d'actions en vue d'inverser la tendance à la hausse observée jusqu'à $20 \text{ mg NO}_3^- \text{ l}^{-1}$, comme le prévoit le Code de l'eau.

Au cours de l'année 2020, la concentration en nitrate de 61 des 838 ouvrages étudiés pour caractériser la teneur en nitrate des masses d'eau présentaient une concentration moyenne supérieure à $50 \text{ mg NO}_3^- \text{ l}^{-1}$. Ces ouvrages sont répartis dans 15 des 36 masses d'eau étudiées.

L'analyse des figures 12 et 13 met en évidence une variabilité interannuelle pouvant être importante ; notamment pour les masses d'eau RWE160, RWM022, RWM041 et RWM141. Cette variabilité n'est pas causée par des variations simultanées de la concentration dans les ouvrages de la masse d'eau. La variabilité temporelle de concentration en nitrate dans un ouvrage particulier est généralement faible. La variabilité temporelle résulte de la prise en compte ou non de la concentration en nitrate de certains ouvrages pour l'établissement des moyennes. Suite à des problèmes d'accessibilité notamment, la concentration annuelle moyenne de certains ouvrages n'est pas systématiquement renseignée.

Par exemple, la concentration en nitrate de la masse d'eau RWM141 est (beaucoup) plus faible lorsque les ouvrages Trois pipes (43/2/1/001), Im Winkel P1 (43/2/1/006), Burgstrasse 94 - 70M (43/2/6/015) et Ambusch 18 (43/2/8/001) sont pris en compte.

27. Cette banque de données regroupe toute l'information sur la qualité des eaux souterraines. Les données proviennent notamment des producteurs d'eau et des campagnes de surveillance menées à l'initiative du SPW (réseau patrimonial mis en place en 2005 pour répondre aux exigences de la directive-cadre eau).

L'évolution de la concentration en nitrate peut également être mise en évidence. Entre 2008 et 2020, à l'exception de la masse d'eau RWE030, la concentration en nitrate s'est globalement améliorée dans les masses d'eau du district de l'Escaut (figure 12).

En ce qui concerne le district de la Meuse, la qualité de l'eau s'est également améliorée entre 2008 et 2020 dans les masses d'eau suivantes :

RWM052,
RWM141,
RWM142 et
RWM151

Elle s'est par contre détériorée dans les masses d'eau :

RWM021,
RWM022,
RWM040,
RWM071 et
RWM072.

Pour les autres masses d'eau, la concentration est restée globalement stable.

Prêtons toutefois attention à la tendance (à court terme) de l'évolution de la concentration en nitrate. Bien que la concentration en nitrate soit globalement à la baisse (depuis 2008), elle présente toutefois une tendance haussière dans la plupart des masses d'eau. Cette tendance ce marque principalement après 2016 dans les masses d'eau suivantes :

RWE030, augmentation de 0,30 mg NO₃⁻ l⁻¹ an⁻¹ depuis 2011 ;
RWE034, augmentation de 0,67 mg NO₃⁻ l⁻¹ an⁻¹ depuis 2013 ;
RWE061, augmentation de 2,10 mg NO₃⁻ l⁻¹ an⁻¹ depuis 2017 ;
RWM011, augmentation de 0,25 mg NO₃⁻ l⁻¹ an⁻¹ depuis 2011 ;
RWM012, augmentation de 0,31 mg NO₃⁻ l⁻¹ an⁻¹ depuis 2011 ;
RWM021, augmentation de 0,71 mg NO₃⁻ l⁻¹ an⁻¹ depuis 2017 ;
RWM023, augmentation de 1,28 mg NO₃⁻ l⁻¹ an⁻¹ depuis 2016 ;
RWM040, augmentation de 0,30 mg NO₃⁻ l⁻¹ an⁻¹ depuis 2013 ;
RWM072, augmentation de 0,30 mg NO₃⁻ l⁻¹ an⁻¹ depuis 2009 ;
RWM141, augmentation de 2,3 mg NO₃⁻ l⁻¹ an⁻¹ depuis 2016 ;
RWM151, augmentation de 0,30 mg NO₃⁻ l⁻¹ an⁻¹ depuis 2017.

Dans les masses d'eau situées hors de la zone vulnérable, les concentrations moyennes en nitrate présentent également une légère tendance à la hausse (figure 14). Citons notamment les masses d'eau :

RWM091,
RWM092,
RWM094,
RWR092 et
RWR101.

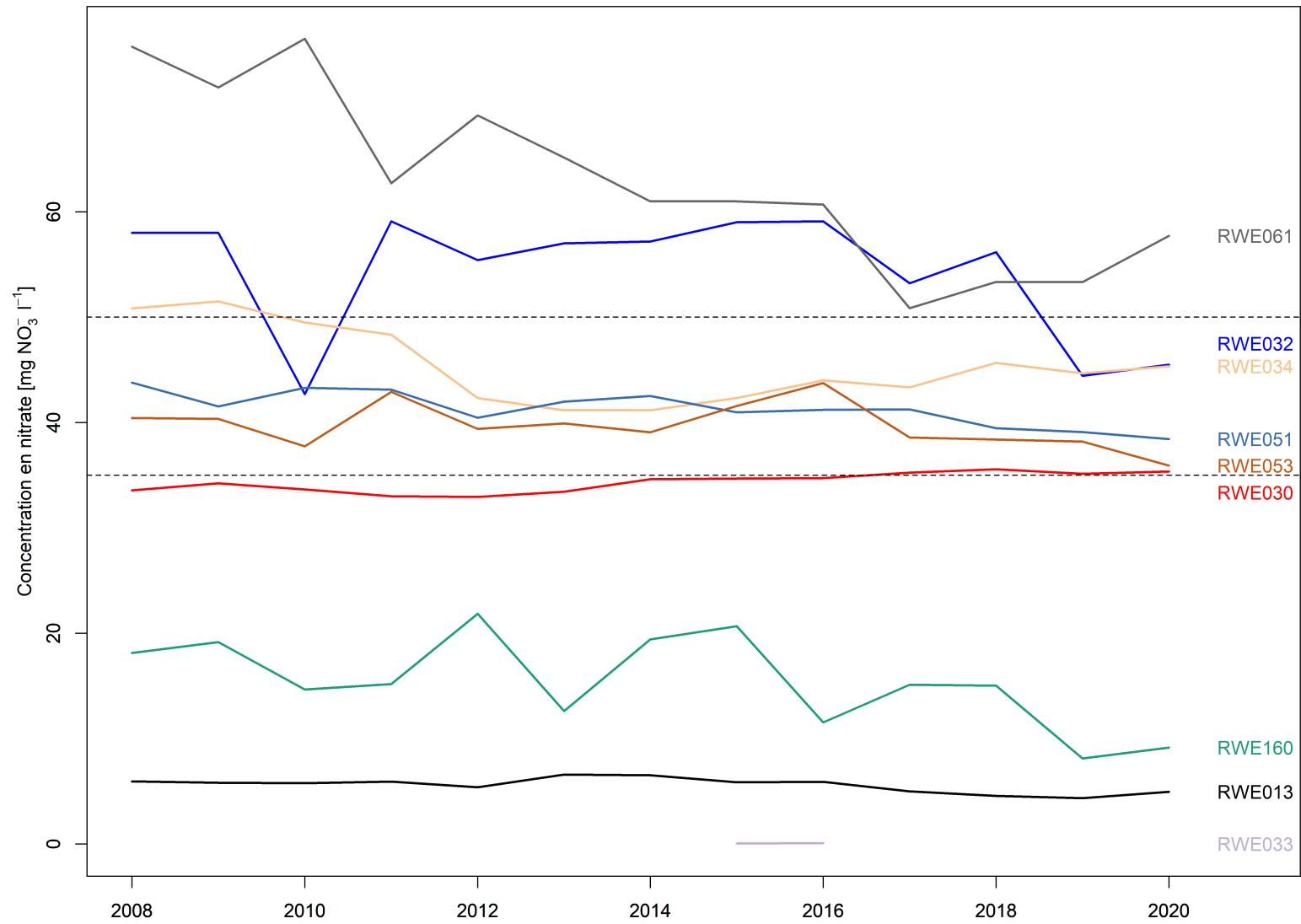


FIGURE 12 – Évolution de la concentration moyenne en nitrate entre 2008 et 2020 dans les masses d'eau du district de l'Escaut.

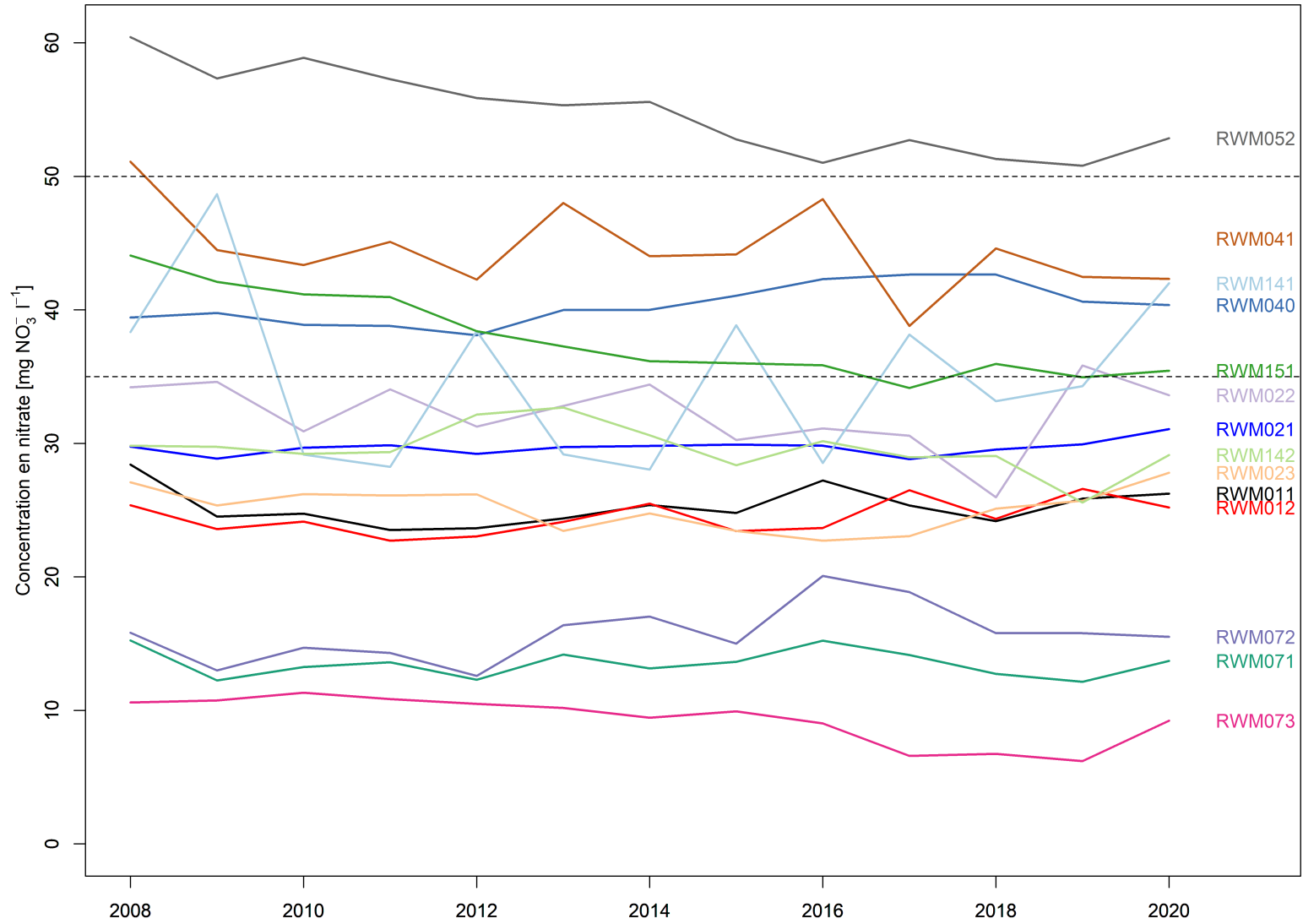


FIGURE 13 – Évolution de la concentration moyenne en nitrate entre 2008 et 2020 dans les masses d'eau du district de la Meuse.

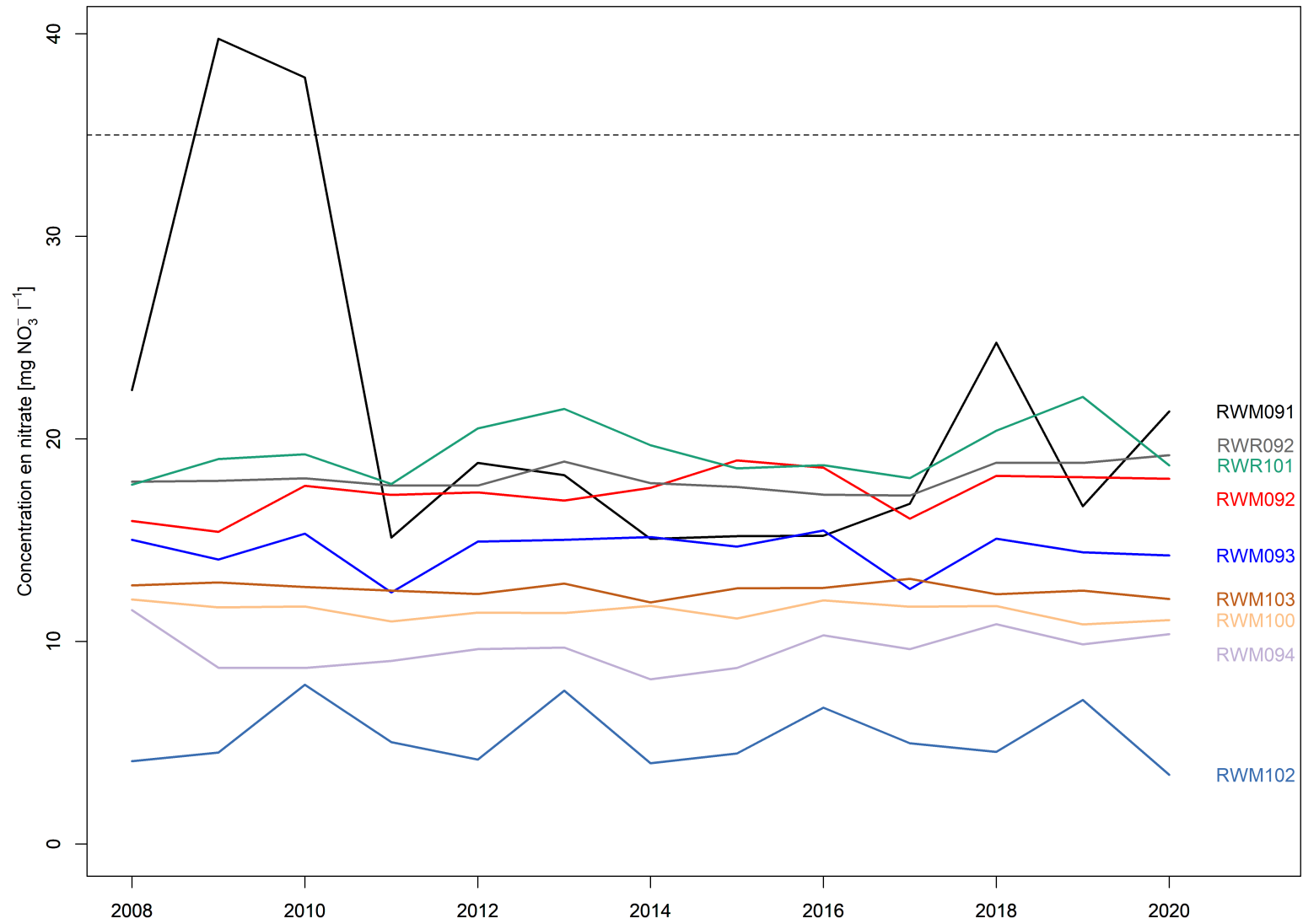


FIGURE 14 – Évolution de la concentration moyenne en nitrate entre 2008 et 2020 dans les masses d'eau situées en dehors de la zone vulnérable.

6 Confrontation des APL moyens et des résultats du Survey Nitrate à l'échelle des masses d'eau souterraine

En zone vulnérable, dans les masses d'eau pour lesquelles on dispose d'une chronique APL régulière et suffisante (tableau 46), une concentration moyenne (période 2015 - 2020) en nitrate de l'eau souterraine a été calculée à partir des données Calypso (point 5).

Un rapport précédent (Dossier GRENERA 16-06)²⁸ a mis en évidence une relation ($r_{\text{ajusté}}^2 = 0,71$) entre l'APL moyen (2008-2015) par masse d'eau et la concentration en nitrate moyenne (2008-2015) dans la masse d'eau considérée.

La masse d'eau des Sables du Thanétien des Flandres (RWE061) montre pour les cinq années considérées la concentration moyenne en nitrate la plus élevée (56 mg $\text{NO}_3^- \text{ l}^{-1}$) et l'APL moyen le plus important (78) kg $\text{N-NO}_3^- \text{ ha}^{-1}$). Les APL élevés observés s'expliquent par la forte pression agricole sur la masse d'eau, où 69 % (26 776 ha ; tableau 20) de la superficie totale de la masse d'eau (38 940 ha) sont occupés par l'agriculture en 2020, dont 78 % de cultures et 22 % de prairies (SIGEC, 2020). D'après la Carte d'Occupation des Sols de Wallonie (COSW), les bois et forêts ne représentent que 4 % de la surface totale de la masse d'eau.

À l'opposé, la masse d'eau des Calcaires et grès de la Calestienne et de la Famenne (RWM023) affiche l'APL moyen et la concentration moyenne en nitrate les plus bas respectivement (33 kg $\text{N-NO}_3^- \text{ ha}^{-1}$) et (25 mg $\text{NO}_3^- \text{ l}^{-1}$). Malgré sa vulnérabilité intrinsèque moyenne à élevée (SPW-DGARNE, 2010b). L'activité agricole n'y représente (SIGEC, 2020) que 41 % (61 860 ha ; tableau 21) de la surface totale de la masse d'eau (150 471 ha), dont 28 % de cultures et 72 % de prairies. Les bois et forêts couvrent 39 % de la superficie totale de cette masse d'eau. La part importante de prairies et de zones boisées couvrant la masse d'eau RWM023 explique la bonne qualité de l'eau captée dans cette masse d'eau souterraine.

Si on considère à présent la masse d'eau des Sables du Bruxellien (RWE051), qui présente une vulnérabilité relativement élevée²⁹ (SPW-DGARNE, 2010b), son état qualitatif intermédiaire (APL moyen sur les 5 années considérées de 55 kg $\text{N-NO}_3^- \text{ ha}^{-1}$ et concentration moyenne en nitrate de 40 mg $\text{NO}_3^- \text{ l}^{-1}$) par rapport à ceux des masses d'eau précédemment évoquées (RWE061 et RWM023), s'explique par la pression agricole intermédiaire à celle s'exerçant sur ces deux masses d'eau. En effet, la SAU de la masse RWE051 couvre 56 % (54 196 ha ; tableau 20) de la surface totale de la masse d'eau (96 484 ha), dont 84 % de cultures et 16 % de prairies d'après le SIGEC 2018. Les bois et forêts y occupent également 10 % de la surface totale de la masse d'eau d'après la COSW (seulement 4 % dans la masse d'eau RWE061).

28. http://www.gembloux.ulg.ac.be/gp/grenera/Doc1_fichiers/DG/2016/DG16-06_Evaluation_Controlle_APL.pdf.

29. Plus de 64 % de la surface totale de cette masse d'eau présentent une recharge supérieure à 160 mm an^{-1} (SPW-DGARNE, 2010b).

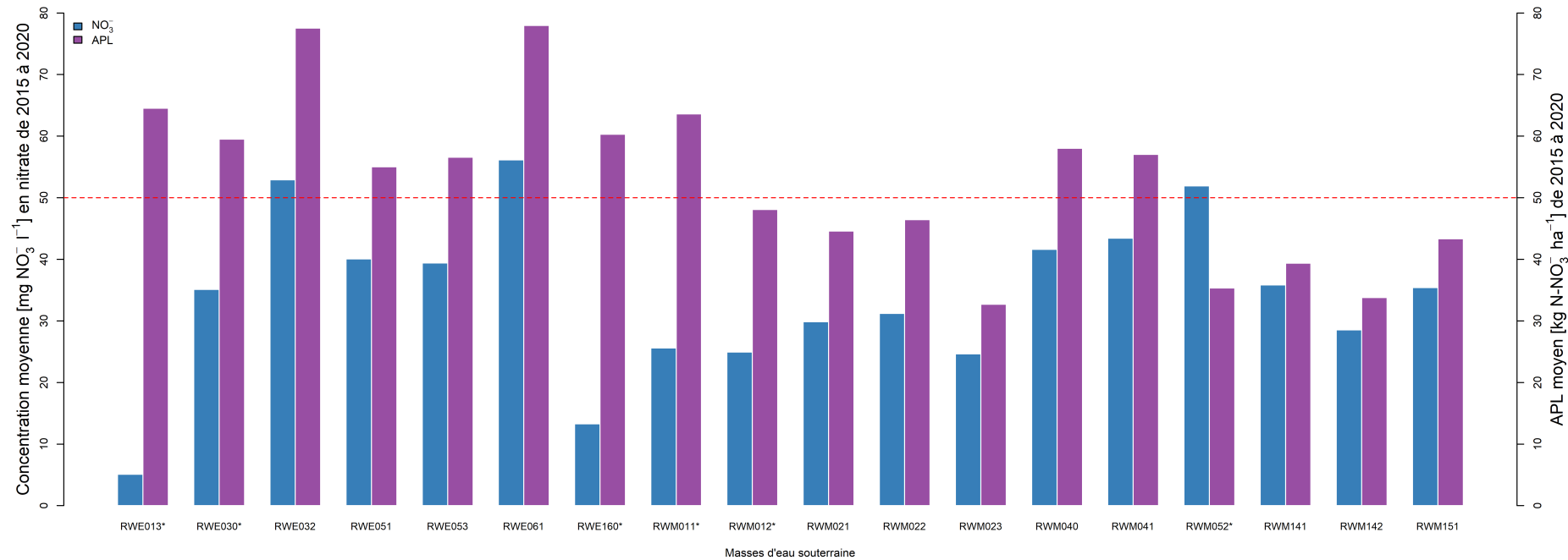


FIGURE 15 – Concentration moyenne en nitrate et APL moyen par masse d'eau souterraine sur la période 2015 - 2020. Les masses d'eau marquées d'une étoile correspondent aux masses d'eau captive ou protégées hydrogéologiquement et/ou aux masses d'eau pour lesquelles la quantité d'information APL n'est pas suffisante.

A l'inverse, pour les masses d'eau suivantes :

- RWE013,
- RWE030,
- RWE160,
- RWM011,
- RWM012 et
- RWM052

on n'observe pas vraiment de relation entre concentrations moyennes en nitrate dans l'eau et APL.

En ce qui concerne la masse d'eau RWM052, il s'agit d'une masse d'eau de petite taille pour laquelle la représentativité de l'APL est généralement inférieure à 60 % (tableau 47).

Pour les cinq autres masses d'eau listées, bien que l'effectif APL soit suffisant et que la part de la SAU par superficie de la masse d'eau soit comparable aux autres masses d'eau, la relation entre la concentration en nitrate et l'APL n'est pas satisfaisante. Un contexte hydrogéologique particulier conduit à une certaine déconnexion de ces masses d'eau vis-à-vis de la pression nitrate de surface. Ces masses d'eau sont en effet partiellement captives car recouvertes par des terrains sablo-argileux du tertiaire (argiles yprésiennes notamment) ou du houiller (schistes et grès) qui sont peu perméables (SPW-DGARNE, 2005 ; SPW-DGARNE, 2006 ; SPW-DGO3, 2015 ; Brouyère et al., 2009a et Brouyère et al., 2009b).

Par ailleurs, des observations et interprétations développées ci-dessus, le cas des masses d'eau crayeuses du bassin de la Haine (RWE030) et du bassin Geer (RWM040), dont les SAU sont dominées par les cultures, mérite d'être abordé. Les concentrations moyennes en nitrate sont actuellement « favorables » (respectivement de 35 et 42 mg NO₃⁻ l⁻¹ sur les 5 années considérées - 2015 à 2020).

La concentration dans ces masses d'eau sont en légère augmentation (paragraphe précédent). Les temps de transfert vers ces unités sont plus longs que ceux des autres masses d'eau. La masse d'eau RWE030 est principalement formée de la formation aquifère des Craies du Bassin de Mons. Ce dernier est couvert sur une partie de son étendue par des argiles yprésiennes.

L'aquifère des Craies du bassin du Geer (RWM040) est couvert d'une épaisse couche de limon. De nombreux travaux (dont Brouyère et al., 2004 et Orban et al., 2010) ont montré que la vitesse de migration verticale de l'eau et du nitrate est de l'ordre du mètre par an dans la zone non saturée surmontant la nappe des craies. Sachant que cette zone non saturée y est très épaisse (plusieurs mètres à plusieurs dizaines de mètres), l'impact du retard à l'infiltration peut être très conséquent. Dans le Dossier GRE-NeRA 14-05³⁰, on pouvait lire que "*Les APL moyens observés pour la même période, dans chacune de ces masses d'eau, conduiront inévitablement à l'augmentation des concentrations en nitrate dans ces masses d'eau*". Depuis 2012, on observe une tendance croissante de la concentration en nitrate dans l'eau de la masse d'eau RWM040. Les prédictions faites à l'époque sur base des APL semblent donc malheureusement se confirmer.

Deux populations de masses d'eau se dégagent donc de ces observations. La première reprend l'ensemble des masses faiblement protégées des flux de nitrate. La seconde correspond aux masses d'eau captives ou protégées hydrogéologiquement et aux masses d'eau pour lesquelles la quantité d'information APL n'est pas suffisante.

30. http://www.gembloux.ulg.ac.be/gp/grenera/Doc1_fichiers/DG/2014/DG14-05_Evaluation_Controlle_APL.pdf.

Dans la première population de points, l'APL de la couche 0-90 cm permet d'expliquer 90 % de la variabilité des concentrations moyennes en nitrate observées dans les masses d'eau souterraine. Les 10 % restants sont expliqués par d'autres facteurs agro-environnementaux (pratiques culturales, climat, etc.).

Depuis 2017, les valeurs APL sont très élevées pour l'ensemble des masses d'eau ; ce qui conduit à l'augmentation de la moyenne des APL (2015 - 2020). Les APL moyens par masse d'eau sont pour presque l'ensemble des masses d'eau, supérieurs à la concentration moyenne en nitrate observée ces dernières années. Ces valeurs APL laissent à penser que l'augmentation des concentrations en nitrate présentée au point précédent continuera à l'avenir.

7 Conclusions

Le contrôle des APL dans 5 % des exploitations situées en zone vulnérable a montré que les résultats des exploitations en programme d'observation APL (70 % d'exploitations conformes) n'étaient pas statistiquement différents en 2020 à ceux observés dans les exploitations sélectionnées aléatoirement (74 % d'exploitations conformes). On constate cependant que depuis 2016, le taux de conformité des exploitations en programme d'observation APL est presque systématiquement inférieur à celui des exploitations sélectionnées aléatoirement. On peut toutefois affirmer que l'objectif du programme d'observation est atteint puisque les exploitations concernées avaient toutes été non conformes à au moins une reprise au cours des années précédentes. Ces agriculteurs ont donc, pour une large majorité, amélioré leur gestion de l'azote.

Les résultats globaux (pourcentage d'exploitations évaluées positivement et pourcentage de parcelles conformes) du contrôle 2020 ont des pourcentages de conformité (73 % d'exploitations conformes et 70 % de parcelles conformes) du même ordre de grandeur que ceux observés en 2019. Ces pourcentages sont presque plus faibles que ceux observés lors de la première année du contrôle APL.

L'analyse des données APL par classes de cultures a mis en évidence des pourcentages de conformités particulièrement faibles dans les classes de cultures A5, A6 et A7. Le taux de conformité et la distribution des mesures APL par classes de cultures sont globalement indépendants du mode de sélection des exploitations.

En ce basant sur l'échantillonnage APL de 2019 et du SIGeC 2020, il a été montré que des parcelles de céréales ont été classées comme A3 alors qu'elles auraient dû être classées A2; classe pour laquelle les limites de non conformité sont logiquement plus faibles. Dans certaines exploitations, 2 parcelles de céréales ont été classées erronément. Un suivi plus rigoureux doit être mis en œuvre par le SPW pour reconstruire les exploitations bénéficiant de ces classement irréguliers.

Le calcul du statut moyen des parcelles échantillonnées entre 2016 et 2020 a mis en évidence les zones où la probabilité d'observer des non-conformités est plus importante. De manière générale, le traitement des données APL antérieurs et l'étude des successions culturales devraient orienter le choix des exploitations pour améliorer l'efficacité du contrôle APL.

L'extrapolation à l'échelle des masses d'eau souterraine des observations réalisées dans les exploitations contrôlées a mis en évidence des différences d'APL moyen entre masses d'eau, imputables en partie aux différences rencontrées dans les assolements.

L'effet météorologique annuel a également été mis en évidence. Les APL de 2017 à 2020 ont montré une réponse très nette aux sécheresses observées. La diminution du prélèvement d'azote durant la période de croissance des plantes et la minéralisation post-récolte plus importante conduisent à l'observation d'APL élevés. Dans la masse d'eau RWM141, l'APL moyen en prairie, mesuré sur 30 cm, est de $42 \text{ kg N-NO}_3^- \text{ ha}^{-1}$, une meilleure gestion (quantité, fréquence et dates d'apports) des épandages d'engrais de ferme à l'échelle de la région wallonne permettrait de diminuer sensiblement les valeurs APL. Des expérimentations sont mises en places par les membres scientifiques de la structure PROTECT'eau pour répondre au mieux aux questions relatives à la fertilisation des prairies et à l'impact sur la qualité de l'eau.

De manière générale, les APL mesurés depuis 2018 sont plus élevés que ce qui a été observé par le passé. L'étude des mesures de la concentration en nitrate met également en évidence une augmentation de la concentration en nitrate dans la plupart des masses masses. Sur la période allant de 2015 à 2020, une assez bonne corrélation globale entre les APL moyens sur la même période, extrapolés à l'échelle des masses d'eau souterraine, en pondérant par les parts de cultures et de prairies dans la SAU et la concentration moyenne en nitrate dans les masses d'eau a été mise en évidence. L'APL mesuré dans le sol est donc un bon indicateur de la qualité des eaux souterraines. Compte tenu des niveaux d'APL observés entre 2015 et 2020, la qualité de l'eau devrait continuer à se détériorer.

8 Bibliographie

Bah B., Vandenberghe C., Colinet G., 2014. *Analyse des résultats du contrôle APL 2013 et évolution depuis 2008 à l'échelle des masses d'eau souterraine de Wallonie*. Dossier GRENeRA **14-05**, 93 p. In Vandenberghe C., De Toffoli M., Bah B., Imbrecht O., Bachelart F., Lambert R., Colinet G., 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, 65 p. + annexes.

Bah B., Vandenberghe C., Colinet G., 2016. *Analyse des résultats du contrôle APL 2015 et évolution depuis 2008 à l'échelle des masses d'eau souterraine de Wallonie*. Dossier GRENeRA **16-06**, 58 p. + annexes. 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. + annexes.

Brouyère, S. Gesels, J. Goderniaux, P. *et al.* (2009a). Caractérisation hydrogéologique et support à la mise en oeuvre de la Directive Européenne 2000/60 sur les masses d'eau souterraine en Région Wallonne (Projet Synclin'EAU) : livrable D.2.22 Rapport de caractérisation de masse d'eau souterraine - partie RWM011. Convention RW et SPGE-Aquapôle, 75 p.

Brouyère, S. Gesels, J. Goderniaux, P. *et al.* (2009b). Caractérisation hydrogéologique et support à la mise en oeuvre de la Directive Européenne 2000/60 sur les masses d'eau souterraine en Région Wallonne (Projet Synclin'EAU) : livrable D.2.22 Rapport de caractérisation de masse d'eau souterraine - partie RWM012. Convention RW et SPGE-Aquapôle, 58 p.

Brouyère, S., Dassargues, A. & Hallet, V. (2004). Migration of contaminants through the unsaturated zone overlying the Hesbaye chalky aquifer in Belgium : a field investigation. *Journal of Contaminant Hydrology*, 72 (2004), 135-164.

Orban, P., Brouyère, S., Batlle-Aguilar, J., Couturier, J., Goderniaux, P., Leroy, M., Maloszewski, P., & Dassargues, A. (2010). Regional transport modelling for nitrate trend assessment and forecasting in a chalk aquifer. *Journal of Contaminant Hydrology*, 118 (2010), 79-93.

SPW-DGARNE (2005). Masse d'eau souterraine RWE160 - Socle du Brabant. Service public de Wallonie, Direction générale « Agriculture, Ressources naturelles & Environnement (DGARNE), 20 p.

SPW-DGARNE (2006). Masse d'eau souterraine RWE030 - Craies de la Haine. Service public de Wallonie, Direction générale « Agriculture, Ressources naturelles & Environnement (DGARNE), 40 p.

SPW-DGARNE, 2010a. *Etat des lieux des eaux souterraines. Guide explicatif des fiches par masse d'eau. Juin 2010. Version 1.20*. Service public de Wallonie (SPW). Direction générale « Agriculture, Ressources naturelles & Environnement (DGARNE). Direction de la Coordination des données. Direction des eaux souterraines. 26 p.

SPW-DGARNE, 2010b. District hydrographique international de l'Escaut : *état des lieux de la masse d'eau RWE051 « Sables du Bruxellien » (Escaut). Juin 2010. Version 9.0.* Service public de Wallonie (SPW). Direction générale « Agriculture, Ressources naturelles & Environnement (DGARNE). Direction de la Coordination des données. Direction des eaux souterraines. 24 p.

SPW-DGO3 (2015). Masse d'eau souterraine RWE013 - Calcaires de Peruwelz-Ath-Soignies. Service public de Wallonie, DGO 3 (DGARNE), 38 p.

SPW-DGO3 (2016). Etat des nappes d'eau souterraine de Wallonie. Edition : Service public de Wallonie, DGO 3 (DGARNE), Belgique. Dépôt légal D/2017/11802/09.

SPW-DGO3-DEE, 2020. *Les indicateurs clés de l'environnement Wallon 2020.* Service public de Wallonie (SPW). Direction générale opérationnelle, Agriculture Ressources naturelles et Environnement (DGO3). Direction de l'Etat de l'Environnement (DEE). 208 p.

Vandenbergh C., Colinet G., Destain J.-P., Marcoen J.M., 2013a. Mise en oeuvre de la révision du Programme d'action lié à la Directive Nitrates. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 17 (S1), 161-163.

Vandenbergh C., Colinet G., Destain J.-P., Marcoen J.M. (Eds), 2013b. 2ème Atelier Nitrate - Eau. Évaluation du Programme de Gestion durable de l'Azote. Gembloux, Belgique : Presses Agronomiques de Gembloux.

Vandenbergh C., De Toffoli M., Bachelart F., Imbrecht O., Lambert R., Colinet G., 2020. *Survey Surfaces Agricoles. Etablissement des références APL 2020.* Dossier GRENeRA 20-03, 28 p. In Vandenbergh C., De Toffoli M., Durenne B., Bachelart F., Imbrecht O., Lefébure K., Williscotte F., Hawotte F., Weickmans B., Huyghebaert B., Lambert R., Colinet G., 2021. *Programme de gestion durable de l'azote en agriculture wallonne et volet eau du programme wallon de réduction des pesticides – Rapport d'activités final 2020 des membres scientifiques de la Structure d'encadrement PROTECT'eau.* Université catholique de Louvain, Centre wallon de Recherches agronomiques et Université de Liège - Gembloux Agro-Bio Tech.