

Regard sur les mesures de reliquat azoté dans les buttes de pomme de terre en cours de végétation



Ce document doit être cité de la manière suivante :

Vandenberghe C., De Toffoli M., Dos Santos D., Khalidi M., 2023. Regard sur les mesures de reliquat azoté dans les buttes de pomme de terre en cours de végétation. **Dossier GRENeRA 23-07**. 14 p. In Vandenberghe C.¹, De Toffoli M.², Durenne B.³, Bachelart F.¹, Houtart A.¹, Imbrecht O.², Lefébure K.¹, Bergiers G.³, Huyghebaert B.³, Lambert R.², Colinet G.¹, 2024. *Programme de gestion durable de l'azote en agriculture wallonne et volet eau du programme wallon de réduction des pesticides – Rapport d'activités final 2023 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.

Table des matières

1. INTRODUCTION ET OBJECTIFS	2
2. DESCRIPTION DES SITES D'OBSERVATIONS.....	5
2.1. OBSERVATOIRES GRENeRA	5
2.2. OBSERVATOIRES UCLouvain.....	5
2.3. OBSERVATOIRE PROTECT'EAU.....	5
3. RÉSULTATS.....	6
4. RÉSULTATS UCLouvain	10
4.1. EXPÉRIMENTATION MARBISOUX 2021	10
4.2. EXPÉRIMENTATION À ERQUELINNES EN 2021	10
4.3. EXPÉRIMENTATION À ERQUELINNES EN 2022	11
4.4. SUIVI D'UNE PARCELLE EN 2023	11
5. RÉSULTATS PROTECT'EAU.....	12
6. DISCUSSION	13

¹ Gembloux Agro-Bio Tech (ULiège) - GRENeRA

² Earth and Life Institute (UCLouvain)

³ Centre wallon de Recherches Agronomiques

1. Introduction et objectifs

La culture de la pomme de terre représente un défi environnemental tant sur les aspects relatifs aux usages de produits phytosanitaires (herbicides, fongicides et insecticides) que sur le volet de l'azote.

Sur ce dernier point, le faible développement racinaire conjugué à une fin de prélèvement (forcée par le défanage) de l'azote début septembre, l'incorporation des fanes (contenant de l'azote) lors de la récolte qui elle-même s'accompagne d'un travail du sol sont autant de facteurs qui expliquent un niveau relativement élevé de l'APL en début de période de lixiviation, comme l'illustre la figure 1.

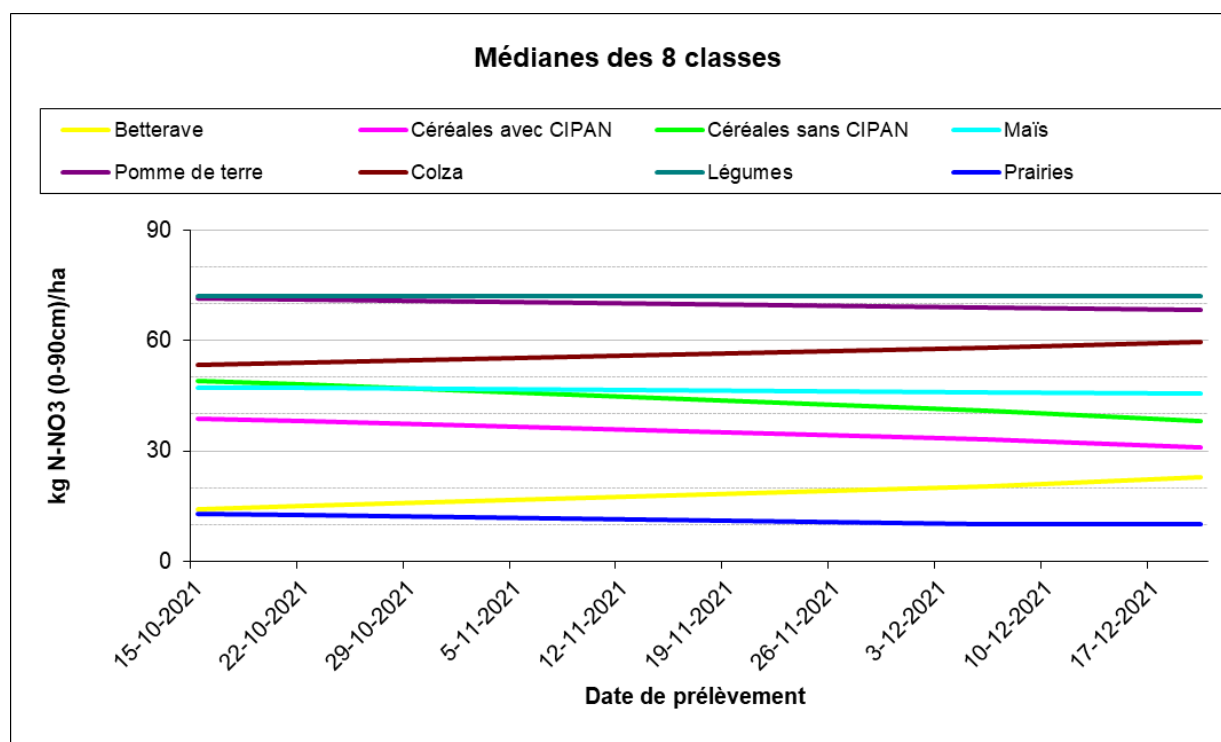


Figure 1. Références APL 2021.

Cette culture, compte tenu de sa rentabilité, occupe de plus en plus de place dans notre paysage (en 2021, 40.362 ha soit 7,6 % de la SAU en zone vulnérable).

L'absorption d'azote par la culture se fait essentiellement entre le 20^{ème} et le 60^{ème} jour après émergence des feuilles (figure 2)⁴. Dans le cadre d'un pilotage de la fertilisation, il est dès lors encore possible d'ajuster la dose d'engrais au cours de cette période sur base d'observations réalisées à la parcelle.

⁴ <https://inagro.be/teelt-en-dier/akkerbouw/aardappelen/bemesting-van-aardappelen/aardappelen-de-rij-bemesten-en> (consulté le 21 mai 2024)

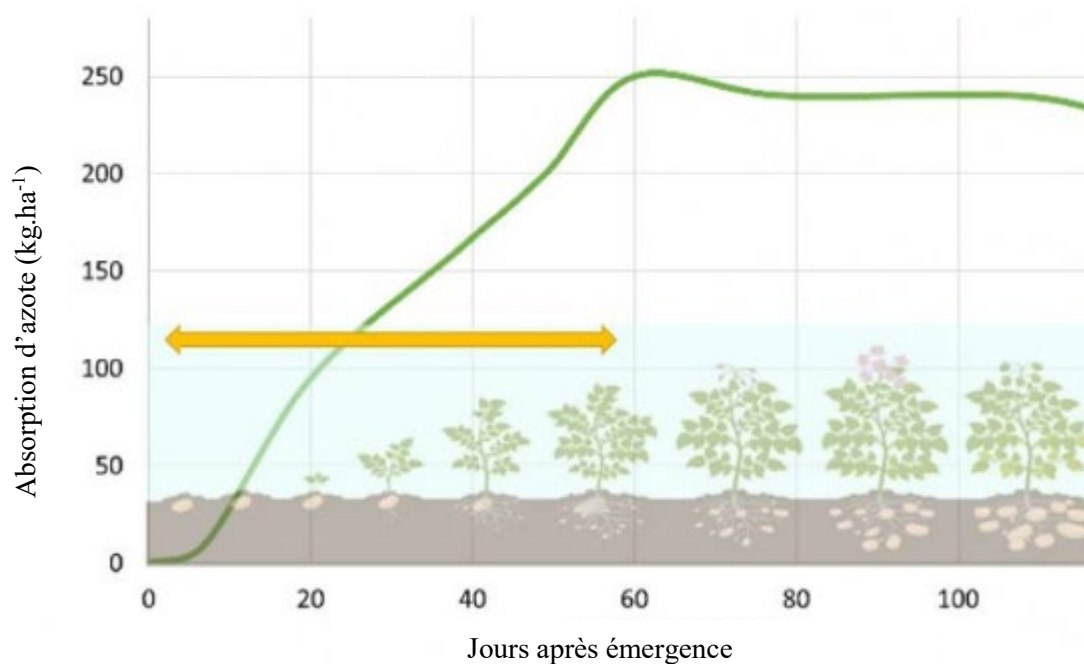


Figure 2. Absorption d'azote (%) en fonction du stade de développement de la culture (d'après Inagro, 2023).

Ce pilotage peut se faire via la méthode du bilan (avec une mesure de reliquat azoté en sortie d'hiver) éventuellement complétée en cours de végétation par un suivi au chlorophyllomètre qui permet de déceler une éventuelle carence initialement induite par une sous fertilisation. Le recours au chlorophyllomètre implique cependant de réserver une surface de quelques ares non fertilisée. Par défaut d'anticipation ou par contraintes (apport d'azote sous forme solide peu propice à une « fenêtre zéro azote », apport d'une partie de la fertilisation dans la solution de désherbage, après plantation), l'usage du chlorophyllomètre n'est pas possible dans toutes les situations.

Une alternative étudiée consiste à mesurer le reliquat azoté dans la butte de pomme de terre en juin et, en fonction du résultat, le cas échéant conseiller des apports fractionnés lors de traitements fongicides.

Dans cet objectif, depuis 2009, GRENeRA effectue sporadiquement des mesures de reliquat azoté dans les buttes de parcelles de pomme de terre d'exploitations du Survey Surfaces Agricoles (SSA) encadrées par GRENeRA (figure 3).

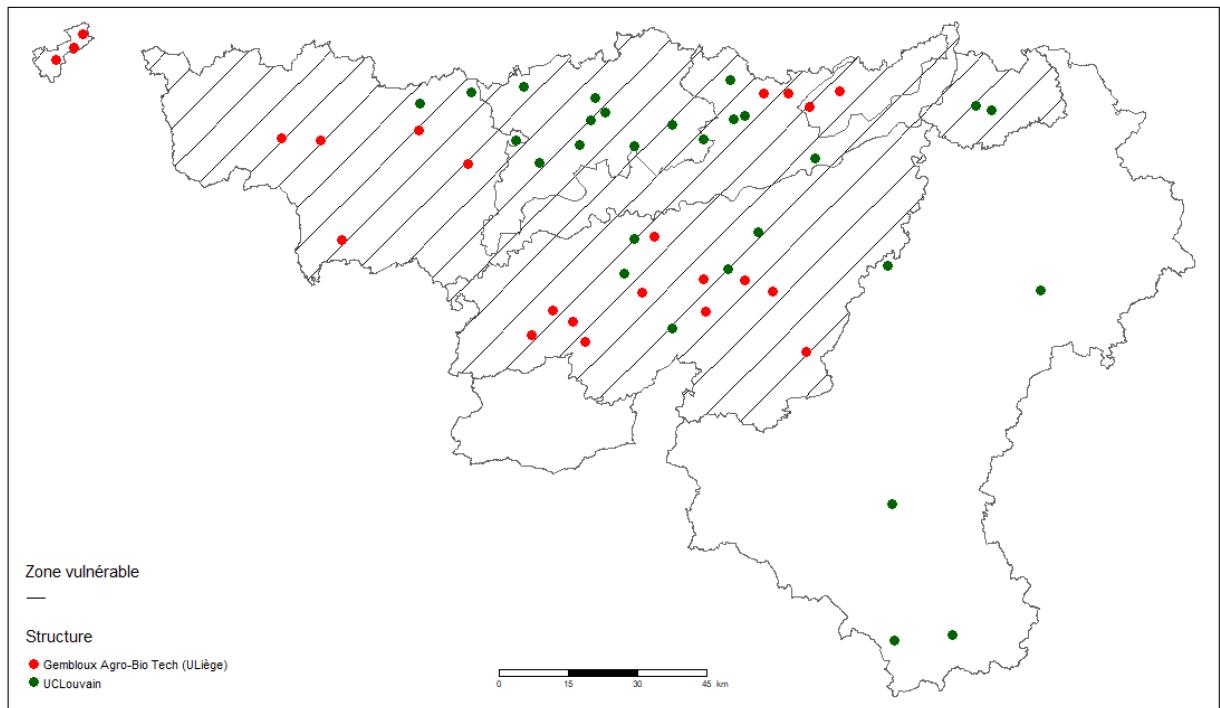


Figure 3. Localisation des exploitations agricoles de référence.

Par ailleurs, des suivis similaires ont également été réalisés lors d'expérimentations en dose croissante d'azote, dédiées à la pomme de terre.

L'objectif de cette note est de réaliser une synthèse des observations réalisées pour pouvoir avancer quelques valeurs guides en termes de reliquat azoté.

2. Description des sites d'observations

2.1. Observatoires GRENeRA

En 2009, un suivi au chlorophyllomètre a été mené dans deux parcelles du SSA situées en Hesbaye et un suivi de l'azote nitrique dans la butte a été organisé dans cinq parcelles du SSA situées dans le Hainaut⁵.

En 2010, un suivi de l'azote nitrique dans la butte a été organisé dans deux parcelles du SSA situées dans le Hainaut.

En 2012, un suivi de l'azote nitrique dans la butte a été mené dans trois parcelles du SSA situées dans le Hainaut.

En 2013, un suivi de l'azote nitrique dans la butte a été organisé lors d'une expérimentation en dose croissante d'azote dans une parcelle du SSA située dans le Hainaut⁶.

En 2021 et 2022, un suivi de l'azote nitrique dans la butte a été réalisé lors d'une expérimentation en dose croissante d'azote dans une parcelle située en Hesbaye. Par ailleurs, un suivi a également été réalisé dans quinze parcelles du SSA situées en Hainaut, Hesbaye ou Condroz.

Au total, 25 parcelles du SSA ont fait l'objet d'une mesure de reliquat azoté dans la butte et deux expérimentations mettant en jeu respectivement six et sept objets de fertilisation ont également été mises à profit pour mesurer à une ou deux reprises le reliquat azoté dans la butte.

Les échantillonnages ont toujours été réalisés à partir du sommet de la butte par la prise d'une quinzaine de carottes de sol jusqu'à 60 cm, en deux couches de 30 cm.

Ces échantillonnages ont été réalisés fin mai – début juin et/ou fin juin - début juillet.

En 2023, un suivi de l'azote nitrique a été réalisé dans dix parcelles de fermes de référence suivies par GRENeRA ainsi que dans six objets (en quatre répétitions) d'une expérimentation en dose croissante de fertilisation.

2.2. Observatoires UCLouvain

En 2021, deux expérimentations ont été menées (Marbisoux et Erquelines) en vue d'évaluer l'efficacité d'un apport de digestat (réalisé lors de l'été ou du printemps qui précède la plantation).

En 2022, une expérimentation similaire a été reconduite à Erquelines.

En 2023, un suivi a été réalisé dans une parcelle d'une exploitation de référence encadrée par l'UCLouvain.

2.3. Observatoire PROTECT'eau

Entre 2020 et 2022, le centre d'action ouest de PROTECT'eau a fait mesurer le reliquat azoté dans des buttes et l'APL dans 12 parcelles qui ont préalablement fait l'objet d'un conseil de fertilisation.

Toutes ces parcelles ont fait l'objet d'une mesure dans la butte dans une configuration « 70% du conseil ferti ».

En 2023, un suivi (mené par GRENeRA avec l'aide de PROTECT'eau) a été réalisé dans deux parcelles de deux exploitations encadrées par PROTECT'eau (centre d'action de Marquain).

⁵ https://www.gembloux.ulg.ac.be/gp/grenera/Bibliotheque/PROTECTeau/2009/DG09-09_chlorophyll_butttes.pdf

⁶ https://www.gembloux.ulg.ac.be/gp/grenera/Bibliotheque/PROTECTeau/2013/DG13-07_Essai_ferti_pdt.pdf

3. Résultats

Le tableau 1 illustre les résultats du suivi réalisé lors de l'expérimentation menée en 2013 dans une parcelle du SSA. Le rendement moyen de cette expérimentation est de 58 t/ha.

Tableau 1. Résultats dans l'expérimentation de 2013

Fertilisation (kg N/ha)	Reliquat azoté 26 juin (kg N-NO ₃ /ha)	Reliquat azoté 4 septembre (kg N-NO ₃ /ha)	APL octobre (kg N-NO ₃ /ha)	Qualification
0	103		56	Bon
120 (~conseil)	164	42	63	Bon
170	129	52	66	Bon

Le tableau 2 illustre les résultats du suivi réalisé lors de l'expérimentation menée en 2021 au cours de laquelle la fertilisation dans la butte a été comparée à une fertilisation 'traditionnelle' en généralisé. Le rendement moyen de cette expérimentation est de 50 t/ha (variété Fontane).

Tableau 2. Résultats dans l'expérimentation de 2021

Fertilisation (kg N/ha)	Mode d'application de l'engrais	Reliquat azoté le 1 ^{er} juillet (kg N-NO ₃ /ha)	Pré récolte le 28 septembre (kg N-NO ₃ /ha)
108	dans la butte	88	23
144	dans la butte	122	35
180 (~conseil)	dans la butte	197	41
180 (~conseil)	généralisé	195	40
216	dans la butte	231	50

Le tableau 3 illustre les résultats d'une deuxième année d'expérimentation selon le même canevas que celle de 2021. Le rendement moyen de cette expérimentation est de 41 t/ha (variété Challenger).

Tableau 3. Résultats dans l'expérimentation de 2022

Fertilisation (kg N/ha)	Mode d'application de l'engrais	Reliquat azoté le 4 juillet (kg N-NO ₃ /ha)	Pré récolte le 6 octobre (kg N-NO ₃ /ha)	APL (kg N- NO ₃ /ha)	Conformité
105	dans la butte	34	55		
140	dans la butte	70	63	58	Bon
175 (~conseil)	dans la butte	182	140	99	Bon
210	dans la butte	273	214		
105	généralisé	16	46		
140	généralisé	26	79	85	Bon
175 (~conseil)	généralisé	61	112	64	Bon
210	généralisé	91	117		

Le tableau 4 illustre les résultats de suivis réalisés dans les parcelles du SSA.

Dans les parcelles du Survey (tableau 4), les résultats observés entre 2009 et 2012 sont assez lisibles. Fin juin, une valeur située au-delà de 300 kg N-NO₃/ha est souvent non-conforme en octobre et une valeur inférieure à 250 kg N-NO₃/ha est souvent qualifiée de bonne en octobre.

Les résultats de 2021 sont nettement moins lisibles. La forte pluviométrie du printemps – été conjuguée à la diversité des parcelles (Hainaut, Condroz, Hesbaye) expliquent peut-être en partie ce constat.

Les trois parcelles *Sco* ont fait l'objet d'un épandage de fumier bovin avant la plantation ; ce qui explique le niveau APL assez élevé (minéralisation de fin de saison).

Les deux parcelles *Mou* ont été très fortement impactées par les pluies de juillet (post échantillonnage) ; ce qui explique le niveau APL assez bas.

Les deux parcelles *Bos* ont fait l'objet d'un complément d'azote (15 kg N/ha fin juillet et 15 kg N/ha début août). Le rendement escompté a été atteint.

L'examen de ces résultats semble indiquer un seuil de l'ordre de 250 kg N-NO₃/ha fin mai-début juin et 200 kg N-NO₃/ha fin-juin - début juillet. Un reliquat supérieur à ce seuil ne suggère à ce stade aucun complément d'engrais azoté.

En 2023, dans l'expérimentation en dose croissante de fertilisation, les observations (figure 4) indiquent des reliquats dans la butte compris entre 144 et 212 kg N-NO₃/ha, en fonction de la fertilisation appliquée. Il y a globalement peu d'effet du mode d'application ; ce qui laisse entendre que l'azote apporté en surface (dans la modalité « apport généralisé ») est concentré dans la butte lors de la plantation (et de la formation de la butte).

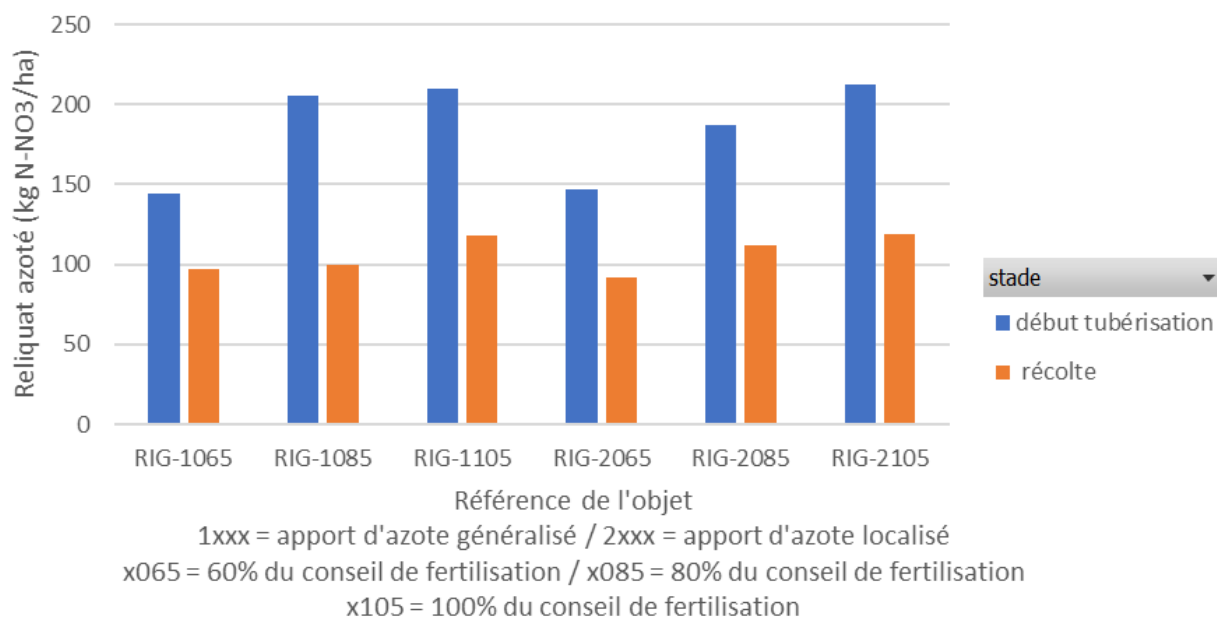


Figure 4. Reliquat azoté dans la butte en début de tubérisation (0-60 cm) et avant la récolte (0-90 cm) dans l'essai en dose croissante de fertilisation.

Tableau 4. Résultats dans les parcelles du SSA

Année	Parcelle	Type de pomme de terre	Reliquat azoté fin mai – début juin	Reliquat azoté début juillet	APL octobre	Qualification	
2009	Triangle	Transf.	292		118	Non conforme	
	Gauche Deprez	Transf.	411		187	Non conforme	
	Coron Maton	Transf.	234		66	Bon	
	Declerc Haut	Transf.	283		100	Satisfaisant	
	Mont d'or (haut)	Transf.	380		107	Limite	
2010	Tourpes	Transf.	288		66	Satisfaisant	
	Droite du Home	Transf.	244		55	Bon	
2012	Pierrois Haut	Transf.	217		63	Bon	
	Pierrois Bas	Transf.	203		77	Bon	
	Carrière Declerc	Transf.	224		92	Satisfaisant	
2021	Sco08	Transf.		136	93	Limite	
	Sco13	Transf.		67	136	Non conforme	
	Bos12	Transf.		38	73	Satisfaisant	
	Mou05	Transf.		201	32	Bon	
	Mou99	Transf.		321	42	Bon	
	Pee50	Transf.		283	105	Non conforme	
	Pee99	Transf.		261	87	Limite	
	Pir98	Transf.		46	84	Limite	
	Sco53	Transf.		132	81	Limite	
	Sen14	Cons.		85	100	Non conforme	
	Bos07	Cons.		29	104	Non conforme	
	Sen13	Cons.		38	45	Bon	
	2022	Bos60			49	118	Satisfaisant
		Bos05			59	122	Limite
Bos19				41	99	Bon	
Pee41		Transf.		163	88	Bon	
Sco10		Transf.		87	102	Bon	
Sco11		Transf.		82	136	Limite	
Sco12		Transf.		82	105	Satisfaisant	
Sco81		Transf.		111	74	Bon	
Sen07				34	37	Bon	
Sen19				33	91	Bon	
Sen31				29			
Sen33			23	104	Satisfaisant		

En rouge : les résultats de reliquat azoté dans la butte qui ont conduit à un APL limite ou non conforme.

En 2023, les 14 parcelles suivies par GRENeRA livrent des reliquats azotés dans la butte en début de tubérisation compris entre 128 et 319 kg N-NO₃/ha (figure 5). Toutes les parcelles ont fait l'objet d'un conseil de fertilisation avant la plantation.

Les parcelles BOS0041, BOS0161, SEN351, PEE0042 et EDU1070 ont reçu 70% du conseil de fertilisation. Aucune de ces parcelles n'a présenté un rendement significativement moindre que celui observé dans la partie « 100% » de ces parcelles.

La parcelle PEE42 a présenté un rendement moindre qu'attendu bien que le reliquat azoté dans la butte soit plutôt élevé lors du défanage et en début de campagne APL. Cette parcelle est la seule qui présente un APL non conforme. Ce constat souligne à nouveau que l'azote n'est qu'une des composantes du rendement.

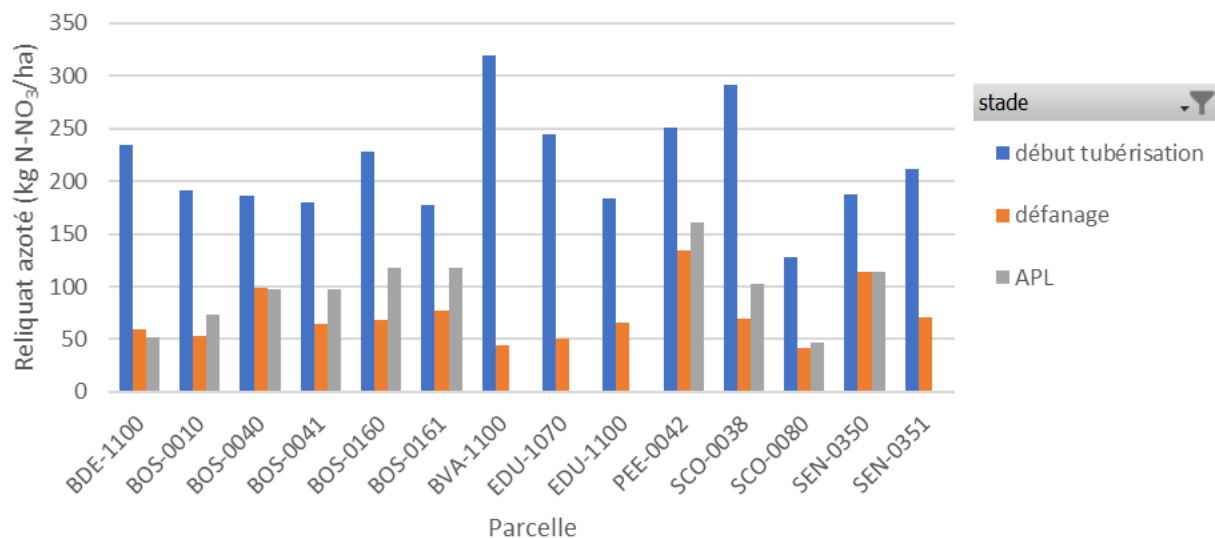


Figure 5. Reliquat azoté dans la butte en début de tubérisation (0-60 cm), avant la récolte et APL (0-90 cm) dans des parcelles d'agriculteurs.

4. Résultats UCLouvain

4.1. Expérimentation Marbisoux 2021

Le tableau 5 illustre les observations réalisées le 10 juin et le 1^{er} juillet dans les buttes de l'objet fertilisé avec de l'azote de synthèse (150 kg Nmin/ha) conformément au conseil de fertilisation. Le rendement moyen de l'essai est de 49 t/ha (var. Fontane).

Tableau 5. Résultats de l'expérimentation de Marbisoux.

Répétition	Reliquat azoté dans la butte le 10 juin	Reliquat azoté dans la butte le 1 ^{er} juillet	APL	Qualification
1	393	104	73	Satisfaisant
2	340	182	82	Limite
3	330	145	104	Non conforme
4	366	128	63	Bon
Moyenne	357	140	81	Limite

Ce tableau indique qu'entre le 10 juin et le 1^{er} juillet, la quantité d'azote a diminué d'au moins 217 kg /ha (« au moins » car il y a également eu un apport d'azote par minéralisation de l'humus du sol). Dans les objets « 0 N », au cours de la même période, le reliquat azoté (moyenne de 4 répétitions) est passé de 153 kg N-NO₃/ha à 29 kg N-NO₃/ha ; soit une diminution de 124 kg N/ha. Une partie de cet azote a été prélevée par les plantes et une partie a été lixiviée vu la pluviométrie abondante (134 litres/m² à Gembloux) entre les deux dates de mesure.

En parcelle de sol nu sans aucune fertilisation et sans butte, le reliquat évolue de la manière suivante, en kg Nmin/ha : **31** (30/03) > **36** (30/04) > **151** (10/06) > **141** (19/07) > **190** (31/08) > **171** (28/10). Ce qui signifie que malgré la lixiviation bien visible entre juin et juillet, le sol a fourni au moins 50 kg N/ha à la culture de PDT, entre les mesures dans les buttes de mi-juin et de fin août.

4.2. Expérimentation à Erquelines en 2021

Le tableau 6 illustre les observations réalisées le 10 juin et le 1^{er} juillet dans les buttes de l'objet fertilisé avec de l'azote de synthèse (180 kg Nmin/ha). Le conseil de fertilisation est de 157 kg Nmin/ha. La mesure de l'APL a été réalisée le 12 octobre. Le rendement moyen de l'essai est de 50 t/ha (var. Fontane).

Tableau 6. Résultats de l'expérimentation d'Erquelines (2021).

Répétition	Reliquat azoté dans la butte le 10 juin	Reliquat azoté dans la butte le 1 ^{er} juillet	APL	Qualification
1	505	207	60	Bon
2	466	122	58	Bon
3	657	305	98	Non conforme
Moyenne	543	212		

Ce tableau indique qu'entre le 10 juin et le 1^{er} juillet, la quantité d'azote a diminué d'au moins 321 kg N/ha (« au moins » car il y a également eu un apport d'azote par minéralisation de l'humus du sol). Dans les objets « 0 N », au cours de la même période, le reliquat azoté (moyenne de 4 répétitions) est passé de

192 kg N-NO₃⁻/ha à 15 kg N-NO₃⁻/ha ; soit une diminution de 177 kg N/ha. Une partie de cet azote a été prélevée par les plantes et une partie a été lixiviée vu la pluviométrie abondante (134 litres/m² à Gembloux) entre les deux dates de mesure.

En parcelle de sol nu sans aucune fertilisation et sans butte, le reliquat évolue de la manière suivante, en kg Nmin/ha : **36** (6/05) > **205** (10/06) > **122** (19/07) > **121** (1/09). On observe une forte lixiviation entre juin et juillet, la quantité lixiviée après le 20/07 semble du même ordre que celle minéralisée dans le profil en parcelle de sol nu (plus d'évolution du reliquat).

4.3. Expérimentation à Erquelinnes en 2022

Le tableau 7 illustre les observations réalisées le 21 juin dans les buttes de l'objet fertilisé avec de l'azote de synthèse (180 kg Nmin/ha). Le reliquat post récolte a été mesuré le 6 octobre. Le rendement moyen de l'essai est de 42.4 t/ha (var. Fontane).

Tableau 7. Résultats de l'expérimentation d'Erquelinnes (2022).

Reliquat azoté moyen dans la butte	Post récolte moyen	Qualification
295	183	Non conforme

Le 21 avril, le reliquat azoté dans le sol (0-60 cm) est de 43 kg N-NO₃⁻/ha (moyenne de trois répétitions). Le 21 juin, le reliquat azoté (0-60 cm) est de 81 kg N-NO₃⁻/ha sur sol nu (sans butte) et de 27 kg N-NO₃⁻/ha dans la butte, sans apport azoté.

La pluviométrie au cours de cette période est de 90 mm (à proximité du site), soit la moitié d'une pluviométrie 'normale'. On peut donc considérer qu'il n'y a pas eu de lixiviation d'azote.

En conséquence, entre le 21 avril et le 21 juin, le sol a minéralisé 38 kg N-NO₃⁻/ha (81-43) et la pomme de terre a prélevé 92 kg N/ha (81-27+38).

En parcelle de sol nu sans aucune fertilisation et sans butte, le reliquat évolue de la manière suivante, en kg N-NO₃⁻/ha (sur 60 cm) : **43** (21/04) > **81** (21/06) > **115** (28/07) > **192** (30/08). En absence de lixiviation, l'évolution du reliquat en parcelle de sol nu après le 21 juin montre une minéralisation estivale de 111 kg N/ha sur 60 cm.

4.4. Suivi d'une parcelle en 2023

En 2023, une parcelle (BDE1100) d'une ferme de référence suivie par l'UCLouvain a été suivie. Par souci d'efficacité, les résultats de cette parcelle ont été intégrés dans la figure 5.

5. Résultats PROTECT'eau

Le tableau 8 illustre les résultats des observations menées par PROTECT'eau.

Tableau 8. Résultats des observations menées par PROTECT'eau

Année	Parcelle	Reliquat azoté fin mai	Reliquat azoté début juin	APL	Qualification
2020	Bienfait	247		26	Bon
	Bon pass	320		146	Non conforme
	Courrier	386		145	Non conforme
	Minon	174		112	Limite
2021	Bienfait		212	62	Satisfaisant
	Naveau		254	39	Bon
	Bon pass		159	46	Bon
2022	Enfourque		120	90 (0-60)	Bon
	Bolard		167	138 (0-30)	Non conforme
	Blondeau		137	113 (0-60)	Limite
	A tout vent		179	78 (0-30)	Limite

Les valeurs entre parenthèses renseignent la profondeur d'échantillonnage si celle-ci est inférieure à 90 cm.

En 2020, 70% du conseil de fertilisation a été appliqué avant la mesure du reliquat azoté dans la butte. Le complément de 30% a été ajouté sur la parcelle Minon. Contrairement aux trois autres parcelles, la parcelle Minon a bénéficié d'un apport de fumier de 40 t/ha de fumier lors de l'été qui a précédé.

Les mesures d'APL ont été réalisées mi-décembre.

En 2021 et 2022, 70% du conseil de fertilisation a été appliqué avant la mesure du reliquat azoté dans la butte. Le complément de 30% a été ajouté sur toutes les parcelles.

En 2023, trois parcelles d'agriculteurs (EDU et BVA) suivis par PROTECT'eau ont fait l'objet d'un suivi du reliquat azoté dans la butte. Par souci d'efficacité, les résultats ont été présentés à la figure 5.

6. Discussion

Les figures suivantes illustrent la distribution des observations dans les buttes en fonction de la période d'échantillonnage et de la conformité de l'APL.

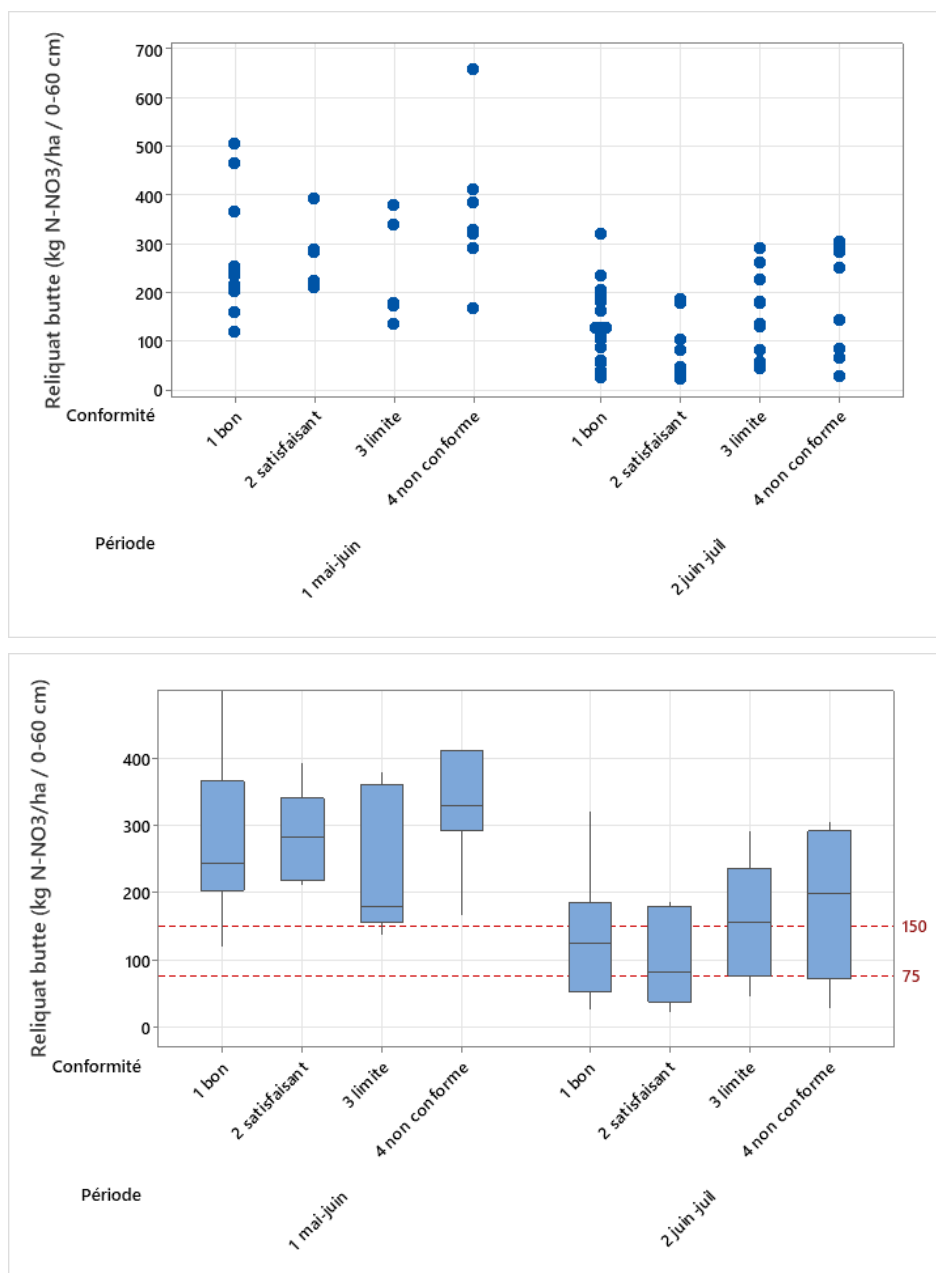


Figure 6. Qualification de l'APL en fonction du reliquat azoté dans la butte.

Mesuré en fin mai-début juin (soit 15-20 jours après émergence), un reliquat azoté supérieur à 300 kg N-NO₃/ha indique qu'il ne faut réaliser aucun complément de fertilisation car le risque de non-conformité est important.

Mesuré fin juin-début juillet (soit 40-45 jours après émergence, ce qui correspond plus ou moins à la fermeture des lignes par le feuillage), un reliquat azoté supérieur à 150 kg N-NO₃/ha indique qu'il ne faut réaliser aucun complément de fertilisation car le risque de non-conformité est important. Toujours à cette période, un reliquat inférieur à 75 kg N-NO₃/ha est rare. Dans ce cas de figure, il convient sans doute de compléter modérément la fertilisation.

Entre la fin mai et la fin aout, UCLouvain a suivi le reliquat azoté en sol nu, sans végétation afin d'évaluer la fourniture d'azote par le sol via minéralisation de la matière organique. Cette fourniture était de 50 kg N/ha en 2021 (pluviométrie importante en juin ayant provoqué une lixiviation du nitrate) et plus de 100 kg N/ha en 2022. Un stock de 150 kg N-NO₃/ha à la fin juin est donc suffisant pour rencontrer les besoins de la culture.

Il est recommandé d'effectuer la mesure dans la butte entre 25 et 35 jours après l'émergence par le prélèvement d'un échantillon composite de quinze carottes entre les plants et au sommet de la butte, jusqu'à une profondeur de 60 cm.