

# Evaluation de l'impact d'une fertilisation azotée localisée dans la butte pour la pomme de terre



Ce document doit être cité de la manière suivante :

Vandenberghe C., Lefébure K., Bachelart F., Colinet G., 2022 *Veille et partenariat scientifique*. Dossier GRENeRA **22-02**, 12 p. In De Toffoli M.<sup>[1]</sup>, Vandenberghe C.<sup>[2]</sup>, Durenne B.<sup>[3]</sup>, Imbrecht O.<sup>1</sup>, Bourmanne C.<sup>1</sup>, Bachelart F.<sup>2</sup>, Lefébure K.<sup>2</sup>, Williscombe F.<sup>3</sup>, Bergiers G.<sup>3</sup>, Weickmans B.<sup>3</sup>, Huyghebaert B.<sup>3</sup>, Colinet G.<sup>2</sup>, Lambert R.<sup>1</sup>, 2023. *Programme de gestion durable de l'azote en agriculture wallonne et volet eau du programme wallon de réduction des pesticides – Rapport d'activités final 2022 des membres scientifiques de la Structure d'encadrement PROTECT'eau*. Centre wallon de Recherches agronomiques, Université de Liège - Gembloux Agro-Bio Tech et Université catholique de Louvain.

---

<sup>[1]</sup> Earth and Life Institute (UCLouvain)

<sup>[2]</sup> Gembloux Agro-Bio Tech (ULiège)

<sup>[3]</sup> Centre wallon de Recherches agronomiques (CRA-W)

---

## **Table des matières**

<b>1. INTRODUCTION.....</b>	<b>3</b>
<b>2. MATERIEL ET METHODE.....</b>	<b>4</b>
2.1. PROTOCOLE EXPERIMENTAL .....	4
2.2. PLANTATION .....	5
2.3. ECHANTILLONNAGES DE SOL .....	5
2.4. EVALUATION DE LA PRODUCTION.....	6
<b>3. RESULTATS.....</b>	<b>7</b>
3.1. ECHANTILLONNAGES DE SOL AVANT LA PLANTATION .....	7
3.2. CONSEILS DE FERTILISATION .....	7
3.3. ECHANTILLONNAGES DE SOL AVANT LA FERMETURE DES LIGNES .....	7
3.4. ECHANTILLONNAGES DE SOL A LA RECOLTE .....	8
3.5. ECHANTILLONNAGES DE SOL EN DECEMBRE .....	9
3.6. EVALUATION DU RENDEMENT .....	9
3.7. EVALUATION DE LA QUALITE DE LA PRODUCTION .....	10
3.7.1. <i>Poids sous eau</i> .....	10
3.7.2. <i>Crevasses et cœurs creux</i> .....	11
<b>4. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES.....</b>	<b>12</b>

# 1. Introduction

La pomme de terre occupe près de 10 % de la superficie arable en région wallonne ; soit une peu plus de 40.000 ha. Elle se cultive essentiellement en région limoneuse ou sablo-limoneuse.

Les mesures de reliquat azoté dans le sol effectuées en début de période de lixiviation (APL) indiquent des teneurs relativement élevées par rapport à la plupart des autres cultures (tableau 1).

**Tableau 1. APL moyen par classe de culture (source : contrôle APL SPW annuel).**

		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
A1	Effectif	57	34	68	142	75	80	93	90	125	144	132	155
	Moyenne	27	39	31	38	19	23	22	28	24	30	36	37
	Conformité [%]	91	76	90	74	95	88	85	87	82	81	73	69
A2	Effectif	166	122	174	229	259	526	521	447	468	435	409	508
	Moyenne	55	33	46	34	46	38	45	35	48	35	45	52
	Conformité [%]	55	71	78	76	81	76	76	72	69	76	74	75
A3	Effectif	140	100	184	291	291	289	298	225	213	173	189	206
	Moyenne	69	69	58	69	67	50	54	62	76	71	79	73
	Conformité [%]	65	62	68	74	77	84	75	73	76	68	83	76
A4	Effectif	245	82	192	261	366	409	350	314	283	292	287	317
	Moyenne	67	56	97	129	65	64	68	74	39	98	116	98
	Conformité [%]	64	86	58	51	73	70	74	72	84	68	62	60
A5	Effectif	59	23	64	127	102	119	140	122	94	139	164	140
	Moyenne	91	90	71	108	82	84	84	91	85	114	176	141
	Conformité [%]	80	78	80	87	83	74	68	64	81	65	67	51
A6	Effectif	13	3	19	44	23	50	58	34	35	41	28	21
	Moyenne	77	68	73	70	76	73	62	62	86	76	83	82
	Conformité [%]	85	67	68	86	96	84	88	88	83	74	86	52
A7	Effectif	8	10	21	24	8	35	40	40	59	41	34	40
	Moyenne	98	120	93	116	75	78	82	93	75	89	115	96
	Conformité [%]	75	73	81	50	88	66	80	60	77	71	54	78
A8	Effectif	53	202	90	111	103	225	259	183	152	128	142	175
	Moyenne	15	17	23	22	10	13	10	11	13	13	28	13
	Conformité [%]	96	97	92	90	98	97	99	99	96	97	89	97

**Légende : A1 = betterave ; A2 = céréales suivies d'une culture de printemps ; A3 = céréales suivies d'une culture d'hiver et chicorée ; A4 = maïs ; A5 = pommes de terre ; A6 = colza ; A7 = légumes ; A8 = prairies.**

Actuellement, la fertilisation minérale est apportée en majeure partie, en 'généralisé' avant les travaux de plantation ; de sorte que l'azote est distribué de façon homogène dans le sol ; c'est-à-dire, dans la butte mais également dans l'inter-butte.

L'objectif de l'expérimentation est d'évaluer le potentiel agronomique et l'intérêt environnemental d'une fertilisation 'à la ligne' lors de la plantation. Le volet agronomique porte sur l'atteinte (ou pas) d'un optimum de production équivalent à une pratique en fertilisation 'généralisée'. Le volet environnemental porte sur la réduction possible (ou pas) de la fertilisation avec cet objectif de production optimale.

L'analyse est réalisée par le biais d'une mesure de reliquat azoté dans le sol à la récolte.

---

## 2. Matériel et méthode

---

### 2.1. Protocole expérimental

L'expérimentation a été menée à proximité de Boneffe, sur une parcelle exploitée par Monsieur François R..

Précédent agricole

- 2021 : froment
- 2020 : chicorée
- 2019 : froment

#### Figure 1. Localisation de la parcelle expérimentale

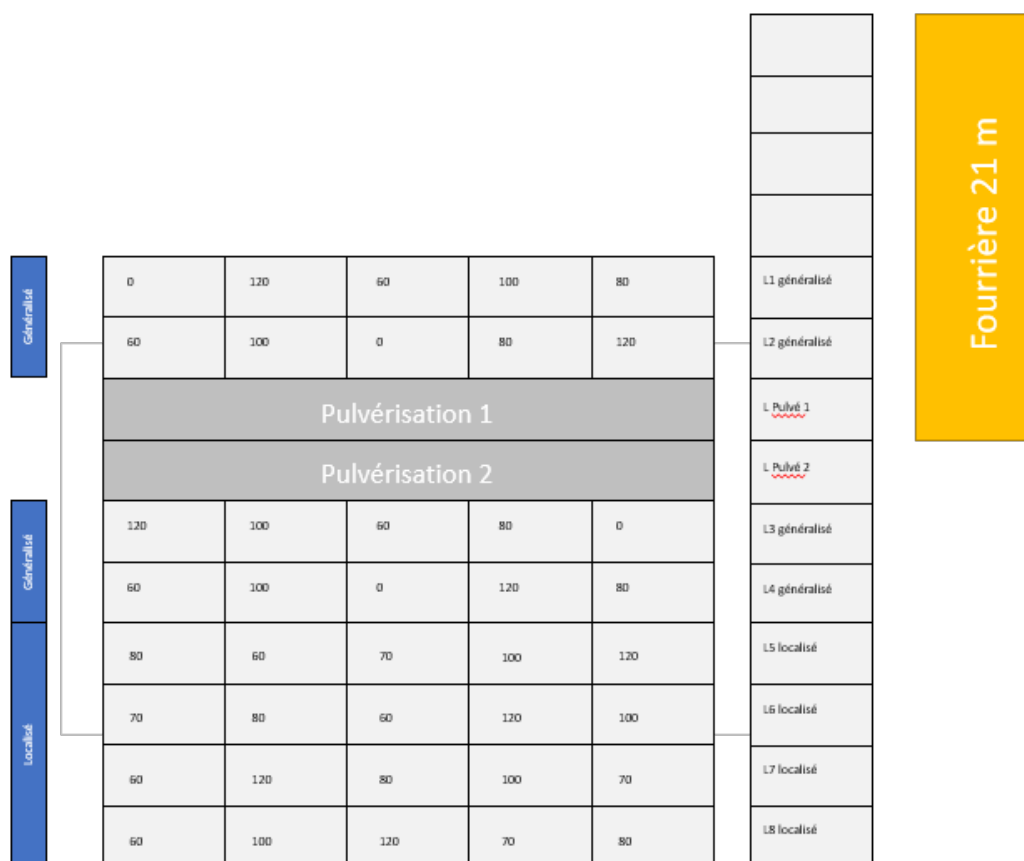
Les objets testés sont :

1. En localisé :
  - 0 % de la dose conseil
  - 60 % de la dose conseil
  - 80% de la dose conseil
  - 100% de la dose conseil
  - 120 % de la dose conseil
2. En généralisé :
  - 60 % de la dose conseil
  - 70 % de la dose conseil
  - 80% de la dose conseil
  - 100% de la dose conseil
  - 120 % de la dose conseil

L'expérimentation a été menée en quatre répétitions.

Afin de faciliter la mise en place du protocole, les quatre répétitions ont été disposées sur quatre lignes (de quatre buttes) de plantation. Les cinq objets ont ainsi été mis en place sur chaque ligne mais dans un ordre différent de ligne en ligne (figure 2). La longueur d'un objet est d'au minimum une dizaine de mètres. Une zone tampon de quelques mètres a été placée entre chaque objet de manière à permettre au chauffeur de modifier le réglage du débit d'azote sans arrêter le chantier de plantation.

Un piquetage (physique et RTK) a été réalisé simultanément à la plantation pour délimiter les zones 'objet' et les zones 'tampon'.



**Figure 2. Localisation des objets et répétitions**

La partie ‘en généralisé’ a fait l’objet d’un apport préalable (entre l’opération de travail du sol et l’opération de plantation) d’azote sous forme de granulées N27 (27% d’azote) par GRENeRA. Cette zone, d’une largeur de trois mètres et d’une longueur équivalente à la longueur des lignes précédentes a jouté la zone d’expérimentation ‘en localisé’ ; les deux zones étant situées sur une partie la plus homogène possible de la parcelle d’un point de vue pédologique.

## 2.2. Plantation

La plantation (Challenger) a eu lieu le 21 avril 2022.

Les buttes sont espacées latéralement de 75 cm. Les plants sont disposés à 20 cm de profondeur avec un écartement de 33 cm.

## 2.3. Echantillonnages de sol

Des échantillons de sol ont été prélevés :

- début avril pour le conseil de fertilisation
- en juillet, dans la butte pour chaque objet
- post récolte, dans tous les objets

## 2.4. Evaluation de la production

Dans chaque objet, les pommes de terre ont été récoltées manuellement : quatre plantes/ligne sur les deux lignes centrales de plantation.

Ces tubercules ont été dénombrés, pesées et calibrées ; le poids sous eau et la matière sèche de chaque échantillon a été mesuré.

## 3. Résultats

### 3.1. Echantillonnages de sol avant la plantation

Un échantillonnage a été réalisé en mars 2022 par l'OPA. L'analyse a révélé 18 et 14 kg N-NO<sub>3</sub>/ha respectivement dans les couches 0-30 cm et 30-60 cm. La teneur en carbone de cet échantillon est de 1% et le pH KCl est de 7,1.

### 3.2. Conseils de fertilisation

Sur base des résultats d'analyse, le conseil de fertilisation proposé par le module Ferti du PROTECT'eau est de 175 kg N/ha avec les paramètres suivants :

- céréale paille enlevée
- fréquence d'apport de matières organiques : 3 à 5 ans
- taux d'humus : moins de 1,8
- CIPAN moutarde avec production normale

L'objet 100 % correspond à un apport de 180 kg N/ha.

### 3.3. Echantillonnages de sol avant la fermeture des lignes

Des échantillons de sol ont été prélevés le 4 juillet 2022 pour évaluer le stock d'azote nitrique en début de phase de tubérisation. La figure 3 illustre les résultats des mesures effectuées.

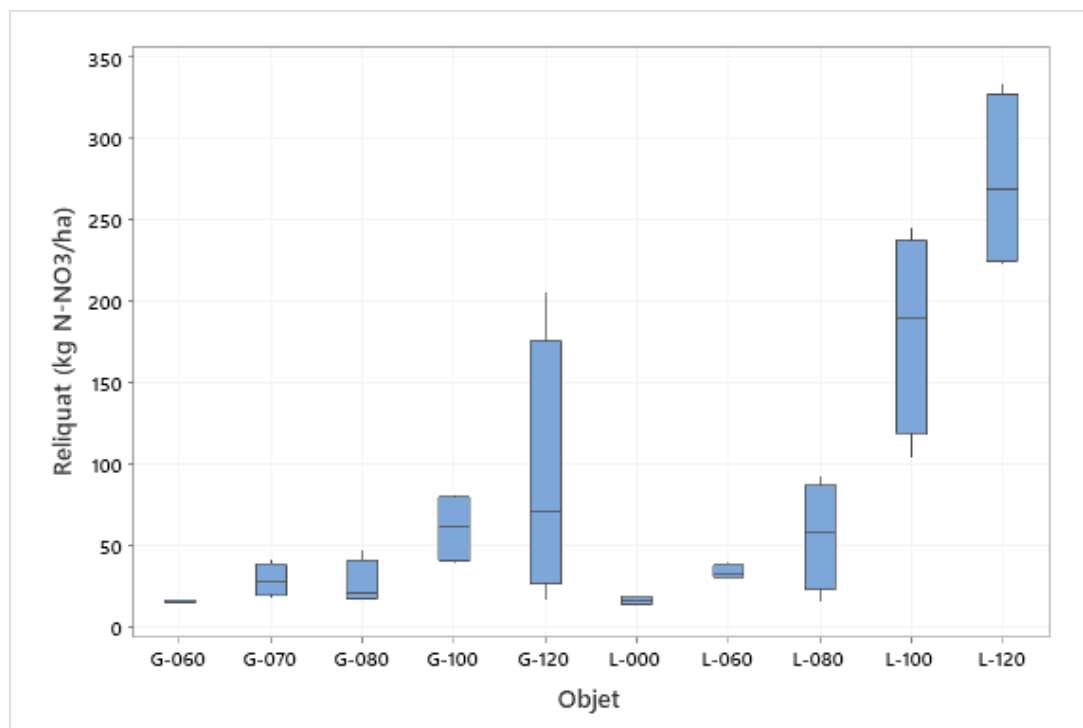


Figure 3. Reliquat azoté dans les buttes de pomme de terre (4 juillet 2022).

Un test d'égalité de variances indique que celles-ci ne sont pas égales (Levene, Pvalue = 0,002).



Un test de comparaison de moyennes (Tukey) révèle des groupements possibles pour les objets en fertilisation localisée (tableau 2) et aucun groupement pour les objets en fertilisation généralisée (tableau 3). Dans ce dernier cas, le constat est expliqué par une grande variabilité des observations dans l'objet G-120 (figure 3)

**Tableau 2. Groupements des résultats de reliquat dans les buttes pour les objets en fertilisation localisée (Test de Tukey).**

<b>Objet</b>	<b>N</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Groupement</b>
L-120	4	273,2	A
L-100	4	181,9	B
L-080	4	56,0	C
L-060	4	33,87	C
L-000	4	16,31	C

*Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes.*

**Tableau 3. Groupements des résultats de reliquat dans les buttes pour les objets en fertilisation généralisée (Test de Tukey).**

<b>Objet</b>	<b>N</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Groupement</b>
G-120	4	91,0	A
G-100	4	60,9	A
G-070	4	28,79	A
G-080	4	26,44	A
L-000	4	16,31	A
G-060	4	15,705	A

*Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes.*

### 3.4. Echantillonnages de sol à la récolte

Des échantillons de sol ont été prélevés le 6 octobre dans les buttes de pomme de terre, peu avant la récolte. La figure 4 illustre la distribution des résultats en fonction du mode d'application de la fertilisation (Généralisé ou Localisé dans la butte) et de la quantité de fertilisant (exprimée en % du conseil de fertilisation).

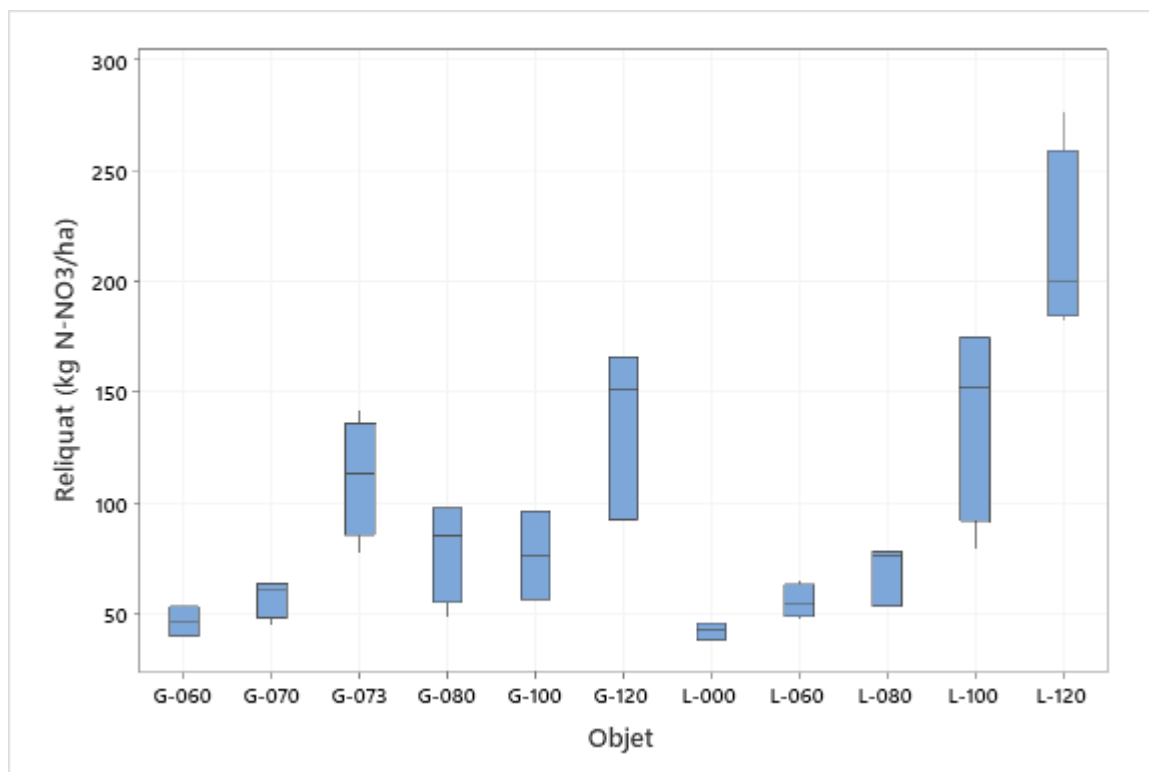
On observe logiquement une augmentation du reliquat azoté en fonction de la dose d'azote apportée.

L'objet G-073 correspond à une fertilisation initiale de 70% de la dose 'conseil' complétée le 30 juin par un apport des 30% restant, suite au suivi au chlorophyllomètre réalisé sur la parcelle. Les conditions de sécheresse observées au cours de l'été n'ont clairement pas permis à la pomme de terre de consommer cette seconde fraction de fertilisant.

L'objet G-120 montre un net décrochage avec l'objet G-100 (significativement différent au test de Tukey – comparaison deux à deux).

En fertilisation localisée, les objets L-120, L-100 et L-080 sont significativement différents deux à deux (test de Tukey).

**Tableau 4. Groupements des résultats de reliquat dans les buttes peu avant la récolte (Test de Tukey).**



**Figure 4. Reliquat azoté dans les buttes de pomme de terre (6 octobre 2022).**

### 3.5. Echantillonnages de sol en décembre

Une mesure d’APL (composite des quatre répétitions) a été réalisée le 12 décembre 2022 pour les objets L080, L100, G080 et G100. Tous les résultats sont compris entre 60 et 100 kg N-NO<sub>3</sub>/ha et qualifiés de bon (c’est-à-dire inférieurs à 112 kg N-NO<sub>3</sub>/ha, la référence APL à cette date).

### 3.6. Evaluation du rendement

La figure 5 illustre l’impact de la fertilisation et de son mode d’application sur le rendement.

Une comparaison des deux modes d’application (uniquement pour les objets 60, 80, 100 et 120) révèle une différence hautement significative (Pvalue = 0,000) de rendement entre l’application d’engrais en généralisé et l’application d’engrais en localisé : le rendement moyen de ce second mode d’application est significativement plus élevé (tableau 5).

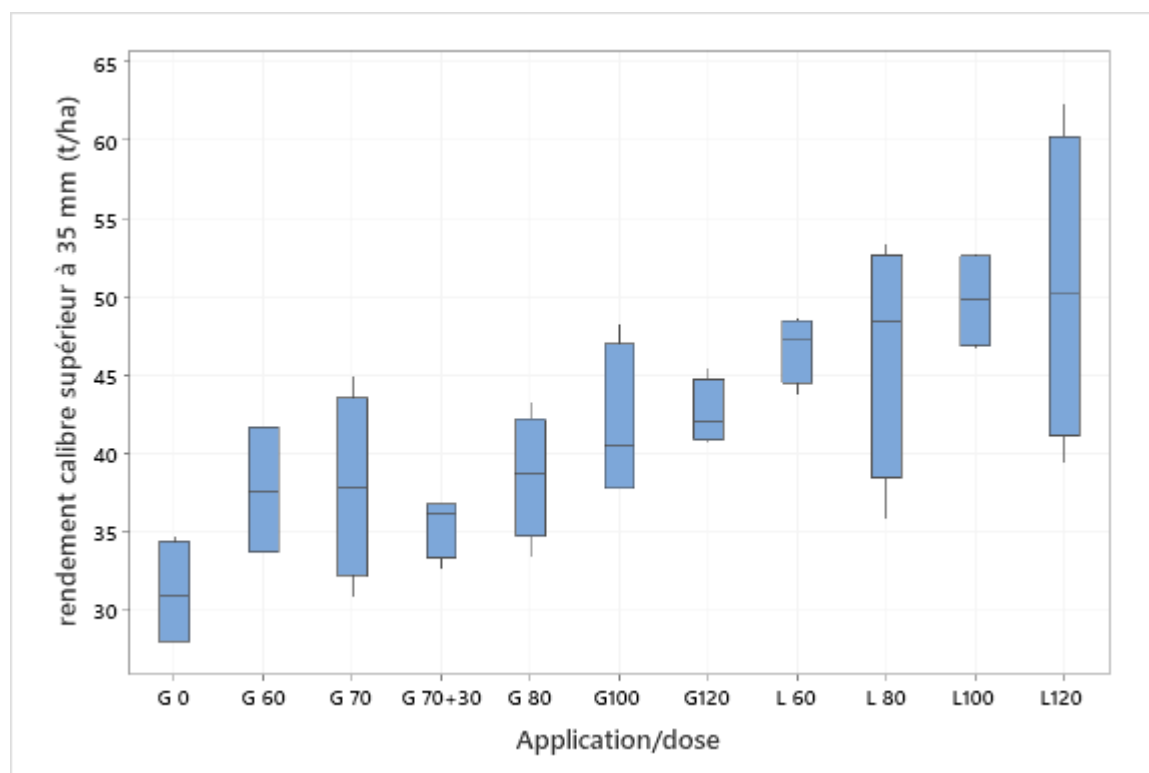
Ce même tableau précise l’importance de cette différence (un peu plus de 8 t/ha).

**Tableau 5. Groupements des résultats de rendement en fonction du mode de fertilisation (Test de Tukey).**

<u>Application</u>	<u>N</u>	<u>Moyenne</u>	<u>Groupement</u>
L	16	48,39	A
G	16	40,14	B

*Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes.*

Dans l'expérimentation « G », le fractionnement réalisé (70% à la plantation et 30 % fin juin) n'a pas permis d'améliorer le rendement : la moyenne de l'objet G70+30 est inférieure à la moyenne de l'objet G100 mais la différence n'est « juste » pas significative (Pvalue = 0,057)



**Figure 5. Impact de la fertilisation et de son mode d'application sur le rendement.**

Dans l'expérimentation « L », il n'y a pas de différence significative entre les objets L60 à L120.

En termes financiers (250 €/t de pommes de terre ; 1,5 €/kg N), il n'y a pas de différence significative entre les traitements 60 à 120, L ou G. Dans ces conditions, les moyennes les plus élevées sont observées pour les traitements 120 (+ 100 €/ha  $\approx$  + 1% de revenu par rapport aux traitements 100).

### 3.7. Evaluation de la qualité de la production

#### **3.7.1. Poids sous eau**

La figure 6 illustre la distribution des résultats des mesure de poids sous eau. On constate visuellement que (1) le mode d'apport de fertilisant impacte le poids sous eau et que (2) plus la fertilisation azotée est élevée, plus faible est le poids sous eau.

La figure 7 illustre la relation entre le rendement de la récolte, le mode d'application de la fertilisation (localisé versus généralisé) et le poids sous eau. Plus le rendement est faible, plus le poids sous eau augmente.

Une régression entre le PSE et respectivement le rendement, le mode d'application et la quantité de fertilisant indique la meilleure relation entre le PSE et le rendement ( $r^2 = 0,53$ ). La meilleure régression multivariée s'appuie sur le rendement et le mode d'application ( $r^2=0,60$ ).

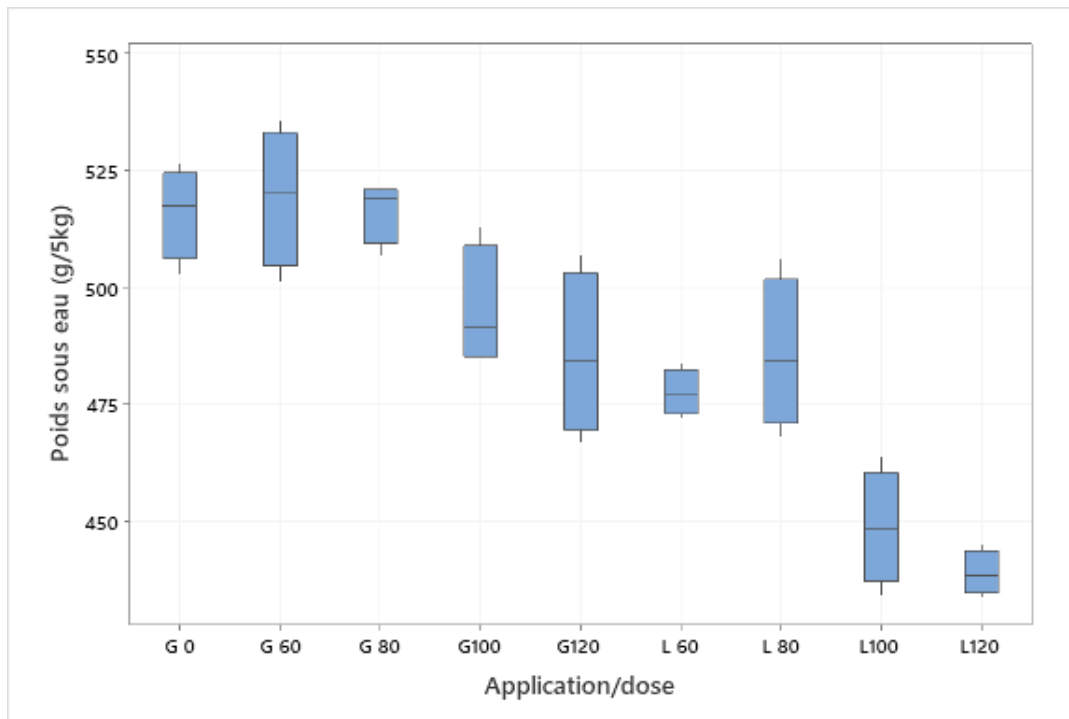


Figure 6. Impact de la fertilisation et de son mode d'application sur le poids sous eau des tubercules.

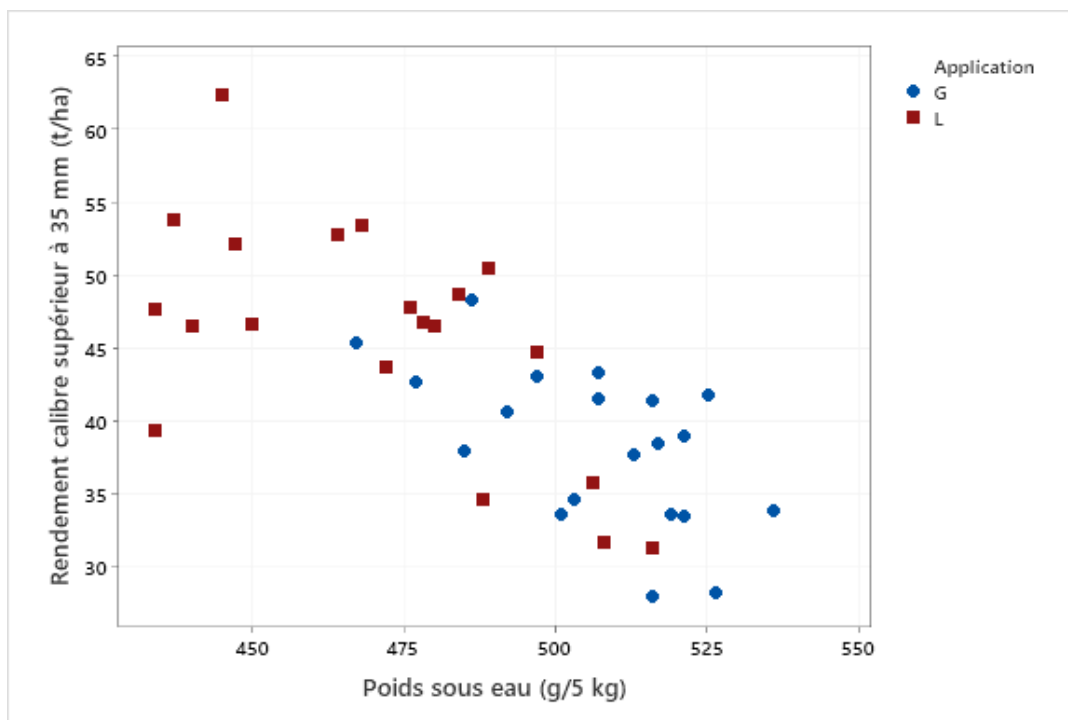


Figure 7. Impact de la fertilisation et de son mode d'application sur le poids sous eau des tubercules.

### 3.7.2. Crevasses et cœurs creux

Lors de la récolte, les tubercules échantillonnés ne présentaient pas de malformations visibles. Le comptage des crevasses et cœurs creux n'a donc pas été réalisé.

---

## 4. Conclusions et perspectives

---

Cette expérimentation menée pour évaluer l'intérêt agronomique et environnemental d'une localisation de la fertilisation dans la butte lors de la plantation confirme et complète les enseignements d'une première expérimentation menée en 2021.

En 2022, le volet « apport en généralisé » a été densifié (par rapport à l'expérimentation menée en 2021) pour améliorer l'analyse des résultats et la comparaison entre les deux modes d'apport.

Les conclusions sont les suivantes :

- Sur le volet « agronomique » :
  1. la localisation de l'engrais génère un rendement significativement supérieur à une fertilisation « généralisée » de la parcelle ;
  2. la localisation de l'engrais permet une réduction d'au moins 20% de la fertilisation azotée sans impact significatif sur le rendement (ceci confirme l'expérimentation menée en 2021) ;
  3. les conditions météorologiques (sécheresse estivale) ont été défavorables au fractionnement de la fertilisation à l'aide du chlorophyllomètre : la seconde fraction n'a pas été assimilée par la culture et le rendement est moindre que lors d'un seul apport avant la plantation.
- Sur le volet « environnemental » :
  1. le reliquat azoté à la récolte est supérieur à 100 kg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/ha pour les objets fertilisés en excès :
    - 120 % de la dose conseil en apport généralisé
    - 100% (et plus) de la dose conseil en apport localisé
  2. En cas de fractionnement de la fertilisation en l'absence de pluie pour entraîner l'azote jusqu'au système racinaire, le reliquat à la récolte est plus important ;
  3. les mesures d'APL réalisées en décembre dans les objets correspondant à 80% et 100% de la dose conseil affichent des valeurs comprises entre 60 et 100 kg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/ha.

Cette expérimentation sera reconduite une troisième et dernière fois pour valider ces enseignements.