

**PROJET – PLAN DE MISE EN ŒUVRE 2021-2025
DU PLAN D'AGRICULTURE DURABLE (PAD)**

**Optimisation de l'apport d'azote dans le blé avec les nouvelles grilles de
fertilisation**

NUMÉRO DU PROJET

22-023-PAD-PGQ / (7143219)

DURÉE DU PROJET : 01-2022 – 02-2025

RAPPORT FINAL

Réalisé par :

Tarek Cherni, Producteurs de grains du Québec
Joannie D'Amours, Producteurs de grains du Québec

24 janvier 2025

Les résultats, opinions et recommandations exprimés dans ce rapport
émanent de l'auteur ou des auteurs et n'engagent aucunement le ministère
de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation

Québec 

Table des matières

1	RÉSUMÉ	1
2	OBJECTIFS ET APERÇU DE LA MÉTHODOLOGIE	2
2.1	Objectifs	2
2.1.1	Objectifs généraux.....	2
2.1.2	Objectifs spécifiques.....	2
2.2	Déroulement du projet et méthodologie.....	2
3	BILAN DES RÉALISATIONS	6
4	RÉSULTATS SIGNIFICATIFS OBTENUS	9
4.1	Mise en place d'essais de fertilisation azotée à la ferme	9
4.2	Doses d'azote appliquées	9
4.3	Fractionnement de l'apport en azote	10
4.4	Rendements en grains	10
4.5	Qualité des grains	12
4.6	Teneurs en nitrates résiduels dans le sol	12
4.7	Estimation des coûts-bénéfices en fonction des doses d'azote appliquées	14
4.8	Organisation d'activités de démonstration et d'ateliers d'échanges	15
4.8.1	Activités de démonstration à la ferme	15
4.8.2	Ateliers d'échanges et de formation.....	16
5	APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE	17
6	PERSONNE-RESSOURCE POUR INFORMATION	18
7	REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS	18
	ANNEXES	19
	Annexe I - Protocole du projet.....	19
	Annexe II - Protocole de récolte avec capteur de rendement blé	26
	Annexe III - Protocole de récolte manuelle blé	29
	Annexe IV – Paramètres d'évaluation de la qualité des grains.....	31
	Annexe V – Tableau 8. Bilan des coût-bénéfices selon le rendement en grains, les coûts d'achat et de fractionnement du fertilisant.....	37

Optimisation de l'apport d'azote dans le blé avec les nouvelles grilles de fertilisation 22-023-PAD-PGQ / (7143219)

1 RÉSUMÉ

Ce projet d'une durée de deux ans (2023-2024) a été réalisé par les Producteurs de grains du Québec (PQG) en collaboration avec le Centre de recherche sur les grains (CÉROM) et la Coordination services-conseils (CSC). Au Québec, le blé est la céréale à paille qui utilise le plus d'azote par hectare (ha), après le maïs-grain. Jusqu'en 2021, la fertilisation du blé était balisée par les Grilles de référence en fertilisation (GREF, 1^{re} et 2^e édition; CRAAQ, 2003 et 2010). Cependant, les nouvelles grilles, mises à jour par le MAPAQ en 2021, préconisent une approche différente de celle utilisée dans les anciennes qui recommandaient une quantité d'azote de 90 à 120 kg/ha, avec peu de précision sur le choix de la dose dans cet intervalle. Les nouvelles grilles permettent de se limiter à une dose de 90 kg/ha, en deux apports selon le groupe textural du sol et de la teneur en matière organique (M.O. ; e. i. texture fine [G1] et M.O. > 4%). Les recommandations des nouvelles grilles permettraient ainsi de réduire de 25% la quantité d'azote appliquée dans le blé dans certains cas.

Les objectifs généraux du projet étaient de promouvoir l'adoption des nouvelles grilles de fertilisation par les producteurs et les conseillers agricoles, de réduire les apports en azote où cela est possible et de promouvoir le fractionnement dans l'apport d'azote. Le projet permet ainsi de contribuer à l'atteinte des objectifs du PAD en ce qui a trait à l'utilisation de l'azote dans la fertilisation. Le projet consistait à mettre sur pied un réseau de fermes dans les différentes régions du Québec. Les participants établissaient une parcelle d'essai au champ dans laquelle ils appliquaient les doses d'azote recommandées par les nouvelles grilles de fertilisation afin de comparer les rendements obtenus avec ceux du reste du champ, où la fertilisation azotée était au choix des participants. De plus, ils réalisaient des échantillonnages de sol et de grains suivant un protocole détaillé. Les données collectées par le réseau de fermes (nitrates résiduels, rendements et qualité des grains) ont été rassemblées et sont présentées dans les prochaines sections de ce rapport. Également, une analyse sommaire des coûts-bénéfices a été réalisée selon les doses d'azote appliquées dans la parcelle sentinelle et dans le reste du champ. Par ailleurs, des activités de démonstration ont été organisées à plusieurs fermes dans différentes régions du Québec, afin de promouvoir l'application des nouvelles grilles auprès des différents acteurs du milieu.

Au cours des deux années du projet, 23 essais ont été réalisés à 18 fermes. Le projet a permis de fournir aux 222 participants des activités de démonstration des informations sur les rendements obtenus en appliquant les doses d'azote recommandées par les nouvelles grilles et par l'application d'une autre dose d'azote dans le champ. Le projet a aussi permis aux participants de comparer les rendements en grain obtenus dans la parcelle sentinelle et le reste du champ, de confirmer le maintien de la qualité des grains de blé et de vérifier s'il y avait un excès dans les teneurs en nitrates résiduels en post-récolte. Les taux de protéines des grains à 13,5% d'humidité ont varié entre 9,9 % et 14,5 %, le poids de mille grains à 13,5% d'humidité a varié entre 27,5 g et 38,2 g et le poids spécifique du grain a varié entre 63,9 kg/hectolitre (hL) et 80,3 kg/hL dans le champ et la parcelle sentinelle des essais, au cours des deux années. L'analyse des coûts-bénéfices en fonction de la quantité de fertilisant azoté appliqué et de son application a donné des résultats variables. Les sites ont été classés selon leur groupe textural du sol (G1, G2 ou G3), la teneur en M.O. du sol et les bénéfices nets obtenus dans le champ et la parcelle sentinelle. L'écart moyen des bénéfices nets entre le champ et la parcelle sentinelle pour tous les groupes texturaux de sol dans la parcelle sentinelle a varié entre 47 \$/ha et 214 \$/ha. L'écart moyen des bénéfices nets obtenus dans

le champ par rapport à ceux obtenus dans la parcelle sentinelle a varié entre 51 \$/ha et 461 \$/ha.

2 OBJECTIFS ET APERÇU DE LA MÉTHODOLOGIE

2.1 Objectifs

2.1.1 Objectifs généraux

- A. Réduire les apports d'azote dans les champs de blé où cela est possible.
- B. Promouvoir l'adoption des nouvelles grilles de fertilisation publiées en 2021.
- C. Promouvoir la pratique de fractionnement dans l'apport d'azote.

2.1.2 Objectifs spécifiques

- a) Inciter les producteurs et les conseillers à effectuer une analyse de sol pour la recommandation de l'azote;
- b) Promouvoir et appliquer les outils de conception des essais de fertilisation azotée à la ferme;
- c) Utiliser les grilles de fertilisation de 2021 pour la détermination de la quantité d'azote à appliquer dans le champ;
- d) Valider le maintien du rendement des champs sur la base de la recommandation des nouvelles grilles;
- e) Estimer les quantités d'azote épargnées par la mise en application des nouvelles grilles, en comparant à la quantité apportée par une recommandation basée sur l'utilisation des anciennes, ainsi que les coûts/bénéfices se rattachant à ces changements;
- f) Organiser des journées de champs et des ateliers d'échanges pour les producteurs et les agronomes qui font des recommandations de fertilisation sur les résultats et les observations à la suite de la mise en application des nouvelles grilles.

Les objectifs généraux et spécifiques ont été atteints en suivant une démarche précise sur les deux années du projet.

2.2 Déroulement du projet et méthodologie

1- Déroulement général du projet

Le blé étant une culture pratiquée dans les différentes régions de la province, il était prévu de recruter au maximum quatre producteurs de grains dans chacune des treize régions des syndicats régionaux des producteurs de grains, pour un total de 52 fermes. L'ensemble des fermes formait ainsi un réseau sentinelle azote dans le blé.

Le projet visait le transfert des connaissances et la promotion de l'utilisation des nouvelles grilles fertilisation azotée dans le blé. Pour mettre en évidence la fiabilité des recommandations d'azote basée sur les nouvelles grilles, la méthodologie préconisait la comparaison des rendements et de la qualité des grains (teneur en protéines, poids spécifique, poids de mille grains) obtenus par l'adoption des nouvelles grilles et par la fertilisation habituelle des producteurs, qui est généralement basée sur la recommandation des anciennes grilles.

Avant le semis du blé, le conseiller et le producteur identifiaient une section du champ qui servirait de parcelle sentinelle. La régie de fertilisation azotée de la parcelle sentinelle consistait à appliquer les nouvelles grilles de fertilisation. Le reste du champ du producteur était fertilisé selon son choix. La dose appliquée dans le reste du champ était soit plus élevée ou plus faible que la dose totale appliquée dans la parcelle sentinelle.

Comme les nouvelles grilles se basent sur deux principaux facteurs pour déterminer la dose d'azote, à savoir la teneur en M.O. et le groupe textural du sol, une analyse du sol était effectuée pour connaître ses caractéristiques. L'application d'azote était fractionnée dans la parcelle sentinelle suivant les recommandations des nouvelles grilles. Donc la dose était apportée en deux temps, tel que décrit ci-dessous.

À la fin de la saison, le rendement et la qualité des grains récoltés de la parcelle sentinelle étaient comparés à ceux du reste du champ. Un échantillon de sol après la récolte était également prélevé afin d'évaluer la teneur en nitrates résiduels dans la parcelle sentinelle et dans le reste du champ.

Un comité aviseur a été créé au début du projet et des rencontres ont été organisées à différentes étapes du projet. Une première rencontre a eu lieu avant le lancement du projet et le recrutement de participants. Une seconde rencontre a été tenue avant le début de la deuxième saison du projet. Finalement, une dernière rencontre a eu lieu à la fin du projet en janvier 2025.

Lancement du projet

L'année 2022 était considérée comme l'année de démarrage officielle du projet. En dépit de l'appel à la participation au projet par les différents moyens de communication dont disposent les PGQ et leurs partenaires, la participation était faible en 2022. Le nombre de participants a été jugé insuffisant et le comité aviseur a statué sur le report du démarrage du projet à l'année 2023.

Avant le début du projet, plusieurs documents ont été élaborés : le protocole général du projet (Annexe I), les protocoles de récolte (Annexes II et III), la fiche d'inscription et le fichier de suivi de la fertilisation azotée et du rendement du blé. Aussi, des documents décrivant les conditions et modalités d'inscription au projet, la planification du suivi à réaliser en cours de saison et la procédure de facturation ont été élaborés afin de communiquer les informations importantes aux participants au cours des différentes étapes du projet.

Recrutement des participants (producteurs et conseillers)

Le recrutement des participants a été effectué par le biais de différents canaux et méthodes de communications à la disposition des PGQ au cours des deux années du projet, soit, via l'infolettre hebdomadaire et les syndicats régionaux des PGQ, le site officiel des PGQ et via des contacts directs auprès des clubs-conseils et des producteurs.

Mise en place du réseau sentinelle blé

Pour la mise en place du réseau sentinelle blé, le site optimal recherché était un champ où les recommandations des nouvelles grilles n'étaient pas encore appliquées. Les champs devaient idéalement être près des axes routiers et facilement accessibles. Certains champs pourraient ainsi servir de sites de démonstration où réaliser des activités au champ, afin de vulgariser les principes des nouvelles grilles. Un seul essai pouvait être mis en place par site (ferme) par année. De plus, le producteur devait pouvoir appliquer de l'azote en post-levée. Il devait donc disposer de la machinerie permettant d'effectuer un fractionnement de l'apport en azote dans la parcelle sentinelle. Les participants (producteurs et conseillers) pour qui le site proposé correspondait aux conditions visées par le projet ont mis en place une parcelle d'essai (parcelle sentinelle). Les parcelles d'essai étaient établies suivant le protocole général (Annexe I), élaboré à l'aide de la publication « Planification et réalisation d'un essai de fertilisation azotée à la ferme » (CRAAQ, 2016), également offerte par le projet aux participants.

Méthode de mise en place des parcelles d'essai

Avant le semis, le participant procédait à un échantillonnage de sol (0-20 cm) afin de connaître la teneur en M.O., qui, avec la classe texturale, permettait de préciser la fertilisation azotée. Au semis, un premier apport azoté (incorporé) était appliqué selon les résultats d'analyse de sol (teneur en M.O. et texture).

- Si la texture du sol était fine (G1) et que la teneur en M.O. était supérieure à 4 % :
 - La « parcelle sentinelle » recevait un premier apport de 45 kg N/ha au semis, avec incorporation et un deuxième apport de 45 kg N/ha en post-levée au stade tallage (avant le stade Zadok 26);
 - Le reste du champ recevait un apport total différent de celui de la « parcelle sentinelle » (e.i. > ou < que 90 kg N/ha).
- Si la texture était fine (G1) et la teneur en M.O. était inférieure ou égale à 4 % ou si la texture du sol était grossière (G2 ou G3, sans égard à la teneur en M.O.):
 - La « parcelle sentinelle » recevait un premier apport de 60 kg N/ha au semis, avec incorporation, et un deuxième apport de 60 kg N/ha en post-levée au stade tallage (avant le stade Zadok 26);
 - Le reste du champ recevait une dose totale différente de celle de la « parcelle sentinelle » (e.i. > ou < 120 kg N/ha).

Suivi de l'essai et collecte de données

Un suivi en cours de saison était réalisé par le conseiller au moment du deuxième apport azoté en post-levée. Le suivi incluait l'observation et la prise en note de toutes anomalies (ex.: carence en éléments fertilisants mineurs, plants manquants, zone enherbée, maladie, verse, phytotoxicité, etc.) qui pourraient interférer avec l'essai et la prise de photos au besoin.

Au moment de la récolte, la démarche à suivre afin de collecter les données de fertilisation et de rendement dans le chiffrier Excel était décrite dans le protocole de récolte, selon la méthode choisie par les participants (récolte avec capteur de rendement ou récolte manuelle, Annexes II et III). Des échantillonnages des grains et du sol (profondeur 0-30 cm) étaient réalisés pour déterminer la qualité des grains (Annexe IV) et évaluer les teneurs en nitrates résiduels dans la parcelle sentinelle et dans le reste du champ.

Organisation des activités de démonstration

Afin de favoriser le transfert de connaissances aux acteurs du milieu de la région de chaque site d'essai, les participants étaient invités à organiser des activités de démonstration à la ferme. Ces activités étaient soutenues par le projet pour permettre la promotion des nouvelles grilles de fertilisation et l'application d'outils de conception d'essais de fertilisation azotée à la ferme. Les conseillers réalisaient un compte-rendu de la journée de démonstration et fournissaient des photos prises lors de l'activité, tel que précisé au moment de l'appel de proposition.

Compilation et analyse des données

La compilation et l'analyse des données a permis de confirmer le maintien du rendement des champs et d'estimer les quantités d'azote épargnées par la mise en application des nouvelles grilles, en la comparant aux pratiques courantes des producteurs sous les anciennes grilles, ainsi que les coûts-bénéfices se rattachant à ces changements. Afin de qualifier la réponse de la culture à un plus faible apport en azote, le rendement relatif a été calculé par le ratio du rendement obtenu dans la parcelle recevant la plus faible dose d'azote et du rendement obtenu dans la parcelle recevant la plus forte dose d'azote, exprimé en pourcentage.

Estimation des coûts-bénéfices en fonction des doses d'azote appliquées

Dans le cadre du projet, une estimation des coûts-bénéfices a été réalisée afin de mieux comprendre l'effet du fractionnement de l'azote sur les coûts et les bénéfices nets. Plusieurs variables peuvent influencer les coûts et les bénéfices en production de blé. Deux principales variables ont été utilisées pour le calcul des coûts, soit les coûts liés à l'achat de l'engrais et les opérations liées à son application (coûts de la machinerie).

Afin de réaliser une analyse sommaire des coûts-bénéfices liés à l'achat du fertilisant azoté et à son application, les bénéfices ont été calculés à partir du prix de vente moyen pondéré du blé pour l'année 2023 (377\$/tonne¹). Ce prix a été extrait d'analyses précédentes réalisées par les PGQ. De façon semblable, les coûts des engrais ont été calculés à partir de la moyenne générique de l'urée pour l'année 2023 (911\$/tonne²) extraites d'analyses de prix d'intrants réalisées par les PGQ, lorsque le coût réel des engrais n'était pas fourni par les participants.

Tous les participants ont procédé au fractionnement de l'azote en deux ou trois apports dans la parcelle sentinelle comme dans le champ, à l'exception du site 15 en 2024. Les participants ont utilisé différents modes d'application au semis, soit, par application d'engrais minéral à la volée ou en bande incorporé, par application d'azote liquide, ou encore, par application d'engrais de ferme (lisier ou fumier solide). Également, plusieurs modes d'applications ont été utilisés en post-levée (application d'engrais minéral ou d'azote liquide).

Les coûts définis dans le guide de référence du Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec (CRAAQ) « Machinerie - coûts d'utilisation et taux à forfait suggérés – 2022⁴ » ont été utilisés pour estimer le coût d'utilisation de la machinerie lié à aux différents modes d'application d'azote pour chacun des sites en 2023 et 2024.

Pour l'application à la volée, la moyenne des coûts des opérations associées à l'utilisation d'un épandeur minéral (non fourni) du guide a été utilisée (7,98\$/ha). Pour l'application d'azote liquide, nous nous sommes référés à la moyenne des coûts d'opérations de l'utilisation d'un applicateur d'azote liquide (19,01\$/ha). La moyenne des coûts liés à l'utilisation d'une citerne avec aéroaspersion basse et servodirection (2,65\$/ha) a été utilisée pour le calcul de l'application de lisier au semis (un site). Finalement, la moyenne des coûts d'utilisation d'un épandeur de fumier (4,39\$/ha) a été utilisée pour l'application de fumier solide au semis (un site).

Afin d'estimer les quantités d'azote épargnées par la mise en application des nouvelles grilles, le calcul a été réalisé par la différence entre le taux d'azote appliqué dans le champ et le taux d'azote appliqué dans la parcelle sentinelle (Tableau 8, Annexe V). De même, les différences entre les rendements, les revenus estimés de la vente des grains et les coûts des engrais du champ et de la parcelle sentinelle sont présentées pour chacun des sites en 2023 et 2024 dans le [Tableau 8](#) à l'Annexe V. Les valeurs négatives représentent donc la quantité d'azote épargnée, un rendement ou un revenu plus faible dans le champ et plus élevés dans la parcelle sentinelle.

Les résultats obtenus sont présentés dans la section « Résultats significatifs obtenus ».

Le bilan des réalisations au cours des deux années du projet est présenté au [Tableau 1](#).

¹ <https://pgq.ca/producteurs/prix-aux-producteurs>

² <https://pgq.ca/producteurs/prix-des-intrants/prix-des-fertilisants-en-ontario>

⁴ [Machinerie - Coûts d'utilisation et taux à forfait suggérés - 2022](#)

3 BILAN DES RÉALISATIONS

Tableau 1. Bilan des réalisations au cours des deux années du projet.

N°	Initiative, activité ou livrable	Description de l'initiative, de l'activité ou du livrable	État d'avancement	Indicateurs et cibles
1	Rencontre du comité aviseur en 2022, 2024 et 2025	<ul style="list-style-type: none"> - Rencontre d'orientation du projet. Proposition du protocole d'essai. - Grandes lignes et recommandations pour la suite de la deuxième année du projet. - Discussion des résultats et recommandations pour la finalisation du projet. 	Complété	100 % 3 rencontres (au démarrage, au cours et à la fin du projet)
2	Préparation et actualisation de la documentation du projet en 2023 et 2024	<ul style="list-style-type: none"> -Précision de la méthodologie d'implantation des parcelles d'essais sur les fermes. -Explication de la chronologie et des actions à réaliser dans le cadre du projet. - Mise au point du protocole d'essai destiné aux fermes participantes en 2023 et 2024. - Mise à jour de la documentation du projet (protocole, chiffrier Excel de rendement, formulaire d'inscription) pour les deux années du projet. 	Complété	100 % Documents préparés et mis à jour sur les deux années du projet
3	Recrutement des fermes et des conseillers en 2023 et 2024	<ul style="list-style-type: none"> - Annonce du projet et invitation à la participation. - Publication des invitations et rappels dans l'infolettre hebdomadaire des PGQ (presque 4000 abonnés à l'Infolettre). - Contacts individuels des clubs-conseils. - Annonces par les syndicats de producteurs de grains du Québec. - Propositions de sites. - Validation des critères de participation. 	Complété	25% 18 fermes (sites) ont mis en place au total 23 essais dans 7 régions en 2023 et 2024 (un seul essai pouvait être réalisé par site par année, objectif 104 essais sur les deux années)
4	Mise en place du réseau 2023 et 2024	<ul style="list-style-type: none"> - Confirmation de l'inscription des participants. - Coordination et communication de la procédure à suivre entre les différents organismes et 	Complété	29% 10 essais ont été mis en place dans 5 régions en 2023 et 13 essais dans 6 régions en 2024

		collaborateurs (laboratoires pour analyses, conseillers et fermes participantes). - Diffusion des protocoles, codes d'envois finaux et matériel nécessaire.		(Objectif 104 essais)
5	Implantation et déroulement des essais en 2023 et 2024	- Implantation des parcelles d'essais (sentinelle) par les producteurs et leurs conseillers. - Échantillonnage du sol avant le semis afin de déterminer la teneur en matière organique et application de la dose au semis et au tallage dans la parcelle sentinelle conformément au protocole.	Complété	100 % Les 23 essais ont complété leur participation au cours des deux années du projet
6	Planification des échantillonnages en 2023 et 2024	- Coordination de l'envoi des échantillons de sol et de grains pour analyses (laboratoire d'analyse, CÉROM).	Complétée	100% Méthode de communication avec les collaborateurs et rôles ont été précisés
7	Activités de démonstration au champ en 2023 et 2024	- Appel et inscriptions des sites de démonstration. - Présentation du projet : objectifs, mise en place des parcelles et résultats obtenus. - Compte-rendu des journées de démonstration.	Complété	100% 7 activités de démonstration ont été organisées. Au total, 222 personnes ont participé aux journées de démonstration.
8	Organisation d'ateliers d'échanges et de formation sur la fertilisation du blé en 2024	-Discussion et approbation des ateliers avec la coordination services-conseils. -Diffusion des ateliers et invitations auprès des conseillers de tout le réseau de la coordination services-conseils.	Complété	100% Tous les ateliers et formations prévus ont été réalisés. Au total 179 conseillers ont participé.
9	Suivi et collectes de données en 2023 et 2024	- Récolte des grains et échantillonnage du sol en post-récolte afin de déterminer la teneur en azote résiduel et analyse de la qualité des grains dans le champ et la parcelle sentinelle. - Collecte des données de fertilisation et de rendement des essais et transfert des données à la coordination du projet.	Complété	100% Les 23 essais ont été complétés et les données et échantillons requis ont été transmis

10	Préparation du matériel de transfert de connaissances (2025)	<ul style="list-style-type: none"> - Article dans la revue Grains (Terre de chez nous) - Rapport dans Agri-réseau - Présentation au congrès du réseau québécois sur recherche en agriculture durable (RQRAD) - Présentations aux rencontres de producteurs 	Complété	100% 5 documents sur 5 réalisés
11	Diffusion des retombées du projet (2025)	<ul style="list-style-type: none"> - Publication du rapport final. - Communication des résultats agronomiques, économiques auprès des participants. - Communication des résultats et bilans lors des conférences événements (AGA des PGQ, Journée scientifique RQRAD) - Article dans la TCN, diffusion des faits saillants auprès des participants (producteurs et conseillers) - Présentation des résultats aux syndicats régionaux des PGQ 	Complété	100% des moyens de diffusion mis en place

4 RÉSULTATS SIGNIFICATIFS OBTENUS

4.1 Mise en place d'essais de fertilisation azotée à la ferme

Afin de favoriser la réduction des apports en azote dans les champs de blé lorsque cela est possible, les grilles de fertilisation de 2021 étaient utilisées pour déterminer la quantité d'azote à appliquer dans la parcelle sentinelle, le reste du champ recevait une quantité d'azote totale différente, au choix des participants. Dix essais à la ferme ont été mis en place dans cinq régions en 2023 et treize essais dans six régions en 2024 (Tableau 2) pour un total de 18 fermes (sites) participantes au cours des deux années. La moitié des essais à la ferme ont eu lieu en Montérégie.

Tableau 2. Nombre d'essais à la ferme par région administrative au Québec.

Région	Nombre d'essais	
	2023	2024
Montérégie	5	6
Mauricie	1	0
Chaudière-Appalaches	1	1
Outaouais-Laurentides	1	1
Capitale-Nationale	2	2
Bas St-Laurent	0	1
Abitibi-Témiscamingue	0	2
Total	10	13

4.2 Doses d'azote appliquées

La parcelle sentinelle recevait une dose d'azote totale selon les recommandations des nouvelles grilles et le champ une dose plus faible ou plus élevée à cette dose. Un écart des doses d'environ 30 kg N/ha était recommandé afin de permettre la comparaison entre la fertilisation de la parcelle sentinelle et du champ. Plusieurs producteurs ont choisi de comparer le taux d'application en azote recommandé par les nouvelles grilles de fertilisation (parcelle sentinelle) à un taux d'application en azote plus faible ou plus élevée (reste du champ), alors que d'autres producteurs ont testé un taux d'application en azote plus faible dans la parcelle sentinelle à celui recommandé par les nouvelles grilles de fertilisation à un taux d'application plus élevé dans le reste du champ (Tableau 3).

Tableau 3. Taux d'application en kilogrammes d'azote par hectare (kg N/ha) selon le type de sol et teneurs en matière organique de 23 essais en 2023 et 2024 dans 7 régions du Québec.

Groupe de sol et teneur en matière organique (M.O. %)	Doses d'azote appliquées (kg N /ha)		Nombre d'essais
	Parcelle sentinelle	Reste du champ	
G1 M.O. > 4%	62 à 102	52 à 160	8
Autre ⁵	85 à 120	52 à 180	15

⁵ G1 M.O. ≤ 4%, G2 ou G3 M.O. ≤ ou > 4%

4.3 Fractionnement de l'apport en azote

Le fractionnement de la quantité d'azote totale en deux applications était une condition obligatoire pour la participation au projet prévu dans le protocole, pour la parcelle qui suivait les recommandations des nouvelles grilles de fertilisation. Les doses recommandées étaient en général respectées par les participants, bien que la dose pût parfois varier de quelques unités d'azote selon la formulation d'engrais utilisée. Dans le reste du champ, la vaste majorité des participants ont fractionné en deux la quantité d'azote totale appliquée et six participants ont même testé le fractionnement en trois apports d'azote en 2023 et 2024.

4.4 Rendements en grains

Afin de confirmer le maintien du rendement en grains dans le champ et dans la parcelle sentinelle, sur la base de la recommandation des nouvelles grilles, les données collectées à chacun des sites dans un fichier EXCEL fourni avec le protocole au cours des deux années du projet ont été compilées. Les sites étant très différents les uns des autres (régie, conditions pédoclimatiques, etc.), les résultats agrégés sont à titre indicatif et ont comme seul objectif de rendre compte des résultats obtenus dans le cadre des essais à la ferme du réseau sentinelle blé en 2023 et 2024.

Pour la saison 2023, les rendements en grains à 15% d'humidité mesurés dans le champ et la parcelle sentinelle ont varié entre 167 kg/ha et 6019 kg /ha. Ces rendements sont pour blé de printemps (Figure 1), le blé d'automne n'étant pas admissible à la première année du projet. Les faibles rendements obtenus au site 6 étaient liés aux conditions saisonnières de précipitation. Lors de la deuxième année, les rendements en grains ont varié entre 2074 kg/ha et 8517 kg/ha (Figure 2). Les rendements de certains sites étaient plus élevés en 2024, car les essais de ces sites incluaient du blé d'automne pour augmenter le taux de participation au projet lors de la deuxième année du projet.

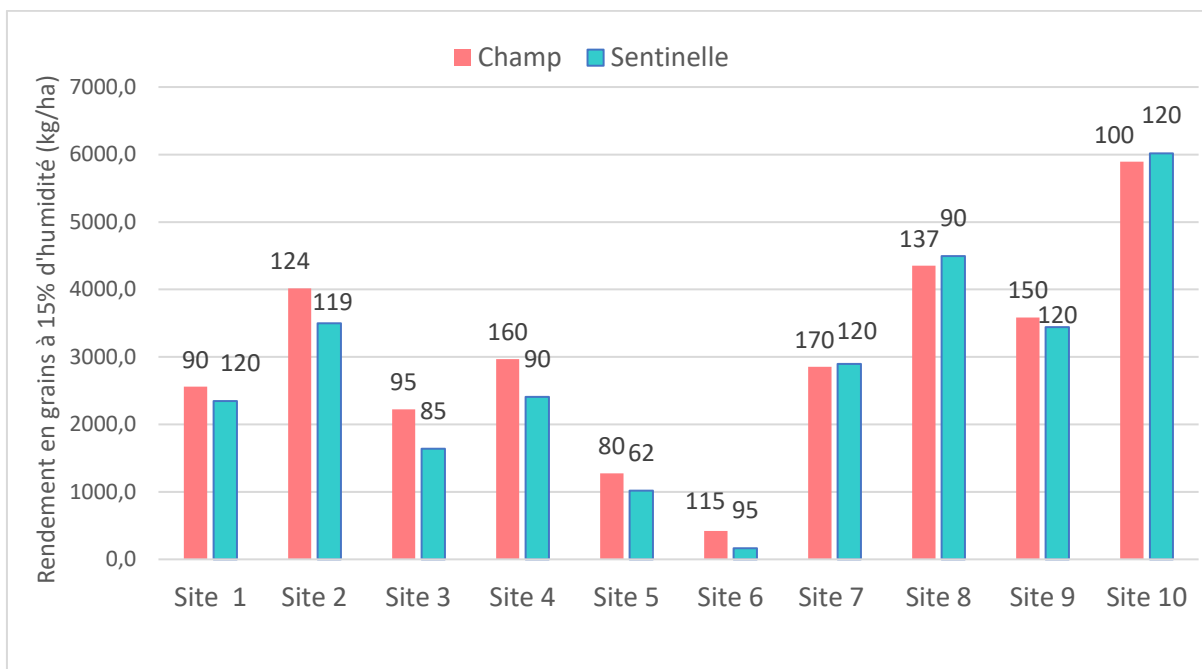


Figure 1. Rendements en grains à 15 % d'humidité dans le champ et la parcelle sentinelle pour chacun des sites en 2023. Les valeurs au-dessus des barres indiquent l'apport en azote total en kg/ha appliqué dans chaque parcelle.

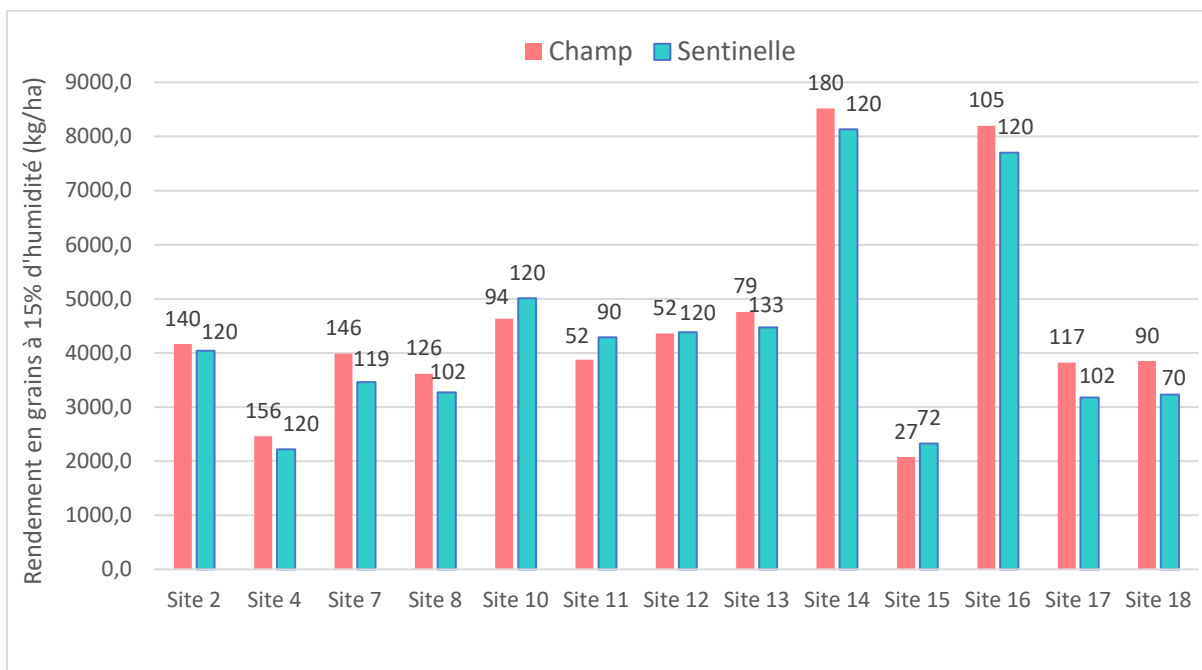


Figure 2. Rendements en grains à 15 % d'humidité dans le champ et la parcelle sentinelle pour chacun des sites en 2024. Les valeurs au-dessus des barres indiquent l'apport en azote total en kg/ha.

Pour qualifier la réponse de la culture à un plus faible apport en azote, le rendement relatif a été calculé en effectuant le ratio du rendement obtenu dans la parcelle recevant la plus faible dose et du rendement obtenu dans parcelle recevant la plus forte dose, exprimé en pourcentage. Le rendement relatif a varié entre 40 % et 112 % pour l'ensemble des essais tel que représenté à la Figure 6, en fonction de la teneur en M.O. du champ et du groupe textural de sol. Selon une échelle qualitative arbitrairement prédéterminée, la plupart des sites ont montré une réponse faible (<90%) ou une réponse modérée (entre 75 et 90 %) à l'apport d'une quantité d'azote plus élevée. Un seul site (site 6 en 2023) a montré une très forte réponse à l'augmentation de la dose d'azote en sol G2 durant l'année 2023, mais ce site était une exception, comme les conditions saisonnières de précipitation ont considérablement affecté les rendements de cet essai (rendements en grains de 167 kg ha⁻¹ dans la parcelle sentinelle et 420 kg ha⁻¹ dans le champ).

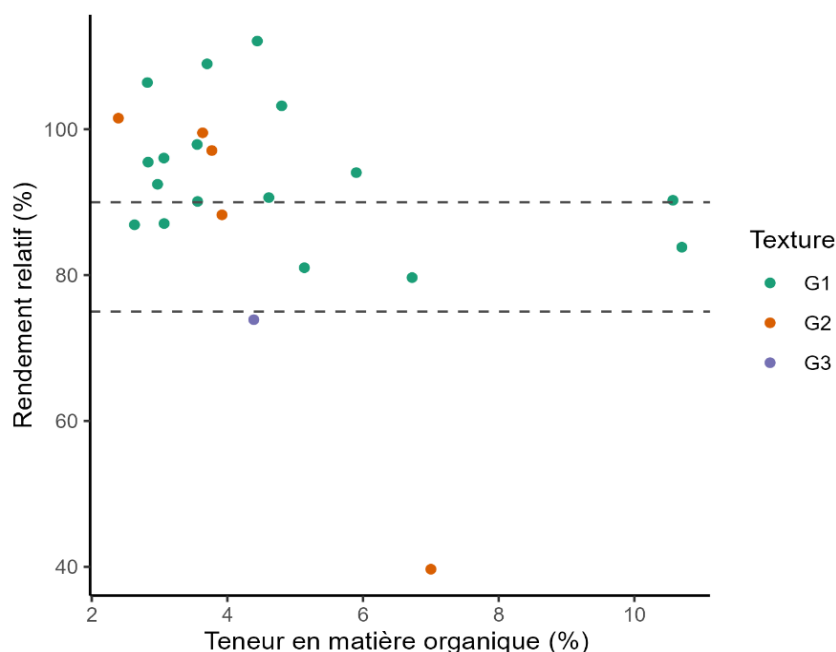


Figure 3. Rendement relatif en fonction de la teneur en matière organique du champ représenté selon le groupe textural de sol pour chacun des essais réalisés en 2023 et 2024.

4.5 Qualité des grains

Le maintien de la qualité des grains a été vérifié par l'analyse du taux de protéines à 13,5 % d'humidité, du poids de mille grains à 13,5 % d'humidité et du poids spécifique du grain. Le taux de protéines des grains a varié entre 9,9 % et 14,5 %, le poids de mille grains à 13,5% d'humidité a varié entre 27,5 g et 38,2 g et le poids spécifique du grain a varié entre 63,9 kg/hL et 80,3 kg/hL dans le champ et la parcelle sentinelle des essais au cours des deux années (Annexe IV).

4.6 Teneurs en nitrates résiduels dans le sol

Les teneurs en nitrates résiduels dans le sol en post-récolte (0-30 cm de profondeur) du champ et de la parcelle sentinelle ont varié entre 1,2 ppm et 25,2 ppm en 2023 (Figure 4) et entre 3,3 ppm et 19,8 ppm en 2024 (Figure 5). Les teneurs en nitrate post-récolte dans le champ et la parcelle sentinelle des essais au cours des deux années étaient généralement plus élevées lorsqu'une plus grande quantité d'azote était appliquée, mais avec plusieurs exceptions en 2023 et 2024.

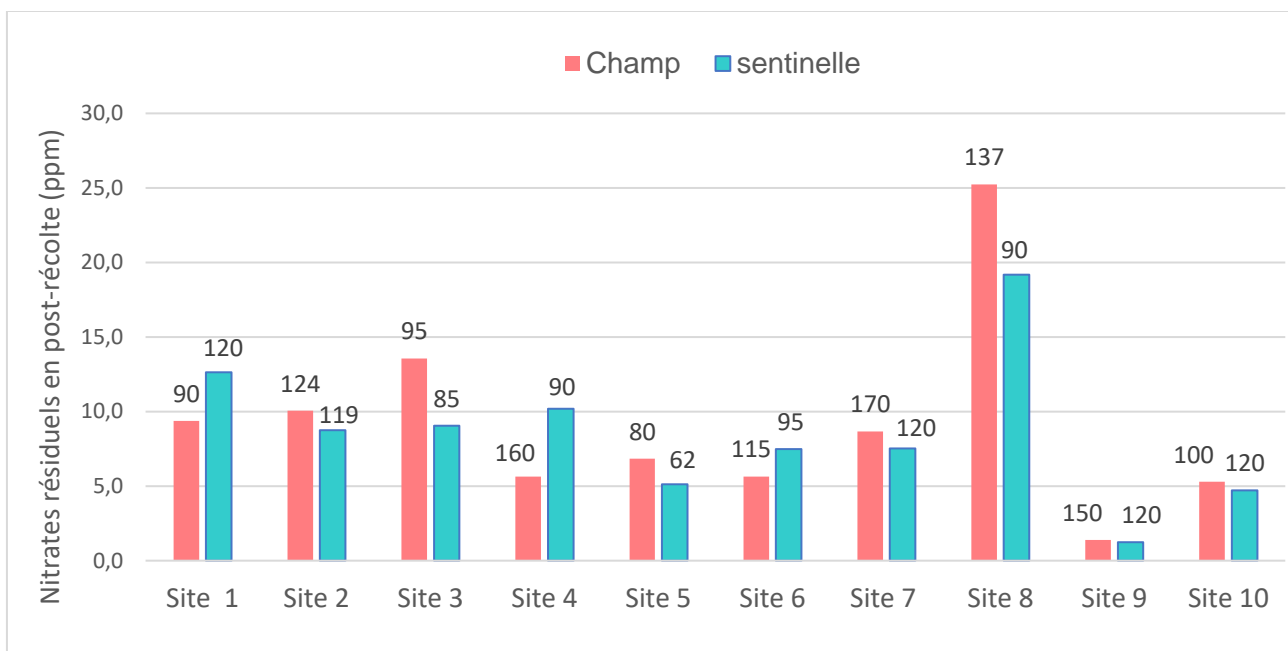


Figure 4. Teneurs en nitrates résiduels en post-récolte (profondeur 0-30 cm) dans le champ et la parcelle sentinelle pour chacun des sites en 2023. Les valeurs au-dessus des barres indiquent l'apport en azote total en kg/ha appliqué dans chaque parcelle.

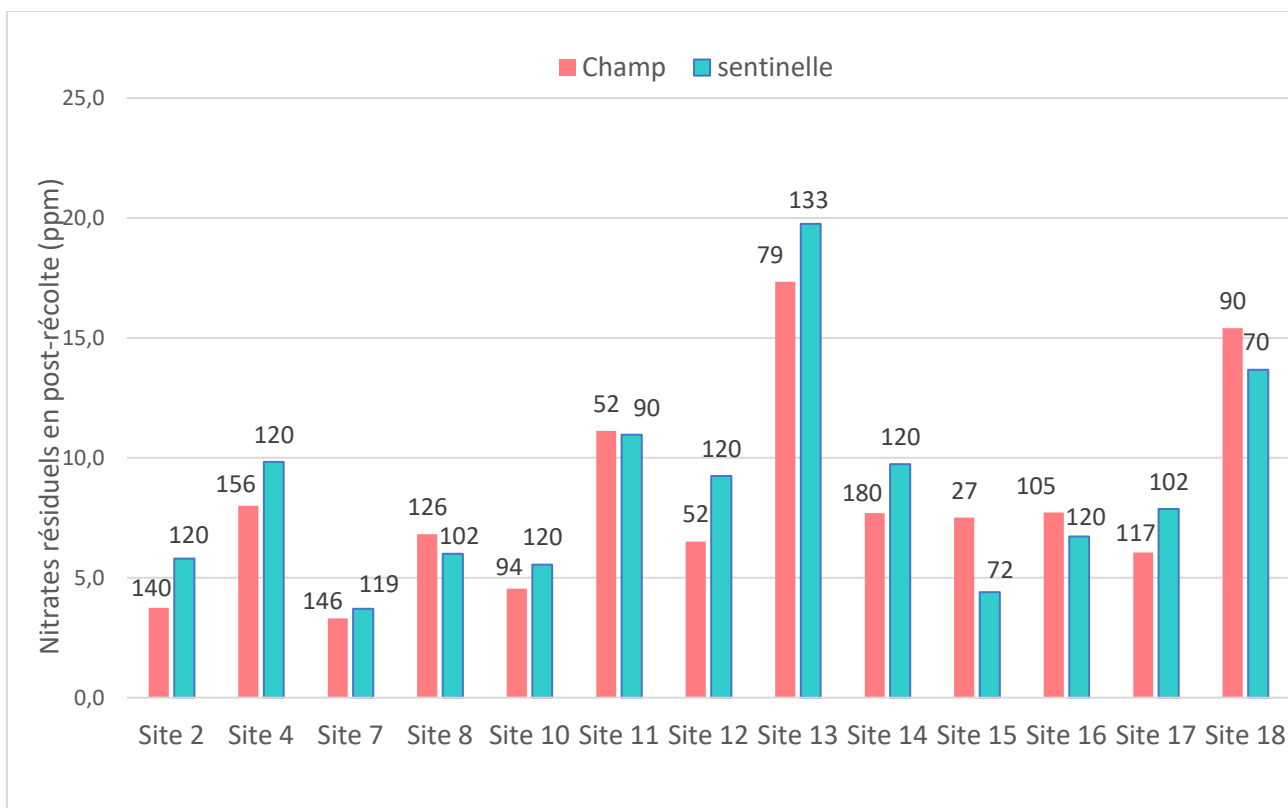


Figure 5. Teneurs en nitrates résiduels en post-récolte (profondeur 0-30 cm) dans le champ et la parcelle sentinelle pour chacun des sites en 2024. Les valeurs au-dessus des barres indiquent l'apport en azote total en kg/ha appliqué dans chaque parcelle.

4.7 Estimation des coûts-bénéfices en fonction des doses d'azote appliquées

Tous les participants ont procédé au fractionnement de l'azote en au moins deux apports (au semis et au tallage), à l'exception du participant du site 15 en 2024 qui a appliqué une seule dose dans le champ. Les résultats en termes de bénéfices et rendements en fonction de la dose et du fractionnement de l'azote sont hétérogènes et variables.

Les sites ont été classés selon leur groupe textural (G1, G2 ou G3), la teneur en M.O. et les différences entre les bénéfices nets estimés dans le champ et la parcelle sentinelle. Ils sont classés ainsi dans le tableau 4.

Tableau 4. Comparaison des doses d'azote, des rendements et des bénéfices nets moyens dans le champ et la parcelle sentinelle selon le groupe textural et la teneur en M.O. du sol

Groupe textural et teneur en M.O. du sol	Dose d'azote appliquée dans le champ vs parcelle sentinelle	Nombre de sites	Écart moyen de rendements (champ vs parcelle sentinelle) (kg/ha)	Écart moyen des bénéfices nets (champ vs parcelle sentinelle) (\$/ha)
G1 (M.O. >4%)	Dose champ (20N) > Dose recommandée par les grilles (Sentinelle)	5	Champ > Sentinelle	(+51) dans le champ
		1	Champ < Sentinelle	(-214) dans le champ
	Dose champ < Dose recommandée par les grilles (38N)	1	Champ < Sentinelle	(-47) dans le champ
G1 (M.O. <4%)	Dose champ (31N) > Dose recommandée par les grilles (Sentinelle)	5	Champ > Sentinelle	(+79) dans le champ
		2	Champ > Sentinelle	(94) dans le champ
	Dose champ < Dose recommandée par les grilles (30N)	3	Champ < Sentinelle	
G2, G3	Dose champ (27N) > Dose recommandée par les grilles (Sentinelle)	3	Champ > Sentinelle	(91) dans le champ
		1	Champ < Sentinelle	(-127) dans le champ
	Dose champ < Dose recommandée par les grilles (Sentinelle) (68N)	1	Champ < Sentinelle	(461) dans le champ

Le site 6 a été exclu des calculs des moyennes puisque les conditions météorologiques ont impacté considérablement les rendements.

Sept sites du groupe textural G1 et avec une teneur en M.O. >4% :

Six de ces sites ont appliqué une dose moyenne d'azote de 20N de plus dans le champ par rapport à la dose recommandée par les grilles de référence (parcelle sentinelle). Ils ont tous réalisé un écart moyen de rendement supérieur, tout comme un écart moyen de bénéfices nets de 51 \$/ha dans le champ par rapport à la parcelle sentinelle, à l'exception d'un seul site, qui a enregistré un écart moyen de rendement et des bénéfices nets de 214 \$/ha supérieurs dans la parcelle sentinelle par rapport au champ. Un seul participant de ce groupe a appliqué une dose d'azote inférieure dans le champ à la dose recommandée par les grilles de référence (38N) et réalisé des bénéfices nets supérieurs dans la parcelle sentinelle par rapport au champ.

Dix sites du groupe textural G1 et une teneur en M.O. <4% :

Cinq des dix participants ont appliqué une dose moyenne d'azote de 31N de plus dans le champ par rapport aux recommandations des grilles de référence (parcelle sentinelle). Ils ont tous réalisé des rendements en grains et bénéfices nets de 79 \$/ha dans le champ par rapport à la parcelle sentinelle. La deuxième moitié (5 sites) qui a appliqué dans le champ une dose d'azote inférieure à la dose recommandée par les grilles de référence (30N) a enregistré un écart moyen de rendement variable, mais des bénéfices nets supérieurs de 94 \$/ha dans le champ.

Cinq sites du groupe textural G2 et G3 :

Quatre sites ont appliqué une dose moyenne d'azote de 20N de plus dans le champ par rapport à la dose recommandée par les grilles de référence. De ces quatre sites, trois ont réalisé des écarts moyens de rendements en grains et de bénéfices nets (91 \$/ha) supérieurs dans le champ. Un seul site a enregistré des écarts moyens de rendements et de bénéfices nets de 127 \$/ha supérieurs dans la parcelle sentinelle par rapport au champ. Le cinquième site a obtenu des bénéfices nets supérieurs de 461 \$/ha dans le champ par rapport à la parcelle sentinelle, malgré l'apport en azote de 68N de moins dans le champ par rapport à la dose recommandée (sentinelle) et des rendements en grains supérieurs dans la parcelle sentinelle que dans le champ.

Le [Tableau 8](#) à l'annexe V montre les résultats détaillés obtenus pour chacun des sites.

4.8 Organisation d'activités de démonstration et d'ateliers d'échanges

4.8.1 Activités de démonstration à la ferme

Les activités de démonstration à la ferme faisaient partie intégrante du projet, afin de promouvoir davantage le projet auprès des acteurs du milieu et de tous les producteurs des différentes régions administratives de la province. Ces activités étaient considérées comme un atout dans la promotion et l'explication des grilles de fertilisation de 2021 ainsi que le fractionnement de l'apport azoté chez des producteurs qui ne le font plus ou qui ne l'ont jamais essayé. Les conseillers organisant une activité de démonstration remettaient un compte-rendu écrit décrivant le déroulement de l'activité de démonstration. Le compte-rendu incluait aussi une liste des participants et leurs affiliations professionnelles, ainsi que des photos prises lors de l'activité.

En 2023, sur les dix sites participants au projet, quatre activités de démonstration ont été organisées dans quatre régions administratives où la production de blé est bien présente.

Plusieurs sujets en lien avec le projet du réseau sentinelle dans le blé ont été abordés. Notamment, les résultats des essais au champ ont été présentés par les conseillers. Les activités de démonstration réalisées en 2023 sont détaillées au Tableau 5.

Tableau 5. Activités de démonstration à la ferme, région et nombre de participants en 2023.

Titre de l'activité	Région	Nombre de participants
Journée céréales et cultures de couverture	Montréal-Est	40
Démonstration projet sentinelle azote blé et maïs-grain	Chaudière-Appalaches	15
Journée de champs 2023	Montréal-Ouest	12
Démonstration de machinerie de travail réduit et projet sentinelle azote blé	Mauricie	57
Total		124

En 2024, durant la deuxième année du projet, trois activités de démonstration ont été organisées dans trois régions administratives. Certains conseillers ont présenté les résultats des essais réalisés durant la première année du projet. Ces activités ont également permis aux producteurs, conseillers et autres participants d'échanger sur leurs expériences et apprentissages. Le Tableau 6 détaille les activités de démonstration réalisées en 2024.

Tableau 6. Activités de démonstration à la ferme, région et nombre de participants en 2024.

Titre de l'activité	Région	Nombre de participants
Sentinelle azote et 4B	Chaudière-Appalaches	10
Gestion de l'azote des cultures, équipements de précision et agriculture numérique	Bas-Saint-Laurent	37
Journée d'été	Montréal-Est	51
Total		98

4.8.2 Ateliers d'échanges et de formation

Des ateliers d'échanges et de formation ont eu lieu en visioconférence en fin d'été 2024 pour les conseillers qui font des recommandations de fertilisation dans le blé de printemps et d'automne. Ces ateliers ont été réalisés en collaboration avec la coordination service-conseils, partenaire du projet. Au total, trois ateliers d'échanges et de formation en lien avec la fertilisation du blé d'automne et des nouvelles grilles de fertilisation du blé (MAPAQ, 2021) ont été dispensés par des conférenciers (agronomes) en grandes cultures. Ces ateliers avaient pour objectif de mettre à jour les connaissances, de permettre le partage d'expertise et d'expériences et de promouvoir l'adoption de bonnes pratiques de gestion et de fertilisation.

Parmi les participants, plusieurs conseillers ont assisté à ces ateliers d'échanges bien qu'ils ne participaient pas au projet sentinelle azote dans le blé. Les ateliers s'inscrivaient dans un processus d'apprentissage et de formation continue et présentaient des outils et un support agronomique en vue de la saison des semis du blé d'automne, suivant tout juste la période des ateliers. À la fin de chaque formation, des liens vers le support numérique et l'enregistrement vidéo de la formation étaient fournis aux participants qui pouvaient revoir le contenu s'ils le souhaitaient. Le Tableau 7 présente les informations sur les ateliers

d'échanges et de formation organisés dans le cadre du projet ainsi que le nombre de participants.

Tableau 7. Ateliers d'échanges et de formation dans le cadre du projet sentinelle azote dans le blé

Titre de l'atelier d'échanges et de formation	Date	Nombre de participants
Les céréales d'automne: bref bilan de fertilisation du printemps 2024	2024-06-30	72
Le blé d'automne, fertilisation et autres éléments de réussite	2024-08-15	57
Le blé d'automne semé à la volée, fertilisation et autres éléments de réussite	2024-08-21	45
Total		174

5 APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE

Cette expérience pratique a permis aux producteurs et conseillers d'appliquer les principes de base d'implantation de parcelles d'essai à la ferme. Les producteurs de blé ayant participé au projet et aux activités de démonstration ont pris connaissance des nouvelles grilles et seront en mesure de les appliquer et de mettre en place des parcelles d'essai au champ selon leurs besoins. De plus, la diffusion du projet grâce aux différents moyens de communication et aux journées de démonstration a permis la promotion de l'utilisation des nouvelles grilles et du projet sentinelle dans le blé non seulement auprès des participants, mais aussi, plus largement, auprès des personnes qui œuvrent dans la production et la fertilisation du blé. Cela contribue à les outiller avec de nouvelles connaissances s'ils souhaiteraient entreprendre d'autres essais et expérimentations avec d'autres cultures annuelles de grains en conditions réelles au champ.

La diffusion des résultats concrets du projet pourra être utile pour l'industrie (producteurs et conseillers) afin d'améliorer la fertilisation azotée du blé. Le projet a permis aux producteurs d'identifier un intervalle de doses optimales d'azote selon les recommandations des grilles de fertilisation et d'éviter une surfertilisation tout en gardant un rendement adéquat. Selon les résultats obtenus, une dose d'azote très élevée par rapport aux doses recommandées par les nouvelles grilles n'entraîne pas toujours des profits/rendement plus élevés. À titre d'exemple, des apports en azote de 60N et 70N de plus que la dose totale recommandée ont généré des bénéfices de 25,30 \$/ha et 17,50 \$/ha respectivement par rapport à la parcelle sentinelle.

D'autres producteurs ont réalisé des rendements et bénéfices nets légèrement plus élevés lorsque la dose dans le champ était supérieure à la dose appliquée dans la parcelle sentinelle. Toutefois, les coûts des engrais de synthèse étaient également plus élevés, annulant les bénéfices nets. Les essais à la ferme ont ainsi permis aux producteurs et conseillers de nuancer les résultats de rendement obtenus en considérant l'aspect économique. Cette meilleure compréhension pourrait leur servir lors de la planification de la fertilisation azotée, tout en tenant compte des différents paramètres affectant la culture.

L'utilisation des coûts réels de l'achat du fertilisant et de la vente des grains communiqués par les participants pour le calcul des coûts-bénéfices a permis aux producteurs ainsi qu'à leurs conseillers de pousser leur réflexion plus loin et d'avoir une vue d'ensemble concrète sur la gestion de la fertilisation azotée de leur champ de blé. La communication des résultats de

l'ensemble des sites à tous les participants leur permettra d'effectuer des observations pour comparer leurs résultats (qualité des grains, rendement en grains, taux de fertilisation) avec d'autres sites afin d'optimiser leur pratique de fertilisation (nombre de fractionnement, quantité d'azote, etc.) lorsque possible selon leur propre réalité.

6 PERSONNE-RESSOURCE POUR INFORMATION

Salah Zoghlami, Directeur des affaires agronomiques

- Téléphone : 450 679-0540
- Courriel : szoghlami@pgq.ca ou agro@pgq.ca

7 REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS

Les PGQ remercient le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ), à titre de bailleur de fonds. Ce projet a été réalisé dans le cadre du volet 2 du programme Prime-Vert – Approche régionale et interrégionale avec une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation.

Les PGQ tiennent à remercier les partenaires du projet, le Centre de recherche sur les grains (CÉROM) et la Coordination services-conseils (CSC), pour leur contribution essentielle aux différentes étapes du projet dans l'atteinte des objectifs.

ANNEXES

Annexe I - Protocole du projet

Protocole d'essai : Réseau sentinelle azote dans le blé 2024

Pour toutes questions : agro@pgq.ca

Contexte

En 2021, le MAPAQ a publié la mise à jour des [grilles de fertilisation](#) de quelques cultures, dont des céréales. Le blé fait partie de la liste de ces cultures. Ces nouvelles grilles sont produites pour remplacer les anciennes qui ont été publiées en 2010 dans le Guide de référence en fertilisation du CRAAQ.

À la différence des anciennes grilles, les nouvelles apportent un changement d'approche. La classe texturale du sol et sa teneur en matière organique sont désormais à la base pour les grilles de fertilisation azotée dans le blé.

1. Objectifs

Le protocole est développé dans le but d'accompagner les conseillers et les producteurs pour la réalisation du projet de la mise en place d'un réseau sentinelle azote dans le blé. Ce réseau vise à accroître l'adoption des nouvelles grilles de fertilisation azotée dans le blé. Il encourage les producteurs à effectuer des analyses de sol, afin de connaître leur teneur en matière organique (M.O.), qui, une fois combinée à la classe texturale, permet d'ajuster la fertilisation azotée.

Selon les nouvelles grilles de fertilisation, lorsque le sol a une texture fine et une teneur en M.O. supérieure à 4 %, un apport en azote de 90 kg par hectare est suffisant pour répondre aux besoins de la culture de blé. Dans les autres situations, c'est-à-dire lorsque le sol a une texture grossière ou fine avec une teneur en M.O. inférieure ou égale à 4 %, la dose d'azote à recommander est de 120 kg par hectare. Il y a donc un potentiel de réduction de 30 kg d'azote par hectare, pour les conditions de sols à texture fine et relativement riche en M.O., en se référant aux nouvelles grilles de fertilisation.

L'idée de l'adoption des nouvelles grilles étant d'optimiser l'application d'azote, on cherche à implanter des sites d'essai à la ferme, dans des champs de différentes classes texturales, et avec des applications d'azote différentes aux doses recommandées par ces nouvelles grilles.

2. Choix du site

Dans le cadre de ce projet, les champs visés pour l'implantation de parcelles d'essai seront pour en production de blé de printemps. Il n'y a pas de restriction quant à la variété de blé semée par le producteur ni pour la destination commerciale des grains récoltés (panifiable ou fourrager).

Le site recherché est un champ où les recommandations des nouvelles grilles ne sont pas encore appliquées. Les champs doivent idéalement être proches des axes routiers et facilement accessibles. Certains champs pourront servir de sites de démonstration et de journée de champs afin de vulgariser les principes des nouvelles grilles.

Les champs choisis ne doivent pas présenter de problèmes pédologiques majeurs. Il faut éviter les champs où il y a des problèmes de compaction apparente, d'égouttement des eaux de surface, de risque d'inondation, etc.

Le producteur doit pouvoir appliquer de l'azote en post-levée. Il doit donc disposer de la machinerie permettant d'effectuer un fractionnement de l'apport en azote dans la parcelle faisant l'objet du suivi. Cette condition ne s'applique pas au reste du champ, c'est-à-dire, le producteur peut effectuer un apport unique d'azote dans le reste du champ, mais il doit fractionner l'application de l'azote dans la parcelle Sentinelle.

Consulter la section « 7. Fertilisation azotée » pour obtenir des informations additionnelles sur les traitements de fertilisation de l'essai.

3. Données sommaires

Les conseillers/agronomes doivent avoir accès aux données agronomiques du Plan Agroenvironnemental de fertilisation (PAEF) du producteur pour le champ retenu. Recueillir les différentes informations demandées dans le formulaire de prise de données à transmettre par courriel à agro@pgg.ca.

4. Implantation d'une « Parcelle sentinelle »

Dans un champ destiné à la culture de blé de printemps, délimiter une parcelle d'une largeur de deux fois la largeur d'un passage de semoir et d'une longueur d'au moins 300 m (**Figure 1**).

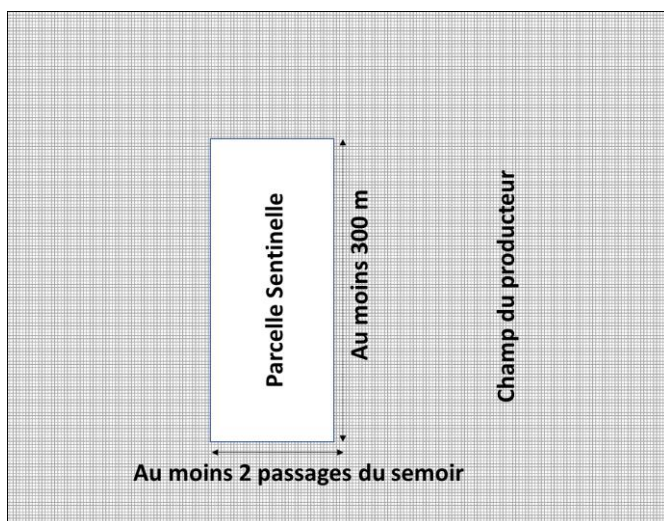


Figure 1. Implantation de la parcelle Sentinelle dans le champ du producteur.

Les conseillers et producteurs sont invités à consulter la publication « [Planification et réalisation d'un essai de fertilisation azotée à la ferme](#) » (CRAAQ, 2016).

1. Échantillonnage de sol (0-20 cm) avant le semis du blé

N.B. L'échantillon de sol devra parvenir au laboratoire AGRQUANTA au moins 1 semaine avant le semis du blé car il faudra de connaître la teneur en matière organique du sol pour pouvoir déterminer la quantité d'azote à appliquer avant le semis dans la parcelle Sentinelle.

Prélever un échantillon de sol avant le semis afin de connaître la teneur en M.O. et les autres éléments physicochimiques du sol.

Le prélèvement du sol (0-20 cm de profondeur) est effectué avant le semis, dès que le sol est dégelé et qu'il est possible de rentrer dans le champ.

- Prélever au moins 5 carottes à une profondeur de 20 cm du sol en se déplaçant en zig-zag dans la partie du champ prévue pour l'essai (donc à l'intérieur et autour de l'emplacement de la "Parcelle Sentinelle »).
- Émietter et bien homogénéiser les carottes dans un contenant de plastique propre. Enlever les débris (végétaux, verres de terres, pierres, etc.).
- Lorsque le sol est bien homogénéisé, prendre un sous-échantillon de ce sol et le placer dans un des « sac AgriQuanta » fourni par le projet.

Il est important de remplir le sac au niveau de la « ligne minimum » (**Figure 2**). Un échantillon plus petit pourrait être refusé par le laboratoire, et un échantillon plus grand occasionnera des délais additionnels de séchage du sol pour le laboratoire d'analyse.

L'identification de l'échantillon de sol sera réalisée grâce à une des étiquettes fournies au début du projet. Attention de sélectionner la bonne étiquette. Cette étiquette devra être placée dans le sac de sols. À l'extérieur du sac, inscrire à l'aide d'un crayon permanent l'identifiant unique de l'échantillon (trouvé sur l'étiquette dans le sac) (**Figure 2**) ainsi que « 224006_CÉROM ». Cette double identification permettra d'éviter les erreurs au laboratoire.

Le sac doit être correctement fermé pour éviter tout déversement.

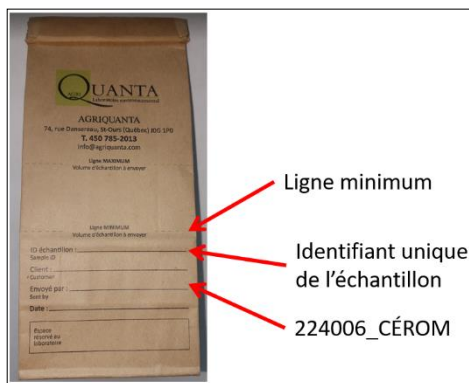


Figure 2 : Sac de type AgriQuanta pour les échantillons de sol.

Le conseiller est responsable d'envoyer l'échantillon directement au laboratoire d'analyse de sol (AgriQuanta). Pour réaliser l'envoi du sol vers le laboratoire, utiliser le **bordereau d'expédition** Purolator (papier blanc imprimé avec de l'encre rouge) fourni par le projet en début de saison. Vous devrez alors :

- A. Sélectionner le bordereau ayant comme destinataire AgriQuanta (dans la section 4).
- B. **Remplir** les sections **2/3** (expéditeur), **7** (signature) et **12** (nombre de boîtes et poids) du bordereau. Les autres sections sont déjà remplies.
- C. Sachez qu'un seul bordereau permet d'envoyer jusqu'à **4 boîtes**. Il suffit de coller les petites étiquettes autocollantes numérotées (2, 3, 4) sur les autres boîtes.
- D. Planifier une **cueillette** en **appelant** au numéro de téléphone inscrit sur le bordereau (1- 888- 744- 7123).

SVP, envoyer un courriel (indiquer le numéro du projet ainsi que l'identifiant unique de l'échantillon de sol) pour confirmer l'envoi des échantillons à :

- ja.gagnon@agriquanta.com
- agro@pgg.ca
- josianne.caron@cerom.qc.ca

2. Fertilisation azotée

A- Situation où le producteur préconise habituellement une seule application d'azote dans son champ :

- Si la texture du sol est fine (G1) et que la teneur en M.O. est supérieure à 4 % (Figure 3):
 - La « parcelle sentinelle » reçoit un premier apport de 45 kg N/ha d'azote au semis, avec incorporation³ et un deuxième apport de 45 kg N/ha en post-levée au stade tallage (avant le stade Zadok 26);
 - Le reste du champ reçoit un apport total différent de celui de la « parcelle sentinelle » (e.i. > ou < que 90 kg N/ha).

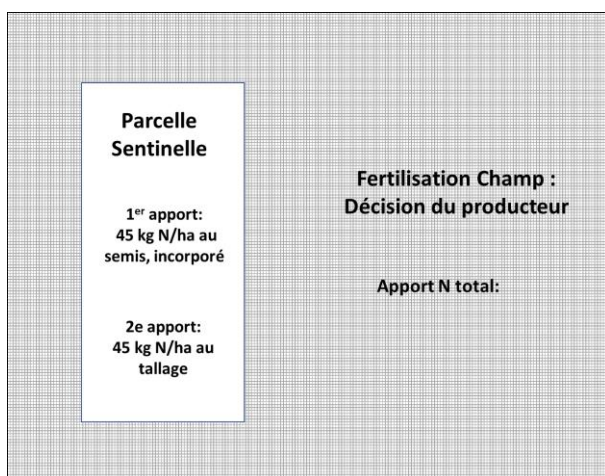


Figure 3. Fertilisation azotée sur des sites ayant des sols à texture fine (G1) et une teneur en matière organique supérieure à 4%

- Si la texture est fine (G1) et la teneur en M.O. est inférieure ou égale à 4 % ou si la texture du sol est grossière (G2 ou G3) (sans égard à la teneur en M.O.) (**Figure 4**):
 - La « parcelle sentinelle » reçoit un premier apport de 60 kg N/ha au semis, avec incorporation⁴, et un deuxième apport de 60 kg N/ha en post-levée au stade tallage (avant le stade Zadok 26);
 - Le reste du champ reçoit une dose totale différente de celle de la « parcelle sentinelle » (e.i. > ou < 120 kg N/ha).

tions-du-CRAAQ/machinerie-co%C3%BBts-d_utilisation-et-taux-a-forfait-suggeres-2022/p/PREF0326"[Machinerie - Coûts d'utilisation et taux à forfait suggérés - 2022](#)
d'engrais dans le cas du semis direct.

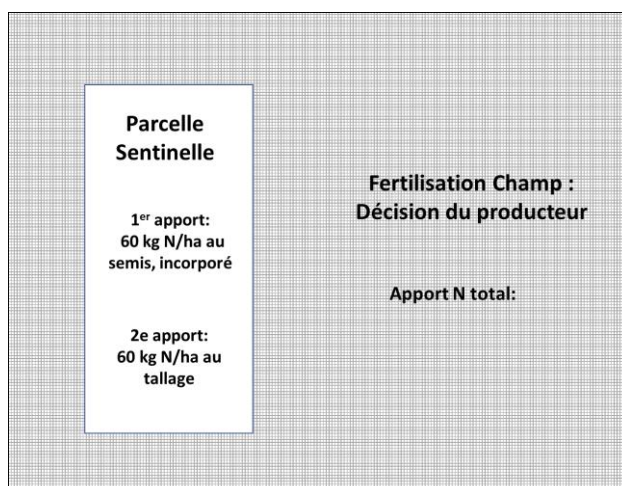


Figure 4. Fertilisation azotée sur les sites ayant des sols à texture fine (G1) avec une teneur en matière organique inférieure ou égale à 4% ainsi que sur les sites ayant des sols à texture grossière (G2 ou G3) (sans égard de la teneur en matière organique du sol).

B- Situation où le producteur pratique habituellement le fractionnement:

Dans la « parcelle sentinelle », le producteur applique les doses précisées à la section A, soit deux fois 45 kg/ha pour les sols à textures fines (G1) avec teneur en M.O. supérieure à 4% (**Figure 3**), ou soit, deux fois 60 kg/ha dans les autres situations (**Figure 4**).

Dans le reste du champ, le producteur peut appliquer les doses initialement prévues. L'apport total du reste du champ doit être différent de l'apport total de la « parcelle sentinelle ».

1. Suivi durant la saison

Noter toutes les **anomalies** (ex. : carence en éléments fertilisants (mineurs), plants manquants, zone enherbée, maladie, verse, phytotoxicité, etc.) qui pourraient interférer avec le facteur à l'étude et prendre des photos;

Estimer l'intensité de la **verse** selon une échelle 0-9 où 0 = nulle et 9 = totale;

Identifier les **zones problématiques** durant toute la saison de croissance. Éviter d'y prendre des mesures.

2. Prise de données de rendement en grain à la récolte

La procédure de récolte des grains diffère selon la présence d'un capteur de rendement sur le laboratoire. En l'absence de capteur de rendement, il faut procéder à la récolte manuelle pour la prise des données à la récolte. Se référer au document « Récolte avec capteur de rendement » ou le document « Récolte manuelle », selon le cas.

Dans tous les cas, s'assurer de garder une distance minimale de 2 m entre la « Parcelle sentinelle » et la zone d'échantillonnage dans le champ du producteur « Fertilisation champ ».

3. Échantillonnage de sol (0-30 cm) à la récolte pour l'analyse des nitrates

L'échantillonnage de sol sera effectué juste après la récolte du blé. SVP, respecter un délai de 2-3 jours après une pluie abondante avant l'échantillonnage du sol. Un échantillon composite de 5 sous-échantillons de sol est requis pour la « Parcelle sentinelle » et un autre pour la zone d'échantillonnage dans le champ du producteur (« Fertilisation champ »).

10.1. Matériel requis pour un site

- Deux sacs d'AgriQuanta fournis par le projet;
- Deux étiquettes avec des numéros d'identification uniques fournies par le projet au début du printemps (Parcelle Sentinelle et Fertilisation Champ)¹;
- Une tarière ou une sonde à tube creux ;
- Un contenant en plastique propre (p.ex. une chaudière)
- Une glacière;
- Un couteau;
- « Ice-pack ».

10.2. Procédure

Suivre les étapes suivantes pour chacune des deux parcelles:

1. À l'aide d'une tarière ou d'une sonde, prélever 5 sous-échantillons de sol à **30 cm** de profondeur dans les entre-rangs à cinq endroits espacés d'environ 50 m en traversant la parcelle en zig-zag.
2. Mélanger et homogénéiser les cinq sous-échantillons dans un contenant propre en plastique.
3. Prélever un échantillon composite et le mettre dans un sac de type AgriQuanta. Remplir le sac entre le niveau de la « ligne minimum » et de la « ligne maximum » (**Figure 5**). L'identification de l'échantillon de sol sera réalisée grâce aux étiquettes fournies au début du projet. Attention de sélectionner la bonne étiquette. Cette étiquette devra être placée dans le sac de sols. À l'extérieur du sac, inscrire à l'aide d'un crayon permanent l'identifiant unique de l'échantillon (trouvé sur l'étiquette dans le sac) ainsi que « 224006_CÉROM ». Cette double identification permettra d'éviter les erreurs au laboratoire. Le sac doit être correctement fermé pour éviter tout déversement.

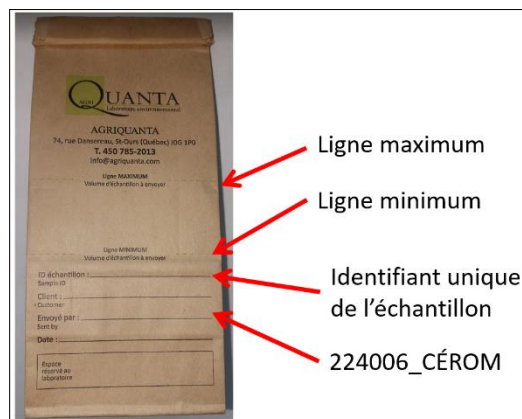


Figure 5 : Sac de type AgriQuanta pour les échantillons de sol prélevés à l'automne.

4. Garder les deux échantillons dans une glacière jusqu'au bureau, puis conserver au réfrigérateur (4°C) jusqu'au moment de leur expédition au laboratoire.

Avant l'envoyer les échantillons de sol, SVP, bien emballer les échantillons dans les boîtes résistantes contenant des Ice-Pak, afin de les garder au froid durant le transport. Nous conseillons aussi de mettre les Ice-Pak dans des sacs de plastique hermétiques pour éviter la contamination des échantillons de sol au cas où le Ice-Pak serait percé.

Mettre l'étiquette « **GARDER AU FROID / KEEP REFRIGERATED** » sur la boîte. Il est important de ne pas envoyer les échantillons les jeudis et/ou les vendredis pour éviter qu'ils restent en attente en fin de semaine à température ambiante.

5. Envoyer les deux échantillons de sol au laboratoire dans un délai maximal de 72 heures. La marche à suivre pour effectuer l'expédition est la même qu'au printemps :

- a) Sélectionner le bordereau d'expédition ayant comme destinataire AgriQuanta (dans la section 4).
- b) **Remplir** les sections **2/3** (expéditeur), **7** (signature) et **12** (nombre de boîtes et poids) du bordereau. Les autres sections sont déjà remplies.
- c) Sachez qu'un seul bordereau permet d'envoyer jusqu'à **4 boîtes**. Il suffit de coller les petites étiquettes autocollantes numérotées (2, 3, 4) sur les autres boîtes.
- d) Planifier une **cueillette** en **appelant** au numéro de téléphone inscrit sur le bordereau (1-888-744-7123).

6. SVP, envoyer un courriel (indiquer le numéro du projet ainsi que l'identifiant unique de l'échantillon de sol) pour confirmer l'envoi des échantillons à :

- agro@pgq.ca
- josianne.caron@cerom.qc.ca

Ce projet est financé par le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation dans le cadre du plan de mise en œuvre du Plan d'agriculture durable.



Annexe II - Protocole de récolte avec capteur de rendement blé

Matériel requis

1. Deux (2) sacs en plastique de 5 lb bien identifiées par:
 - Une étiquette « Parcelle Sentinelle » (fertilisation selon les nouvelles grilles de références en fertilisation du blé de printemps (MAPAQ, 2021))
 - Une étiquette « Fertilisation champ » (fertilisation du reste du champ du producteur)
2. Fichier Excel de prise de données de rendement (svp, utiliser le document qui sera fourni par le coordonnateur de l'essai)
3. Batteuse calibrée munie d'un capteur de rendement et d'un humidimètre

Récolte et échantillonnage du blé

1. S'assurer que le capteur de rendement de la batteuse est bien calibré (humidimètre et masse récoltée).

2. Récolter séparément la parcelle Sentinelle et la parcelle Fertilisation champ tel que représenté par le schéma à la Figure 1 (ci-dessous). Voici quelques points à retenir :

- Il est important de conserver une distance minimale de deux mètres entre la « parcelle Sentinelle » et la zone d'échantillonnage dans la parcelle « fertilisation champ »;
- La récolte est effectuée sur un coup (passage) de la batteuse (munie d'un capteur de rendement);
- Récolter le blé de printemps au milieu de chaque bande en excluant 10 m à chaque bout de la parcelle.

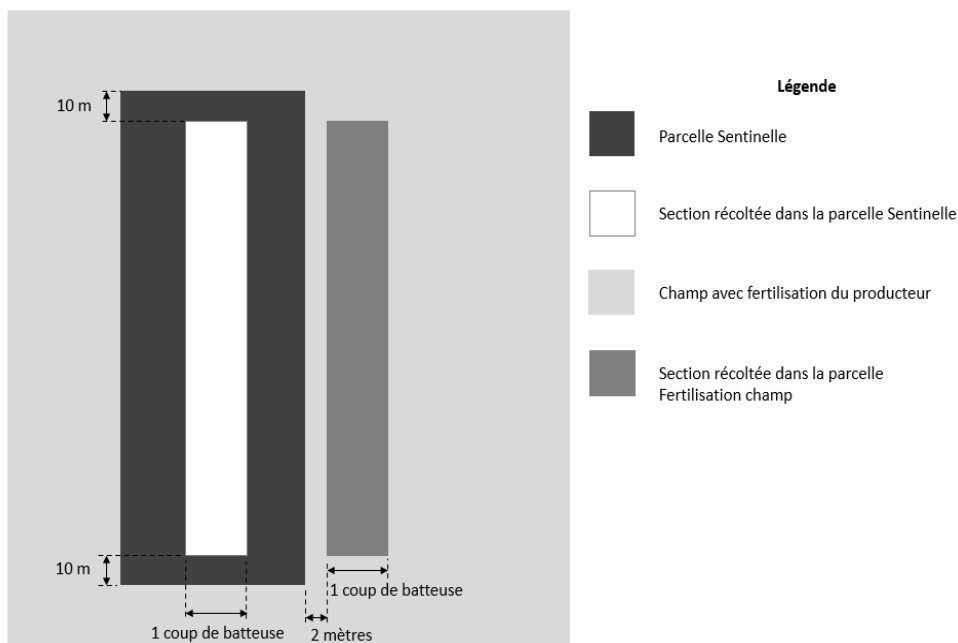


Figure 1. Bandes récoltées pour l'estimation du rendement en grains du blé dans la Parcelle Sentinelle et dans la partie Fertilisation champ pour l'essai dans le blé de printemps.

3. Dans un fichier Excel de prise de données de rendement, prendre note, pour chaque traitement de fertilisation de :

- a) Le site
- b) La date de la récolte
- c) La largeur de la batteuse (m)
- d) La longueur récoltée (m)
- e) Le taux d'humidité des grains à la récolte (%)
- f) Le rendement en grain

Si le capteur de rendement de la batteuse ne le calcule pas pour vous, vous pouvez utiliser la formule suivante pour calculer le rendement réel des grains de chaque bande :

$$Rdmt.réc = \frac{Masse\ récoltée * 10\ 000}{Superficie\ récoltée}$$

Où :

- **Rdmt.réc** (kg/ha) = Rendement en grains tel que récolté au champ
- **Masse récoltée** (kg) = Poids du grain récolté lors du passage de la batteuse
- **Superficie récoltée** (m²) = Longueur récoltée (m) × Largeur récoltée (m)

Dans le même fichier Excel, calculer le rendement ajusté à 15% pour chacune des deux bandes suivant la formule :

$$Rdmt.15 = Rdmt.réc \times \frac{(100 - H.réc)}{85}$$

Où :

- **Rdmt.15** (kg/ha) = Rendement en grains ajusté à 15% d'humidité
- **Rdmt.réc** (kg/ha) = Rendement en grains tel que récolté au champ (soit à H.réc)
- **H.réc** (%) = Humidité réelle du grain lors de la récolte

5. Prélever environ 1 kg de grains par zone récoltée et le mettre dans le sac identifié avec l'étiquette correspondant à la parcelle (svp, placer l'étiquette dans le sac). Il devrait donc y avoir 2 échantillons de grains par site.

Envoi des échantillons de grains

Envoyer les deux échantillons de grains de blé au CÉROM pour l'analyse de qualité des grains.

Utiliser le **bordereau d'expédition** (papier blanc imprimé avec de l'encre rouge) fourni en début de saison. Vous devrez alors :

- E. **Remplir** les sections **2/3** (expéditeur), **7** (signature) et **12** (nombre de boîtes et poids) du bordereau. Les autres sections sont déjà remplies.
- F. Sachez qu'un seul bordereau permet d'envoyer jusqu'à **4 boîtes**. Il suffit de coller les petites étiquettes autocollantes numérotées (2, 3, 4) sur les autres boîtes.

G. Planifier une **cueillette** en appelant au numéro de téléphone inscrit sur le bordereau (1- 888- 744- 7123).

Merci d'envoyer un courriel pour confirmer l'expédition des échantillons de grains vers le CÉROM à :

- josianne.caron@cerom.qc.ca
- agro@pgq.ca

Veuillez indiquer dans l'objet du courriel : **Projet fertilisation blé**

Finalement, SVP, envoyer-le fichier Excel de prise de données de rendement aux deux mêmes adresses courriel. Veuillez indiquer dans l'objet du courriel : **Projet fertilisation blé**

Annexe III - Protocole de récolte manuelle blé

Projet Réseau sentinelle azote dans le blé de printemps Protocole de récolte manuelle du grain

(Adapté de la [méthode de la Financière agricole du Québec](#))

Matériel requis (fourni par le projet Sentinelle)

4. Deux (2) sacs en plastique de 5 lb bien identifiés par:
 - Une étiquette « Parcelle Sentinelle » (fertilisation selon les nouvelles grilles de références en fertilisation du blé de printemps (MAPAQ, 2021))
 - Une étiquette « Fertilisation champ » (fertilisation du reste des champs du producteur)
5. Fichier Excel de prise de données de rendement

Matériel requis (fourni par le conseiller)

6. Deux poches bien identifiées :
 - Une avec une étiquette « Parcelle Sentinelle » et
 - Une autre avec une étiquette « Fertilisation champ »
7. Une paire de ciseaux
8. Un quadrat de 1 m x 1 m
9. Accès à une batteuse stationnaire

Récolte manuelle et échantillonnage du blé

1. Effectuer la récolte manuelle du blé. Suivre les étapes suivantes pour chacune des deux parcelles :
 - a. Prélever les plants à cinq emplacements différents (choisi de manière aléatoire) à l'intérieur de chacune des deux parcelles en évitant les bordures. Garder une distance minimale de 2 mètres entre la « Parcelle Sentinelle » et la zone d'échantillonnage dans la parcelle « Fertilisation champ ».
 - b. À chaque emplacement, placer le quadrat de 1 m x 1 m ;
 - c. Récolter à l'aide de ciseaux tous les épis dont le pied se situe à l'intérieur du mètre carré. *Ne pas recueillir les épis au sol qui sont détachés de la tige;*
 - d. Pour faciliter le battage, garder une certaine quantité de paille et mettre toutes les têtes dans le même sens, de préférence vers le bas;
 - e. Peser et inscrire la masse des grains pour chaque quadrat dans le fichier Excel de prise de données de rendement.
 - f. Déposer les épis des cinq quadrats d'une même parcelle dans une poche (identifiée avec l'étiquette correspondante);
2. Apporter les deux poches au Centre de services muni d'une batteuse stationnaire;
3. Passer le contenu des poches dans la batteuse stationnaire et **inscrire la masse des grains récoltés (en kg) dans chacune des deux parcelles** le fichier Excel de prise de données de rendement.
4. **Noter le poids spécifique humide (kg/hL) et le taux d'humidité du grain à la récolte (%)**.
5. Prélever environ 1 kg de grains de chaque parcelle et le mettre dans le sac identifié avec l'étiquette correspondant à la parcelle (vous pouvez réutiliser les étiquettes des poches).

6. Envoyer les deux échantillons de grains au CÉROM pour l'analyse de qualité des grains. Pour ce faire, utiliser le **bordereau d'expédition** (papier blanc imprimé avec de l'encre rouge) fourni en début de saison. Vous devrez alors :

- H. **Remplir** les sections **2/3** (expéditeur), **7** (signature) et **12** (nombre de boîtes et poids) du bordereau. Les autres sections sont déjà remplies.
- I. Sachez qu'un seul bordereau permet d'envoyer jusqu'à **4 boîtes**. Il suffit de coller les petites étiquettes autocollantes numérotées (2, 3, 4) sur les autres boîtes.
- J. Planifier une **cueillette** en appelant au numéro de téléphone inscrit sur le bordereau (1- 888- 744- 7123).

7. Envoyer un courriel pour confirmer l'expédition des échantillons de grains à :

- agro@pgg.ca
- josianne.caron@cerom.qc.ca

Veuillez indiquer dans l'objet du courriel : **Projet fertilisation blé**.

8. Finalement, SVP envoyer le fichier Excel de prise de données de rendement, poids spécifique et d'humidité aux deux mêmes adresses courriels. Veuillez indiquer dans l'objet du courriel : **Projet fertilisation blé**.

Vous pouvez utiliser la formule suivante pour calculer le rendement réel des grains de chaque parcelle :

$$Rdmt.réc = \frac{Masse\ récoltée * 10\ 000}{Superficie\ récoltée}$$

Où :

- **Rdmt.réc** (kg/ha) = Rendement en grains tel que récolté au champ
- **Masse récoltée** (kg) = Poids du grain récolté lors du passage de la batteuse
- **Superficie récoltée** (m²) =

$$5 \text{ quadrats} * [\text{longueur du quadrat (m)} * \text{largeur du quadrat (m)}]$$

Dans le même fichier Excel, calculer le rendement ajusté à 15% pour chacune des deux bandes suivant la formule :

$$Rdmt.15 = Rdmt.réc \times \frac{(100 - H.réc)}{85}$$

Où :

- **Rdmt.15** (kg/ha) = Rendement en grains ajusté à 15% d'humidité
- **Rdmt.réc** (kg/ha) = Rendement en grains tel que récolté au champ (soit à H.réc)
- **H.réc** (%) = Humidité réelle du grain lors de la récolte

Annexe IV – Paramètres d'évaluation de la qualité des grains

Dans tous les graphiques ci-dessous :

Le site 4 en 2023, il n'y a pas eu d'échantillonnage dans la parcelle sentinelle.

Pour le site 10 en 2023, la valeur représente les analyses des grains de la parcelle sentinelle et du reste du champ en raison du mélange des deux échantillons au moment de l'échantillonnage.

Le site 6 en 2023, le poids spécifique des grains n'a pas été réalisé, l'échantillon reçu par le laboratoire d'analyse était trop petit.

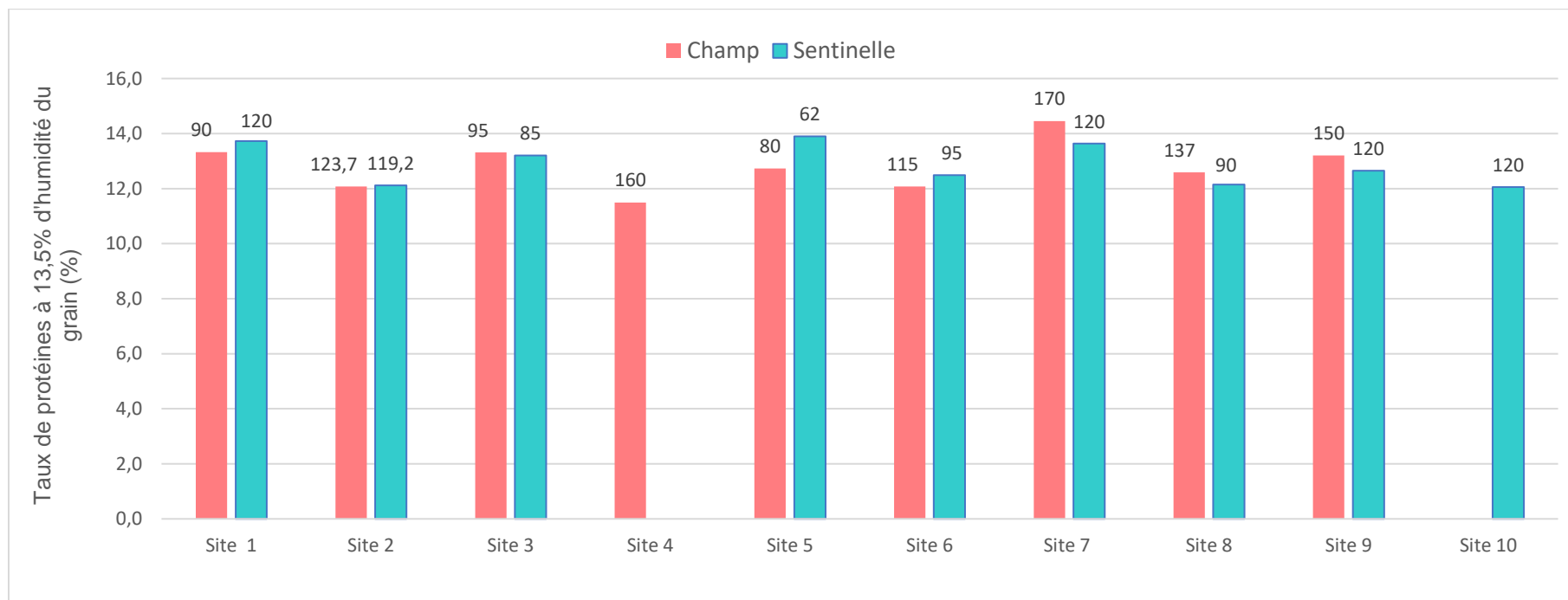


Figure 6 Taux de protéines à 13,5 % d'humidité du grain dans le champ et la parcelle sentinelle pour chacun des sites en 2023. Les valeurs au-dessus des barres indiquent l'apport en azote total en kg/ha appliqué dans chaque parcelle.

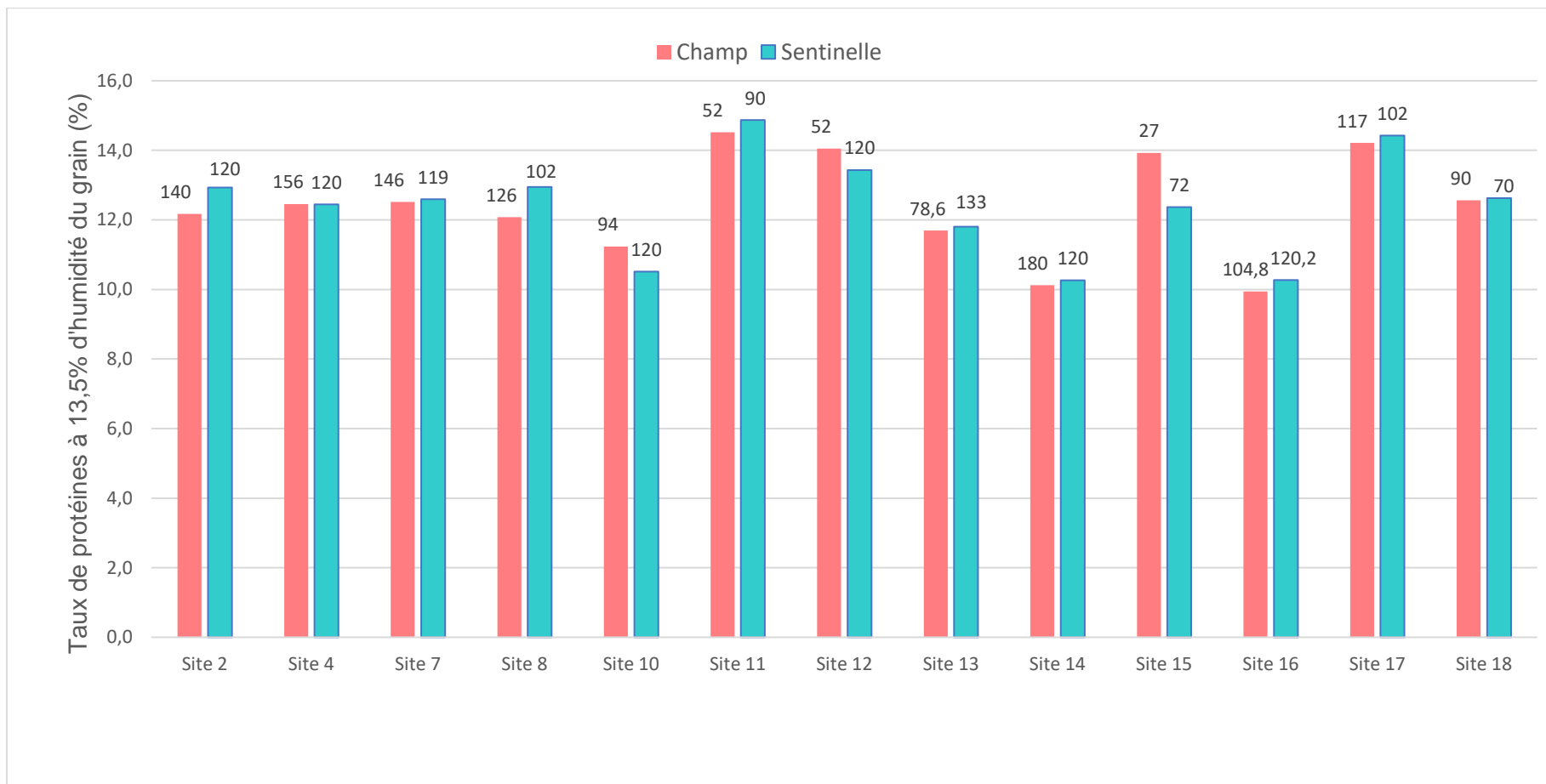


Figure 7 Taux de protéines à 13,5 % d'humidité du grain dans le champ et la parcelle sentinelle pour chacun des sites en 2024. Les valeurs au-dessus des barres indiquent l'apport en azote total en kg/ha appliqué dans chaque parcelle.

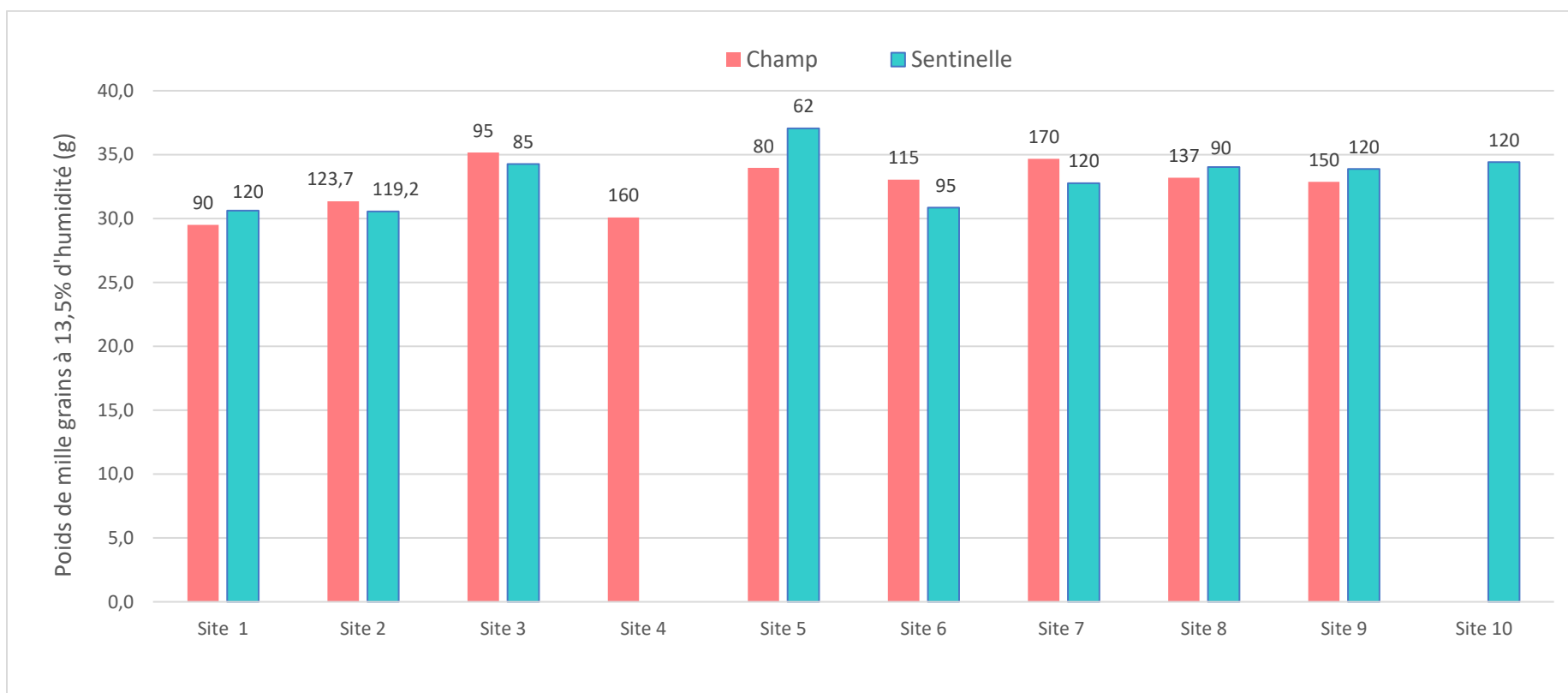


Figure 8. Poids de mille grains à 13,5 % d'humidité dans le champ et la parcelle sentinelle pour chacun des sites en 2023. Les valeurs au-dessus des barres indiquent l'apport en azote total en kg/ha appliqué dans chaque parcelle.

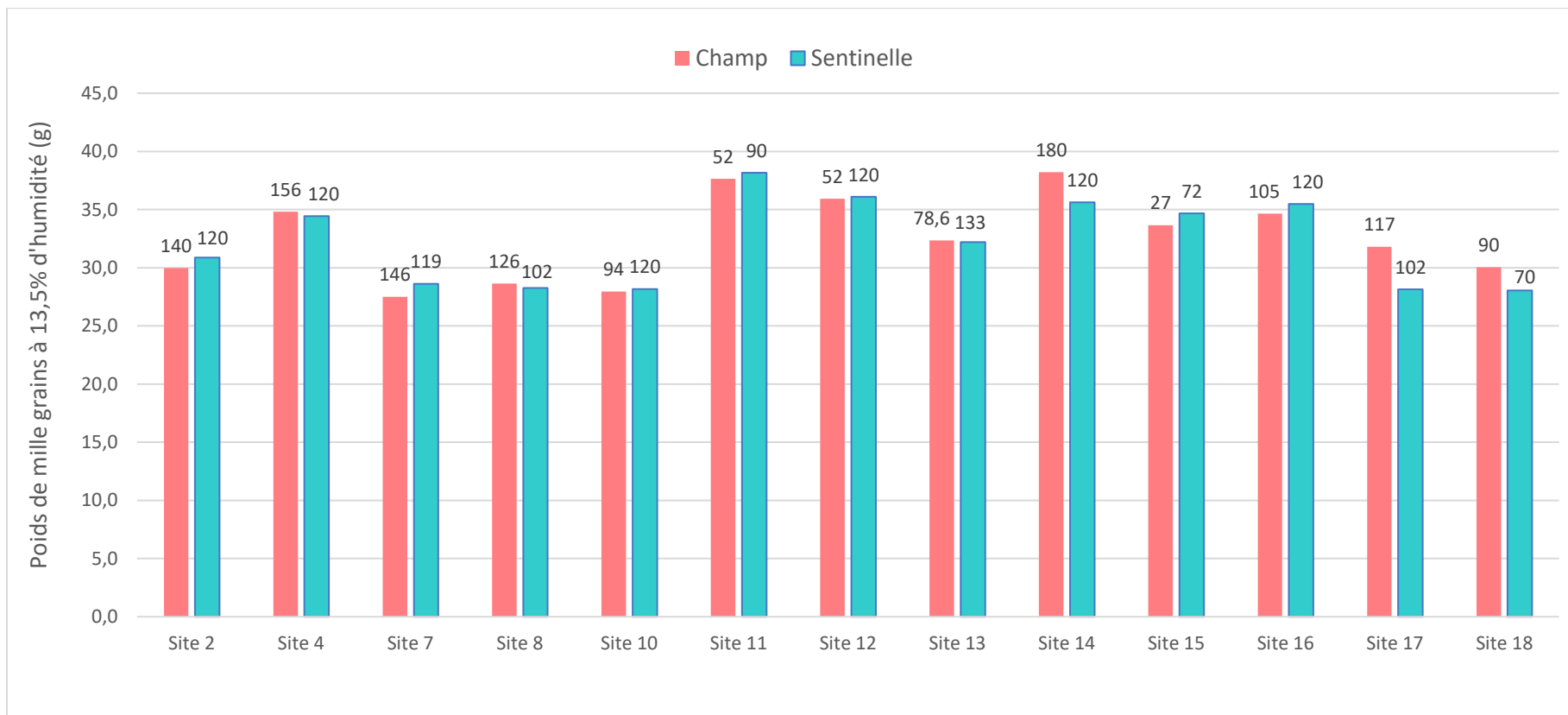


Figure 9. Poids de mille grains à 13,5 % d'humidité dans le champ et la parcelle sentinelle pour chacun des sites en 2024. Les valeurs au-dessus des barres indiquent l'apport en azote total en kg/ha appliqué dans chaque parcelle.

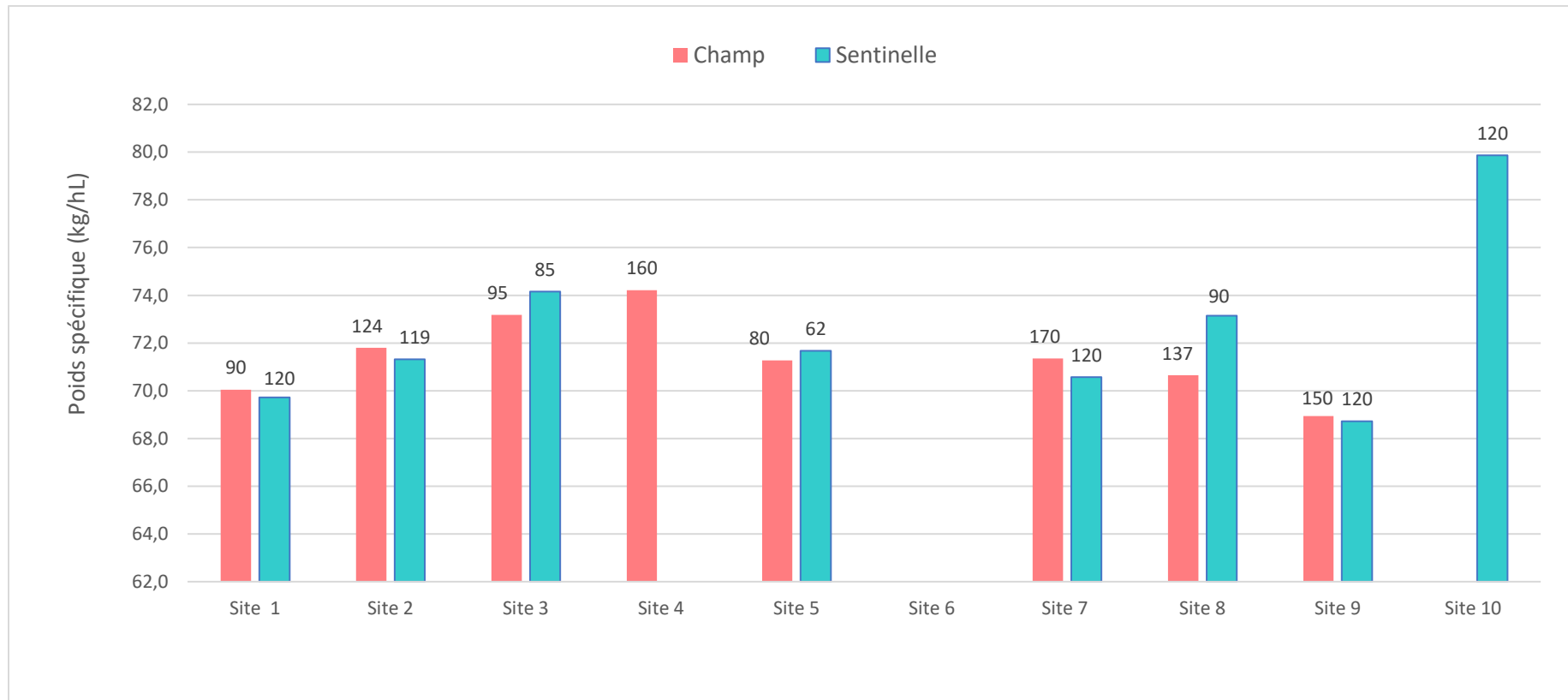


Figure 10. Poids spécifique du grain dans le champ et la parcelle sentinelle pour chacun des sites en 2023. Les valeurs au-dessus des barres indiquent l'apport en azote total en kg/ha appliqué dans chaque parcelle.



Figure 11. Poids spécifique du grain dans le champ et la parcelle sentinelle pour chacun des sites en 2024. Les valeurs au-dessus des barres indiquent l'apport en azote total en kg/ha appliqué dans chaque parcelle.

Annexe V – Tableau 8. Bilan des coût-bénéfices selon le rendement en grains, les coûts d'achat et de fractionnement du fertilisant

Année	No de site	Traitement	Nombre d' apport en azote	Mode d' application au semis	Mode d' application post-levée	Groupe textural du sol	Teneur en M.O (%)	Apport azoté (kg/ha)	Rendement en grains (kg/ha)	Différence des apports en azote (Champ – Sentinelle) (kg N/ha)	Différence de rendement en grains à 15% d' humidité (Champ – Sentinelle) (kg N/ha)	Coût total d' engrais appliqué (\$/ha)	Coût de machinerie pour l' application de fertilisant (\$/ha)	Revenu net (vente des grains – coûts engrais & machinerie) (\$/ha)	Marge de bénéfices (Champ – Sentinelle)
2023	Site 7	Sentinelle	2	Épandeur minéral	Épandeur minéral	G2	2,39	120	2895,04	50	-43	400,9 \$	16,0 \$	674,6 \$	-143,6 \$
		Champ	2	Épandeur minéral	Épandeur minéral	G2	2,39	170	2851,72			528,1 \$	16,0 \$	531,0 \$	
	Site 8	Sentinelle	2	Épandeur minéral	Épandeur minéral	G1	4,80	90	4494,40	47	-140	328,5 \$	16,0 \$	1 349,9 \$	-214,8 \$
		Champ	2	Épandeur minéral	Épandeur minéral	G1	4,80	137	4354,50			490,6 \$	16,0 \$	1 135,1 \$	
	Site 9	Sentinelle	3	Épandeur minéral	Épandeur minéral	G1	3,06	120	3443,20	30	142	418,6 \$	23,9 \$	855,5 \$	-30,9 \$

		Champ	3	Épandeur minéral	Épandeur minéral	G1	3,06	150	3584,80			502,9 \$	23,9 \$	824,7 \$	
	Site 1	Sentinelle	2	Épandeur minéral	Épandeur minéral	G1	3,70	120	2348,46	-30	211	389,7 \$	16,0 \$	479,7 \$	155,0 \$
		Champ	2	Épandeur minéral	Épandeur minéral	G1	3,70	90	2558,97			314,1 \$	16,0 \$	634,7 \$	
	Site 10	Sentinelle	2	Épandeur minéral	Applicateur d'azote liquide	G1	3,55	120	6018,63	-20	-126	378,5 \$	27,0 \$	1 863,5 \$	3,3 \$
		Champ	2	Épandeur minéral	Applicateur d'azote liquide	G1	3,55	100	5892,99			327,8 \$	27,0 \$	1 866,8 \$	
	Site 3	Sentinelle	2	Épandeur minéral	Épandeur minéral	G1	4,39	85	1641,90	10	580	358,9 \$	16,0 \$	244,2 \$	141,8 \$
		Champ	3	Épandeur minéral	Épandeur minéral	G1	4,39	95	2222,08			427,8 \$	23,9 \$	385,9 \$	
	Site 4	Sentinelle	2	Épandeur minéral	Épandeur minéral	G1	5,13	90	2406,16	70	564	201,4 \$	16,0 \$	689,8 \$	17,5 \$
		Champ	2	Épandeur minéral	Épandeur minéral	G1	5,13	160	2970,05			396,5 \$	16,0 \$	707,3 \$	
	Site 5	Sentinelle	2	Épandeur minéral	Épandeur minéral	G1	6,72	62	1016,80	18	260	269,3 \$	16,0 \$	98,1 \$	53,3 \$
		Champ	2	Épandeur minéral	Épandeur minéral	G1	6,72	80	1276,40			313,8 \$	16,0 \$	151,4 \$	
	Site 2	Sentinelle	2	Épandeur minéral	Épandeur minéral	G1	3,07	119,2	3497,10	5	519	688,9 \$	16,0 \$	613,5 \$	51,8 \$
		Champ	3	Épandeur minéral	Épandeur minéral	G1	3,07	123,7	4016,25			824,8 \$	23,9 \$	665,4 \$	
	Site 6	Sentinelle	2	n/a	n/a	G2	7,00	95	166,84	20	254	288,0 \$	n/a	n/a	n/a
		Champ	2	n/a	n/a	G2	7,00	115	420,45			328,5 \$	n/a	n/a	
2024	Site 2	Sentinelle	2	Épandeur minéral	Épandeur minéral	G2	3,77	120	4043,01	20	121	999,3 \$	16,0 \$	509,0 \$	-28,7 \$

		Champ	3	Épandeur minéral	Épandeur minéral	G2	3,77	140	4164,48			1 065,8 \$	23,9 \$	480,3 \$	
	Site 13	Sentinelle	2	Citerne de lisier	Épandeur minéral	G1	5,9	78,6	4474,10	54	283	104,1 \$	10,6 \$	1 572,0 \$	-47,6 \$
		Champ	2	Citerne de lisier	Épandeur minéral	G1	5,9	133	4757,00			258,3 \$	10,6 \$	1 524,4 \$	
	Site 11	Sentinelle	2	Épandeur minéral	Épandeur minéral	G1	10,6	90	4291,50	-38	-418	595,2 \$	16,0 \$	1 006,7 \$	113,7 \$
		Champ	2	Épandeur minéral	Épandeur minéral	G1	10,6	52	3873,70			324,0 \$	16,0 \$	1 120,4 \$	
	Site 12	Sentinelle	2	Épandeur minéral	Épandeur minéral	G2	3,63	120	4382,50	-68	-22	793,2 \$	16,0 \$	843,0 \$	461,1 \$
		Champ	2	Épandeur minéral	Épandeur minéral	G2	3,63	52	4361,00			324,0 \$	16,0 \$	1 304,1 \$	
	Site 10	Sentinelle	2	Épandeur minéral	Épandeur minéral	G1	2,97	120	5009,00	-26	-378	487,4 \$	16,0 \$	1 385,0 \$	2,1 \$
		Champ	2	Épandeur minéral	Épandeur minéral	G1	2,97	94	4631,00			350,7 \$	8,0 \$	1 387,2 \$	
	Site 15	Sentinelle	2	Épandeur minéral	Épandeur minéral	G1	3,07	72	2324,90	-45	-251	267,0 \$	16,0 \$	593,5 \$	80,4 \$
		Champ	1	Épandeur minéral	Épandeur minéral	G1	3,55	27	2074,10			100,0 \$	8,0 \$	674,0 \$	
	Site 16	Sentinelle	2	Épandeur minéral	Épandeur minéral	G1	2,82	120,2	7703,30	-15	493	221,3 \$	16,0 \$	2 666,9 \$	215,3 \$
		Champ	2	Épandeur minéral	Épandeur minéral	G1	2,82	104,8	8196,60			192,0 \$	16,0 \$	2 882,2 \$	
	Site 4	Sentinelle	2	Épandeur minéral	Épandeur minéral	G1	3,56	120	2219,50	36	244	185,6 \$	16,0 \$	635,2 \$	30,6 \$
		Champ	2	Épandeur minéral	Épandeur minéral	G1	3,56	156	2463,30			247,0 \$	16,0 \$	665,8 \$	
Site 7	Sentinelle	2	Applicateur d'azote liquide	Applicateur d'azote liquide	G1	2,63	119	3462,40	27	522	264,4 \$	38,0 \$	1 002,9 \$	135,0 \$	

		Champ	2	Applicateur d'azote liquide	Applicateur d'azote liquide	G1	2,63	146	3984,20			326,1 \$	38,0 \$	1 137,9 \$	
	Site 8	Sentinelle	2	Épandeur minéral	Épandeur minéral	G1/G3	4,61	102	3273,70	24	338	348,1 \$	16,0 \$	870,1 \$	51,4 \$
		Champ	2	Épandeur minéral	Épandeur minéral	G1/G3	4,61	126	3612,10			424,4 \$	16,0 \$	921,4 \$	
	Site 14	Sentinelle	2	Épandeur de fumier	Applicateur d'azote liquide	G1	2,83	120	8133,40	60	384	101,3 \$	23,4 \$	2 943,2 \$	25,3 \$
		Champ	3	Épandeur de fumier	Applicateur d'azote liquide	G1	2,83	180	8517,30			201,7 \$	42,4 \$	2 968,5 \$	
	Site 17	Sentinelle	4	Épandeur minéral	Épandeur minéral	G2	3,92	102	3175,54	15	646	266,0 \$	31,9 \$	899,3 \$	211,5 \$
		Champ	4	Épandeur minéral	Épandeur minéral	G2	3,92	117	3821,99			298,2 \$	31,9 \$	1 110,8 \$	
	Site 18	Sentinelle	2	Épandeur minéral	Épandeur minéral	G1	10,7	70	3227,40	20	623	164,7 \$	16,0 \$	1 036,1 \$	169,0 \$
		Champ	2	Épandeur minéral	Épandeur minéral	G1	10,7	90	3850,00			230,4 \$	16,0 \$	1 205,1 \$	