SNH

(Sonde Nitrates Hortau – Sensor for Nitrates by Hortau)

PROBLÉMATIQUE DE GESTION DE LA FERTILISATION AZOTÉE DES CULTURES VÉGÉTALES ET SOLUTION PROPOSÉE AVEC RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Une toute nouvelle approche avec un tout nouvel outil !

HORTAU

2026

Confidentiel et tous droits réservés © Hortau inc. 2026

V260917

Table des matières

1. Résumé 1
2. Problématique 2
3. Solution proposée 3
4. La technologie SNH 4
5. Démonstration expérimentale 6
   a) Dispositif : 6
   b) Rendements : 8
   c) Suivi des nitrates : 9
   d) Suivi des GES : 10
6. Une technologie unique 11
7. Impacts économiques 12
8. Perspectives 14
9. Conclusions 14
10. Remerciements 14
11. Contacts 16

Confidentiel et tous droits réservés © Hortau inc. 2026

1. Résumé

L'azote (N) est l'un des principaux éléments appliqués comme engrais aux sols agricoles et, sous sa forme nitrate (NO_3-), est la principale molécule d'azote assimilable par les plantes. Bien que le nitrate soit essentiel à la nutrition des plantes, il constitue l'une des principales voies de perte d'azote des sols puisque sa gestion actuelle est faite selon une approche empirique où le dosage est établi avec une marge importante sur les quantités appliquées. Ainsi, cette méthode qui permet généralement des rendements maximaux crée toutefois des conditions propices au gaspillage et cause une perte économique directe aux producteurs tout en amplifiant la pollution des eaux et les émissions de gaz à effet de serre (GES). Une approche plus précise et en temps réel permet dorénavant de remplacer cette stratégie empirique de l'azote par une gestion basée sur des données mesurées en continu dans le sol.

Le présent article propose une nouvelle technologie de mesure in situ des nitrates du sol qui permet une gestion de précision des applications d'azote en prenant en compte la disponibilité réelle des nitrates du sol en temps réel et en continu, peu importe leur source. En effet, la sonde nitrates Hortau (SNH) mesure de manière autonome les concentrations en nitrates des sols ainsi que d'autres paramètres importants pour une meilleure régie des cultures végétales.

Les résultats d'une démonstration au champ dans un système de production réel de pomme de terre sont présentés. Ainsi en moyenne, le potentiel de réduction de la fertilisation N est évalué à 30 % pour des rendements équivalents ou supérieurs tout en générant des économies de l'ordre de 80 $ à 160 $/ha aux producteurs dans les cultures exigeantes en N et ce, tout en réduisant les impacts environnementaux des GES et la pollution azotée.

L'efficacité et les bénéfices de la SNH ici démontrés confirment les données antérieures de plus de 10 années de développement et d'expérience dans plusieurs cultures, dont 8 ans de recherches appliquées en conditions réelles qui soulignent seulement une portion de son potentiel. En effet l'utilisation de la SNH pourra être élargie dans différents contextes climatiques, aux cultures abritées et dans d'autres domaines tels que la recherche scientifique et les applications environnementales. Forte de 10 années de développement et d'essais en condition réel de culture, la technologie atteint désormais une maturité qui permet son adoption à grande échelle. L'arrivée sur le marché de la technologie SNH ayant la fiabilité et la robustesse nécessaire à son utilisation autonome en conditions de champs pour toute une saison est un événement majeur pour la réduction des impacts des productions végétales sur l'environnement et pour améliorer la productivité agricole.

Confidentiel et tous droits réservés © Hortau inc. 2026

2. Problématique

La gestion de l'azote demeure aujourd'hui l'un des défis agronomiques les plus complexes en raison de sa grande variabilité dans le sol et de ses multiples voies de pertes. L'azote (N) est l'un des principaux éléments appliqués comme engrais aux sols agricoles et, sous sa forme nitrate (NO_3-), est la principale molécule d'azote assimilable par les plantes. Cependant, les nitrates sont solubles dans l'eau et très mobiles dans les sols, donc facilement transportés par ruissellement et lessivage lors de fortes pluies ou d'irrigation excessive. Le processus de minéralisation et de nitrification (dégradation des composés organiques en ammonium suivie de l'oxydation de l'ammonium en nitrate) peut également produire du protoxyde d'azote (N_2O), un puissant gaz à effet de serre. Le N_2O est également un intermédiaire dans le processus anaérobie de dénitrification, qui est la réduction du nitrate en N_2O et finalement diazote gazeux (N_2). Cette dénitrification survient lorsque les conditions du sol sont anoxiques, c'est-à-dire en manque d'oxygène quand le sol est gorgé d'eau par les pluies ou encore en raison de la compaction qui limite la circulation de l'air dans le sol.

Afin de mieux comprendre tous ces phénomènes liés à l'azote, la figure 1 illustre le cycle complet de l'azote en milieu agricole en présentant les échanges entre l'atmosphère et les sols à travers les principales activités reliées aux productions animales et végétales.

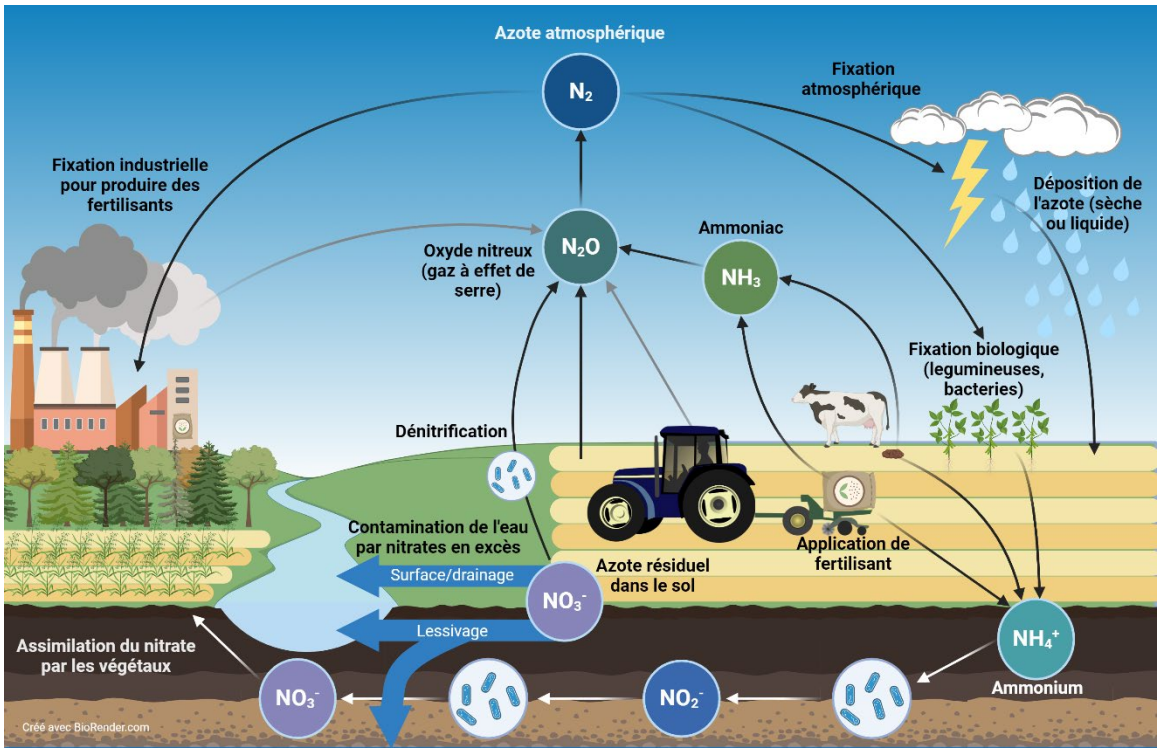


Figure1 : Le cycle de l'azote en milieu agricole.

Source : Agriculture et agroalimentaire Canada, https://agriculture.canada.ca/fr/environnement/gestion-ressources/indicateurs/azote-residuel-sol

Les facteurs qui influencent la portion du cycle de l'azote dans les sols décrits à la figure 1 sont entre autres la température, le pH, l'aération et l'humidité qui contrôlent à la fois l'activité biologique responsable des transformations de la matière organique et les réactions physico-chimiques qui les accompagnent. Les variations de ces facteurs d'influence étant très grandes combinées aux multiples interactions entre eux et les différents processus résultent en une aussi grande variabilité de la présence des composés de l'azote et en particulier celles des nitrates. Ces nombreux processus complexes rendent très difficile voir même impossible la prédiction précise de la concentration des nitrates dans la solution du sol. La possibilité de les mesurer en temps réel devient donc une révolution importante dans la compréhension des phénomènes qui contrôle la disponibilité en azote pour les cultures.

Ainsi, bien que le nitrate soit essentiel à la nutrition des plantes, il constitue également l'une des principales voies de perte d'azote des sols. Les nombreux facteurs affectant le potentiel de conversion des nitrates ainsi que le potentiel de pertes d'azote signifient que les concentrations en nitrate du sol peuvent changer rapidement, ce qui rend pratiquement impossible des prévisions précises basées sur les méthodes d'échantillonnage et d'analyse conventionnelles. En quelques jours seulement, les concentrations en nitrates peuvent fluctuer fortement sous l'effet des pluies, de la température du sol ou de son taux d'humidité, rendant toute approche ponctuelle inefficace.

Malgré des efforts de recherche considérables menés à travers le monde au cours des dernières décennies, la gestion de l'azote dans la fertilisation reste une approche empirique où le dosage est établi en considérant une marge importante sur les quantités appliquées. Cette marge permet ainsi d'assurer un apport suffisant en azote pendant la saison de croissance car il n'existe pas encore d'outils précis pour en mesurer ou prédire sa disponibilité dans le sol. Cette incertitude conduit fréquemment à appliquer 20 à 40 % d'azote excédentaire afin de sécuriser la saison, au détriment des coûts de production et de l'environnement. Cette méthode crée des conditions propices aux pertes par lessivage ou dénitrification des nitrates et qui génèrent des émissions de N_2O.

De plus, ces pertes dans l'environnement causent une perte économique directe aux producteurs par les engrais achetés en surplus qui amplifient la pollution des eaux et les émissions de gaz à effet de serre (GES).

3. Solution proposée

Afin de résoudre la problématique de gestion imprécise de la fertilisation en azote des cultures due aux grandes variabilités de la disponibilité des nitrates décrites précédemment, il est proposé d'utiliser une toute nouvelle technologie de mesure in situ des nitrates du sol qui permet une gestion de précision des applications d'azote en prenant en compte la disponibilité réelle des nitrates du sol en temps réel et en continu, peu importe leur source. Cette approche permet d'ajuster les apports selon le moment optimal, ce qui constitue un levier majeur pour maximiser l'efficacité de chaque unité de N appliquée.

Avec cette nouvelle technologie développée par Hortau depuis 2015, les expérimentations ont démontré les potentiels suivants :

- Des réductions de la fertilisation azotée (N) des pommes de terre 30 % en moyenne peuvent être réalisées sans réduire les rendements si les applications sont réalisées aux bons moments et selon les teneurs réelles en nitrates du sol.
- Des doses supplémentaires de N appliquées par fertigation ou par pulvérisation directe sur le feuillage peuvent être aussi efficace que le N traditionnellement appliqué au sol, permettant ainsi des fractionnements après les derniers buttages en fonction du besoin réel mesuré par les nitrates disponibles du sol.

Ainsi l'objectif du présent projet est de réaliser la démonstration d'une méthode adaptée aux réalités des producteurs afin d'atteindre les réductions escomptées dans le but de transposer et de faire adopter à grande échelle cette pratique. Les bénéfices escomptés sont des économies financières directes pour les producteurs et la réduction des impacts des productions végétales dans l'environnement.

4. La technologie SNH

La technologie SNH (sonde nitrates Hortau) permet de mesurer de manière autonome, en temps réel et en continu, les concentrations de nitrates des sols. Cette technologie brevetée utilise la méthode d'absorption des UV par les nitrates, déjà bien référencée en laboratoire. La méthode a été miniaturisée afin de réaliser les mesures directement dans le sol à l'aide d'une céramique qui maintient l'eau du sol en équilibre.

Les résultats actuels de cette technologie indiquent que des réductions des applications d'engrais azotés en moyenne de 30 % sont possibles avec des rendements équivalents ou supérieurs. Ces taux d'application inférieurs en N ont également réduit significativement les émissions de GES grâce à une diminution des émissions de N_2O après l'application des engrais azotés aux sols ainsi qu'à une réduction des émissions de GES produite lors de la fabrication et du transport de ces engrais.

La SNH permet de prendre en compte toutes les sources d'azote qui alimentent la production des nitrates dans le sol, qu'elles soient minérales ou organiques. Ainsi, les contributions difficilement mesurables de la matière organique du sol, des fumiers, des engrais verts, des engrais à libération lentes ou tout autres formes sont mesurées tout comme celles des engrais solubles conventionnels.

En plus de la mesure des nitrates du sol, la sonde fournie la mesure de la salinité de la solution du sol (conductivité électrique), de la tension (disponibilité de l'eau) et de la température du sol qui sont toutes des données utiles pour de meilleures prises de décisions par les producteurs pour leurs régies des cultures. Les plages de mesures des paramètres du sol sont présentées au tableau 1 :

Tableau 1 : Intervalles et unités des paramètres mesurés par la SNH

N-NO3 :	0 - 300 ppm
Conductivité électrique (CE ou salinité) :	0 - 10 dS/m
Tension :	0 - 80 kPa
Température :	5 - 40°C

Les mesures combinées des nitrates, de l'eau disponible et de la température permettent également d'estimer les risques de dénitrification et de lessivage des nitrates du sol qui sont affichés dans l'interfaces en termes de durée des périodes favorable à ces phénomènes. La combinaison de ces paramètres permet une interprétation agronomique beaucoup plus fine en incluant cette évaluation des risques de pertes en cours de saison.

La sonde SNH illustrée à la figure 2 est disponible depuis 2026 avec une première version commerciale ayant la fiabilité et la robustesse nécessaire à son utilisation autonome en conditions de champs pour toute une saison. Cette autonomie au champ est assurée par une station Hortau standard alimenté d'un panneau solaire de 5W.



Figure 2 : Image de la sonde SNH-V8, disponible commercialement depuis 2026.

5. Démonstration expérimentale

a) Dispositif :

Le dispositif expérimental utilisé pour réaliser cette démonstration a été implanté durant la saison 2025 dans une production réelle de pommes de terre dans un champ irrigué de 60 acres cultivé avec la variété Goldrush. Deux bandes de 3,3 acres chacune ont été délimitées et marquée pour créer des zones de comparaison de la fertilisation, soit une bande conventionnelle et une bande de gestion de l'azote avec la SNH. Le dispositif consiste plus précisément à appliquer des doses réduites de N en début de saison dans la bande SNH, soit à la plantation et au buttage qui est le dernier passage de la saison qui permet de mettre des engrais conventionnels au sol. Dans la bande conventionnelle et le reste du champ, la fertilisation normale du producteur est appliquée en guise de témoin. Par la suite, les applications complémentaires de N sont faites avec une arroseuse commerciale pour appliquer des doses de N en fonction de la disponibilité mesurée en nitrates dans le sol par la SNH, jusqu'à ce que le feuillage de la culture débute naturellement sa sénescence en fin de saison.

Les applications d'azote sont détaillées ainsi pour les deux traitements :

Traitement Témoin (TT) : fertilisation du producteur en N-P-K

- Préplantation : 0-0-125 en KCl
- Planteur : 90-130-100 avec 27-0-0, MAP, SPM et KCl
- Buttage : 110-0-40 avec 27-0-0, SPM
- Total : 200-130-245 unités N-P-K pour la saison

Traitement Réduction (TR) :

- Préplantation : 0-0-125 en KCl
- Planteur : 90-130-100 avec 27-0-0, MAP, SPM et KCl
- Buttage : 30-0-11 avec 27-0-0, SPM => Total 60 % du N Témoin (120/200)
- Fertigation N par application à l'arroseuse : 15 kg/ha N par passage
    - 3 passages réalisés : cumul de 165/200 kg/ha N (82,5 % du témoin)

En résumé pour les traitements :

- Le traitement Témoin reçoit toute sa fertilisation azotée en 2 passages de début de saison, soit à la plantation et au buttage qui survient quelques semaines plus tard.
- Le traitement réduction reçoit 40 % d'azote en moins en début de saison et des compléments d'azote sont réalisés par la suite seulement au besoin selon les mesures de la SNH.

Figures 3 à 6 : Photographies prises au site de production des pommes de terre au cours de la saison 2025 :



3. Vue du champ à partir de la station météo en début de saison



4.Station SNH nouvellement installée en juin 2025



5. Vue du champ à la floraison en juillet 2025



6. Vue aérienne du champ en fin août 2025

b) Rendements :

Les rendements des deux traitements ont été évalués par échantillonnage des pommes de terre sur deux longueurs de 6 mètres de rang et sur 5 points d'échantillonnage pour chacune des bandes, Témoin et Réduction. Aucune différence significative sur le rendement n'a été observée entre les deux traitements mais une efficacité d'utilisation de l'azote significativement plus élevé a été obtenue dans le traitement Réduction.

Tableau 2 : Paramètres de rendement mesurés pour les pommes de terre produites avec une fertilisation réduite en début de saison comparativement à la fertilisation témoin.

Paramètre - Unités	Traitement Témoin	Traitement Réduction
Rendement - Qtx/acre	245	245
Tubercules – Nombre/acre	71 697	76 214
Quantité N appliqué - kg/acre	81 (200 Kg/ha)	67 (165 Kg/ha)
Efficacité N – kg-Rdt/kg N	303	336 *

* Effet significatif

c) Suivi des nitrates :

La figure suivante présente le suivi des nitrates et de la tension mesurés tout au long de la saison 2025 par la SNH dans la production des pommes de terre de la zone d'application réduite en azote en début de saison. La mesure des nitrates (NO3 TR), figurée par la courbe verte, est comparés aux moments des applications d'azote avec l'arroseuse et aux variations de la tension du sol (T-SNH).

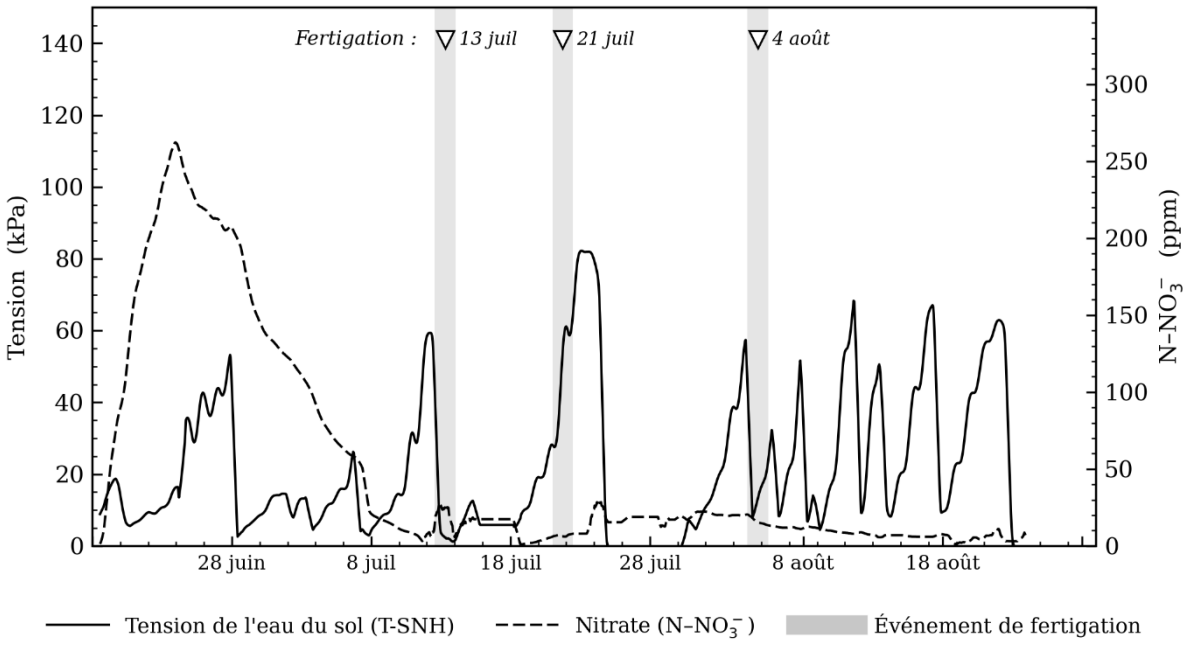


Figure 7 : Suivi des nitrates, de la tension et des fertigations N pour le Traitement Réduction dans un champ de pomme de terre de 60 acres en 2025

La dose N réduite au buttage à 120 kg/ha par rapport aux 200 kg/ha de N reçu dans le Témoin a permis de réduire le pic de concentration initiale à environ 260 ppm-N par rapport au pic du Témoin qui a atteint 600 ppm-N (non présenté au graphique). Cette importante réduction de concentration en N dans le sol en début de saison, alors que les jeunes plants prélèvent encore faiblement les éléments nutritifs du sol, contribue à réduire les pertes environnementales de N incluant les émissions de GES et a aussi le potentiel de réduire la salinité pour un meilleur développement racinaire.

Les compléments de N à l'arroseuse ont été appliqués au moment où la SNH indiquait une baisse de concentration en nitrates du sol. On remarque sur le graphique que les 2 premières fertigations ont été clairement détectées par la SNH tandis que la 3^{e} a montré un pic très faible mais visible. Les variations de nitrate ont été détectées rapidement après les événements d'application et ce même lorsque le sol était à plus de 10 kPa pour la 3^{e} application. Globalement, la SNH a montré que les fertigations ont rehaussé les nitrates détectés à près de 0 ppm avant la

première dose, jusqu'à un peu plus de 20 ppm en dehors des pics des applications. En fin de saison, lorsque les plants sont passablement flétris, on remarque une remontée des nitrates comme nous l'avons souvent observé les années précédentes. Cette remontée est attribuée au ralentissement des prélèvements racinaires en fin de période de croissance et suggère également que la fertilisation N de la bande Réduction a été suffisante.

d) Suivi des GES :

Le suivi des GES est réalisé selon un protocole spécifiquement établi pour la culture des pommes de terre et produit par un consultant spécialisé indépendant (Enviro-Accès, Sherbrooke, Canada) dans le cadre du programme de Technologie du développement durable du Canada (TDDC) actuellement administré par le Programme d'aide à la recherche industrielle du Conseil national de recherches du Canada (PARI-CNRC) sous le volet Technologies propres. Le scénario de référence a été établi sur la base de la production réelle du producteur en début de projet de développement de la nouvelle technologie d'Hortau.

Les résultats comparatifs d'émission des GES entre la bande de réduction et le scénario de référence ont été conformes aux résultats antérieurs issus du développement de la technologie en étant dans l'intervalle des 20 à 30 % de réduction en N. Les réductions obtenues en GES sont attribuables en proportion comparables aux 2 sources suivantes :

1. La réduction de l'eau d'irrigation utilisée que le système Hortau réduit l'énergie utilisée pour le pompage.
2. La réduction de la fertilisation N qui résulte en une utilisation moindre d'engrais qui produit des GES lors de sa fabrication et qui produit moins de N_2O à la suite de l'application aux sols.

La réduction résultante en GES du présent projet de démonstration a ainsi été de 388 kg-eCO_2/acre **qui équivaut en hectare à 960 kg-eCO_2** grâce à une réduction en eau d'irrigation de 60 % et une réduction en azote de 21 %. Les résultats du calcul sont présentés en détails au Tableau 3, tiré du fichier calculateur du projet.

Tableau 3 : Calculs des réductions des GES obtenues dans la parcelle de 3,3 acres du traitement Réduction implantée dans un champs de pomme de terre de 60 acres.

GHG Reductions - B1-P1 (potato cultivation) Réductions GES/3,3 acres - Réduction N 21 %

	Source, Sink or Reservoir (SSR)	Nature of Impact	Project P1 GHG Emissions ($kgCO_2e$/acre)	Baseline Scenario B1 GHG Emissions ($kgCO_2e$/acre)	GHG Emission Reductions (B1-P1) ($kgCO_2e$/acre)	% of Reduction
B. UPSTREAM ELEMENTS DURING PROJECT / BASELINE SCENARIO OPERATION						
B1	Extraction, production and distribution of fossil fuels	Related	15	50	34,7	8,9%
B2	Production and transportation of fertilizer	Related	376	435	59	15,1%
B3	Production and transmission of electricity	Related	-	-	-	0,0%
C. ELEMENTS DURING PROJECT / BASELINE SCENARIO OPERATION						
C1	Irrigation water pumping	Controlled	54	181	126,9	32,7%
C2	Fertilizer application and nitrogen losses to the atmosphere	Related	617	785	168	43,3%
	Total GHG Emissions ($kgCO_2e$/acre) :		**1 062**	**1 451**	**388**	100,0%
	Total GHG Emissions - Excluding fertilizer production ($kgCO_2e$/acre) :		**686**	**1 016**	**330**	100,0%

Total GHG Emissions (tCO_2e/project) :	**4**	**5**	**1**

6. Une technologie unique

Comme il n'existe pas d'équivalent commercial actuellement disponible pour régir la fertilisation azotée avec précision par des mesure en temps réel et en continu, la seule concurrence est l'approche conventionnelle c'est à dire à l'aide d'analyse de laboratoire accompagné d'essai empirique de dosage différent.

Les performances de la SNH sont ainsi comparées à la méthode recommandée au Canada pour déterminer les teneurs en nitrate du sol qui demande de procéder à un échantillonnage de sol à l'aide d'une tarière hollandaise puis à ramener les échantillons de sol frais au laboratoire, de les extraire au KCl 1M puis à les doser sur un auto-analyseur pour obtenir la concentration en nitrate du sol. Tout ce processus demande du temps, du personnel au champ et en laboratoire avant d'obtenir les résultats. De plus, ce test est effectué peu de temps avant le semis ou la plantation et il est rarement effectué durant la saison de croissance en culture commerciale. Il est ainsi impossible de gérer efficacement ce que l'on ne peut mesurer. Les nitrates sont extrêmement mobiles dans les sols et sujet à plusieurs transformations suivant les conditions environnementales. Nous pouvons facilement imaginer à quel point un échantillon ponctuel ne représente qu'un petit parti des informations nécessaire à une régie plus efficace de la fertilisation azotée.

Cette nouvelle approche avec la SNH vise à concrétiser des réductions potentielles des applications d'azote tout en optimisant les rendements, tel qu'Hortau l'a observé dans ses parcelles expérimentales des dernières années. De telles réductions en azote génèrent des bénéfices économiques directes pour les producteurs tout en réduisant aussi significativement les GES liés à la production des engrais et aux réactions des sols qui génèrent des quantités importantes de N_2O et autres pollutions diffuses en proportion avec les quantités d'engrais appliquées.

De plus, ces résultats cadrent parfaitement avec les objectifs de plusieurs régions du monde en termes de réduction des applications d'azote et de leurs impacts environnementaux :

- Aux États-Unis : De nombreux programmes fédéraux sont en place tels que le « USDA NRCS Nutrient Management » pour limiter les excédents de la fertilisation, le « National Water Quality Initiative » pour améliorer la qualité des eaux, le « Climate Action Reserve – N Protocol » pour réduire les émissions de N_2O, Le « Fertilizer Production Expansion Program » pour la réduction des engrais synthétiques et plus d'efficacité auxquels s'ajoutent le « Recherche & Innovation (USDA, NIFA) » pour le développement de technologies de fertilisation raisonnée et les réglementation par États en complémentent.

- En Europe : Plusieurs directives telles que la Directive nitrates, Le Pacte Vert, la Directive NEC, de même qu'une stratégie européenne sur les engrais et un programme d'éco-conditionnalités (PAC) visent à réduire la pollution par les nitrates, la perte de nutriments, la dépendance aux engrais et leurs impact généraux.

- Au Canada : Agriculture et Agroalimentaire Canada s'est fixé l'objectif de réduire de 30 % les applications d'azote au pays d'ici 2030.

7. Impacts économiques

Les impacts économiques de l'utilisation de cette nouvelle méthode sont directs pour les producteurs agricoles grâce à la réduction des achats de fertilisant azotés. Le tableau 4 présente les économies et les réductions potentielles de GES pour des cultures comme la pomme de terre ou le maïs selon des taux de réduction de l'azote appliqué en fertilisation de 20 %, 30 % et 40 % respectivement.

Tableau 4 : Résumé des économies réalisées en achat d'engrais azotés et en réductions des GES en fonction du taux de réduction en azote en comparaison avec le témoin de la fertilisation conventionnelle.

Paramètre	**Scénario Référence**	**Réduction N 20 %**	**Réduction N 30 %**	**Réduction N 40 %**
Apport en N kg-N/ha	210	168	147	126
Coût du N appliqué $/ha	420 $	336 $	294 $	252 $
Économie * kg-N/ha	**0**	**42**	**63**	**84**
Économie $/ha	**0 $**	**84 $**	**126 $**	**168 $**
Réduction GES pour N seul kg eCO_2/ha	0	524	785	1044
Réduction GES pour N + Eau kg eCO_2/ha	0	734	995	1257

* Pour un prix moyen de N à 2,00 $/kg, Source : Producteurs de grains du QC 2025 (PGQ)

Ces résultats économiques sont basés sur plus de 8 années de recherches appliquées avec différent stades de prototypes et différentes cultures. Un résumé de ces résultats expérimentaux obtenus en conditions de champ de 2018 à 2025 est présenté au tableau 5.

Sur la base de l'ensemble des résultats obtenus, il a été établi que la moyenne visée des réductions en N est de 20 à 30 % mais on note que plusieurs résultats ont dépassé les 40 % de réduction. L'objectif est ainsi conservateur mais réaliste sous différentes conditions et en tenant compte des variabilités climatiques saisonnières de l'agriculture qui peut influencer les résultats.

Il en est de même pour les rendements où ces résultats des champs laboratoire ont démontré des gains importants en plus des réductions en N. L'objectif visé sur les rendements est donc au minimum de ne pas les réduire.

Les autres bénéfices plus difficilement mesurables économiquement sont reliés aux réductions des GES et de la pollution diffuse liée à l'azote qui consistent en des bénéfices sociaux et environnementaux d'importance dans les contextes de la qualité des eaux, de l'air et des changements climatiques.

Tableau 5 : Bilan des résultats obtenus sur l'eau, l'azote et les rendements par la recherche expérimentale réalisée de 2020 à 2025 sur différentes cultures.

Culture	**Paramètre**	**Écarts obtenus 2018-25** **- : réduction, + : augmentation**
Pomme de terre	Eau	-20 à -63 %
	N	-19 à -32 %
	Rendement	0 à +11 %
Houblon	Eau	-32 à -43 %
	N	-10 à -39 %
	Rendement	0 à +28%
Amande	Eau	0 à -43 %
	N	-21 %
	Rendement	+23 à +39 %
Framboise*	Eau	-9%
	N	-8%
	Rendement	+7%

* Résultats d'une première année expérimentale qui visait seulement à adapter le système Hortau à la culture. Des optimisations significatives sont anticipées.

8. Perspectives

La poursuite des travaux de recherche avec ce nouvel outil de gestion de la fertilisation est importante afin d'élargir les spectres d'utilisation de la méthode à de nombreuses autres cultures et d'améliorer ses performances. Les références d'usage, les seuils d'interventions et les dosages optimisés des applications de N sont parmi les nombreux points à approfondir ou à établir.

De plus, l'utilisation de la SNH doit être élargie et démontrée dans différents contextes climatiques ainsi qu'aux cultures abritées dont les besoins azotés sont élevés. Son utilisation dans d'autres domaines d'applications telles que la recherche scientifique, les études et autres suivis environnementaux présente également un fort potentiel à exploiter.

9. Conclusions

La SNH est un nouvel outil qui a fait ses preuves avec plus de 10 années de développement, dont 8 ans de recherches appliquées en conditions réelles avec différents stades de prototypes. L'arrivée de la première version commerciale est ainsi un événement déterminant afin de déployer les bénéfices économiques et environnementaux de cette nouvelle technologie et de sa nouvelle approche de la fertilisation azotée. Son efficacité est ici démontrée avec les tous derniers résultats qui confirment les données antérieures et soulignent seulement une portion de son potentiel.

Les bénéfices sont nombreux allant des gains économiques directes pouvant atteindre plus de 160$/ha pour les producteurs ajoutés aux bénéfices environnementaux et sociaux associés aux réductions importantes des GES et de la pollution d'origine agricole.

L'arrivée sur le marché de la technologie SNH avec une version ayant la fiabilité et la robustesse nécessaire à son utilisation autonome en conditions de champs pour toute une saison est un événement majeur pour arriver à réduire les impacts négatifs des productions végétales sur l'environnement et pour améliorer la productivité et la rentabilité agricole.

Cette avancée marque le début d'une nouvelle ère de fertilisation intelligente.

10. Remerciements

Les 10 années d'activités de recherche et développement décrits dans ce document ont été rendus possibles grâce aux contributions et aux collaborations de plusieurs partenaires impliqués depuis 2015 dans ce projet d'envergure.

Nous soulignons en particulier le soutien financier des programmes suivants :

- Technologies du développement durable Canada (TDDC) devenu le volet Technologies propres du PARI-CNRC.
- Le gouvernement du Québec pour les objectifs du Plan pour une économie verte 2030.

- Le programme pour la recherche scientifique et le développement expérimental (RS&DE) du Canada et du Québec.
- Le programme d'aide à la recherche industrielle (PARI) du Canada.
- Le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG) du Canada.

Nos principaux partenaires et collaborateurs :

- Le Centre collégial de transfert technologique Optech
- Houblon des jarrets noirs
- Fermes Tri-Jardins
- Le Centre collégial de transfert technologique Coalia
- Université Laval
- Université de Sherbrooke
- Université de Californie à Riverside
- Synagri
- Li-Cor

11. Contacts

Hortau inc.	**info@hortau.com**	**www.hortau.com**

Siège social Canada

966 Chemin Olivier, Suite 450
Lévis, QC, G7A 2N1
1-833-6-HORTAU

Ventes :
Caroline Letendre
Directrice des ventes
Tél : 418.836.7927 #229
Cell : 418.456.3131
cletendre@hortau.com

Siège social US

624 Clarion Court
San Luis Obispo
California, 93401
1-888-5-HORTAU

Ventes :
Jeremy Otto
Vice President of Sales
Cell : 805.748.5505
jotto@hortau.com