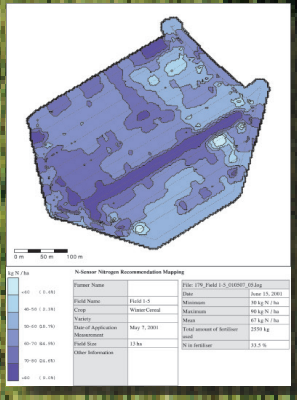
Knowledge grows

Yara N-Sensor®



La fertilisation azotée de précision



N-Sensor®

Epandez, c'est modulé !

Introduction

Le N-Sensor® s'inscrit dans la gamme d'outils agronomiques d'aide à la décision proposés par Yara, au même titre que le N-Tester™, NutriPlan™ et ExtranPlan™, comme l'outil d'agriculture de précision qui permet de corriger l'hétérogénéité intraparcellaire en modulant les apports d'azote.

Yara N-Sensor® et Yara N-Sensor® ALS fournissent aux agriculteurs une solution pour ajuster, en temps réel et en tout point de la parcelle, la dose d'azote à appliquer en fonction des besoins de la culture. L'utilisation du N-Sensor® permet simultanément d'améliorer le rendement et de réduire l'impact environnemental en augmentant l'efficacité de l'azote épandu, contribuant ainsi à la rentabilité de la culture.
Dans notre centre de recherche et développement en Allemagne, une équipe spécialisée réalise chaque année les essais agronomiques et les évolutions techniques destinés à améliorer les performances et élargir le champ d'utilisation de l'équipement. Le concept N-Sensor® repose sur l'expertise du leader mondial de la fertilisation azotée.

Résultats : des **marges améliorées** *et une* **efficacité de l'azote augmentée**.





Développement

Le N-Sensor® a été développé par l'équipe de recherche et développement de Yara à Hanninghof en Allemagne. Après plusieurs années de mise au point et de tests, l'appareil a été lancé commercialement en 1999. Cet outil, monté sur la cabine du tracteur ou d'un pulvérisateur, est facilement transférable d'une machine à une autre et offre une solution pratique aux agriculteurs souhaitant moduler leurs apports d'azote et gérer la variabilité intra-parcellaire.

En 2005, le N-Sensor® ALS (Active Light Source) a été mis au point. Embarquant sa propre source de rayonnement lumineux, il permet de s'affranchir de la lumière du jour pour travailler et constitue une réponse adaptée dans le cadre d'une utilisation intensive de l'appareil (entreprises, prestations de services, grandes exploitations, Cuma…).

Résultats de la recherche agronomique

Chaque année, des essais agronomiques et des évolutions techniques sont réalisés pour perfectionner le dispositif. Avant la validation sur une nouvelle culture, un grand nombre d'expérimentations doit être effectué pour relier la réflectance mesurée par l'appareil à l'absorption d'azote par la culture, en prenant en compte les interactions avec les stades de développement, les variétés, les densités de semis, les niveaux de biomasse et les teneurs en azote des feuilles. Quand le modèle est validé, la nouvelle calibration est mise à disposition des utilisateurs.

Depuis son lancement, ce processus est également mis en œuvre pour perfectionner les calibrations déjà existantes pour les cultures principales telles que les céréales d'hiver et le colza.





N-Sensor® et N-Sensor® ALS : de nombreuses distinctions internationales

- Médaille d'or " RASE Machinery Award " Royal Show, Royal Agricultural Society of England (RASE), 2008 (Royaume-Uni)
- Prix de l'innovation " AE 50 Outstanding Innovations ", American Society of Agricultural Engineering, 2001 (Etats-Unis)
- 1er Prix " Golden Ear with Flower " Ministry of Agriculture, Agricultural Fair Budweis, 2001 (République Tchèque)
- 1er Prix " Excellence (new Technologies) ", FIMA, 2001 (Spain)
- Prix de l'environnement " Svenska Lantmannen ", 2000 (Suède)
- Médaille d'or " Best European Innovation ", AGROMEK, 1998 (Danemark)
- Prix de l'innovation ELMIA salon agricole, 1998 (Suède)
- " Anton-Schlueter-Award ", KTBL, 1998 (Allemagne)
- Médaille d'or de l'innovation, salon AGRITECHNICA, 1997 (Allemagne)

Gérer la variabilité intraparcellaire de la nutrition azotée

Prendre en compte la variabilité …

… de l'azote minéral du sol

Dans les parcelles hétérogènes, le reliquat d'azote minéral sur la profondeur d'enracinement peut varier de 20 à 120 kg N/ha.

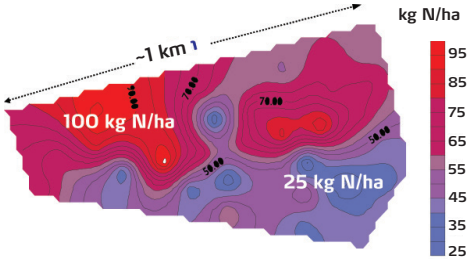


Figure 1 - Reliquat azote minéral

… de la minéralisation des matières organiques

Selon l'historique organique de la parcelle, son taux d'humus, sa texture et le climat, la minéralisation de la matière organique peut être extrêmement variable.

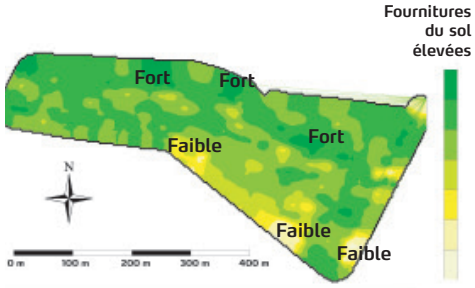


Figure 2 - Minéralisation de la matière organique

… des besoins de la culture

Les états de nutrition au sein de la parcelle peuvent être également très hétérogènes (cartographie de conseils N-Tester).

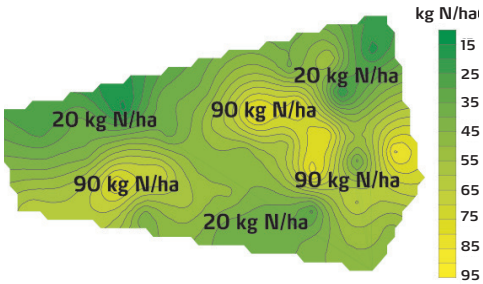


Figure 3 - Besoin 3ème apport sur blé.

Vers une utilisation optimale …

L'hétérogénéité des parcelles est une réalité souvent sous-estimée et méconnue. Les niveaux de nutrition azotée des cultures et le rendement peuvent varier considérablement d'un endroit à l'autre de la parcelle. Il est alors logique d'adapter la fertilisation azotée à chaque zone en fonction des besoins de la culture.

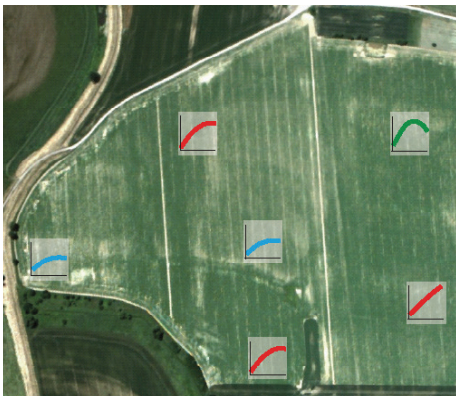


Photo aérienne d'une parcelle de blé au printemps : rendement et dose d'azote optimale varient fortement selons les zones.



Dans l'exemple théorique ci-dessous d'une parcelle avec 3 zones de potentiels de rendement, il existe 3 types de réponse du rendement à l'azote. Chacune de ces courbes de réponse se caractérise par un rendement différent et une dose d'azote optimale différente. Dès lors, l'application d'une dose d'azote uniforme sur chacune de ces zones (*figure 4*) conduit soit à une perte de rendement dans les zones à potentiel et besoins plus élevés soit à une sur-fertilisation azotée dans les zones de plus faibles besoins. A l'inverse (*figure 5*), avec le N-Sensor® la dose d'azote est adaptée à chaque zone et permet soit un gain de rendement, soit une économie d'azote.

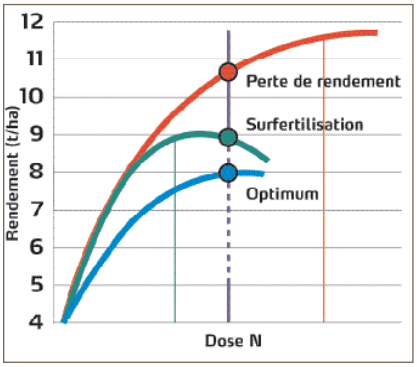


Figure 4 - Application d'une dose constante dans toute la parcelle quel que soit son besoin en azote.

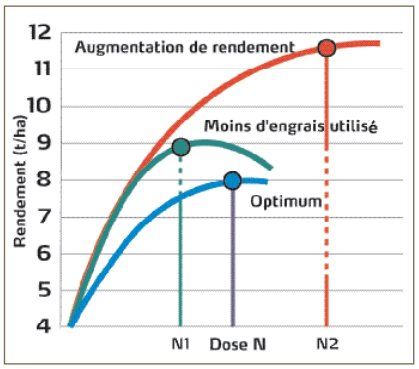


Figure 5 - Avec N-Sensor®, la dose est adaptée à chaque zone de la parcelle

En résumé, N-Sensor® identifie les différents états de nutrition azotée et permet d'apporter la bonne dose au bon endroit en évitant sur et sous fertilisation.



Principe de fonctionnement

N-Sensor® détermine en temps réel l'état de nutrition azotée de la culture grâce à la mesure de la réflectance du couvert végétal. Celle-ci correspond à la fraction de la lumière reçue qui est réfléchie par la culture. Installés sur la cabine du tracteur ou de l'automoteur, les capteurs optiques du N-Sensor® scannent la culture de chaque côté par une visée oblique. Quel que soit le modèle, N-Sensor® et N-Sensor® ALS mesurent ainsi en continu deux bandes de 3 à 4m de large (*figure 6*). N-Sensor® est équipé de 4 capteurs (2 par côté) mesurant la réflectance de la lumière naturelle et d'un capteur d'irradiance orienté vers le ciel permettant de corriger la mesure lorsque les conditions lumineuses varient (passage nuageux, variation de luminosité, temps couvert). N-Sensor® ALS est équipé de 2 capteurs de réflectance couplés à 2 sources lumineuses émettant vers la culture, qui autorisent son utilisation même la nuit.

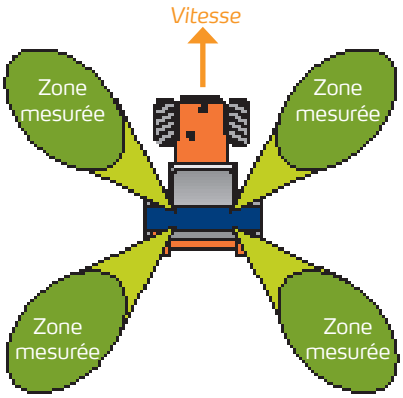


Figure 6- Zone mesurée

Le travail de recherche réalisé pour la mise au point du N-Sensor® a tout d'abord consisté à identifier les longueurs d'onde pertinentes à mesurer sur le spectre de réflectance (*figure 7*) afin d'évaluer avec le plus de précision possible l'état de nutrition azotée de la culture. Deux longueurs d'onde ont été retenues, l'une dans le rouge du spectre visible reliée à la teneur en chlorophylle de la plante (couleur de la culture) et l'autre dans le spectre proche infrarouge reliée à la biomasse.



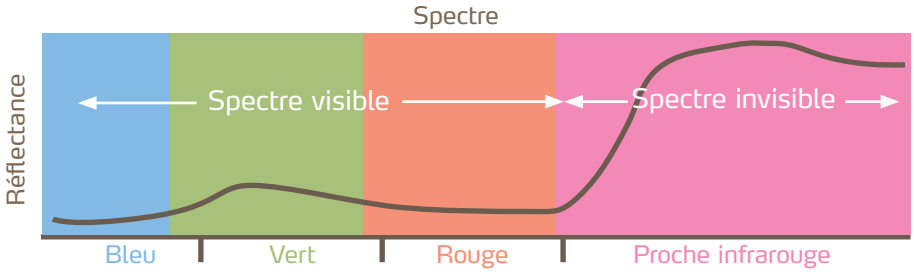


Figure 7- Courbe de réflectance caractéristique des végétaux

Schématiquement, à l'aide de ces signaux, le N-Sensor® évalue la quantité d'azote absorbée par la culture et, en les combinant avec les informations entrées par l'utilisateur et les modèles de calibration, traduit ces données en une dose d'azote à épandre en chaque point de la parcelle. Une consigne est ensuite transmise au contrôleur électronique (DPAE) de l'épandeur ou du pulvérisateur ce qui permet d'adapter la dose d'engrais à apporter.
L'ensemble du processus, depuis l'analyse de la culture jusqu'à l'ajustement de la dose d'engrais s'effectue en une fraction de seconde et permet de parler d'agronomie « en temps réel » (*figure 8*).

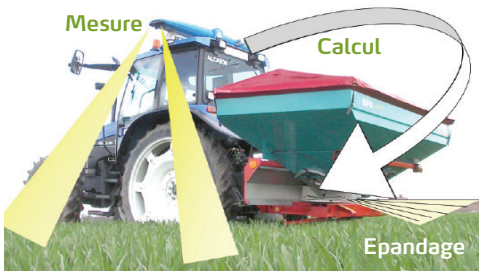
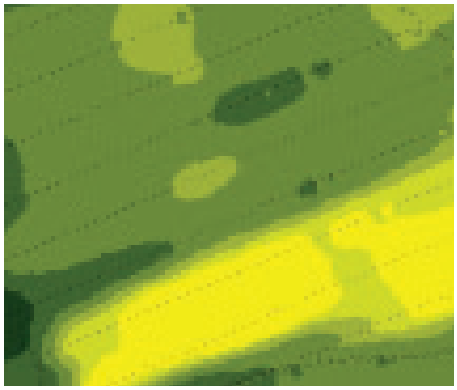
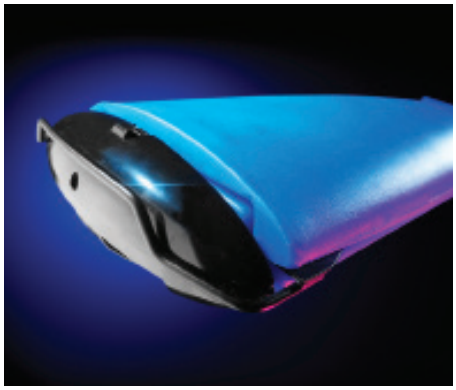


Figure 8- En temps réel, N-Sensor® mesure la réflectance du couvert végétal et évalue le niveau de nutrition azotée afin d'adapter la dose d'azote.







Calibration et mise au point

La plupart des capteurs du marché se contentent de fournir des cartes d'indices de végétation du couvert végétal. N-Sensor® a fait l'objet de très nombreux essais agronomiques de calage afin de mettre au point les régles de régulation de la dose d'azote en fonction des cultures et des stades.

Les indices N-Sensor® sur céréales d'hiver (blé, orge, seigle triticale) ou colza sont étroitement corrélés aux quantités d'azote absorbé par les cultures (figures 9 et 10).

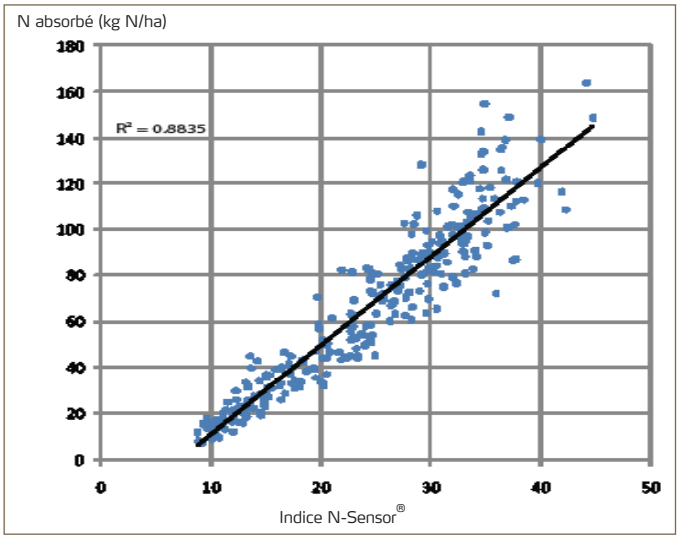


Figure 9 - Relation quantité N absorbée vs indice N-Sensor® sur blé.

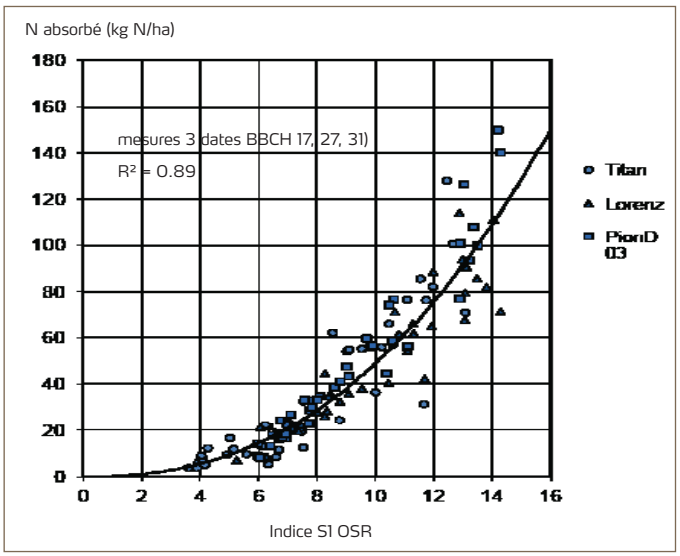


Figure 10 - Relation quantité N absorbée vs indice N-Sensor® sur colza.

Les mesures d'azote absorbé et les relations avec les doses optimales d'azote à apporter constituent les fondements de la calibration du N-Sensor® sur les différentes cultures (figure 11).

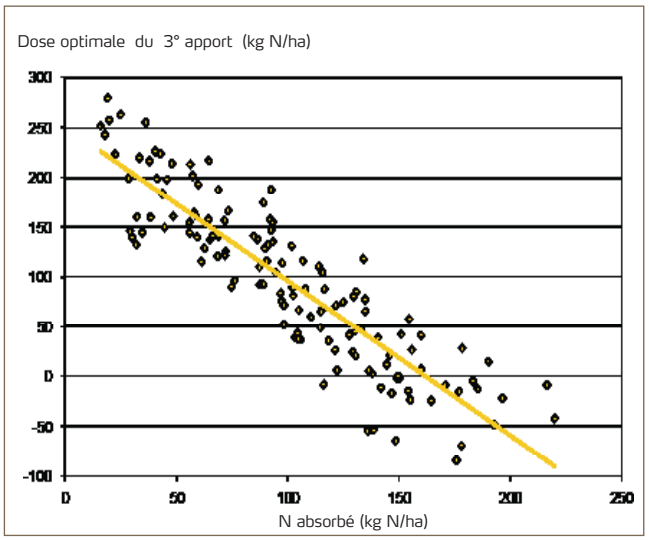
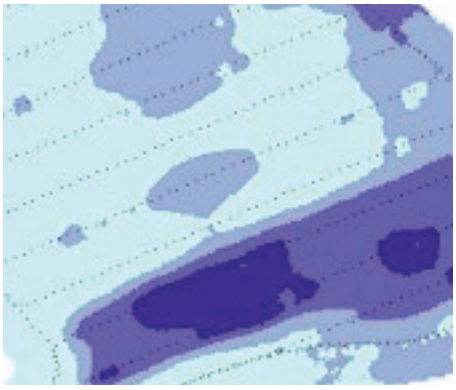


Figure 11 - Relation dose N optimale vs quantité N absorbé sur blé.

Pour la plupart des cultures, le processus expérimental est le suivant :

- **Mise en place d'essais agronomiques pluri-annuels et multi-sites.**
- **Développement des règles de décision et des algorithmes de régulation des doses.**
- **Validation des régles en essais micro-parcelles.**
- **Validation des résultats en grandes parcelles chez les agriculteurs par des essais en bandes.**
- **Implémentation des nouvelles règles dans le logiciel N-Sensor®.**







Principes de régulation et compatibilité matériel

- Dans les zones **bien alimentées** en azote, la **dose** est **diminuée** (figure 12).
- Dans les zones où l'état de **nutrition** est **faible**, la **dose** d'azote est **renforcée**.
- Dans les zones faiblement alimentées avec une **biomasse** trop **faible**, la **dose** est **diminuée**.

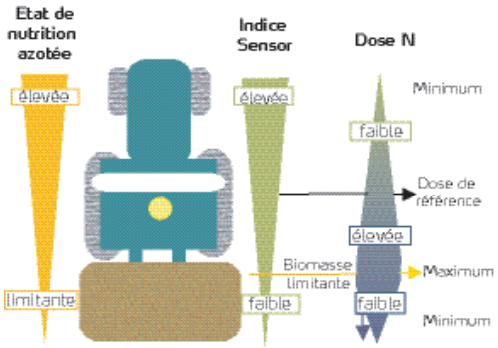


Figure 12 - N-Sensor® module la dose d'azote en prenant en compte la quantité de chlorophylle et la biomasse en chaque point de la parcelle.

Pour les trois modes de fonctionnement décrits, une valeur de coupure de biomasse **(Biomass cut off)** est nécessaire, celle-ci est renseignée par défaut dans le système.

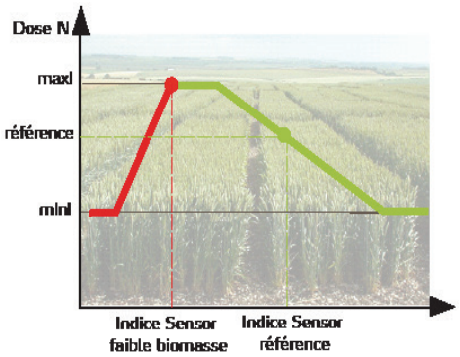
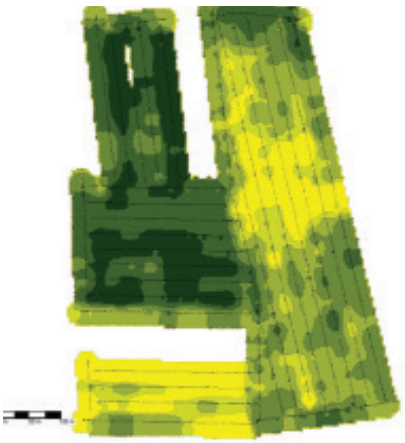


Figure 13 - Principe de régulation

Cette valeur varie en fonction du stade et de la culture et indique au N-Sensor® de réduire la dose au minimum lorsque la biomasse mesurée est inférieure à la valeur de coupure.
Cette approche permet d'éviter d'épandre inutilement de l'azote sur des zones de la parcelle dont le potentiel est très réduit en raison d'une biomasse limitante incapable de valoriser l'azote apporté et par conséquent d'éviter une sur-fertilisation.



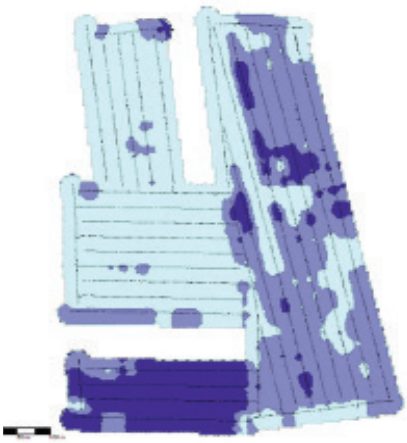


Figure 14 - La carte d'application N est le résultat du traitement en temps réel des indices N-Sensor.

La gamme des cultures disponibles

Le N-Sensor® est actuellement paramétré pour les cultures suivantes

- blé d'hiver,
- orge d'hiver, triticale et seigle
- blé de printemps
- orge de printemps
- colza
- pomme de terre
- maïs

Le N-Sensor® est également expérimenté sur certaines cultures légumières de plein champ au Royaume-Uni, sur canne à sucre au Brésil et sur riz en Inde.

Compatibilité matériel

N-Sensor® est compatible avec la plupart des épandeurs et pulvérisateurs du marché équipés de contrôleurs électroniques DPAE "ouvert".
Pour plus d'informations, contacter notre distributeur :

SBS - Barbereau Sarl
M. Yves Barbereau
15, rue Jean Rostand
37390 Notre Dame d'Oé
Tél/Fax : 02 47 55 27 00
Port. : 06 07 46 52 79
e-mail : barbereau@creaweb.fr
site internet : www.agri3000.fr

Marques d'épandeurs compatibles







Modes d'utilisation

Depuis son lancement, de nouveaux modes de fonctionnement et de nouvelles calibrations ont été ajoutés au système pour améliorer sa précision et sa facilité d'utilisation.

Azote modulé

Il s'agit du mode d'utilisation standard du N-Sensor® permettant l'application modulée d'azote. Il requiert un étalonnage rapide sur une zone de référence de la parcelle et la saisie d'une dose d'azote pivot (ou dose de référence) avant d'entreprendre l'épandage. Le N-Sensor® module son apport autour de cette dose pivot en fonction des mesures effectuées sur la culture, augmentant la dose dans les zones où l'état de nutrition azotée est inférieur à l'indice de référence et la diminuant quand le niveau de nutrition est supérieur.

Dose Cible

Le mode Dose Cible a été conçu pour moduler sur la parcelle une dose d'azote préalablement déterminée en fonction des indices mesurés par le N-Sensor® . Dans ce mode, un processus d'auto-étalonnage calibre l'appareil en continu dès les premiers passages d'épandage et remplace l'étalonnage standard. Après 1 ou 2 passages, la précision obtenue augmente et tend vers l'obtention de la dose moyenne souhaitée.

Calibration Absolue

La Calibration Absolue a été lancée en 2010 pour le colza. Dans ce mode, le N-Sensor® mesure directement la quantité d'azote absorbé par le couvert, sans étalonnage préalable et établit directement une préconisation de dose d'azote en fonction du stade d'intervention.

Comparée à une fertilisation classique, cette approche validée pendant 3 ans avant son lancement a démontré une amélioration de l'efficacité de l'azote qui a permis de maintenir les rendements tout en diminuant significativement les doses épandues.

D'autres façons d'utiliser son N-Sensor®

L'équipement N-Sensor® offre d'autres modes de fonctionnement qui permettent d'élargir sa palette d'utilisation.

Appliquer une carte de préconisation

Ce mode de fonctionnement peut être utilisé pour épandre n'importe quel produit (engrais PKMg ou phytosanitaire) en fonction d'une carte de préconisation préalablement réalisée. Dans ce mode, les capteurs Sensor sont alors déconnectés et le travail s'effectue uniquement en prenant en compte la carte de préconisation. Néanmoins, les indices N-Sensor® peuvent être enregistrés et stockés en mémoire.

Défanage des pommes de terre (potato haulm killing)

Mis au point en 2007 par le laboratoire Plant Research International de l'université de Wageningen aux Pays-Bas, un module supplémentaire du N-Sensor® a été développé pour gérer le défanage chimique de la pomme de terre en fonction des variations de biomasse au sein de la parcelle.

La modulation du défoliant à l'aide du N-Sensor® se traduit au final par une utilisation plus réduite de produit (en moyenne plus de 40% d'économie dans les expérimentations). Ce module est disponible sur le Yara N-Sensor® sous licence accordée par Plant Research International.

Autres applications :

En collaboration avec divers partenaires, tels qu'Agricon et Proplant en Allemagne et la coopérative suédoise Svenska Lantmännen, d'autres modules ont été développés pour répondre à des besoins et contextes agronomiques précis :

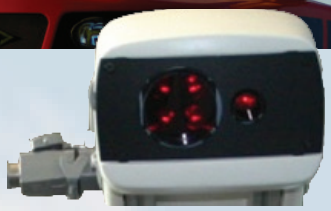
- Modulation des régulateurs de croissance permettant d'économiser de 10 à 30 % de matière active sans baisse de rendement.
- Modulation azote sur orge brassicole
- D'autres axes de recherche sont également abordés comme les traitements localisés d'herbicides, la calibration utilisateur qui permet de bâtir soi-même ses règles de décision.



N-Sensor®, deux équipements, une même approche



Aileron



Capteur optique et émetteur



Aileron



Calculateur, spectromètres et fibres optiques



Capteurs optiques



Terminal Windows® et logiciel



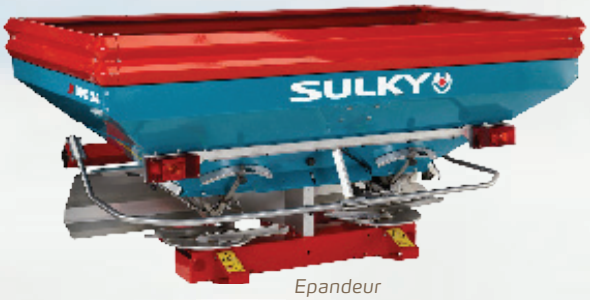
Antenne GPS



Clé USB — Carte mémoire



Contrôleur électronique DPA de l'épandeur



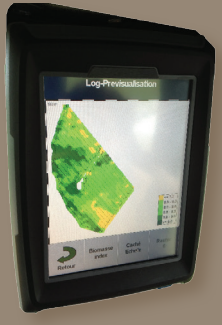
Epandeur

Le terminal du N-Sensor® fonctionne sous Windows®

Les terminaux du N-Sensor® fonctionnent sous Windows®. Ils sont simples à utiliser, intuitifs et ergonomiques et peuvent :

- être utilisés comme console de guidage ou d'auto-guidage,
- afficher les cartographies,
- visualiser en temps réel les variations intra-parcellaires,
- laisser l'utilisateur reprendre la main sur l'automatisme à tout moment pour qu'en dernier ressort l'utilisateur contrôle la machine.

En outre, des applications complémentaires pour la modulation de doses de semis, le guidage et l'autoguidage, la coupure de tronçon pour les pulvérisateurs peuvent également être installées .











Un outil de connaissance

Un outil agronomique

Bien que N-Sensor® puisse fonctionner de manière autonome sans GPS, il est généralement livré avec un pack GPS permettant à l'utilisateur d'enregistrer son travail et de générer ses cartes de biomasse et d'apport d'azote. Outre son utilisation dans le domaine de la fertilisation, N-Sensor® peut être utilisé tout au long de la saison pour cartographier les parcelles lors de chaque intervention. Ces cartes sont de précieux outils agronomiques car elles indiquent avec fidélité et précision les zones de faibles biomasses ou atypiques. Elles permettent de retourner sur ces zones afin d'identifier la cause d'un problème. Ces cartes d'indices N-Sensor® peuvent également être corrélées aux cartes de rendement et assurer une traçabilité intra-parcellaire des épandages.

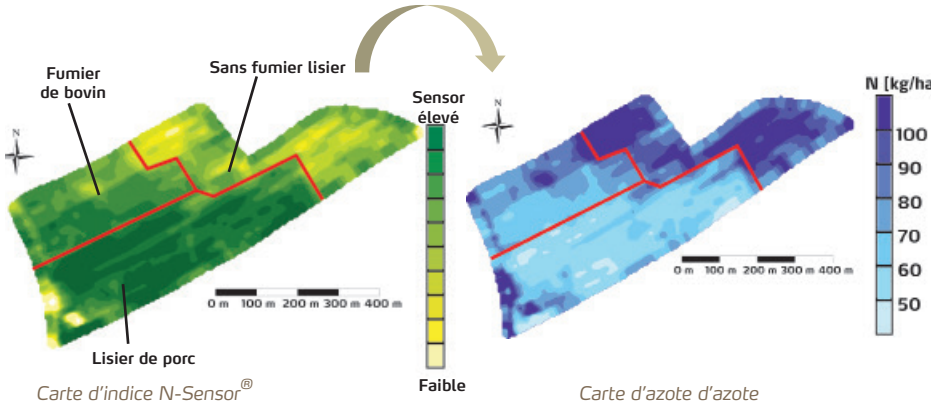
Les informations recueillies sur le terrain sont stockées sur une clé USB, une carte mémoire ou via internet et sont facilement transférables sur un ordinateur de bureau. Pour les utilisateurs équipés d'un terminal Windows® et d'une connexion sans fil (wifi, Gprs, 3G), le transfert à distance via Internet des données du terminal N-Sensor® est également possible.



Réalisation facile des cartes

Des cartes de biomasse ou d'apport d'azote au format pdf peuvent être générées facilement par notre service internet **www.sensoroffice.com**.
Il est également possible de visualiser ces cartes sur **Google Earth®**. Ces documents contribuent à la traçabilité des pratiques de fertilisation.





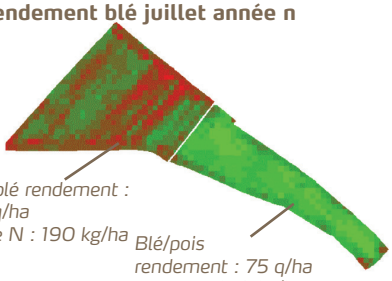
Carte d'indice N-Sensor® *Carte d'azote d'azote*

Figure 15 - Exemple : 1999 Allemagne. Parcelle d'orge d'hiver avec apport organique en sortie hiver.

N-Sensor®, témoin de la vie de la parcelle

Suivi d'une parcelle dans les Yvelines (78).

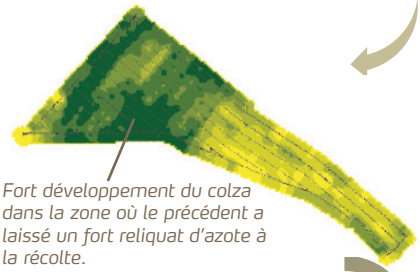
Rendement blé juillet année n



Blé/blé rendement : 40 q/ha
Dose N : 190 kg/ha

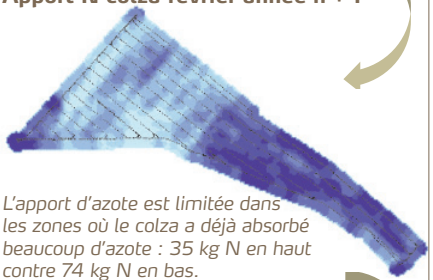
Blé/pois rendement : 75 q/ha
Dose N : 140 kg/ha

Biomasse colza février année n + 1



Fort développement du colza dans la zone où le précédent a laissé un fort reliquat d'azote à la récolte.

Apport N colza février année n + 1



L'apport d'azote est limitée dans les zones où le colza a déjà absorbé beaucoup d'azote : 35 kg N en haut contre 74 kg N en bas.

Rendement colza juillet année n + 1



La modulation de la dose d'azote a permis d'adapter la dose d'azote au besoin du colza et d'obtenir un rendement homogène sur toute la parcelle. Rendement moyen de 40 q/ha en haut et 38 q/ha en bas.

Figure 16 - Cas d'une succession blé-colza

Les avantages de N-Sensor®

Un meilleur rendement

L'expérience montre que N-Sensor® est particulièrement valorisé dans les parcelles hétérogènes qui révèlent les gains les plus importants. Il est nécessaire d'accumuler de nombreuses références expérimentales pour dégager des tendances fiables. Yara a mené un très grand nombre d'essais dans toute l'Europe et notamment en France avec Arvalis-Institut du végétal pour quantifier les gains apportés par la modulation de l'azote.

La figure 17 présente les différences de rendement entre application modulée avec N-Sensor® et application d'une dose fixe sur 186 essais européens sur céréales d'hiver pour une même dose totale d'azote apportée. Dans 82 % des cas, il y a un avantage à la modulation N-Sensor® qui s'élève en moyenne à 3,2 % (2.6 q/ha) et peut atteindre jusqu'à 12 % sur certains essais.

Des résultats similaires ont également été obtenus sur colza (figure 18) : rendement amélioré, dose d'azote et balance entrée-sortie d'azote diminuées.

Une meilleure efficacité de l'azote

En contribuant à appliquer la bonne dose d'azote au bon endroit, la modulation N-Sensor® apporte un bénéfice environnemental en améliorant l'efficacité de l'azote épandu. Les zones surfertilisées et la part d'azote non utilisé au moment de la récolte sont réduits diminuant ainsi le risque de lessivage. L'utilisation du N-Sensor® se traduit souvent par une meilleure balance azotée comparée à la conduite classique. La figure 19 présente les résultats d'un réseau d'essais mené sur 5 ans comparant les rendements et les doses totales d'azote entre la modulation N-Sensor® et la pratique habituelle agriculteur. En moyenne, le rendement est augmenté de 6,9 % quand parallèlement l'utilisation d'azote est diminuée de 12,7 %.

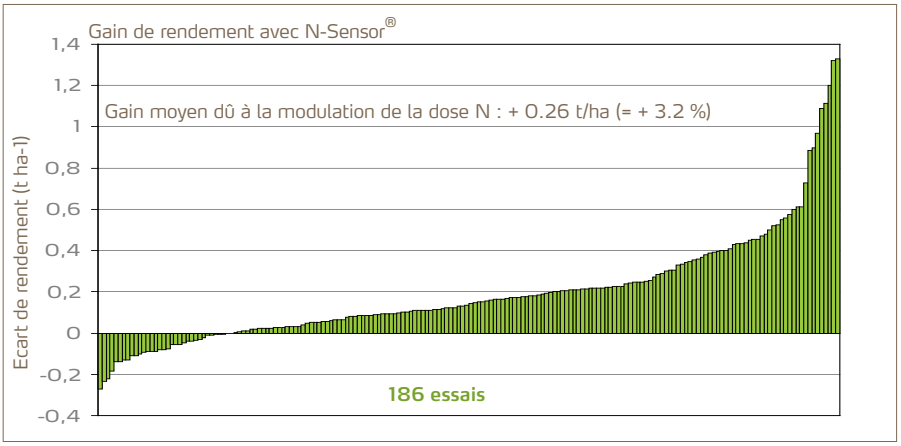


Figure 17 - Différence de rendement avec N-Sensor® 186 essais (172 blés d'hiver, 14 orges d'hiver) de 1999 à 2005

		2005	2006	2007	Moyenne	
Rendement (q/ha)	uniforme	+33.7	+45.9	+38.2	+39.3	
	N-Sensor	+35.5	+48.7	+38.2	+40.8	
	Ecart	**+1.80**	**+2.80**	**0.00**	**+1.53**	**+3.9%**
Dose N (kg N/ha)	uniforme	+178	+156	+170	+168	
	N-Sensor	+150	+182	+91	+141	
	Ecart	**-28**	**26**	**-79**	**-27**	**-16.1%**
Marge azote (€/ha)	uniforme	+1019	+1466	+1184	+1223	
	N-Sensor	+1108	+1541	+1255	+1301	
	Ecart	**+88**	**+75**	**+71**	**+78**	**+6.4%**
Balance N entrée-sortie (kg N / ha)	uniforme	+67	+5	+44	+39	
	N-Sensor	+33	+21	-35	+6	
	Ecart	**-34**	**+16**	**-79**	**-32**	

Figure 18 - Comparaison sur colza de la conduite N-Sensor® et de la pratique agriculteur normale

	Nbre d'essais	Rendement	Dose d'engrais	Gain
2001	8	+ 4 %	- 9 %	42 €/ha
2002	8	+ 4 %	- 11 %	41 €/ha
2003	2	+ 10 %	- 9 %	90 €/ha
2004	2	+ 7 %	- 14 %	62 €/ha
2005	4	+ 5 %	- 13 %	50 €/ha
Moyenne	24	+ 6 %	- 12 %	57 €/ha

Figure 19 - Essais en Allemagne : augmentation du rendement, réduction de la dose apportée permise par l'apport modulé N-Sensor® et amélioration de la rentabilité de 57 €/ha en moyenne sur 5 années en céréales d'hiver.

… une marge améliorée et un impact environnemental réduit.

Les avantages de N-Sensor®

Réduction de la verse

L'un des avantages les plus fréquemment observés par les utilisateurs du N-Sensor® est la réduction de la verse sur céréales. En minimisant les surfaces en sur-fertilisation, le N-Sensor® réduit la verse notamment des cultures les plus sensibles (orge et escourgeon) qui impacte la rentabilité par la perte de rendement, la perte de qualité, le temps perdu à la récolte et les frais de séchage supplémentaires éventuels. Sur colza, les couverts trop denses ou sur-fertilisés (apports organiques non maitrisés) sont également très sensibles à la verse avec des pertes de rendement pouvant atteindre jusqu'à 30 % (figure 20).

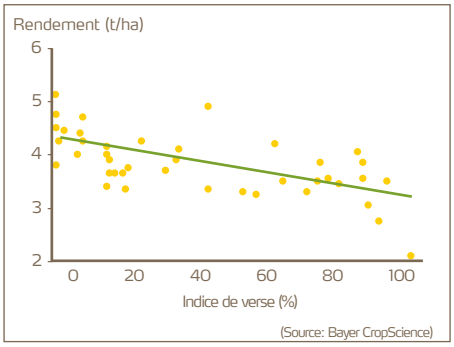


Figure 20 - Effet de la verse sur le colza

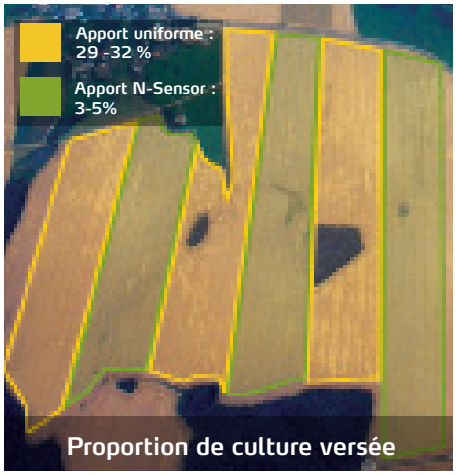
La photo ci-dessous a été prise lors d'un essai mené en Allemagne en 2002 année très humide. Sur cette parcelle conduite à l'identique : variété, itinéraire technique, dose d'azote proche, la différence entre la zone modulée avec N-Sensor® et la zone non modulée est flagrante. La zone modulée N-Sensor® est beaucoup moins versée. D'autres essais menés en 2004 sur de grandes parcelles (100 ha) sur le même thème ont confirmé ce résultat : la verse est limitée à 3-5 % a vec le N-Sensor® contre 29-32 % en fertilisation classique pour une dose d'azote épandue identique.

Amélioration de la productivité des moissonneuses-batteuses

A l'heure de la réduction des charges de mécanisation et de la chasse au sur-équipement, des économies sur le temps de récolte et les frais de séchage sont possibles avec N-Sensor® grâce à des cultures plus homogènes à maturité.

Dans des essais indépendants menés en Allemagne par Feiffer Consult entre 2002 et 2004, les gains de productivité des moissonneuses atteignent 18,5 % en moyenne (de 10 à 26 % suivant les essais) et permettent de diminuer le nombre de jours nécessaires pour la récolte (figure 21) ou bien de réduire sensiblement les pertes de grain au battage pour une même capacité horaire.

Il a également été montré qu'en homogénéisant les niveaux de nutrition azotée dans la parcelle, l'application modulée d'azote contribue à réduire la variabilité des teneurs en protéines à la récolte. En 2002, une expérimentation a quantifié cette réduction à plus de 60% comparativement à une fertilisation classique uniforme.





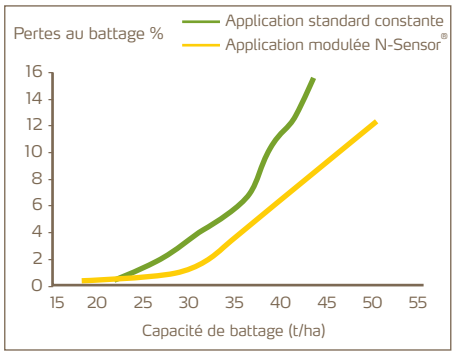


Figure 21 - Amélioration des performances des moissonneuses-batteuses







Comparaison du N-Sensor® avec d'autres appareils

N-Sensor® dispose d'une haute précision

Pouvant acquérir des mesures à chaque seconde, N-Sensor® dispose d'une très haute résolution permettant des cartographies plus précises avec une surface explorée supérieure à tous les autres capteurs embarqués existants.
N-Sensor® scanne la culture de chaque côté du tracteur ou du pulvérisateur et peut mesurer jusqu'à 38 % de la surface de travail (en fonction de la largeur d'épandage et de la hauteur d'installation). Bordures de parcelles boisées ou obstacle en plein champ ne gênent nullement son fonctionnement.



N-Sensor® dispose d'une visée oblique

Doté d'une visée oblique, N-Sensor® ne nécessite pas de rampe portée pour supporter ses capteurs. Sa géométrie maximise la surface mesurée par chaque capteur et élimine les distorsions de mesures liées aux adventices développées sous la culture ainsi que les erreurs de mesures dans les cultures ayant un fort espacement inter-rang. En effet, sur ces cultures (maïs, tournesol) un capteur vertical selon qu'il soit positionné à l'aplomb du rang ou au sol modifie fondamentalement le signal de réflectance.

N-Sensor®,une combinaison de longueurs d'onde éprouvée

La combinaison de longueurs d'onde retenue pour le N-Sensor® s'avère plus pertinente que le classique indice NDVI pour distinguer les niveaux de nutrition azotée dans les parcelles.
Comparé à l'indice NDVI, l'indice N-Sensor® améliore la précision statistique de la relation entre la quantité d'azote absorbé et l'indice de réflectance, le R^2 passant de 76% pour le NDVI à 93% avec l'indice N-Sensor® (figures 22 et 23). Cet avantage est d'autant plus net que les cultures ont une biomasse élevée et une forte quantité d'azote absorbé.

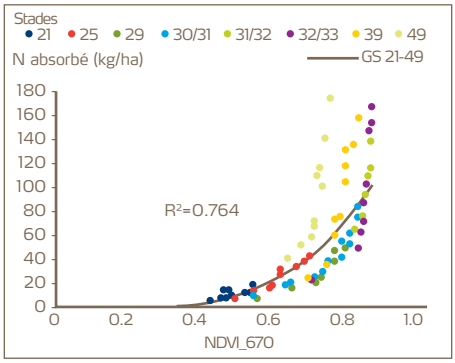


Figure 22 - Relation classique indice NDVI Azote absorbé - L'effet de saturation est visible pour une forte absorption d'azote

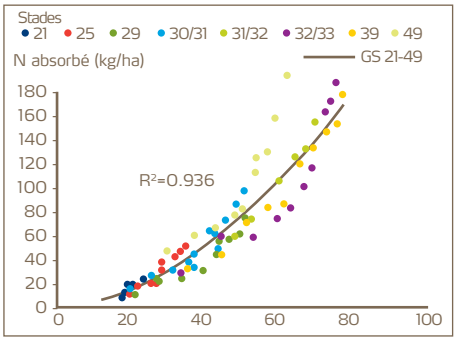
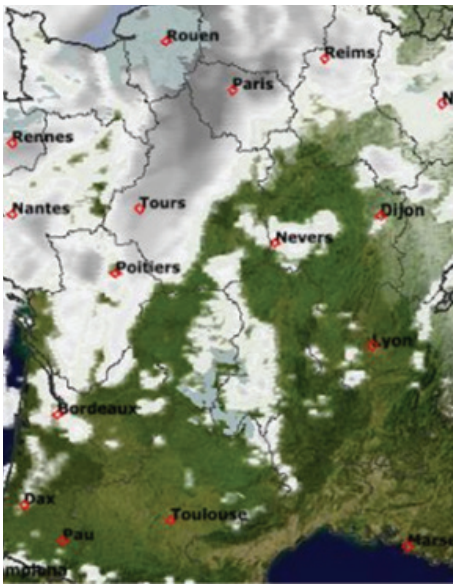


Figure 23 - Relation indice N-Sensor® - Azote absorbé

N-Sensor® est insensible aux conditions climatiques





N-Sensor® , l'agriculture de précision en routine et au moment choisi

N-Sensor® est un dispositif de détection « en temps réel » qui réalise en une seule opération 3 actions : mesure de la réflectance du couvert, traitement du signal et envoi des consignes d'épandage. Il est mis en oeuvre au moment choisi par l'utilisateur en fonction de ses cultures et de son calendrier de travail.

N-Sensor® en bref

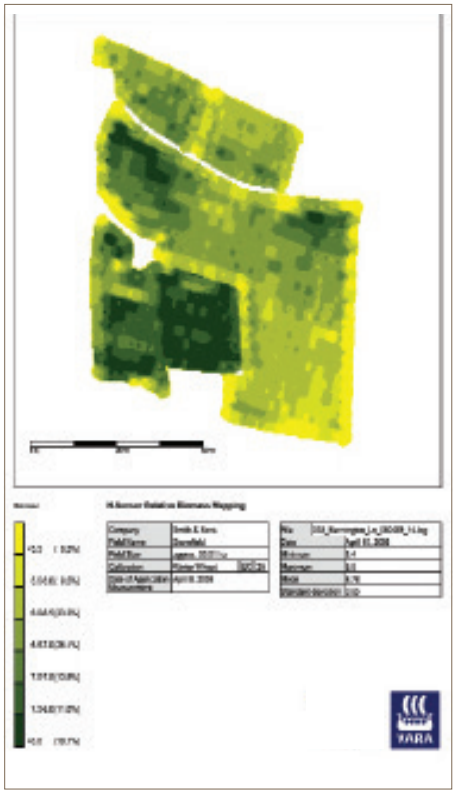


Figure 24 - Carte de biomasse

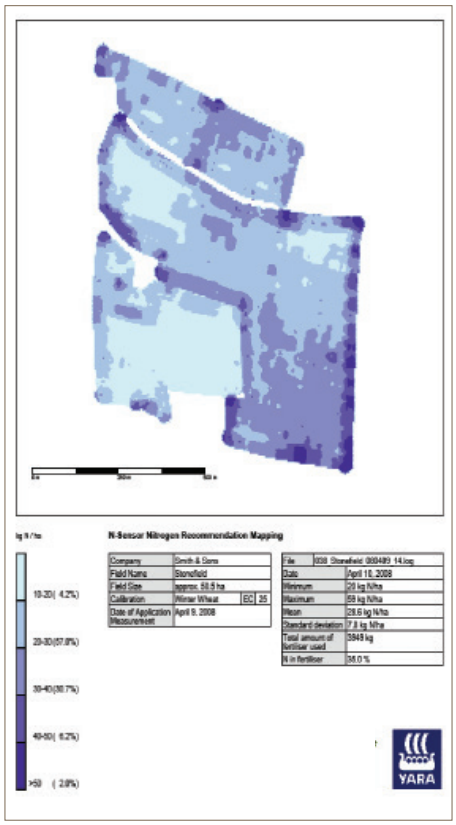


Figure 25 - Carte d'apport d'azote

N-Sensor®, c'est quoi ?

- Des capteurs optiques montés sur le tracteur qui évaluent l'état de nutrition azotée des cultures (figure 24).
- Un asservissement automatique de l'épandeur d'engrais.
- Une modulation en temps réel de la dose d'azote en fonction des besoins de la plante (figure 25).

N-Sensor®, c'est simple et rapide

- Pas de carte de préconisation à établir au préalable.
- Une information toujours disponible au moment de l'apport puisque le dispositif travaille en temps réel depuis le tracteur.

N-Sensor®, c'est fiable et reconnu

- Un programme initié en 1996.
- Plus de 1 100 appareils en Europe en 2012.

N-Sensor®, c'est rentable

L'adaptation de la dose d'azote en fonction des besoins de la culture permet :

- de gérer des parcelles hétérogènes,
- d'économiser de l'azote là où il n'est pas utile d'en apporter,
- de fertiliser à l'optimum des zones à fort potentiel et donc d'améliorer le rendement,
- d"améliorer l'efficacité de la dose d'azote apportée.

N-Sensor®, c'est contribuer à une fertilisation respectueuse de l'environnement

Subventionné dans de nombreux länders en Allemagne depuis de nombreuses années, cet investissement est reconnu comme contribuant à une fertilisation plus respectueuse de l'environnement.
En modulant la dose d'azote, N-Sensor® réduit les conséquences d'une sous et d'une sur-fertilisation et minimise les reliquats d'azote minéral post récolte.

N-Sensor®, c'est l'agriculture de précision en toute indépendance

Les apports des nouvelles technologies (capteurs GPS) sont à la disposition de l'utilisateur à tout moment en fonction des besoins.
L'utilisateur peut, dès qu'il le souhaite, prendre la main sur la technologie, valoriser sa propre expertise et sa connaissance du milieu et intervenir au moment de son choix avec une information instantanée directement disponible.

N-Sensor®, c'est la traçabilité des pratiques

Grâce au GPS, les cartes d'apport d'azote et de biomasse peuvent être réalisées afin de conserver l'historique des apports réalisés et de visualiser la variabilité intraparcellaire.

N-Sensor®, c'est la polyvalence

L'équipement N-Sensor® (terminal et carte mémoire, asservissement épandeur et pulvérisateur) peut également être utilisé pour la modulation d'autres intrants (P K Mg, régulateurs de croissance, défanage des pommes de terre par exemple).

N-Sensor®, c'est la combinaison d'une expertise issue de la Recherche et Développement et d'un service après vente efficace

N-Sensor® a été mis au point par le département R&D du premier fabricant mondial d'engrais, spécialiste de la nutrition des plantes.
N-Sensor® bénéficie de l'expertise en agriculture de précision et électronique embarquée ainsi que de la proximité des services de son distributeur en France.



Yara N Sensor®

- *Améliore le rendement de 3.5% en moyenne*
- *Améliore l'efficacité de l'azote*
- *Permet des économies d'azote*
- *Accroît la rentabilité*
- *Réduit le risque de verse*
- *Est le fruit d'une expérimentation continue*
- *Utilisé dans plus de 15 pays depuis plus de 10 ans par plus de 1200 utilisateurs*

Une nouvelle étape dans le raisonnement de l'azote

	Habitude	Méthode du Bilan	Méthode N-Tester®	Méthode N-Sensor®
Respect environnement	●○○○	●●○○	●●●○	●●●●
Amélioration rendement	○○○○	●●○○	●●●○	●●●●
Amélioration protéines	○○○○	●○○○	●●●○	●●●●
Homogénéité récolte	○○○○	○○○○	○○○○	●●○○
Limitation risque verse	○○○○	●○○○	●●○○	●●●○
Optimisation économique	○○○○	●○○○	●●○○	●●●○

Pour plus d'information, contactez :
Yara France
Immeuble OPUS12
77, Esplanade du Général de Gaulle
CS 90047
92914 PARIS LA DEFENSE
Tél. : 01 55 69 96 00

À propos de Yara

Yara International ASA est une entreprise norvégienne implantée dans le monde entier. Yara est spécialisé dans la nutrition des cultures, les produits pour l'environnement et les applications industrielles. Premier fournisseur d'engrais minéraux au monde, Yara contribue, depuis plus d'un siècle, à la production alimentaire et à la fourniture d'énergie renouvelable pour une population mondiale en croissance. Forts d'une longue expérience de la production des engrais et d'une solide connaissance de la nutrition des cultures, nous croyons que les engrais minéraux font partie intégrante d'une agriculture durable sur le plan économique et environnemental.

@Yara_france
support_outils-fr@yara.com
www.yara.fr/fertilisation