



Dans le cadre du projet «Smart-N», un essai de modulation intraparcellaire de la fertilisation a été réalisé sur quatre ans, de 2022 à 2025, sur huit exploitations et un total de 40 parcelles (environ 125 hectares). Photo: Rauch

De bonnes pratiques comme condition préalable

Le projet «Smart-N» a servi à tester la modulation intraparcellaire de la fertilisation azotée sur du blé d'automne. Il s'est déroulé sur huit exploitations de Schaffhouse et de Thurgovie. Le résultat montre que le *smart farming* peut être un facteur de réussite.

Benedikt Kramer*

Les capteurs sur les tracteurs, les images prises par des drones ou les données sur les rendements sont vus comme des préalables à la modulation intraparcellaire de la fertilisation. On peut aussi se lancer à moindre coût avec des données satellitaires. Celles de «Sentinel-2» sont gratuites et permettent de calculer l'indice «NDVI» (*normalized difference vegetation index*, soit «indice de végétation par différence

normalisée») pour chaque parcelle selon une grille de 10×10 m. Les plantes bien nourries et vigoureuses réfléchissent la lumière autrement que celles stressées, ce qui permet de déduire l'apport en nutriments et la vitalité du peuplement. Sur cette base, l'apport en nutriments devient modulable au sein d'une parcelle. On peut fertiliser davantage les secteurs les plus faibles, c'est la manière compensatoire, ou augmenter les apports dans les zones les plus développées, de manière à les renforcer, à l'exemple de ce qui se pratique dans les étables où les animaux les plus performants sont mieux nourris.

Conditions techniques

La carte d'application indique les endroits à fertiliser, en quelle quantité. Il faut disposer des données de position et d'un système de régulation. La solution basique consiste à utiliser le GPS du smartphone et à effectuer les réglages à la main. Des applications comme «EasyMaps» (Kuhn), «NutriZones» ou «TerraZo» affichent la quantité à épandre sur l'emplacement où l'on se trouve. Le réglage est établi à la main sur le terminal ou en modulant la vitesse d'avancement.

Le réglage automatique est plus pratique et plus sûr. S'il est possible d'installer

* Benedikt Kramer, chef de projet et spécialiste en protection phytosanitaire, Agridea, 8315 Lindau (ZH). Annet Latsch, production numérique, Agroscope Tänikon, 8356 Ettenhausen (TG).

un réglage automatique en postéquipement, le mieux reste toutefois la régulation par Isobus. La carte d'application est enregistrée dans le terminal du tracteur ou de l'épandeur d'engrais. Le terminal va réguler le débit à l'aide du signal GPS fourni par le système d'autoguidage du tracteur ou par une antenne. Un système de guidage n'est pas obligatoire, tout dépend de la configuration en place. Mais il faut noter que des activations Isobus payantes peuvent être indispensables.

Le projet

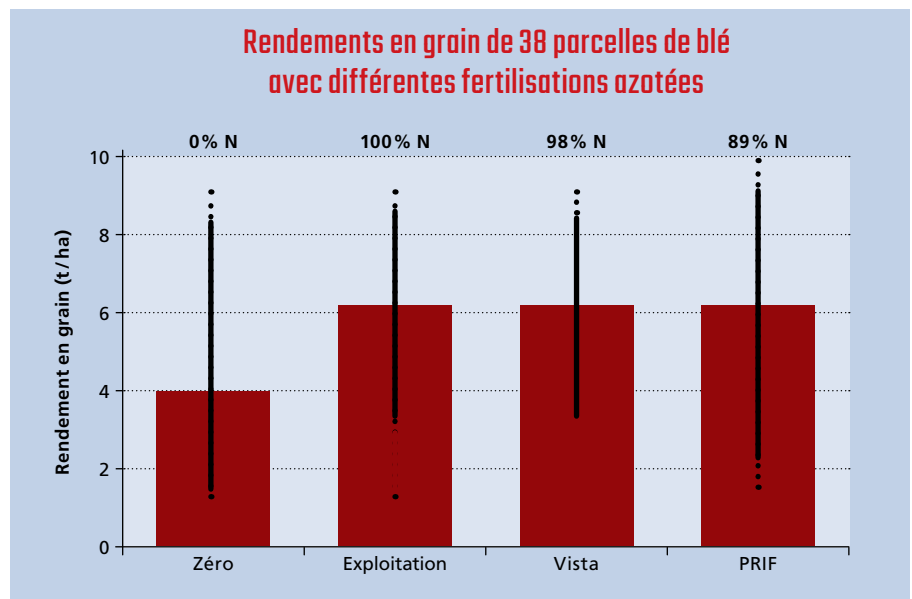
«Smart-N» est un projet de la station «Smarte Technicien» mené en coopération avec les cantons de Thurgovie et de Schaffhouse, en collaboration avec Agroscope et Agridea. Il a pour but de tester des technologies intelligentes et de contribuer à la diffusion de celles qui ont un effet positif pour l'agriculture ou l'environnement.

Son point de départ était des essais menés par Agroscope, montrant une amélioration de 13% de l'efficacité de l'azote (N) et une réduction de 32% des excédents d'azote dans le cas d'une modulation intraparcellaire de la fertilisation, comparé à une fertilisation uniforme. Il convenait de savoir si ces résultats valaient aussi dans la pratique des exploitations.

Huit exploitations avec 40 parcelles au total, soit une superficie d'environ 125 ha, ont participé à l'étude pendant 4 ans. Les parcelles ont été divisées en deux moitiés, l'une fertilisée de manière modulaire, l'autre de manière uniforme, habituelle à l'exploitation. On s'est servi de cartes de la société Vista pour la variante avec modulation. A noter qu'à partir de 2024, une des fermes a utilisé des cartes d'application à 5 niveaux de la société OneSoil pour sa variante «exploitation».

L'établissement de parcelles «zéro» a permis de mesurer l'apport accessoire d'azote provenant du sol, tandis que la parcelle «PRIF» («Principes de fertilisation des cultures agricoles en Suisse») a fourni des informations sur la performance de la fertilisation selon la systématique PRIF. Pour la fertilisation, les deux variantes ont été couvertes et la parcelle PRIF a bénéficié d'un épandage manuel. Dans ce dernier cas, la valeur N_{min} du printemps a été prise en compte pour calculer le niveau de fertilisation.

Pour l'évaluation, des échantillons ont été prélevés à la main peu avant la récolte dans la parcelle zéro, dans la parcelle PRIF et dans l'environnement direct de celle-ci pour chacune des variantes. Une moisson-



Rendements moyens en grain avec les fourchettes d'écart sur toutes les parcelles d'essai. De g. à d.: parcelle témoin sans engrais, variante typique d'une exploitation classique, variante avec fertilisation intraparcellaire modulée (Vista) et fertilisation selon PRIF avec correction pour la valeur N_{min} . Source: Annett Latsch, Agroscope.

neuse-batteuse avec capteur de rendement a été engagée. Les échantillons ont permis de déterminer les quantités et les teneurs en azote des grains et de la paille.

L'apport d'azote par le sol était connu grâce à la parcelle zéro, ce qui a permis de calculer l'excédent d'azote mais aussi son utilisation par les plantes.

Les résultats

Le projet a montré que la technique de modulation fonctionne, plus efficacement encore si le tracteur et le distributeur d'engrais ont déjà été testés et si la communication via Isobus est correcte. Les deux cas se sont présentés: soit la mise en route et le traitement de la carte d'application ont été fluides, soit il a fallu une longue intervention jusqu'à ce que le tracteur, le terminal et le distributeur d'engrais communiquent réellement entre eux. Il a aussi été mis en évidence que les solutions basiques, économiques, avec des applications, fonctionnent bien, mais que la conduite et le réglage simultanés se révèlent astreignants. Les solutions de postéquipement pourraient aussi constituer une option intéressante. Elles n'ont toutefois pas pu être testées de manière approfondie dans le cadre du projet «Smart-N».

Malgré l'enthousiasme que suscite cette technologie, elle n'est pas une panacée; elle ne peut fonctionner que si les bases sont bonnes. Avec le PRIF, une bonne structure de base existe déjà, qui repose sur des essais menés en Suisse et qui flèche donc bien cette réalité.

La modulation intraparcellaire («VRA», *variable rate application*) peut réduire encore les excédents d'azote et augmenter son efficacité, à condition que la quantité de base soit correctement calculée. La VRA ne peut pas compenser une quantité d'engrais de base erronée. La base est constituée d'une quantité d'engrais calculée avec précision en tenant compte des valeurs N_{min} ou en appliquant la norme corrigée. Dans le cas présent, on prend en compte, en lieu et place des valeurs N_{min} , des facteurs pertinents tels que la structure du sol, le précédent cultural, les engrais de ferme et d'autres paramètres, ce qui donne lieu à des majorations ou des minorations selon la PRIF. Même sur les petites parcelles suisses, hétérogènes, un épandage modulé et adapté peut optimiser les résultats.

L'offre des fournisseurs de cartes d'application est et reste dynamique. De nouveaux fournisseurs peuvent apparaître, d'autres disparaître. Dans le cadre du projet, des cartes d'un fournisseur reposant sur un calcul plutôt complexe ont été utilisées, mais aucune valeur ajoutée par rapport à des cartes plus simples n'a pu être établie. Les prix varient entre la gratuité de la TerraZo et quelques francs/ha pour la OneSoil. Un gros investissement ne s'impose donc pas pour un premier essai.

Les résultats (voir le graphique) montrent une grande variabilité tout au long du projet. Le rendement moyen en grains était d'environ 6 t/ha dans toutes les variantes, mais les différences entre les

parcelles étaient parfois importantes. Outre les effets liés aux parcelles, les conditions météo ont eu des effets annuels marqués. Alors que l'année de récolte 2022 a été assez normale, 2023 a été très sèche et 2024 très humide. En 2024, les rendements ont été inférieurs d'environ un tiers par rapport aux valeurs habituelles. L'année 2025 s'est rapprochée de la moyenne.

Alors que la quantité d'azote était un peu inférieure dans la variante modulation intraparcellaire par rapport à la variante d'exploitation, elle a été encore réduite dans le cas de la fertilisation selon PRIF. La quantité d'azote correspond à la quantité d'azote minéral appliquée.

Un effet plus marqué pour la modulation intraparcellaire de la fertilisation a été observé dans la réduction des excédents. Ceux-ci ont pu être bien étudiés, car l'apport supplémentaire via le sol a pu être mesuré sur la parcelle témoin sans fertilisation.

L'excédent résulte de la différence entre l'azote dont la plante disposait via le sol ou la fertilisation et celui qu'elle a effectivement absorbé. En moyenne, près de la

moitié de l'azote provenait du sol, ce qui explique pourquoi ce facteur doit être pris en compte. Sur toute la durée du projet, les excédents d'azote ont diminué en moyenne de 18% dans la variante modulation et de 38% dans la variante PRIF.

Dans la variante modulation, la quantité totale d'engrais n'a pas été déterminée à l'aide du système PRIF. La combinaison de ces deux approches offre un potentiel prometteur.

Recommandations pour la pratique

Les outils et les bases nécessaires à une fertilisation efficace et respectueuse de l'environnement existent déjà. La première étape importante consiste à déterminer les besoins en engrais de chaque parcelle sur la base du PRIF. Il est particulièrement important de tenir compte de la minéralisation. Cela peut se faire soit directement en corrigeant les valeurs N_{min} , soit en appliquant la norme corrigée.

Si vous souhaitez en savoir plus sur la modulation intraparcellaire de la fertilisation, vous pouvez le faire sans frais avec, par exemple, l'outil gratuit «TerraZo» dé-

veloppé en Autriche. Il permet de créer gratuitement des cartes d'application pour la fertilisation azotée du blé d'automne. Elles peuvent être affichées au champ à l'aide d'applications gratuites et comparées à votre propre examen de la culture sur le terrain.

La numérisation offre la possibilité d'associer automatiquement entre elles des données très diverses (sol, météo, utilisation d'engrais de ferme, cartes satellitaires) et de déterminer la quantité d'engrais à moduler dans chaque parcelle. Les résultats montrent clairement que la combinaison des «Principes de fertilisation des cultures agricoles en Suisse» et de la fertilisation avec modulation intraparcellaire est source d'une évidente valeur ajoutée. Cela nécessite toutefois l'utilisation de cahiers des champs appropriés pour éviter de saisir plusieurs fois les mêmes données. Cette avancée peut s'avérer très profitable, car les données servent également à calculer les bilans de fumure. Un surcroît de travail initial permet une fertilisation efficace et allège les obligations de documentation. ■