



cuma 

Ouest

Cultivons ensemble notre territoire

## Epandeurs d'engrais minéral

DOSSIER 4

---

Moduler la dose aux champs  
«*La bonne dose au bon endroit*»

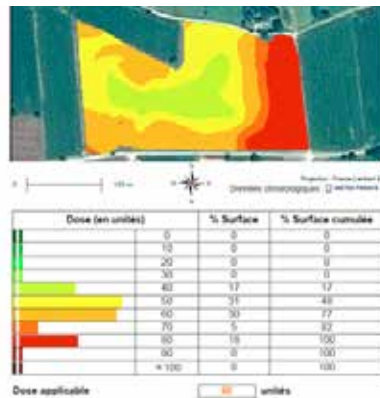
# Epandeurs d'engrais minéral

DOSSIER 4

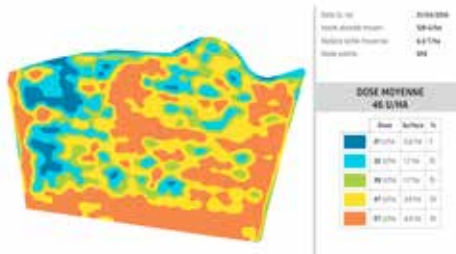
## > Moduler la dose aux champs «La bonne dose au bon endroit»

La modulation consiste à apporter la bonne dose au bon endroit. Après avoir caractérisé la variabilité du végétal (biomasse et teneur en chlorophylle) au sein de la parcelle, une carte de préconisation est élaborée et la modulation au champ peut s'effectuer. Principalement utilisée en fertilisation minérale azotée, la modulation se développe aussi pour les opérations de semis, de fertilisation phospho-potassique ou encore de pulvérisation. Alors « Bonne dose au bon endroit », pour l'engrais minéral, la promesse de la précision est-elle tenue ?

### Des cartes de plus en plus précises

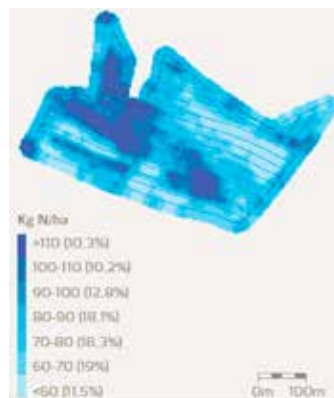


Par satellite  
Farmstar®



Par drone  
Airinov®

Par capteur embarqué  
Yara®

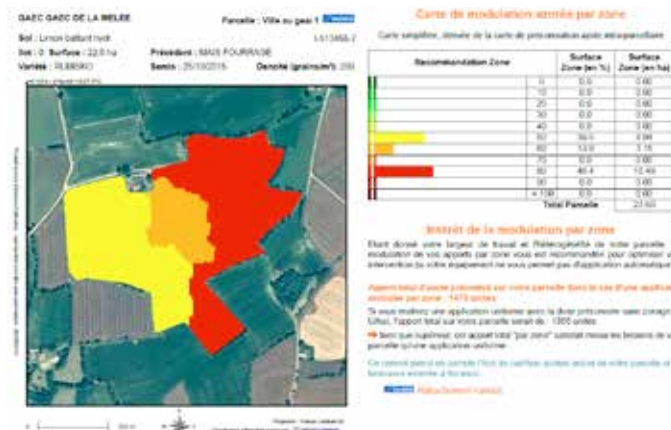


La modulation intervient le plus souvent sur le dernier apport d'azote. Cet apport vise à moduler en fonction des caractéristiques de la végétation. Une modulation sur le second apport est aussi possible, l'enjeu ici étant de faire varier l'épandage selon les caractéristiques du sol.

### Des outils pour moduler les apports

#### Modulation manuelle :

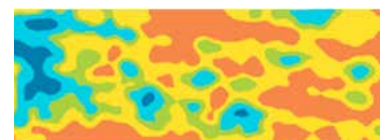
l'agriculteur acquiert une carte de modulation, retraitée pour définir des grandes zones. C'est lui qui change le réglage en fonction de l'avancement de l'épandage dans sa parcelle.



Carte de modulation azotée par zone, fournie par Farmstar®

#### Modulation automatique :

utiliser les signaux GPS gratuits suffit



Acquisition d'une carte de préconisations en amont

ou



Mesure optique en direct (N-Sensor®...)



Intégration de l'information de la machine : carte

## La modulation en épandage d'engrais liquide

Diverses solutions se développent aussi en pulvérisation d'engrais liquide pour moduler tout en gardant une vitesse constante :

- Avec une seule buse, par modulation des temps d'ouverture : les buses PWM ont une fréquence d'ouverture/fermeture qui peut aller jusqu'à 10 fois par seconde. La pression est fixe et la modification du débit instantanée.
- Avec plusieurs buses, les portes buses à sélection automatique. Equipés de 2 à 4 buses, ils pilotent l'ouverture de manière pneumatique ou électrique.



Porte-buses à sélection automatique (Tecnomat ®)



Modulation dans le boîtier de commande en fonction de la vitesse et position GPS



Modulation de dose suivant l'information préconisée : variation du débit (ouverture / fermeture des vannes)

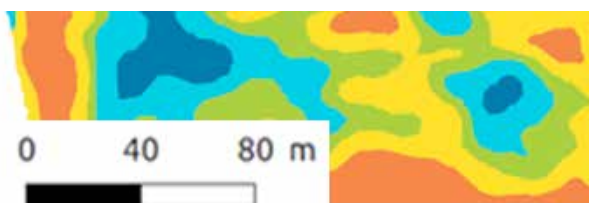
# Epandeurs d'engrais minéral

DOSSIER 4

## > Moduler la dose aux champs «La bonne dose au bon endroit» (suite)

Restituer fidèlement une carte de préconisations

Carte de préconisation

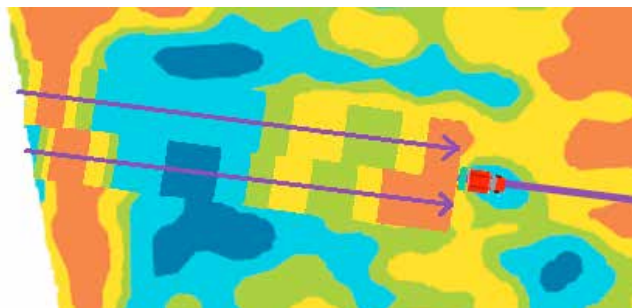


Plus le distributeur épand large, moins la précision est respectée. Et plus la carte est hétérogène, moins l'épandage sera conforme à la carte. L'hétérogénéité doit être structurée en grandes zones pour une modulation efficace.

Modulation d'épandage avec un épandeur 36 m



C'est la dose sur le passage de l'antenne GPS qui est appliquée sur TOUTE la largeur !



La modulation indépendante droite/gauche, pour gérer deux doses sur la largeur. Certains épandeurs (Sulky® X40 et X50 et Kuhn® Axis EMC) permettent de travailler par demi-épandeur et gèrent une dose différente à gauche et à droite. Surdosages et sous-dosages sont ainsi atténués, mais là encore on ne parle pas de précision au m<sup>2</sup>.

## Moduler, combien ça coûte, combien ça rapporte ?

Coûts		Bénéfices	
<b>Modulation automatique : un coût variable</b>  Le surcoût lié au matériel dépend de l'équipement de base de l'agriculteur ou de la cuma (source Arvalis – Institut du Végétal) : - S'il doit s'équiper du GPS : - Si la console de l'épandeur n'accepte pas les cartes de préconisations, il sera nécessaire de la faire commander par la console de guidage : <ul style="list-style-type: none"> <li>• si on a déjà une console de guidage : câblage</li> <li>• en cas d'investissement dans une console</li> <li>• Cas d'un épandeur Isobus : investissement dans une console Isobus</li> </ul>		< 1000 €  100 € 3000 € ≤ 5000 €	<b>Des gains de rendement souvent anecdotiques</b> D'après les études menées par Arvalis, le gain de rendement permis par la modulation s'élève à 3 q/ha « sur les parcelles les plus hétérogènes et les mieux structurées ». Sur les taux de protéines, Arvalis n'a pas montré de différence liée à la modulation. La dose épandue reste la même, il n'y a donc logiquement pas d'économies d'intrants liées à la modulation.
Total	100 à 5 000 €	<b>Gain induit par la modulation (€/ha/an)</b> 	— hyp1 : surcoût matériel 20€/an — hyp2 : surcoût matériel 1000€/an
Amortissement sur 5 ans :	20 à 1 000 €/an	<b>Gain permis par la modulation avec une hausse de rendement de 3 q/ha en blé et un prix de vente du blé de 155 €/t (Arvalis). Les coûts comprennent les hypothèses de surcoût matériel, ainsi qu'un coût de préconisation (acquisition des cartes) de 10 €/ha.</b>	
Ajouter à cela le coût lié à la préconisation (voir le dossier n°3 : Outils de pilotage et ajustement de l'apport d'azote, que choisir ?).			
<b>→ La rentabilité de la modulation dépend du surcoût matériel, du coût de préconisation, de la surface modulée, de la hausse de rendement et du prix de vente de la culture !</b>			

## Points de vue

### LA LARGEUR D'ÉPANDAGE LIMITE LA PRÉCISION

Louis Choain, céréalier dans l'Eure (27)

« J'utilise un épandeur Kuhn® en 42 m. Le problème est la largeur importante qui réduit la précision pour la modulation. Il faudrait que je puisse moduler différemment à droite et à gauche pour réduire la largeur à 21 m. C'est possible aujourd'hui avec le nouvel épandeur Kuhn® AXIS EMC. »

### UNE PRISE EN MAIN PAS TOUJOURS ÉVIDENTE

Bertrand Sauvée, cuma de Pacé (35).  
Épandeur Vicon® Géospread en 24 m

« L'an dernier j'ai travaillé avec Airinov®. Un drone a photographié la parcelle. On leur donne certaines informations comme la variété, la date de semis... et Airinov® détermine la quantité d'azote consommée par la plante et celle à apporter. Le transfert des cartes de préconisation se fait par clé USB. L'an dernier, le concessionnaire ainsi que les techniciens de la fédération des cuma et de la chambre d'agriculture étaient là pour la mise en route. Ils ont eu quelques difficultés à valider la licence. L'avantage de la modulation est de mettre l'engrais au bon endroit. Avec notre appareil on peut moduler entre 40 et 200 kg/ha. A cause de la météo l'an dernier, la modulation n'a rien donné de probant. Je vais réessayer cette année. Les reliquats sont élevés et pour l'instant les conditions climatiques sont bonnes donc l'effet devrait être plus important. »

Cyrille Jeudy, cuma de la Chapelle (53).  
Épandeur Sulky® Econov X40+ en 24 m

« Les nombreux paramètres / fonctionnalités rendent l'outil complexe et la mise en route a été compliquée. En effet, la procédure demande un minimum de maîtrise de l'informatique. Ça n'est pas très ludique, il faut pratiquer un peu pour se faire la main. »

## Conclusion

### LA MODULATION, OUI SUR PARCELLES DONT L'HÉTÉROGÉNÉITÉ EST STRUCTURÉE PAR GRANDES ZONES

La modulation permet d'adapter la dose d'engrais aux besoins des plantes sur la parcelle. Nous avons identifié plusieurs points de vigilance :

- Pour moduler, l'épandeur doit être équipé de la pesée (*obligatoire en modulation automatique, conseillée en modulation manuelle*).
- L'agriculteur peut moduler manuellement (*changer la dose par grandes zones*) ou en automatique avec couplage au GPS (*dans ce cas, une simple barre de guidage suffit*).
- La dose retenue pour l'épandage est celle sur laquelle passe l'antenne GPS du tracteur et non une moyenne de la largeur épandue. Plus l'épandeur épand large et plus la carte est précise, moins la carte sera retranscrite fidèlement au champ.
- Dans le sens d'avancement du tracteur, on observe un temps de latence (*de l'ordre de quelques secondes*) pour ajuster la dose appliquée à la préconisation de la carte.
- Pour une efficacité de la modulation, l'hétérogénéité doit être « structurée », c'est à dire répartie par grandes zones, et le rendu de la carte ne doit pas être d'aspect moucheté.
- Il est très difficile d'estimer les bénéfices permis par la modulation. D'après Arvalis, la modulation permet un gain de rendement moyen de 0 à 3 q/ha, qui sera d'autant plus élevé que l'hétérogénéité est forte.

La collecte d'informations détaillées et précises, observée notamment avec le drone, ne peut aujourd'hui pas être retranscrite au champ, et engendre un stockage lourd de toutes ces données. Si elles participent à une meilleure connaissance de la parcelle en conservant un historique, la possibilité d'une valorisation à terme reste très hypothétique.

Ce document a été élaboré dans le cadre du programme



Avec l'appui technique de Arvalis - Institut du Végétal,  
de la ferme expérimentale de Derval (Chambre d'Agriculture de la Loire-Atlantique)  
et des fédérations de cuma des Pays de la Loire, de Bretagne et de Normandie.

& le soutien



O u e s t

Cultivons ensemble notre territoire

**Fédération Régionale des cuma de l'Ouest**

73 rue de Saint-Brieuc - CS 56520  
35065 RENNES Cedex  
02 99 54 63 15



**D'INFOS SUR**  
[www.ouest.cuma.fr](http://www.ouest.cuma.fr)