

# NOUVEAUX DEVELOPPEMENTS TECHNOLOGIQUES POUR L'OPTIMISATION DE L'USAGE DES INTRANTS AGRICOLES.

**PIRON Emmanuel<sup>(1)</sup>, MICLET Denis**

Cemagref - Domaine des Palaquins – 03150 MONTOLDRE; [emmanuel.piron@cemagref.fr](mailto:emmanuel.piron@cemagref.fr)

Opération cruciale à la réussite d'une culture, l'épandage des engrais minéraux est renouvelée à plusieurs reprises durant le cycle végétatif, et quasiment toujours au moyen de distributeurs centrifuges. Simples et peu onéreux, ces appareils progressent techniquement en fonction de contraintes à la fois économiques (recherche de meilleurs rendements horaires engendrant la tendance à l'augmentation des performances de largeur de travail) et environnementales (meilleur respect des doses globales, dispositifs bordures, ...).

Pour atteindre ces performances à la fois qualitatives et quantitatives, les mécanismes physiques liés aux épandages par action centrifuge doivent être mieux maîtrisés, quantifiés, de telle façon à tenir compte de l'ensemble des paramètres mis en jeu. Dans ce contexte, le traditionnel banc de mesure transversal est inefficace, la mesure qu'il fournit intégrant, en plus de la distribution de l'engrais par l'appareil, le déplacement de celui-ci. Le résultat obtenu est représentatif de la qualité de répartition au champ, mais ne permet pas d'isoler le phénomène d'épandage au sens propre. Le dispositif de mesure développé par le Cemagref, et qui se traduit par un nouveau banc (dénommé CEMIB) actuellement opérationnel sur le centre de Montoldre (Allier – 03), permet cette mesure de la nappe d'épandage réelle (i.e. des densités d'engrais distribuées spatialement dans les deux dimensions transversales et longitudinales à l'appareil). En outre, il permet d'accéder, grâce à cette mesure initiale, à l'ensemble des résultats traditionnellement obtenus avec le banc transversal (répartition de projection par exemple). Cela en fait un outil efficace, de compréhension fine des phénomènes, de modélisation, et d'optimisations à la fois des innovations et des réglages des appareils. Il est utilisable dans différents cadres d'activités allant de celles de recherches fondamentales à appliquées, publiques ou privées, jusqu'à celles de prestations de services.

Cette approche plus réaliste de l'épandage réalisé par les distributeurs centrifuges a permis au Cemagref, en partenariat de recherche avec l'entreprise SULKY, de proposer une innovation importante au fonctionnement des distributeurs sur le terrain, celle d'optimiser en tous points de la parcelle les densités d'engrais distribuées. C'est le paramètre "largeur de travail" du distributeur, le dernier paramètre non pris en compte de façon continue lors de l'opération d'épandage, qui a été travaillé. Les nappes d'engrais distribuées au sol, qui représentent les "empreintes" successives du distributeur tout au long de sa trajectoire dans la parcelle, s'auto-adaptent aux configurations géométriques parcellaires rencontrées, ces dernières étant rarement des rectangles parfaits, multiples de la largeur de travail ciblée. La machine est ainsi dotée d'une "intelligence", qui permet de réduire de façon significative les zones de sur ou sous-dosages classiquement générées.

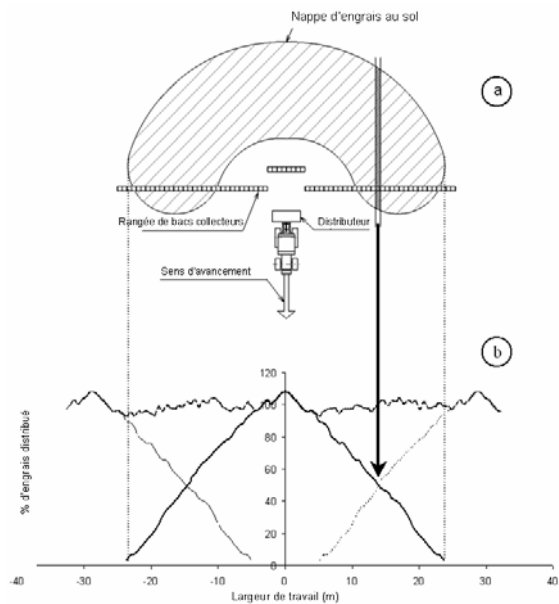
## **Le CEMIB : une innovation de rupture engendrée par 25 ans d'innovations incrémentales**

### *Un contexte général favorable au renouvellement des installations de mesure de performances*

Régulièrement, années après années, les surfaces et les parcelles exploitées augmentent, engendrant le recours à des machines non seulement plus perfectionnées (ergonomie, confort, ...), mais aussi aux performances accrues (rendement de chantier oblige). Les distributeurs d'engrais ont suivis cette tendance générale, et leurs performances sont calquées sur celles des pulvérisateurs, ce qui les a amené à passer de largeurs de travail de 18 m dans les années 1980 à 48 m de nos jours. La largeur de travail "standard", longtemps considérée à 24 m, est actuellement plus autour de 28 m. Accompagnant cette suite d'améliorations "mineures", les produits à épandre ont eux aussi progressé, de telle façon à répondre aux objectifs de performances (portée balistique améliorée en particulier). Ceci engendre un nombre croissant de formulations différentes d'engrais, ce qui accroît la variabilité des aptitudes à l'épandage rencontrées. Ainsi, ce croisement d'innovation dites incrémentales (elles améliorent certains détails sans grandes révolutions) rend les distributeurs plus "complexes", de tous points de vue, que ce soit facilité de réglage ou développement.

Le passage au banc de mesure de performance transversal, traditionnel juge de paix sur ces deux points, n'est cependant plus une solution, pour deux raisons principales :

1 – du point de vue technique, elle ne représente pas la réalité de l'épandage, mais une image intégratrice de celui-ci (résultat obtenu transversalement à l'appareil après passage complet de ce dernier). Ainsi, deux résultats d'épandage peuvent tout à fait être considérés comme identiques à la suite de ce type de mesure, alors qu'en réalité, angles et portées de projection sont totalement différents. L'utilité de cette méthode, par exemple pour conclure quant à l'intérêt d'un nouveau disque, ou pour éditer des tableaux de réglage, est très discutable sauf à réaliser une multitude de mesures. Cette méthode n'est donc plus adaptée aux besoins modernes des concepteurs de machines ou des fabricants d'engrais parce qu'elle rend difficile et subjectives les interprétations des mesures réalisées. Elle n'en reste pas moins une très bonne méthode de terrain, apte à qualifier le travail en conditions réelles, et à résoudre certains problèmes à moindre coût.



**Figure 1 :** Principe de fonctionnement du banc transversal traditionnel et mesure de la qualité d'épandage obtenue.

2 – du point de vue pratique, elle impose le recours à des infrastructures "prohibitives" aptes à accepter les augmentations de performances des distributeurs d'engrais actuels. Les principaux bancs Européens aujourd'hui en fonctionnement sont adaptés à l'évaluation des performances pour des largeurs de travail de 30 à 35 m, avec des bâtiments de tailles très imposantes (60 m \* 60 m pour le plus grand). Or ils sont tous totalement dépassés, et nécessiteraient d'être portés à des tailles de l'ordre de 80 m \* 60 m au minimum, sans aucune structure porteuse perturbatrice dans l'aire de mesure. De plus, avec cette méthode de mesure traditionnelle, la mesure fiable de la nappe d'épandage nécessite de fixer le distributeur, et de déplacer la rangée de bacs de mesure. Survient alors une impossibilité technique de réaliser une pesée de grande résolution alors que les accélérations dynamiques génèrent des perturbations sur le signal mesuré.

En Europe, et jusqu'en 2006, l'évaluation des performances des distributeurs centrifuges d'engrais est donc dans une impasse, alors que les besoins n'ont jamais été aussi importants (mise au point, tableaux de réglages, modélisation, ...).

Une méthode révolutionnaire pour sortir de l'impasse

Afin de répondre à ce double défi technique et pratique, un principe de banc rotatif a été imaginé, et breveté par le Cemagref. Il permet de "scanner" la nappe d'épandage, i.e. de mesurer les densités d'engrais distribuées en tous points de l'espace couvert par l'éjection. Le banc est composé de deux parties distinctes, l'une étant la partie "sensible" (rangée de bacs permettant la mesure de la nappe), l'autre étant la partie "motrice" (dispositif rotatif permettant de porter le distributeur, et de lui faire



**Figure 2 :** Dispositif CEMIB de mesure des densités d'engrais distribuées au sol par un distributeur centrifuge.

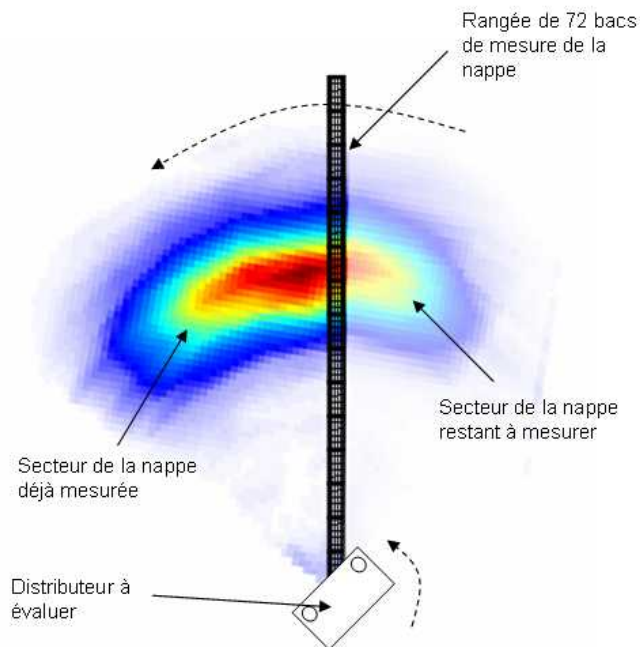
réaliser une rotation sur lui-même lors de l'épandage). La photo de la figure 2 illustre ce nouveau dispositif, dénommé CEMIB (Cemagref Mineral Bench).

La rangée de bacs permettant la mesure de la nappe est constituée de 72 bacs de taille 50 cm \* 50 cm. Chaque bac permet de collecter les engrais distribués, de les diriger vers un contenant reposant sur un capteur (72 capteurs sont donc présents), afin d'enregistrer les poids présents à une fréquence comprise entre 2 et 50 Hz, dans un fichier indicé sur le temps.

Le porteur rotatif permet de supporter le distributeur, afin de le faire tourner sur lui-même lors de l'opération d'épandage. La nappe d'épandage distribuée passe ainsi progressivement au dessus de la rangée de bacs, permettant sa mesure secteur angulaire par secteur angulaire (cf. figure 3).

L'épandage centrifuge reposant sur un principe d'éjection de type radial (à l'opposé de l'épandage par principe pneumatique), les granulés d'engrais partent approximativement tous du même point, mais avec des angles de projection différents, et avec des portées différentes. Un principe de mesure radial se révèle donc être préférable pour mesurer la répartition, d'autant plus grâce à la reproductibilité presque parfaite des salves successives d'engrais.

La nappe d'engrais est ainsi mesurée en détail dans ses trois dimensions de positionnement transversal et longitudinal et de densités associées. L'opération est réalisée en une durée variant de 30 secondes pour les gros débits à 8 minutes pour les très faibles débits (mesures en anti-limaces par exemple), et elle peut être mise en œuvre dans un bâtiment de taille très restreinte. Une surface couverte de 12 mètres de large sur 40 mètres de long est en effet suffisante à une telle installation, et permet de tester tous les distributeurs d'engrais actuels, quelques soient leurs performances. Le banc de mesure étant positionné de manière fixe, aucun "bruit" d'origine mécanique n'est généré, les signaux de capteurs sont donc très faciles à filtrer, et la résolution de la mesure est très importante (0,01 gramme sur chaque capteur).



**Figure 3 :** Principe de mesure retenu pour le nouveau banc. La nappe d'engrais distribuée est mesurée secteur angulaire par secteur angulaire, grâce à une rotation du distributeur sur lui-même.

### Potentiels de la méthode et nouvelles voies d'investigation

La mesure physique terminée, le traitement est réalisé en moins de 30 secondes, et l'on obtient la représentation graphique en 3D de la distribution d'engrais (cf. figure 4).

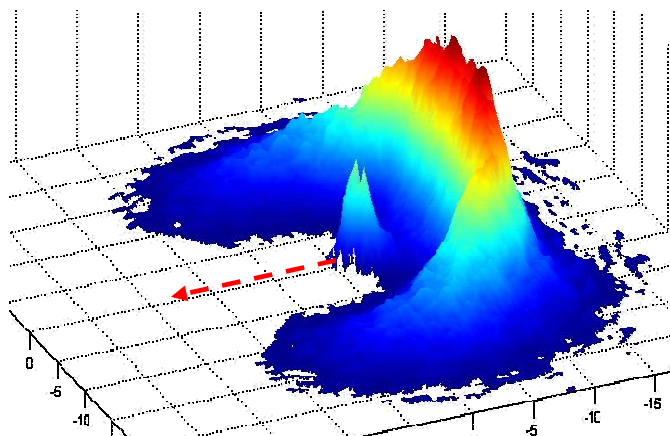
L'analyse visuelle de la nappe épandue est ainsi possible, permettant de diagnostiquer finement les "gros défauts", et de corriger éventuellement par le réglage approprié.

De cette nappe représentant l'épandage réel sont extraites les informations classiques de distributions transversales. Les contenus des mailles de la matrice obtenue sont sommés colonne par colonne dans le sens longitudinal correspondant au sens d'avancement du distributeur, permettant d'obtenir la répartition transversale pour le passage de l'appareil, la courbe après recouvrement à la largeur de travail ciblée, et la courbe des valeurs de coefficients de variation en fonction des largeurs de travail souhaitées. Les comparaisons réalisées entre répartitions transversales obtenues grâce à ce dispositif et grâce au traditionnel banc transversal montrent une corrélation complète des résultats, si l'on réalise avec le banc traditionnel le nombre de passages nécessaire à l'obtention d'une nappe représentative, selon les critères définis dans la norme EN 13739.

D'autres informations sont systématiquement extraites des distributions mesurées, afin de mieux caractériser l'épandage réalisé. Il s'agit des distributions angulaires et radiales d'engrais, permettant d'obtenir les informations concernant les angles moyens et les portées moyennes de projection, ainsi que leurs écart-types respectifs.

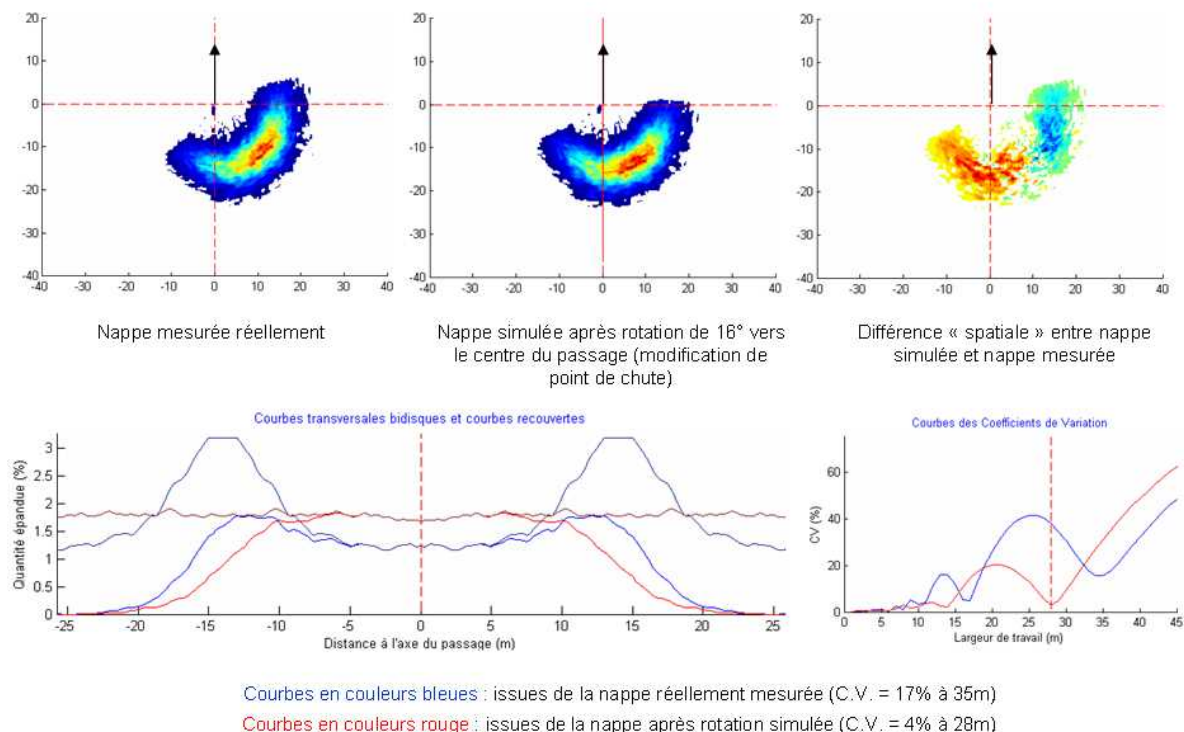
#### Une capacité à prédire ...

Pour un grand nombre de constructeurs, l'un des réglages principaux pour obtenir la largeur de travail revient à induire une rotation de la nappe d'épandage au sol. Après un nombre relativement limité de mesures pour une même machine (au minimum 2), il est alors possible, pour ce type de distributeur, de prédire les résultats de régularité de distribution pour la plage des réglages de la machine, et ce sans effectuer de mesures complémentaires, mais simplement par simulations numériques de rotations des nappes mesurées préalablement (cf. figure 5).



**Figure 4 :** Représentation de la nappe mesurée (densités d'engrais au sol) en 3 dimensions. Le centre du distributeur se trouve en (0,0), au départ de la flèche en pointillés rouges.

En quelques instants, et grâce aux puissances de calcul maintenant disponibles sur les ordinateurs, il devient alors possible de proposer un tableau de réglage pour un engrais donné, en toute objectivité, et sur toute la plage de réglage potentielle. De la même façon, les limites de performances du couple machine / produit sont très aisées à établir finement, et les tableaux de réglages, auparavant très subjectifs si un nombre restreint de mesures étaient réalisées, deviennent dorénavant très précis.



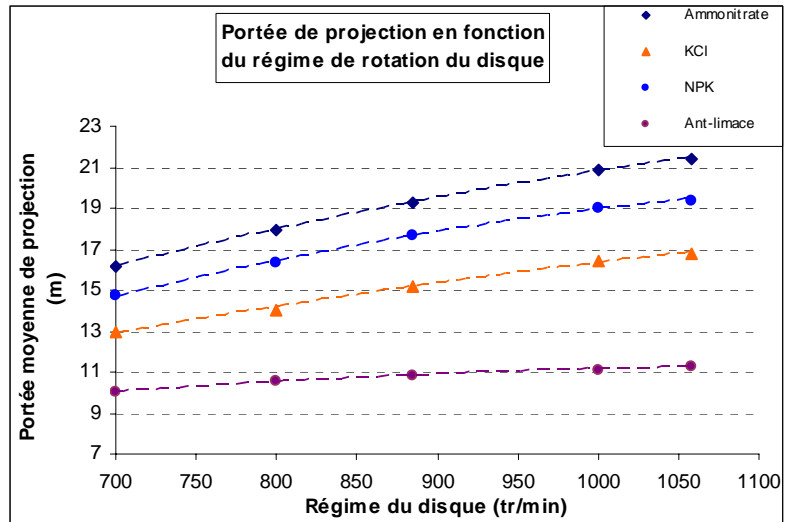
**Figure 5 :** La recherche du meilleur réglage machine pour un engrais donné et pour une largeur de travail donnée se réalise par simulation numérique et rotation fictive de nappe. Une grande objectivité est alors obtenue, tout en réalisant le maximum d'économies d'engrais à consommer, et donc à éliminer ensuite.

### Une capacité à modéliser ...

En opérant selon un plan d'expérience bien précis, les données synthétiques issues des mesures de nappes peuvent aussi servir à mettre au point des modèles expérimentaux de distribution, qui ont l'intérêt de coller très finement à la réalité, puisqu'établies en fonction de cette réalité. Les simulations numériques sont alors possibles, autorisant la "virtualisation" de la conception d'un système d'épandage, mais aussi de l'élaboration des différents tableaux de réglages, ...

### Une capacité à investiguer côté machine mais aussi côté produit ...

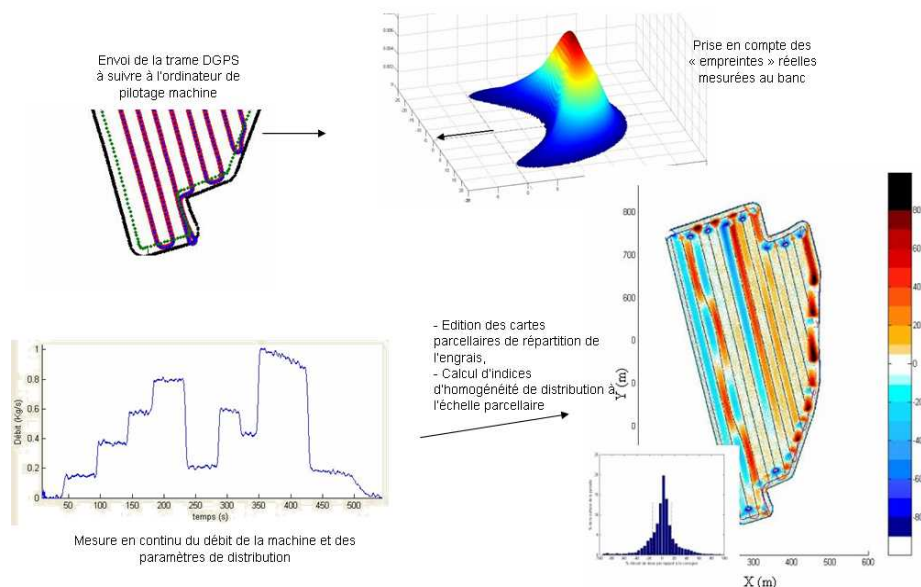
Si l'on fixe les réglages machine, et que l'on cherche à mesurer uniquement les effets "produit", la mesure de la réalité d'épandage sortie machine (nappe spatiale d'engrais distribuée au sol) plutôt que de celle après épandage au champ (répartition transversale classique) permet d'établir très finement des différences d'aptitude à l'épandage de différents produits. Cette aptitude étant liée à la capacité pour un produit à être réparti de façon homogène au sol, et à une distance importante, une simple mesure de nappe dans des conditions maîtrisées et systématiquement identiques permet de comparer, hiérarchiser les produits, ce qui permet d'envisager à terme l'établissement de typologies des produits, ... (cf. figure 6).



**Figure 6 :** Représentation graphique des portées moyennes de projection pour différents produits, et différents régimes de rotation du disque d'épandage, mais dans des conditions de réglages machine rigoureusement identiques. Les performances d'épandage ainsi que les limites connues pour ces différents produits sont ici totalement expliquées.

### Une capacité à évaluer les aptitudes d'un point de vue global à la parcelle

Parmi les autres atouts d'une mesure fiable des nappes, citons les possibilités à éco-évaluer les machines dans différents contextes parcellaires (cf. figure 7). Il serait ainsi possible d'établir un ensemble de parcelles types, représentatives de contextes d'épandages différents, et d'établir un critère d'aptitude des appareils à s'adapter aux configurations.



**Figure 7 :** Exemple d'écoévaluation potentielle d'un distributeur en prenant en compte ses aptitudes à s'adapter aux conditions parcellaires rencontrées.

Ainsi, par cet ensemble de facettes multiples, le CEMIB est la réponse aux besoins actuels, à la fois de recherche et d'investigation (fondamentale ou plus appliquée), mais aussi d'évaluation, voire d'éco-évaluation lorsque les largeurs de travail deviennent si importantes que les infrastructures de mesures sont inadaptées. Cela en fait l'outil des concepteurs et des bureaux d'études, mais aussi des ingénieurs ou chercheurs souhaitant valider un modèle d'épandage, de ceux qui préfèrent l'obtenir expérimentalement, ...

### **Bénéfice de cette troisième dimension : la possibilité d'imaginer des "distributeurs intelligents"**

Dans le contexte actuel de réduction des pollutions diffuses, l'épandage des engrais minéraux est l'une des opérations agricoles très regardée. Basés sur des systèmes d'épandage optimisés aux bancs d'essai, les distributeurs les plus performants actuellement intègrent un ensemble de dispositifs de gestion, électroniques et informatiques, qui permettent d'atteindre de très bonnes qualités d'épandage au champ, en particulier pour le respect global des doses à l'hectare : DPAE pour la prise en compte de la vitesse réelle, dispositif de modulation de dose grâce aux possibilités de repérage précis par DGPS, ... Pour autant, tous les paramètres ne sont pas encore optimisés, notamment en ce qui concerne la « largeur de travail » qui est le dernier réglage à encore être considéré comme constant lors de l'application. Les parcelles étant rarement des rectangles parfaits, qui plus est, multiples de la largeur de travail ciblée, les irrégularités de distances entre les passages successifs engendrent inévitablement des sur ou sous-dosage localisés plus ou moins importants selon les configurations parcellaires. Ce constat devient de plus en plus vrai avec l'augmentation des largeurs de travail, qui engendre des couvertures minimum à l'épandage très importantes. Par exemple, lors d'un épandage à une largeur de travail de 36 m, les granulés d'engrais couvrent, pour chaque salve épandue, une surface de l'ordre de 70 m de large sur 45 m de long. La nappe distribuée étant, comme nous l'avons vu précédemment, de forme circulaire, avec des densités distribuées variant de 0 à 100% de la dose ciblée, il devient très difficile de ne pas générer des recouvrements trop importants ou insuffisants.

L'objectif est donc de tendre vers une « machine intelligente », capable d'intégrer tous les paramètres de l'épandage et d'adapter ses réglages en temps réel aux configurations rencontrées, en particulier ces configurations parcellaires. Le conducteur n'ayant pratiquement jamais de latitude dans la trajectoire à suivre dans la parcelle, les travaux ont été menés dans un contexte de trajectoires subies. Les développements reposent sur des simulations informatisées, bien que basées sur des caractéristiques « machine » réelles mesurées au banc d'essai.

Un premier travail de thèse a permis de développer un algorithme décisionnel d'optimisation mathématique. Basé sur une modélisation réaliste de la répartition de l'engrais au sol, tenant compte des spécificités parcellaires et de la connaissance a priori de la totalité de la trajectoire à suivre, cet algorithme fournit l'une des meilleures successions de réglages à opérer pour obtenir à la fois un respect de la dose globale à apporter, et une minimisation des hétérogénéités localisées de dosages. Ainsi, sur une parcelle type de 10 ha qui présente des singularités parcellaires classiques, les hétérogénéités de dosage sans optimisation varient entre 80 % et 205 % de la dose ciblée, alors qu'après optimisation, elles sont contenues entre 91 et 106 %. Cette réduction, en particulier des surdosages localisés, permet de limiter grandement les risques de pollutions des ressources aquifères.

Basée sur des calculs complexes et longs (réalité spatiale de l'épandage dans ses trois dimensions prise en compte), et nécessitant la connaissance a priori de la trajectoire, cette méthode est inappropriée à des calculs en temps réel lors de l'épandage. Réalisés auparavant au bureau, seuls les réglages à opérer issus de ces calculs peuvent ensuite être transférés à la machine pour réaliser un épandage optimisé.

Aussi, une deuxième méthode a été développée dans l'objectif d'une applicabilité de terrain. Les calculs sont réalisés en temps réel pendant l'épandage, sans connaissance préalable des trajectoires du distributeur, c'est-à-dire sans aucune possibilité de connaissance ou de calcul des trajectoires futures, et donc des recouvrements qui s'opéreront alors inévitablement. Grâce à une modélisation très réaliste du comportement du distributeur avec les différents réglages disponibles (variation de point de chute, réglage de débit, ...), les paramètres de distribution de ce dernier sont intégrés dans l'ordinateur de pilotage sous la forme d'un simulateur d'épandage.

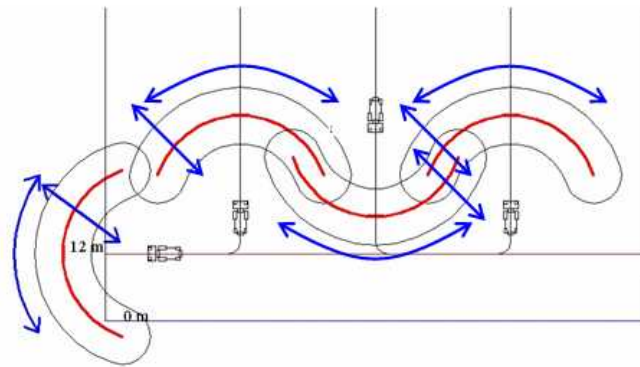
De façon automatique, plusieurs algorithmes s'enchaînent alors lors de l'épandage au champ, alternativement ou en parallèle selon le géo positionnement du distributeur, afin de gérer les différents cas de figures rencontrés (cf. figure 8) :

- ouverture et fermeture des alimentations des disques lors des débuts et fins de passages successifs,
- prise en compte de l'espacement réel entre passages et adaptation, d'une part du débit, d'autre part de la largeur de travail effective de l'appareil,
- prise en compte des apports nécessaires pour finaliser l'obtention de doses optimum lors du passage effectué en détournage.

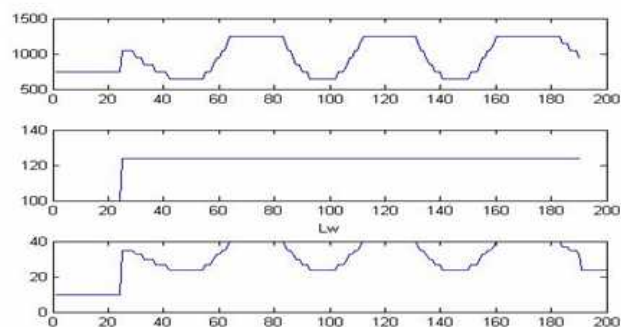
Basé sur la réalité spatiale des nappes d'épandage, cette méthode intègre tous les niveaux de complexité allant de l'hétérogénéité des distributions d'engrais dans les nappes distribuées à celles des géométries de parcelles rencontrées. L'ensemble des calculs est réalisé en temps réel, avec découverte des trajectoires en continu. Le distributeur devient auto-adaptatif aux conditions rencontrées, que ce soit en termes d'ouverture, de fermeture des trappes de dosage, ou de position de point de chute de l'engrais, de régime de rotation des disques, ...

La figure 9 illustre les conséquences d'un réglage comme le point de chute de l'engrais sur les disques d'épandage. C'est la forme de la courbe qui change, ce qui permet une adaptation aux conditions d'épandage auxquelles il faut coller. Couplée à une variation de régime de rotation, toute une palette potentielle de couverture de la parcelle devient possible, ce qui permet l'adaptation en tous points de la parcelle, dans les limites techniques de l'appareil et du produit.

Là où un épandage non optimisé conduit à obtenir 69 % de la surface de la parcelle correctement dosée (figure 10-a), avec ce dispositif, cette même proportion passe à 83% (figure 10-b). Il faut aussi noter que ces résultats sont obtenus dans un cas de figure de type "grande culture", i.e. parcelle de 20 ha, jalonnée au semis, donc avec des intervalles de passages "idéaux", et avec une forme géométrique qui, même si elle présente des singularités, n'engendre pas des défauts



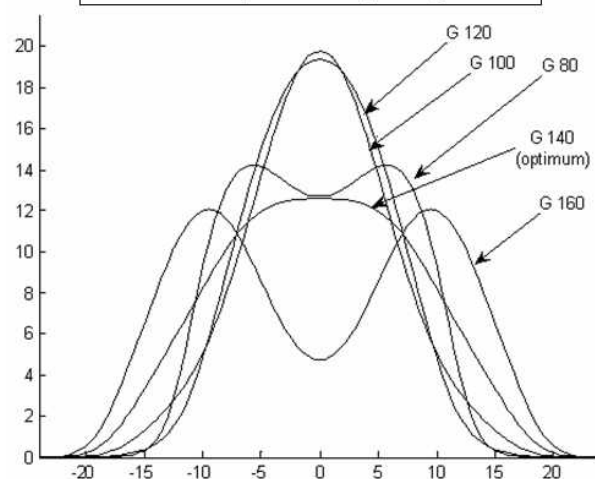
Optimisation en tous points de la parcelle des paramètres d'obtention de la nappe d'épandage



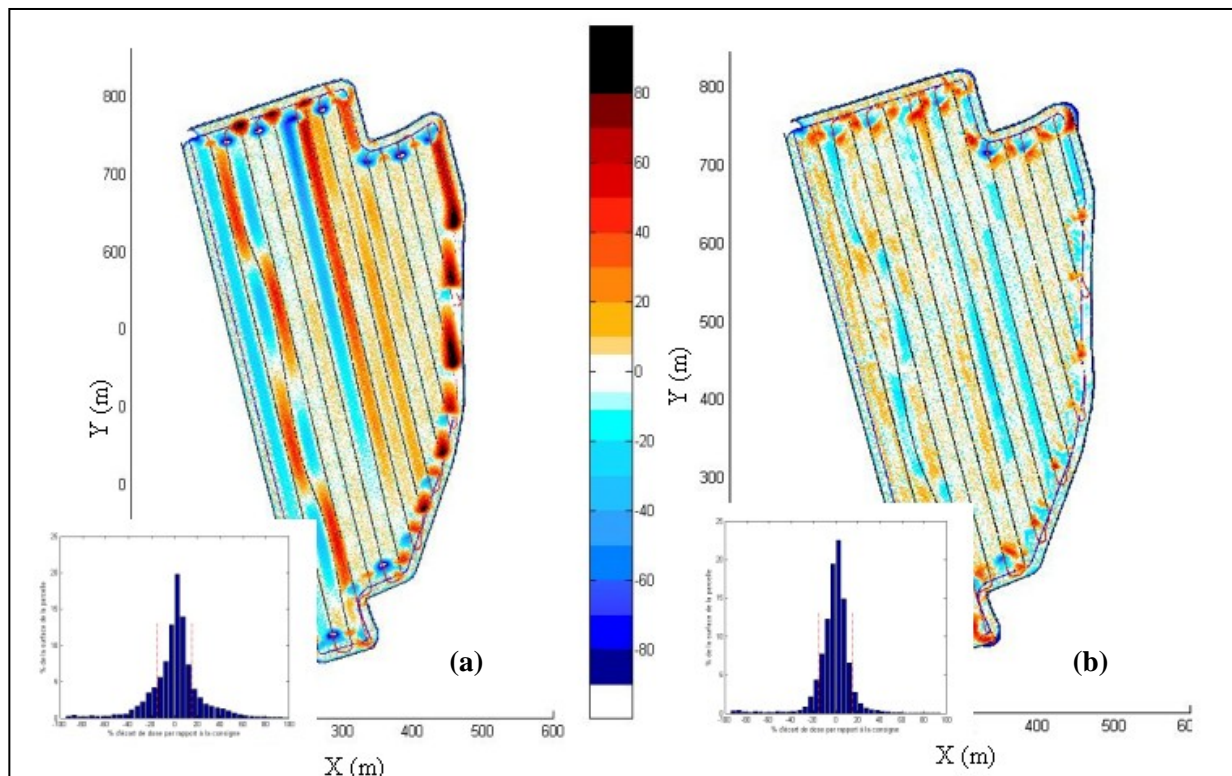
Conséquences sur les réglages machines appliqués à la machine (régime disque, position point de chute et conséquence sur la largeur de travail obtenue)

**Figure 8 :** Représentation simplifiée de la complexité d'imbrication des nappes successives d'engrais à épandre, en particulier lors de passages de détournage.

Influence du point de chute sur la forme de la répartition d'épandage



**Figure 9 :** La position de l'index de point de chute, par exemple chez SULKY avec qui les recherches ont été menées, se traduit par une modification de la forme de la répartition d'épandage. Cela permet une adaptation aux conditions d'épandage à remplir.



**Figure 10 :** Cartographies des dosages obtenus et des histogrammes correspondants sur une parcelle réelle de 20 ha sans mise en œuvre du dispositif d'optimisation (a) et avec sa mise en œuvre (b).

en proportions importantes. Le dispositif proposé présente l'intérêt de permettre d'atteindre cette proportion de 85% de surface correctement dosée, même en parcelles très singulières, là où sans aucun dispositif, ce même pourcentage serait inférieur à 50%. Il est donc en particulier adapté aux conditions de type élevage, lorsqu'il est fastidieux de jalonner (même si une réponse de type jalonnage virtuel par DGPS peut être utilisée), et que les conditions de parcelles sont très spécifiques (absence de remembrement par exemple). De cette façon, c'est bien le matériel qui va s'adapter à son environnement, et non pas l'inverse, comme on l'a beaucoup vécu ces dernières années.

En corollaire, l'intensité des sur ou sous-dosages rencontrés dans les parcelles est nettement diminuée, ce que l'on peut visualiser sur les graphiques de distribution des doses à la parcelle, sous la forme d'une réduction importante de l'écart type : avec optimisation, pratiquement toute la parcelle reçoit des doses comprises entre  $\pm 15\%$  de la dose moyenne prescrite, et les surdosages sont limités à 135% de cette même dose, alors que sans optimisation, il est largement possible surtout en parcelles à fortes singularités géométriques, d'atteindre des surdosages de l'ordre de 200% de la dose moyenne prescrite.

Sans représenter d'investissements très importants au-delà des traditionnels équipements électroniques et informatiques utilisés en agriculture de précision (la simple motorisation électrique des réglages de point de chute étant nécessaire), ce dispositif d'optimisation présente des avantages à plusieurs niveaux :

- *environnemental* : limitation des surdosages localisés (rarement supérieurs à 15 %) engendrant des fuites vers la nappe, ainsi qu'une diminution globale des quantités d'engrais globalement distribuées,

- *économiques* : (1) meilleure valorisation agronomique des engrais apportés par une régularité d'épandage quasi parfaite, ce qui permet d'envisager de diminuer les dosages moyens apportés, (2) suppression des problèmes de verses localisées dues aux surdosages avec augmentation associée de la valeur marchande des céréales (en particulier le taux de protéine).



- confort d'utilisation : utilisable quelles que soient les configurations parcellaires et ne nécessitant aucune information préalable sur les trajectoires du tracteur, ce dispositif permet une « auto-adaptation » de tous les réglages du distributeur (dans les limites techniques de l'appareil). Ainsi, il est intéressant non seulement en grande culture, en élevage, et dans tous les cas de figures où les trajectoires ne sont pas régulièrement espacées. Il s'interface de façon particulièrement efficace avec les dispositifs de guidage par DGPS, puisque sans représenter de coût supplémentaire (DGPS déjà présent), il optimise la distribution des engrais dans les inévitables zones de parcelles qui ne seront pas espacées comme le prévoit le réglage de base d'une machine : pointes de parcelles, jalonnages inégaux, débuts et fins de passages plein champ, ...

## **Conclusion**

Développé en collaboration de recherche avec l'entreprise SULKY-BUREL, ce dispositif d'optimisation spatiale des doses d'engrais à la parcelle, présenté sous le nom d'ECOVISION au SIMA 2007, et ayant reçu la médaille d'or au palmarès de l'innovation de ce même salon, améliore significativement la qualité d'épandage au champ, en tenant compte non seulement de « l'épandeur » et de ses caractéristiques, mais aussi de son environnement lors de l'épandage. Ceci en fait une réelle écotecnologie. Ce dispositif, dans son principe de fonctionnement, gère de façon continue et automatique le dernier grand paramètre de l'épandage centrifuge qui n'était pas encore considéré comme une variable : la largeur de travail. Le pas franchi est d'autant plus important que ce paramètre a deux répercussions majeures sur la distribution d'engrais réalisée : en ne considérant pas la réalité des espacements entre passages successifs, non seulement les formes des courbes de répartition d'engrais ne sont pas correctes, engendrant des recouvrements de mauvaises qualités, mais en plus, le débit distribué par l'appareil n'est pas adapté, ce qui engendre sur et sous-dosages globaux. Ces deux problèmes sont levés avec ce dispositif automatique.

En ce qui concerne le nouveau dispositif CEMIB d'évaluation des performances d'épandage, il permet lui aussi de franchir un pas décisif vers une meilleure compréhension des phénomènes physiques mis en jeu, une conception facilitée et plus objective des nouvelles technologies d'épandage (ECOVISION en est un bon exemple), une progression technique des produits à épandre, ...

La profession, au travers du SIMA 2007 l'a reconnu en octroyant une médaille d'argent à ce dispositif totalement innovant, qui représente une rupture, à la fois dans la façon d'appréhender l'épandage (et donc de le réfléchir), dans la façon de mesurer, mais aussi dans les coûts engendrés pour permettre l'ensemble des mesures. A la disposition de tous les industriels de l'épandage, il permet d'envisager de nouvelles voies de caractérisation des engrais à épandre par voie centrifuge, des systèmes d'épandage nouveaux, ...

## **Références :**

- E. PIRON, D. MICLET - Brevets : Français n° FR2871885 du 23-12-05, étendu à l'Europe n°EP1610112.
- E. PIRON et D. MICLET - "Centrifugal fertilizer spreaders: a new method for their evaluation and testing". IFS - 14 avril 2005 – Communication écrite et orale à Londres - Proceedings n° 556.
- E. Tijsskens, P. Van Liedekerke, E. Piron, J. Van Geyte, F. Cointault and H. Ramon - "Recent results of experimental and Dem modeling of centrifugal fertilizer spreading". Granular matter, issue d'une présentation au meeting d'Orlando.
- E. PIRON – "Engrais minéraux : Un banc pour peaufiner les réglages". - L'éleveur laitier n°125 - Mai 2005 – Pages 36 et 37.
- E. PIRON, D. MICLET - Congrès : présentation aux deux premiers symposiums Internationaux sur l'épandage centrifuge : Leuven le 15 septembre 2005 et Montoldre le 25 octobre 2006.
- CEMIB : Récompensé par une Médaille d'argent au SIMA 2007 lors du concours de reconnaissance d'innovations.
- T. Virin, E. Piron, J. Koko, P. Martinet et M. Berducat (2005) : "Spatial Optimization of Fertilizer Application by Centrifugal Spreading", 1st International Symposium on Centrifugal Fertilizer Spreading, Leuven, Belgium, 15-16 September, pp. 3-5.

- T. Virin, J. Koko, E. Piron, P. Martinet (2006) : "On The Use Of Optimization Methods For The Minimization Of Fertilizer Application Error With Centrifugal Spreader", ICINCO 2006 3rd International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics, Setubal, Portugal, 1-5 August, pp. 124-129.
- T. Virin, J. Koko, E. Piron, P. Martinet et M. Berducat (2006) : "Optimization-Based Approach For A Better Centrifugal Spreading", CONTROLO 2006 7th Portuguese Conference On Automatic Control, Lisbon, Portugal, 11-13 September, Session WA-3-2. (Best Industrial Paper Award)
- T. Virin, J. Koko, E. Piron, P. Martinet et M. Berducat (2006) : "Application of Optimization Techniques for an Optimal Fertilization by Centrifugal Spreading", IROS 2006 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Beijing, China, 9-15 October, Session FP.