

Apport des technologies de l'information pour la gestion des épandages des effluents de l'élevage

François Thirion¹, Vincent Soullignac¹ et Gildas Le Bozec²

Notre société aspire au développement de relations plus harmonieuses entre l'agriculture et l'environnement. La nécessité de concilier compétitivité, préservation, voire restauration des ressources naturelles, qualité des produits, gestion de l'espace, dans un concept élargi de durabilité, est aujourd'hui largement reconnue comme étant le défi ambitieux que doit relever notre agriculture.

Dans ce contexte, l'agriculture doit adopter une démarche raisonnée d'utilisation des facteurs de production, celle d'une agriculture qui, à chaque étape de la production, mesure avant d'agir. L'agriculture raisonnée peut, à ce titre, être présentée comme une agriculture de la connaissance ou de l'information.

Le développement des technologies de l'information (électronique, informatique) permet l'acquisition de volumes importants de données ainsi qu'une gestion rationnelle de ces données. L'épandage des effluents d'élevage est justement un domaine où les données sont fragmentaires et leur gestion souvent considérée par les agriculteurs comme une contrainte administrative astreignante.

Les informations sur l'épandage

Un dispositif réglementaire réactualisé et un important programme de maîtrise des pollutions d'origine agricole (PMPOA) génèrent des quantités de données qui ne seront pas toujours valorisées au mieux. Le diagnostic d'exploitation, les plans d'épandage et les cahiers d'épandage représentent les résultats d'un substantiel travail de collecte et d'analyse. L'informatisation de ces données ouvre la voie à des possibilités d'analyse et de partage non envisageables dans une gestion traditionnelle des informations.

Un système d'information

Le partage de données pour la mise en place d'un système d'information s'accompagne de modalités précises. Sur le plan juridique, il faut respecter les clauses de propriété de l'information et établir des engagements relatifs aux échanges de données. Au niveau informatique, il faut mettre en cohérence les identifiants et les nomenclatures liées aux données. Nous nous trouvons confrontés ici à la diversité des logiciels utilisés. Ces logiciels ont été élaborés de façon indépendante, pour des besoins distincts et avec des contraintes spécifiques. Les échanges peuvent nécessiter une analyse complète des systèmes définissant de nouvelles entités normalisées.

Les équipements, éléments ressources du système d'information

L'électronique s'est fortement développée en agro-équipement, comme moyen de régulation des appareils. L'électronique s'est progressivement révélée plus performante, plus évolutive et aussi fiable que les systèmes mécaniques. Le système le plus répandu est l'automatisme de Débit Proportionnel à la vitesse d'Avancement (DPA).

Ces systèmes de régulation ont rapidement été utilisés comme source d'information. Dans ce cas, nous ne considérons plus les valeurs instantanées, mais les valeurs de débit ou de vitesse, intégrées dans le temps, ce qui permet d'obtenir des données quantité, distance et surface.

Parallèlement à cette évolution, des équipements plus simples d'information de l'utilisateur en temps réel se sont développés (systèmes dits de monitoring). On a aussi assisté à l'expansion d'appareils

Les contacts

1. Cemagref-Clermont Ferrand
24, avenue des Landais
63172 Aubière Cedex
2. Cemagref-Rennes
17, avenue de Cucillé
35044 Rennes Cedex

plus orientés vers l'enregistrement des données. Montés en série sur les tracteurs de haut de gamme, ces systèmes sont souvent utilisés par les entrepreneurs d'épandage. Les fonctions auxquelles ceux-ci font appel régulièrement sont surtout le comptage d'hectare, l'aide au réglage et l'impression de données. Le transfert des informations vers un ordinateur est par contre une possibilité encore peu utilisée.

L'évolution la plus récente des équipements électroniques est la collecte d'informations géoréférencées dans le cadre du développement de « l'agriculture de précision ». Pour les épandages, le corollaire est la modulation des doses en fonction de cartes de préconisation. Le développement de ces systèmes est encore lent. Il souffre d'une part du prix élevé des équipements et d'autre part du manque de standardisation, qui rend difficile les échanges de données entre les différentes marques commercialisées. Les retombées sont donc limitées sur la collecte des informations matière. Par contre, elles sont plus intéressantes sur la gestion des informations spatiales.

L'épandage des fumiers

Plusieurs constructeurs d'épandeurs de fumier proposent des asservissements DPA. Les boîtiers utilisés sont en général des dérivés de système de régulation de pulvérisateur. En réalité, comme nous ne disposons pas de capteur de débit, l'asservissement est incomplet à ce jour ; toutefois la vitesse d'avancement peut effectivement être prise en compte pour faire varier, en proportion, celle du tapis. Ce dispositif permet de résoudre les problèmes de ralentissement du tracteur dans les montées, dus à une insuffisance de puissance disponible et au glissement. Par contre, il est loin de résoudre les difficultés liées aux hétérogénéités de densité ou de remplissage. Il ne permet pas non plus d'ajuster le réglage en fonction du type de fumier épandu.

La principale difficulté concernant l'épandage du fumier est de connaître les quantités épandues. Contrairement aux produits commercialisés ou aux intrants exogènes comme les boues de station d'épuration, le fumier n'est pas pesé. Il est aussi difficile d'estimer la quantité stockée à l'exploitation que celle chargée dans un épandeur. Une répercussion immédiate réside dans la complexité du réglage de la dose à épandre par hectare. La difficulté du réglage provient de ce qu'il doit tenir compte de la densité du produit, sachant que la masse volumique du fumier (qui varie de 250 à

900 kg/m³) est difficile à estimer. Pour remédier à ce problème, des campagnes de pesée du fumier ont été menées. Le but poursuivi est que chaque agriculteur puisse connaître la densité du fumier (ou le poids chargé dans l'épandeur) pour son exploitation. Le *Cemagref* a pour sa part étudié un système automatisé, géré par électronique et baptisé « volet peseur » (Thirion *et al.*, 1998). Ce système est représenté dans la figure 1.

Le fumier est poussé vers l'arrière où il sera expulsé. À l'avant des hérissons, le fond de la caisse de l'épandeur a été découpé, de façon à pouvoir recevoir une plaque (volet peseur) maintenue à l'avant par un axe et à l'arrière par deux capteurs d'effort. Le fumier passe sur le volet peseur qui mesure la pression engendrée sur le volet. On peut ainsi connaître le poids de fumier épandu (ou du moins l'estimer par une information relativement proportionnelle) et réguler la vitesse du tapis en fonction du débit désiré.

Les essais du volet peseur

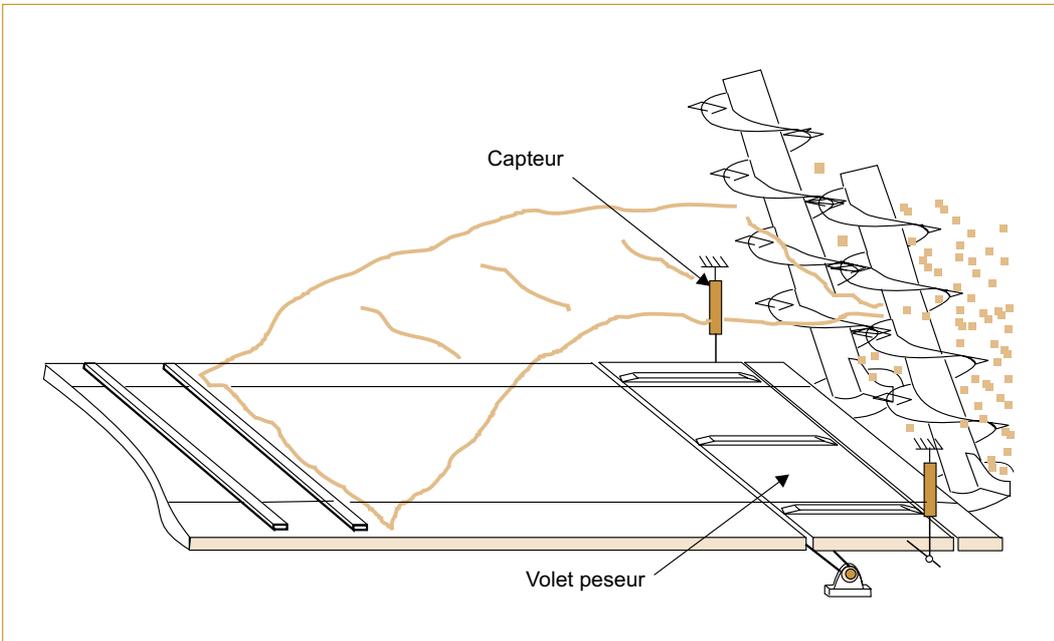
Les essais statiques ont été réalisés sur une plateforme bétonnée. L'ensemble tracteur remorque repose sur des pesons électroniques. L'acquisition des poids se fait toutes les secondes. On connaît ainsi le débit par différence de deux valeurs successives. Les informations obtenues au niveau du volet peseur sont proportionnelles au débit. En essais dynamiques sur le terrain, cette proportionnalité subsiste, mais elle est plus difficile à mettre en évidence.

Un essai de régulation en position statique montre des résultats satisfaisants (figure 2), malgré une forte irrégularité en début d'épandage, montrant que la méthode de régulation devra être optimisée.

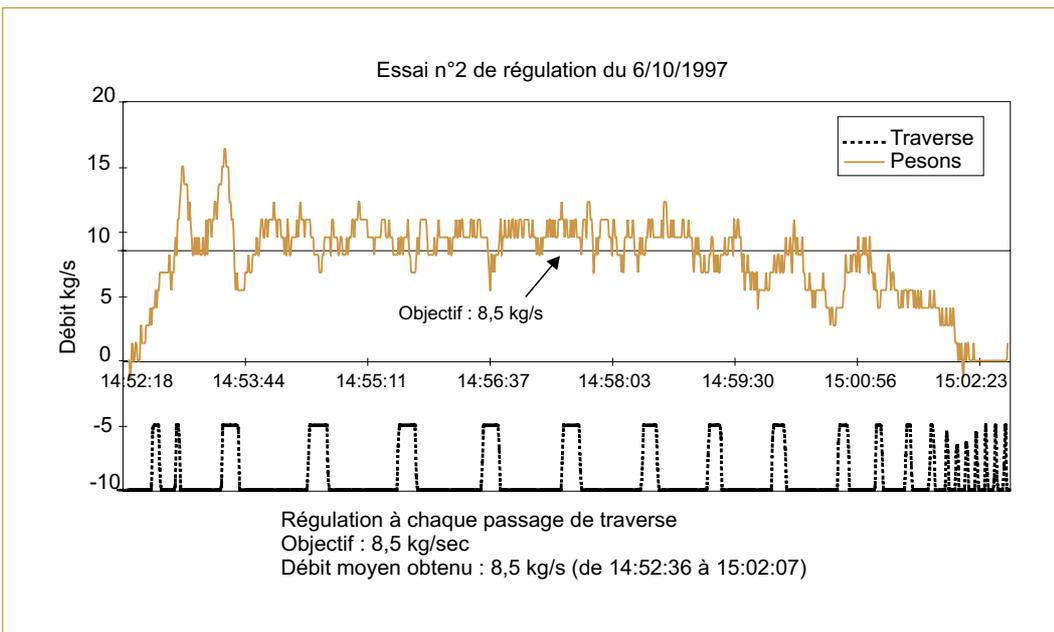
Le système de volet peseur a été breveté par le *Cemagref*, N° FR 9701871 du 18 02 98 et N° EP 98400391.3-2313. Une licence exclusive a été cédée aux établissements Miro Heywang qui n'ont pas encore commercialisé ce procédé.

L'épandage du lisier

En matière d'épandage de lisier, on peut facilement connaître le volume épandu par le nombre de tonnes à lisier remplies. Il faut toutefois vérifier le volume effectif de l'épandeur (Habib, 1994). En effet, le remplissage n'est pas toujours complet en raison de la mousse qui peut se former à la surface du lisier. Il peut aussi rester du lisier en fin de vidange en particulier si l'inclinaison de la tonne



◀ Figure 1 – Principe du volet peseur.



◀ Figure 2 – Essai de régulation de débit à l'aide du volet peseur.

n'est pas bien réglée. Ces volumes morts peuvent être déterminés par le moyen de capteurs de pression. La différence de pression entre le haut et le bas de la cuve dépend de la hauteur de liquide contenu.

Avec l'évolution actuelle des tonnes à lisiers, des dispositifs DPA (débit proportionnel à l'avance-

ment) sont maintenant utilisés pour réguler le débit. Si l'appareil est doté d'un débitmètre, il est possible d'intégrer les débits sur la période d'épandage. Nous obtenons ainsi la quantité totale débitée.

Ce type d'enregistrement largement utilisé en matière de pulvérisation peut être facilement transféré aux épandages de lisier.

La composition des lisiers

Le facteur prédominant en relation avec la composition du lisier est la dilution. L'eau de nettoyage des bâtiments, le gaspillage d'eau de boisson et l'eau de pluie peuvent faire varier la dilution dans de larges proportions. De ce fait, le pourcentage de matière sèche n'est pas connu alors qu'il présente de bonnes corrélations avec les paramètres stables : matières minérales, phosphore, azote total. La mesure du pourcentage de matière sèche peut difficilement être réalisée à la ferme, car cela nécessite un passage à l'étuve avec mesure de l'eau évaporée. Le *Cemagrefa* proposé en 1985 une méthode d'estimation du pourcentage de matière sèche en fonction de la densité du lisier. Un densimètre peut alors fournir une lecture instantanée. Par ailleurs, la composition en azote ammoniacal peut présenter de grandes variations, en raison, en particulier de la volatilisation de cet élément. Pour déterminer cette composition, des méthodes d'analyse rapide (Quantofix, Agrolisier) ont pu être mises au point, fondées sur la réaction de l'hypochlorite de sodium sur le lisier.

Il serait intéressant de disposer de méthodes automatisées d'évaluation de la composition des lisiers pour deux raisons. La première raison est que l'on obtiendra un enregistrement systématique des données, alors que les opérations manuelles sont toujours limitées par le temps dont peut disposer l'éleveur. La seconde raison est que si l'on dispose d'une mesure en ligne, du remplissage de la tonne à lisier par exemple, le résultat obtenu devient le reflet de l'ensemble du lisier qui remplit la cuve. À l'inverse, les analyses ponctuelles reposent sur le prélèvement d'échantillons. Étant donné la grande hétérogénéité du lisier dans les fosses de stockage, il est nécessaire de procéder à un brassage prolongé de cette fosse pour pouvoir obtenir un échantillon représentatif. Des prélèvements répartis sur une fosse non agitée pourront difficilement donner une indication représentative.

Dans un projet de recherche européen, Scotford *et al.* (1998) ont procédé à l'étude de capteurs automatiques destinés à l'analyse du lisier. Les données ont été testées sur des lisiers provenant de quatre pays différents : Grande-Bretagne, Irlande, Allemagne et Italie. Un prototype a été réalisé (Scotford *et al.*, 1998), il permet l'analyse du lisier pendant le remplissage de l'épandeur (photo).

Comme pour les méthodes manuelles, la connaissance du taux de matière sèche semble importante. L'utilisation de densimètres électroniques basés sur

la propagation de vibrations ou d'ultra-sons n'a pas conduit à des résultats exploitables. La mesure de la viscosité du lisier a été utilisée pour estimer la quantité de matière sèche. Les mesures de viscosité du lisier montrent une relation générale :

$$\tau = k \cdot \dot{\gamma}^n \quad \text{avec } \tau \text{ contrainte de cisaillement}$$

$$\dot{\gamma} \text{ gradient de cisaillement}$$

La valeur de k peut être déduite de la perte de charge mesurée dans une canalisation. Il existe une bonne corrélation entre k et la teneur en matière sèche pour les lisiers de bovin, moins bonne pour les lisiers de porc.

La mesure du taux d'azote ammoniacal peut être appréciée par la conductivité (valeur inverse de la résistivité) du lisier. La présence d'ions NH facilite le passage du courant électrique.

Il faut remarquer que les corrélations obtenues diffèrent d'un pays à l'autre. On n'a pas pu déterminer l'origine de ces variations, qui peuvent provenir des différences dans les systèmes d'élevage ou des méthodes d'analyses propres à chaque pays. Il est en tous cas nécessaire de calibrer le système en comparaison avec des analyses de laboratoires.

La traçabilité des épandages

Il s'agit ici du recueil d'informations spatiales concernant les surfaces effectivement épandues. Une partie de ces informations est exigée par la réglementation (plans et cahiers). L'informatisation de ces données peut poser des problèmes spécifiques. Une difficulté majeure réside dans la constitution d'une cartographie fiable. Les plans d'épandage établis par des professionnels peuvent servir de référence cartographique, le GPS est aussi un moyen d'acquisition des données dont nous avons pu mesurer la précision.

Le suivi des épandages par GPS

Le GPS (Global Positioning System) est un système constitué par un réseau de 24 satellites en rotation permanente autour de la terre qui permet aux utilisateurs de récepteurs d'obtenir leurs coordonnées.

Le suivi automatisé des épandages a été initialement étudié par l'ADEME et le *Cemagref* (Le Bars et Thirion, 1998 ; Thirion *et al.*, 1999) à propos des épandages de boues de station d'épuration ; le suivi des transports est expérimenté en Angleterre (Anonyme, 1999). Face à certaines réticences du monde agricole sur les épandages de boues



◀ Photo – Prototype de système d'analyse en ligne Ian Scotford.

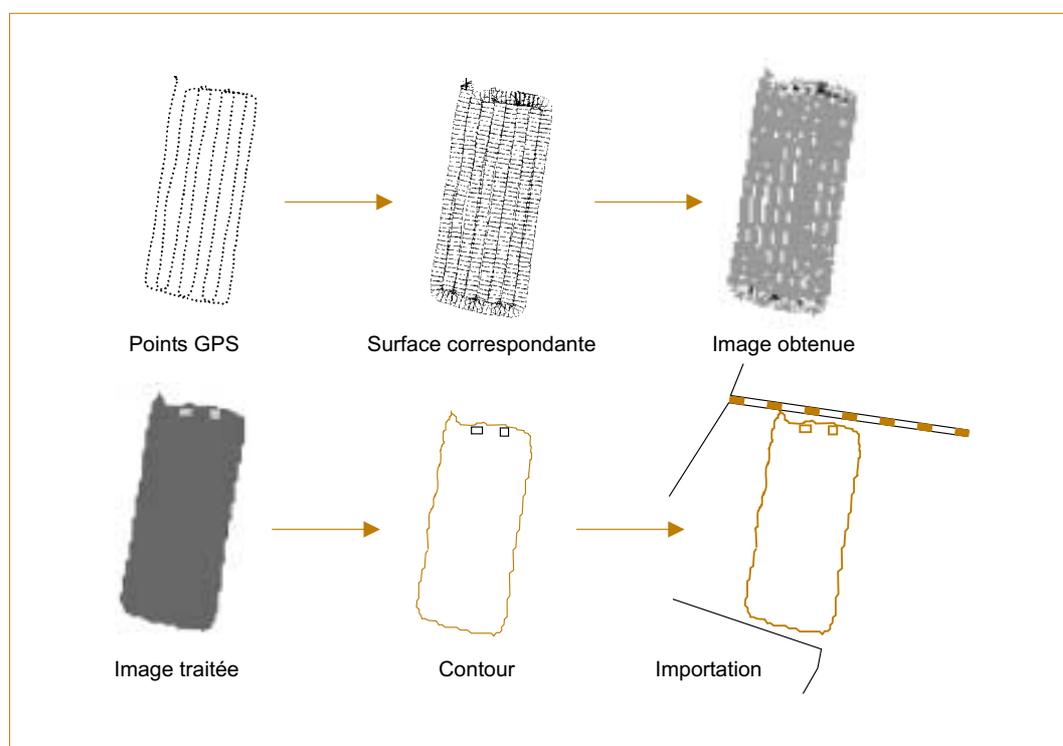
de station d'épuration, des bureaux d'études ont initié une démarche qualité sur l'ensemble de la filière, y compris les pratiques de chantier. Il est apparu alors que l'électronique et l'informatique pouvaient constituer un outil efficace de traçabilité. L'enregistrement automatisé des données de chantier permet de recueillir une quantité d'informations très supérieure à celle que l'on pourrait recueillir manuellement. Cela ouvre aussi la possibilité de transferts, de tris et d'analyses à volonté. C'est donc globalement une information supérieure en qualité et en quantité que peut procurer un enregistrement automatisé.

Le suivi cartographique des épandages est relativement simple dans son principe. Un GPS est fixé sur le tracteur réalisant l'épandage. Les trames d'informations reçues par le GPS sont transférées à un dispositif d'enregistrement par une liaison série. Un capteur disposé sur l'épandeur détecte si celui-ci est en opération d'épandage. L'enregistrement n'est opérationnel que pendant la durée d'épandage. L'ensemble des positions est enregistré dans un fichier intitulé .gps. Le Cemagref a développé un programme, dont les étapes sont représentées dans la figure 3, permettant d'obtenir un fichier vectoriel à partir des fichiers bruts d'enregistrement GPS (fichiers .gps).

Ce schéma représente la démarche suivie pour la transformation du fichier : tracé d'un rectangle plein autour de chaque point enregistré, traitement de l'image obtenue, extraction du contour, mise sous format dxf. Le programme individualise les surfaces ayant éventuellement reçu deux épandages. Ceci n'exclut pas la possibilité d'archiver les fichiers GPS d'origine qui contiennent de nombreux renseignements pouvant s'avérer utiles en cas de litige. En effet, les fichiers vectoriels sont facilement modifiables par tout utilisateur et peuvent difficilement être authentifiés.

Le système d'enregistrement

Il doit permettre un dialogue avec l'utilisateur. Ce système facilite l'utilisation du dispositif et permet d'améliorer la gestion des données relevant du chantier d'épandage. Les données concernant les chantiers d'épandage sont appelées à circuler entre les différents acteurs de la filière. Il faut rechercher à réaliser une circulation simple et complète, ce qui évite de ressaisir les informations à plusieurs niveaux. On risquerait alors d'introduire des erreurs supplémentaires. Le schéma est proposé dans le cadre d'épandage de boues de station d'épuration : le producteur de boues dispose du plan d'épandage agréé par la préfecture. Il met à



▲ Figure 3 – Création d'un fichier vectoriel (dxf).

jour chaque année les prévisions d'épandage (programme prévisionnel d'épandage) établies en fonction des cultures implantées et enregistre les réalisations effectuées. Les informations concernant les épandages réalisés sont collectées par l'organisme chargé de l'épandage qui prépare aussi les chantiers planifiés.

Nous avons donc conçu un système, représenté figure 4, où le chauffeur de tracteur reçoit le planning des travaux à effectuer enregistré sur une disquette informatique. Cette disquette sera utilisée sur l'ordinateur embarqué. Le chauffeur sélectionne la parcelle à épandre et peut alors visualiser les consignes correspondantes. Lors de l'épandage, les informations GPS sont enregistrées. À la fin du chantier, la disquette est retransmise aux bureaux de la société d'épandage. Les informations seront alors analysées, les fichiers correspondants sont créés et peuvent être retransmis au producteur de boues qui en gère l'archivage.

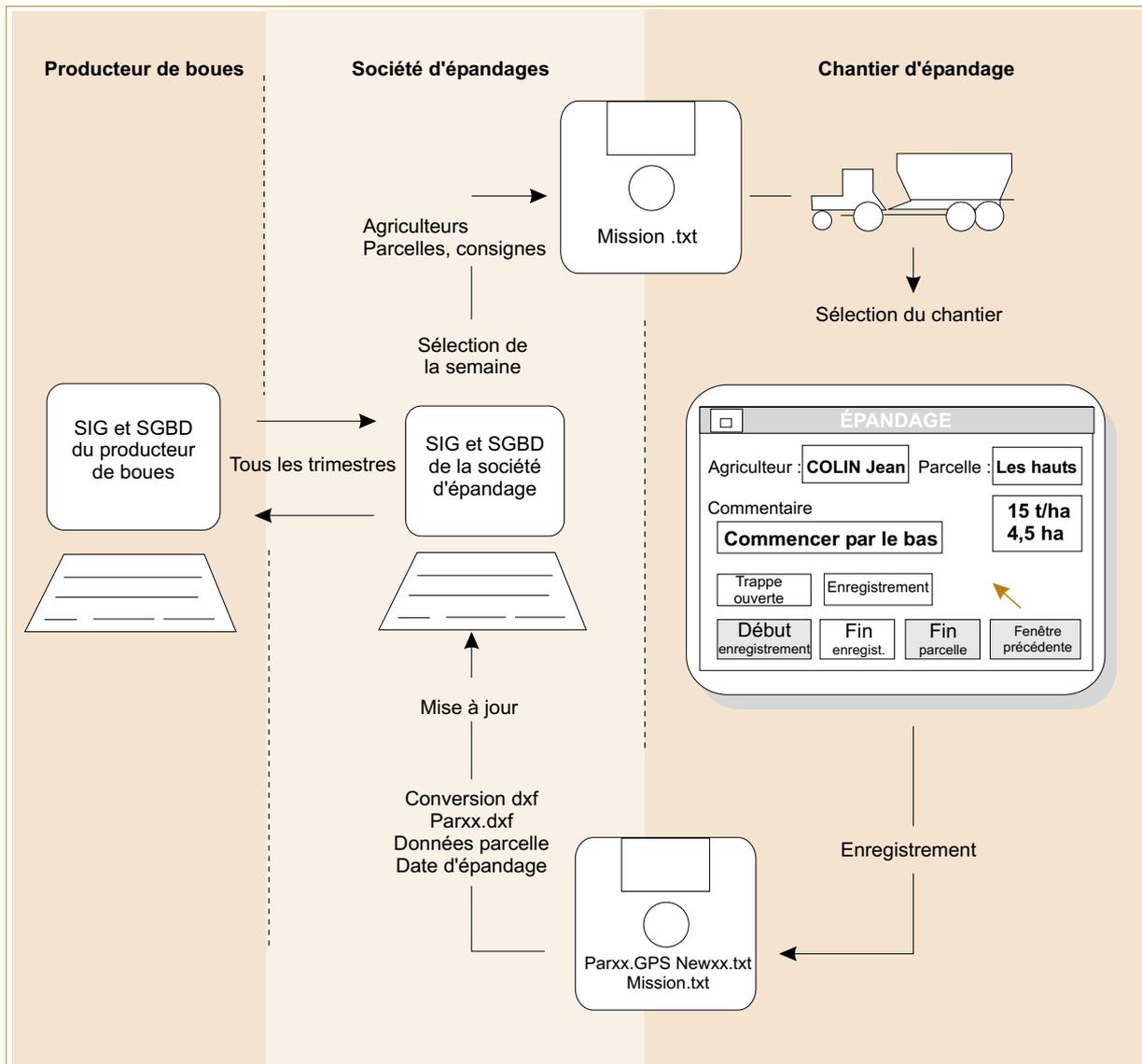
On peut distinguer trois types de données relatives à la gestion des épandages : l'identification de la parcelle, les consignes de travail et la réalisation du chantier.

Les résultats cartographiques

Le système a été mis en application sur plusieurs chantiers d'épandage. Les principales difficultés rencontrées sont liées aux incidents de chantier : pannes mécaniques, pluies, contretemps divers. Des fichiers ont été effacés car l'ordinateur embarqué n'était pas protégé contre les arrêts d'alimentation en cours de programme. De même, les antennes ont connu des défauts de fonctionnement dus à leur installation provisoire. Cette expérience montre bien la nécessité d'utiliser un appareillage spécialement conçu pour une utilisation embarquée.

La figure 5 présente un exemple de résultat obtenu.

Le tableau (p. 10) précise les caractéristiques des épandages sur les trois parcelles de la figure 5 représentant respectivement 3,88 hectares, 1,63 hectares et 3,01 hectares. Les enregistrements différenciés en trois fichiers .gps représentant au total 257 koctets. Les trois fichiers .dxf représentent 11 koctets. Ces trois fichiers auraient pu être réunis en un seul, les parcelles seraient alors représentées par différents polygones, gardant chacun le statut d'entité différenciée dxf.



▲ Figure 4 – Circulation des données entre les principaux intervenants.

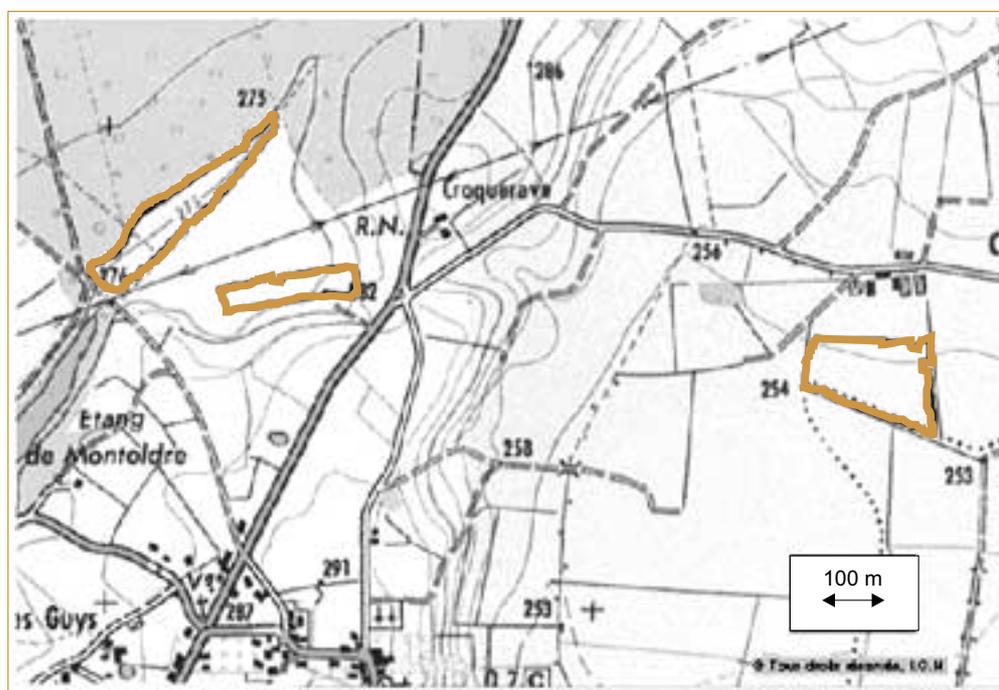
On remarque pour la parcelle de droite que trois côtés de la parcelle suivent des délimitations naturelles identifiées par la carte IGN. Nous avons dans ce cas un très bon repérage de la zone épandue. Pour la parcelle centrale, les clôtures sont des fils barbelés qui n'apparaissent pas sur la carte.

Quant à la parcelle de gauche, elle se situe en lisière de forêt. On pourra constater que dans ce cas la réception GPS n'a pas été entravée par cette forêt, même dans l'angle supérieur bordé par la forêt sur deux côtés.

La gestion des informations à l'échelle de la parcelle

La parcelle est l'unité de gestion agronomique de base. Elle doit être la représentation d'un ensemble cultural homogène et non d'un élément cadastral (pouvant être différent de la réalité agronomique). C'est sur cette entité qu'il est le plus avantageux de dresser le bilan de fertilisation.

Plusieurs méthodes de calcul de bilan peuvent être utilisées. Le solde annuel du bilan est égal à la différence : total des apports - total des sorties.



► Figure 5 – Épannage à Croquerave. Plan importé sous Softmap (tous droits réservés IGN).

► Tableau – Caractéristique des entités graphiques de la figure 5.

Code DPU	Surface	Surface épandue	Date	Dose
VACROQ002	4 ha	3,88 ha	27/10/98	15 t/ha
VACROQ004	1,7 ha	1,63 ha	27/10/98	15 t/ha
VACROQ005	3,1 ha	3,01 ha	27/10/98	15 t/ha

Pour l'azote cela donne : N efficace des effluents d'élevage + N minéral des engrais + apports du sol (minéralisation) + arrière effets + restitution des animaux au pâturage - exportation des cultures.

Ce bilan peut être précisé par la prise en compte des analyses de reliquat dans le sol.

Pour minimiser les excédents, il faut éviter les bilans excédentaires. Dans la pratique, cela conduit à un modèle d'aide à la décision (bilan prévisionnel) où l'agriculteur estime le rendement potentiel des cultures. Il peut ainsi déterminer les quantités optimales d'engrais à apporter.

Les procédés d'acquisition automatique de l'information sont liés à la parcelle, ils concernent les quantités apportées et les surfaces correspondantes. Cela permet donc en premier lieu d'ajuster

les pratiques aux objectifs définis. On peut aussi déterminer un autre niveau d'application avec l'agriculture de précision (Zwaenepoel et Le Bars, 1997) qui permet de gérer la variabilité intra-parcellaire. La justification de cette technique n'est pas toujours évidente, vu l'imprécision des modèles et des données. Par contre, il semble intéressant de considérer l'apport que l'on peut obtenir avec ce mode de gestion lorsque l'on observe une variabilité au niveau de la définition des parcelles. En effet, les choix d'assolement, les dimensions de jachère, les définitions des zones d'exclusion peuvent amener à redéfinir les découpages de parcelles d'année en année.

Dans le schéma – figure 6 – où la même parcelle est découpée chaque année en deux parties (de trois façons différentes), nous sommes amenés à consi-

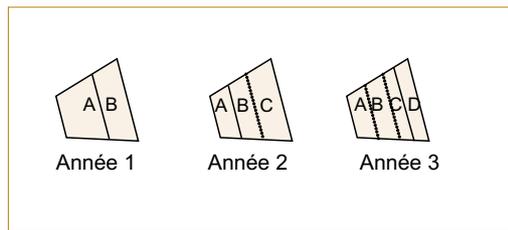
dérer quatre entités différentes pour tenir compte des arrière-effets. Pour cela, avec un logiciel de gestion parcellaire, il faut redéfinir chaque année de nouvelles parcelles et gérer finalement un nombre important de sous-parcelles qui va en s'accroissant progressivement. Par contre, un logiciel d'agriculture de précision calcule le bilan de fertilisation pour chaque unité élémentaire de surface (1 are par exemple). Cette méthode, qui à l'heure actuelle reste expérimentale, est en réalité bien adaptée à un système d'information faisant appel à un ensemble de saisies automatisées, car elle s'affranchit de formalisations accessoires.

Les informations à l'échelle de l'exploitation

L'exploitation agricole représente une unité de responsabilité. Elle peut être considérée comme un ensemble complexe pour lequel le bilan de fertilisation répertorie les entrées et les sorties. Ces bilans peuvent ainsi se construire suivant deux modes différents.

L'établissement d'un bilan pour chaque parcelle est facilité par la mise en œuvre d'un système automatisé et du système d'information correspondant. Pour éviter la multiplicité des systèmes d'information sur l'exploitation agricole et limiter l'importance des saisies informatiques, il faut évoluer vers l'intégration des différents logiciels agricoles. C'est la démarche qu'a entreprise l'ENITA de Bordeaux, établissement éditeur d'un logiciel de comptabilité. L'objectif était de créer un système général d'information pour l'exploitation agricole. Il en est résulté une amélioration de la qualité de l'information par absence de redondance et une amélioration des possibilités de gestion.

L'intérêt du système d'information sur les épandages des effluents d'élevage (intégré ou non dans un système général) se verra pleinement justifié lorsque l'exploitation adhèrera à une démarche de certification environnementale. Pour satisfaire l'attente des consommateurs d'une production de qualité, respectant l'environnement, les marchés s'orientent vers un affichage de traçabilité et d'allégation environnementale. Cette évolution s'accompagne de la mise au point de référentiels et de démarches certificatives. Généralement basés sur une démarche filière, ces systèmes d'information doivent gérer les données des différents acteurs impliqués : l'exploitation, les structures de collecte et d'approvisionnement, les laboratoires et les sociétés de service... Ceci implique des échanges d'in-



◀ Figure 6 – Découpages successifs de la même parcelle.

formation entre ces acteurs, donc la mise au point de standards reconnus. Il reste aussi à étudier les liaisons possibles entre une certification du produit issu de la filière et une certification de l'exploitation productrice.

Une gestion collective par les CUMA ?

La mise en œuvre d'un système d'information nécessite un investissement important tant au niveau de l'équipement à utiliser qu'à celui de l'élaboration du procédé. Une mise en œuvre collective semble être un moyen privilégié d'assurer un tel engagement. Les CUMA ont pour leur part exprimé la volonté d'intervenir concrètement dans le domaine de l'environnement. Elles participent à l'entretien du territoire avec leur propre matériel. Aussi, lors d'une enquête FRCUMA Ouest-Cemagref, nous avons posé la question des diverses possibilités d'intervention de la CUMA dans le suivi des opérations d'épandage.

Pour les CUMA où les épandages sont réalisés par un salarié, les adhérents pensent qu'il serait profitable de revoir les bons de travaux, en précisant les renseignements demandés au chauffeur : parcelles épandues, nombre d'épandeurs. Car les bons de travaux ont été initialement conçus pour facturer les heures d'utilisation et non pour assurer le suivi des travaux.

Dans l'optique d'une implication plus engageante, on a recueilli l'avis des adhérents dans un cahier collectif d'épandage. Les agriculteurs sondés (qui sont pourtant volontaires de l'expérimentation cahiers d'épandage) ne voient pas le besoin de développer des initiatives particulières en ce domaine par les CUMA. Il n'y a donc pas d'attente précise formulée, mais il faut noter la naissance d'une nouvelle tendance, concrétisée au salon des Fourrages 1999, où l'épandage de précision était mis en exergue, avec l'utilisation du GPS. Une expérience d'information partagée est présentée par la CUMA de la Montagnette. Les éléments de

gestion territoriale se mettent en place pour des premières expériences de gestion collective, avec une volonté affirmée de la Fédération nationale. Celle-ci soutient les recherches que nous menons sur les technologies de l'information et que les agriculteurs doivent s'approprier. La recherche sur ces technologies et leur développement doivent donc être menées de pair avec un projet socio-économique dont les agriculteurs doivent pouvoir comprendre le bien-fondé, afin d'y adhérer.

Les informations à l'échelle du département

Le département constitue dans ce cas l'unité de gestion administrative des dossiers. C'est aussi un territoire soumis à une même réglementation (arrêtés préfectoraux), si l'on excepte le découpage possible en plusieurs bassins versants. L'informatisation des dossiers devrait permettre une gestion plus efficace en automatisant le repérage des parcelles soumises à épandage multiple. Cette gestion administrative concerne aujourd'hui les plans d'épandage, c'est-à-dire les prévisions annoncées. Cela devrait se prolonger naturellement par le suivi, si les conditions pratiques permettant de l'assurer, sont réunies.

On constate plusieurs façons d'appréhender le problème. La première est de travailler à partir de références cadastrales. Ce type de référencement peut même permettre de s'affranchir de représentation cartographique. En effet, une simple base de données permet de trier et filtrer les informations. Une deuxième approche privilégie la cartographie. Celle-ci est particulièrement intéressante lorsque l'on dispose de fonds de plan performants (orthophotoplans) ou lorsque les parcelles cadastrales sont peu représentatives de la réalité culturelle. Il est également possible de croiser ces deux types d'approche en utilisant un plan cadastral numérique. C'est cette solution qui a été choisie par l'ONIC pour les contrôles de la PAC. Elle permet en effet d'appréhender rigoureusement la réalité culturelle tout en permettant une visualisation aisée.

Un obstacle de taille demeure dans la mise en œuvre, qui demande un investissement tant en argent qu'en temps de travail. Une proposition d'organisation, représentée figure 7, a été réalisée par le *Cemagref* (Nicolas et Soullignac, 1999) pour un projet pilote concernant en premier lieu l'épandage des boues de station d'épuration. L'intérêt de ce cas particu-

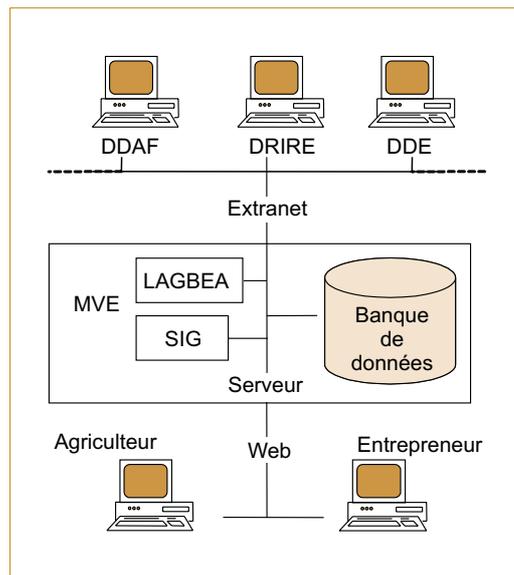
lier est que le suivi des épandages est obligatoire et que des missions de validation des épandages (MVE) seront constituées par département. Ces missions pourraient effectivement prendre cette tâche à leur compte. Il est certain que ce traitement devrait, à terme, pouvoir s'étendre aux épandages de toute nature pour pouvoir être réellement efficace. La proposition du *Cemagref* (qui n'a pas été mise en œuvre à ce jour) s'articule autour d'un système d'information à référence spatiale multipartenaire.

Conclusion

L'utilisation des technologies de l'information pour la gestion des effluents de l'élevage est déjà en œuvre actuellement. La puissance de l'informatique permet d'enregistrer et de gérer un nombre important de données. Le référencement spatial des données et les systèmes d'information permettent des analyses sur des unités géographiques correspondant effectivement à des réalités concrètes. Il est possible aujourd'hui de préciser l'analyse sur des unités inférieures à la parcelle culturelle habituellement utilisée comme référence. Il est aussi possible d'agrèger les informations sur des territoires pouvant concerner un ensemble d'exploitations, comme une zone naturelle ou une zone de production.

Cette efficacité de l'informatique doit s'opérer avec une information de qualité. C'est au niveau de la collecte des informations que l'incertitude est aujourd'hui la plus importante. Les systèmes électroniques peuvent apporter une amélioration de la précision des données en ce qui concerne les quantités mises en œuvre. Ils demeurent encore purement expérimentaux au niveau qualitatif pour déterminer la composition des effluents épandus. Ils sont surtout efficaces en automatisant les saisies. De ce fait ils évitent les erreurs et les oublis. Ils permettent aussi de multiplier ces saisies, ce qui pourra être utilement valorisé par l'informatique.

Les technologies de l'information peuvent donc apporter une aide importante à la gestion des effluents d'élevage. Cette gestion est aujourd'hui essentiellement structurée autour des réglementations en vigueur. La gestion administrative fait sur ce point peu appel à l'informatique, ce qui pourrait évoluer prochainement. En parallèle à ces contraintes réglementaires des initiatives et des démarches de qualité se font jour. Elles se tournent naturellement vers l'informatique qui apparaît comme un outil privilégié. □



▲ Figure 7 – Architecture du système d'information pilote.

Résumé

L'étude présente les moyens d'acquisition automatisée d'informations lors de chantier d'épandage. Les systèmes embarqués réunissent différents capteurs et une mémoire d'enregistrement des données acquises. Le GPS est un capteur d'information spatiale. Le croisement de ses informations avec celles de débit permet de bâtir un système d'information à référence spatiale. Les difficultés principales sont la détermination des quantités épandues pour le fumier et la détermination de la dilution du produit pour le lisier.

L'objectif de l'étude est ensuite de jeter les bases d'un système d'information pour la gestion des effluents d'élevage, alimenté en partie par les données provenant des chantiers d'épandage. Ce système concerne en premier lieu la parcelle agricole qui est l'élément de base de la valorisation des déjections sous leur forme brute ou transformée. Les informations obtenues sur la parcelle peuvent ensuite s'agréger au niveau de l'exploitation. Des gestions collectives peuvent en découler sur une unité hydrologique, administrative ou de production.

Un certain nombre de logiciels est disponible suivant les applications ciblées. Les possibilités d'échange entre les différents systèmes d'information restent par contre problématiques.

Abstract

Management of land application of livestock manure implies the collection of an important amount of data. Our paper examines the different electronic on board systems available for this purpose. Spatial information regarding the waste management plan can be provided by the means of a GPS. When dealing with solid manure, the main difficulties will occur for determination of spread quantities. For liquid manure, determination of slurry dilution will be the major difficulty.

We have established a data collection system which may constitute an integrated book-recording management. This system may be useful at different levels. The field level will constitute the basic element of an information system. This information system can be dedicated to a farm or to a specific geographic area. Information technology may enable the management of a common databank. A multipartner geographical information system implies the use of a common data dictionary and exchange formats.

Bibliographie

ANONYME, 1999, Providing an audit trail for sludge, *Water*, 21, p.27.

HABIB, Z., 1994, *Quelles évolutions pour les équipements d'épandage?*, Actes du colloque : « Maîtrise et prévention des pollutions dues aux élevages », p. 71-87.

LE BARS, J.-M., THIRION, F., *Gestion intégrée des épandages de boues de STEP en agriculture, suivi par GPS et SIG*, Rapports d'étape (1997 et 1998) et Rapport final (1998) du projet de recherche ADEME 9675035.

NICOLAS, Y., SOULIGNAC, V. 1999, *Système d'information à référence spatiale multipartenaire pour les épandages de boues et de déchets industriels en agriculture*, Mémoire de DEA systèmes spatiaux et environnement, 80 p.

SCOTFORD, I. M., CUMBY, T. R., RICHARD, P. A., HAN, L., 1998. Development of a prototype nutrient sensing system for livestock slurries by measurement of physical and chemical properties. *Journal of Agricultural engineering Research*, n° 69, p. 217-228.

THIRION, F., BOFFETY, D., CHABOT, F., WIART, J. 1999. Système de suivi par GPS des épandages de boues de station d'épuration. *Ingénieries EAT*, n°18, p. 39-48.

THIRION, F., CHABOT, F., ZWAENEPOEL, P. 1998, Integrated weighing platform for manure spreader regulation, Communication 98E002, *Colloque AGENG, Oslo, 1998*, 8p.

ZWAENEPOEL, P., LE BARS, J.-M. 1997. L'agriculture de précision. *Ingénieries EAT*, n° 12, p. 67-79.

Le point de vue d'un partenaire

La Chambre d'agriculture de l'Allier

La Chambre d'Agriculture de l'Allier et le Cemagref participent régulièrement à des actions communes dans ce département. Les deux organismes se sont investis dans les technologies de l'information au niveau des épandages. La Chambre d'agriculture de l'Allier a développé un logiciel de fertilisation, Planfum. Le Cemagref a développé des équipements électroniques permettant la saisie de données lors des chantiers d'épandage. Un projet d'association de ces outils pour la création de systèmes d'information opérationnels a naturellement été élaboré, favorisant un rapprochement des objectifs dans l'attente d'un développement effectif.

Apport de l'informatique dans le pari d'une agriculture compétitive et respectueuse de l'environnement

F. Chantry

Chambre d'agriculture de l'Allier
60, Cours Jean Jaurès
BP 1727 03017 Moulins Cedex

La Chambre d'agriculture de l'Allier a réalisé un logiciel de plan de fumure en 1990. Conçu au départ comme un outil de technicien pour le suivi d'exploitations (jeunes agriculteurs, réseaux...), il a été adopté par les agriculteurs. Son évolution est constante. Il sert maintenant pour réaliser les plan d'épandage et leur suivi, l'étude et le suivi des périmètres de protection de captage d'eau potable...

Le souhait de la profession agricole est de disposer avant tout d'un outil de conseil agronomique. La réalisation des documents administratifs n'étant qu'un plus, permettant de simplifier la vie des exploitants.

Pourquoi faire appel à l'informatique ?

Le raisonnement de la fertilisation sur une exploitation est compliqué, en particulier sur les exploitations avec élevage et culture. Il est nécessaire :

- de travailler à la parcelle (10 à 70 parcelles / exploitations) ;
- de prendre l'ensemble de la fertilisation N, P, K, Chaux, magnésie Soufre... ;
- de vérifier la cohérence des informations ; (le total des fumiers épandus correspond-il bien au fumier produit ? Le total du foin ou ensilage réalisé par parcelle correspond-il au total des stocks évalués et aux besoins des animaux hivernés ?...) ;
- de tenir compte de nombreux critères pour le calcul des apports souhaitables (résultats

d'analyse, cultures et rendements prévus, historique des apports, des cultures et des rendements, arrière-effets des effluents d'élevage et des retournements de prairie...).

Un logiciel est donc indispensable pour arriver à une fertilisation raisonnée sur l'ensemble de l'exploitation. Le logiciel Planfum fonctionne sur le principe Prévision/Réalisation. En début de campagne il faut réfléchir sur l'assolement, la répartition des effluents puis des engrais nécessaires, en tenant compte des conseils. Ensuite, en cours de campagne, il suffit d'enregistrer les apports réalisés.

Concilier raisonnement agronomique et contraintes administratives

Depuis quelques années on assiste à une prise de conscience des problèmes environnementaux. Des directives ont été prises pour essayer d'y remédier. Sont-elles bien comprises ? Même si la plupart du temps il ne s'agit que de formaliser des « bonnes pratiques agricoles », elles sont surtout ressenties comme des mesures administratives contraignantes.

Les évolutions de Planfum ont été faites pour satisfaire la réglementation tout en privilégiant l'approche agronomique et économique.

Les plans d'épandage

Le plan d'épandage, pour les exploitations qui y sont « soumises » se traduit souvent par un document administratif avec peu de rapport avec la conduite de l'exploitation. Dans l'Allier nous réalisons ces plan d'épandage avec Planfum. Cela permet de gagner du temps pour réaliser la partie administrative : cartographie du parcellaire et des zones d'épandage interdit, liaison entre le parcellaire réel et le cadastre, bilans de fertilisation. Mais surtout cela permet de démarrer immédiatement le suivi de la fertilisation. Le gros du travail a déjà été fait et peut être valorisé. En moins de deux heures on peut réaliser un plan de fumure prévisionnel, relier les cultures aux îlots PAC...

Les cahiers d'épandage

Certaines exploitations, par exemple dans les zones vulnérables, doivent tenir un cahier d'épandage. Nous avons cherché à rendre cette saisie simple. Lorsque le plan d'exploitation est affiché à l'écran (figure 1), il suffit d'un simple clic sur les parcelles concernées pour enregistrer un apport. De toutes les façons un enregistrement des apports est nécessaire pour raisonner la fertilisation des parcelles puisqu'il est nécessaire de tenir compte de l'historique de la parcelle. Bien entendu, il est possible d'éditer aussi un cahier d'épandage réglementaire.

Envisager le cahier d'épandage uniquement comme un contrôle serait réducteur. L'important reste quand même de disposer du maximum d'informations pour décider d'une fertilisation adaptée.

Un exemple : le suivi d'un périmètre de protection de captage d'eau potable

Fin 1998, la Chambre d'agriculture de l'Allier est sollicitée par un syndicat d'eau potable. Un de ses captages pose des problèmes de nitrates, avec des teneurs dépassant assez régulièrement les 50 mg/l. La Chambre d'agriculture est chargée de l'étude agricole.

Avec le logiciel Planfum, un plan de fumure est réalisé sur 10 exploitations qui sont concernées en partie par le périmètre. Les renseignements sont pris sur l'ensemble de l'exploitation afin de vérifier la cohérence des informations.

Un outil permet de regrouper (figure 2) toutes les parcelles situées sur le périmètre (plus de 100 parcelles) et de travailler sur le périmètre d'environ 600 hectares comme s'il s'agissait d'une seule exploitation.

Les résultats sont parlants : le bilan Entrées/Sorties de l'azote est excédentaire de 40 unités par hectare en moyenne.

Le président et le bureau de la Chambre d'agriculture décident alors de proposer aux agriculteurs du périmètre un suivi agronomique, en faisant le pari qu'il était possible d'adapter les fertilisations sans pénaliser les rendements et donc les revenus.

Suite à une réunion, où l'accord des intéressés a été obtenu, le suivi a été mis en place début 1999. Les conseils de fertilisation donnés à partir de Planfum ont été précisés avec des méthodes adaptées, mises au point avec les instituts techniques (pesées de colza en sortie d'hiver, mesures de reliquats d'azote en avril pour le maïs...).

Fin 1999, les résultats sont très encourageants : Comme le montre la figure 3, l'excédent a été pratiquement réduit de moitié. L'économie d'azote a été de près de 10 000 unités. Les rendements n'ont pas été pénalisés

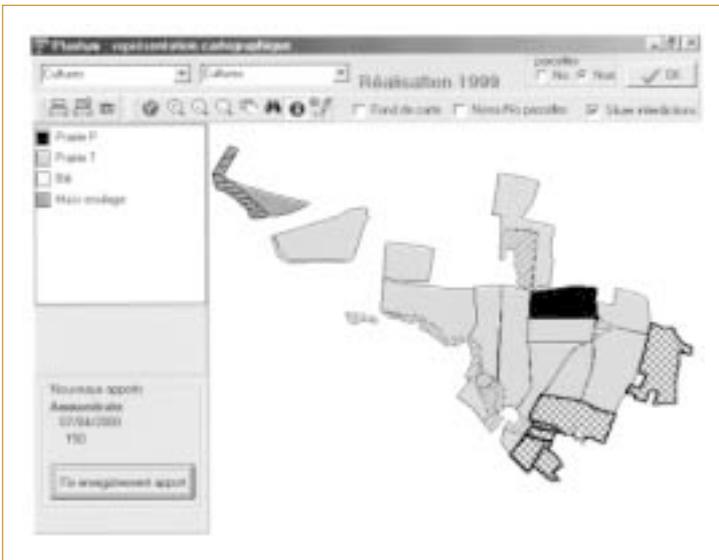
Les projets ne manquent pas

Les techniques évoluent vite. À chaque fois elles demandent de prendre en compte plus d'informations, ce qui, avec l'informatique, ne pose plus de problème. Par contre il faut éviter les multiples saisies d'informations.

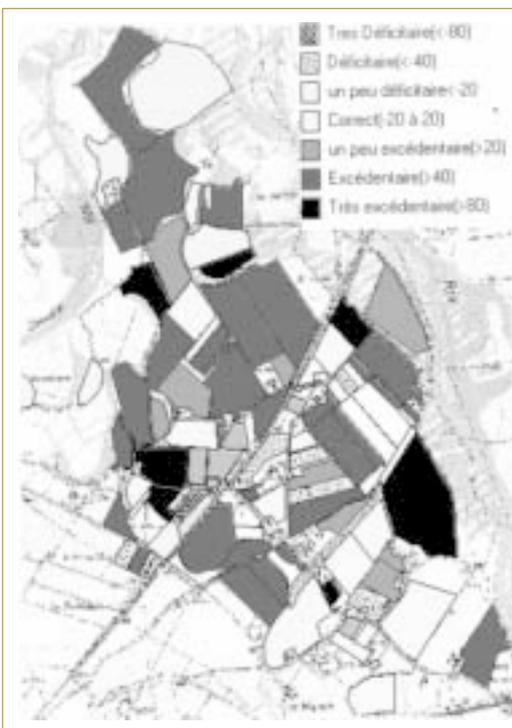
Le projet d'étude avec le *Cemagref*, sur le suivi automatique de l'épandage, est bien dans cet esprit. L'objectif est de permettre un suivi rigoureux des épandages et un enregistrement automatique. Reste alors à valoriser ces informations d'un point de vue agronomique, pour réduire la fertilisation.

La pédagogie reste le meilleur moyen de faire progresser les bonnes pratiques. La prise de conscience de l'intérêt agronomique des effluents et des déchets est le plus sûr moyen d'éviter les risques de pollution.

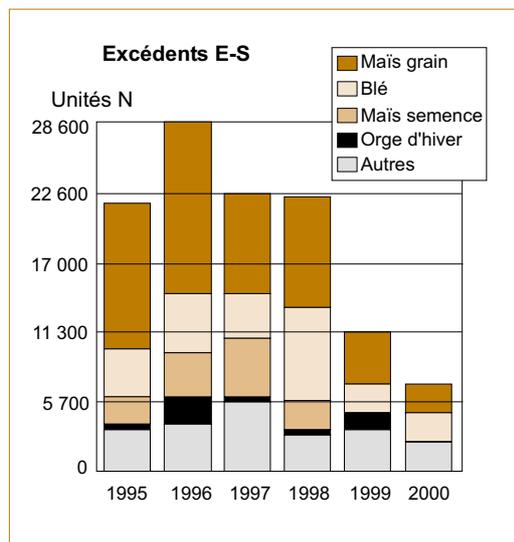




◀ Figure 1 – La saisie des apports peut se faire simplement en cliquant sur les parcelles (ici, en quadrillé, un apport d'ammonitrate sur blé).



▲ Figure 2 – Bilans d'entrées/sorties d'azote par parcelle en 1998. De nombreuses parcelles apparaissent avec un bilan excédentaire.



▲ Figure 3 – Évolution des bilans Entrées/Sorties d'azote sur le périmètre (600 ha). Le suivi commencé en 1999 a déjà permis de réduire de moitié les excédents d'azote. En 2000, on peut espérer encore le réduire.