

utilisation du GPS en agriculture



Éric Brasset – Ing. ISAB (SATPLAN)

Le GPS est une technique mise au point par l'armée américaine. Cet outil a pour vocation de positionner un mobile sur le globe terrestre. Ce concept réservé dans un premier temps aux applications militaires a fait ensuite très rapidement son apparition sur le marché civil. Aujourd'hui le GPS est utilisé dans un grand nombre de domaines. Il est devenu incontournable dans un grand nombre d'applications comme la navigation.

Utilisé sur sa forme différentielle (dGPS), cet instrument permet d'enregistrer des positions géographiques très précises. Il a donc très vite été adopté par les professions s'intéressant au territoire (topographes, géomètres,...)

L'agriculture est par définition utilisatrice de territoire. C'est donc en toute logique que cet appareil fait son apparition dans la gestion des exploitations agricoles. Les premières utilisations du GPS en agriculture ont eu lieu aux États-Unis vers le début des années 80. Dans le domaine agricole, les utilisations du GPS sont très diverses et variées. En France, cet outil a fait son apparition en agriculture depuis quelques années. La profession agricole et para-agricole s'interroge sur l'utilisation de cet outil. En effet, le GPS permet la mise en place d'un nouveau type de gestion des parcelles. Cette nouvelle gestion repose sur un concept que l'on nomme "agriculture de précision".

QUELQUES UTILISATIONS PRATIQUES DU GPS EN AGRICULTURE

L'aide à la conduite d'engin agricole

En agriculture, les travaux de pulvérisation et d'épandage s'effectuent avec des instruments de grandes largeurs, (24 m et plus). Avec de tels appareils il est très difficile de se repérer dans les parcelles et d'aligner les passages de pulvérisateur pour faire un épandage uniforme. Le plus souvent, l'agriculteur intervient manuellement en disposant des jalons dans les parcelles.

Avec le GPS, l'intervention manuelle n'est plus nécessaire. Certains constructeurs de GPS proposent des systèmes de guidages constitués d'une barre de tendance lumineuse qui couplés à un GPS permettent de garder le cap de la ligne droite. Ce système permet donc de tracer des lignes droites parallèles dans n'importe quelles conditions (parcelles vallonnées, travail de nuit...).

Ce système provient des États-Unis, il est encore très peu utilisé en France.

L'organisation et le suivi de chantiers de récolte

De grandes entreprises prestataires de services agricoles disposent de nos jours de grosses machines de

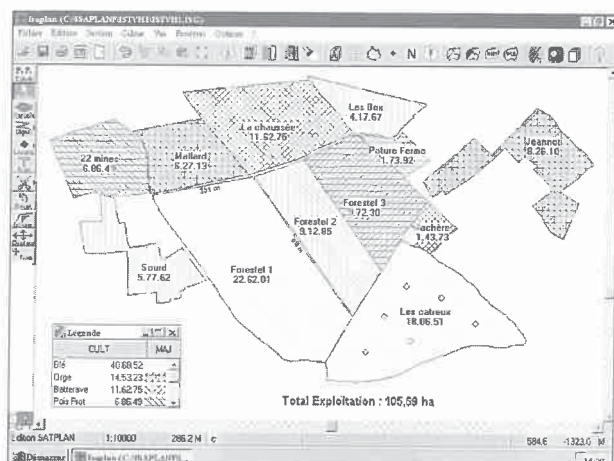
plus en plus performantes. Une amélioration de l'organisation du parc de machines permet de réduire le temps consacré aux déplacements ainsi que les coûts de logistique. Cela optimise la productivité des machines.

C'est pour ces raisons que certains constructeurs de machines agricoles utilisent la technologie GPS pour proposer une gestion des chantiers de récolte. Ces systèmes localisent la position des machines en faisant appel au GPS. Ces données de position ainsi que des données importantes se rapportant aux machines sont transmises à un poste central situé dans les bureaux de l'entreprise. Une personne peut ainsi optimiser l'agencement des chantiers.

La localisation et la cartographie de parcelle agricole

De nos jours, les seules informations parcellaires dont disposent les agriculteurs sont les relevés du cadastre. Or dans un grand nombre de cas la parcelle cadastrale est différente de la parcelle cultivée. (La parcelle cultivée peut englober plusieurs parcelles cadastrales, les limites des cultures peuvent être différentes des limites cadastrales.) Toutefois l'agriculteur a besoin de connaître les surfaces cultivées pour les déclarations administratives et pour la gestion de ces cultures. La

SARL SATPLAN utilise donc un GPS (qui travaille en différentiel) sur un quad pour repérer le contour des parcelles, calculer des surfaces et éditer des plans d'exploitation. Ces données peuvent être ensuite reprises par l'agriculteur sous un logiciel de plan (ISAPLAN d'ISAGRI). Le but est aussi de géoréférencer les limites des parcelles pour que l'agriculteur puisse replacer sur le parcellaire de l'information intraparcellaire (carte de sol). Ce service est donc une des premières étapes de la gestion intraparcellaire des parcelles.



La localisation de prélèvement de sol

Ce service est également proposé par la société SATPLAN. Il y a quelque temps, la plupart des prélèvements de sol sont effectués dans des endroits très variables des parcelles d'une année sur l'autre. En effet les agriculteurs ne disposaient pas de moyen précis et rapide pour repérer les lieux de prélèvement. Aujourd'hui, on associe à la tarière un GPS qui repère le lieu de prélèvement au mètre près. Avec ce service on peut revenir chaque année faire les prélèvements de sol pour analyse au même endroit. L'agriculteur a donc la possibilité de suivre exactement l'évolution de ses sols. Il est également possible d'archiver les résultats d'analyses sur des plans. La localisation des prélèvements de sol est l'une des premières étapes qui va diriger l'agriculteur vers "l'agriculture de précision".

L'AGRICULTURE DE PRÉCISION

L'arrivée de nouvelles technologies en agriculture comme le GPS ouvre les portes d'un nouveau type de gestion agronomique.

Le concept de l'agriculture de précision est né du constat d'une variabilité intraparcellaire de plusieurs paramètres tels que le sol (texture, fertilité), le rendement, les conditions climatiques. Face à cela, nos ancêtres avaient choisi de cultiver des parcelles de faibles superficies qui leur permettraient une conduite culturale en adéquation avec les besoins moyens du milieu. De nos jours, les contraintes économiques et techniques aidant, les superficies exploitées sont bien plus importantes et en perpétuelles croissances. Or, l'unité de base du raisonnement agronomique est toujours la parcelle, avec toutes ses variations. L'agriculture de précision nous propose donc de moduler notre pratique culturale pour l'adapter aux exigences locales. A terme, il s'agit de

raisonner la dose d'engrais, de semence, en un mot tous les intrants, en les adaptant aux nécessités d'une surface élémentaire homogène.

Le concept

L'agriculture de précision repose sur l'existence d'une variabilité intraparcellaire. La première étape consiste à récolter de l'information intraparcellaire pour pouvoir identifier les différentes zones au sein d'une parcelle. Ensuite il faut interpréter ces informations et prendre les décisions adéquates. Dans l'ultime étape, on module les apports d'intrants en fonction des décisions prises. La modulation intraparcellaire peut concerner l'ensemble des opérations culturales; le travail du sol, le semis, les apports d'amendements, les apports d'engrais (azote, potasse, phosphate et oligo-éléments), la protection des cultures (adventices, maladies fongiques), l'irrigation.

Bien évidemment, le raisonnement de la conduite des cultures selon les différentes zones rencontrées au sein d'une même parcelle n'est envisageable que si cela est agronomiquement nécessaire, techniquement possible et économiquement rentable.

Les enjeux

Les enjeux de ce nouveau concept sont de plusieurs ordres.

Ils sont bien sûr économiques. En positionnant les intrants au bon endroit, l'agriculteur va limiter ses coûts de productions. En effet, pour la fertilisation, l'agriculteur augmentera les doses dans les zones carences et limitera les apports dans les zones excédentaires. Comparée à un raisonnement axé sur des apports moyens uniformes à la parcelle, cette nouvelle gestion va engendrer des économies d'intrants. En France on n'a pas assez de recul pour mesurer le potentiel d'économie. Toutefois, aux États-Unis, ils annoncent des gains potentiels de 500 F/ha pour la modulation des fumures potassiques, phosphoriques et azotées.

En raisonnant sur des surfaces élémentaires homogènes, l'agriculteur va pouvoir améliorer le rendement de certaines zones. Avec comme nouvelle paire de lunettes le GPS, l'agriculteur observera les problèmes culturaux (carence, maladie, baisse de rendement) à l'intérieur des parcelles. Ce nouveau concept va donc permettre d'augmenter le potentiel de rendement des parcelles. Par conséquent, l'agriculture de précision aura vraisemblablement un rôle à jouer dans l'amélioration de la productivité.

Les enjeux concernent également l'environnement. De nos jours, les agriculteurs sont de plus en plus soucieux des problèmes d'environnement. Une mauvaise estimation des besoins d'une culture peut engendrer des apports excessifs d'engrais.

Aujourd'hui les besoins des cultures sont calculés au plus juste en fonction des analyses de sol sous forme de besoin moyen par parcelle. L'arrivée des technologies de modulation d'apport et de localisation de prélèvement de sol va permettre d'ajuster les apports aux surfaces élémentaires homogènes. En apportant les bons éléments fertilisants au bon endroit, l'agriculteur pourra gérer plus facilement le lessivage des éléments fertilisants et donc limiter les risques de pollution.

Le troisième enjeu concerne la qualité des produits agricoles. La qualité des produits dépend du sol (le terroir) du climat, mais aussi des intrants utilisés sur la culture. La maîtrise intraparcellaire des intrants permettra d'améliorer la qualité des produits.

La qualité alimentaire des produits est également concernée. Le GPS accompagné de son boîtier enregistreur est une véritable mémoire des interventions parcelaires. Cette technique pourra donc être utilisée pour géoréférencer les produits entrant et sortant des parcelles. Cette technologie a également une fonction de traçabilité pour les produits agricoles. De plus le géoréférencement des parcelles permettra à l'agriculteur de justifier la localisation de ces parcelles dans un terroir et de la non-proximité d'un facteur polluant (centrale d'incinération, centrale nucléaire...). Dans ce cas la technologie sera au service de la sécurité alimentaire et au service du consommateur.

LA MISE EN PLACE DU CONCEPT D'AGRICULTURE DE PRÉCISION

La détection des hétérogénéités au sein des parcelles

L'hétérogénéité des sols, peut aussi bien s'observer au niveau régional qu'au niveau parcellaire. À l'échelle kilométrique, il est facile de constater que les différents matériaux de départ, le relief, les conditions climatiques ont engendré une multitude de paysages pédologiques. Pour s'en rendre compte, il suffit d'observer une carte des sols. De même, à l'échelle plus fine (la parcelle), cette variabilité du sol peut subsister avec une intensité plus ou moins importante. Elle trouve son origine dans les processus de formation des sols mais aussi dans les modifications induites par les pratiques agricoles : déforestation et mise en culture, retournement des prairies, suppression de haies, aménagements hydrauliques... (Cette variabilité concerne l'ensemble des paramètres physiques, mécaniques et chimiques du sol.)

De plus une parcelle agricole actuelle résulte toujours du remembrement de plusieurs autres. Chacune de ces sous-unités ayant son histoire culturelle, nous avons une nouvelle unité hétérogénéité.

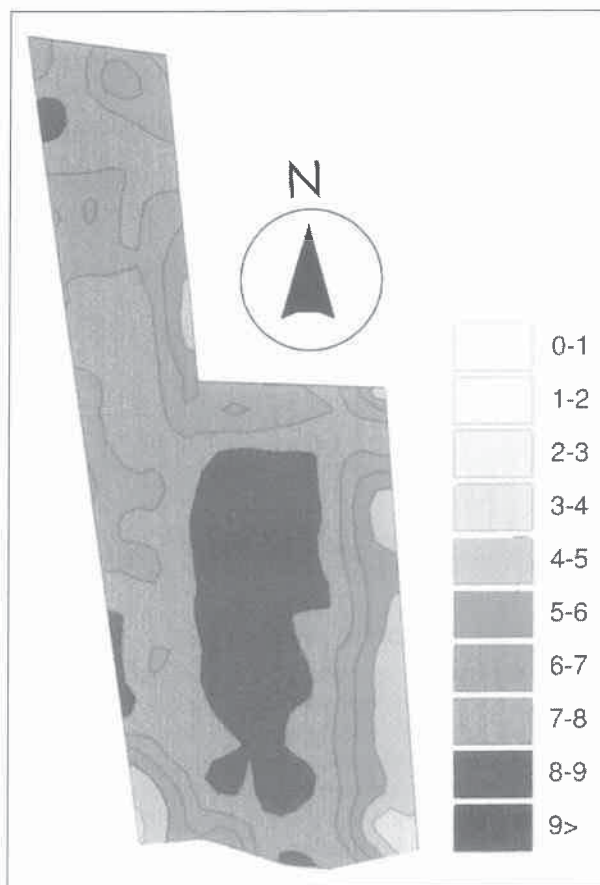
Différents moyens peuvent être mis en œuvre pour caractériser la variabilité intraparcellaire du sol. Tout d'abord, en disposant d'un parcellaire délimité au GPS et géoréférencé et d'une carte de sol suffisamment détaillée (au moins au 1/25 000), on peut éditer des cartes de sol à la parcelle.

Il est également possible de faire des prélèvements de sol repéré par GPS avec un maillage fixe prédéterminé. Sans autres éléments d'informations disponibles, ce mode de prélèvement est le seul moyen de mettre en évidence la variabilité du sol et en particulier pour les paramètres chimiques. Aujourd'hui on se pose des questions sur le maillage qu'il faut retenir pour que le coût des analyses soit en rapport avec le gain que pourrait apporter la modulation des pratiques agricoles.

Une autre méthode consiste à faire des prélèvements de sol repérés par GPS et d'orienter les lieux de prélèvements à partir d'information de carte de rendement, de photographies aériennes ou d'images satellites. Avec ce

mode de prélèvement la prise d'échantillons de sol ne se fait plus à "l'aveugle" et de manière systématique, mais de manière raisonnée.

Il existe aussi des capteurs capables d'apprécier la profondeur du sol en mesurant une conductivité électromagnétique.



La variabilité intraparcellaire des plantes cultivées

La variabilité intraparcellaire des plantes résulte de celle du sol et des opérations culturales réalisées par l'agriculteur. Elle concerne aussi bien la quantité de produit que sa qualité. Cette hétérogénéité peut être appréciée à partir d'images satellites, de photos aériennes ou de cartes de rendement. Aujourd'hui, c'est principalement la cartographie de rendement qui est pratiquée dans le cadre du concept de l'agriculture de précision. Elle est réalisée à l'aide d'un quantimètre associé à un système dGPS. Le quantimètre, (capteur d'impulsions) est placé en haut de l'élévateur à grain de la moissonneuse batteuse. Il mesure de flux de grains. C'est en associant ces flux de grains à des positions dGPS que l'on établit des cartes de rendements. L'interprétation des cartes de rendement doit se faire avec prudence. En effet la variabilité du rendement n'est que la résultante de la variabilité intraparcellaire et de l'effet climatique annuel. Cette source précieuse d'information doit être synthétisée sur plusieurs années pour gommer l'effet climatique.

La variabilité intraparcellaire de la flore

Les mauvaises herbes sont présentes de manière très hétérogène sur une parcelle. Face à cette hétérogénéité constatée, il n'est pas nécessaire d'appliquer un herbicide sur la totalité de la parcelle. Le repérage de

cette hétérogénéité peut se faire avec un GPS. Il s'agit de tourner autour des zones infestées pour réaliser la cartographie. Il est également possible de faire la cartographie pendant la récolte. En effet, les consoles de contrôle des capteurs de rendement permettent d'enregistrer des informations visibles par le chauffeur comme par exemple la présence de taches de mauvaises herbes pour peu qu'elles soient visibles au travers de la récolte.

Ce sont les nouvelles technologies et plus particulièrement le GPS qui vont permettre de déceler les hétérogénéités. En effet, le GPS associé à un boîtier enregistreur nous permet de collecter et d'archiver les informations intraparcellaires. Maintenant la deuxième étape consiste à synthétiser et à interpréter cette information.

L'interprétation des informations et la prise de décision

Il s'agit de prendre en compte la variabilité dans le processus qui amène à la prise de décision de conduite des cultures. Il faut donc comprendre l'origine des différences et leurs impacts tant vis-à-vis de l'opération culturale à réaliser (décision opérationnelle) que pour l'exploitation dans sa globalité (incidence économique).

Il faut donc gérer la masse importante d'informations collectée sur les parcelles. L'outil informatique devient nécessaire pour synthétiser une telle quantité d'information. Quelle que soit la nature des données à interpréter, elles ont toujours les mêmes structures : positionnement précis du lieu via le système de repérage associé à une variable (rendement, fertilité, profondeur du sol...) On a donc besoin de système d'information géographique (SIG) pour traiter l'information. En effet le SIG est capable de superposer différentes couches d'informations d'origine et de nature diverse. En outre quelque soit la résolution spatiale des différentes couches, elles seront étirées pour obtenir une superposition parfaite. Ce système informatique permet donc de mettre en évidence l'absence ou la présence de relation entre les différents facteurs. Par exemple il rend possible la mise en relation du rendement de la culture pour lequel une information existe au moins tous les 20 m² et tous les ans avec la profondeur du sol qui a été mesurée au mieux une fois par hectare. Plusieurs niveaux d'informations peuvent ainsi être gérés en même temps.

Toutefois le SIG n'est pas capable d'interpréter seul les informations. L'interprétation est très complexe car la variabilité d'un élément (par exemple le rendement) dépend d'un très grand nombre de facteurs (climat, sol, fertilité,...) Il faut donc avoir une vision globale des mécanismes agronomiques présents sur les zones homogènes des parcelles. Jusqu'à aujourd'hui, les agronomes ont toujours travaillé sur des modèles agronomiques utilisant la moyenne parcellaire. Le faible recul dont on dispose sur ce type d'interprétation et donc l'absence de modèle agronomique clair mis à disposition des agriculteurs sont les principaux freins au développement de ce concept.

Mais, dès aujourd'hui on peut travailler sur des éléments simples pris individuellement comme la fertilisation et l'amendement. En effet à partir d'une carte d'éléments fertilisants construite avec des prélèvements en maillage, on peut définir des cartes d'application d'en-

grais. Ces applications modulées auront pour but de limiter les excès dans les zones bien pourvues et de combler les carences dans les zones déficitaires.

La mise en place de la modulation

Cette troisième étape consiste à mettre en œuvre les décisions prises sur les parcelles. C'est actuellement l'étape qui pose le moins de problèmes compte tenu des avancées techniques récentes.

La modulation peut être effectuée de deux manières différentes.

La modulation en temps réel, utilise des capteurs embarqués qui actionnent directement le matériel pendant le travail. L'autre voie est axée sur l'utilisation de cartes de préconisation. C'est la méthode la plus utilisée. Elle consiste à lire une carte de préconisation préalablement préétablie au cours du travail. Grâce à la carte le programmeur associe à une position GPS le réglage de l'instrument (l'ouverture des trappes d'un semoir à engrais ou des rampes d'un pulvérisateur). L'utilisation de l'une ou l'autre des méthodes va dépendre de l'opération culturale à effectuer. C'est-à-dire du type de paramètre pris en compte pour décider du réglage du matériel. Ces deux pratiques peuvent d'ailleurs être combinées pour la même culture selon les différentes étapes. Par exemple pour la fertilisation azotée d'un blé, les deux premiers apports d'azote peuvent être réalisés à partir d'une carte de préconisation prenant en compte différents paramètres du milieu (profondeur du sol, texture...) et le dernier à l'aide d'un capteur mesurant le besoin réel de la plante.

La modulation peut concerner toutes les interventions culturales. En pratique les priorités qui apparaissent en termes de rentabilité et de protection de l'environnement sont tournées vers l'amendement, la fertilisation et la protection des cultures.

CONCLUSION

Même si le concept d'agriculture de précision apparaît séduisant, il est encore très peu utilisé en France. En effet la France comptabilise peu de moissonneuses équipées de GPS (quelques dizaines d'unités). Il va falloir encore quelques années pour que l'on puisse chiffrer réellement le gain potentiel à espérer avec ces nouvelles technologies. Toutefois il faut savoir qu'il faut environ 5 ans de cartographie de rendement pour bénéficier d'une information intraparcellaire exploitable. Les agriculteurs intéressés par cette gestion doivent dès aujourd'hui commencer à collecter de l'information intraparcellaire.

La SARL SATPLAN c'est fixé comme mission de mettre à disposition du monde agricole le GPS. Elle accompagne de cette manière les agriculteurs intéressés par l'agriculture de précision. Avec une dizaine de prestataires de service, la société couvre l'ensemble du territoire français. Aujourd'hui, en plus de la cartographie de parcelle agricole et du repérage de prélèvement de sol, elle commercialise des capteurs de rendement pour moissonneuse batteuse.