

11. Agriculture de précision

En production culturale, l'agriculture de précision se définit comme un système de gestion :

- axé sur l'information et la technologie;
- adapté à un lieu précis;
- utilisant des données de différente nature pour optimiser la rentabilité, la durabilité et la protection de l'environnement :
 - sols (texture, pH);
 - cultures (intrants, santé et croissance);
 - éléments nutritifs;
 - élévation/topographie;
 - ravageurs;
 - humidité;
 - rendement.

(Source : Département de l'agriculture des États-Unis, Natural Resources Conservation Service (NRCS), *Agronomy Technical Note N° 1*, 2007.)

Ce chapitre traite de certaines notions de base de l'agriculture de précision dans le domaine de la production de grandes cultures sans toutefois en dresser le portrait complet. L'agriculture de précision utilise des technologies servant dans d'autres domaines agricoles (p. ex. élevage, horticulture), qui ne seront pas abordés. Il est fortement recommandé aux lecteurs de consulter fréquemment leurs sources d'information locales. Pour connaître certaines stratégies de l'agriculture de précision, voir le chapitre 9, *Fertilité et éléments nutritifs*, et le chapitre 10, *Dépistage*.

Outils de précision

Cinématique en temps réel et système de localisation GPS

Les avancées en agriculture de précision découlent de l'adoption du positionnement cinématique en temps réel (RTK) et de la cartographie précise de l'élévation, rendue possible par la technologie géospatiale, notamment les systèmes de localisation GPS. Ainsi, des technologies de plus en plus sophistiquées sont utilisées pour la gestion des champs à une échelle autrefois impossible. Désormais, l'ordinateur de bord du matériel agricole en connaît l'emplacement exact

en tout temps et peut ajuster les intrants (chaux, engrais, densité de peuplement, profondeur du semoir, pression sur le semoir, cultivars, pesticides, profondeur de labour ou agressivité) selon les données chargées dans les contrôleurs du matériel. Puisque l'agriculture de précision englobe l'agronomie, le génie et l'analyse géospatiale, il convient de poursuivre le rapprochement des producteurs, des conseillers et du personnel de vulgarisation agricole œuvrant dans ces disciplines de façon à utiliser ces technologies de manière plus efficace et plus productive.

Les GPS ont permis d'automatiser le guidage du matériel agricole, ce qui comporte plusieurs avantages importants, notamment la réduction de la fatigue et du stress qu'éprouvent les opérateurs après une longue journée dans leur tracteur. De nombreuses études indiquent d'ailleurs que le pilote automatique améliore considérablement l'efficacité, le confort et la précision des opérateurs. Autre avantage des systèmes de guidage automatisé : l'efficacité du matériel. En effet, les machines de grande taille peuvent être utilisées avec une précision centimétrique d'un passage à l'autre, assurant ainsi un emploi efficace du temps, du carburant et des intrants. De plus, comme ces systèmes automatisent le matériel, l'opérateur n'a pas à se soucier de leur trajectoire; il n'a qu'à surveiller les systèmes eux-mêmes et les conditions du champ et à faire des ajustements au besoin.

Applications de l'agriculture de précision

1. L'une des premières mais ô combien importantes applications de l'agriculture de précision est la cartographie du rendement à partir du matériel agricole (surtout des moissonneuses-batteuses). Avant l'arrivée des GPS, on utilisait des capteurs de rendement, mais le mariage de ces deux technologies a amélioré la qualité des relevés. Une fois calibrés, les capteurs révèlent avec une grande fiabilité les variations de rendement dans un champ, qui sont enregistrées pour que le producteur puisse se rendre exactement aux endroits où les capteurs ont relevé un écart important et en déterminer la cause.

Les capteurs de rendement recueillent une quantité phénoménale d'information qui permet de dresser rapidement des cartes montrant les endroits où les variations de rendement nuisent à la productivité globale du champ et dans quelle mesure. Même si ces capteurs existent depuis plusieurs dizaines d'années, on commence à peine à les utiliser à leur plein potentiel grâce à l'amélioration de leur précision, à leur compatibilité avec les GPS et aux nouveaux outils logiciels de traitement de données.

2. Autre avancée en agriculture de précision : l'utilisation de semoirs en ligne, en plus d'épandeurs d'engrais solides et liquides dotés de systèmes d'arrêt différentiels. Comme le matériel détecte sa propre position et enregistre le trajet effectué, il est possible de le programmer pour arrêter l'application d'intrants (p. ex. semences, engrais, pesticides) aux endroits où il est déjà passé afin d'en éviter l'épandage excessif, ce qui entraîne des économies et réduit les risques environnementaux. Ces avantages font des semoirs et des épandeurs dotés de fonctions d'application à taux variable une technologie indispensable et un excellent investissement.
3. La technologie de réglage de la pression sur le semoir est un autre outil d'agriculture de précision qui n'est pas directement lié aux GPS. Théoriquement, elle sert à régler le contact du semoir avec le sol de façon à optimiser la mise en place des semences par l'utilisation de :
 - systèmes pneumatiques et hydrauliques contrôlant la hauteur du semoir tout entier;
 - systèmes similaires contrôlant la hauteur de chaque rayonneur individuellement.

La plupart des producteurs ont de la difficulté à surveiller continuellement les semoirs, la profondeur de semis et la qualité de la raie, entre autres choses, mais la technologie de réglage de la pression facilite le tout. Les producteurs en ont cependant une opinion mitigée : certains considèrent qu'il est déjà suffisant que le système puisse tenir compte des conditions générales du champ et ajuster la pression en conséquence, mais d'autres estiment que le système devrait réagir

rapidement aux variations topographiques et aux conditions du sol pour optimiser et uniformiser le semis. L'utilisation de cette technologie n'empêche pas l'opérateur de vérifier occasionnellement par lui-même l'efficacité des semoirs et ainsi la profondeur, le compactage, l'espacement et la densité de peuplement en déterrants des semences dans chaque rang.

4. Les fabricants de matériel agricole recueillent en temps quasi réel des données sur la machinerie, en plus de compiler et d'analyser les données d'exploitations agricoles à l'échelle individuelle, régionale, provinciale et nationale afin d'évaluer l'efficacité du matériel et son incidence sur les décisions de gestion des cultures. À l'heure actuelle, les fabricants de matériel, les fournisseurs de semences et les fournisseurs d'intrants agricoles s'associent pour mettre leurs données en commun et y trouver réponse à leurs questions d'agronomie.

Application à taux variable

L'utilisation des données recueillies par le matériel pour la gestion intra-parcellaire des champs suscite de plus en plus d'intérêt. Ce type de gestion nécessite au sein d'un même champ la création de zones de gestion distinctes selon le comportement des sols au fil du temps (zones ayant une texture du sol, une topographie, un drainage et un rendement similaires). Comme il est fréquent que plusieurs parties d'un même champ aient un comportement différent, la délimitation de zones ayant une productivité potentielle semblable et l'application d'intrants différents d'une zone à l'autre devraient permettre d'optimiser le rendement. Ainsi, on applique dans chaque zone une quantité d'intrants particulière (p. ex. engrais, pesticides, travail du sol, semences) selon les taux définis dans les contrôleurs de la machinerie. C'est ce que l'on appelle l'application à taux variable (ATV).

L'ATV vise à optimiser l'utilisation d'intrants et le potentiel de rendement des champs. Pour ce faire, il faut souvent faire en sorte que le taux d'application des intrants varie grandement dans un même champ : certaines zones en reçoivent moins, d'autres plus. Ainsi, même si la quantité d'intrants peut être inférieure ou supérieure à celle utilisée avec les méthodes actuelles,

leur distribution géospatiale garantit qu'ils seront utilisés le plus efficacement possible. Globalement, on s'attend à ce que cette pratique réduise la quantité de résidus d'intrants dans l'environnement par rapport aux pratiques actuelles.

La délimitation de zones de gestion s'appuie sur certaines données, comme le rendement, la chimie du sol et la topographie. Une fois les zones définies, des connaissances en agronomie sont nécessaires pour établir la quantité d'intrants qui convient selon les caractéristiques de chaque zone. Un exemple de zones d'échantillonnage du sol définies selon l'élévation se trouve au chapitre 9, à la section *Zones d'échantillonnage du sol*.

Défis technologiques

Suivre l'évolution de la technologie est un défi de taille pour les agronomes et les producteurs, et le manque de normalisation en matière de technologies complique l'utilisation de l'agriculture de précision. En effet, les données sont recueillies et traitées par un ensemble hétérogène de logiciels et de plateformes difficilement compatibles. On cherche actuellement – à plusieurs niveaux – à régler ces problèmes de communication entre les différents systèmes.

L'ATV ne tient pas compte d'un aspect important : la validation des cartes des zones de gestion et de la quantité d'intrants établie pour chacune, sans quoi il est impossible de savoir si les zones et la quantité d'intrants sont appropriées. Cette validation consiste à appliquer différents taux des intrants déterminés dans chaque zone, puis à examiner et à interpréter les résultats pour déterminer la dose optimale, que l'on compare ensuite avec celle appliquée dans l'ensemble de la zone. Malheureusement, tout comme les autres méthodes de validation des pratiques de production culturale, celle-ci se fait rétrospectivement; mais avec le temps, elle garantit l'efficacité optimale de l'agriculture de précision. À l'heure actuelle, l'emploi de procédures de validation et l'examen des résultats demandent beaucoup d'efforts et de temps. On cherche donc à établir des systèmes de validation qui appliquent indépendamment différents taux d'intrants à divers endroits de chaque zone de gestion. Idéalement, de tels systèmes recueilleraient, interpréteraient et compareraient automatiquement les données des sous-parcelles et produiraient des rapports indiquant le taux ayant obtenu les meilleurs

résultats en fonction des intrants et des extrants. Cela permettrait aux producteurs d'établir une base de connaissances et, avec le temps, d'appliquer la quantité optimale d'intrants dans chaque zone de gestion de leurs champs.

Gestion en temps réel

La gestion en temps réel peut aussi être utilisée en agriculture de précision. Jusqu'à présent, elle sert généralement à l'application d'azote à taux variable pour le maïs et le blé. Cette méthode consiste à installer sur les épandeurs des capteurs optiques qui mesurent la biomasse et la santé des plantes, exprimées sous forme d'indice de végétation tel que l'indice de végétation par différence normalisée (IVDN). Ces indices sont utilisés dans des calculs qui déterminent automatiquement la quantité d'azote à appliquer en temps réel (voir figure 11-1).



Figure 11-1 – Application d'azote à taux variable en temps réel au moyen de capteurs optiques installés sur un doseur d'engrais Y-Drop. Les capteurs GreenSeeker^{MC} utilisés pour la culture du blé et du maïs sont encerclés en rouge sur la rampe.

Photos : Hensall Co-op (gauche) et Claussen Farms (droite).

Téledétection

Les capteurs optiques installés sur du matériel portatif ou des machines servent au dépistage. Le plus souvent, ils sont utilisés pour définir l'IVDN.

On s'attend toutefois à une utilisation de plus en plus grande d'autres types de capteurs, dont les capteurs thermiques, pour détecter le stress occasionné aux plantes et d'autres facteurs actuellement invisibles à l'œil nu. Ces capteurs permettront aux dépisteurs et aux producteurs de déterminer si l'apparition d'une maladie est imminente et, le cas échéant, d'employer des technologies telles que des fongicides à action préventive au bon moment, avant même que les signes ne soient visibles. Ces capteurs peuvent être utilisés

comme des appareils mobiles ou être installés sur le matériel agricole, sur un véhicule aérien sans pilote (UAV) ou sur une plateforme satellitaire.

Véhicule aérien sans pilote / système d'aéronef sans pilote

Communément appelés « véhicules aériens sans pilote » (UAV), les systèmes d'aéronef sans pilote (UAS) gagnent rapidement en popularité dans le domaine de l'agriculture. À voilure fixe (avions) ou à rotor (hélicoptères), les UAV peuvent avoir différentes tailles, capacités de charge utile et durées de vol. Les capteurs qui peuvent y être installés ont un prix et un niveau de sophistication très variés. Les UAV ne peuvent cependant pas être utilisés n'importe où : puisqu'ils partagent l'espace aérien des avions ordinaires, les autorités fédérales doivent veiller à ce qu'ils ne présentent aucun risque pour ceux-ci. Les questions de protection de la vie privée limitent également leur utilisation. Il est donc courant de demander la permission des propriétaires fonciers avant de les employer.

La charge utile variée de ces véhicules peut enregistrer diverses images et données durant les activités de dépistage (photos et vidéos numériques haute résolution, modèles 3D de l'élévation, images infrarouges ou thermiques, IVDN et relevés d'autres types de capteurs). Il est possible de rendre ces données accessibles aux producteurs et aux conseillers, qui pourront s'en servir pour surveiller la culture d'une parcelle ou d'un champ entier, ou même de champs à l'échelle locale, régionale ou nationale. Cette technologie séduit différents groupes qui s'intéressent à l'état et à l'évolution des cultures durant la saison de croissance.

Même si ces précieux outils pourraient, dans un monde idéal, recueillir, interpréter et comparer les données, à l'heure actuelle, ils ne font qu'indiquer les endroits dans un champ où les différences se produisent. Il faut donc en interpréter les résultats soi-même sur place pour prendre des décisions de gestion économiques qui régleront ces différences.

Les avancées de la télédétection et des UAV nécessiteront probablement la vérification au sol des différences relevées (p. ex. semis, culture, mauvaises herbes, couleur du sol) pour que l'on puisse, à l'avenir, détecter les différences, en déterminer la cause et prendre automatiquement des décisions de gestion appropriées. On s'attend à ce que cette technologie évolue au point où il ne sera plus nécessaire de valider les relevés des capteurs en personne.

Un jour, les capteurs détecteront les maladies, les insectes, les sécheresses, les mauvaises herbes, les inondations, etc. Certaines sociétés de communication par satellite évaluent actuellement le rôle qu'elles pourraient jouer en agriculture et le moment où les relevés profitent le plus à la gestion des cultures.

Bon nombre de ces nouvelles technologies élargiront les possibilités d'amélioration de la production culturale sur les plans économique et environnemental.

Mise à l'essai

Il existe de nombreux logiciels et services infonuagiques d'agriculture de précision. Bon nombre d'entre eux permettent aux producteurs d'y téléverser les données de leurs champs (p. ex. données sur la chimie du sol et le rendement) aux fins d'analyse et de télécharger une carte de prescription pour l'application à taux variable. Certains se fondent toutefois sur des résultats modélisés plutôt que sur les données météorologiques et les données sur les sols du champ en question. Il faut donc éviter de se fier aveuglément à ces cartes et mettre en place des stratégies de validation. Par exemple, dans la figure 11-2, *Captures d'écran comparant des bandes et des blocs où ont été appliqués des taux variables d'azote*, on remarque que des passages entiers ou de petits blocs des zones de gestion correspondent à ceux des pratiques courantes d'application uniforme que le producteur aurait normalement utilisées. L'analyse consécutive à la récolte comparerait l'approche de l'agriculture de précision aux résultats de la méthode courante durant la saison de croissance en question; elle permettrait donc de déterminer les zones où le taux appliqué est optimal et celles où il doit être ajusté dans les prochaines années.

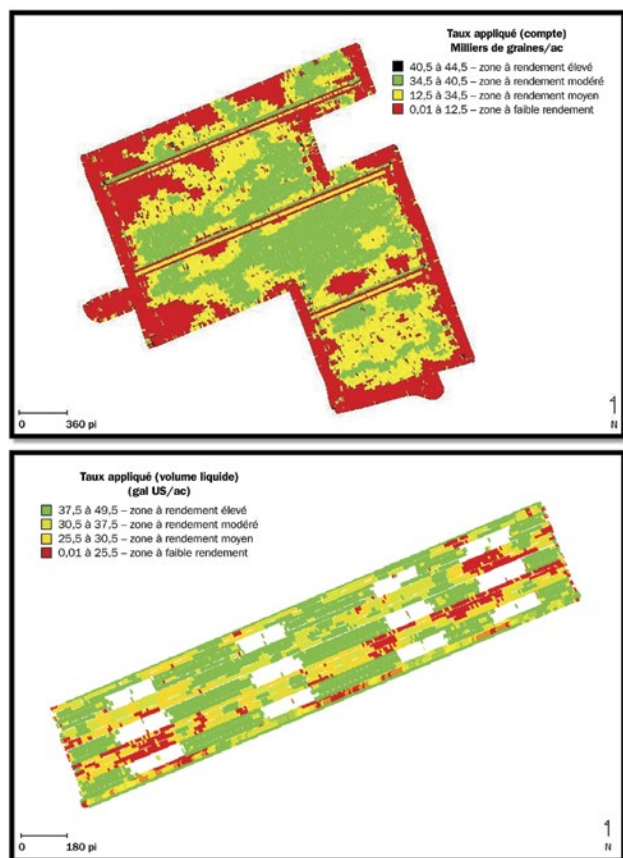


Figure 11-2 – Captures d'écran comparant des bandes et des blocs où a été appliqué un taux variable d'azote

Dans la figure 11-2, la carte du haut représente un champ de maïs où a été appliqué un taux variable; des bandes à taux uniforme traversent toutes les zones de gestion. La carte du bas illustre un champ de maïs où les taux d'azote ont été établis par un capteur optique (GreenSeeker^{MC}) installé sur un tracteur. Aucun azote n'a été appliqué dans les zones blanches. Ces cartes indiquant les taux d'application réels permettent de vérifier que les taux appliqués par le matériel respectent ceux précisés dans les cartes de prescription.