

## Le recours aux satellites en agriculture : évolutions récentes et perspectives

Le recours aux satellites en agriculture, pour le positionnement comme pour l'observation, connaît un succès croissant depuis une dizaine d'années. Il est toutefois inégal selon les pays : d'usage courant aux États-Unis, il est encore rare dans les pays en voie de développement. À la ferme, les techniques d'imagerie satellite ont déjà changé les pratiques et ouvrent de nouvelles perspectives, particulièrement pour l'agriculture dite « de précision ». Mais les satellites d'observation s'emploient aussi au-delà de la seule exploitation : contrôle PAC, prévisions de récolte, télé-épidémiologie, etc. Les usages agricoles des satellites, publics ou privés, sont amenés à se diversifier et ils laissent entrevoir des perspectives prometteuses en termes économiques, de conditions de travail et de respect de l'environnement. Cependant, l'appropriation de ces nouveaux outils demande une formation et un conseil adaptés, et leur généralisation n'est pas exempte de risques (endettement, dépendance technologique, etc.) qui amènent à s'interroger sur l'évolution des métiers agricoles qui peut en résulter.

**L**es usages des satellites artificiels, placés dans l'espace à des altitudes diverses, se sont accrus dans différents domaines, dont l'agriculture, d'abord par le suivi de l'occupation des sols et le contrôle des surfaces cultivées. Actuellement, les satellites remplissent deux fonctions distinctes : une fonction de positionnement et navigation par satellite géostationnaire (*global navigation satellite systems* GNSS), et une fonction d'observation et de mesure par capteurs embarqués.

Sur les 150 satellites d'observation au niveau mondial, une douzaine, comme SPOT-5 et SPOT-6, actuellement opérationnels, peuvent servir un usage agricole. Depuis SPOT-1 en 1986, l'amélioration des capteurs optiques a permis de faire passer les résolutions d'observation de 10 m (SPOT-4) à 2,5 m (SPOT-5) et même aujourd'hui à 70 cm pour PLEIADES. Cette précision renforce leur pertinence pour les enjeux agricoles plus localisés.

Grâce aux satellites, il est désormais possible d'obtenir des mesures et des images permettant d'identifier des zones en stress hydrique, ou en déficit azoté, voire touchées par des organismes nuisibles. Des modèles bio-mathématiques intégrant ces données spatiales aident à prévoir les rendements des cultures et à moduler au sein d'une parcelle

l'épandage d'engrais. D'autres applications se sont développées pour répondre aux besoins des pouvoirs publics (contrôle, information, etc.).

Cette note présente les principaux usages agricoles des technologies satellitaires, à l'échelle de l'exploitation, en France et dans le monde, mais aussi au-delà de l'exploitation. Sont ensuite évoqués les perspectives et défis que soulèvent ces technologies.

### 1 - Le recours aux satellites par ou pour les agriculteurs : la voie de l'agriculture de précision

Les satellites sont d'ores et déjà au cœur de l'activité agricole. Parmi les possibilités offertes à l'exploitant, figure d'abord l'achat de prévisions météorologiques. Cette pratique, largement diffusée et accessible à travers plusieurs sites Internet, permet à l'agriculteur de disposer de données et prévisions de

#### Un bref historique, de SPOUTNIK à SPOT-7

C'est le 4 octobre 1957 qu'a été lancé par l'URSS Spoutnik, le tout premier satellite artificiel qui a marqué le début de la conquête spatiale. Les domaines précurseurs d'usage des satellites furent la météorologie et les télécommunications. La France est entrée dans la course au début des années 1960 avec la création du Centre National d'Études Spatiales (CNES) en 1961 et le lancement du satellite TELSTAR-1 en 1962.

La première photographie de la terre depuis l'espace fut prise en 1960 par le satellite de météorologie TIROS-1. Parallèlement, la NASA, l'institut de géologie des États-Unis et le département de l'agriculture développèrent le programme d'observation de la terre LANDSAT. Ce programme conduira au

lancement de 8 satellites, dont les images sont utilisées dans différents domaines tels l'étude du changement climatique, le suivi de l'utilisation des sols, la gestion des risques naturels ou l'urbanisme.

L'usage agricole des satellites a débuté en France en 1982, avec le lancement du programme SPOT (satellites pour l'observation de la terre), renforcé actuellement par le programme ORFEO (Optical and radar federate earth observation) avec les satellites PLEIADES lancés en décembre 2011 et 2012.

L'exploitation commerciale des satellites SPOT et PLEIADES est réalisée par ASTRIUM Géo-information Services (ex-SPOT IMAGE), qui a lancé SPOT-6 en 2012 et a programmé pour 2014 le lancement de SPOT-7.

températures, de pluviométrie et de disponibilité en eau des plantes, grâce au suivi de l'humidité des sols<sup>1</sup>. Dans ce domaine, des progrès importants ont été réalisés grâce au trio de modèles combinés de Météo France (Arpège, Aladdin et Arôme). Prochainement, l'instrument IASI<sup>2</sup> à bord des satellites de météorologie offrira des données plus précises encore qui amélioreront la qualité des prévisions. Il faut signaler que les données météorologiques sont aussi mobilisées par certains opérateurs (instituts techniques agricoles en particulier), pour alimenter des modèles épidémiologiques qui renseignent les exploitants sur le risque sanitaire de telle ou telle maladie.

Mais les évolutions les plus spectaculaires de ces dernières années ont concerné « l'agriculture de précision » qui entend tenir compte, mesurer, analyser et gérer l'hétérogénéité spatiale pour en tirer profit en termes de diagnostic et d'aide à la décision<sup>3</sup> dans la conduite des cultures (modulation). L'idée originale (au début des années 1980 aux États-Unis), était d'adapter les apports aux besoins spatialement différenciés des plantes en s'appuyant sur des analyses de sol. Depuis, l'imagerie spatiale a joué un rôle déterminant dans le déploiement de cette agriculture de précision, essentiellement à travers deux ensembles d'applications, intimement liés : le guidage d'engins agricoles par GPS et l'acquisition d'informations intraparcellaires.

Le **guidage d'engins** est permis par le déploiement des systèmes de navigation par satellites GNSS dont la constellation la plus connue et la plus utilisée est le *global positioning system* (GPS) américain. Mais il existe d'autres systèmes moins représentés : un russe (GLONASS), un chinois (BEIDOU) et un européen (GALILEO), lancé en 2005 et qui devrait être terminé en 2020.

Le système de localisation dans l'espace permet le pilotage fin de différents outils agricoles (tracteurs, moissonneuses, etc.). Le GPS donne des informations au conducteur (barre de guidage) voire dirige seul l'engin (autoguidage). Le but est d'optimiser les passages sur la parcelle pour éviter autant les manques que les recouvrements, en matière d'épandage, de pulvérisation ou de semis, afin d'économiser du temps, des coûts et de réduire les pressions sur l'environnement.

Cela nécessite un équipement adapté. En effet, si le guidage assisté par GPS est globalement compatible avec tous les engins, il

n'en est pas de même du matériel d'autoguidage ou de déclenchement de tronçons pour la pulvérisation. L'équipement *ad hoc* peut dans ces cas générer un investissement financier important (de 1 000 à plus de 20 000 € selon les options<sup>4</sup>), ce qui n'est pas à la portée de tous les exploitants agricoles. Ainsi, en termes d'orientations productives, Arvalis relève que ce sont les cultures à forte valeur ajoutée (pommes de terre, betteraves, productions semencières, cultures maraîchères) et les grandes cultures (blé, colza, orge), à grand parcellaire, qui sont les plus concernées. Selon les statistiques de cet institut, ce dispositif est assez répandu en France puisqu'il concernerait environ 30 % des exploitations, sans toutefois que l'équipement ne couvre toutes les options possibles (barre de guidage principalement). Les agriculteurs s'équipent d'ailleurs de manière progressive : il est fréquent qu'ils n'aient qu'un seul tracteur équipé, le plus souvent pour le semis.

Le deuxième ensemble d'application concerne **l'acquisition d'informations** renseignant sur l'hétérogénéité et la dynamique des couverts végétaux, et la prise de décisions appuyées sur le traitement de ces informations. Les capteurs optiques embarqués sur les satellites, passifs, reçoivent les ondes émi-

ses par les objets qu'ils survolent. En fonction des longueurs d'ondes auxquelles ils sont sensibles, ils permettent de télé-détecter eau, végétal et bâti. Des traitements particuliers, avec par exemple des seuils d'activité chlorophyllienne spécifiques, calibrés grâce à des mesures de terrain, peuvent distinguer différentes espèces végétales. Grâce à ces procédés, il est possible d'estimer par télédétection diverses variables biophysiques<sup>5</sup> : indice foliaire, teneur des feuilles en chlorophylle ou en eau, ou encore niveau de matière organique des sols. Ces outils aident ainsi à optimiser les pratiques agricoles au niveau infra-parcellaire : identification et gestion d'anomalies de croissance, pilotage de l'irrigation ou des épandages tenant compte de l'hétérogénéité des besoins et des risques.

Mais l'interprétation des données brutes de télédétection et leur « traduction » en variables d'intérêt pour l'exploitant, mobilisant notamment modèles et expertise agronomique pointue, ne sont généralement pas à la portée de ce dernier. Aussi, depuis environ 10 ans, plusieurs sociétés de services privées proposent des prestations aux agriculteurs français. On peut citer notamment la société Farmstar (qui revendique environ 13 000 agriculteurs français clients, pour 620 000

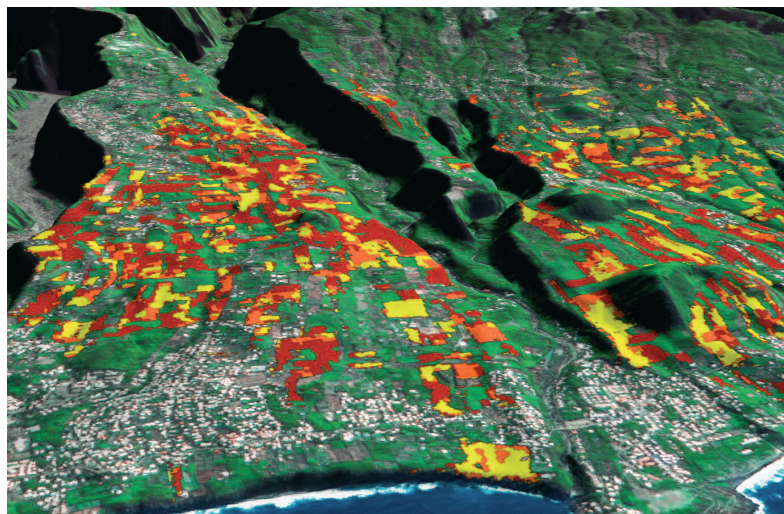
#### Un exemple d'organisation des cultures grâce aux images satellitaires : la gestion de la canne à sucre à La Réunion

Les images satellitaires peuvent être une aide à l'organisation de certaines filières, comme en témoigne le projet SUCRETTE (SUIvi de la Canne à sucre par Teledétection), développé entre 2002 et 2005 à La Réunion, qui apporte un bénéfique conjoint aux agriculteurs et aux industries sucrières. Le principe du système, mis en place par le Centre International de Recherche Agronomique pour le Développement (Cirad), était d'une part de prédire par imagerie satellitaire le tonnage attendu à la récolte et de cartographier le rendement prévisionnel des parcelles et, d'autre part, d'assurer un suivi des coupes en identifiant les parcelles coupées et non coupées pendant les six mois de la campagne de récolte, grâce à la fourniture

de cartes mensuelles. Depuis la fin de l'expérimentation, le programme a été maintenu. Une réunion du Cirad avec l'interprofession, la chambre d'agriculture et les représentants de l'industrie a lieu annuellement pour prévoir la production de canne. Les cartes obtenues par images satellitaires, complétées par les constatations sur place des techniciens agricoles, constituent un outil d'aide à la décision pour dimensionner les moyens à mettre en œuvre (financiers, matériels, humains, logistiques, calendriers d'ouverture des usines), ce qui peut avoir un impact économique significatif pour l'ensemble de la filière.

Source : entretien avec Pierre Todoroff, Cirad, UR Systèmes de cultures annuelles

Carte 1 - Suivi de la récolte de canne à La Réunion



En jaune : parcelle récoltée ; en rouge : parcelle non récoltée ; en orange : parcelle en cours de récolte. Copyright Cirad, CNES, Spotimage 2008

1. <http://www.cnrm.meteo.fr/spip.php?article424>

2. Interferomètre atmosphérique de sondage infrarouge (instrument de satellite atmosphérique, à très haute résolution dans l'infrarouge, développé par le CNES).

3. Guéris M., King D., (eds.), 2007, *Agriculture de précision*, Quae, Versailles.

4. Données communiquées lors d'un entretien avec des représentants d'Arvalis.

5. Baret F., 1999, « Potentiel de la télédétection pour l'agriculture de précision », *Le enjeu français de l'agriculture de précision*, Inra. <http://www7.inra.fr/inter-net/Directions/DIC/ACTUALITES/DOSSIERS/DOC/agrip/dosap8a11.pdf>

hectares en blé tendre, colza et orge) ou bien VisioStar, qui offre des services de suivi de l'évolution des cultures, en particulier pour le colza et la vigne, ou bien encore GEOSYS ou Oenoview, spécialisée dans la vigne, etc.

Ces sociétés fournissent aux exploitants des cartes en format PDF, complétées de sorties de modèles agronomiques et assorties d'éléments d'interprétation et de conseils sur les périodes et modalités optimales de réalisation de différents travaux agricoles (semis, récolte, épandage et traitements).

L'Inra, dans un récent rapport<sup>6</sup> pour le Commissariat général à la stratégie et la prospective (CGSP) souligne que le recours à l'agriculture de précision peut contribuer à améliorer le revenu de l'agriculteur, diminuer son temps de travail (système de guidage) et sa consommation d'énergie (modulation), et limiter son impact environnemental. Mais les chercheurs pointent aussi du doigt des aspects moins positifs en termes d'endettement. On peut également mentionner un risque de dépendance technologique, en cas d'utilisation uniquement passive et mécanique de ces technologies et services par des exploitants insuffisamment formés et accompagnés.

## 2 - Tour d'horizon international

Ce succès croissant des applications satellitaires n'est pas propre à la France, bien au contraire. C'est aux **États-Unis** qu'a émergé l'agriculture de précision et c'est là également que les utilisations sont les plus développées. Première agriculture mondiale, l'agriculture américaine est aussi l'une des plus mécanisées avec 5 millions de tracteurs, soit la moitié du parc mondial. Les usages agricoles des satellites y concernent principalement les cultures céréalières et viticoles. Il s'agit souvent de tracteurs autoguidés par GPS pour les semis ou encore pour l'épandage d'engrais ou de produits phytosanitaires. L'usage du GPS pour le pilotage simultané de plusieurs tracteurs, encore assez peu répandu en France, est assez fréquent dans les grandes plaines états-uniennes.

En **Chine**, le recours à l'agriculture de précision est en nette progression. Un laboratoire de l'université agricole chinoise de Nanjing (province JiangSu) est dédié à cette recherche, mais l'agriculture de précision est également une réalité sur le terrain, d'abord à travers un réseau de fermes cultivant les céréales, dites SSCM (Site Specific Crop Management)<sup>7</sup>. Enfin la Chine, qui dispose de son propre système satellitaire, BEIDOU, a conclu une alliance avec le Brésil – le CBERS (China Brazil Earth Resources Program) – dans une stratégie d'indépendance à l'égard du système américain GPS.

L'**Australie** est particulièrement sensible aux techniques susceptibles d'améliorer la compétitivité internationale<sup>8</sup> de ses trois principales cultures, les céréales, la vigne et la canne à sucre, secteurs dans lesquels l'agriculture de précision prend de l'ampleur depuis 2008. La configuration du pays a notamment rendu indispensable la délimita-

tion de zones pédoclimatiques et l'échantillonnage de sols. L'usage de GPS pour la traction des véhicules y est particulièrement répandu dans le cas des cultures céréalières.

Au **Brésil**, les satellites sont très utilisés notamment dans les exploitations de grande surface, de quelques centaines à plusieurs milliers d'hectares (cultures de soja, maïs et eucalyptus). Il y existe de nombreux logiciels pour l'agriculture de précision et dans certains cas les drones remplacent les satellites. Un des acteurs majeurs sur l'agriculture de précision est l'institut de recherches EMBRAPA, qui œuvre pour le développement de l'agriculture brésilienne et l'obtention d'un leadership dans le domaine des cultures tropicales. Comme la Chine, le Brésil souhaite ne pas dépendre du système satellitaire américain.

Le **Mexique**, quant à lui, entend contrôler sa « frontière » agricole, suivre l'évolution des activités de production et évaluer l'impact des aléas climatiques sur son agriculture grâce à deux stations ERMEX (Estacion de recepsion Mexico), l'une installée en 2003 et l'autre en 2012, qui exploitent les images des constellations SPOT à ces fins.

Cet état des lieux, même succinct, témoigne bien de la montée en puissance de l'usage du GNSS et de l'agriculture de précision, qui concerne surtout les exploitations de grandes tailles dans ces différents pays. On peut aussi relever la volonté marquée, pour certains émergents (Chine, Brésil), de s'affranchir du système américain GPS, témoignant du caractère stratégique de la source d'information que sont les satellites, à la base de ces systèmes.

La situation est moins avancée dans les pays en développement, où l'utilisation des satellites pourrait cependant être un atout précieux, si elle était bien gérée et valorisée, ce qui nécessitera certainement un soutien de la part des pays plus développés<sup>9</sup>.

## 3 - Au-delà de l'exploitation agricole, une multitude d'applications

Le recours aux données satellitaires à des fins agricoles est loin de se limiter à la seule échelle de l'exploitation. Au fil des années, de nombreux autres usages ont vu le jour.

Les satellites ont ainsi profondément bouleversé les missions de contrôle, au titre de la PAC, de l'Agence de Services et de Paiement (ASP). Qu'il s'agisse de contrôles d'aides couplées ou découplées, on observe une forte montée en puissance du recours à la télédétection depuis 20 ans. En 2013, celle-ci concerne 90 % des contrôles du premier pilier, ce qui offre un important gain de temps pour l'exploitant et pour l'organisme payeur, et donc une économie de moyens par rapport à la méthode traditionnelle qui impose un déplacement des contrôleurs sur place et un mesurage manuel des surfaces.

Cette tendance est amenée à se poursuivre comme en témoigne la qualification, en juillet 2013, du satellite d'observation SPOT-6 au programme européen de contrôle MARS-PAC,

qui concerne les 28 pays membres de l'Union européenne.

À côté des activités de contrôle, il faut mentionner, au titre des usages publics, le suivi de l'utilisation des surfaces agricoles et les prévisions de récolte, essentiellement pour les stades les plus précoces, assurés en Europe par le programme MARS (cf. carte n° 2). Sur ce même thème, on peut citer l'initiative internationale GEO-GLAM « Global Agricultural Monitoring », qui s'inscrit dans le cadre du Plan d'action sur la volatilité des prix alimentaires et sur l'agriculture, adopté par les ministres de l'agriculture du G20 en juin 2011. Il faut toutefois signaler que ce monitoring s'accompagne généralement d'enquêtes de terrain (contrôle de cohérence et calage).

Il existe encore d'autres usages de la télédétection satellitaire, en particulier par les compagnies d'assurance qui s'appuient sur le calcul de l'indice différentiel normalisé de végétation (NDVI en anglais). Celui-ci permet d'estimer la densité de la végétation à un instant donné pour développer de nouveaux produits, dits « indicels », qui évaluent ainsi les pertes de récolte sans recourir à une expertise de terrain. L'assurance indicelle connaît aujourd'hui un succès croissant dans le monde<sup>10</sup> et des expérimentations en ce sens ont également été conduites en France ces dernières années.

Sur un autre registre, la NASA a développé avec l'agence spatiale allemande un projet d'estimation du niveau des nappes phréatiques par mesure satellitaire de la gravité terrestre, (projet GRACE, *Gravity Recovery and Climate Experiment*) qui permet de renseigner le monde agricole, entre autres, sur l'état de la ressource en eau souterraine.

Enfin l'utilisation des satellites se développe dans le domaine de la santé des troupeaux, avec le principe de télé-épidémiologie mis en place par le CNES pour aider à l'anticipation de l'extension de certaines maladies : on peut citer ici le programme « fièvre de la vallée du rift au Sénégal » qui fournit à la direction des services vétérinaires de ce pays des cartes de zones où le bétail risque d'être infecté par les moustiques.

## 4 - Perspectives et défis d'avenir

Cette « révolution » des satellites, a encore beaucoup à faire découvrir. Partout des équipes de recherche travaillent à la conception et à la diffusion de nouveaux usages. C'est le

6. Guyomard H. et al., 2013, *Vers des agricultures à hautes performances. Volume 3. Évaluation des performances de pratiques innovantes en agriculture conventionnelle*, Inra, 376 pages.

7. [http://www.afita.org/files/web\\_structure/20110126174028\\_862349/20110126174028\\_862349\\_95.pdf](http://www.afita.org/files/web_structure/20110126174028_862349/20110126174028_862349_95.pdf)

8. [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-69162013000300014&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-69162013000300014&script=sci_arttext)

9. Lien vers la journée de l'AFD : [http://www.afd.fr/webdav/site/afd/shared/Conference/idees-pour-le-developpement/AFD\\_NEWSLETTER\\_CONF19.html](http://www.afd.fr/webdav/site/afd/shared/Conference/idees-pour-le-developpement/AFD_NEWSLETTER_CONF19.html)

10. Rapport de la Banque mondiale, 2010, *Government supports to agricultural insurance, challenges and options for developing countries*.

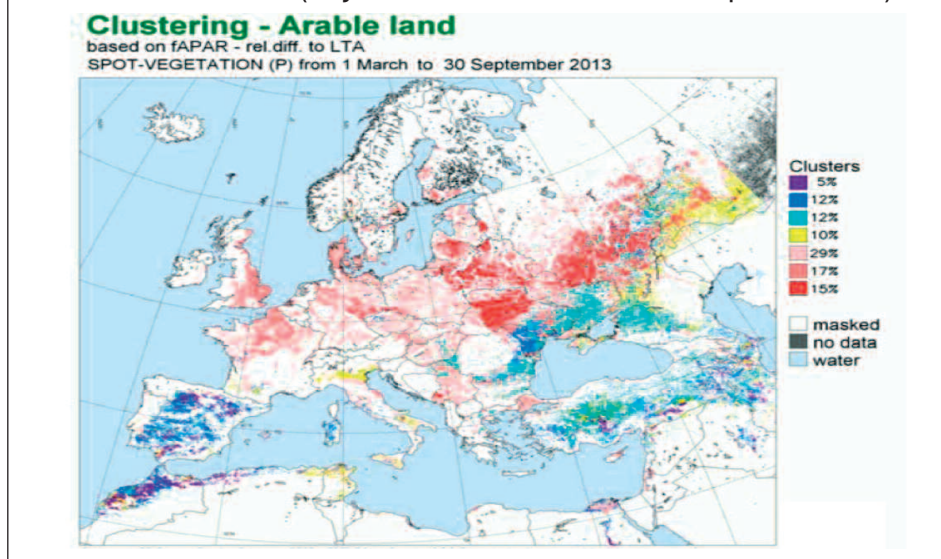
cas en France, avec l'Equipex GEOSUD, créée en 2011, sous la coordination d'IRSTEA, en partenariat avec l'UMR TETIS<sup>11</sup>, basée à Montpellier et, douze autres organismes<sup>12</sup>. Ce projet vise à la mise en réseau des scientifiques et des acteurs des politiques publiques autour d'une infrastructure Web d'imagerie satellitaire et de services de traitements en ligne. Parmi les applications thématiques figurent la fourniture en 2016 d'une base de données sur la cartographie des terres artificialisées perdues pour l'usage agricole, développée avec la DRAAF Languedoc-Roussillon et l'Inra, ou encore l'aide au contrôle des cultures « pièges à nitrates ». Cette dernière méthode a été développée aux fins de contrôle en partenariat avec la DDT des Deux-Sèvres qui l'utilise depuis 2012.

Le projet GEOSUD contribue à un dispositif national plus vaste, le Pôle thématique surfaces continentales (PTSC), renommé Theia<sup>13</sup>, créé fin 2012 en partenariat avec le CNES pour porter et valoriser les données satellitaires au service de la recherche environnementale, en alimentant la communauté scientifique, l'enseignement supérieur et les acteurs publics.

Si les usages se multiplient et se « démocratisent », laissant entrevoir la promesse d'une agriculture mieux informée et plus efficiente, plusieurs défis se présentent qu'il convient de mentionner. Le recours aux satellites accompagne actuellement la montée en puissance d'une agriculture de précision qui permet d'améliorer de nombreuses performances (gestion des intrants, consommation d'énergie, etc.), mais peut aussi être perçue comme une nouvelle étape du long processus historique de modernisation agricole, vers un modèle de plus en plus intensif en technologie et en capital, favorisant des exploitations de grandes tailles, souvent spécialisées et plus difficilement transmissibles. Dans la typologie classique des innovations, la question peut se poser de savoir s'il ne s'agit pas en l'espèce d'une innovation « incrémentale », qui viendrait en fait conforter plus que réorienter le régime socio-technique conventionnel<sup>14</sup>. De fait, l'agriculture de précision consiste à optimiser l'utilisation de certains intrants, sans remettre en cause le fonctionnement plus global du système de production ou la conception de l'itinéraire technique (dans une logique d'efficience plus que de reconception).

Savoir si les potentialités qu'offre l'imagerie satellite peuvent également contribuer à la reconception de systèmes fondés sur les principes de l'agroécologie<sup>15</sup> est ici un enjeu majeur. En effet, si l'information satellitaire permet une compréhension plus précise de l'agroécosystème (variabilité des réponses du couvert, du

Carte 2 - Bulletin MARS du 9 décembre 2013 - Observation de la canopée par télédétection (moyenne entre le 1<sup>er</sup> mars et le 30 septembre 2013)



Légende : **bleu clair** : régions où le développement végétatif a été optimal pour toutes les cultures durant le printemps ; **violet** : régions ayant eu un cumul moyen de biomasse exceptionnellement haut par rapport à la moyenne, en particulier pendant les mois d'été ; **bleu** : zones en Espagne qui ont eu une saison optimale pour les récoltes en hiver et en été, où l'accumulation de biomasse a été significativement au-dessus de la moyenne ; **jaune** : zones où le maïs a connu un cycle retardé à cause d'une levée lente imputable aux pluies du printemps ; **rose clair** : régions où le développement a été dans la moyenne durant toute la saison de culture ; **rose foncé** : cultures d'hiver et de printemps qui n'ont pas récupéré leur retard de démarrage dû à une dormance prolongée par l'hiver ; **rouge** : représente l'évolution de la biomasse des cultures d'hiver pendant un été favorable.

sol, etc., à divers stimuli climatiques, parasitaires ou autres), cette compréhension est ici intermédiaire (bulletin d'interprétation et de conseil), ce qui peut *in fine* conduire à éloigner l'exploitant de la connaissance fine du fonctionnement de son agroécosystème.

En lien avec ces considérations sur les « modèles agricoles », mais aussi afin de tenir compte de la réalité de terrain que constitue déjà aujourd'hui l'agriculture de précision, celle-ci doit être l'objet d'enseignements adaptés conduisant à faire de l'exploitant le véritable pilote du système. D'ores et déjà, des établissements ont mis en place des modules de formation en télédétection, mais la formation dans les établissements d'enseignement agricole, supérieur et technique devra être poursuivie. Il en va de même du conseil, que ces nouvelles technologies viennent aussi bouleverser.

Enfin, au titre des défis à venir, signalons l'émergence d'autres innovations technologiques comme le recours aux drones (plus souples, utilisables à tout moment, plus précis et qui s'affranchissent de la couverture nuageuse) ou aux capteurs directement embarqués sur les engins agricoles. Ils sont de nature à concurrencer certains usages des satellites (observation) tout en dessinant de nouvelles valorisations pour ces derniers, du fait de leur pilotage par GNSS.

\*\*

L'usage agricole des données satellitaires est en augmentation partout dans le monde et notamment en France. Cependant, l'outil devra être performant, bien accompagné et économiquement attractif pour que son utilisation se généralise et vienne concrétiser

les promesses qu'il porte en matière économique et environnementale.

Dans les prochaines années, cette utilisation agricole des satellites (de géolocalisation et/ou d'observation), publique ou privée, sera une des pistes majeures pouvant contribuer à une meilleure information des marchés, à la surveillance et à l'amélioration des pratiques agricoles, au suivi des contraintes naturelles (eau, climat), et à la sécurité alimentaire mondiale. Toutefois, le coût des investissements techniques (et le retour sur investissement associé), tout comme le modèle de développement agricole dans lequel il s'inscrit, doivent être pris en considération afin que ces innovations technologiques ne conduisent pas à accompagner seulement les grandes exploitations. Au-delà de ces dernières, l'enjeu de demain sera aussi de concilier pleinement agriculture de précision, agriculture familiale et agroécologie.

Murielle Lafaye, CNES  
Madeleine Lesage, Pierre Claquin, CEP

Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt  
Secrétariat Général  
Service de la statistique et de la prospective  
Centre d'études et de prospective  
12 rue Henri Rol-Tanguy  
TSA 70007  
93555 MONTREUIL SOUS BOIS Cedex  
Tél. : 01 49 55 85 05  
Sites Internet : [www.agreste.agriculture.gouv.fr](http://www.agreste.agriculture.gouv.fr)  
[www.agriculture.gouv.fr](http://www.agriculture.gouv.fr)

Directrice de la publication : Béatrice Sédillot

Rédacteur en chef : Bruno Héroult  
Mel : [bruno.heroult@agriculture.gouv.fr](mailto:bruno.heroult@agriculture.gouv.fr)  
Tél. : 01 49 55 85 75

Composition : SSP Beauvais  
Dépôt légal : À parution © 2014

11. TETIS : territoires, environnement, télédétection et informations spatiales.

12. <http://geosud.teledetection.fr>

13. <http://www.ptsc.fr/>

14. [http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Analyse\\_CEP\\_63\\_Transitions\\_vers\\_la\\_double\\_performance\\_cle8627ba.pdf](http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Analyse_CEP_63_Transitions_vers_la_double_performance_cle8627ba.pdf)

15. [http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Analyse\\_CEP\\_59\\_Agroecologie\\_definitions\\_variees\\_principes\\_commun\\_cle051634.pdf](http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Analyse_CEP_59_Agroecologie_definitions_variees_principes_commun_cle051634.pdf)