

## APPLICATION DE LA TELEDETECTION AUX STATISTIQUES AGRICOLES POUR L'EUROPE

---

Martin SHARMAN

La mise en oeuvre de la Politique Agricole Commune est l'un des objectifs les plus importants de la Commission des Communautés Européennes. Pour s'acquitter de ses taches, elle a besoin d'un système efficace de surveillance et de contrôle qui soit en mesure de lui fournir les données nécessaires pour orienter sa politique agricole - par exemple, en quelle proportion une région donnée produit cette année du blé d'hiver, quelles sont les prévisions de production d'orge dans une autre région, ou dans quelle mesure les récoltes

techniques statistiques furent suffisamment avancées pour être appliquées aux recensements agricoles. Après la première Guerre Mondiale seulement la technique de l'échantillonnage fut appliquée aux statistiques agricoles. Simultanément fut associée une nouvelle méthodologie: des agents furent envoyés dans les campagnes pour interroger les agriculteurs, enregistrer l'état des récoltes et évaluer la production de cultures.

Aujourd'hui le monde n'évolue plus au rythme de la période d'entre-deux-guerres. Comme d'autres grandes entreprises, la Communauté Européenne a besoin d'informations rapides afin de rester compétitive sur le marché international.

Le Conseil des Ministres, pour être en mesure de remplir son mandat conformément au Traite qui fondait la Communauté Economique, a besoin d'un système capable:

- d'identifier et de mesurer, le plus rapidement possible et avec le maximum de précision, les surfaces des différentes cultures. Ceci s'applique particulièrement aux cultures jouissant de subventions calculées par surface;
- d'évaluer les productions régionales en temps presque réel;
- d'évaluer la production de ses concurrents.

Ce projet pilote devrait illustrer une méthode où les données fournies par les techniques classiques pourraient être complétées, interprétées et standardisées grâce à la Télédétection. Dans le système actuel, l'information

parvenant à la Commission provient des services agricoles des différents Etats Membres de la Communauté Européenne. Elle est rassemblée, analysée et transmise en utilisant plusieurs méthodes différentes. C'est pourquoi les services de la Commission trouvent parfois difficile d'interpréter et de comparer des données provenant des différents pays membres.

Les principaux arguments en faveur de l'application de la télédétection sont les suivants:

- la technique, de par sa nature, est insensible aux frontières nationales, elle peut ainsi fournir des informations fondées sur le terrain plutôt que sur des considérations territoriales
- un satellite est capable de fournir des informations, à la fois sur une échelle continentale et pour des régions beaucoup plus petites selon des méthodes exactement identiques
- en principe, les données peuvent être recueillies et analysées suffisamment vite pour permettre de soumettre des résultats à la Commission dans des délais appropriés à ses besoins. La priorité de ce projet pilote est la mise en oeuvre de techniques bien identifiées pour aboutir à terme à un système opérationnel de surveillance agricole. Toutes les actions de recherche réalisées dans ce programme sont donc fortement finalisées pour une application définie.

Le projet devrait couvrir une période de dix ans; la Décision du Conseil courant a approuvé son exécution jusqu'à la fin de 1993, avec en 1991 une révision qui conduira à une décision de contrôle. Le budget total pour la période 1989-1993 est fixé à 35.5 Mio ECU et une part substantielle de cette somme sera allouée par le CCR (qui a la responsabilité du projet) à des entrepreneurs du secteur privé ou public dans les Etats Membres.

La décision de lancer le projet pilote d'application de la télédétection aux statistiques agricoles a été officiellement adoptée par le Conseil des Ministres le 26 Septembre 1988. Déjà l'année précédente, le CCR avait reçu de la Commission les instructions de fixer des phases préliminaires au projet. Le Centre Commun de Recherche de l'Ispra a été choisi comme site approprié pour le projet, notamment parce que le CCR encourage depuis longtemps l'emploi de la télédétection pour la mise en oeuvre de la politique de la Communauté Européenne. Le projet pilote est l'un des sept projets réalisés par l'Institut des Applications de la Télédétection<sup>1</sup> et pourrait ainsi bénéficier de l'expérience des six autres projets de télédétection, dont certains sont actifs depuis les premières années de fonctionnement des satellites d'observation des ressources terrestres.

Le travail du projet pilote a commencé en Avril 1987 avec un personnel limité. Depuis lors, l'équipe du projet a rapidement augmenté, et comporte à présent 9 membres du personnel scientifique CCR, deux visiteurs scientifiques, et deux boursiers préparant un doctorat. Un ou deux postes sont encore vacants, et le projet recrutera également des candidats au doctorat accueillis au CCR avec une bourse de la CE.

3. Suivi continu des ressources naturelles renouvelables dans le Tiers Monde

7. Signature des étendues des dégazages par fluorescence laser

Au cours de l'année 1988, avec l'accroissement de l'équipe, les principaux thèmes du projet ont été mis en oeuvre et se sont rapidement développés.

Le travail relatif au projet a été divisé en 7 Actions, dont 4 constituent les thèmes les plus importants, les 3 autres soutenant ces actions principales.

Les 7 actions sont les suivantes:

Action 1: l'établissement d'inventaires régionaux des surfaces de cultures, utilisant une combinaison d'observations au sol et de données satellite de haute résolution.

Action 2: la surveillance de l'état et du développement de la végétation sur une échelle continentale utilisant des données satellite de basse résolution.

Action 3: les prévisions de rendement utilisant des modèles agrométéorologiques sur une échelle régionale.

Action 4: l'évaluation rapide de variations de surface et de rendement potentiel, à l'aide des données satellite de haute résolution sur des sites échantillons dispersés en Europe.

Action 5: l'intégration des données provenant de la télédétection, de la création de modèles et des relevés conventionnels afin d'établir un système d'information agricole avancé.

Action 6: le développement et la mise en oeuvre opérationnelle d'un système standard pour le recueil de données de terrain, utiles à la classification et - l'interprétation des données satellite.

Action 7: recherches technologiques et méthodologiques dont l'insertion dans la surveillance agricole opérationnelle sera faite à long terme.

## **ACTION 1: INVENTAIRES REGIONAUX**

Les premières activités du projet ont débuté avec l'Action 1. Dès la fin de 1987, une étude de faisabilité a porté sur les probabilités de rassembler suffisamment de données satellitaires sur les régions agricoles de l'Europe, ce premier point étant nécessaire à la viabilité de l'ensemble du projet. Ces études sur la couverture nuageuse confirment - chose surprenante - que la probabilité qu'une zone déterminée se trouve sous une atmosphère limpide varie beaucoup d'une partie de l'Europe à une autre, et que le Nord souffre davantage de la couverture nuageuse que le Sud. Cependant, le resserrement polaires des orbites successives des satellites d'observation terrestre peut compenser cet handicap nuageux car la fréquence théorique des chances d'obtenir des images utilisables augmente. Il serait donc possible, en utilisant une combinaison d'images Landsat et SPOT, d'obtenir chaque année une couverture complète des zones agricoles dans toute l'Europe.

En utilisant comme guide cette étude de faisabilité, onze régions ont

été choisies pour le projet, d'après les critères suivants:

- terrain raisonnablement plat
- pourcentage élevé d'utilisation des terres pour l'agriculture
- grandes différences des pratiques agricoles entre les régions
- dispersion géographique

- chaque région doit être une surface continue de 20.000 km<sup>2</sup> correspondant, à une échelle régionale, à Nuts 2 <sup>1</sup>

Ces régions sont situées en France (couvrant le Loir et Cher, l'Eure et Loir et le Loiret), en Allemagne (Niederbayern et Oberpfalz), en Grèce (Kentriki et Ditiki, Macédoine), en Italie (Emilia Romagna) et en Espagne (Valladolid et Zamora).

Les Inventaires régionaux utilisent des données satellite de haute résolution, superposées aux données classiques relevées au sol, afin d'améliorer les estimations des zones dans lesquelles sont produites des cultures économiquement importantes.

Pour chacune de ces régions, une couverture satellite complète est acquise chaque année en utilisant des images SPOT (ou si nécessaire Landsat TM). A l'intérieur de chaque région le territoire est stratifié selon des critères définis par l'entrepreneur (sols, pentes, utilisation des terres principales). Dans chaque strate, des segments sont choisis par échantillonnage stratifié pris au hasard et servent pour le recueil de données relevées au sol. Ces

comparées numériquement aux résultats de la classification des données satellite. La technique de l'estimateur de régression permet à l'utilisateur de fournir des estimations de surface d'une culture donnée avec indication sur la précision du résultat.

A la fin de 1987 un appel d'offres a été publié pour cette action. Parmi les offres reçues, quatre ont été choisies, dont l'une couvre deux des régions. Les résultats des relevés de terrain de la première année (1988) ont été reçus récemment. Ces résultats sont comparés aux statistiques officielles (là où elles sont disponibles). Afin de déterminer si la méthode est indépendante et impartiale, une analyse porte également sur la précision des résultats pour les différentes cultures et l'efficacité des techniques utilisées par les

des quatre entrepreneurs actuels soient renouvelés pour deux autres années, jusqu'en 1990. Pendant ses contrats prorogés, les équipes auront à évaluer non seulement des surfaces mais aussi des rendements. Elles seraient maintenues pour des durées plus courtes à l'approche de la phase opérationnelle.

A long terme, les bureaux statistiques régionaux seront invités à participer à l'action. Ils pourraient par exemple ajouter de nouvelles régions aux zones étudiées, ou reprendre les observations au sol en utilisant la méthodologie existante. Des concertations en ce sens évoluent favorablement, spécialement pour la région de l'Italie (Emilia Romagna).

<sup>1</sup>NUTS: (Nomenclature des Unités Territoriales)

Le niveau 1 sont les 64 régions qui divisent la Communauté Européenne. Le niveau 2 consiste en 167 unités administratives de base, chacune d'elles appartenant à une région donnée du niveau 1.

Le niveau 3 est constitué des 823 subdivisions des unités administratives de base.

## **ACTION 2: CONDITIONS DE LA VEGETATION ET INDICATEURS DE RENDEMENT**

En complément des données détaillées provenant des satellites de haute résolution, le projet va tirer parti des informations plus grossières provenant de satellites de basse résolution, conçus à l'origine pour des applications météorologiques.

Il y a deux avantages principaux à utiliser des données satellite de basse résolution. Le premier est lié à sa basse résolution spatiale, qui donne la possibilité d'observer simultanément de très grandes surfaces. Le second est la haute fréquence de réception de ces données pour n'importe quel site déterminé. Pour les satellites utilisés dans le projet (l'Administration Nationale Océanographique et Aéronautique des Etats-Unis, dite série NOAA), le radiomètre à bord couvre une fauchée de 3000 km de large, et peut fournir des données sur n'importe quelle cible déterminée une ou deux fois par jour, si la couverture nuageuse le permet.

Publié en 1988, un premier appel d'offres demandait des études se servant de données satellite de basse résolution pour surveiller l'état de la végétation et pour fournir des indicateurs de rendement des cultures. L'appel d'offre prévoit notamment des études sur:

- l'emploi de données satellite de basse résolution pour surveiller le développement des cultures et donner rapidement l'alarme en cas de conditions inhabituelles de croissance;
- l'application à la surveillance agricole d'estimations faites de la température de surface issue des données provenant des satellites météorologiques;
- l'emploi de ces données de satellite de basse résolution en conjonction avec des données de satellite de haute résolution ou avec des données provenant d'autres sources extérieures (agronomie et météorologie);
- la possibilité d'utiliser des données de basse résolution pour la classification de l'occupation du sol.

Dix offres, provenant de sept entrepreneurs, ont été choisies parmi les 60 qui ont été reçues. Quelques travaux portent sur l'évolution de la température de surface (en France et Grèce) où la classification de l'utilisation des terres (au Portugal), mais la majorité des travaux portent sur l'emploi des canaux visibles et proche-infrarouge et leur combinaison en indices de végétation.

Ces études sur la corrélation des données satellite avec les données de terrain, et sur le potentiel des données en vue d'une alarme rapide et de prévisions de rendement sont actuellement en cours aux Pays-Bas, en Italie, en France et au Royaume-Uni.

Les zones d'étude varient entre quelques pixels (quelques kilomètres carrés) et l'ensemble d'un pays (l'Angleterre et du Pays de Galles). Les sites sont dispersés de la Grèce au Portugal, de l'Espagne aux Pays-Bas.

Les résultats de ces études théoriques devraient être appliqués à la surveillance à l'échelle nationale ou Européenne dans la phase opérationnelle du projet.

Parallèlement à ces études relatives aux applications, il faut résoudre des problèmes généraux de traitement des données pour élaborer à terme une archive homogène de ces données à faible résolution. En effet, les données reçues au sol après transmission du satellite apparaissent à l'état brut,

impropres à une analyse immédiate. Elles doivent notamment être corrigées pour tenir compte de l'altitude, de la position et de l'attitude du satellite. Elles doivent être également corrigées de l'effet de l'atmosphère, du degré d'illumination du sol, enfin la présence de nuages, de brouillard, d'aérosols, etc... doit être contrôlé. L'équipe du projet a collaboré avec l'Agence Spatiale Européenne, pour développer un logiciel approprié pour ces corrections. En octobre 1988, un appel d'offres a été publié pour le développement de sous-programmes destinés à obtenir des données corrigées utilisables. A l'heure actuelle les offres ont été reçues et la sélection des entrepreneurs est en cours.

### **ACTION 3: MODELES DE PREVISIONS DE RENDEMENT**

Bien que le projet ne contienne pas dans sa désignation le mots "modèle" ou "modélisation", les prévisions de rendement agricole utilisant des modèles s'insèrent parfaitement au sein du projet. Ces modèles seront modifiés de sorte que la télédétection puisse être utilisée pour valider les résultats.

Les modèles purement statistiques se basent sur les corrélations établies entre le rendement et une variété de données d'entrée. Ces dernières comprennent des informations importantes du point de vue agricole telles que la pluviosité et la température, mais la relation fonctionnelle reliant le rendement à ces variables n'est pas nécessairement mise en cause. Ils fonctionnent mieux si l'on considère des zones étendues et de longues séries chronologiques.

Dans les modèles purement déterministes, le fonctionnement détaillé de la plante est représenté par un schéma modulaire ou figurent tous les composants de la croissance et du développement de la culture: photosynthèse, évapotranspiration, production de biomasse, redistribution

de paramètres. Pour certains de ces paramètres, la variabilité spatiale est très grande. De ce fait, les modèles déterministes conviennent mal pour la prévision des rendements à l'échelle de régions ou nations, ou il est impossible de recueillir toutes les paramètres d'entrée nécessaires.

Les modèles à développer sous l'égide du projet ne sont ni purement statistiques ni purement déterministes, mais constituent un troisième groupe contenant certains éléments appartenant aux deux types. Ils sont désignés sous le terme de "semi-déterministes".

Le modèle semi-déterministe utilise une troisième approche, plus pragmatique, qui tire partie des avantages des deux autres approches. Comme entrée, il prend des informations largement disponibles sur le plan agricole, et applique dans un premier temps les règles causales générales expliquant les rapports entre le développement de la culture et les conditions d'environnement. Dans un second temps, le modèle établit un rapport statistique entre le résultat et le rendement - Le type de données d'entrée généralement requises pour ces modèles comprend le bilan hydrique général, le "stress-degree-day", la somme des températures, la radiation cumulée, le rapport entre la durée du jour et la floraison, etc.

Suivant leur conception les modèles semi-déterministes sont parfaitement adaptés au niveau régional ou national.

Le projet vise aussi l'amélioration de modèles existants ainsi que leur adaptation pour une exploitation plus précise à l'échelle régionale en utilisant la télédétection. Il s'ensuivra des modèles qui ne sont pas

meteorologiques, et ils utilisent comme entree des variables importantes du point de vue agronomique. Ces modèles semi-déterministes peuvent utiliser des techniques statistiques pour valider les résultats. Finalement ils conduisent à des estimations de rendement sur une échelle régionale.

Ces modèles devraient être assez souples pour répondre aux conditions anormales de croissance, permettant à l'équipe du projet de donner l'alarme quand cela est nécessaire. Ils doivent être robuste, ayant la capacité de fonctionner avec une grande variété de conditions climatiques, de types de sol et de pratiques d'exploitation agricole. Ils doivent également être souples, capable d'accepter des ajustements des paramètres d'entrée pendant la saison, reflétant ainsi des changements possibles dans les conditions d'environnement. Le but ultime de l'action 3 est d'automatiser les modèles agrométéorologiques.

En Aout 1988, un appel d'offres a été lancé, destiné à procurer au projet une base de données fiable contenant une information historique sur les cultures, le climat et l'agrométéorologie. Ces informations serviront d'appui à la création de modèles semi-déterministes.

Onze équipes ont été choisies pour étudier les conditions agrométéorologiques des principales cultures européennes, la possibilité d'améliorer les estimations d'évapotranspiration à l'échelle Européenne, une méthode de surveillance de la production Méditerranéenne de raisin et d'olives par l'analyse des charges atmosphériques de pollen, et les prévisions statistiques du rendement du raisin, des olives et des fruits pour l'ensemble de l'Europe. Les premiers résultats de cette étude sont attendus pour la fin de l'année 1989.

#### **ACTION 4: INVENTAIRES RAPIDES DES SURFACES ET DES RENDEMENTS A L'ECHELLE EUROPEENNE**

Il n'est pas question de surveiller l'ensemble de l'Europe en utilisant le support systématique d'images de haute résolution. Le cout serait astronomique et le volume des données tellement énorme qu'il ne serait jamais concevable de pouvoir un jour traiter et analyser ces images. Le projet a conçu une stratégie d'échantillonnage qui débutera avec 10 sites

conjonction optimale de l'ordinateur et des connaissances techniques et humaines.

Les résultats, publiés sous forme d'un bulletin, contiendront non seulement les variations de surface et de rendement potentiel des cultures (informations quantitatives) par comparaison avec la situation enregistrée à la même époque l'année précédente, mais aussi une indication qualitative

concernant l'état de la végétation et ses conditions de développement. L'accent est mis sur la rapidité de l'estimation - elle doit être remise à Bruxelles dans les quelques jours suivant le passage du satellite.

Durant la mise en place de ce système, l'augmentation graduelle du nombre de sites va permettre de procéder en 3 phases: une phase de définition de la méthodologie utilisant 10 sites, une phase intermédiaire (sur 20 sites), permettant d'affiner les aspects pratiques de l'opération, suivie d'une phase opérationnelle (comportant 30 sites échantillons) des 1991. Une fois atteint le nombre de 50 sites, cet échantillonnage sur l'Europe permettra d'avoir une information globale sur la conjoncture agricole à l'échelle européenne.

Le choix des sites échantillons (40 x40 km) a été fait sur la base de critères définis lors d'une pré-étude. Ces critères sont les suivants: une répartition permettant de doter chaque Etat Membre de sites échantillons; et une localisation optimale par rapport aux orbites de Landsat et SPOT, pour avoir le maximum de chances d'obtenir des images sans nuages. Il faut des sites accessibles à la fois sous deux orbites séparées de Landsat, et sous les meilleures conditions d'orbites SPOT, compte tenu du fait que SPOT peut viser une cible en oblique.

Les dix premiers sites traités ont été choisis au Royaume Uni, en Espagne et au Danemark. Les 10 suivants se trouvent en Espagne, au Portugal et en Irlande. Les autres sites sont tous localisés, mais leur ordre d'introduction dans le programme n'est pas définitif.

Pour chacun de ces sites il faut annuellement initier, puis compléter une base de données de terrain nécessaires pour contrôler les résultats de l'analyse d'images. Les travaux ont déjà commencé au Royaume Uni, au Danemark et en Espagne, 16 "segments", ou sous-échantillons au sein de chaque site échantillon. Ces travaux consistent à identifier les cultures, mesurer, enquêter sur les rendements, dans 25 champs par segment.

Ces données de terrain seront utilisées en tant que contrôle "à posteriori" de la précision de la méthode d'analyse. Elles permettront également à l'entrepreneur d'améliorer sa technique au fur et à mesure qu'il acquiert de l'expérience.

L'analyse des données de satellite haute résolution pour une estimation rapide a fait l'objet d'un appel d'offres publié à la fin de Septembre 1988. La procédure de sélection d'un seul entrepreneur est en cours.

## ACTION 5

L'objectif de l'action 5 est de tester le degré auquel les diverses méthodes se complètent l'une l'autre: il peut par exemple se faire que la télédétection utilisée au début du printemps aide à déterminer les surfaces consacrées au blé de printemps, alors que l'application de modèles créés permet une estimation plus précise du rendement de cette culture, et l'une et l'autre sont rendues plus précises par une visite judicieuse à un ou deux sites au sol à un moment particulier du cycle de croissance.

De par leur nature, les résultats de l'action 5 ne peuvent pas être escomptés avant que nous ayons acquis une expérience dans toutes les autres actions. Toutefois, le projet devra s'orienter vers une action 5 opérationnelle s'il veut s'acquitter de son mandat. Ce mécanisme opérationnel et intégré s'appelle "Système d'Information Agricole Avance", et il représente l'objectif principal



vers lequel tendent toutes les actions du Projet.

## **ACTION 6**

Chacune des autres actions dépend en partie de l'acquisition de données obtenues sur le terrain, soit parce que l'action a besoin des données comme partie de son entrée (1 et 5) ou pour vérifier les estimations données par la technique (2, 3 et 4). La plupart des travaux au sol sont pris en charge par l'action 6 dans le but de standardiser les méthodologies. L'action comprend la mise en oeuvre de logiciel permettant de comparer les données de terrain de chaque segment aux données satellite correspondantes et d'en tirer rapidement, et sans passage par un système de traitement des images, des statistiques sur les surfaces.

## **ACTION 7**

La recherche à long terme est nécessaire pour assurer que le Projet Agricole, qui doit parvenir rapidement à la capacité opérationnelle, ne soit pas devancé par le progrès des sciences et techniques s'y rapportant. Un exemple évident est le problème posé par les nuages, que les caractéristiques de pénétration des ondes radars permettent d'éviter. Malheureusement l'interprétation du signal rétrodiffusé des cibles agricoles est encore une question de compétence et de perspicacité. Il est dans l'intérêt du Projet Agricole de rendre cette interprétation plus objective, et il contribue à la recherche de l'emploi du radar et des techniques à micro-ondes passives pour la télédétection agricole. De la même façon, de nombreuses techniques utilisées par le Projet sont dans une large mesure basées sur les décisions d'experts, et devraient donc être susceptibles d'automatisation dans un système spécialisé. Un troisième exemple de techniques dont le Projet pourra rapidement bénéficier sont les Systèmes d'Informations Géographiques, nécessaires dans les actions 3 et 5. Le GIS sélectionné sera adapté pour recevoir des données issues de satellites et les transformer pour les besoins agricoles.

## **CONCLUSION**

Le Projet est actif dans l'ouverture de discussions avec d'autres projets au sein du CCR dans le but de coopérer pour le développement de l'application de la télédétection aux statistiques agricoles.

Les principaux avantages de la télédétection pour la surveillance agricole sont la précocité, la précision et l'objectivité de l'information. En même temps, l'amélioration de la qualité de l'information est accompagnée par des avantages financiers de l'utilisation de la télédétection, par rapport au coût de méthodes plus traditionnelles. L'économie dépend évidemment de la méthode traditionnelle - les enquêtes par poste (notamment celles qui s'appuient sur la crainte de sanctions légales) peuvent être à la fois complètes et peu coûteuses, tandis que les chiffres officiels fournis par les recenseurs peuvent être coûteux et demander du temps.

---

**Les coûts les plus importants de la télédétection correspondent aux images**

---

dépend de l'action. Par exemple, pour l'action 1, le travail de terrain coûtera à peu près autant que les deux autres mises ensemble, tandis que pour l'action 4, les coûts de l'interprétation et du traitement des données sont prédominants.

La télédétection porte une contribution autre que financière. Il est déjà apparu que l'observation de la terre par satellite peut fournir une information rapide, impartiale et précise sur l'utilisation des terres agricoles et le développement des cultures, ce qui peut aider à établir la politique agricole de la Communauté. Les développements technologiques à venir accroîtront encore la contribution de la télédétection pour permettre à la Commission de prendre le plus tôt possible des décisions pertinentes et rapides.