

CES/AC.61/78
FAO/ECE:ESS(97)-56
23 avril 1997

FRANCAIS
Original : ANGLAIS

COMMISSION ECONOMIQUE POUR L'EUROPE

ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR
L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE

CONFERENCE DES STATISTICIENS EUROPEENS

Groupe d'étude des statistiques
alimentaires et agricoles en Europe
(Genève, 30 juin - 3 juillet 1997)

Point 8 de l'ordre du jour provisoire

**FAITS NOUVEAUX DANS LE DOMAINE DE LA TELEDETECTION
APPLIQUEE AUX STATISTIQUES AGRICOLES**

Document communiqué par Eurostat ¹

¹Document établi par M. David W. Heath.

Programme MARS

1. La principale activité européenne de télédétection ¹ appliquée aux statistiques agricoles est le programme MARS (Monitoring Agriculture by Remote Sensing) (Surveillance de l'agriculture par télédétection) du Centre commun de recherche (CCR) de la Commission européenne. Par sa décision 94/753 du 14 novembre 1994, le Conseil de l'Union européenne recommandait d'organiser des "activités opérationnelles" pendant la seconde période de cinq ans du programme (1994/98). Il s'agissait a) de soutenir les activités des Etats membres, b) de vérifier directement, avant la récolte, les estimations des surfaces et la production potentielle des principales cultures à l'échelle européenne. Ces activités opérationnelles sont complétées par les travaux permanents de R-D de l'Institut pour les applications des techniques spatiales (SAI) du CCR concernant c) l'amélioration des données à faible résolution concernant la végétation et des modèles agrométéorologiques, et leur intégration aux estimations à l'échelle européenne, d) les activités de surveillance et de prévision de récoltes à l'extérieur de la Communauté, e) l'application de capteurs nouveaux. Un bulletin du programme MARS, préopérationnel depuis 1993, fournissant les derniers résultats des activités b) et c) à divers intervalles pendant l'été a été mis à la disposition du personnel de la Commission européenne et distribué également à un petit nombre de spécialistes nationaux des statistiques agricoles.

Pays d'Europe centrale

2. Le projet MERA vérifie et exécute des versions adaptées de l'approche du programme MARS dans le cadre du Programme environnemental régional PHARE ². Ces activités, intégrées au projet MERA (MARS and Environmental Related Applications) (Programme MARS et applications environnementales connexes), concernent actuellement 11 pays d'Europe centrale, des Etats baltes à la Bulgarie. Le programme MERA ne se limite pas aux statistiques agricoles, mais peut aussi concerner l'étude de certains problèmes environnementaux. Il est exécuté sous la direction et avec la coordination financière et administrative de la Direction IA - Affaires extérieures de la CE, par une approche en "réseau" faisant intervenir les autorités nationales des pays participants et le CCR. Les organes de liaison nationaux du programme PHARE jouent un rôle essentiel. Les activités concernent la surveillance de l'état de la végétation et la prévision des rendements, ainsi que la conception d'échantillons adaptés pour un échantillonnage national à base aréolaire et pour l'évaluation rapide des changements de la couverture des terres agricoles d'une année sur l'autre au niveau régional. En l'absence d'un système de statistiques agricoles, comme c'est actuellement le cas dans les pays de la CE, et compte tenu de l'évolution rapide de la structure agricole, il paraît intéressant d'adopter une approche du type base aréolaire/télédétection. Dans plusieurs pays, on a appliqué l'approche de l'échantillonnage à base aréolaire utilisée pour les inventaires régionaux de récoltes du projet MARS. Les données des satellites à haute résolution sont utilisées pour la stratification de la région étudiée. Des statistiques concernant les surfaces et la production ont été obtenues pour les principales cultures, ainsi que des informations concernant la structure des terres du point de vue de la propriété et de l'exploitation. Une base de données des sols au 1:1 000 000ème est en cours d'élaboration, en coordination avec le projet MARS, en vue d'appuyer la constitution de bases de données relatives aux cultures.

Choix d'activités dans les pays de l'Union européenne

3. L'Espagne, la Grèce, le Portugal, l'Italie, la Belgique et, en République fédérale d'Allemagne, le Land de Bade-Wurtemberg ont utilisé les techniques de la télédétection. En Espagne, en Grèce et au Portugal, il a été procédé à une stratification de l'échantillonnage de base aréolaire au moyen d'images satellitaires.

4. En Grèce, on assure aujourd'hui chaque année la couverture complète de la Grèce continentale et de la Crète au moyen d'un échantillon à base aréolaire avec stratification par télédétection. Cet exemple est intéressant en ceci que la stratification est réalisée par le Ministère de l'agriculture, avec le concours d'enquêteurs locaux du Ministère et de spécialistes agricoles. A l'origine, on avait espéré pouvoir adopter l'estimateur de régression³ pour réduire la variance d'échantillonnage, mais on y a renoncé, d'une part à cause du rapport coût-efficacité défavorable et d'autre part en raison des difficultés techniques rencontrées lors de cette opération. Si l'on dispose d'un personnel local expérimenté avec du temps libre et si l'estimateur de régression est difficile à maîtriser, il paraît raisonnable de réduire l'erreur d'échantillonnage en augmentant les dimensions de l'échantillon à base aréolaire. De fait, on a réalisé par les méthodes de la télédétection une enquête de base aréolaire qui, selon les définitions de compétences normales, aurait dû relever du service statistique national.

5. En Italie, le consortium ITA fournit des données nationales au Ministère de l'agriculture chaque année depuis 1987. Cette utilisation opérationnelle de l'estimateur de régression s'explique peut-être par i) la nécessité, pour le Ministère central à Rome, de recevoir des données chiffrées, à des fins nationales et européennes, à un moment où la décentralisation régionale de l'administration agricole empêchait le Ministère d'accéder à ces données comme il en avait l'habitude, ii) les capacités et la compétence des trois principales compagnies nationales de télédétection (consortium ITA). Les méthodes utilisées sont actuellement étudiées pour passer éventuellement d'un estimateur de régression utilisant des images satellitaires de classification contrôlées à une approche plus simple de sondage par points.

6. Au Bade-Wurtemberg, l'un des Länder de la République fédérale d'Allemagne, on utilise l'approche de l'estimateur de régression pour évaluer les superficies des principales cultures dans le cadre de projets pilotes. On peut noter les caractéristiques suivantes : i) l'observation du sol est "gratuite" en ce sens que l'on utilise des champs échantillonnés et visités pour la récolte dans le cadre de l'enquête spéciale sur le rendement de la récolte, ii) l'importante contribution de l'Institut pour la navigation de l'Université de Stuttgart, qui fournit le savoir-faire technique dont ne dispose pas l'Office statistique du Land. Le projet pilote a été élargi à une surveillance pluriannuelle et permanente des cultures par images radar associée à des données satellitaires optiques.

Utilisation du sol

7. On réfléchit à la façon dont les différentes activités relatives à la couverture terrestre/utilisation du sol, dont beaucoup sont essentiellement agricoles, devraient être développées de façon à pouvoir s'appuyer

récioproquement. Cette réflexion a des motivations environnementales, dont beaucoup ont des incidences sur l'agriculture. En mettant à jour la carte Corine de la couverture terrestre (utilisée pour les politiques environnementales), on procède à l'examen des activités du Centre européen pour l'étude de la couverture terrestre de l'Agence européenne pour l'environnement (dont le SAI du CCR est membre), le rôle des systèmes d'échantillonnage par points tels que le système TER-UTI en France et les relations éventuelles avec les futures données de télédétection à haute résolution spatiale. Dans le contexte d'un projet de recherche méthodologique, le SAI travaille conjointement avec le Centre Winand Staring (Wageningen, Pays-Bas, animateur de projet) sur un ensemble de données concernant la couverture terrestre européenne, avec une résolution spatiale de 1 km x 1 km, fournissant des images NOAAâvhrr.

Foresterie

8. Un programme important comportant l'application du programme MARS à la foresterie a été entrepris par le SAI du CCR. Il s'agit du projet FIRS (Forest Information from Remote Sensing) (Renseignements sur les forêts obtenus par télédétection). Ce projet couvre toute l'Europe jusqu'à l'Oural. Deux activités "fondatrices" ont été réalisées. Une étude sur la "régionalisation et la stratification" a défini les zones d'écosystèmes forestiers en Europe et les a subdivisées en strates pour les évaluations statistiques et la sélection de zones d'essai représentatives en vue de mettre au point des méthodes de cartographie et de surveillance. Une seconde étude intitulée "Nomenclatures pour la cartographie forestière européenne" a décrit et analysé en détail les nomenclatures européennes appliquées dans le secteur de la foresterie. On a évalué les possibilités offertes par la télédétection pour l'acquisition de données sur les variables forestières requises, en termes de caractéristiques économiques (généralement décrites statistiquement) et de caractéristiques environnementales (souvent décrites à l'aide de données cartographiées ou géographiquement référencées). D'autres activités en cours ou planifiées concernent : l'élaboration de méthodes normalisées et opérationnelles de cartographie forestière, la surveillance et la modélisation des forêts. On envisage d'étendre ces activités aux écosystèmes constitués principalement de prairies et de végétation naturelle, y compris les écosystèmes côtiers.

Perspectives techniques

9. L'utilisation d' images radar (qu'il est possible d'obtenir à partir du satellite ERS2) devrait offrir de nouvelles possibilités pour améliorer les résultats techniques de la télédétection. Les données obtenues par radar, souvent à synthèse d'ouverture ou données "actives" ou "à hyperfréquences" ne sont pas modifiées par la couverture nuageuse. Elles fournissent des informations sur la texture de la surface "observée" et peuvent ainsi renseigner sur les lits de semences, y compris l'humidité du sol et les traitements mécaniques. Les données obtenues par radar peuvent aussi être utilisées pour compléter des données optiques, en améliorant la discrimination entre différents types de couverture terrestre, par exemple divers types de forêts.

10. L'instrument appelé VEGETATION, sur Spot 4, devrait fournir des données du même type, mais de meilleure qualité que les données AVHRR du satellite NOAA (plus précises et plus détaillées sur le plan spatial). (Ces données, acquises journalièrement par le projet MARS, permettent d'évaluer les conditions de croissance des cultures dans l'Union européenne et les pays voisins.) Il devrait aussi offrir le cas échéant la possibilité de surveiller des zones agricoles éloignées et pourrait remplacer les données AVHRR actuellement utilisées dans d'autres projets européens tels que le projet FIRS pour la couverture forestière.

11. On évalue aussi actuellement les conséquences de l'utilisation du futur satellite Spot 5 à partir de données simulées provenant d'instruments aéroportés. Le satellite Spot 5a devrait être lancé en 2002. Il fournira une plus grande résolution spatiale (pixels de 5 mètres pour les données panchromatiques (c'est-à-dire en noir et blanc) et pixels de 10 mètres pour les données multispectrales) et portera l'instrument spécialisé VEGETATION. On estime que les pixels de 5 mètres donnent de bon résultats pour les terres boisées et, qu'associés aux données multispectrales, ils devraient offrir une discrimination améliorée pour les cultures agricoles lorsque les dimensions des champs sont faibles. Ils peuvent aussi être utilisés en association avec des enquêtes sur la couverture terrestre au moyen de sondages par points.

12. Les améliorations apportées à la puissance de calcul et les nouvelles techniques telles que l'utilisation de réseaux neuronaux pour l'analyse d'images permettent d'appliquer des approches plus ambitieuses en matière de traitement. Néanmoins, l'importance de la composante technique dans la préparation de base des images de télédétection, par exemple pour la correction géométrique et radiométrique, signifie que l'on doit disposer de produits normalisés, prêts pour des applications multiples. Néanmoins, pour des tâches spécialisées, par exemple les statistiques agricoles, le statisticien doit s'adresser à des spécialistes de la télédétection et du SIG pour obtenir une application satisfaisante.

Enseignements dégagés

13. On a abandonné l'espoir, nourri à l'origine, d'une utilisation à grande échelle des images de télédétection pour compléter un échantillon de base aréolaire et fournir des chiffres assez exacts sur les surfaces récoltées, bien que la télédétection soit utilisée régulièrement pour assurer la stratification des enquêtes à base aréolaire. Bien que les données satellitaires fournissent des informations objectives sur des zones non visitées (les caractéristiques des pixels dans les zones visitées (celles échantillonnées) sont comparées aux cultures qu'on y trouve et un algorithme de classification est calculé, puis appliqué aux pixels des zones non échantillonnées), leur emploi n'est pas encore économique à cette fin. Le rapport d'échantillonnage des évaluations avec et sans télédétection indique par quel facteur on devrait multiplier l'échantillon constitué uniquement de terrains pour qu'il corresponde à l'évaluation combinée. Un facteur de 3 à 4 ou plus (l'échantillon de sol doit être au moins triplé) paraît constituer le point d'équilibre économique et n'est en général pas atteint. Cela vaut pour la situation habituellement constatée en Europe occidentale ou en Amérique du Nord.

14. Cependant, le rapport coût-efficacité offert par la télédétection dépend beaucoup des circonstances. La situation économique peut s'écarter de la situation habituelle (visites sur le terrain souvent bon marché à condition d'utiliser du personnel local, tandis que la télédétection est difficile et coûteuse). La télédétection présente une caractéristique qui pourrait s'avérer très importante. Elle ne dépend pas de la personne enquêtée, ce qui lui confère une objectivité précieuse lorsque les réponses des enquêtés risquent de varier en fonction des subventions. Cela explique son intérêt pour l'Europe centrale où souvent l'on ne dispose pas de bases de listes pour les enquêtes par sondage.

15. Les données de la télédétection assurent une couverture cohérente et répétitive, qui peut en faire un moyen économique de surveillance d'une situation en cours d'évolution, telle que la croissance des cultures de plein champ au printemps et en été (hypothèse actuellement vérifiée par l'activité B du programme MARS).

16. La technique de la radiodétection pourrait constituer une source de statistiques rentable dans d'autres cas : i) pour fournir des données sur des zones auxquelles l'accès est refusé (surveillance de cultures à l'étranger) et ii) lorsqu'on a besoin d'une vue synoptique sur une vaste étendue (peut-être pour suivre la situation d'ensemble des terrains boisés en Europe). Pour utiliser la télédétection, il faut a) que les informations requises soient importantes, de façon à en justifier le coût et b) qu'il n'existe pas de méthodes moins coûteuses pour obtenir des informations comparables. Dans la plupart des pays industrialisés (en particulier les pays de la CE appliquant la politique agricole commune), il existe des systèmes très développés de statistiques agricoles. Lorsque les statisticiens disposent déjà de systèmes fonctionnant correctement, ils n'ont aucune raison de recourir à la télédétection. Un système d'enquête postale auprès des exploitants, donnant des informations sur le bétail, la main-d'oeuvre, etc., peut fournir pour un coût très faible des renseignements sur les zonesensemencées et même les plantations prévues. Lorsqu'on dispose d'un registre d'exploitations de bonne qualité et à jour, il n'est pas nécessaire de recourir à l'échantillonnage à base aréolaire. Lorsqu'il existe des données administratives, par exemple des informations du cadastre, les statistiques peuvent constituer un sous-produit bon marché. Le système français TER UTI, dans lequel 555 000 points sur l'ensemble du territoire national sont visités annuellement pour fournir des données sur la couverture terrestre et l'utilisation du sol, donne des renseignements plus détaillés et des types d'information plus variés que ce que peut offrir la télédétection. Même si l'on souhaite avoir des images de la surface terrestre, la télédétection par satellite risque de présenter peu d'intérêt quand on dispose régulièrement de photographies aériennes.

17. En général, la télédétection n'apporte pas de solution complète. Dans tous les cas, il faut une observation au sol pour pouvoir interpréter les données de la télédétection. Même lorsque l'analyse d'images est utilisée pour remplacer l'observation au sol pendant l'année en cours, l'analyse des images exige une accumulation de données de fond et doit être comparée à la réalité à un moment donné. Très souvent, pour être efficace, la télédétection doit se référer aux données contenues dans un système d'information géographique.

18. Les prévisions de rendement du programme MARS dépendent en fait beaucoup de modèles agrométéorologiques. La télédétection seule n'est pas très utile pour prévoir les rendements (si ce n'est pour identifier les zones détériorées par des maladies, des inondations ou la sécheresse, ce qui revient à corriger les chiffres relatifs à la zone observée). La télédétection n'offre pas non plus d'avantage particulier pour évaluer les rendements. On utilise souvent dans les applications de la télédétection des "segments" d'observation du sol (qui servent à la fois de "segments de formation" pour les algorithmes de classification par télédétection et d'échantillons de base aréolaire) comme base d'interviews des exploitants en vue d'assurer le suivi après la récolte. Mais les travaux de recherche progressent rapidement et on devrait bientôt disposer de méthodes intégrant les données satellitaires et les données météorologiques observées en surface dans des modèles utilisables pour des prévisions et évaluations quantitatives de rendement.

Conclusions

19. Bien que la télédétection ne joue pas encore dans les statistiques agricoles un rôle aussi important que celui prévu à l'origine par ses protagonistes, elle a trouvé des applications pratiques qui pourraient encore se développer. Les autorités spatiales pourront réduire leurs coûts et accroître leur marché en offrant des produits normalisés déjà prétraités et prêts à l'emploi. De nouveaux pays (Inde, Japon ...) ont lancé des satellites dotés d'une capacité d'observation de la Terre. Ils chercheront à commercialiser largement leurs produits en concurrençant sur le plan des prix et des services les pays qui offraient déjà des moyens d'observation spatiale (Etats-Unis, France, Canada). Des entreprises de services pourraient offrir des chaînes de traitement informatisées sur mesure. Les informations relatives à la couverture terrestre répondent à un besoin ressenti partout.

20. L'agriculture en tant qu'objet d'observation de la télédétection tire avantage d'une structuration par champs, mais doit compter avec plusieurs inconvénients : a) certaines cultures, qu'il conviendrait de distinguer, sont comparables sur le plan botanique et donnent une réponse spectrale semblable; b) la zone physique à couvrir est étendue et, compte tenu en particulier de la tendance à réduire la dimension des pixels, le coût d'achat des images pour assurer une couverture générale est prohibitif. Cela signifie qu'on doit retourner aux méthodes d'enquêtes par sondage ou utiliser des images à faible résolution spatiale, de définition plus faible. On peut relever le contraste existant entre le coût d'obtention des images pour évaluer les phénomènes agricoles et celui de leur utilisation pour les statistiques urbaines, où l'on s'intéresse surtout à des zones peu étendues.

21. Bien que les statistiques agricoles de la Communauté européenne soient fondées sur l'exploitation agricole en tant qu'unité d'échantillonnage, il serait peut-être souhaitable d'introduire des éléments d'échantillonnage à base aréolaire qui pourraient être liés à la télédétection. On disposerait ainsi d'un moyen de correction d'utilité collective, fondé sur des méthodes communes, pour remédier aux divergences entre les méthodes utilisées par les divers pays et à une situation dans laquelle les statistiques fondées sur les réponses des exploitants risquent d'être influencées par des modifications dans un système de soutien où les versements individuels dépendent de la situation de chaque exploitation. L'utilisation d'échantillons par points

rencontre un intérêt croissant, car le recours à des satellites du système de positionnement universel (GPS) et les perspectives de réduction de la dimension des pixels, permettant la corrélation pixel/point, éliminent certaines des difficultés rencontrées pour le positionnement des points.

Notes

1. La télédétection est prise dans le sens d'observation de la Terre par satellite.
2. Le programme d'aide de la CE aux pays en transition vers l'économie de marché.
3. Pour classer les pixels d'un territoire non visité obtenus par télédétection au moyen d'un algorithme de classement établi en corrélant les valeurs des pixels et la couverture terrestre effectivement observée dans un territoire visité.
