

Le projet pilote de télédétection appliquée aux statistiques agricoles en Europe

Leo O., Ziogas D., Delincé J.

in

Deshayes M. (ed.).
La télédétection en agriculture

Montpellier : CIHEAM

Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 4

1991

pages 87-93

Article available on line / Article disponible en ligne à l'adresse :

<http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=CI911184>

To cite this article / Pour citer cet article

Leo O., Ziogas D., Delincé J. **Le projet pilote de télédétection appliquée aux statistiques agricoles en Europe**. In : Deshayes M. (ed.). *La télédétection en agriculture*. Montpellier : CIHEAM, 1991. p. 87-93 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 4)



<http://www.ciheam.org/>
<http://om.ciheam.org/>

Une utilisation opérationnelle de la télédétection pour les statistiques agricoles : l'inventaire régional de la Makedonia

Olivier LEO

Systèmes et Aménagement (SYSAME), Sophia-Antipolis (France)

Dimitri ZIOGAS

ADK, Athènes (Grèce)

Jacques DELINCÉ

Institut des Applications de la Télédétection, CCR, Ispra (Italie)

Résumé : Les inventaires régionaux sont des opérations pilotes, réalisés en Europe sur 5 régions dans le cadre du programme agriculture et télédétection du CCR d'Ispra, dont l'objectif est l'amélioration des statistiques agricoles de la CEE.

L'inventaire de la Makedonia (Grèce) concerne une région de 429 000 ha et a été confié à un groupement franco-grec constitué du BDPA-SCETAGRI, du BRGM et d'ADK.

La méthode de l'estimateur de régression combine des enquêtes terrains sur des segments (échantillon de 1 %) et une classification supervisée des données satellites à haute résolution.

Sa mise en oeuvre en 1988 a été un plein succès :

- démonstration de la faisabilité en vraie grandeur des enquêtes aréolaires dans le contexte grec,
- obtention réussie des données satellitaires : les deux satellites SPOT et Landsat TM ont fourni une couverture complète (avec respectivement 11 et 3 scènes + 1 quart) pendant la période optimum de programmation (5 semaines),
- évaluation précise des grandes cultures d'intérêt de la CEE comme le blé dur, le blé tendre, l'orge, résultats validés par la méthode statistique et la comparaison avec les données officielles,
- enfin, obtention rapide des résultats (3 mois pour l'enquête terrain, 6 mois pour la télédétection, contre 3 ans pour les recensements actuels grecs).

Cette étude a ainsi démontré le très fort développement du blé dur au détriment du blé tendre (effet d'incitation de la politique de la CEE), la croissance du riz, du coton, de la betterave, la stabilité du maïs et du tabac, l'extension spectaculaire du tournesol.

Les inventaires régionaux en Makedonia se poursuivront en 89 et 90 en utilisant une méthodologie optimisée et en abordant le volet rendement.

Abstract

Agricultural statistics and remote sensing: regional inventory of Makedonia

The regional inventories are pilot projects undertaken in five regions of Europe as part of the agriculture and remote sensing program of the Joint Research Center, Italy, whose objective is to improve agricultural statistics in the EEC.

The inventory of Makedonia (Greece) involves a region of 429 500 ha. It was contracted to a Franco-Greek consortium made up by BDPA-SCETAGRI, BRGM, and ADK.

The regression estimate method combines field surveys of segments representing 1% of the region and a supervised classification of high-resolution satellite data. Its implementation in 1988 was a complete success, with:

- a full-scale demonstration of the feasibility of area frame sampling surveys in Greece;*
- complete coverage by data from the SPOT and Landsat TM satellites (with 11 and 3 plus one quarter scenes respectively) during the optimum programming period (5 weeks);*
- accurate evaluation of major crops of interest to the EEC such as durum wheat, soft wheat, barley, maize, cotton, tobacco, beet, rice, with results validated by both statistical methods and comparison with official data;*
- rapid production of results (3 months for field survey and 6 months for remote sensing, compared with 3 years for current Greek surveys).*

The study showed the development of durum wheat at the expense of soft wheat (as a result of EEC incentives); growth of rice, cotton, and beet; stabilization of maize and tobacco and remarkable development of sunflower.

Regional inventories in Makedonia were continued in 1989 and 1990; they used improved methodology and included yield estimation.

I. – Introduction

La politique agricole commune étant un des axes principaux de la CEE, elle nécessite une information fiable et rapide sur les productions agricoles afin de mieux gérer un dispositif complexe de règlements et subventions. Or les statistiques actuellement fournies par les états membres, bien qu'elles procurent des informations valables, sont obtenues par des méthodes différentes et des délais qui varient beaucoup d'un pays à l'autre.

La télédétection satellitaire semble être une des techniques en mesure d'apporter des améliorations dans le domaine des statistiques agricoles, tant d'un point de vue précision et rapidité que d'une homogénéisation souhaitable des moyens et des résultats entre les différents états membres.

Ainsi, un programme décennal de Recherche-Développement a été défini par la CEE. Ce programme, intitulé «Agriculture et Télédétection» géré par le Centre Commun de Recherche (CCR d'Ispra, Italie), a démarré en 1987. Il comporte sept actions différentes, couvrant à différents niveaux d'opérationnalité l'ensemble des techniques nouvelles susceptibles à terme d'améliorer l'information sur les productions agricoles : télédétection à haute résolution (SPOT, Landsat TM), à basse résolution (NOAA-AVHRR), mais aussi, modélisation agrométéorologique, etc.

L'ensemble de ces actions vise à la mise en place d'un système avancé d'information sur l'agriculture qui intégrera à différents niveaux les résultats de ce programme de recherche développement.

II. – Présentation de l'action «Inventaires régionaux»

Cette action, considérée comme semi-opérationnelle, a pour but une évaluation des surfaces des principales cultures en utilisant conjointement :

- des enquêtes de terrain par sondages aréolaires (base géographique),
- des classifications supervisées par traitement des images satellitaires SPOT et Landsat TM.

Ce travail devrait permettre :

- de tester l'application des techniques de sondage aréolaire à plusieurs pays et d'en évaluer les contraintes spécifiques (documents de base, personnel, etc.) ;
- de définir la complémentarité entre la télédétection et les méthodes classiques d'enquêtes au sol ;
- d'optimiser le dispositif d'enquête (taux de sondage, stratification) et de traitement d'image, afin de rendre la technique totalement opérationnelle et «portable» aux différents états membres.

Il portait en 1988 sur les régions et sur les principales cultures d'intérêt qui figurent dans les **tableaux 1 et 2**.

La région Makedonia (Grèce) a été attribuée à un groupement constitué des sociétés suivantes :

- BDPA-SCETAGRI (Paris),
- ADK (Athènes),
- BRGM (Orléans) pour la partie traitement d'image.

Les travaux ont débuté en février 1988 et se sont terminés en janvier 1989.

Tableau 1 : Groupes de cultures des régions concernées par l'Action Inventaires Régionaux en 1988

Allemagne	Bayern (Niederbayern, Oberpfalz)	Cultures d'hiver et de printemps
Espagne	Castilla-Leon (Valladolid, Zamora)	Cultures d'hiver et de printemps
France	Centre (Eure et Loir, Loir et Cher, Loiret)	Cultures d'hiver et de printemps
Italie	Emilia Romagna	Cultures d'été

Tableau 2 : Cultures représentées en Makedonia

1	blé tendre	gr 1	gr 1 = culture d'hiver ou de printemps gr 2 = culture d'été
2	blé dur	gr 1	
3	orge	gr 1	
4	maïs	gr 2	
5	riz	gr 2	
6	légumes secs	gr 1-2	
7	betteraves	gr 2	
8	pommes de terre.	gr 2	
9	colza	gr 1	
10	tournesol	gr 2	
11	tabac	gr 2	
12	coton	gr 2	

III. - Présentation de la zone de l'étude

Il s'agit d'un inventaire régional, couvrant la partie ouest et centre de la Makedonia (Grèce), soit dix départements ou 2 429 430 ha.

Cette région frontalière (Albanie, Yougoslavie et Bulgarie) est très contrastée. Y alternent :

- de grands massifs montagneux culminants à plus de 2 900 m (mont Olympe, Smolika, etc.)
- de grandes plaines agricoles fortement mises en valeur par l'irrigation qui couvrent quelque 6 500 km², soit environ 25% de la surface totale.

La population rurale totale est de 520 000 habitants et correspond à une densité moyenne de 21 habitants/km². Elle est également concentrée dans les zones d'agriculture intensive.

La SAU qui se trouve en Makedonia représente 20 % du total de la Grèce et l'occupation générale des sols est la suivante :

- terres agricoles 33 % (18-44 % suivant dépt.)
- parcours 32 % (16-54 % suivant dépt.)
- forêts 26 % (10-47 % suivant dépt.)
- divers (bâtiment, eaux, etc.) 9 %

L'importance des surfaces cultivées de la Makedonia en fait une des premières régions agricoles de la Grèce : avec plus de 30 % des surfaces en céréales, près de la moitié des surfaces en blé tendre et riz, 30 % du tabac, 31 % des betteraves et plus de 65% des arbres fruitiers hors agrumes (pêche, pomme, poire, cerises etc.).

Par contre, on notera l'absence totale d'agrumes, la très faible présence de la vigne (1 %) et de l'olivier (3 %) par rapport au reste de la Grèce.

Couverture par satellite

La zone d'étude concerne un grand nombre de scènes SPOT et Landsat TM :

- SPOT (KJ nominaux), 18 scènes réparties sur 6 orbites pour une couverture totale,
- TM 4 scènes (ou 9-quarts de scènes) réparties sur 3 orbites.

Du fait d'une programmation optimum (dépointage), une couverture quasi totale (90 %) a été assurée par SPOT IMAGE avec 11 scènes, réparties sur 4 orbites.

La programmation des satellites, définie en fonction des calendriers des cultures, était effectuée entre le 1er juin et le 15 juillet 1988.

La région Makedonia fut la seule à être couverte totalement en 1988 par les deux satellites avec les dates suivantes : 18 juin, 3 et 14 juillet pour SPOT et 12 juin, 5 et 12 juillet pour Landsat TM.

IV. – Méthodologie d'ensemble

La mise en oeuvre rigoureuse de la télédétection nécessite une base d'enquête fournissant déjà à elle seule des résultats statistiques fiables. Ces enquêtes terrain pour pouvoir être localisées précisément sur l'image sont réalisées sur des segments et sur la base d'un sondage aréolaire.

● **L'ensemble de la méthode** mise en oeuvre comporte les étapes suivantes :

– Volet enquête terrain

- stratification géographique avec des critères géomorphologiques, altimétriques et culturaux ;
- tirage aléatoire des segments (en fait tirage systématique aligné) suivant un carroyage de 11,2 × 11,2 km (256 segments) ;
- report des segments (700 × 700 m) sur des cartes détaillées, puis sur des agrandissements photos au 1/50 000^e ;
- enquête terrain, cartographie au 1/5 000^e des segments, du parcellaire et détermination du contenu, planimétrage ou numérisation ;
- exploitation statistique de l'enquête terrain donnant une première série de résultats.

– Volet télédétection

- numérisation des segments,
- mosaïquage et correction géométrique des images,
- positionnement des segments sur les images,
- entraînement et classification supervisée (maximum de vraisemblance, avec ou sans pré-*clustering*),
- classification d'ensemble et estimations des résultats par la méthode dite de régression.

Commentaire

Ce sondage aréolaire est réalisé sur une base géographique : l'individu enquêté est le segment, portion aléatoire du territoire d'environ 50 ha, et la caractéristique d'intérêt est le pourcentage des différentes cultures rencontrées sur le segment.

Le passage aux surfaces régionales se fait par le biais de l'estimation d'un pourcentage moyen et par une simple multiplication par la surface totale de l'entité administrative. L'analyse statistique des données permet d'estimer la variance d'échantillonnage et donc l'erreur-standard de l'estimation des surfaces.

La stratification préalable a pour but de réduire *a priori* la variance de la population des segments et donc d'améliorer l'estimation finale. Son efficacité est mesurée par le ratio de la variance *random* sur la variance stratifiée.

La méthode de l'estimateur de régression, mise en oeuvre par le volet télédétection, repose sur le principe de correction d'une variable enquêtée sur un échantillon par une seconde variable qui lui soit suffisamment corrélée et pour laquelle une information exhaustive est disponible.

En pratique, la méthode de régression consiste à établir, à partir de la classification des images satellitaires haute résolution et pour l'ensemble des segments dans chaque strate, la droite de régression entre :

- le pourcentage d'une culture donnée classée par télédétection,
- le pourcentage correspondant de la réalité-terrain.

Le résultat de l'enquête terrain est ensuite corrigé par un facteur «télédétection» soit la différence entre l'estimation de la surface sur l'entité totale par télédétection et la moyenne des segments, pondérée par la pente de la droite de régression.

Ainsi la télédétection apporte en définitive une vision exhaustive permettant de corriger les données de l'enquête terrain limitée à un échantillon (1%) que l'on supposerait représentatif en l'absence de la télédétection. Le coefficient de corrélation obtenu par la méthode de régression permet d'évaluer l'erreur standard des estimations de surface obtenues.

Enfin la comparaison des variances permet d'évaluer pour chaque culture le gain de précision apporté par la télédétection par rapport aux résultats finaux (efficacité de la télédétection).

● Volume des travaux

– Terrain

En Makedonia, 7 strates ont été définies pour l'enquête-terrain, avec des taux de sondage variables de 0,4 % à 3,2 %. Le nombre total des segments enquêtés est de 478, soit un taux moyen de 0,94 %. Les enquêtes se sont déroulées du 6 au 25 juin 1988 et ont nécessité 12 enquêteurs (en moyenne 1,8 segment/jour/enquêteur en zone agricole). La nomenclature comportait une cinquantaine de codes élémentaires d'occupation des sols, pour lesquels des évaluations statistiques ont été calculées au niveau régional et départemental.

– Télédétection

Les différentes dates d'acquisition et les intersections strate/image, ont rendu nécessaires des néo-stratifications (10 néostrates SPOT, 9 néostrates TM). Les images SPOT ou TM ont été systématiquement mosaïquées par orbite ou tracés (même date) pour former des images d'une taille considérable : de 20 à 25 millions de pixels pour TM de 26 à 43 millions pour SPOT.

Le volet télédétection s'est limité aux huit cultures d'intérêt du groupe 2 (**tableau 2**) auxquelles ont été rajoutés le blé dur et le blé tendre du fait de leur grande importance pour la CEE.

V. – Les principaux résultats

1. Stratification

Réalisée à partir des données exogènes (cartes 1/200 000^e, zonages des périmètres irrigués, altimétrie), la stratification 1988 n'a pas pris en compte des données satellitaires.

2. Enquête terrain

L'enquête terrain s'est heurtée à des contraintes de parcellaire avec en moyenne 28 parcelles par segment (1,75 ha/parcelle), cette moyenne se situant plutôt à 40 parcelles pour les zones strictement agricoles (1,2 ha/parcelle).

Les grandes cultures céréalières (blé dur, blé tendre, etc.) sont évaluées avec une **erreur standard** comprise entre 5 et 10 %.

Les cultures d'été sont évaluées avec une précision variable, liée à l'adaptation de la stratification et à leur importance relative :

- de 10 à 15 % pour le riz, le maïs, le coton, le tabac, la luzerne, les légumes frais, les fruits frais,
- de 18 % pour les fruits secs, 20 % pour la betterave et le tournesol,

Toutefois une comparaison avec les seules données officielles disponibles à cette date (1983) démontre :

- le très fort développement du blé dur (+ 100 %) devenu à peu près égal au blé tendre, le total blé restant à peu près au même niveau ;
- une forte sous-évaluation dans les données officielles du riz qui subit une très forte croissance depuis 5 ans (+ 135 %) et du seigle dont les surfaces ont triplé ;
- une forte progression du coton et de la betterave (+ 50 à 60 %) ;
- le développement considérable du tournesol dont les surfaces ont été multipliées au moins par 60 en 5 ans ;
- enfin, une croissance significative de l'olivier (+ 25 %) et des fruits frais (+ 17 %).

L'efficacité de la stratification est variable :

- inférieure à 1 pour les cultures peu représentées (avoine) ou à définition relativement subjective (céréales de printemps) ainsi que pour la pomme de terre, peu représentée et fortement marquée par un effet «de pôle de concentration», lié à des micro-terroirs ou à de grosses exploitations spécialisées (pomme de terre cultivée pour production de semence),
- comprise entre 1,25 et 1,50 pour les cultures très représentées (blés, orge, seigle), ainsi que le tabac, les betteraves,
- meilleure pour les cultures d'été : de 1,5 à 2,8 pour le maïs, coton, soja et de l'ordre de 7 pour le riz, certes limité au delta de l'Axios.

3. Volet télédétection

La numérisation des segments est une étape fastidieuse et longue qui constitue un goulet d'étranglement dans la procédure générale. Par ailleurs, si une fonction de transfert est calculée à partir de points d'amer pour repositionner les segments, un calage visuel s'est avéré indispensable : sur ce point, l'image TM avec sa résolution de 30 m (9 points/ha) s'avère beaucoup moins adaptée au parcellaire grec que l'image SPOT (20 m, 25 points/ha).

Parcelles d'entraînement et de validation : seules les grandes parcelles contenant un nombre suffisant de pixels purs sont retenues. La nécessité d'avoir cinq segments différents, et de l'ordre de 150 pixels d'entraînement par culture, a limité le nombre des cultures «utiles» (abandon des cultures peu ou mal représentées). Ainsi en 1989, une enquête supplémentaire sera effectuée ayant comme support de terrain des données SPOT 1988 pour positionner des parcelles complémentaires d'entraînement, hors segments.

Des classifications supervisées spécifiques ont été entraînées, dans chaque néo-strate, à partir des 10 cultures d'intérêt auxquelles ont été rajoutées de 4 à 7 classes supplémentaires correspondant aux autres types d'occupation du sol (bois, résineux, parcours, prairies, zone urbaine, vergers, etc.).

Les classifications ont par ailleurs montré l'intérêt du pré-*clustering*, c'est-à-dire de la détermination de plusieurs sous-classes d'entraînement pour une même culture (en général 22 sous-classes). Ceci s'explique par le fait qu'une même culture présente souvent plusieurs «faciès» radiométriques liés à des sols ou pédoclimats différents (céréales d'hiver), à l'état du plan d'eau (riz), ou aux différentes variétés présentes. Ainsi la classification des images de télédétection a utilisé de 19 à 30 sous-classes d'entraînement suivant les néostrates (moyenne de 24).

Les coefficients de corrélation r obtenus, sont variables d'une culture à l'autre, d'une date à l'autre selon les deux satellites (SPOT ou TM) exploités. Ils mettent en évidence la plus ou moins bonne discrimination des cultures, mais

ne permettent pas de présumer de la précision des résultats régionaux : une très bonne corrélation peut ne concerner qu'une strate peu importante pour la culture considérée.

La corrélation moyenne (toutes cultures et strates confondues) est de 0,70 pour SPOT comme pour TM: SPOT apparaissant plus performant pour le maïs, les betteraves, le tournesol ; TM pour le coton, les céréales, le riz.

4. Résultats

Les résultats sont récapitulés dans le **tableau 3**, en comparaison des données officielles pour les dix cultures d'intérêt. L'amélioration la plus sensible des résultats terrain concerne les céréales (TM), le riz (TM), le maïs (SPOT), les betteraves et le tournesol (SPOT). Elle est mesurée par l'efficacité relative, rapport des variances avant et après télédétection.

Dans toutes les cultures suffisamment représentées (excepté légumes secs et pommes de terre), la télédétection confirme et permet d'affiner les résultats terrain de façon sensible et utile à la statistique.

La comparaison avec les données officielles (recensement 1983, seul publié au moment de l'étude, celui de 1985 étant en cours d'élaboration) confirme :

- la validité des estimations effectuées — les données 1985 se rapprochent toujours des évaluations 1988 ;
- la très grande rapidité d'évaluation (3 mois pour le terrain, 6-7 mois pour la télédétection) comparativement aux méthodes traditionnelles utilisées en Grèce (enquête exhaustive auprès des communes agricoles) ;

La campagne 1988 des «Inventaires régionaux» du CCR d'Ispra a ainsi pour la première fois :

- démontré la faisabilité, opérationnelle et en vraie grandeur, des enquêtes aérolaires dans le contexte européen,
- montré l'intérêt de la télédétection pour affiner les résultats, ou alléger les enquêtes à précision égale,
- La suite du programme doit permettre dans les deux années à venir :
 - d'optimiser le dispositif d'enquête et la chaîne complète d'information terrain télédétection,
 - d'aborder les enquêtes de rendement,
 - d'augmenter la rapidité d'obtention des résultats.

Tableau 3 : Inventaires régionaux MAKEDONIA 1988
Résultats finaux (ha)

Culture d'intérêt	Donnée officielle 1983	Enquête aérolaire		Régression SPOT			Régression TM		
		1(*)	2(*)	1(*)	2(*)	3(*)	1(*)	2(*)	3(*)
Groupe 1									
Blé dur	87 565	184 100	18 040	183 426	15 612	1,33	175 383	12 251	2,17
Blé tendre	284 662	183 194	15 889	182 084	12 866	1,52	158 519	11 730	1,83
Groupe 2									
Maïs	31 471	27 086	4 258	27 434	2 995	2,02	27 504	3 293	1,67
Riz	6 911	16 261	2 702	15 593	1 607	2,83	14 080	1 076	6,3
Betteraves	11 938	18 879	4 258	19 007	1 840	5,35	14 922	3 839	1,23
Tournesol	241	17 657	4 090	14 675	3 207	1,63	16 558	3 478	1,38
Tabac	32 793	34 605	4 804	32 659	5 039	0,91	31 671	4 665	1,06
Coton	40 301	63 978	7 627	81 685	6 768	1,27	73 905	6 151	1,54

(*) 1. Estimation (ha) ; 2. Erreur standard (ha) ; 3. Efficacité de la télédétection.