

APPORT DE LA TELEDETECTION DANS UN SYSTEME OPERATIONNEL DE SUIVI AGRICOLE A TRAVERS LA DESCRIPTION DE CROP EXPLORER

MOKHTAR GUERFI

Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral (ENSSMAL),
Campus Universitaire de Dely Ibrahim, Bois des Cars B.P. 19, Algies

Résumé

Les progrès réalisés dans le domaine de la télédétection dans le cadre de projets de recherche transdisciplinaires, ont permis l'émergence de systèmes opérationnels de suivi agricole et de prévision des rendements pour les principales cultures. Nous décrivons les possibilités de "*Crop Explorer*", l'outil le plus performant actuellement disponible sur internet. Ce système de gestion des bases de données (SGBD), intègre les données de référence, celles collectées, les modèles et des outils interactifs permettant d'extraire des informations sous diverses formes (images, graphes, texte, cartes, etc.) sur presque tous les pays du monde. Nous illustrons notre propos par quelques exemples sur l'Algérie. Cet outil peut servir de modèle à la communauté nationale des chercheurs pour développer des méthodologies et des outils spécifiques à notre espace géographique.

MOTS CLÉS: télédétection, système, opérationnel, suivi agricole, prévision de rendements, Crop Explorer.

ABSTRACT

The progress made by remote sensing techniques within transdisciplinary research projects, have made it possible the emergence of operational system for crop monitoring and yield prediction for the main crops. In this paper, we describe "*Crop Explorer*", the most powerful tool actually available via internet. This database management system (DBMS) integrate reference data, collected data, models and interactive tools to extract information in different form (image, graph, maps, text, etc.) for almost all countries. We illustrate by some examples over Algeria. These could serve as example for the scientific research community to develop methodologies and tools specifically designed for our geographic area.

KEY WORDS: remote sensing, operational system, crop monitoring, yield prediction, Crop Explorer.

1 INTRODUCTION

L'accès à une information fiable, à jour et au moment opportun sur les facteurs affectant les rendements et la production agricole est une étape essentielle dans la mise en place d'une politique de sécurité alimentaire efficace. C'est ce qui a amené de nombreux pays à développer des systèmes de suivi et d'estimation des rendements agricoles, pour pouvoir cerner et gérer les crises alimentaires (8). Ces systèmes opérationnels de suivi agricole sont devenus possibles grâce aux progrès de la télédétection satellitaire (1,4).

Les travaux des chercheurs du département américain de l'agriculture (USDA) dans les années 1970 et 80 ont permis de mettre en place les bases théoriques pour le suivi de la croissance des cultures (4), notamment en faisant le lien entre les cultures et leurs propriétés optiques, ce qui a permis de créer des banques de données de signatures

spectrales des végétaux.

En trois décennies, plusieurs programmes de recherche transdisciplinaires impliquant des agronomes et des spécialistes des technologies et des données spatiales ont été initiés aux Etats-Unis et en Europe (1). Les résultats du premier programme, Large Area Crop Inventory Experiment (LACIE 1974-1979) ont démontré que l'imagerie satellitaire peut être utilisée d'une façon opérationnelle pour prédire les rendements du blé. Il a été suivi au début des années 1980, par le programme Agriculture and Resource Inventory Surveys Through Aerospace Remote Sensing (AgRISTARS 1990-2000), puis en 2002 par le programme Global Agricultural Monitoring (7). ¹Ce programme utilise les données provenant du spectroradiomètre imageur à

¹ <http://www.pecad.fas.usda.gov/cropexplorer/>

moyenne résolution (MODIS), qui est l'un des capteurs les plus perfectionnés actuellement en service, et le plus adapté au suivi des cultures (11), sa résolution spatiale varie de 250m à 1km au nadir et dispose de 36 bandes spectrales, dont une au visible (B1, VIS) et deux au proche infrarouge (B2, NIR; 0,85µm). Les images provenant de MODIS, alimentent la base de données de Crop Explorer (CADRE, (figure 1)) du système d'aide à la décision du service extérieur de l'agriculture (USDA/FAS). Crop Explorer est le système de gestion de bases de données le plus complet pour le suivi agricole au niveau mondial(4).

En Algérie, peu de projets conjoints entre équipes pluridisciplinaires ont été initiés, malgré que l'imagerie satellitaire ait été utilisée pour des applications agronomiques dès sa disponibilité sur le territoire national dans les années 1970, dans des études d'inventaire et de cartographie des périmètres irrigués (SOGREAH Conseil), dans l'évolution de l'occupation des sols et de suivi de la désertification (9), dans le suivi du couvert végétal et de son état hydrique (12) etc. Cependant, ces recherches sont le travail d'équipes isolées. Afin d'opérer la transition d'une utilisation limitée de la télédétection vers un rôle plus opérationnel dans la gestion de l'agriculture, la recherche doit recourir au data mining associé aux outils nationaux tel que les produits du programme Alsat, enquêtes de terrain, etc.)

2 QUELQUES SYSTÈMES OPÉRATIONNELS EXISTANTS

Les recherches dans le domaine des applications de la télédétection au suivi agricole et la prévision des rendements ont commencé aux Etats-Unis dans les années 1970. Depuis, de nombreux systèmes opérationnels nationaux, régionaux ou mondiaux ont vu le jour (7, 8,13). Ils fournissent des informations importantes à différentes échelles, nous énumérons ici les plus importants, et décrivons le plus complet d'entre eux ; le programme GLAM (Global Agricultural Monitoring).

- Le réseau de systèmes d'alerte précoce contre la famine (FEWS NET) : qui se base sur les estimations à partir des données satellitaires de la disponibilité en eau pour les cultures et des informations sur les conditions de culture, les cycles cultureux, etc. (7). Ces informations permettent ainsi l'établissement d'évaluations hebdomadaires sur les zones à risques climatiques et pouvant être en déficit de production ;
- Le Système Mondial d'information et d'alerte Rapide sur l'Alimentation et l'Agriculture (SMIAR) de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture-(FAO): " *Le but du système est de fournir aux décideurs et autres organismes d'aide des informations précises et récentes sur tous les aspects de l'offre et de la demande d'aliments*» (5) ;
- Le système européen MARS (Monitoring Agricultural With Remote Sensing), qui couvre aussi les pays du Maghreb
- Le programme européen (Global Monitoring of Food Security, GMFS) : Initié par l'agence spatiale européenne (ESA), il vise à répondre à la demande des organisations internationales (Commission Européenne, FAO, PAM, etc.) en produits et services d'observation de la terre pour le suivi agricole et l'alerte précoce des crises alimentaires (4,7), et enfin ;
- Le système chinois Crop Watch : Développé par l'Institut d'application de la télédétection (ISRA) de l'académie chinoise des sciences en 1998. Ce system couvre la Chine et les plus grands pays producteurs de céréales (4,13). Il comprend plusieurs composantes : le suivi des conditions de cultures, le suivi de la sécheresse, l'estimation des rendements, des superficies et de la production en grains, l'inventaire des structures des plantations et le suivi des indices des cultures. Ces suivis sont effectués à des échelles différentes, allant du village à l'échelle du pays et des principaux pays producteurs, en passant par l'échelle des comtés et provinces(13).

3 LES COMPOSANTES ESSENTIELLES D'UN SYSTEME DE SUIVI AGRICOLE

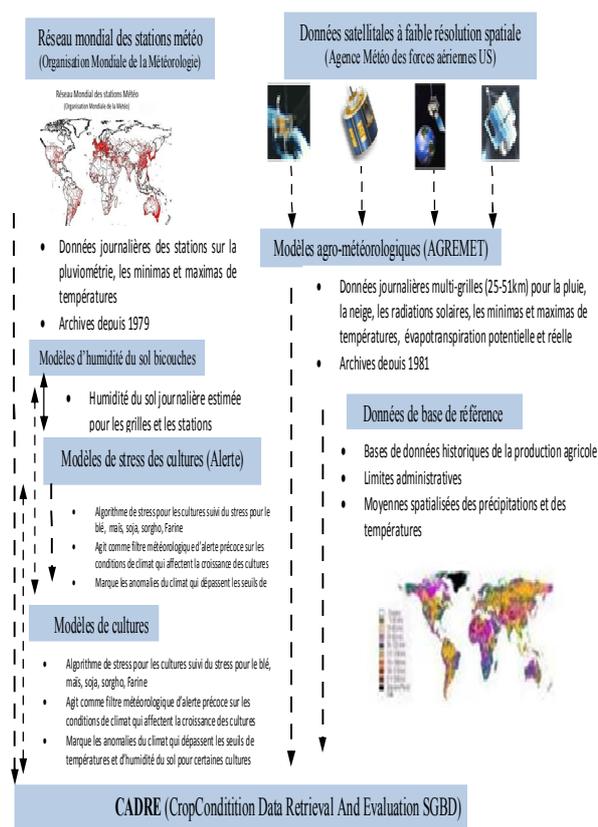
Trois éléments essentiels constituent l'ossature d'un système de suivi agricole dont la télédétection joue le rôle central (3); la vérité-terrain, une source pérenne d'images satellitaires et la numérisation de l'information ou l'intégration des technologies de l'information. Trois conditions intégrées dans la politique nationale de renouveau agricole et rural :

- Une solide information de vérité-terrain, est la première composante essentielle pour tout programme d'utilisation opérationnelle de la télédétection pour le suivi agricole (3), Sans cette vérité terrain pour identifier les différents types d'occupation du sol, permettre l'échantillonnage dans la classification des données images et permettre de valider les résultats (10). Cette notion de vérité-terrain est mentionnée en premier, parce qu'elle doit être considérée sérieusement avant de planifier tout projet d'application en télédétection. La collecte des données à différentes unités géographiques (du communal au national) pour l'estimation des récoltes, en particulier des grandes cultures (céréales) est une activité permanente et régulières pour laquelle les services agricoles nationaux consacrent des moyens importants.
- La deuxième condition, une source pérenne d'imageries satellitaires. (ayant les mêmes caractéristiques spatiales, temporelles, spectrales et radiométriques). En effet, trouver une source d'images qui garantit la continuité de l'observation est très important. L'Algérie compte parmi les rares pays en développement à disposer de cet atout à travers le programme spatial national, qui s'étend sur une période de 15 ans (2006-2020) et comprend entre autre le lancement de huit (08) satellites, dont sept pour l'observation de la terre, et la création d'une unité d'intégration des satellites (CDS)

- La numérisation de l'information et l'intégration des technologies de l'information dans l'acquisition et la gestion de la donnée

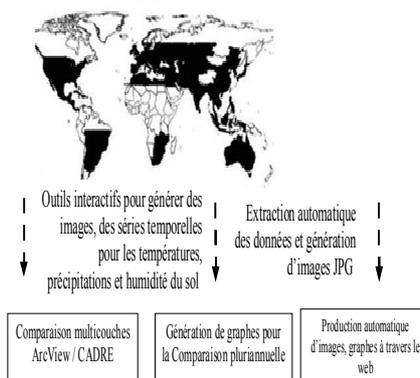
4 DESCRIPTION DU SYSTEME DE GESTION DE BASE DE DONNEES CROP EXPLORER OU CADRE: (CROP CONDITION DATA RETRIEVAL AND EVALUATION)

A l'aide d'exemples sur notre pays, nous décrivons ici l'outil le plus complet de gestion de données pour le suivi agricole au niveau mondial, développé dans le cadre du programme Global Agriculture Monitoring, appelé *Crop Explorer* (ou CADRE, Crop Condition Data Retrieval and Evaluation), il est le premier système de gestion de base de données (SGBD) spécialement conçues pour le suivi agricole au niveau mondial (11). Il utilise le webmapping (combinaison de la technologie SIG et de l'internet) pour le traitement, l'analyse, l'archivage et la diffusion des données sur le suivi agricole. Il s'appuie sur plusieurs sources de données et utilise de nombreux modèles et routines, pour surveiller les anomalies du climat qui affectent la production et la qualité des produits agricoles. Tous les développements ont été faits dans le cadre des programmes de recherche LACIE et AgRISTARS. La figure N°1 montre le flux de données dans Crop Explorer.



Les deux principales sources d'entrée des données agrométéorologiques sont (figure 2)

- Les mesures météorologiques effectuées par le réseau mondial de stations météorologiques terrestres (affiliées à l'organisation mondiale de la météorologie OMM)
- Les données climatiques en grilles qui intègrent les données des stations terrestres et celles provenant des satellites météorologiques.



Ces deux ensembles de données sont téléchargées sur une base journalière et stockées dans le système de gestion des bases de données Crop Explorer (CADRE). De nombreuses routines d'extraction des données sont ensuite exécutées pour afficher les données spatiales suivantes pour différentes régions dans le monde, ici sur la partie centrale de l'Algérie.

- Précipitations actuelles et cumulées (mm),
- Température moyenne, minimales, et maximale (°C),
- Comparaison de la température et des précipitations par rapport à la normale sur le long terme,
- Départ de la température de la normale (°C),
- Pourcentage des précipitations par rapport à la normale (%),
- Epaisseur du manteau neigeux (cm).

Figure 1: Données, modèles et outils d'extraction de l'information dans Crop Explorer Adapté de Reynolds (11).



Figure 2: Les grilles et stations météorologiques des trois régions géographiques de l'Algérie (Intégrant les données des stations terrestres et celles des satellites météorologiques).

Source : <http://www.pecad.fas.usda.gov/cropeexplorer/chart.aspx/regionid=na>

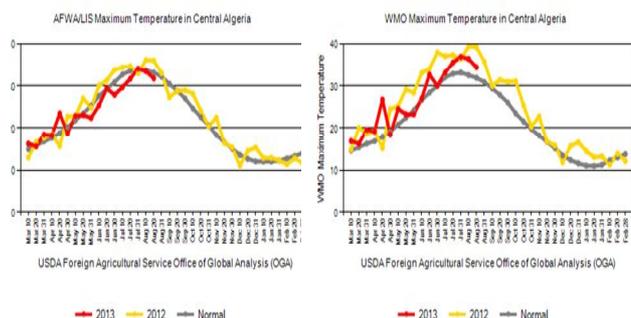


Figure 3: Températures maximales sur la partie centrale du nord de l'Algérie. Année 2012, 2013 comparées aux normales de saison. (à gauche données satellitaires (satellites de l'armée de l'air US), à droite données des stations terrestres. Sources : <http://www.pecad.fas.usda.gov/cropexplorer/chart.aspx/regionid=na>

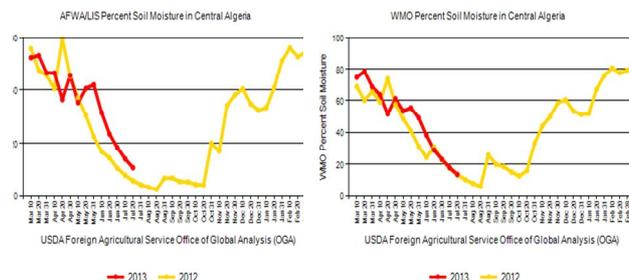


Figure 4: Pourcentage de l'humidité du sol sur la partie centrale du nord de l'Algérie. Année 2012 2013. (À gauche données satellitaires (satellites de l'armée de l'air US), à droite données des stations terrestres. Source : <http://www.pecad.fas.usda.gov/cropexplorer/chart.aspx/regionid=na>

L'intégration des données dans le système de gestion des bases de données Crop Explorer permet d'exécuter de nombreux modèles pour les différentes cultures. Ces modèles permettent d'évaluer les conditions des cultures, ils intègrent les calendriers agricoles des opérations agricoles, les risques des cultures, etc. Ils sont exécutés sur les données des stations terrestres et celles provenant des satellites. Tous ces outils ont été développés par des chercheurs de différentes universités américaines, des agences gouvernementales et des entreprises privées (1,4).

La plupart de ces modèles utilisent l'évapotranspiration journalière potentielle (Evp), obtenue selon l'équation de Penman-Monteith de la FAO ; et calculée à partir de la température minimale et maximale ainsi que les coordonnées géographiques des stations (latitude, longitude) et l'altitude). Les données sur les précipitations, l'évapotranspiration, la capacité de rétention en eau du sol sont ensuite utilisées pour exécuter un modèle d'humidité du sol sur deux couches (sol et sous-sol) dans Crop Explorer pour estimer:

- L'humidité de surface et l'humidité souterraine
- Le pourcentage d'humidité dans les deux couches du sol (%).

Les données fournies comprennent

- Le stade de croissance des cultures et leur état de stress (le blé et le maïs) ;
- La réduction relative des rendements pour le maïs, le blé et le soja ;
- Des images des anomalies de l'indice de végétation normalisées (NDVI).

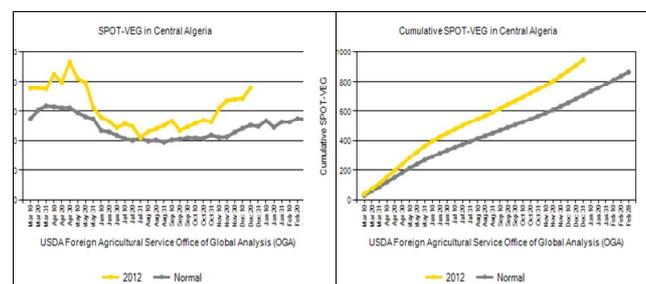


Figure 5: L'indice de végétation extrait des images SPOT et l'indice de végétation cumulé sur la partie centrale du nord de l'Algérie. Pour l'Année 2012. Source : <http://www.pecad.fas.usda.gov/cropexplorer/chart.aspx/regionid=na>

Tableau 1: Exemple de résultat final généré sur Algérie - Superficie, Rendement et Production.

Production	Surface cultivée (Million hectares)			Rendement (Tonnes par hectare)			Production (Million de tonnes)			Changement dans la Production From Last Year	
	2011/12	2012/13	2013/14	2011/12	2012/13	2013/14	2011/12	2012/13	2013/14	MMT	Percent
Orge	1.000	1.000	1.000	1.350	1.500	1.750	1.350	1.500	1.750	0.25	16.67
Maïs	0.001	0.001	0.001	1.000	1.000	1.000	0.001	0.001	0.001	0.00	0.00
Farine	0.124	0.125	0.125	1.016	1.000	1.000	0.126	0.125	0.125	0.00	0.00
Riz, Milled	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00						
Blé	2.000	2.000	2.000	1.400	1.700	1.800	2.800	3.400	3.600	0.20	5.88
Blé dur	1.300	1.300	1.300	1.615	1.615	1.615	2.100	2.100	2.100	0.00	0.00

Source : <http://www.pecad.fas.usda.gov/cropexplorer/chart.aspx/regionid=na>

5 CONCLUSION

La mise en place d'un système opérationnel de suivi agricole s'avère indispensable pour éviter les crises alimentaires dans un pays considéré comme vulnérable, surtout dans un contexte de changement climatique. Le développement des applications de la télédétection, la disponibilité croissante des données à accès gratuit, la variété des sources d'information ont permis aux données satellitaires de devenir une source importante d'information permettant de suivre l'état des cultures à différentes échelles, et ainsi combler le déficit en données et information.

La veille du troisième plan quinquennal de la recherche (2014 -2018), la communauté nationale de recherche dispose de nombreux atouts pour lancer un programme de recherche sur le suivi agricole et l'estimation des rendements des grandes cultures, pour développer des outils (indices, modèles, routines, etc.) adaptés aux spécificités géographiques de notre pays et ainsi contribuer à la réussite de la politique nationale de sécurité alimentaire prônée par le gouvernement.

RÉFÉRENCES

- [1] Atzberger C., (2013). Advances in Remote Sensing of Agriculture: Context Description, Existing Operational Monitoring Systems and Major Information Needs. *RemoteSensing*. **2013**, 5, pp 949-981.
- [2] BachirBouiadjra S.E., Al Zerey W., Benabdelli K. (2011). Étude diachronique des changements du couvert végétal dans un écosystème montagneux par télédétection spatiale: cas des monts du Tessala (Algérie occidentale). *Physio-Géo, Géographie physique et environnement*. Volume 5, 2011 pp-211-225.
- [3] Bailey J.T., Boryan C.G., (2010). Remote Sensing Applications in Agriculture at the USDA National Agricultural Statistics Service. USDA/NAS bulletin septembre, 2010.
- [4] Inbal Becker-Reshef, Chris Justice, Mark Sullivan, et al., (2010). Monitoring Global Croplands with Coarse Resolution Earth Observations: The Global Agriculture Monitoring (GLAM) Project. *RemoteSensing*, 2010,2 pp1589-1609.
- [5] FAO. (2010). SMIAR (Système Mondial d'Information et d'alerte Rapide sur l'alimentation et l'agriculture. Brochure FAO. 24p. www.fao.org/giews.
- [6] Hamimed, A., Mederbal, K. et Khaldi, A. (2001). Utilisation des données satellitaires TM de Landsat pour le suivi de l'état hydrique d'un couvert végétal dans les conditions semi-arides en Algérie. *Télédétection*, Vol. 2, no. 1, pp. 29-38.
- [7] Kouadio A.L., (2012). Prévisions des rendements du blé d'hiver à échelle régionale par modélisation de la courbe de chute de l'indice foliaire. Thèse présentée en vue de l'obtention du grade de Docteur en Sciences, Université de Liège, Faculté des Sciences, Département des Sciences et Gestion de l'Environnement, Mai 2012. 153P.
- [8] Minamiguchi, N. (2005.). The application of geospatial and disaster information for food insecurity and agricultural drought monitoring and assessment by the FAO GIEWS and Asia FIVIMS. In Workshop on Reducing Food Insecurity Associated with Natural Disasters in Asia and the Pacific, Vol. 27, pp. 28.
- [9] Oussedik A., Ifène T, Zegrar A. et al., (2003). Réalisation par télédétection de la carte d'Algérie de sensibilité à la désertification. *Sécheresse*, Volume 14, n°3, pp 195-201.
- [10] Molly, R., Piercy, C., Jarvis, J., Sabol, B., & Macon, C. (2012). Ground Truth Sampling to Support Remote Sensing Research and Development: Submersed Aquatic Vegetation Species Discrimination Using an Airborne Hyperspectral/Lidar System. DOER Technical Notes Collection. ERDC TN-DOER-E30, 32P. http://www.coastalamericafoundation.org/images/FINAL_SAVDOER.pdf
- [11] Reynolds C.A. (2001). Input Data Sources, Climate Normals, Crop Models, and Data Extraction Routines Utilized by OGA/IPAD. United States Department of Agriculture (USDA), Foreign Agricultural Service (FAS), Office of Global Analysis.
- [12] Souidi Z., Hammimed A., Donze F., Seddini A., Mederbek K. (2010). Estimation de l'évapotranspiration d'un couvert forestier en Algérie par télédétection. *Revue Télédétection*, 2010, vol. 9, n° 3-4, p. 164-181.
- [13] Zhongxin C. (2011). Applications of Remote Sensing in Monitoring Agriculture in China : Introducing the CHARMS System (Brochure). Institute of Agricultural Resources & Regional Planning, CAAS, Beijing 100081. Remote Sensing Application Center, MOA, China. March 18, 2011.