

1^{er} Forum AFEDA – SORAIA – RNSA, Lyon, 23–24 novembre 2001

Essai préliminaire de détection des champs d'ambrosie par télédétection spatiale

Preliminary studies of the detection of Ambrosia populations by spatial remote sensing

Y. Auda ^{a,*}, F. Blasco ^a, J.P. Gastellu-Etchegorry ^b, G. Marty ^b, C. Déchamp ^c

^aCentre de télédétection, laboratoire d'écologie terrestre, CNRS/UPS, BP 4072, 31029 Toulouse cedex 4, France

^bCESBIO, 18, avenue Édouard-Belin, bpi 2801, 31401 Toulouse cedex 4, France

^cAFEDA, 25, rue Ambroise-Paré, 69800 Saint-Priest, France

Reçu le 7 février 2002; accepté le 3 mai 2002

Résumé

La détection des champs comportant des populations denses d'ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia* L.) par des méthodes spatiales pourrait être possible. Cette détection qui conduirait à une cartographie des parcelles « infestées » constituerait une aide précieuse pour engager des campagnes de désherbage et apprécier l'évolution spatiotemporelle de la plante. Les difficultés méthodologiques liées à la détection d'une adventice concernent la mixité des peuplements, la petite surface des zones infestées et le risque de confusion du comportement spectral avec celui d'autres espèces. Un repérage sur le terrain de zones particulièrement infestées dans la région lyonnaise (Rhône) a eu lieu le 27 juillet 2001. Ces données de terrain ont été utilisées pour exploiter deux images ASTER 1B (satellite Terra) du 26 juin et du 13 août 2001 de la zone prospectée. Une mesure réalisée en laboratoire sur un échantillon prélevé sur le terrain a déterminé le spectre de réflectance. Les résultats sont les suivants : il existe des cas où le comportement spectral des parcelles abritant une forte densité d'ambrosie permet leur cartographie. Lorsque la densité de cette espèce diminue, les signatures spectrales des peuplements deviennent multiformes et exigent des études plus approfondies. Des progrès prochains peuvent être attendus de l'utilisation de capteurs à très haute résolution spatiale tel IKONOS (résolution de 1 m en panchromatique ou 4 m en multispectral) ou le futur SPOT 5 (résolution de 2 à 3 m en panchromatique ou 10 m en multispectral) qui permettent de travailler à des résolutions de l'ordre du mètre. © 2002 Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Abstract

The detection of dense populations of ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) using spatial remote sensing methods seems possible. A sufficiently accurate map of parcels of land infested with ragweed could offer new possibilities to engage in weeding campaigns and to appreciate the space-time evolution of this plant. Obviously, the main difficulties in this approach are related to the heterogeneous floral composition of herbaceous stands and to the risk of confusion of the spectral composition of ragweed with that of other species. On 21 July 2001, we carried out field surveys in zones with abundant ragweed near Lyon (Department of the Rhone), and we used the resulting data in connection with two images of the same area obtained by the Terra ASTER 1B satellite on 26 June and 13 August 2001. A measurement was made in the laboratory on a sample of the plant obtained from the same area to determine its reflectance spectrum. On analysis of the spatial images, we were able to localize herbaceous patches in which ragweed is dominant. When the density of this plant decreases, the reflectance signals of the populations become multiform, requiring further studies. Further progress can be expected when sensors such as the spatial tel IKONOS (operating at a resolution in the order of 1 to 5 m) or the future SPOT 5 (operating at a resolution of 2 to 3 m in

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : Yves.auda@cict.fr (Y. Auda).

the panchromatic mode or at 10 m in a multispectral mode) will be used, allowing us to work at a resolution on the order of one meter.
© 2002 Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS. All rights reserved.

Mots clés: Champs d'ambrosie; Télédétection; Terra ASTER

Keywords: Ragweed fields; Spatial remote sensing; Terra ASTER

1. Introduction

Détecter des champs infestés par des populations d'ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia* L.) à l'aide de la télédétection spatiale serait une aide précieuse pour mieux comprendre le mécanisme de propagation de cette plante et améliorer les politiques de lutte sous forme de conseils culturels ou de campagnes de désherbage et apprécier l'évolution spatiotemporelle de la plante. Cet objectif se heurte à plusieurs difficultés méthodologiques que cette étude tentera de mieux cerner, et, si possible, lever.

Pour reconnaître une plante des autres peuplements végétaux environnants, il est indispensable que sa réflectance au moment de sa détection soit différente de celle des autres espèces. Elle peut l'être pour plusieurs raisons.

Les groupements végétaux possèdent des caractéristiques spectrales propres. Bonn et Rochon [1] ont montré que les forêts de feuillus présentent des propriétés spectrales différentes des sapinières qui elles-mêmes se différencient des pelouses ou des champs de blé. Par contre, la différenciation, au niveau de l'espèce, est beaucoup plus difficile à réaliser. Gong et Pu [2] réussissent, cependant, à différencier six espèces de conifères par des mesures hyperspectrales réalisées in situ.

L'architecture d'une plante influe sur sa réflectance. La courbure des branches, l'implantation des feuilles, leur forme et leur structure sont des paramètres qui conditionnent la signature spectrale comme le démontrent Lopes et al. [3].

L'état végétatif d'une plante modifie sa teneur en pigments, Blackburn [4], Reddy [5] et sa teneur en eau, Girard et Girard [6].

Ces deux caractéristiques agissent directement sur la réflectance. L'ambrosie possède un cycle de développement très court (de fin juin à la deuxième quinzaine de juillet). Durant cette période, sa réflectance doit donc traduire une activité photosynthétique intense. Ensuite, elle développe, dans la région lyonnaise, ses boutons floraux de fin juillet jusqu'à fin septembre comme le démontrent les calendriers polliniques établis par l'AFEDA [7].

Cette dernière caractéristique est très favorable à la reconnaissance de l'ambrosie. Par contre, un ensemble d'autres facteurs rendent sa détection difficile :

- l'ambrosie se développe en association avec d'autres espèces, mélangée à des plantes cultivées ou à d'autres

adventices. Cette mixité des peuplements brouille sa signature spectrale et gêne la mise en évidence de sa présence ;

- les zones infestées peuvent avoir une forme linéaire, par exemple lors de colonisation des bas côtés des routes. L'ensemble de ces surfaces, bien que quantitativement importantes, soit difficilement identifiable car elles sont rarement couvertes par un pixel entier ;
- au début de l'infestation, l'ambrosie ne couvre pas la totalité du sol et le capteur perçoit un signal composé du mélange de la réflectance de la plante et de la réflectance du sol.

Examinons, à l'aide des images satellitaires et des mesures de radiométrie de terrain comment ces différentes contraintes interagissent.

2. Méthodes

2.1. Mission de terrain

La zone d'étude retenue est située dans la région lyonnaise. Nous nous sommes engagés à ne pas préciser davantage cette localisation pour éviter d'éventuels désagréments aux propriétaires des terrains qui, du fait d'arrêtés préfectoral et municipal, sont astreints à éliminer toute présence d'ambrosie de leurs champs.

Les observations ont eu lieu le 27 juillet 2001. Cette zone est à dominante agricole. Elle présente un habitat résidentiel groupé par îlots entourés de champs cultivés et de zones boisées. Les principales cultures pratiquées sont le maïs et le tournesol. La recherche d'une zone largement infestée, nous a conduit à repérer la présence d'ambrosie en quantité abondante dans un champ de pommes de terre, dans un champ de mélilots et en bordure de route.

Dans ces lieux a été prélevé un échantillon d'ambrosie destiné à des mesures de spectroradiométrie.

2.2. Mesure de spectroradiométrie

Les mesures de radiométrie sont réalisées avec le spectroradiomètre GER 2000 (Geophysical & Environmental Research Corp.) qui enregistre la réflectance dans des bandes de largeur 2 nm pour la plage 400–1000 nm et de largeur 4 nm pour la plage 1000–2400 nm. La moyenne de

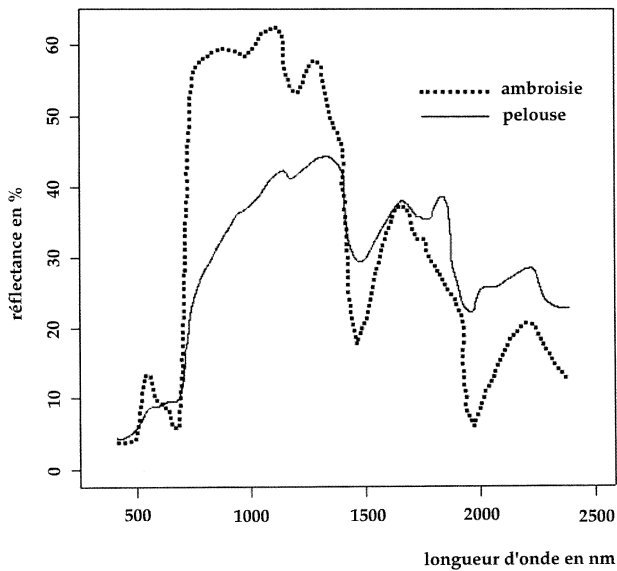
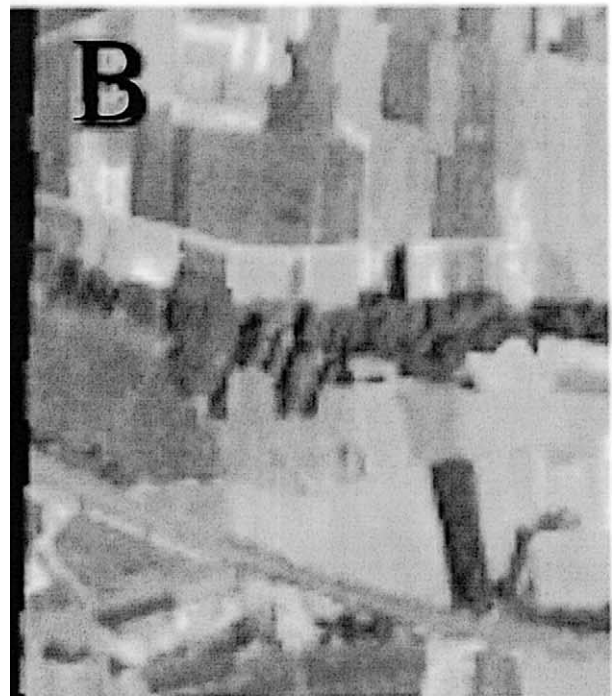
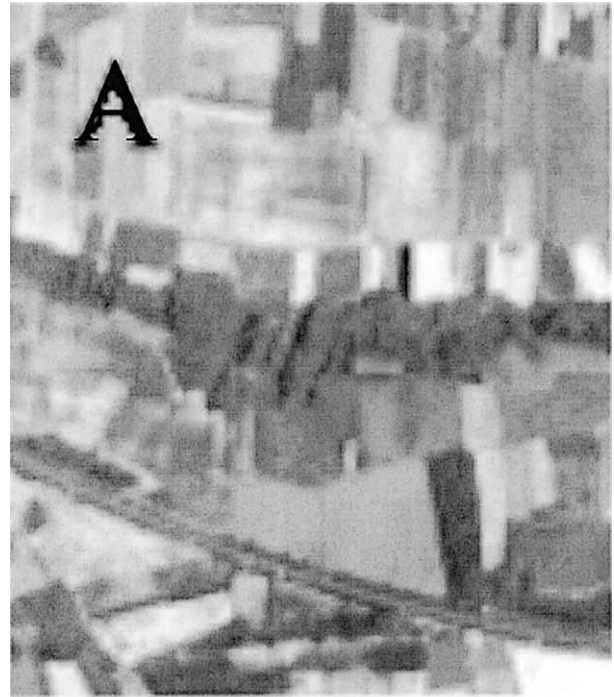


Fig. 1. Comparaison du spectre de réflectance de l'ambroisie à celui d'une pelouse non arrosée. Les mesures sont réalisées à l'aide du spectromètre GER 2000.

plusieurs mesures réalisées sur l'échantillon d'ambroisie et sur une pelouse qui n'était pas arrosée construisent la Fig. 1. Le spectre radiométrique de l'ambroisie est comparable à ceux de plantes vertes. L'absorption dans le rouge à 660 nm, plus importante pour l'ambroisie que pour l'herbe témoigne de l'importance de l'activité chlorophyllienne. L'absorption également plus importante pour l'ambroisie à 1450 nm et à 1950 nm est due à une plus grande teneur en eau dans les cellules foliaires. Ces résultats largement développés par d'autres auteurs, Girard et Girard [6] laissent espérer le fait que nous puissions différencier par télédétection des plaques d'ambroisie d'autres groupements végétaux.

Tableau 1
Caractéristiques du capteur ASTER du satellite Terra

Sous-système	Numéro de bande	Plage spectrale	Résolution spatiale
VNIR (visible à proche infrarouge)	1	0,52-0,60	15 m
	2	0,63-0,69	
	3	0,76-0,86	
SWIR (moyen infrarouge)	4	1,60-1,70	30 m
	5	2,145-2,185	
	6	2,185-2,225	
	7	2,235-2,285	
	8	2,295-2,365	
	9	2,36-2,43	
TIR (infrarouge thermique)	10	8,125-8,475	90 m
	11	8,475-8,825	
	12	8,925-9,275	
	13	10,25-10,95	
	14	10,95-11,65	



Nord
↑

0 0,5 1 km

Fig. 2. Compositions colorées des canaux VNIR1, VNIR2 et VNIR3 (combinés dans l'ordre bleu, vert, rouge). A) Image Aster 1B du 23/06/2001. B) Image Aster 1B du 13/08/2001.

Tableau 2

Thèmes identifiés lors de la mission de terrain

Numéro de thème	Description
1	Ambroisie
2	Maïs
3	Sol nu ou peu végétalisé
4	Forêt
5	Route et habitat dispersé

2.3. Les données satellitales

Les données satellitales ASTER utilisées dans cette étude sont acquises par le satellite Terra. Les caractéristiques de ce capteur sont décrites sur l'Internet <http://edcdaac.usgs.gov/main.html> ou par Hook et al. [8]. Il possède 14 bandes spectrales dont les caractéristiques sont rapportées dans le Tableau 1.

La détection de la présence d'ambroisie nécessite de travailler à des échelles géographiques très grandes. Elle conduit à concentrer nos efforts d'analyse sur les bandes VNIR qui présentent la meilleure résolution spatiale (15 m). La recherche dans la banque de données Terra/ASTER porte sur des images de la région lyonnaise de fin juin à début août. Deux images de niveau 1B qui ont donc été corrigées radiométriquement et géométriquement sont retenues. L'image du 26 juin devrait permettre de détecter l'ambroisie dans ses premières phases de colonisation tandis que l'image du 13 août fournira des réponses dans un stade de colonisation avancée (Fig. 2).

3. Classification

L'étude ne porte que sur une zone de petite taille (4 km × 3 km) qui a fait l'objet, le 27 juillet 2001, d'une vérité terrain au cours de laquelle cinq thèmes ont été identifiés dans le Tableau 2.

La zone d'entraînement retenue pour l'ambroisie concerne un champ de pommes de terre et un champ de mélilots infestés par une population dense d'ambrosies. Le maïs est une culture irriguée.

Avant de débiter la classification, l'image du 26 juin est géométriquement recalée sur l'image du 13 août par la méthode des plus proches voisins. Le résultat est visualisé par deux compositions colorées des trois canaux VNIR (Fig. 2). Avant toute analyse, la seule observation permet de déceler plusieurs évolutions du paysage entre le 26 juin et le 13 août. La forêt qui sépare horizontalement l'image en deux parties égales, et la route en dessous constituent les deux entités permanentes. A la forêt est accolée, au milieu de l'image, une zone sombre végétalisée le 26 juin qui ne l'est plus le 13 août. Il est probable qu'il s'agit d'une culture qui, arrivée à maturité, a été récoltée début août. Les zones identifiées comme plantées en maïs lors de la mission de

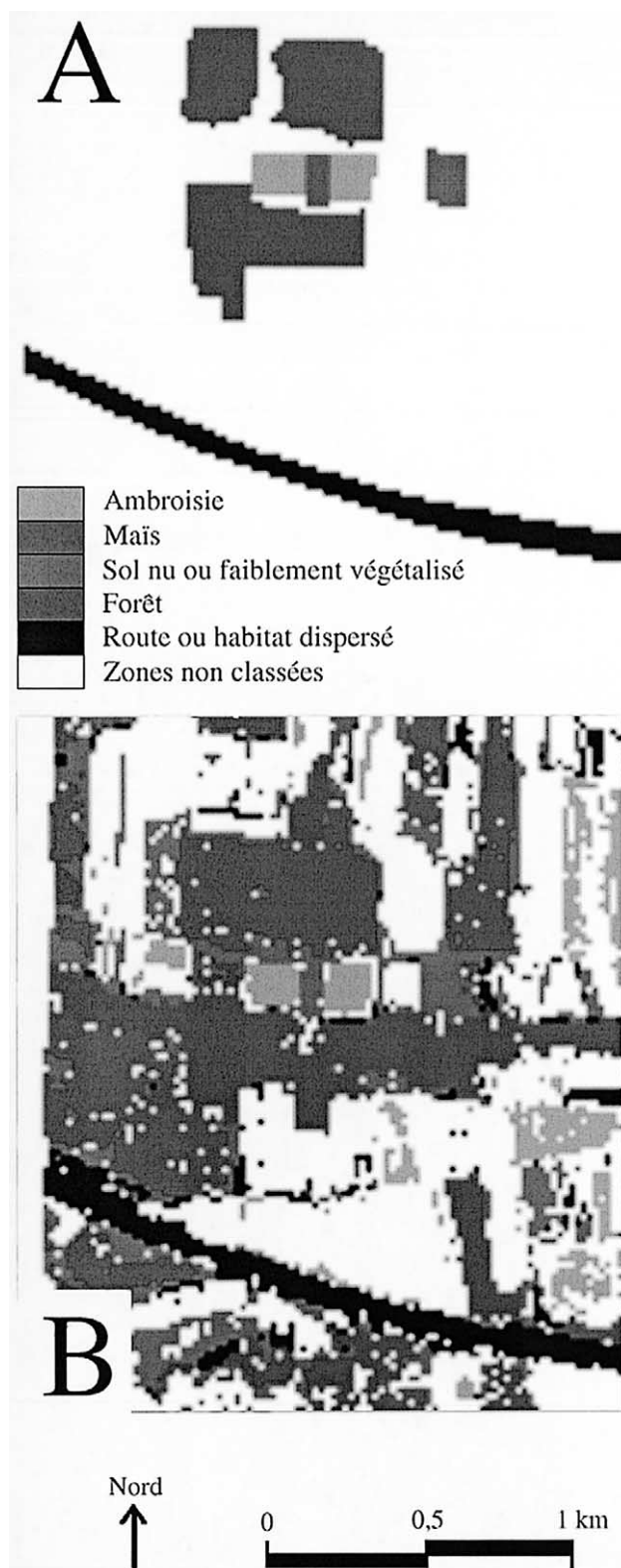


Fig. 3. Classification non supervisée par la méthode du Maximum de Vraisemblance de la zone d'étude. A) Parcelles d'entraînement. B) Résultat de la classification. La classe « zones non classées » correspond aux pixels dont la probabilité d'appartenir à une classe est inférieure à 5 %.



Fig. 4. Champ de pommes de terre complètement investi par les ambrosies (photo C. Déchamp, AFEDA).

terrain le 27 juillet, sont claires le 26 juin et sombres le 13 août. Cette différence est, sans conteste, liée au développement de cette céréale.

Une identification plus précise des zones utiles à la classification est reportée sur la Fig. 3A. Ces zones d'entraînement sont utilisées pour la classification supervisée par le Maximum de Vraisemblance. Seuls les pixels classés avec une probabilité supérieure à 95 % d'appartenir à une classe sont cartographiés. Les autres sont considérés comme n'étant pas affectés à une classe par l'analyse.

Sur la Fig. 3B, résultat de cette classification, les forêts, les champs de maïs, la route et l'habitat sont clairement cartographiés. Les parcelles qui sont infestées par l'ambrosie ressortent également de façon claire, mais il serait imprudent d'en déduire que toutes les zones classées comme infestées par l'ambrosie sont effectivement colonisées par cette plante. Elles présentent simplement une radiométrie qui est très proche des parcelles infestées. De plus, les bordures de route colonisées par l'ambrosie n'apparaissent pas sur l'image. La résolution spatiale des images satellitales utilisées est donc insuffisante pour cartographier tous les espaces contaminés.

4. Comparaison avec des photographies prises au sol

De façon à mieux comprendre les images satellitales, pas toujours faciles à évaluer par un néophyte, des photographies ont été réalisées au sol de façon à mieux percevoir la réalité. Tout d'abord, un champ de pommes de terre (Fig. 4) est complètement investi par les ambrosies, les plants de

potatoes sont plus petits que les ambrosies qui les cachent complètement. Ils sont invisibles depuis la route en bordure de la photo (la récolte de pommes de terre sera perdue). Ce cliché traduit le rectangle noir de gauche (Fig. 3). Par ailleurs le champ immédiatement à la droite du chapeau posé à terre (Fig. 5), est celui traduit dans le rectangle noir de l'image satellitale de droite (Fig. 3), il est situé à quelques centaines de mètres du précédent. Il s'agit d'une jachère.

5. Conclusion

Cette étude préliminaire fournit un premier bilan :

- Il existe des cas où le comportement spectral des parcelles abritant une forte densité d'ambrosies permet leur cartographie.
- Lorsque la distribution de cette espèce devient moins grégaire et que sa densité diminue, les signatures spectrales des peuplements deviennent multiformes et exigent des études approfondies. Des mesures de densité de ces peuplements d'ambrosies permettraient par exemple de déterminer les seuils de détection.
- Les linéaires en bordure de route ne sont pas visualisés avec les outils que nous avons employés car la faible définition des capteurs utilisés (pixels de 15 m) donne des images qui manquent encore de précision. L'espoir réside dans l'usage de capteurs à très haute résolution spatiale tel IKONOS (résolution de 1 m en panchromatique ou 4 m en multispectral) ou le futur SPOT 5 (résolution de 2 à 3 m en panchromatique ou 10 m en

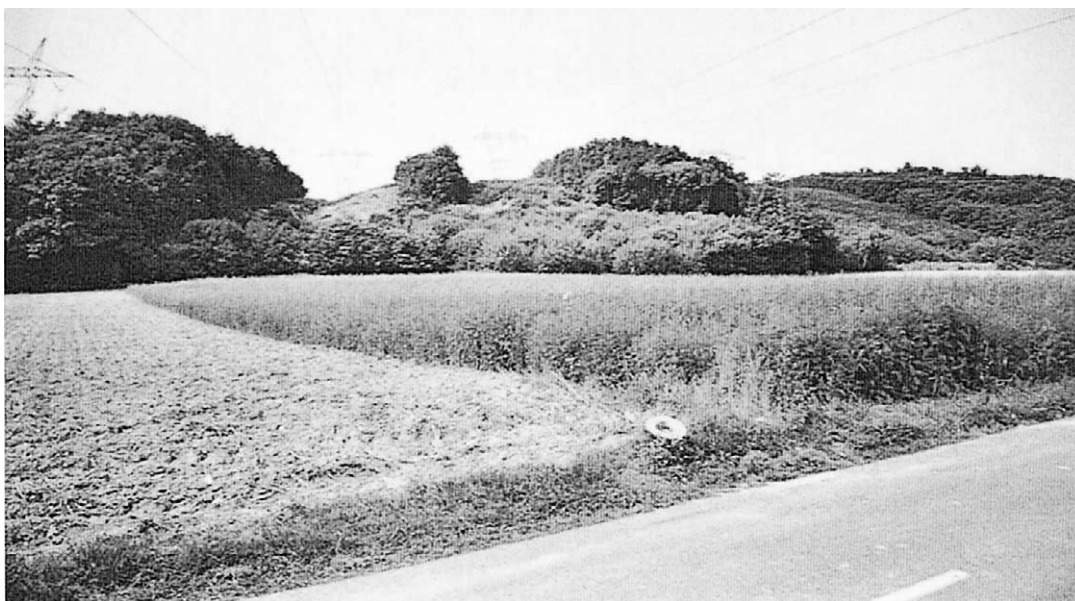


Fig. 5. Jachère colonisée par les ambrosies, immédiatement à la droite du chapeau posé à terre (photo C. Déchamp, AFEDA).

multispectral) qui permettent de travailler à des résolutions de l'ordre du mètre.

- La cartographie des zones à ambrosie ne se limite pas, à notre avis, au seul usage de l'outil de télédétection qui, utilisé seul, n'est pas opérationnel compte tenu de ses caractéristiques techniques actuelles. Des facteurs comme les états d'occupation des sols les années précédentes devraient être intégrés dans les règles de décision permettant de déterminer les zones infestées. En effet, Déchamp et al. [9] ont clairement démontré l'effet favorable au développement et à l'expansion de l'ambrosie, induit par les jachères et l'extension de la culture du tournesol. La prise en compte de ces données, intégrées au sein d'un système d'information géographique, permettrait de progresser dans la détection de cette adventice et donc dans la connaissance de son extension. Une meilleure compréhension de ses mécanismes d'infestation permettrait d'aborder la lutte contre cette espèce par des moyens qui pourraient ne plus se limiter au fauchage ou/et aux campagnes d'arrachage.

Remerciements

Étude effectuée avec le soutien du Conseil régional Rhône-Alpes, du Conseil général de l'Ain, de l'Isère, de la ville de Saint-Priest (69).

Références

- [1] Bonn F, Rochon G. Précis de télédétection, Vol 1. AUPELF, Sainte-Foy, Québec, Presses de l'Université du Québec; 1993. p. 485.
- [2] Gong P, Pu R. 2001. Conifer species recognition : effects of data transformation. *Int J Remote Sensing* 1999;22, 17:3471–81.
- [3] Lopes A, Mougin E, Beaudoin A, Karam MA. Relating the microwave signatures of trees to their structure : results of an experimental/theoretical approach. *IEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 1991;29:344–65.
- [4] Blackburn GA. Relationships between spectral reflectance and pigment concentrations in stacks of deciduous broadleaves. *Remote Sensing of Environment* 1999;70:224–37.
- [5] Reddy G, Narasimha rao CL, Venkataratnam L, Krishna Rao PV. Influence of plant pigments on spectral reflectance of maize, groundnut and soybean grown in semi-arid environments. *Int J Remote Sensing* 2001;22, 17:3373–80.
- [6] Girard MC, Girard CM. Traitement des données en télédétection. Paris: Dunod; 1999. p. 529.
- [7] Calendriers polliniques de l'AFEDA 1985-2001 éditions AFEDA.
- [8] Hook SJ, Myers JJ, Thome KJ, Fitzgerald M, Kahle AB. The MODIS/ASTER airborne simulator (MASTER) - a new instrument for earth science studies. *Remote Sensing of Environment* 2001;76: 93–102.
- [9] Déchamp C, Calleja M, Deviller P, Harf R, Méon H. L'ambrosie dans le Rhône et la politique agricole commune. *Phytoma, la défense des végétaux* 2001;538:13–6.