Télédétection, 2006, vol. 6, n° 3, p. 195-204
© 2006 CONTEMPORARY PUBLISHING INTERNATIONAL
Publié sous l'enseigne *Éditions Scientifiques GB*

ACTIVITÉ VÉGÉTALE ET CARACTÉRISTIQUES HYDROCLIMATIQUES EN DOBROUDJA (ROUMANIE) : L'APPORT DES DONNÉES SPOT-4 VÉGÉTATION

Gabriela IOANA-TOROIMAC[1], Liliana ZAHARIA[2], Sylvain BIGOT[1], et Gérard BELTRANDO[3]

[1] *Laboratoire de Géographie des Milieux Anthropisés (LGMA, CNRS UMR 8141),*
Université des Sciences et Technologies de Lille,
Avenue Paul Langevin, 59655 Villeneuve d'Ascq cedex, France.
Téléphone : +33(0)3 20 33 63 96 ;
Télécopieur : +33(0)3 20 33 60 67 ;
courriel : g.ioana-toroimac@ed.univ-lille1.fr
Courriel : sylvain.bigot@ujf-grenoble.fr

[2] *Faculté de Géographie, Université de Bucarest,*
Boulevard Nicolae Balcesu, No 1, Secteur 1, Bucarest, Roumanie.
Téléphone : + 40-21-315 30 74 / 155 ;
Télécopieur : + 40-2-315 30 74 ;
Courriel : zaharialil@yahoo.com, zaharia@geo.unibuc.ro

[3] *PRODIG (CNRS UMR 8586), Université de Paris VII Denis Diderot,*
191 rue Saint-Jacques, 75005 Paris, France.
Téléphone : +33 (0)1 44 27 99 77 ;
Courriel : beltrando@paris7.jussieu.fr

Soumis le 30 juillet 2005 ; révisé le 7 février 2006 ; accepté le 30 juin 2006

Cet article se propose d'analyser les particularités de l'activité végétale de la région de Dobroudja (Roumanie) et leur lien avec les conditions hydroclimatiques. Le travail repose sur l'imagerie SPOT-4 Végétation. Nous présentons les résultats d'une classification thématique non-dirigée selon la méthode « *K Means* » calculée sur le NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) à l'échelle de la Dobroudja pour la période de 1999-2000 en donnant un aperçu des variations phénologiques mensuelles vues comme un effet des écarts des précipitations et des débits liquides du Danube. Les espaces forestiers, modérateurs du climat, représentent les principaux espaces visés par cette recherche.

Mots clés : NDVI ; activité végétale ; forêt ; précipitations ; Dobroudja, Danube.

VEGETATION ACTIVITY AND HYDRIC AND CLIMATIC CHARACTERISTICS IN DOBRUDJA (ROMANIA): THE CONTRIBUTION OF SPOT-4 VEGETATION DATA

The object of the paper is to analyze the particularities of vegetation activity in the Dobrudja (Romania) region and its correlation with overall vegetation activity, and hydric and climatic characteristics. The analysis uses SPOT-4 Vegetation imagery. It provides the results of the thematic unsupervised classification using the K Means method calculated for the NDVI index (Normalized Difference Vegetation Index) for Dobrudja for the period between 1999 and 2000 and gives a general picture of the monthly phenology variations as an effect of precipitation and Danube liquid flow anomalies. The study is focused on forested areas as they have climate regulation effects.

Key words: Dobrudja ; NDVI ; vegetation activity ; forest ; precipitations ; Danube.

1. INTRODUCTION

La végétation est un des éléments naturels très sensibles aux changements environnementaux mais qui, réciproquement via le cycle de l'eau et le bilan radiatif, peut aussi influencer ces changements. Directement influencée par les variations climatiques et les activités humaines, elle participe aux boucles de rétroaction et elle a un impact sur les autres composantes de l'environnement. Mieux connaître les particularités de l'activité végétale et les relations avec les différents facteurs qui l'influencent peut donc aider à une meilleure compréhension des différentes interrelations et, ultimement, mener à une meilleure gestion des ressources végétales. Depuis une trentaine d'années, la télédétection satellitaire constitue un outil moderne et efficace pour l'étude de ces aspects et celle-ci a permis d'ouvrir de larges perspectives pour des applications thématiques très variées (Minvielle et Souiah, 2003). Elle facilite notamment la surveillance permanente de la couverture végétale en permettant des analyses complexes de son évolution spatiale et temporelle, en relation avec les différents facteurs qui l'influencent. L'imagerie satellitaire est en particulier utile pour le suivi saisonnier et interannuel de

la qualité de la végétation, surtout lorsqu'il existe peu ou pas de mesures au sol, comme c'est le cas en Roumanie.

1.1. Objectif

Ce travail a pour objectif d'analyser les particularités de l'activité végétale de la région de la Dobroudja (Roumanie) à l'aide des images SPOT-4 Végétation et le lien avec les caractéristiques pluviométriques et hydrologiques afin d'estimer la variabilité temporelle de l'activité végétale des forêts. En particulier, il donne un aperçu de l'influence des écarts des précipitations et des débits liquides sur l'activité végétale, notamment dans les formations forestières du sud-ouest de la Dobroudja, à une échelle temporelle de 2 ans (1999 et 2000), à travers une analyse comparative. Ces résultats issus du traitement de l'imagerie de SPOT-4 complètent et actualisent certains travaux antérieurs concernant l'activité végétale en Dobroudja (Bratescu, 1928 ; Iana, 1965 ; Marin, 1971).

1.2. Contexte régional

Située au sud-est de la Roumanie, entre le Danube et la Mer Noire (figure 1), la région de la Dobroudja (15 485 km², soit 6,5 % de la superficie de la Roumanie) correspond à un relief bas de montagnes anciennes et de plateaux (altitudes inférieures à 500 m). Son climat est relativement tempéré et sec (températures moyennes annuelles de 10-11° C et précipitations moyennes de 400-500 mm/an), avec un régime pluviométrique caractérisé par des évènements pluvieux intenses. Le réseau hydrographique est peu développé et caractérisé souvent par un caractère temporaire. Par conséquent, les ressources en eau des rivières sont très réduites, la lame d'eau moyenne annuelle pour l'ensemble de la région étant de 21 mm, tandis qu'au niveau de la Roumanie celle-ci atteint 165 mm (Pisota et Zaharia, 2002).

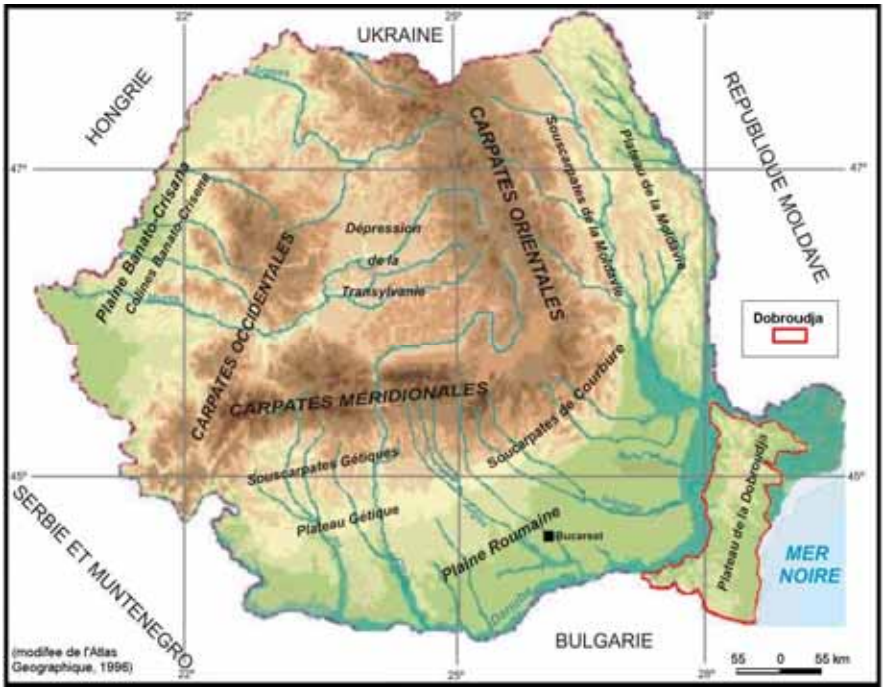


FIGURE 1:. Localisation de la Dobroudja (Roumanie). *Dobrudja geographical location (Romania).*

La couverture végétale naturelle correspond généralement aux formations de steppe et sylvo-steppe ou, par endroits, aux forêts. Celles-ci occupaient 115 000 ha en 1886, 75 400 ha en 1965 (Marin, 1971) et 62 000 ha en 2000. Soumis à d'importantes modifications anthropiques, les espaces forestiers régressent d'environ 10 % au sud de la région d'étude entre 1977 et 2000. La plaine inondable du Danube possède une végétation plus abondante, adaptée à l'excès d'humidité.

En raison de la spécificité des éléments biopédo-climatiques et de la pauvreté des ressources en eau, la FAO parle de « danger de désertification pour la région de la Dobroudja du Sud » (Mihailescu et Bucsa, 1993). Dans ces conditions, l'étude de l'activité végétale des forêts dans la région de la Dobroudja pourrait aider à améliorer la compréhension et la prévision du risque bioclimatique potentiel dans cette région.

2. DONNÉES ET DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE

Nous n'avons qu'une connaissance approximative du principe de la relation Nature-Homme induisant des changements environnementaux ; seule

l'observation systématique permet d'améliorer la compréhension de ces mécanismes.

2.1. Données

Les images satellitaires utilisées proviennent du programme VÉGÉTATION, lancé à l'initiative du Centre national d'études spatiales (CNES, 2005), dans le cadre d'un partenariat avec la Belgique, l'Italie, la Suède et la Commission Européenne. L'utilisation du satellite SPOT-4 dans le cadre de ce programme permet le suivi de la végétation, notamment de la production agricole et forestière, mais aussi la surveillance de l'environnement terrestre à l'échelle mondiale (VITO, 2005).

Notre travail repose sur les données de SPOT-4, plus précisément sur des images décadaires pour la période allant de janvier 1999 à décembre 2000, à une résolution spatiale de 1 km et dans 4 canaux radiométriques. Le programme met à la disposition des utilisateurs les données de l'indice de végétation NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), calculé d'après l'équation 1 :

NDVI = (PIR-R) / (PIR+R) = (bande3-bande2) / (bande3+bande2)…….(équation 1)

où PIR représente l'infrarouge proche (0,78-0,89 µm) et R le rouge (0,61-0,68 µm).

Le rouge et l'infrarouge proche sont particulièrement bien adaptés pour décrire l'activité photosynthétique de la végétation, tandis que l'infrarouge moyen traduit plutôt le taux d'humidité du sol et de la végétation. L'indice NDVI est un bon indicateur de la productivité primaire de la végétation terrestre. Lors de son analyse, l'interprétation des images est faite en tenant compte des hypothèses suivantes : les valeurs très basses de NDVI (< 0,1) correspondent aux secteurs non végétalisés tels que les affleurements rocheux, le sable ou la neige ; les valeurs modérées (0,2 à 0,3) représentent les zones arbustives et de prairie, alors que les valeurs élevées (0,5 à 0,8) signalent une végétation dense abondante (NASA, 2005).

La validation de la cartographie de la mosaïque paysagère à partir des données NDVI est rendue possible grâce au programme CORINE (COoRdinate INformation of the Environment) Land Cover de l'Agence européenne pour l'environnement, qui fournit des statistiques sur l'utilisation du territoire à partir des cartes topographiques et de végétation (IFEN, 2005).

Le contexte hydroclimatique des années 1999 et 2000 est, d'une part, défini par la comparaison des précipitations mensuelles de quatre stations météorologiques reparties sur le territoire de la Dobroudja (Tulcea, Harsova, Adamclisi et Constanta) par rapport aux normales établies sur la période 1965-2000. D'autre part, les débits moyens du Danube sont étudiés grâce aux données du poste hydrométrique de Harsova (période 1984-2000). Les données météo-hydrologiques proviennent de la base de données de l'Administration nationale de la météorologie (ANM) et de l'Institut national d'hydrologie et de gestion des eaux (INHGA) de Roumanie.

2.2. Discrimination des classes de densité du couvert végétal par classification non-dirigée

Étant donnée la complexité des informations contenues dans les 72 images de SPOT-4, qui sont difficiles à interpréter, et pour synthétiser la multitude des données, nous avons opté pour une classification non-dirigée, avec l'application d'un algorithme de type *K-Means* (Lacombe, 2000-2001). Cette classification facilite la discrimination des classes de densité du couvert végétal pour lesquelles il n'y a pas de descriptions ou de frontières précises. Les résultats obtenus à partir des valeurs décadaires de l'indice NDVI aboutissent à 10 classes statistiquement cohérentes, validées ensuite par l'intermédiaire de la carte d'occupation du sol du programme CORINE Land Cover-1998 (figure 2). Une bonne concordance entre les deux informations est obtenue pour les espaces forestiers (figure 3). Ces derniers correspondent aux périmètres qui ont l'indice NDVI le plus élevé (supérieur à 0,4), avec l'activité végétale la plus intense.

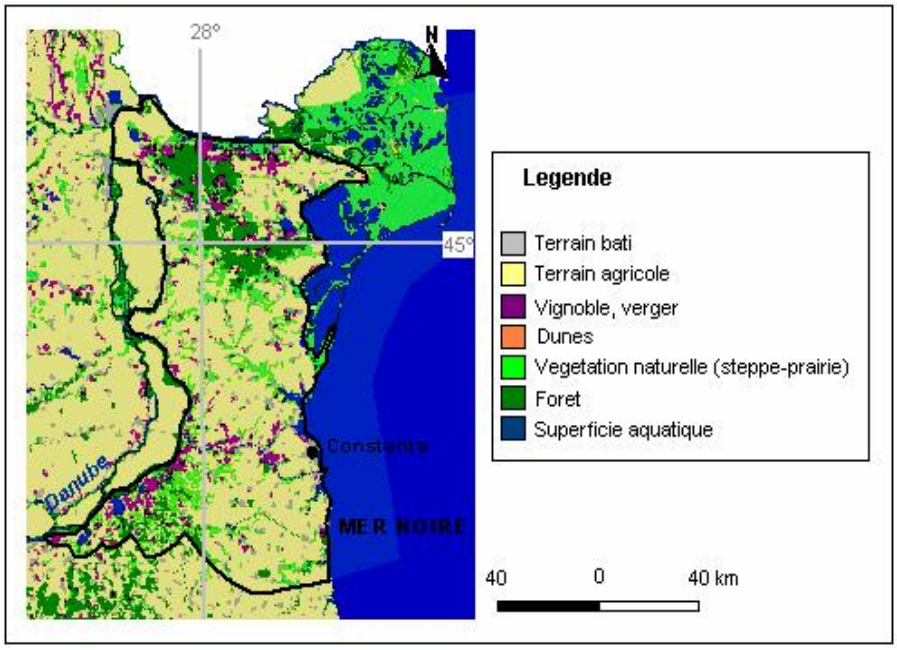


FIGURE 2 : Classes d'occupation du sol en Dobroudja, d'après le programme CORINE Land Cover (1998). *Dobrudja - Landcover classes (according to CORINE Land Cover 1998).*

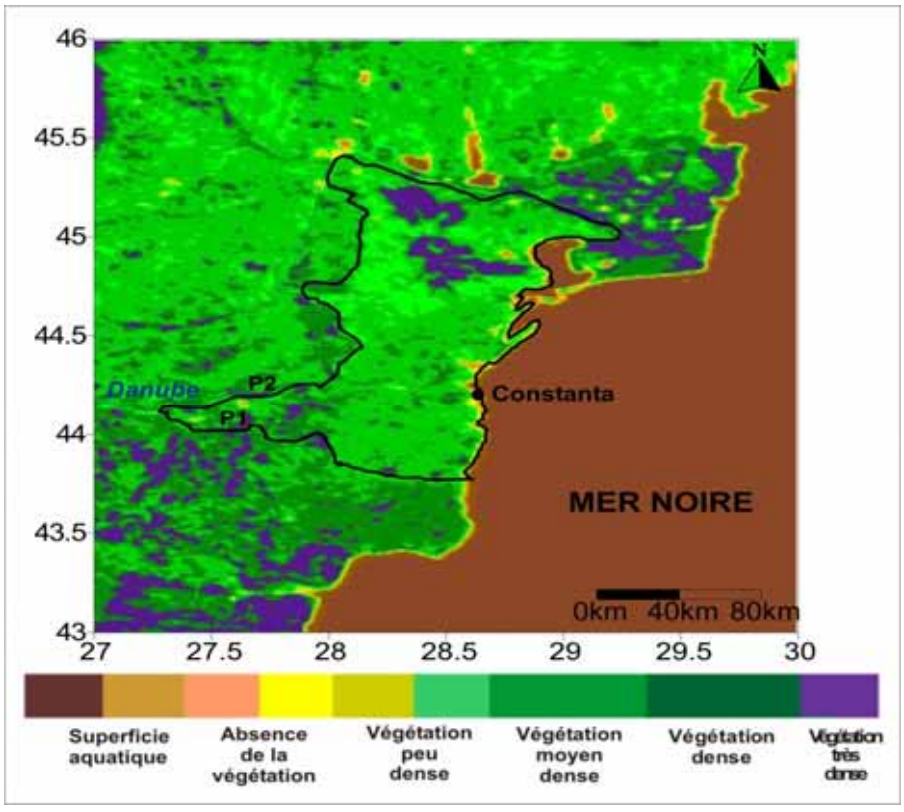


FIGURE 3 : Résultats des classifications thématiques non dirigées selon la méthode de type K-Means calculées sur le NDVI à l'échelle de la Dobroudja (1999-2000). *Results of the thematic unsupervized classifications using the K-Means algorithm calculated for the NDVI in Dobrudja (1999-2000).*

3. PLUVIOMÉTRIE ET ACTIVITÉ VÉGÉTALE

L'analyse composite des écarts à la moyenne des précipitations et des débits met en évidence les caractéristiques particulières des années 1999 et 2000 (tableaux 1 et 2 ; figure 4). Tandis que l'année 1999 est plutôt humide, l'année 2000 se caractérise par des écarts négatifs par rapport à la moyenne pluviométrique et hydrologique, observés notamment pendant le deuxième semestre de l'année. Les exemples des mois d'août et de septembre sont les plus représentatifs.

TABLEAU 1 : Températures moyennes (T en ° C) et cumuls pluviométriques (P en mm) mensuels en 1999 et 2000 pour deux stations de la Dobroudja (d'après les données fournies par l'Administration nationale de la météorologie). *Monthly average temperatures (T in ° C) and monthly rainfall totals (P in mm) for 1999 and 2000 for two stations of the Dobroudja (data provided by the National Administration of Meteorology).*

Mois	Adamclisi				Constantza			
	T 1999	T 2000	P 1999	P 2000	T 1999	T 2000	P 1999	P 2000
J	1,3	-4,1	19,1	38,3	2,2	-2,2	13,7	44,4
F	2,1	2,9	12,9	31	3,2	4,1	20,4	31,1
M	6,5	5,2	64,9	32,5	7	5,9	36,5	26,9
A	12	13,2	45,7	22,8	11,9	11,8	51,1	18,1
M	15,4	17,3	20,4	18,8	15,6	17,1	31,3	15,1
J	21,5	20,6	68,5	50,8	22,6	20,5	62,1	71,4
J	23,8	24	75,4	35,8	25,5	23,3	9,7	10,2
A	22	22,9	76	6,9	23	23,3	100,4	1,2
S	18,1	16,5	170,5	42,1	19,6	18	71,6	25,7
O	11,9	11,7	45,5	0,3	13,6	13,2	59,1	8,4
N	5,5	9,8	14,2	22,8	7,4	11,3	19,7	28,7
D	4	4,2	51,1	3	5,3	5,7	55,5	11,3

TABLEAU 2 :. Débits moyens mensuels (m3 / s) du Danube à la station hydrométrique d'Harsova en 1999 et 2000 (d'après les données fournies par l'Institut national d'hydrologie et de gestion des eaux). *Monthly average flow (m3 / s) of the Danube at the hydrometric station of Harsova in 1999 and 2000 (data provided by the National Institute of Hydrology and Water Management).*

	Mois											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1999	2 300	2 230	4 530	4 320	4 610	3 690	3 100	2 210	1 680	1 180	1 190	2 630
2000	2 910	2 910	3 300	4 740	3 790	1 660	1 110	1 260	659	1 260	1 280	1 510

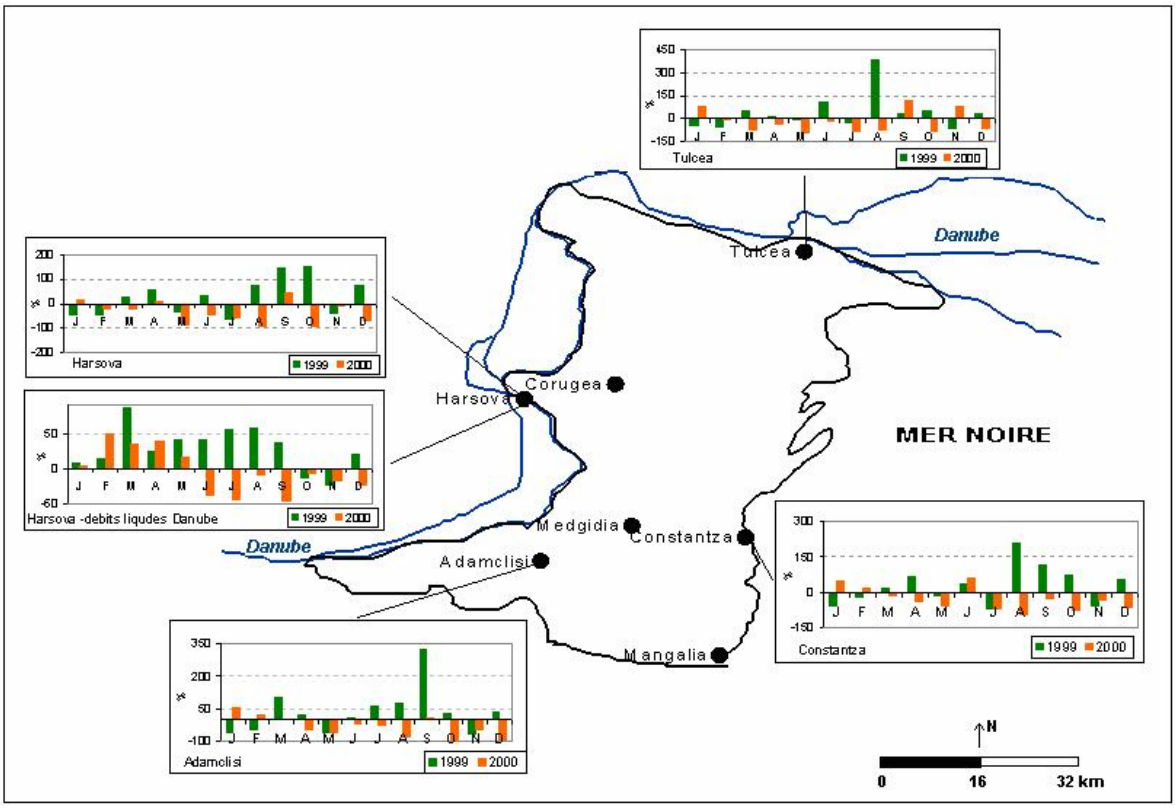


FIGURE 4 : Écarts des régimes pluviométrique (par rapport à la moyenne de 1965-2000) et hydrologique (par rapport à la moyenne de 1984-2000) en Dobroudja, pour les années 1999 et 2000. *Rainfall (in relation to the mean for the period 1965-2000) and liquid flow (in relation to the mean for the period 1984-2000) anomalies in Dobrudja for 1999 and 2000.*

3.1. Activité végétale : analyse comparative et influence de la pluviométrie

Le potentiel climatique pour le développement des formations végétales peut être étudié grâce au rapport entre le régime thermique saisonnier et son équivalent hydrique, qui permet d'exprimer le déficit d'humidité et d'évapotranspiration au cours de l'année (Patroescu, 1996). La saison végétative correspond à la période où les températures moyennes journalières dépassent 10° C ; sur une année, elle s'échelonne de la fin avril à la fin octobre, avec des différences notables d'une formation végétale à l'autre. La perte en eau du sol par les processus d'évaporation et d'évapotranspiration est plus ou moins compensée par la quantité de précipitations.

Les précipitations du semestre froid (novembre-mars) assurent l'apport hydrique nécessaire dans le sol pour le début de la saison végétale, notamment pendant les printemps secs. Si la réserve en eau n'est pas constamment alimentée, la consommation d'eau pendant la phénophase correspondant à la plus forte croissance végétale saisonnière peut dépasser la réserve hydrique pédologique ainsi que la quantité de précipitations, concourrant à l'installation d'un déficit hydrique (Patroescu, 1996). Ainsi, les précipitations reçues pendant toute l'année ont un rôle important durant la saison végétative qui s'étend d'avril à novembre.

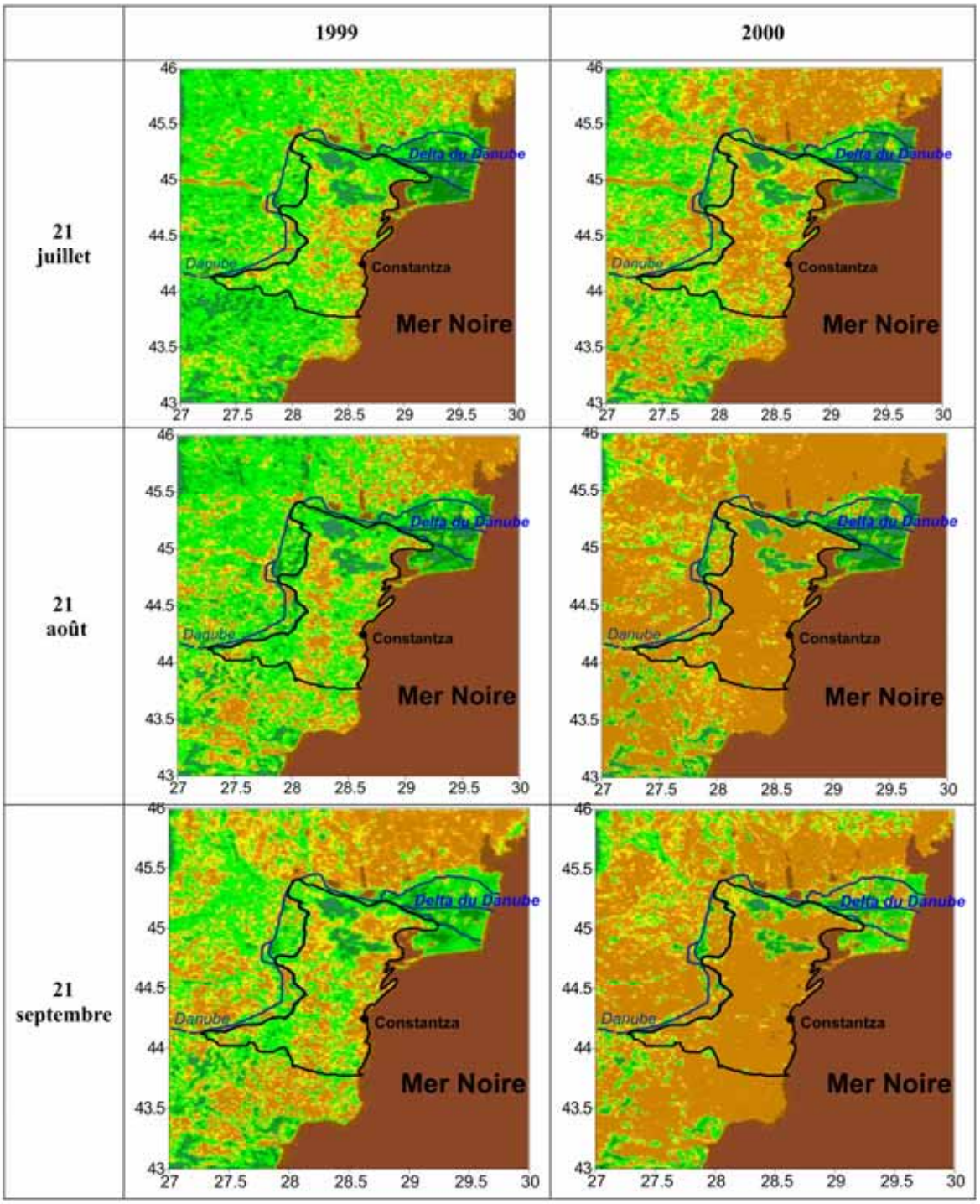


FIGURE 5 : Variations phénologiques en Dobroudja (juillet-septembre, 1999 et 2000). *Phenological variations in Dobrudja (July-September, 1999 and 2000).*

L'analyse des données NDVI à un pas de temps décadaire permet d'observer une rupture dans l'évolution phénologique entre juillet et août 2000 (figure 5). La sénescence des plantes est en effet plus avancée en 2000 par rapport à 1999. Les cultures ont déjà été récoltées à la fin du mois d'août 2000 ; en revanche, les valeurs moyennes de la période allant du 10 au 21 septembre 1999 suggèrent une activité végétale encore intense. Ces éléments mettent en évidence les particularités bioclimatiques de l'année 2000. Malgré des températures mensuelles moyennes relativement

identiques pendant les années 1999 et 2000 (tableau 1), le déficit hydrique est cependant plus accentué vers la fin du mois d'août 2000, caractéristique qui se reflète dans l'activité chlorophyllienne de la végétation. En fait les seuls périmètres « verts » en août-septembre 2000 sont les espaces forestiers, indiquant leur capacité de résilience face aux anomalies climatiques. Ainsi, la fonction hydroclimatique de la forêt peut se manifester par la diminution de la vitesse du vent, par l'évaporation ou encore par sa participation au maintien du niveau de la nappe phréatique (Ciulache, 1997).

Les écarts négatifs par rapport à la moyenne des précipitations durant toutes les phases de la saison végétative de l'année 2000 correspondent à des valeurs moins élevées de l'indice NDVI. Les premières différences importantes apparaissent en juin et elles s'accentuent en juillet. Il est ainsi tombé 6,9 mm en août 2000 à Adamclisi, par rapport aux 76 mm enregistrés en août 1999. Les cumuls de juillet sont déjà également sensiblement différents, avec 75,4 mm en 1999 contre seulement 35,8 mm en 2000. Les pluies abondantes de septembre 1999 ont suscité une activité photosynthétique intense, donc un NDVI plus élevé. En fait, la sécheresse de l'année 2000, par son intensité et ses effets, peut être considérée parmi les sécheresses les plus accentuées que la Roumanie ait connues au cours du 20e siècle (Administration nationale de la météorologie, 2005). Elle s'est notamment manifestée par la sénescence prématurée de la couverture végétale. En grande partie en raison de ces conditions climatiques défavorables, la production de céréales a baissé en 2000 par rapport à la récolte de l'année précédente avec, selon les rapports officiels, une diminution de 7 % pour la production de blé et surtout, de 50 % pour le maïs (FAO, 2005).

3.2. La réponse de la végétation forestière à la variabilité hydroclimatique

Le comportement spectral des feuilles dans les bandes infrarouges est principalement affecté par la teneur en eau des cellules, l'eau présentant des bandes d'absorption dans ce domaine. Si la teneur en eau diminue, par dessèchement par exemple, la réflectance augmente dans l'infrarouge moyen. Un végétal chlorophyllien en bonne santé, contenant donc de l'eau, a une réponse spectrale qui va chuter dans l'infrarouge moyen à cause des bandes d'absorption de l'eau. Lorsqu'un végétal est en cours de maturation et souffre de stress hydrique, sa réponse spectrale sera plus élevée (VITO, 2005). Une comparaison entre le comportement d'une forêt continentale et d'une forêt inondable pourrait fournir des informations plus détaillées à cet effet.

La réponse de la végétation forestière (essentiellement constituée de chênes) à la variabilité hydroclimatique a été analysée par le biais de l'étude comparative de l'évolution annuelle de l'indice NDVI pour deux points (P1 et P2) considérés comme représentatifs des espaces forestiers naturels continentaux et inondables de la Dobroudja du sud. Conformément aux valeurs de l'indice NDVI, les deux points choisis correspondent chacun à un pixel de 1 km^2. Les deux années étudiées (1999-2000) enregistrent une pluviométrie très différente (tableau 1).

Le pixel d'analyse P1 (44º 02'N-27º 39'E) se situe dans la forêt de Canaraua Fetii et il est représenté par une association d'espèces forestières thermophiles (*Quercus cerris*, *Quercus frainetto, Carpinus orientalis)*. Le pixel P2 (44º 12N-27º 42E) se situe sur l'îlot de Strambul Mare, entre deux bras secondaires du Danube. Les îlots du Danube ont une composition floristique dominée par des espèces de type *Populus* ; ces forêts sont habituellement inondées, les espèces étant adaptées à ces conditions hydromorphiques.

Le maximum de la saison végétative est atteint en mai-juin, en fonction des conditions environnementales, mais aussi de la composition floristique des forêts. La phase de maturité se prolonge, normalement, jusqu'en août et la sénescence se manifeste par une diminution rapide de la valeur du NDVI (figure 6). Celle-ci paraît dépendante d'autres facteurs de l'environnement, car elle diffère d'une année à l'autre. La sénescence se manifeste par la perte des feuilles qui commence après le maximum végétatif et devient plus intense à partir de septembre (caractéristique commune pour les feuillus de la Roumanie). Les différences mensuelles les plus importantes dans l'activité photosynthétique apparaissent plutôt vers la fin de la saison végétative, après le mois de juillet et jusqu'en octobre, suite au déficit hydrique souligné ci-dessus qui se manifeste par la perte de feuilles. Dans la situation particulière de l'été 2000, le maximum de la saison végétative de P2 est atteint à la fin de juillet et au début d'août. L'activité végétale de cet été est plus intense que celle de l'année précédente.

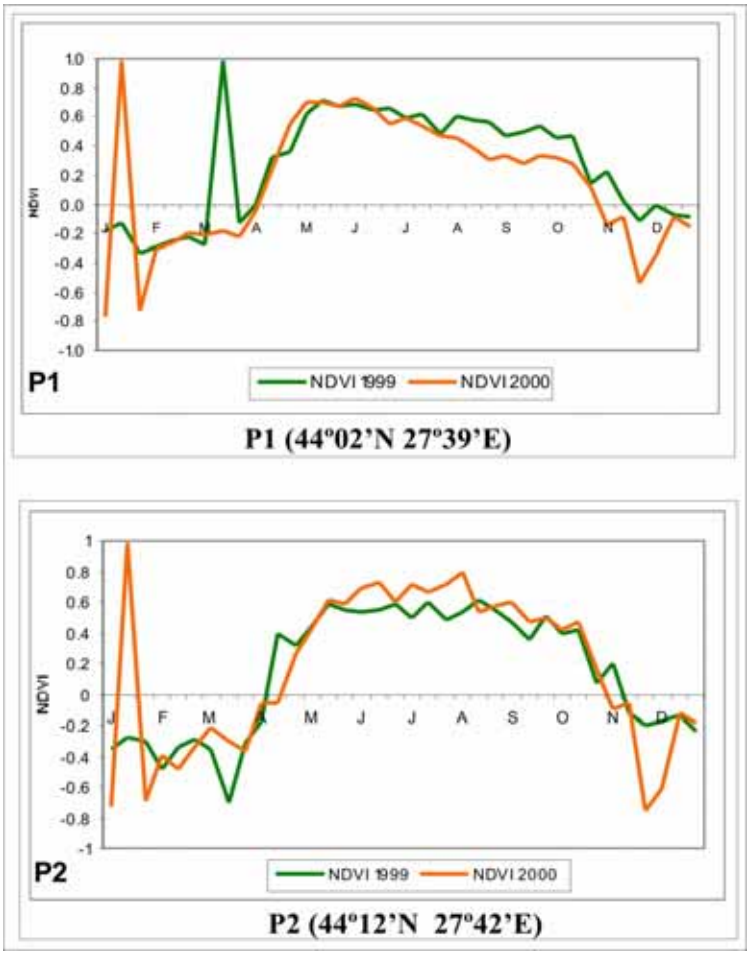


FIGURE 6 : Variabilité de l'indice NDVI pour les surfaces forestières de la Dobroudja (1999-2000)**.** *NDVI variations for the Dobrudja forested areas (1999-2000).*

L'analyse comparative de la moyenne de l'indice NDVI des saisons végétatives 1999 et 2000 (tableau 3) indique des valeurs estivales plus élevées en 1999 (en Dobroudja du sud continentale). La végétation des îlots du Danube a enregistré des indices NDVI plus élevés en 2000 qu'en 1999, suite à la diminution de la teneur en eau des feuilles, conséquence de la diminution du débit du Danube (tableau 2).

TABLEAU 3:. Valeurs moyennes de l'indice NDVI en 1999 et 2000 pour des pixels correspondant aux espaces forestiers de la Dobroudja. *Average NDVI values in 1999 and 2000 for pixels corresponding to forest areas of the Dobroudja.*

NDVI	Pixel 1	Pixel 2
Saison végétative 1999	0,51	0,44
Saison végétative 2000	0,44	0,50
Juin-août 1999	0,57	0,55
Juin-août 2000	0,47	0,67

4. CONCLUSION

Les informations fournies par la télédétection s'avèrent très utiles dans les études environnementales. En l'absence de données mesurées au sol ou quand celles-ci sont limitées, la télédétection constitue une solution adéquate et efficace permettant des analyses complexes et variées des divers aspects liés au paysage et à son évolution spatiale et temporelle. Ce travail analyse les relations entre l'activité végétale et les caractéristiques hydroclimatiques en Dobroudja, en valorisant l'imagerie SPOT4-Végétation. Il présente d'abord une typologie de la végétation de la Dobroudja en fonction de l'indice de végétation NDVI, en insistant sur l'identification des espaces boisés dans le sud de la région d'étude. Il analyse ensuite régionalement les variations faibles de l'indice NDVI dans le contexte de la variabilité hydroclimatique. L'article met aussi en évidence une des principales caractéristiques des espaces forestiers par rapport à la végétation de cultures. En effet, à une échelle temporelle réduite (les années 1999 et 2000 pour l'exemple retenu), les forêts présentent une relative résistance face aux aléas

hydroclimatiques, notamment le déficit pluviométrique.

En perspective, nous nous proposons de poursuivre cette étude en appliquant une méthodologie proche mais avec une meilleure résolution spatiale, en utilisant par exemple l'imagerie HRV de SPOT ou Landsat.

Remerciements

Les auteurs remercient l'Administration nationale de la météorologie (Roumanie) pour les données fournies et notamment, le Laboratoire de télédétection et de SIG pour le support méthodologique.

Références

Administration nationale de la météorologie (2005) Site Internet : http://www.inmh.ro.

Bratescu C. (1928) Pamântul Dobrogei, Dobrogea, Bucureşti.

Centre national d'études spatiales (2005) Site Internet : http://spot4.cnes.fr et http://smsc.cnes.fr/VEGETATION/Fr/.

Ciulache, S. (1997) Topoclimatologie si Microclimatologie. Editura Universitatii din Bucuresti, 360 p.

FAO (2005) Site Internet : http://www.fao.org/es/french/index_fr.htm.

Iana, S. (1965) Aspecte fitogeografice in Dobrogea de Sud. Analele Universitatii Bucuresti, Anul XIV, n° 1, Bucuresti, p. 111-117.

IFEN (2005) Site Internet : http://www.ifen.fr/donIndic/Donnees/corine/.

Lacombe, J.-P. (2000-2001) Initiation au logiciel ENVI 3.2. Cahiers de travaux dirigés, École nationale supérieure agronomique, Toulouse, 90 p.

Marin, I. (1971) Cauze ale retragerii si degradarii padurilor din Dobrogea, cu privire speciala asupra celor din Podisul Babadag. Analele Universitatii Bucuresti, XX, Bucuresti, p. 133-137.

Mihailescu, I.F. et Bucsa, I. (1993) Quelques aspects des conditions de la sécheresse dans la Dobroudja du Sud (Roumanie). Publications de l'Association internationale de climatologie, vol. 6, p. 216-223.

Minvielle, E. et Souiah, S.A. (2003) L'analyse statistique et spatiale. Éditions du Temps, Nantes, 284 p.

NASA (2005) Site Internet : http://www.earthobservatory.nasa.gov.

Patroescu, N. M. (1996) Subcarpatii dintre Ramnicu Sarat si Buzau. Potential ecologic si exploatare biologica. Editura Carro, Bucuresti, 168 p.

Pisota, I. et Zaharia, L. (2002) Hidrologie. Ed. Universităţii Bucureşti, 445 p. VITO (2005) Site Internet : http://free.vgt.vito.be