

Apport de la télédétection et des SIG pour l'évaluation des mares temporaires dans la province de Benslimane (Maroc)

*B.RACHDI¹, H.FOUGRACH¹, M.HAKDAOUI², M.HSAIN¹, W.BADRI¹

¹ Laboratoire d'Ecologie et d'Environnement, Université Hassan II-Mohammedia-Casablanca, Faculté des Sciences Ben M'sik, BP 7955-Sidi Othmane, Casablanca, Maroc

² Laboratoire de Stratigraphie et Cartographie Géologique, Université Hassan II-Mohammedia-Casablanca, Faculté des Sciences Ben M'sik, BP 7955-Sidi Othmane, Casablanca, Maroc

*Corresponding Author: rachdi.bouchra@gmail.com

Geliş Tarihi: 25.07.2011

Résumé:

Afin d'assurer une gestion durable et à distance des mares temporaires à Benslimane, nous nous proposons d'étudier un indice normalisé de discrimination des Dayas par télédétection et systèmes d'informations géographiques qui servira aux gestionnaires pour les détecter, les cartographier et les surveiller également.

La méthodologie adoptée est basée sur la délimitation des daya par deux approches : manuelle (photo-interprétation) et automatique (binarisation par seuillage d'images d'indices) se basant sur la carte topographique 1986 et l'image satellite MSS 1973 et ETM+2001.

Selon nos résultats, l'IBR (Indice de discrimination des Dayas) est particulièrement adapté à la détection d'eau libre. Toutefois, Les autres indices testés dans notre étude, ont montré une faible capacité de détection des masses d'eau libre à la résolution spatiale des images Landsat MSS.

Mots clés : Benslimane, mares temporaires, télédétection et indice de discrimination des Dayas.

Contribution of Remote Sensing and GIS for Assessment of Temporary Pools in the Province of Benslimane (Morocco)

Abstract

To assure enduring management of temporary pools in Benslimane, we propose to study a standardized index of discrimination Dayas with teledetection and geographic information systems used by managers to detect, map and monitor this Dayas. The adopted methodology is based on the delimitation of Dayas by two approaches: manual (picture-interpretation) and automatic (binarization by thresholding pictures of indices (indices) based on the topographic map in 1986 and satellite picture MSS 1973 and ETM+2001. According to results, IBR (index of discrimination Dayas) is particularly adapted for the detection of free water. However, the other indices tested in our study indicate a allow capacity for detecting masses of free water to the spatial resolution of LandsatMSS pictures.

Keywords: Benslimane, temporary pools, remote sensing and index of discrimination Dayas

Introduction

Jusqu'à présent, notre connaissance des ressources en mares temporaires a été basée sur des connaissances fragmentaires des eaux de surface temporaires, surtout dans les régions méditerranéennes où une irrégularité des précipitations inter et intra-annuelle peuvent être observées. Les mares temporaires peuvent être oubliées dans la cartographie classique en raison de leur courte et irrégulière apparition. Toutefois, des informations sur ces ressources en eau sont particulièrement importantes pour plusieurs raisons. La convention RAMSAR

relative aux zones humides a connu plusieurs critiques pour le maintien de la biodiversité à travers les végétaux et les communautés animales qui en dépendent ainsi que leur mise en disposition de lieux de nidification de plusieurs oiseaux d'eau et d'eau potable pour les herbivores (Haas et al, 2009).

Les mares temporaires présentent des caractéristiques communes quant à leur écologie. Cependant, elles ne constituent pas un groupe homogène et elles sont très diversifiées en fonction des régions biogéographiques et climatiques. Le régime hydrologique, les sols, la roche-mère et la

physico-chimie des eaux jouent un grand rôle dans leur écologie. Dans des conditions écologiques extrêmes et instables, partagée sans cesse entre un environnement aquatique et terrestre, souvent isolée, la flore a développé, dans ces milieux, des adaptations remarquables pour survivre : variétés de tailles, de formes de croissance, de modes de reproduction et de stratégies de vie (Grillas et al, 2004). La faune a dû également s'adapter aux mêmes contraintes, de sorte que ces milieux hébergent un patrimoine génétique diversifié et de grande valeur : les espèces rares y sont nombreuses et beaucoup y montrent des modes de vie originaux. Ainsi les amphibiens constituent un groupe très important dans les mares temporaires méditerranéennes avec de nombreuses espèces rares ou localisées. Plusieurs groupes d'invertébrés comme les crustacés phyllopoètes ou des insectes sont caractéristiques des mares temporaires et particulièrement bien adaptés à l'alternance des phases sèches et inondées (Grillas et al, 2004)

Les zones humides temporaires ont également des valeurs culturelles et socio-économiques importantes car elles fournissent de l'eau douce, les zones de pâturage et d'autres services d'écosystème pour les communautés pastorales (Hein, 2006). Les mares sont aussi un système naturel d'épuration qui dénitriifie l'eau (Saber, 2006).

La province de Benslimane jouit d'énormes potentialités en termes de marais temporaires localement appelées des Dayas. Elles sont le siège d'une richesse et diversité floristique avec un taux d'endémisme considérable. Un grand nombre de taxons est considéré rare ou menacé (Rhazi et al, 2007). La grande richesse temporaire est souvent expliquée par la caractéristique fonctionnelle des mares temporaires, notamment l'alternance de phases inondées et sèches qui permettent la coexistence d'un cortège hétérogène d'espèces (aquatiques, amphibiens et terrestres) (Grillas et al, 2004).

Ces zones d'importances écologiques sont soumises à de fortes pressions par la population locale d'un côté et d'un autre côté par la population des deux métropoles du royaume Casablanca et Rabat qui prennent

de ces sites un refuge touristique et un lieu de loisir.

La situation actuelle des dayas à Benslimane est alarmante, un plan d'action de conservation et de gestion s'impose. En effet, nous proposons dans cet article d'étudier un indice qui nous permet de révéler les dayas dans la province de Benslimane en utilisant l'imagerie satellitaire et de fournir une carte numérique mettant en évidence les coordonnées géographiques et le nombre de dayas détectées. Cette carte servira de base pour assurer une bonne gestion à distance de cet écosystème.

Zone d'étude

L'étude a été menée dans la province de Benslimane au Nord Ouest du Maroc (Fig. 1). Elle s'étend sur une superficie de 255 000 ha. Elle est limitée à l'Est par l'Oued Cherrat; les terrains agricoles de la commune rurale de Fedalate à l'Ouest; la commune rurale de Ziaïda au Sud et la commune rurale de Bouznika au Nord. Les altitudes extrêmes varient de 175 m au Nord-Ouest à 390 m environ au Sud-Est.

La population de la province de Benslimane s'élève à 212 644 individus dont 84 251 se trouve en milieu urbain et 128 393 en milieu rural soit respectivement 39,62 % et 60,38 % de l'effectif total (Annuaire statistique du Maroc, 2008).

La région de Benslimane est caractérisée par un climat méditerranéen de type semi-aride supérieur avec une tendance au subhumide, surtout vers la côte. La proximité de l'océan atlantique la fait bénéficier d'un adoucissement du climat et une humidité atmosphérique appréciable. Le quotient pluviométrique Q_2 est de 63,93. La moyenne des précipitations annuelles est 488,5 mm. La moyenne des températures minimales est de 12,9°C, la moyenne des températures maximales est de 23,7°C (1984-2009) (Direction Nationale de la météorologie et Direction Régionale des Eaux et Forêts Centre. Le diagramme ombrothermique (Fig. 2) révèle la présence d'une période sèche de l'ordre de six mois. Pendant les années à faible pluviosité, la période sèche à Benslimane peut durer jusqu'à 7 mois, le mois le plus chaud est Août.

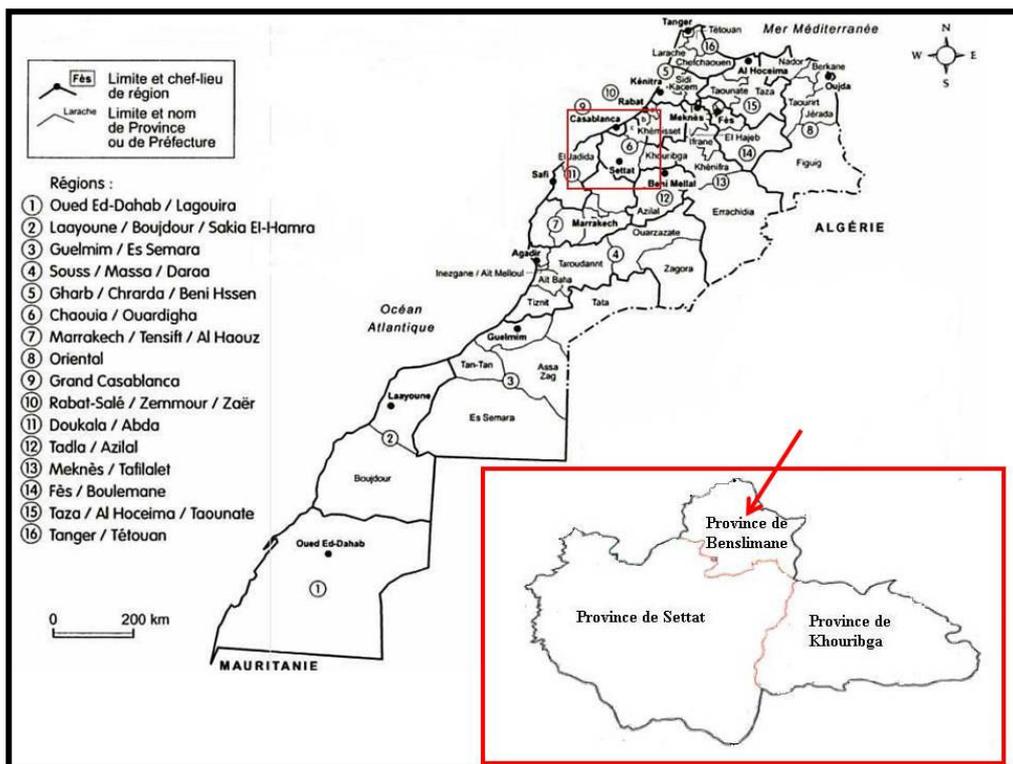


Fig. 1. Situation géographique de la province de Benslimane (Direction de la statistique Rabat, 1997 modifiée)

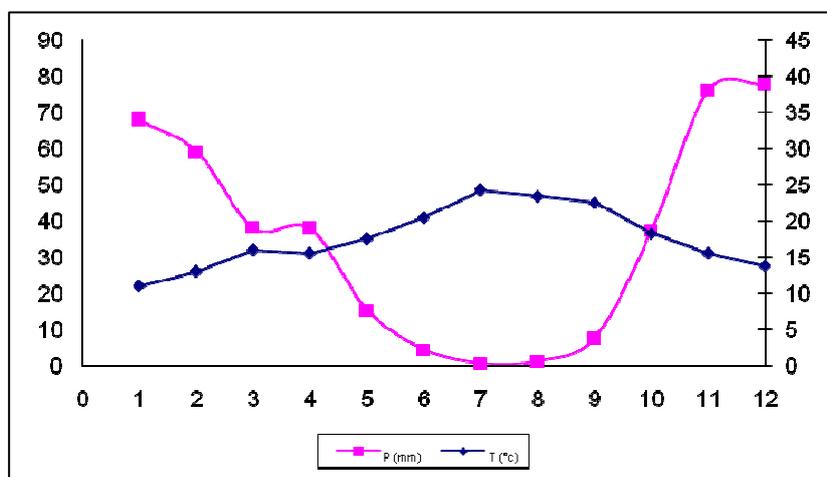


Fig. 2. Diagramme Ombrothermique de Benslimane 1984-2009 (DMN & DREF-Centre)

La flore totale des dayas de Benslimane est estimée à 300 espèces (Rhazi, 2001), appartenant à 52 familles.

Méthodologie

La méthodologie adoptée est basée sur la délimitation des dayas par deux approches :

manuelle (interprétation de la carte topographique 1986) et automatique (binarisation par seuillage radiométrique). Les images satellites utilisées ont été acquises durant le pic de la saison pluviale pour mieux détecter les masses d'eau libre (Table 1).

Table 1. Caractéristiques des images acquises (www. glcf. umd. edu/ data/ landsat/)

Capteur	Date	Résolution	Bandes spectrales
MSS	08/03/1973	80 m	B, V, R, PIR
ETM+	20/01/2001	30m	B, V, R, PIR, MIR

B : Bleu. V : Vert. R : Rouge. PIR : Proche Infrarouge. MIR: Moyen Infrarouge.

Afin d'évaluer la capacité des différents indices spectraux à détecter les dayas, les correctement cartographier et les dénombrer par la suite, des images ETM + et MSS ont été converties en réflectances de surface en utilisant la méthode de corrections atmosphériques et radiométriques.

Les corrections atmosphériques et radiométriques sont nécessaires puisqu'elles

aident à éliminer les effets liés aux angles d'incidence solaire et les effets atmosphériques lesquels changent les propriétés spectrales spécifiques des catégories d'occupation des sols sur l'image (Pham et al. 2007). En effet, avec six bandes spectrales, le capteur d'ETM + nous a permis de comparer les indices d'eau principalement décrits dans la littérature (Table 2).

Table 2. Caractéristiques des images acquises (Soti et al. 2009)

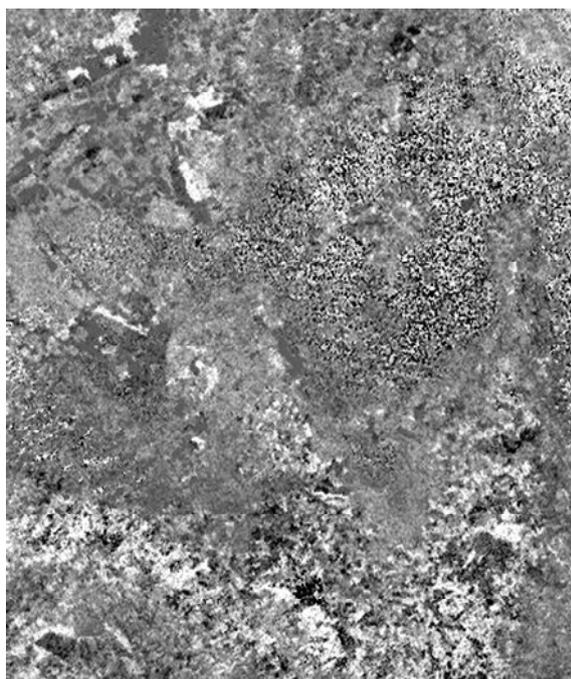
Indice	Ratio band	Référence
NDVI =Indice normalisée de différenciation de végétation	$(PIR - R) / (PIR + R)$	(Tucker, 1979) et (Townshend et de, 1986)
NDWI1= Indice normalisée de différenciation de l'eau	$(PIR - MIR) / (PIR + MIR)$	(Gao, 1996) et (Hardisky et al, 1983)
NDWI2= Indice normalisée de différenciation de l'eau	$(V - PIR) / (V + PIR)$	McFeeters (1996)
MNDWI = Indice modifiée normalisée de différenciation de l'eau	$(V - MIR) / (V + MIR)$	Xu (2006)
NDPI =Indice normalisé d'humidité	$(MIR - V) / (MIR + V)$	(Clandillon et al, 1995) et (Lacaux et al, 2007)

Résultats

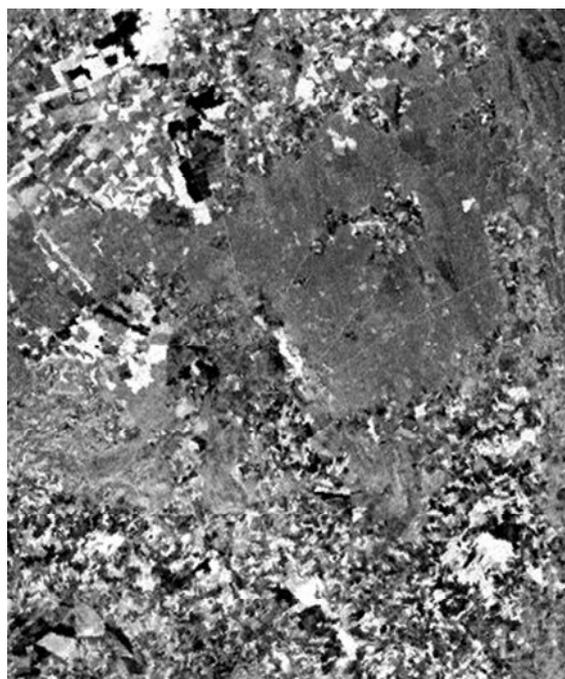
Seuls NDVI et MNDWI2 qui ont été testés sur MSS 1973 puisqu'elle ne possède que deux bandes du visible et deux bandes proches infrarouges (Fig.5). Tandis que sur ETM+2001 tous les indices ont été testés. Un nouvel indice amélioré et normalisé IBR (Indice de Discrimination des Dayas) a été développé durant cette étude pour mieux discriminer l'eau libre des mares temporaires de celle de la station

d'épuration des eaux polluées de Benslimane et de celle retenue par la végétation (Fig.6).

IBR: $(T3 - R5) / (T3 + R5)$ est le ratio normalisé du tasseled cap canal 3 (Rouge du visible) et la réflectance canal 5 (Moyen infrarouge). Le tasseled cap est une transformation qui réduit les six bandes de réflectance TM image d'une date unique à trois indices : la luminosité, la verdure et l'humidité (B, V et W) (Suming et al. 2004).

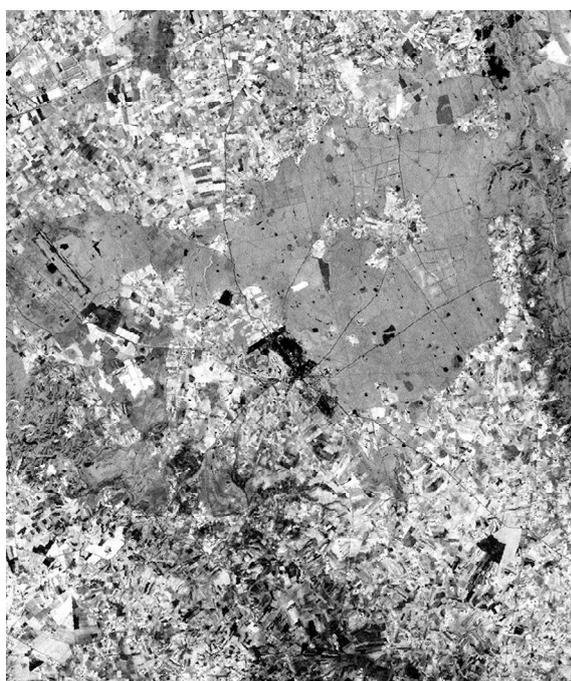


NDVI-1973

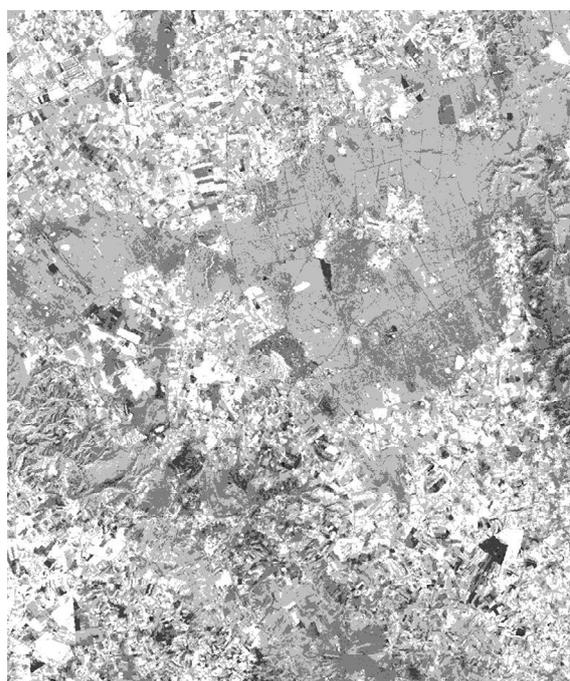


NDWI2-1973

Fig 3 : Mise en évidence des dayas en intégrant le NDVI et le NDWI2 dans la classification dirigée des thèmes d'occupation des sols dans la province de Benslimane en 1973

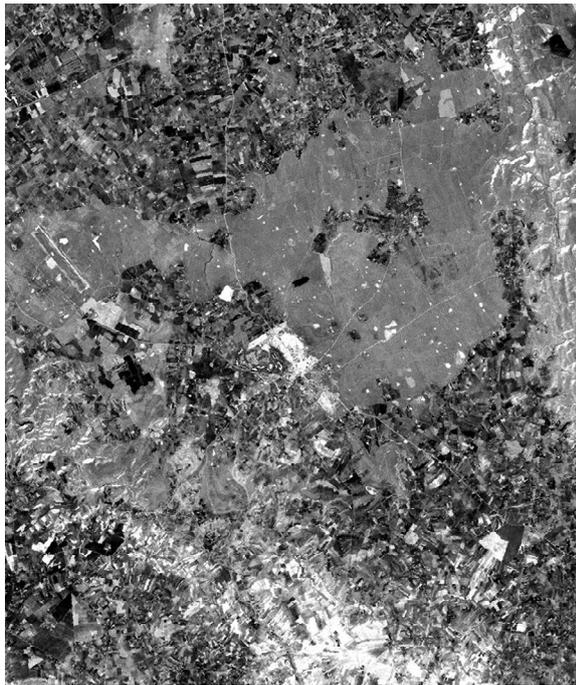


NDVI-2001

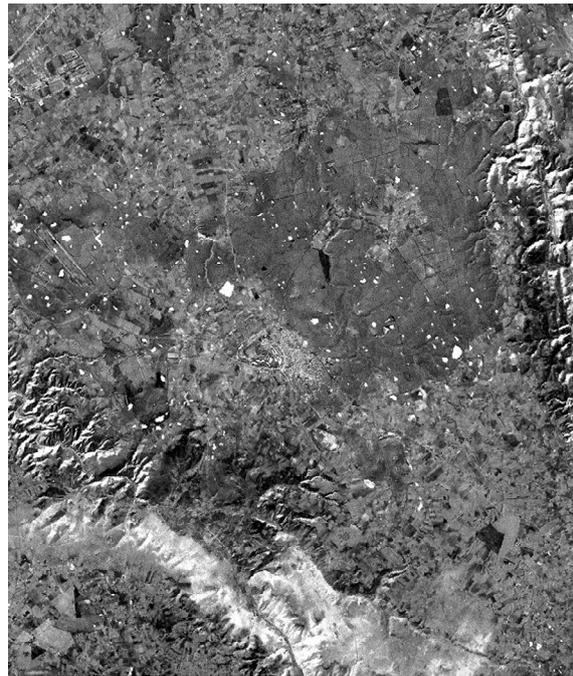


NDWI1-2001

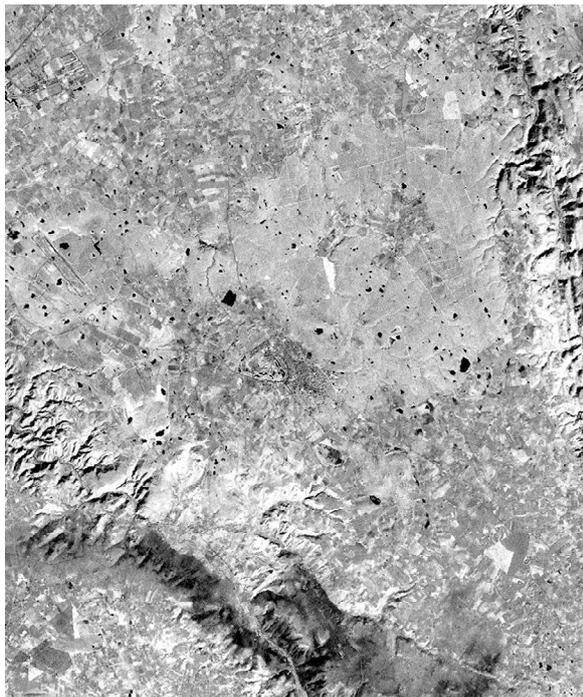
Fig 4 : Mise en évidence des dayas en intégrant les indices de révélation de l'eau libre décrits dans la littérature en niveau de gris dans la province de Benslimane en 2001



NDWI2-2001



MNDWI-2001



NDPI-2001

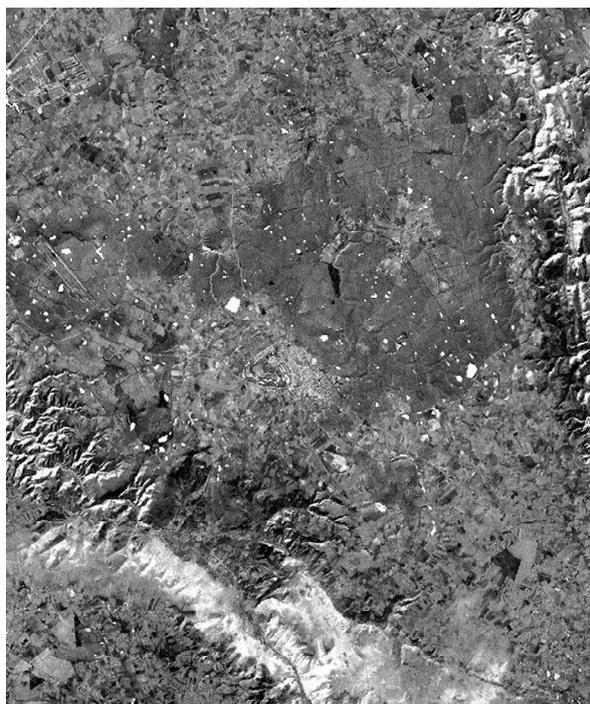
Fig 4 : Mise en évidence des dayas en intégrant les indices de révélation de l'eau libre décrits dans la littérature en niveau de gris dans la province de Benslimane en 2001

En se basant sur la signature spectrale de l'eau et en intégrant conjointement les indices de révélation de l'eau libre préalablement mentionnés, une classification dirigée des thèmes d'occupation des sols en 1973 et en 2001, nous a permis de définir le ou les indices les mieux adaptés pour répondre à notre objectif. En effet, le NDVI seul resterait selon nous insuffisant et montre un faible niveau de détection de l'eau libre, il dérouté souvent sols nus avec de l'eau libre du fait que la plupart des bassins d'eau soit trouble conduit à une mauvaise interprétation des masses d'eau turbides des sols nus. A cela s'ajoute la mauvaise résolution spatiale et spectrale de la scène MSS1973.

Le NDWI2 serait insuffisant pour discriminer entre les différents types de couvertures des sols puisqu'il renvoi des valeurs d'indices presque similaires.

Le NDWI1 permettrait une bonne distinction des sols nus et de couvrir d'autres types de sols, mais ne permet pas une distinction des masses d'eau libres des zones de végétations et de l'eau qui s'y infiltre.

Le MNDWI et le NDPI sont des indices qui discriminent le mieux les masses d'eau libres en surface. Mais nous nous trouvons devant une confusion entre l'eau des dayas de celle de la station d'épuration des eaux polluées STEP de Benslimane et de celle de l'Oued Cherrat et Oued Nfifikh. C'est ainsi que nous avons opté pour la normalisation d'un nouvel indice IBR qui reste selon nous le meilleur indice de discrimination de l'eau contenue dans les dayas de toutes autres classes d'occupation des sols dans la province de Benslimane (Fig.5)



IBR 2001

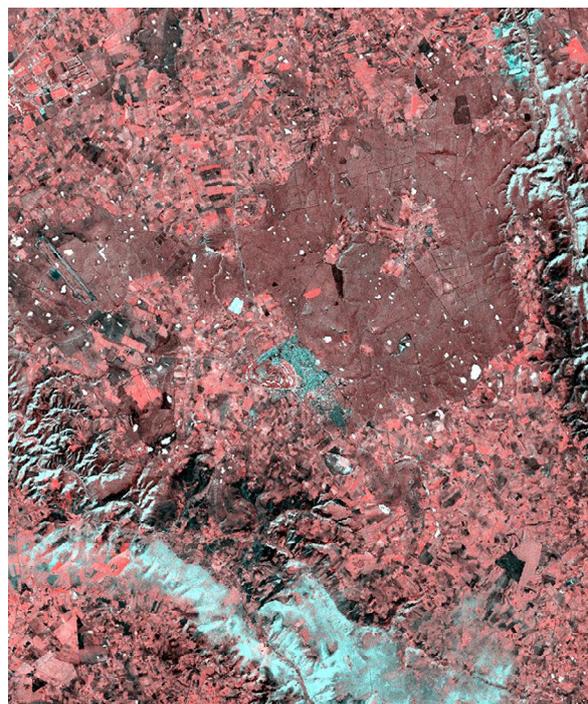


Fig 5 : Mise en évidence des dayas en intégrant l'IBR, en niveau de gris et en palette couleur

Les dayas ont été l'objet d'un seuillage radiométrique suivi d'une binarisation (Fig. 6). Afin de nous assurer de la qualité des résultats,

nous avons procédé à la superposition des figures 5 et 6. Le résultat est comme suit (Fig.7)

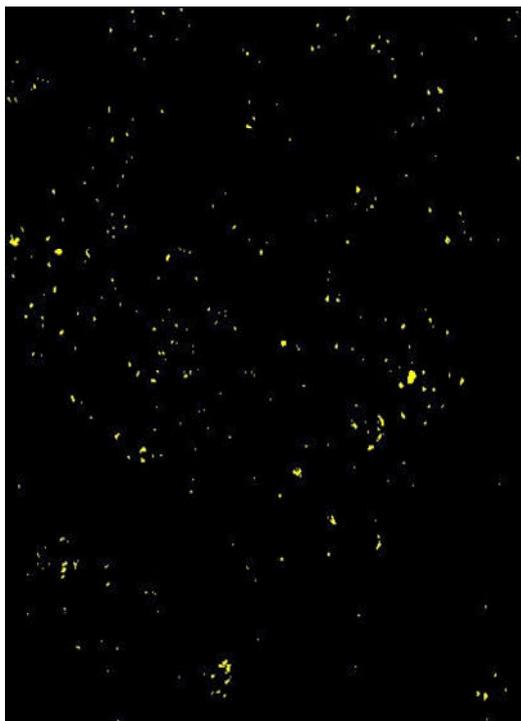


Fig. 6: Mise en évidence des dayas en codage binaire 2001

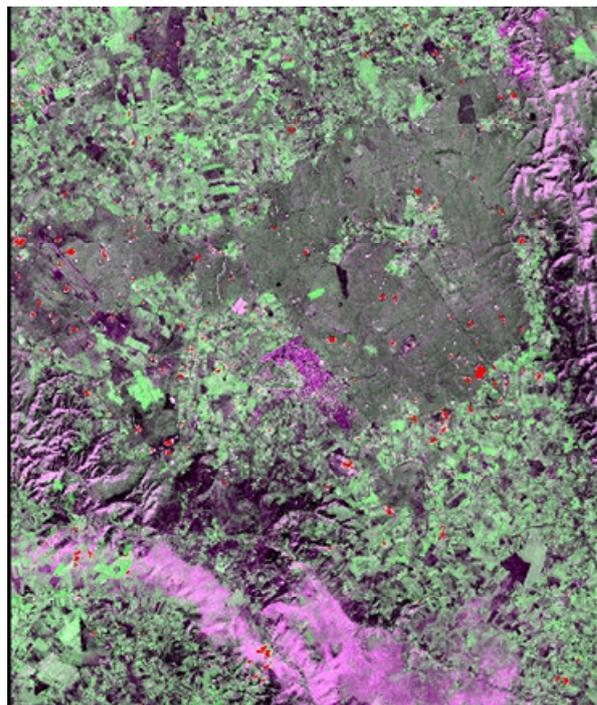


Fig. 7: Superposition des dayas (en rouge) sur l'image en palette couleur de la province de Benslimane 2001

La localisation des dayas resterait plus facile du moment que l'image est géoréférencée, pour le calcul du nombre des dayas dans la province de Benslimane nous avons introduit ces données dans un système

d'information géographique et obtenu le résultat suivant (Fig. 8).

Nous avons développé une petite application pour compter automatiquement les dayas sur la carte binaire.

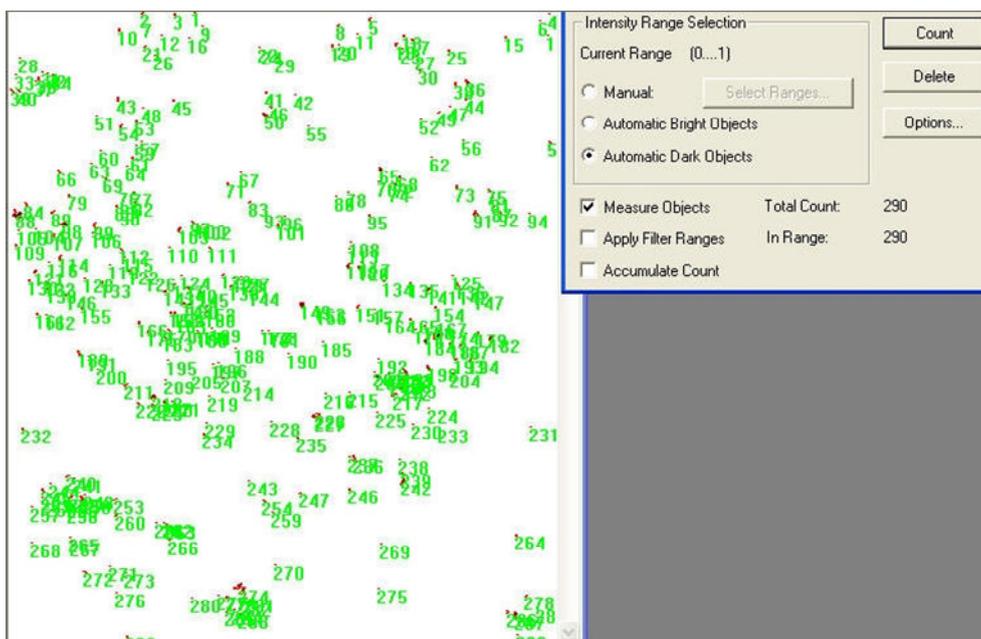


Fig. 8: Mise en évidence du nombre des dayas dans la province de Benslimane 2001

Discussion

Les résultats présentés ci-dessus se rapportent à un domaine particulier où les vérifications sur terrain ont été faites et validées (par échantillonnage aléatoire, on prenant sur terrain les coordonnées par GPS de certaines dayas et les reportant et vérifiant sur la carte).

Cela garantit la comparaison entre plusieurs indices et leurs performances qui ont été testés. Ainsi, le présent article apporte de nouvelles informations et méthodes justifiant de ce fait le choix de la télédétection pour la détection et le suivi des mares temporaires dans la province de Benslimane.

L'étude sur les indices spectraux a montré en utilisant la bande MIR (Moyen Infrarouge) que les indices MNDWI (Xu, 2006) et IBR seraient les indices les plus efficaces pour détecter les masses d'eau libres. Selon nos résultats, l'IBR est particulièrement adapté à la détection d'eau libre. Toutefois, Les autres indices testés dans notre étude, ont montré une faible capacité de détection des masses d'eau libre à la résolution spatiale des images Landsat MSS.

Jusqu'à présent, parmi les indices de discrimination de l'eau testés (MNDWI, NDWI₁, NDWI₂, NDVI et IBR) à partir d'une image Landsat ETM+, le MNDWI et l'IBR, tous les deux utilisent la bande MIR, sont jugées plus efficaces pour détecter les masses d'eau libre dans notre zone d'étude. Cependant, notre étude sur les effets de la résolution sur la détection des mares temporaires a montré que la résolution pourrait améliorer des indices moins efficaces, comme le NDVI ou le NDWI₂ dans le cas de l'image Landsat MSS, de ce fait, nous recommandons les utilisateurs de choisir le capteur optique le plus apte à la taille des dayas qui ont besoin d'être localisées.

Les résultats de cette analyse mettent en évidence la forte influence de la résolution spatiale des caractéristiques des thèmes détectés. En outre, les résultats obtenus ont mené à une recommandation en termes de choix de capteur. MSS avec uniquement quatre bandes et une résolution spatiale de 80m limite cette méthode de télédétection.

Dans le présent travail nous avons cherché la méthode la plus convenable pour détecter, cartographier et assurer une bonne gestion à distance des mares temporaires dans la province de Benslimane. L'utilisation des données de la télédétection est une valeur ajoutée pour la cartographie des Dayas.

Les résultats concernant la localisation et la surveillance des mares temporaires devraient se révéler très importants pour un large éventail d'application : dans la gestion des pâturages, pour l'évaluation des ressources en eau et la contribution à la préservation et la conservation des écosystèmes menacés.

Références bibliographiques

- Xu H.Q., 2006. Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *Int. J. Rem. Sens.*, 27 : 3025–3033.
- Soti V., 2009. Assessing optical earth observation systems for mapping and monitoring temporary ponds in arid areas. *International Journal of applied Earth Observation and Geoinformation.*, Volume 11 : 344-351.
- Rhazi L., 2001. *Etude de la végétation des mares temporaires et l'impact des activités humaines sur la richesse et la conservation des espèces rares du Maroc*. Thèse d'état Es Sciences Univ, Hassan II, Casablanca.191 p.
- Saber E., 2006. *Approche de la dynamique spatio-temporelle des géosystèmes forêt et mares temporaires de la province de Benslimane (Maroc occidental)*. Thèse univ, Province, Aix Marseille I. 187 p.
- Grillas P., Gauthier P., Yavercovski N. et Perennou C., 2004. LesMares Temporaires Méditerranéennes: Enjeux de Conservation, Fonctionnement et Gestion. *Volume 1* Edition Station Biologique de la Tour du Valat. Arles.
- Pham T., Bonn F. et Dubois J-M., 2007. Démarche méthodologique pour la détection des changements d'un milieu morcelé en utilisant des images à moyenne résolution spatiale : Application à une région littorale au Viêt-Nam. *Revue Télédétection.*, vol. 7, n° 1-2-3-4 : 303-323.
- Haas E.M., E., Bartholomé B., Combal., 2009. Time series analysis of optical remote sensing data for the mapping of temporary surface water bodies in sub-Saharan western Africa. *Journal of Hydrology*, Volume 370, Issues 1-4 : 52-63.

Hein L., 2006. The impacts of grazing and rainfall variability on the dynamics of a Sahelian rangeland. *Journal of Arid Environments*, Volume 64, Issue 3 : 488-504.

Rhazi L., Grillas P., Rhazi M. & El Khyari D., 2007. La dynamique inter-annuelle et la richesse de la végétation d'un milieu imprévisible : cas d'une mare temporaire du Maroc occidental. In : Paracuellos M. (ed.), *Ambientes. Mediterraneos. Funcionamiento, biodiversidad y conservación de los ambientes mediterráneos*. Colección Medio Ambiente, Instituto de Estudios Almerienses Diputa de Almeria, 2 : 159-171.