



## SOMMAIRE

**Vers une infrastructure méditerranéenne de l'information**  
M. SAOUD

**Application of remote sensing and geographic information systems to ground water exploration in arid and semi-arid lands**  
F. EL-BAZ

**Intégration de la télédétection et de la géophysique pour le suivi des rides anticlinales moyen-atlasiques et des phénomènes diapiriques associés**  
M. SAADI

**Cartographie par télédétection des états de surface des formations steppiques subdésertiques (région de Ouarzazate-Maroc)**  
T. BENNOUNA, J.-P. LACOMBE et M.-J. LEFEVRE

**Apport de la télédétection pour la reconnaissance du milieu oasien : étude de la palmeraie de Ktaoua (Maroc)**  
J.-P. LACOMBE, T. BENNOUNA et M.-J. LEFEVRE

**Saisons et espaces : le climatologique et le détectioennel**  
S. KERMADI et J.-P. VIGNEAU

**On using satellite altimetry to describe currents variability in Northwest Africa**  
R. ABDELLAOUI

**La dynamique spatiale de l'upwelling côtier Sénégal-Mauritanien de 1984 à 1994 à l'aide de la télédétection**  
H. DEMARCO, P. CURY et C. ROY

**North Atlantic Oscillation**  
P.-J. LAMB, M. EL HAMLly and D. H. PORTIS

**Contribution des données satellitales à la compréhension de la relation océan-climat : cas de l'upwelling côtier du Maroc**  
ATILLAH



## Vers une infrastructure méditerranéenne de l'information

**M. SAOUD**  
Centre Royal de Télédétection Spatiale, Rabat, Maroc.

### RÉSUMÉ

Les utilisations de l'espace extra-atmosphérique (télécommunications, télédétection, météorologie, navigation...) représentent une composante déterminante pour les pays en développement dans la construction de la société de l'information. A cet égard, la région euro-méditerranéenne constitue pour les pays du Sud de la Méditerranée un cadre propice de coopération, d'échanges et de développement pour bâtir une infrastructure de l'information.

### ABSTRACT

The uses of outer space (telecommunications, remote sensing, meteorology, navigation...) represent for developing countries an important issue within the information society. The Euro-Mediterranean region could be considered for the Mediterranean Southern countries as an adapted frame for cooperation, know-how transfer and development, in view of building the information infrastructure.



## **Applications of remote sensing and géographie information Systems to ground water exploration in arid and semi-arid lands**

**F. EL-BAZ**

Center for Remote Sensing, Boston university, Boston, MA 02215-U.S.A.

### **RÉSUMÉ**

La découverte de nouvelles nappes phréatiques est essentielle au développement économique soutenu des régions arides et semi-arides. Bien que de nombreux puits fournissent d'importantes quantités d'eau dans ces régions, ils utilisent des méthodes conventionnelles de recherche d'aquifères dans les couches horizontales de roches sédimentaires et poreuses telles que les grès et calcaires. Le concept des « aquifères des zones fracturées » formés par porosité secondaire dans tout type de roche comme les granités ou la roche volcanique, permet de trouver des sources supplémentaires de réserves d'eau souterraine. Les images satellite et leur interprétation géomorphologique sont très utiles à l'élaboration de cartes des zones de fractures, ainsi que leur relation avec les bassins versants. L'utilisation des systèmes d'information géographiques (SIG), rend possible la corrélation de ces données avec les résultats topographiques, la pluviométrie, et d'autres caractéristiques appropriées. Une telle approche assure le succès de la prospection de réserves d'eau, comme c'est le cas dans le Désert du Sináï d'Egypte. La gestion des ressources d'eau souterraines doit cependant être effective et sobre. La majeure partie des ressources aquifères situées dans les déserts et les régions semi-arides ont été accumulées durant des périodes de climats plus humides dans le passé géologique. La recharge par les pluies occasionnelles ne suffit pas à les renflouer

### **ABSTRACT**

The search for new ground water resources is essential to sustained economic development in arid and semi-arid lands. Although numerous wells pump great amounts of water in these dry lands, most are based on conventional methods of seeking aquifers in horizontal layers of porous sedimentary rocks, such as sandstones and limestones. Utilization of the concept of «fracture zone aquifers,» which are formed by secondary porosity in any type of rock, including granites and volcanic rocks, provides additional potential sources of ground water. Satellite images, and their geomorphologic interpretations, are very useful in mapping of fracture zones and establishing their relationships to drainage patterns. Use of geographic information Systems (GIS) allows the correlation of these data with information on topography, rainfall and other relevant characteristics. Such an approach assures the success of ground water exploration, as in the case of the Sinai Desert of Egypt. The ground water, however, should be managed properly and used sparingly.

Most of the water beneath arid lands accumulated during episodes of wetter climates in the past, and recharge from the occasional rainfall does not replenish the aquifers.



## Intégration de la télédétection et de la géophysique pour le suivi des rides anticlinales moyen-atlasiques et des phénomènes diapiriques associés

**M. SAAIDI**

Direction de la Géologie, Ministère de l'Energie et des Mines, Rabat, Maroc.

### RÉSUMÉ

Dans cette étude, une approche méthodologique d'interprétation géologique basée sur l'intégration de données multidisciplinaires et notamment les données géophysiques et satellitaires a été utilisée.

L'application de cette méthodologie pour le suivi des rides anticlinales moyen-atlasiques et des accidents tectoniques a montré une complémentarité sur le plan de l'approche globale entre la télédétection à moyenne résolution avec sa vision synoptique, et la gravimétrie avec son pouvoir d'investigation sous couverture sédimentaire épaisse.

Sur le plan hypogéologique de détail, la corrélation des coupes sismiques avec les informations gravimétriques rehaussées par les traitements de dérivation a permis, par interpolation, une identification tridimensionnelle des structures géologiques.

Les axes des rides affleurantes au Moyen Atlas plissé, alignés selon la direction atlasique SW-NE et localisés sur image satellite, se raccordent globalement avec ceux des rides ennoyées sous le bassin de Guercif et qui sont identifiés par la gravimétrie. Toutefois, on note la présence d'importantes mégastructures linéamentaires de direction NW-SE à WNW-ESE, coïncidant parfois avec des discontinuités gravimétriques, qui décrochent les axes de ces rides. La localisation des structures diapiriques à une échelle plus détaillée, aidée par la corrélation gravimétrie-sismique a contribué à mettre en évidence la nature de ces mégastructures.

### ABSTRACT

In this investigation, we have used a methodological approach for geological interpretation based on multi-disciplinary data integration, especially geophysical and satellite data.

This method, which was applied to delineate the «Moyen Atlas» mountain anticlines folds and transverse faults, shows in the global view, a complementarity between middle scale remote sensing and gravity techniques that allowing structures investigation hidden by a thick sedimentary cover.

For buried and detailed structures delineation, the correlation of seismic cross-section with gravity information enhanced by derivative data field processing, allowed a tri-dimensional geological structures identification.

The anticline axes of Moyen Atlas folds, trending SW-NE and located on satellite imagery are globally well connected to those that are buried in the Guercif basin and located by mean of the gravity method. However, it should be noted that these axes are cut by some important transverse megastructures SW-NE to WNW-ESE trending, coinciding, for some of them, with gravity discontinuities. At high scale, the detection of diapiric structures using gravity-seismic profiles correlation showed up the nature of these megastructures.



## **Cartographie par télédétection des états de surface des formations steppiques subdésertiques (région de Ouarzazate - Maroc)**

**T. BENNOUNA**

Faculté des Sciences et Techniques de Tanger, Maroc.

**J.-P. LACOMBE**

Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Toulouse, France

**M.-J. LEFEVRE**

Centre National d'Etudes Spatiales, Toulouse, France.

### **RÉSUMÉ**

Dans le cadre du projet GEOSTAT-MAROC qui propose une méthode d'inventaires statistiques des zones pastorales au Maroc, nous avons mené une étude de faisabilité sur les potentialités de SPOT à cartographier les parcours en milieu désertique. Une méthodologie d'identification et de caractérisation des zones pastorales a été élaborée sur la zone désertique de "KTAOUA" ; elle a été par la suite validée sur une région subdésertique, site de "TAZNAKHT".

Désormais, l'analyse des données satellitaires est reconnue comme un outil performant permettant d'observer et de mesurer, à des échelles variables et de manière continue, notre environnement. La méthode de cartographie que nous proposons s'appuie sur la réalité biophysique du milieu (données de terrain). Ces données sont corrélées avec l'information satellitaire dans un modèle simple, robuste et facilement généralisable.

Une base de données est en cours de réalisation. Elle doit permettre à travers un S.I.G. de répondre aux besoins de gestion des zones pastorales à l'échelle régionale.

### **ABSTRACT**

As part of the GEOSTAT-Morocco project, which proposes a statistical inventory methodology of Moroccan rangeland, we studied SPOT ability to map arid land. A methodology for the identification and characterization of rangeland was elaborated in Ktaoua desertic area. This methodology was tested on the TAZNAKHT Basin, another subdesertic site.

Nowadays, satellite data analysis are known as an effective technology tool to observe and measure the biosphere continuously on varying scales. Our method was developed on the basis of the biophysical ground data. All these data are correlated with satellite information to form a solid and easily applicable model.

A Geographical Information System is about to be developed. It will help to efficiently manage local or even regional rangeland.



## **Apport de la télédétection pour la reconnaissance du milieu oasien : étude de la palmeraie de Ktaoua (Maroc)**

**J. P. LACOMBE**

institut National Polytechnique de Toulouse, Ecole Nationale Supérieure  
Agronomique, Toulouse, France

**T. BENNOUNA**

Faculté des Sciences et Techniques de Tanger, Maroc.

**M. J. LEFEVRE**

Centre National d'Etudes Spatiales, Toulouse, France.

### **RÉSUMÉ**

Divers facteurs sont à l'origine de la dégradation des oasis. Parmi les plus importants, la maladie vasculaire du palmier dattier, le Bayoud qui a détruit en un siècle plus des 2/3 de la palmeraie maghrébine, et l'ensablement qui envahit toutes les infrastructures économiques de l'oasis. L'emploi de la télédétection pourra-t-il contribuer à la lutte contre ces fléaux ? La reconnaissance des divers thèmes de l'oasis (dunes, densités de palmiers, jachères, sols, etc.) a constitué l'objectif de cette étude. Après avoir fait l'inventaire des caractéristiques d'une oasis du sud marocain, Ktaoua, nous avons utilisé une méthodologie de classification intégrant à l'image numérique la réalité du terrain. Le résultat, illustré par une carte d'occupation du sol de la palmeraie, montre la possibilité d'utiliser les données satellitaires à haute résolution. La carte obtenue représente un «état des lieux» de l'oasis.

### **ABSTRACT**

Oasis degradation is due to various factors. Among the most important, the spread of sand invading the economic infrastructure of the oasis, and vascular disease of date palm called «Bayoud». In one century it has ruined two thirds of North African palm grow. To answer the question of the use of remote sensing in the fight against such threats, it is first necessary to identify the different structures of oasis (sandhills, palm density, fallow land, soils, etc.). This study provides the characteristics of Ktaoua, an oasis in the south of Morocco, and accounts for the method selected : a classification involving integrated field observations. The resulting occupation soil map of the oasis gives evidence that high resolution satellite data can be useful in this area. This map reflects one particular state of the oasis.



## Saisons et espaces : le climatologique et le détectioennel

**S. KERMADI**  
Université du Maine, C.I.E.M., France.  
**J.-P. VIGNEAU**  
Université de Poitiers, C.I.E.M., France.

### RÉSUMÉ

Ce travail, réalisé dans un terrain accidenté (environ 400 à 2000 m), vise la reconstitution d'un film climatique saisonnier. Il définit les délimitations et les ambiances climatiques de chaque saison. Il est élaboré à partir d'une double étude, climatique d'abord et phénologique ensuite. Le découpage saisonnier qui en résulte compte sept phases homogènes. Compte tenu de la discontinuité spatiale, ces saisons n'ont pas forcément le même découpage, ni la même ambiance climatique et par ailleurs leur traduction phénologique diffère des basses terres aux hautes terres.

Quelques différenciations spatiales ont été montrées par l'étude analytique, le décalage entre les stations de Meknès (550 m) et Ifrane (1660 m), mais les différenciations spatiales restent plus nettes avec l'analyse phénologique.

### ABSTRACT

This work has been realized on an uneven ground (between 400 to 2000 m), aimings to reconstruct seasonal climatic sequences. It defines the delimitations and climatic surroundings of each season. It is drawn up from a double study, a climatic one and a phenologic one.

As a result, the seasonal division has seven homogenous phases. Considering the spatial discontinuity, seasons have not necessarily the same division nor the climatic surrounding and on another aspect the phenologic translation is different from the lowlands to the highlands. Some spatial differentiations have been revealed by the analytic study, the gap between Meknès (550 m) and Ifrane (1660 m), but spatial differentiations are clearer with phenologic analysis.

**On using satellite altimetry  
to describe currents variability  
in Northwest Africa**

**R. ABDELLAOUI**  
Royal Centre for Remote Sensing, Rabat, Morocco

**RÉSUMÉ**

La circulation marine de surface dans le nord-ouest africain est décrite dans le présent article à partir des données du satellite TOPEX/POSÉIDON lancé le 10 août 1992. Ce satellite est dédié complètement à l'observation et au suivi du mouvement des eaux océaniques. Deux années de mesures altimétriques de la surface marine recueillies par TOPEX/POSÉIDON entre octobre 1992 et octobre 1994 sont ainsi utilisées pour représenter les courants marins de surface moyens pour chaque saison dans le nord-ouest africain. Les régions qui présentent une forte variabilité de la circulation marine de surface durant un même mois sont également mises en évidence. Cette description préliminaire des courants marins de surface montre une évolution saisonnière très distincte de l'entrée des eaux atlantiques en Méditerranée et suggère aussi un rapprochement de l'axe principal du courant des Canaries de la côte marocaine au cours de l'été.

**ABSTRACT**

Two years of altimetric data are used to describe sea surface circulation in Northwest Africa. Data is acquired from the joined US/French satellite TOPEX/POSEIDON launched on 10 August 1992. This preliminary description of currents shows a distinct seasonal signal in the Atlantic waters inflow into the Mediterranean sea and an Eastward shift of the Canary current flow in the summer season. North-South currents are shown to be stronger in the vicinity of the coast in summer. Cap Ghir eddy is shown to be a temporary feature. Changes of sea surface circulation within one month are also studied to map areas of great variability in Northwest Africa.





## **La dynamique spatiale de l'upwelling côtier Sénégal-Mauritanien de 1984 à 1994 à l'aide de la télédétection**

**H. DEMARCO, P. CURY**  
ORSTOM, Montpellier, France  
**C. ROY**  
ORSTOM, Pouzané, France

### **RÉSUMÉ**

La restitution de la température de surface de la mer par télédétection est progressivement universellement utilisée, en raison de son aspect synoptique et répétitif. Son intérêt est cependant encore plus immédiat dans les régions à plus faible nébulosité comme les bords est des océans, soumis à des upwellings côtiers saisonniers ou permanents.

Une méthode originale de restitution de la température de surface de la mer a été mise au point par l'ORSTOM et l'ISRA au Centre de Recherches Océanographiques de Dakar-Thiaroye, par combinaison des données des satellites géostationnaires de la série METEOSAT et de celles issues des observations directes du réseau mondial de navires marchands. Sur la base d'une synthèse quotidienne de l'information, cette méthode permet, sur l'Atlantique Est et notamment dans les régions d'upwellings côtiers s'étendant du Portugal à Benguela, de quantifier la forte variabilité thermique saisonnière et interannuelle du milieu, dimension difficile à approcher par les méthodes classiques d'investigation.

Une description détaillée de la dynamique spatio-temporelle des masses d'eau upwellées a ainsi été réalisée de la Mauritanie à la Guinée depuis 1984, ainsi qu'une climatologie satellitaire de la température de surface de la région, unique par sa précision spatiale.

Des structures thermiques locales, caractéristiques de l'upwelling, sont mises en évidence. Elles sont liées à des structures côtières de circulation, elles-mêmes sous l'influence dominante de la topographie. Le caractère dispersif ou non de ces structures ainsi que leur variabilité agit enfin directement en terme de dérive et de survie larvaire sur les espèces pélagiques de ces zones d'upwelling.

D'autre part, la dimension spatiale des indices environnementaux extraits des données satellitaires permet d'étudier la variabilité de l'abondance des ressources marines côtières exploitées en prenant en compte la continuité spatio-temporelle des événements hydro-climatiques agissant sur le milieu.

### **ABSTRACT**

The Sea Surface Temperature (SST) restitution via infrared remote sensing techniques is universally used because of the synoptic and repetitive aspect, of the observations, Its use is specially interesting in low nebulosity areas as the East ocean areas in tropical latitudes because of the seasonal or continuous trades winds.

An original method of SST restitution has been carried out by ORSTOM (France) and ISRA (Senegal) at the Centre de Recherches Océanographiques de Dakar-Thiaroye (CRODT), by combined use of METEOSAT infrared data and ship of opportunity observations (this latter via the GTS of the WMO). The potential observation of coastal upwelling area from METEOSAT extend from Portugal to South Africa. A global operational product of SST over the East tropical Atlantic is fortnightly elaborated at a spatial resolution of 25 km for large scale oceanographic and climate use. A second SST product dedicated for coastal upwelling areas -in our case from Mauritania to Guinea (20°N-9°N)- is elaborated from daily satellite information on a five day basis at a spatial resolution of 6 km.

The upwelling dynamic and the associated local features (and their relation to the continental shelf topography) are described and a satellite climatology of SST has been elaborated for the 1984-1995 period. The strong seasonal and interannual variability of the upwelling is quantified via the calculation of SST based upwelling indexes.

The influence of the upwelling intensity combined with the divergent (or convergent) characteristics of the superficial drifts is a dominant feature of some upwelling areas and the knowledge of this dynamic is essential to estimate the fish larvae mortality.

On the other hand, the spatio-temporal continuity offered by the satellite observation allow to study the influence of the temporal upwelling anomalies and their spatio-temporal seasonal propagation on the seasonal migrations of some coastal pelagic species as *Sardina pilchardus* in Mauritania and Senegal.

**North Atlantic Oscillation****P.-J. LAME**

Cooperative Institute for Mesoscale Meteorological Studies and School of Meteorology,  
University of Oklahoma Norman, Oklahoma, USA.

**M. EL HAMLY**

Centre National du Climat et de Recherches Météorologiques, Direction de la Météorologie Nationale, Casablanca, Morocco.

**D. H. PORTIS**

Cooperative Institute for Mesoscale Meteorological Studies, Université of Oklahoma Norman, Oklahoma, USA.

**RÉSUMÉ**

L'indice traditionnel AI Moubarak (Acores-Islande) caractérise les pressions de surface Nord Atlantiques relatives aux précipitations au Maroc. L'évolution mensuelle de la relation AI Moubarak-précipitations du Maroc est présentée dans cet article. L'intensité de cette relation augmente progressivement de novembre à février puis décroît fortement de février à avril. Elle décroît également de la côte Atlantique vers l'est durant tous les mois.

**ABSTRACT**

Traditional AI Moubarak index (Azores-Iceland) adequately characterizes North Atlantic surface pressure variations with respect to Moroccan precipitation. The month-to-month evolution of the spatial pattern of the AI Moubarak-Moroccan precipitation link is presented in this paper. The strength of this relationship increases progressively from November through February and then decreases strongly from February to April. It also decays strongly Eastward from the Atlantic coast in all months.



**Contribution des données  
satellitaires à la compréhension  
de la relation océan-climat :  
cas de l'upwelling côtier du Maroc**

**A. ATILLAH**  
Centre Royal de Télédétection Spatiale, Rabat, Maroc

**RÉSUMÉ**

Un exemple des relations océan-climat est examiné le long de la côte Atlantique marocaine. Le phénomène d'upwelling engendré par des conditions atmosphériques est à l'origine du développement des processus de brouillards et de nuages bas côtiers. Ces systèmes nuageux empêchent à leur tour le réchauffement de la mer. Ces deux phénomènes associés sont mieux appréhendés par l'imagerie satellite qui offre une vision précise et spatialement exhaustive.

**ABSTRACT**

A situation of ocean-climate link along Moroccan Atlantic coast is presented. The upwelling generated by atmospheric conditions is the origin of the fogs and the low coast clouds processes development. These cloud Systems prevent the warming up of the ocean. These two associated situations are well studied with satellite images which offer an accurate and spatial vision.