

## **POSTERS**

### **1. Nouveaux outils pour l'obtention, le traitement et la représentation de l'information climatique**



## NOUVELLES OBSERVATIONS SUR LA TEMPERATURE DE L'AIR ET DU TERRAIN A LISBONNE.

**Maria João ALCOFORADO<sup>(1)</sup>, Henrique ANDRADE<sup>(1)</sup>, António LOPES<sup>(1)</sup>, Victor PRIOR<sup>(2)</sup> et Hugo VIEIRA<sup>(1)</sup>**

(1) Centro de Estudos Geográficos. Université de Lisbonne FLUL, 1600-214 Lisboa. Portugal. E-mail: [mjalcoforado@mail.telepac.pt](mailto:mjalcoforado@mail.telepac.pt)

(2) Instituto de Meteorologia, Rua C, Aeroporto, 1749-077- Lisboa.Portugal

Les premières études sur le climat urbain de Lisbonne ont eu lieu il y a 10 ans. Les variations locales de température ont fait l'objet de mesures itinérantes et ont été confirmées par deux thermo-hygrographes placés dans deux quartiers différents (le premier au fond d'un étroit canyon urbain dans une partie ancienne de la ville et le deuxième dans une cour, dans un quartier des années 1950).

L'augmentation de la température de la périphérie vers le "centre" de Lisbonne (la Baixa), pourtant relativement excentrique est en moyenne de 4°C. Toutes situations confondues, les médianes des écarts de températures à l'Aéroport (situé au Nord de la ville), se distribuent selon des rayons alignés le long des voies principales et irradiant depuis l'îlot du centre-sud, avec des températures plus élevées à l'Est qu'à l'Ouest de la ville. Pendant la journée, la Baixa peut se comporter comme un îlot de fraîcheur, dû, en été, à la brise du Tage et, en hiver, aux brouillards d'irradiation de la vallée du Tage, ou comme un îlot de chaleur en raison d'un effet d'abri (topographique ou urbain).

De nouvelles techniques d'observation et de traitement des données permettent maintenant d'autres approches du climat urbain. Celles-ci sont ici menées dans le cadre du projet CLIMLIS, qui réunit des géographes, des ingénieurs, des architectes et des météorologues, ainsi que des aménageurs de la mairie de Lisbonne. Dans cette communication on se limitera à la présentation des résultats concernant la température, bien que la modélisation du vent ait aussi une part importante dans ce projet.

L'étude est menée soit à l'échelle locale, soit à l'échelle microclimatique. Pour une première approche d'ordre local, des images de satellites ont été utilisées.

Des images quotidiennes NOAA (août 1998-juillet 1999) ont été cédées par le Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt. Des vues diurnes et nocturnes ont été sélectionnées chaque fois que le ciel était clair (251 images diurnes et 187 nocturnes : 438 images au total). Une étude détaillée n'est pas possible à partir de la comparaison des différents pixels, qui ont un peu plus d'un kilomètre de côté. Mais le grand nombre d'images maintenant disponibles permet de vérifier si l'îlot de chaleur (en ce qui concerne les températures du terrain) est temporellement significatif. On a calculé systématiquement la différence de température entre un pixel centré sur l'Aéroport (station utilisée auparavant comme référence pour l'étude de la température de l'air) et un autre au centre ville (Avenue de la Liberté). Les températures nocturnes sont très souvent supérieures au centre ville (entre octobre et mars, plus de 70% des cas). Par contre, pendant les journées d'été, les températures de l'Aéroport sont souvent les plus élevées, comme c'est le cas pour la température de l'air.

La comparaison de deux profils de températures de terrain (nord-sud et ouest-est) montre un îlot de chaleur centré sur les quartiers méridionaux, incluant ceux qui sont situés près du Tage, alors que les températures de surface restent relativement basses sur l'Est de la ville.

Pour l'étude, toujours à l'échelle locale, de la température de l'air, des campagnes de mesures simultanées sont prévues. Cette campagne, qui sera entreprise dès que le temps (atmosphérique) le permettra, consistera en des radiosondages, en l'utilisation d'une écho-sonde, d'un ballon captif, de parcours de mesures. Parallèlement seront utilisées les données de cinq stations météorologiques urbaines, qui viennent d'être installées par l'IM. En outre, et pour «descendre» à l'échelle microclimatique, et pendant 15 jours, 20 data-loggers seront placés à une hauteur de 4 mètres, à l'intérieur des rues (mais au-dessous du niveau des toits) et dans quelques espaces verts.

Remerciements :

Le projet CLIMLIS (POCTI/34683/GEO/2000) est financé par la Fundação Para a Ciência e Tecnologia (FCT).

## L'UTILISATION DES IMAGES SATELLITALES DANS LA GENERATION DE SERIES TEMPORELLES DE PLUIE CUMULEE POUR LEUR USAGE EN ANALYSE CLIMATIQUE.

**Daniel F. BARRERA**

Universidad de Buenos Aires – Departamento de Ciencias de la Atmósfera / CONICET  
Ciudad Universitaria- Pab.2- (1428) Buenos Aires, Argentina. [Barrera@at.fcen.uba.ar](mailto:Barrera@at.fcen.uba.ar)

On a adapté la technique nommée “auto-estimator” (Vicente *et al*, 1998), qui permet d'estimer le champ d'intensité de la pluie à partir de l'information captée toutes les demi-heures par le satellite géosynchrone GOES dans chacun des “pixels” qui composent l'image satellitale. Cette technique est basée sur la relation empirique entre l'intensité de la pluie R (mm/h) à la base des nuages (estimée à partir des échos de radar météorologique) et la température T (Kelvin) au sommet des nuages (estimée à partir des radiances infrarouges enregistrées par le capteur à bord du satellite). La grandeur du “pixel” pour cette bande de longueurs d'onde (centrée en 10,7µm.) est 16 km<sup>2</sup>. Cette relation est :

$$R = 1.1183 \cdot 10^{11} \exp(-3.6382 \cdot 10^{-2} T^{1.2}).$$

Les valeurs obtenues sont après corrigées en tenant compte de l'humidité atmosphérique. Dans ce travail on a utilisé l'information fournie par le Service Météorologique National de l'Argentine.

Pour valider les estimations on a utilisé les valeurs d'intensité de pluie fournies par le projet "Tropical Rainfall Measuring Mission" (TRMM), lesquelles s'obtiennent à partir d'observations de radar et micro-ondes depuis un satellite d'orbite polaire.

La technique est en mesure d'être opérationnelle pour les centres d'analyse disposant d'images d'un satellite géosynchrone. Elle fournit la localisation des zones de pluie convective, spécialement celles d'intensité moyenne à forte, avec des applications à la prévision du temps, à la prévision de “flash floods” et au bilan hydrologique du sol.

D'autre part, dans une zone climatiquement homogène par rapport à la précipitation, c'est-à-dire, dans une zone suffisamment petite pour assurer que tous ses points intérieurs ont le même régime de précipitation, les valeurs obtenues pour un “pixel” (moyennes spatiales sur une aire carrée de 4 km de côté) arriveraient avec la même probabilité dans un “pixel” quelconque appartenant à cette zone. Par conséquent, les termes des séries temporelles de précipitation obtenues pour chaque “pixel” sur une période de quelques années (suffisamment longue pour décrire le climat de la région) peuvent être considérés comme des sub-échantillons d'un échantillon plus grand de la même population statistique. L'extension de la zone assumée comme climatiquement homogène, aussi bien que la période minimale de prise de données, dépendent de la région considérée.

A partir de cette hypothèse d'homogénéité climatique, il est possible de construire des échantillons statistiques desquels on peut extraire des caractéristiques climatiques, à partir des données satellitales prises pendant un laps de temps relativement court. De cette façon on peut

caractériser climatiquement la précipitation dans une région où il n'existe pas de séries pluviométriques assez longues.

En plus, puisque l'on dispose d'images satellitales toutes les demi-heures (dans le cas du satellite GOES) il est possible de générer des séries de précipitation cumulée en périodes multiples d'une demi-heure. De cette manière, on peut étudier la climatologie de la précipitation dans des heures particulières pendant la journée, spécialement dans les heures de plus grande activité convective.

Cette information climatique est nécessaire pour réaliser des études d'érosion hydrique et de risque de crue dans des bassins hydriques petits ou moyens, aussi bien que pour élaborer des indices climatiques utiles à l'analyse de l'environnement.

**MODELISATION ATMOSPHERIQUE : UN OUTIL POUR L'IDENTIFICATION DES TERRAINS PROPICES A LA VITICULTURE EN AFRIQUE DU SUD.**

**V. BONNARDOT**<sup>(1)</sup>, **C. du PREEZ**<sup>(2)</sup>, **O. PLANCHON**<sup>(3)</sup>, **S. CAUTENET**<sup>(4)</sup> et **V. CAREY**<sup>(5)</sup>

- (1) Arc-Institute for Soil Climate and Water, Private Bag X5026, Stellenbosch 7599, RSA. [valerie@infruit.agric.za](mailto:valerie@infruit.agric.za) (Tel: +27 (0)21 809 3082, Fax: +27 (0)21 809 3002).
- (2) University of Pretoria, Department of Earth Sciences: Meteorology, Pretoria 0001, RSA. [chrissnad@infruit.agric.za](mailto:chrissnad@infruit.agric.za) (Tel: +27 (0)21 809 3035, Fax: 27 (0)21 809 3002).
- (3) COSTEL-LEGT, Université de Rennes-2, 6, Avenue Gaston Berger, 35043 Rennes Cedex, France. [olivier.planchon@uhb.fr](mailto:olivier.planchon@uhb.fr) (Tel: +33 (0)2 99 14 20 94, Fax: +33 (0)2 99 14 18 95).
- (4) Lamp, Université Blaise Pascal, 24 Avenue des Landais, 63177 Aubiere, France. [cautenet@opgc.univ-bpclermont.fr](mailto:cautenet@opgc.univ-bpclermont.fr) (Tel: +33 (0)4 73 40 73 59, Fax: +33 (0)4 73 40 51 36).
- (5) Arc Infruitec-Nietvoorbij, Private Bag X5026, Stellenbosch 7599, RSA. [victoria@infruit.agric.za](mailto:victoria@infruit.agric.za) (Tel: +27 (0)21 809 3022, Fax: +27 (0)21 809 3002).

Il est généralement admis en Afrique du Sud que les vignobles cultivés “*where they can see the sea*” produisent de meilleurs vins rouges que ceux situés plus à l’intérieur. La région viticole de Stellenbosch bénéficie en effet d’un climat plus frais et plus tempéré (favorable à une production de qualité) que l’intérieur à cause de la proximité de la mer et de la fréquence des brises de mer. Or le terme “brise de mer” est utilisé (parfois loin de la côte) de façon abusive à des fins commerciales sans connaître réellement le mécanisme et les limites de son influence sur le climat local. De plus, chaque cépage a ses exigences climatiques et pédologiques et de ce fait produira un vin de qualité s’il est planté dans un environnement qui lui convient. Il est donc nécessaire d’améliorer la connaissance des terrains afin de planter le bon cépage au bon endroit pour produire des vins de qualité et rester compétitif sur le marché international. Des recherches visant à identifier les terrains du point de vue topographique, climatique, pédologique et œnologique sont conduites à l’Institut viticole de Stellenbosch. Pour une meilleure compréhension de l’aspect climatique, une série de simulations numériques des brises de mer a été entreprise sur la Province Occidentale du Cap à l’aide du modèle atmosphérique à méso-échelle RAMS (Regional Atmospheric Modeling System). La circulation générale et la dynamique d’échelle locale sont intégrées au moyen de grilles imbriquées. Des premières simulations (Planchon, 2001) avec des mailles horizontales de 25 et 5 km ont permis de visualiser les gradients climatiques et d’obtenir des résultats conformes aux observations sur le terrain. En raison de la complexité du terrain et pour détailler davantage les circulations locales, d’autres simulations sont effectuées avec une troisième et une quatrième grille à mailles de 1 km et de 200 m. Le domaine d’étude couvre la région viticole au sud de Stellenbosch et permet à cette échelle fine de suivre le mouvement de la brise et son influence sur le vignoble : inversion thermique le long de la côte, gradient thermique très important au contact air maritime / air continental, différences thermiques entre les versants très importantes pour la viticulture. La cartographie des résultats sera un outil d’aide à la recommandation de cépages.



## ETUDE DE L'AÉROLOGIE LOCALE DE L'AGGLOMÉRATION LYONNAISE DURANT LES TYPES DE TEMPS RADIATIFS

**Sébastien BRIDIER**

Le but de cette étude est de caractériser les phénomènes de brises thermiques (origine, répartition, direction) se manifestant durant les types de temps radiatifs dans l'agglomération de Lyon afin de mieux comprendre la répartition des polluants près de la surface. Seul le volet climatique est présenté ici.

L'analyse repose sur la modélisation de l'espace physique de l'agglomération lyonnaise (relief, occupation du sol) et sur l'observation de terrain (mesure de la température sous abri et de la direction des brises thermiques en plusieurs points). La modélisation et l'expérimentation de terrain sont intégrées dans un SIG pour réaliser des traitements associant toutes les données disponibles. La modélisation repose sur des traitements réalisés à partir de données relatives à l'espace physique (altitude du substrat ; implantation des bâtiments et altitude des toits) provenant du SIG de la COURLY<sup>1</sup>. Les mesures ont été réalisées durant l'hiver et le printemps 2000 pour observer en continu les températures sous abri et enregistrer ponctuellement la direction des brises thermiques à 1 m de hauteur en suivant un itinéraire.

Différents traitements ont permis d'exploiter séparément puis simultanément les données. L'utilisation du SIG a notamment permis d'estimer la densité du bâti par unité de surface en calculant le volume des constructions à partir de l'implantation des bâtiments, de l'altitude du sol et des toits. Le traitement des altitudes a permis de construire un MNT restituant les pentes et l'exposition.

Les conclusions de la modélisation ont montré que la topographie et la morphologie de la ville favorisent théoriquement la convergence des brises thermiques vers le centre de la ville durant les types de temps radiatifs, aussi bien de jour que de nuit. L'analyse des mesures a confirmé la présence d'un système de brises thermiques conformes à la théorie, tandis que la répartition des températures a présenté l'aspect d'un îlot de chaleur urbain. Un traitement statistique associant la modélisation et les mesures a mis en évidence une relation statistiquement significative entre la répartition des températures et la densité du bâti.

En conclusion, la connaissance détaillée de l'espace urbain lyonnais a permis de réaliser une modélisation *correcte* du champ de températures sous abri et du champ de brises thermiques durant les types de temps radiatifs. Cette connaissance des systèmes de brises thermiques permettra de mieux comprendre la répartition des polluants au niveau de la surface.

---

<sup>1</sup> Communauté Urbaine du grand Lyon



## METHODOLOGIE POUR LE CALCUL DE L'EROSIVITE DE LA PLUIE EN ANDALOUSIE

**Juan Mariano CAMARILLO NARANJO** <sup>(1)</sup>  
**Mariano CORZO TOSCANO** <sup>(2)</sup>

(1) Departamento de Geografía Física y AGR. Universidad de Sevilla.

(2) Servicio de Evaluación de Recursos Naturales. Consejería de Medio Ambiente.  
Junta de Andalucía.

Les processus de désertification et de pertes de sols fertiles constituent une problématique environnementale extrêmement intéressante dans les régions méditerranéennes. A la racine de ces processus se trouvent une série de facteurs physiques issus de la particulière climatologie de ces milieux, où prédomine l'alternance de saisons humides et sèches. Cette alternance dans l'apparition des précipitations produit une série de profondes altérations physico-chimiques dans les sols, dues notamment aux changements dans le contenu saisonnier en humidité des sols. Ces altérations édaphiques provoquent l'intensification de la fragilité structurale des divers types de sols exposés à l'effet des précipitations torrentielles caractéristiques des milieux méditerranéens, et conduisent à l'appauvrissement édaphique de toute la région. La perte de masse forestière, la profusion d'incendies et la dénudation du couvert édaphique, l'inadéquation de l'utilisation agronomique - direction et profondeur des labours, surexploitation édaphique - ou le surpâturage dans certaines zones, constituent quelques exemples de facteurs qui accentuent les processus de pertes de sols fertiles en Andalousie.

La nécessité d'évaluer les pertes potentielles et réelles de sols dans l'ensemble géographique de l'Andalousie est considérée comme une des priorités du processus de prise de décisions et d'implantation de politiques publiques de protection édaphique. Cette évaluation a été faite en appliquant l'Equation Universelle d'Erosion de Sols (en anglais, UDSLE) à l'ensemble de la région. Un des termes de cette équation (et en même temps un de ses paramètres d'entrée) est l'énergie cinétique de la pluie. Ce paramètre détermine la capacité des gouttes de pluie de mobiliser les particules du sol dénudé et fragilisé par les processus mentionnés auparavant. La méthodologie de calcul de ce paramètre pour la région andalouse constitue donc l'objet principal de cette communication.

Le calcul de l'énergie cinétique atteinte par la précipitation est directement issu de l'intensité de la pluie dans chacun des périodes ininterrompues de pluie ou *averses* ; il existe logiquement une relation directe entre l'intensité de la pluie tombée et l'énergie libérée. Il est donc nécessaire de travailler avec des données à échelle temporelle de dix minutes - période minimum d'averse - issues du réseau de stations météorologiques automatiques de la région. Ces données utilisées dans cette étude proviennent essentiellement de 45 stations automatiques appartenant à l'Institut National de Météorologie espagnol et à l'organisme régional d'environnement (CMAA).

La méthodologie proposée part de la nécessité de calculer l'énergie cinétique de la pluie dans l'ensemble géographique andalou avec une résolution spatiale au-dessous de 500 mètres, afin de pouvoir produire une couverture digitale *-grid-* de haute résolution susceptible d'être intégrée au reste des paramètres nécessaires -pentes, couverture végétale du sol...- au calcul de la perte de sols pour l'ensemble de la région. La méthodologie devait donc être conçue pour résoudre, d'une part le problème posé par la mauvaise couverture géographique offerte

par les données disponibles issues des 45 stations automatiques, et d'autre part celui de l'application de l'algorithme d'interpolation spatiale adéquat au phénomène particulier des précipitations. Pour cela, nous avons conçu une méthodologie avec les phases suivantes:

- Sélection des stations météorologiques automatiques à partir d'une validation logique dans laquelle nous avons exclu les stations qui présentaient des données aberrantes ou bien un nombre de lacunes trop élevé pour calculer l'érosivité dans un des douze mois de l'année, l'érosivité mensuelle étant la sommation des érosivités calculées pour chaque averse.
- Calcul de l'érosivité de la pluie pour chaque station météorologique choisie et regroupement par sommation dans les niveaux journalier, décadaire et mensuel.
- Ajustement et évaluation des modèles de régression adéquats entre les totaux de précipitation et l'érosivité de la pluie dans les différents niveaux temporels proposés, journalier, décadaire et mensuel, afin d'évaluer la prédictibilité de l'érosivité de la pluie en tant que variable dépendante à partir des données de précipitation comme variable explicative. Le calcul de ces modèles avait comme objectif l'obtention d'une évaluation de l'érosivité de la pluie la plus précise possible pour les plus de 400 stations thermo-pluviométriques de données journalières qui existent en Andalousie. L'accomplissement de cet objectif partiel nous permettait de surmonter un des grands obstacles du départ : la mauvaise couverture spatiale des données automatiques qui empêchait toute approximation valable par interpolation spatiale.
- Après le calcul de ces modèles de régression et de l'erreur-type pour chaque station automatique, nous avons procédé à l'ajustement du modèle dans chaque station thermo-pluviométrique. Pour cela, nous avons utilisé une régionalisation pluviométrique existante, ainsi que des critères de distance à l'intérieur de chaque région individuelle afin d'assigner à chaque station le modèle de régression obtenu à partir des données automatiques originelles.
- Finalement, avec les plus de 400 points d'échantillonnage où nous avons obtenu des données d'érosivité mensuelle, nous avons procédé à l'application et l'évaluation des différents algorithmes d'interpolation spatiale - triangulation, splines et IDW (Inverse Distance Weighted) - avec une résolution de 500 mètres. Nous avons obtenu des différentes surfaces d'érosivité et des isolignes d'érosivité de la pluie en Andalousie qui ont été intégrées ultérieurement aux modèles de calcul de pertes de sols de la région andalouse.

## REPARTITION SPATIALE DU STRESS HYDRIQUE DE LA VEGETATION PAR TELEDETECTION

Véronique CESARI et Annick DOUGUEDROIT

Institut de Géographie, Université Aix-Marseille I. 29 Av. Robert Schuman, 13621 Aix-en-Provence cedex 1, France. [v-cesari@up.univ-aix.fr](mailto:v-cesari@up.univ-aix.fr)

Durant la période de sécheresse estivale, la végétation méditerranéenne est soumise au risque d'incendie de forêt. Nous suivons l'évolution de l'état hydrique de la végétation par télédétection au moyen du NDVI (Normalized Derived Vegetation Index) des associations végétales méditerranéennes de la Basse Provence calcaire (départements des Bouches-du-Rhône et du Var). Les associations étudiées sont les forêts de chênes verts et celles de chênes pubescents et les garrigues semées de Pin d'Alep ou arbustives (à chêne kermès ou à romarin).

Les données utilisées sont les images NOAA-AVHRR 14. Des synthèses décennales obtenues par Max Value Composite ont été calculées pour limiter l'influence des angles de visée et de la contamination nuageuse. Elles ont été croisées dans le SIG IDRISI avec un modèle numérique de terrain et une carte de répartition des associations végétales pour procéder à l'extraction des pixels de chaque association pour chaque décennie. Nous procédons alors à une analyse statistique des séries constituées par les NDVI des pixels de chaque association.

Le NDVI est un indicateur satellitaire de l'activité photosynthétique. Aussi son évolution est-elle reliée aux facteurs limitants de l'activité photosynthétique, soient successivement le rayonnement solaire et la ressource en eau durant la période printemps été, en région méditerranéenne. L'étude de la répartition spatiale des NDVI dans un SIG permet d'évaluer la traduction dans le signal du NDVI des variations saisonnières de l'activité photosynthétique pour les associations végétales méditerranéennes et ainsi de leur stress hydrique.

Cette étude menée durant trois périodes estivales successives (avril à septembre 1995-1997) révèle la présence de noyaux de fort (resp. faible) NDVI. Les répartitions spatiales des NDVI persistent d'une décennie à une autre. Des zones de fort NDVI sont identifiables tout au long de la période, même au cœur de la période de stress hydrique. De même des foyers de faibles NDVI apparaissent, notamment en zone littorale. Lorsque la pression du stress hydrique diminue en septembre, certaines zones conservent des niveaux bas.

Ces unités géographiques correspondent aux découpages des associations végétales. Il s'agit pour les noyaux de NDVI élevés de chênaie verte ou pubescente. Les zones littorales des Bouches-du-Rhône et la frange ouest de la zone d'étude sont couvertes de garrigues ; ceci explique les valeurs faibles observées. Les zones du Nord-Est du Var qui ont en avril des niveaux de NDVI très bas s'élevant rapidement en mai et juin correspondent à des chênaies pubescentes d'altitude élevée.

Les niveaux de NDVI mesurés sont liés au type de couvert. Mais il existe des différences importantes entre les pixels d'un même groupement. On peut par exemple noter les écarts entre les NDVI des garrigues de la zone littorale des Bouches-du-Rhône et celles de la limite est de la Provence calcaire dans le Var.

Ces répartitions sont étudiées au moyen de cartes d'anomalie par rapport à la moyenne décadaire de NDVI de chaque l'association végétale. L'objet des cartes d'anomalies est d'exploiter la relation que nous avons mise en évidence entre la dispersion et le stress hydrique. Les anomalies sont multipliées par 100 ; pour améliorer la lisibilité celles-ci sont bornées à car peu de valeurs sortent de cet intervalle.

Les anomalies par rapport à la moyenne de l'association sont plus importantes pour les garrigues que pour les forêts indiquant une dispersion moins importante de ces dernières. On observe de plus une opposition entre les zones nord-ouest et sud-est de la zone d'étude pour les garrigues. Les anomalies positives sont observées au-dessus de cette diagonale qui coupe le domaine d'étude en deux parties ; et les anomalies négatives sont concentrées en dessous de cette ligne.

On peut rapprocher cette répartition des répartitions altitudinales qui contribuent à la fois aux différences dans les répartitions des précipitations entre les deux parties de la zone d'étude (Bouches-du-Rhône et Var ) et à l'étendue des espaces forestiers. L'altitude augmente du sud-ouest vers le Nord-Est de la zone d'étude.

Les répartitions spatiales des NDVI correspondent aux types de couvert végétal. Celles des anomalies des pixels d'une même association végétale montrent, dans la zone d'étude, une augmentation du NDVI avec l'altitude. Cette dernière indique un stress hydrique moindre en altitude pour les pixels de chaque association végétale.

**ANALYSE DES VARIATIONS MICROCLIMATIQUES INDUITES PAR LES  
SURFACES AGRICOLES A L'AIDE DU MODELE 3D DE TRANSFERT  
ATMOSPHERIQUE ENVIMET ET DE DONNEES DE  
TELEDETECTION.**

**Dominique COURAULT<sup>(1)</sup>, Mehrez SAMALI<sup>(1)</sup>, Philippe CLASTRE<sup>(1)</sup>, Albert  
OLIOSO<sup>(1)</sup>, Frédéric JACOB<sup>(1)</sup>, Michael BRUSE<sup>(2)</sup>**

(1) INRA Climat Sol Environnement, site agroparc, 84000 AVIGNON

(2) Laboratoire de Climatologie, Université de Bochum, Allemagne

Tel : 04 32 72 23 85 fax : 04 32 72 23 62. [couraut@avignon.inra.fr](mailto:couraut@avignon.inra.fr)

Les **modèles 3D à méso-échelles** simulant les échanges entre la surface et l'atmosphère, discrétisant l'espace avec des mailles qui varient de quelques mètres à quelques centaines de mètres sur un domaine géographique réduit, représentent des outils intéressants pour étudier les processus de transferts à l'**échelle de la petite région agricole**. A cette échelle (<50 x50 km), le paysage est caractérisé par des discontinuités et différents niveaux d'hétérogénéités en fonction de l'état hydrique ou de la rugosité qui peuvent entraîner des variations significatives à la fois sur les données climatiques et les flux de surface.

L'objectif de notre étude est d'analyser l'influence du paysage agricole sur la variabilité spatiale des conditions climatiques et des flux de surface à l'échelle régionale à l'aide d'un de ces modèles 3D, le modèle ENVIMET, développé à l'université de Bochum en Allemagne. Ce modèle simule les transferts turbulents dans la végétation et dans l'atmosphère. La végétation est caractérisée par son profil de densité foliaire discrétisé en 10 couches et son profil de densité racinaire jusqu'à 1.4m dans le sol. Nous l'avons utilisé sur une petite zone agricole au nord de St Rémy de Provence sur laquelle il y eut en 1997 une expérimentation lourde comprenant de nombreuses mesures au sol et aéroportées (projet Alpilles Reseda). L'occupation de surface a été caractérisée à l'aide d'images SPOT. Les paramètres de surface tels que le LAI (indice foliaire) et l'albédo sont dérivés d'images POLDER. Des radiosondages effectués toutes les 2h pour quelques journées sur le site, par une équipe du CNRM ont servi à initialiser le modèle. Une journée a été analysée en particulier le 18 avril 1997, car les conditions climatiques étaient les plus favorables et les contrastes au sol assez bien marqués entre les différents couverts. Le modèle ENVIMET restitue des cartes des principaux flux d'énergie et permet de suivre l'évolution des variables climatiques telles que la température de l'air au-dessus des divers types de cultures. On observe ainsi que les variations de l'état hydrique du sol engendrent des écarts de température de quelques degrés qui peuvent avoir un impact significatif sur l'ensemble du cycle de la culture et modifier son rendement final. Cette première analyse des interactions entre les différentes parcelles du paysage agricole montre l'effet rétroactif des cultures sur le climat local et souligne aussi l'importance du choix de l'emplacement de postes météorologiques qui est fortement influencé par son environnement immédiat et doit donc être bien choisi pour être représentatif de la zone étudiée.



## UTILISATION D'UN SIG POUR L'INTERPOLATION ET LA CARTOGRAPHIE DE LA TEMPERATURE DE L'AIR EN MILIEU URBAIN

Y. CHARABI et C. KERGOMARD

Université des Sciences et Technologies de Lille, 59655, Villeneuve d'Ascq cedex, France.  
Laboratoire de géographie des milieux anthropisés (CNRS, FRE-2170).  
Tél : 03 20 33 60 68. Fax : 03 20 33 60 67. [yecine.charabi@univ-lille1.fr](mailto:yecine.charabi@univ-lille1.fr).

La métropole lilloise (Nord de la France) est située dans un cadre topographique relativement homogène de plaines et de bas plateaux (<80m), avec plus d'un million d'habitants, autour de la conurbation Lille-Roubaix et Tourcoing : il s'agit d'un cas inhabituel pour une étude de climatologie urbaine. Les caractéristiques spatiales de la zone d'étude semblent être «*idéales*» pour dégager l'effet de l'urbanisation sur le climat local. L'analyse des données conventionnelles issues des réseaux de Météo-France et de l'Institut Royal Météorologique belge montrent clairement que l'expansion spatiale de la métropole entre 1950 et 2000 a modifié les gradients thermiques entre l'espace typiquement urbain, la zone périurbaine et la campagne environnante.

Pour augmenter la densité spatio-temporelle des données météorologiques et étudier la répartition spatiale de la température de l'air (à 2m du sol) entre les postes fixes, nous avons réalisé des mesures itinérantes. Ces mesures ont été effectuées durant différentes saisons entre 1997 et 2000, selon un réseau de points de mesure établis au préalable. Plusieurs campagnes de mesures itinérantes montrent que l'îlot de chaleur urbain dépasse 4°C par nuit claire et calme. Un exemple de situation (où la température a été mesurée simultanément au niveau de 51 points de mesures) avec un fort îlot de chaleur urbain a été analysé au sein d'un S.I.G. et mis en relation avec des informations numériques (Plan de Gestion Parcellaire de la Communauté Urbaine) sur la nature des surfaces et la disposition des bâtiments dans l'environnement des points de mesure. 9 paramètres ont été extraits des données du P.G.P. : 3 décrivent la géométrie des bâtiments autour des points de mesure (le taux de dégagement du ciel, la distance du mur le plus proche et la largeur de la rue) et les 6 autres sont obtenus à partir de la fraction de différentes surfaces urbaines (espace bâti, espace vert, espace boisé, surface aquatique, voiries asphaltées et l'espace nu) à l'intérieur d'un cercle autour des points de mesure. Plusieurs rayons (50, 100, 200 et 500m) ont été utilisés pour obtenir ces 6 variables. La régression linéaire multiple pas à pas a été employée pour estimer l'effet des différents paramètres sur la température en milieu urbain.

Cette modélisation statistique montre que pour l'utilisation de larges rayons autour des points de mesures (200 à 500m), la fraction de l'espace bâti est le facteur explicatif le plus important. Mais avec un rayon de 50m, la température de l'air en milieu urbain est plus étroitement liée aux paramètres qui décrivent la géométrie du bâti autour des points de mesure. Les équations obtenues à partir des rayons de 200 et 500m nous ont permis d'interpoler et cartographier automatiquement l'îlot de chaleur urbain de la métropole lilloise.



## ASPECTS CLMATOLOGIQUES DANS L'ESTIMATION ET LA VALIDATION DES EFFETS DE LA VARIABILITE SPATIALE ET TEMPORELLE DE LA VAPEUR D'EAU ATMOSPHERIQUE DANS LES OBSERVATIONS DES SATELLITES DE TELEDETECTION

Juan de Dios DEL PINO CORREDERA <sup>(1)</sup> et José MORENO <sup>(2)</sup>

(1) Instituto Nacional de Meteorología. Centro Meteorológico Territorial en Andalucía Oriental. Avda. Américo Vespuccio S-7, Apartado 709 C.P 41071. Sevilla. España.  
Tél. : (+34) 954460858. Fax : (+34) 954461891. E-mail : [jdp@inm.es](mailto:jdp@inm.es)

(2) Universidad de Valencia

La correction des effets de la vapeur d'eau présente dans l'atmosphère est aujourd'hui une étape indiscutable dans presque toutes les applications de la télédétection dans le domaine de la climatologie. D'autre part, certaines techniques de télédétection ont pour objectif la détermination de la vapeur d'eau atmosphérique. Dans le premier cas, une estimation externe du contenu en vapeur d'eau de l'atmosphère est indispensable. Dans le deuxième cas, les estimations de vapeur d'eau obtenues doivent être validées par des mesures directes in situ.

Les méthodes actuelles de correction atmosphérique des données de télédétection satellitale se groupent en trois catégories :

- les techniques de *split-window*, qui paramétrisent les effets de la vapeur d'eau atmosphérique en termes de la différence de température de brillance de deux bandes spectrales adjacentes ;
- les techniques d'absorption différentielle qui utilisent une bande de mesure non-affectée par cette absorption ;
- et les techniques de transfert radiatif qui calculent la transmissivité tout le long du trajet à travers l'atmosphère pour chaque canal du capteur, mais qui requièrent une information externe sur le contenu en vapeur d'eau atmosphérique.

La validation et le paramétrage des deux premières techniques et l'application de la troisième nécessitent de profils verticaux du contenu en vapeur d'eau et de la température de l'atmosphère. Des erreurs dans l'estimation de l'eau précipitable présente dans une colonne d'air de l'ordre de  $0.38 \text{ gcm}^{-2}$  produisent des erreurs qui oscillent, selon les valeurs réelles de la température, entre -3 et 3.5 K dans la détermination de la température de la surface terrestre.

Des études réalisées à partir du réseau de sondages de la péninsule ibérique (Del Pino, 1997) ont montré que la vapeur d'eau se trouve concentrée près de la surface terrestre (85% au-dessous de 3000 m et 99% au-dessous de 6000 m dans la plupart des cas), par conséquent, elle dépend fortement de l'orographie. Elle présente un contenu maximal de  $3 \text{ gcm}^{-2}$  et des variations spatiales jusqu'à 100% (pour la péninsule ibérique) selon la distribution des centres de pressions. Statistiquement, les valeurs les plus élevées apparaissent sur le littoral atlantique ( $1.8 \text{ gcm}^{-2}$ ) et méditerranéen ( $1.7 \text{ gcm}^{-2}$ ), et les valeurs les plus faibles dans les

terres intérieures ( $1.2 \text{ gcm}^{-2}$ ). Au niveau saisonnier, l'été et la période qui présente le plus haut contenu en eau précipitable, le double qu'en hiver.

Toute méthode d'estimation de la vapeur d'eau dans l'atmosphère doit tenir compte de la variabilité spatiale et temporelle de cette grandeur. Parmi les différentes méthodes, nous devons mentionner celle de l'utilisation d'atmosphères standards, qui représente une première approche du problème, mais qui n'est pas toujours suffisante pour décrire toutes les variétés climatiques existantes et qui ne reflète évidemment pas la variabilité spatiale et temporelle du contenu réel en vapeur d'eau dans une aire géographique concrète et pour une période de temps donnée. Dans d'autres cas, on utilise les observations aérologiques, de pauvre résolution spatiale et presque inexistante sur les océans. Les modèles numériques d'analyse et de réanalyse de l'atmosphère des différents services météorologiques de chaque pays intègrent des observations en surface en plus des sondages, ainsi que des structures atmosphériques, et ils sont donc plus représentatifs de la variabilité spatiale de l'eau précipitable existante. Cependant, sa résolution spatiale en 20 et 100 km est parfois insuffisante pour certaines applications. Dans d'autres applications de télédétection, on a observé des effets importants de la variabilité spatiale de la vapeur d'eau, même à des résolutions de 5 mètres et dans des zones sans structure topographique ; cela est simplement dû à la nature turbulente de la distribution de la vapeur d'eau atmosphérique lors de l'observation de la surface terrestre à une très haute résolution spatiale. Même si la résolution de structures turbulentes est extrêmement difficile dû à la haute résolution spatiale et temporelle, les observations actuelles montrent la nécessité d'une très bonne description de la variabilité spatiale de la vapeur d'eau atmosphérique (à des échelles de 100-200 m) pour beaucoup d'applications de télédétection.

Dans le domaine des méthodes d'estimation du contenu en vapeur d'eau atmosphérique à partir de la télédétection, nous pouvons citer les sondages TOVS, avec une meilleure résolution spatiale (de 20 à 10 km), mais peu précis sur terre. Aussi le capteur MODIS a-t-il été monté récemment à bord d'un satellite, permettant d'obtenir, à partir de techniques multispectrales d'absorption différentielle (passive), des cartes du contenu en eau précipitable de jusqu'à 1 km de résolution. Par contre, ces cartes ne montrent pas d'information sur la distribution verticale de la vapeur d'eau.

Il existe actuellement des propositions de futur. Une d'entre elles est d'employer des techniques actives (laser) d'absorption différentielle, DIAL (LIDAR multiple dans des diverses longueurs d'onde, avec des rayons qui subissent l'absorption par la vapeur d'eau atmosphérique et des rayons qui ne sont pas affectés par l'absorption). Cette technique permet aussi de connaître le profil vertical de la vapeur d'eau, même si la résolution spatiale est d'ordre kilométrique, au moins dans les premières versions. La deuxième proposition utilise le réseau de satellites GPS et les signaux radioélectriques qu'ils envoient. Les signaux radio de ces satellites sont amorties par la vapeur d'eau, et cette propriété est utilisée pour calculer la vapeur d'eau atmosphérique. Cependant, ce réseau GPS ne couvre pas toute l'atmosphère. On prétend de mettre en orbite une autre constellation de satellites d'orbite basse et d'étudier l'atténuation entre les signaux radio de ces satellites est des GPS, afin d'obtenir une meilleure résolution horizontale et verticale. Une première version de ces techniques sera disponible dans de futurs satellites météorologiques.

En conclusion, la détermination du contenu en vapeur d'eau atmosphérique avec une bonne résolution spatiale (horizontale et verticale) et temporelle et très nécessaire pour la télédétection, dû à l'énorme variabilité qu'elle présente. Dans ce sens, des nouvelles

techniques d'estimation se développent, basées sur la télédétection même. Mais puisque ce sont des mesures indirectes de la vapeur d'eau, elles nécessitent d'études approfondies des données issues des sondages aérologiques pour leur validation. Le réseau de mesures météorologiques (celui de radiosondages inclus) et l'utilisation de techniques d'assimilation des modèles numériques météorologiques, se révèlent comme des outils nécessaires pour la validation des capacités de ces nouvelles techniques de télédétection avec des capteurs avancés qui seront disponibles dans un futur proche.



**DEFORESTATION ET CLIMAT AU MATO-GROSSO : PREMIERS RESULTATS  
DE MODELISATION CLIMATIQUE A MESO-ECHELLE DANS LA REGION  
D'ALTA FLORESTA (MT-BRESIL)**

**Vincent DUBREUIL<sup>(1)</sup>, Olivier PLANCHON<sup>(1)</sup>, Guy CAUTENET<sup>(2)</sup>**

(1) COSTEL / LETG - UMR 6554 CNRS, Université Rennes 2

(2) LaMP : Laboratoire de Météorologie Physique, Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand

De nombreuses études ont souligné la spécificité du climat de l'Amazonie et notamment de l'importance de l'interaction entre la forêt et le climat (Nobres, Molion, ...). Dans cette région, l'atmosphère fournit une quantité importante d'eau avec des précipitations qui dépassent le plus souvent les 2 mètres en moyenne annuelle. On sait qu'en retour une partie importante des précipitations que reçoit la forêt provient de sa propre évapotranspiration. De cette manière la forêt contribue à maintenir un climat qui lui est favorable. Outre les précipitations, la forêt assure le maintien d'une forte humidité et d'une gamme de températures assez élevées (30 à 34° le jour, 15 à 20° la nuit en moyenne).

Depuis une trentaine d'années la forêt amazonienne est de plus en plus soumise à une exploitation intensive de ses richesses, qu'elles soient minières ou forestières. Cette région est surtout une formidable réserve d'espace pour l'agriculture. La colonisation agricole et son corollaire de défrichements s'est développée et un peu moins de 600000 km<sup>2</sup> de forêt brésilienne a ainsi été transformée en cultures et pâturages depuis 1970 soit une déforestation moyenne annuelle de l'ordre de 20000 km<sup>2</sup>.

On insiste souvent sur les répercussions de cette déforestation aux échelles climatiques globale (absorption de CO<sup>2</sup>, cycle de l'eau) et locale (érosion des sols). Ce travail se propose d'étudier les conséquences climatiques à une échelle intermédiaire par rapport à ces deux niveaux scalaires c'est à dire à l'échelle régionale (mésoscale). Peu de travaux existent en effet dans cette gamme pour une raison assez simple : pour juger d'un éventuel effet à cette échelle il faudrait pouvoir disposer de longues séries de mesures (avant et après la déforestation), séries qui n'existent pas puisque les mesures ont la plupart du temps commencé lors de la mise en valeur agricole... D'où l'intérêt du recours à la modélisation numérique.

Nous utilisons le modèle RAMS de l'Université du Colorado. Afin de préciser les paramètres d'entrée du modèle et de rendre les simulations les plus réalistes possibles nous utilisons les fichiers de végétation et d'occupation du sol fournis par l'imagerie satellitaire Landsat TM et NOAA-AVHRR. Les résultats des premières simulations portent sur 2 dates : 1970 (avant la colonisation), et 2000 pour la période actuelle où le couvert forestier n'occupe plus qu'un tiers environ de la superficie du secteur d'étude. Nous présentons ici les sorties du modèle pour une journée chaude et ensoleillée de mai 2000 en utilisant un emboîtement de 3 grilles à résolution différente (grid-nesting) : une première grille de 50x50 points à résolution de 16 kilomètres couvre 800 x 800 km, soit les 2/3 nord de l'Etat du Mato Grosso ; une deuxième grille à résolution de 4 kilomètres avec 50 x 50 points de grille (soit 200 km) est utilisée et une troisième avec une résolution de un kilomètre couvre 50 x 50 km sur la région d'Alta Floresta (secteur où les relevés de 2 stations automatiques permettent de valider les sorties du

modèle). Les différences de résultats entre les simulations pour les 2 dates permettent de mettre en évidence le rôle du couvert sur les champs de températures et juger ainsi des conséquences climatiques de la déforestation à cette échelle.

## METHODOLOGIE DES CADASTRES D'EMISSIONS ATMOSPHERIQUES : APPLICATION AU PROGRAMME ESCOMPTE

**S. FRANÇOIS** <sup>(1)</sup>, **C. BOISSARD** <sup>(2)</sup>, **PH. MIRABEL** <sup>(1)</sup>, **J. NOPPE** <sup>(3)</sup>, **J.-L. PONCHE** <sup>(1)</sup>

(1) Laboratoire de Physico-Chimie de l'Atmosphère - Centre de Géochimie de la Surface (UMR 7517 du CNRS et Département de Chimie de l'Université L. Pasteur de Strasbourg), 1 rue Blessig, F-67084 Strasbourg Cedex.

Tél.: ++33 (0)3 90 24 03 74 – Fax : ++33 (0)388 36 72 35 – E-mail : [ponche@illite.u-strasbg.fr](mailto:ponche@illite.u-strasbg.fr)

(2) Laboratoire Inter-universitaire des Systèmes Atmosphériques (LISA), Universités Paris 12 - Paris 7, CNRS UMR 7583, 61, avenue du Général de Gaulle F - 94010 Créteil Cédex

(3) Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME), Direction de l'Air et des Transports, 27 rue Louis Vicat - F-75737 PARIS Cedex 15.

Le programme "ESCOMPTE" (**E**xpérience sur **S**ite pour **C**ontraindre les **M**odèles de **P**ollution atmosphérique et de **T**ransport d'**E**missions) a pour objectif d'établir une base de données de qualité de l'air (émissions et mesures de concentration) dotée d'une haute résolution spatiale et temporelle. La finalité de cette base de données est l'évaluation, sur la région de Marseille-Berre, de modèles méso-échelle de chimie-transport dans la troposphère afin de comparer leur aptitude à décrire l'environnement atmosphérique de cette région. La dynamique de cette région est assez complexe et tout à fait intéressante du point de vue climatologique. La zone d'étude du programme ESCOMPTE est centrée sur Marseille – Etang de Berre et a une extension 140 km x 140 km. Parmi les données nécessaires aux modèles, les émissions sont d'une importance primordiale et un groupe de travail spécifique a été formé pour la réalisation des cadastres d'émissions afin d'assurer la coordination de la réalisation des cadastres. L'établissement de ce cadastre d'émissions permettra d'améliorer grandement la compréhension de la climatologie et de la qualité de l'air tant urbaine qu'à une échelle plus régionale en fonction des situations météorologiques de cette zone.

Les caractéristiques générales de la base de données d'émissions du programme ESCOMPTE (extension de la zone d'étude, résolution spatiale et temporelle, espèces chimiques prises en compte, etc.) ont été définies en accord avec les équipes de modélisation afin de combler les besoins des modèles méso-échelle. Par exemple, la résolution spatiale est d'un kilomètre carré et deux échelles de temps sont utilisées (inventaires annuels et horaires pour les périodes d'observation de la campagne de mesures intensives qui ont été réalisées en juin – juillet 2000 et 2001). Un appel d'offre européen géré par l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) a permis la sélection de divers prestataires qui réalisent actuellement le cadastre sous la supervision d'un comité responsable du cadastre ESCOMPTE (comité ADEME/LPCA/Laboratoire Inter-universitaires des Systèmes Atmosphériques). Un fort interfaçage entre ce programme et les réseaux de mesure de la région PACA a été mis en place afin de faciliter la pérennisation de ce travail avec la participation des réseaux de mesures. Les deux périodes d'observation intensives permettront de mesurer un grand nombre de paramètres météorologiques, climatologiques et de concentration de précurseurs et polluants photochimiques en 3 dimensions grâce aux mesures LIDAR, SODAR et aéroportées. Des mesures spécifiques seront effectuées afin de valider certaines catégories d'émissions particulières (biogène, industrie). L'ensemble de ces données après validation

avec les cadastres d'émissions constituera la base de données du programme ESCOMPTE accessible au public probablement à partir de l'année 2003.

En parallèle et en collaboration avec les prestataires réalisant le cadastre, le LPCA continue, dans le cadre d'un programme de recherche avec l'ADEME, ses travaux méthodologiques concernant notamment les procédures de mise à jour, les incertitudes et problèmes d'assurance qualité dans les cadastres. L'extension du cadastre réalisé en région PACA fournira un terrain de validation à la réflexion menée sur les caractéristiques liées à la réalisation de cadastres afin qu'ils puissent être compatibles et comparables aux niveaux national et européen. Ces caractéristiques concernent notamment le ou les systèmes de coordonnées utilisés, la classification des sources d'émissions, les facteurs d'émissions, le traitement des différentes bases de données initiales, la traçabilité des valeurs d'émissions et des incertitudes calculées, etc. La perspective de réalisation prochaine en région Rhône-Alpes d'un cadastre comparable/compatible à celui réalisé en PACA permettrait pour la première fois d'étendre ce même travail à la vallée du Rhône au niveau interrégional.

**PROPOSITION D'UNE FORMULATION DU FACTEUR  
CONTINENTALITE/MARITIMITE POUR L'ESTIMATION ET LA  
CARTOGRAPHIE DES PARAMETRES CLIMATIQUES : APPLICATION A LA  
PLUVIOMETRIE DE LA TUNISIE**

**A.M. GAMMAR<sup>(1)</sup> et H. BEN BOUBAKER<sup>(2)</sup>**

Laboratoire de Biogéographie, Climatologie Appliquée, Université de la Manouba

Fax : 216.1.600.910 Tél. : 216.9.274.641

(1) E-mail : [amorgammar@yahoo.fr](mailto:amorgammar@yahoo.fr)

(2) E-mail : [Habib.Boubaker@flm.rnu.tn](mailto:Habib.Boubaker@flm.rnu.tn)

Le climat de la Tunisie présente l'originalité d'être profondément imprégné par l'influence de la mer. En particulier, l'humidité de l'air et les précipitations manifestent cet effet qui arrive souvent à l'emporter sur celui des autres facteurs d'ordre morphométrique ou zonal.

Dans ce travail, il s'agit de proposer une méthode améliorée qui permet d'estimer et de quantifier l'influence de la mer, tout en prenant en considération un double problème qui se pose :

- la première source de complexité provient du fait que la Tunisie communique avec la mer du côté Nord et Est. En plus, la configuration sinueuse du rivage donne lieu à plusieurs golfes (de Hammamet, de Tunis et de Gabes) séparés par des péninsules.
- D'autre part, les flux humides et pluvieux «maritimisés» convergent vers cette région, en fonction de la saison et du type de circulation, par différentes origines (NO, N, NE, E et SE).

Il est donc souhaitable de mettre au point une technique qui prenne en considération l'effet de la proximité/éloignement de la mer sur la variation spatiale des paramètres climatiques, en l'occurrence la pluviométrie. Elle servira pour la prédiction et l'interpolation, à l'aide d'une cartographie fine, des quantités de pluies, même là où les stations de mesure font défaut.

Pour ce faire, plusieurs possibilités se présentent :

1. La distance minimale par rapport au rivage le plus proche, quelle que soit la direction apparaît surtout dans le cas d'un rivage sinueux ou d'une région située à distance égale entre deux façades maritimes.
2. Pour mieux concrétiser l'effet des différentes façades maritimes, nous proposons de considérer la distance minimale par rapport au rivage en suivant les cinq directions qui matérialisent l'orientation des flux maritimes : NO, N, NE, E, SE.
3. Ces mêmes distances peuvent être considérées avec une certaine pondération, selon la fréquence et le parcours maritime, et peuvent être ramenées à des indicateurs de synthèse comme les sommes et les moyennes pondérées.

4. Enfin, étant donné que la gradation de cet effet ne peut être constante à partir du rivage vers l'intérieur, nous convertissons les distances simples (dist.  $x$ ) à un autre indice ( $\sqrt{x}$  ou  $\log.x$ ).

Ces mesures donnent sur la carte une grille qui exprime une gradation du caractère maritime (ou océanique) de l'espace. Des seuils majeurs sont mis en valeur ; ils sont l'écho lointain du dessin des côtes. Les flux maritimes fréquents du NO marquent la partie nord du pays, mais ils se continentalisent en débouchant sur la partie orientale et méridionale du pays. Les flux maritimes d'Est ne compensent que partiellement ce renforcement de la continentalité, en dehors du NE et du SE du pays.

Pour vérifier l'utilité de la technique proposée, nous l'avons appliquée à l'estimation, l'interpolation et la cartographie de la pluviométrie saisonnière et annuelle du N.E. de la Tunisie. La méthode d'estimation consiste à déterminer des modèles d'interpolation par le biais d'une démarche statistique de régression multiple pas à pas qui associe la pluviométrie moyenne saisonnière et annuelle (variable dépendante) et les distances par rapport à la mer (variables indépendantes explicatives) ainsi que d'autres variables morphométriques et zonales.

Les résultats confirment la part importante des distances par rapport à la mer dans la détermination des quantités de pluie, en particulier dans les régions planes. Ils démontrent aussi l'intérêt de la méthode dans l'extrapolation fine de la pluviométrie en Tunisie.

## REGIONALISATION DES INDICES FORET METEO PAR INTEGRATION DES IMAGES GOES ET NOAA/AVHRR

**Kyung-Soo HAN**<sup>(3)</sup>, **Alain A.VIAU**<sup>(1)</sup> et **François ANCTIL**<sup>(2)</sup>

(1) Professeur titulaire. Département des sciences géomatiques, Centre de recherche en géomatique Université Laval, Sainte-Foy, Québec Canada, G1K 7P4. Tél. : 418-656-2072  
Fax : 418-656-7411. E-mail : [alain.viau@scg.ulaval.ca](mailto:alain.viau@scg.ulaval.ca)

(2) Professeur agrégé. Département de génie Civil, Centre de recherche en géomatique Université Laval, Sainte-Foy, Québec Canada, G1K 7P4. Tél. : 418-656-3653  
E-mail : [fanctil@pci.ulaval.ca](mailto:fanctil@pci.ulaval.ca)

(3) Etudiant de doctorat. Département des sciences géomatiques, Centre de recherche en géomatique Université Laval, Sainte-Foy, Québec Canada, G1K 7P4. Tél. : 418-656-2131  
poste 7895, Fax: 418-656-7411. E-mail : [Kyung-soo.han@scg.ulaval.ca](mailto:Kyung-soo.han@scg.ulaval.ca)

Dans un objectif de prévention des feux de forêts, la validation des méthodes et techniques utilisées pour suivre dans le temps et l'espace les conditions des surfaces forestières est une tâche quotidienne. En ce sens, de nouvelles méthodes, permettant d'accroître la portée spatiale de l'évaluation des indices forêt-météo estimés à partir de réseaux météorologiques de surface, doivent être explorées. Parmi celles-ci, la télédétection est une avenue privilégiée pour le développement d'outils de prévention des feux de forêt et pour l'utilisation optimale des ressources dédiées à la détection et au combat des incendies d'origine naturelle.

L'objectif général de cette communication est de présenter les résultats de travaux, réalisés en collaboration avec la SOPFEU, visant l'exploitation des images NOAA-AVHRR et GOES pour la régionalisation des indices forêt-météo (IFM). Ces derniers nous ont démontré que l'utilisation combinée des images GOES et NOAA avec les mesures du réseau d'observation météorologique de surface nous permet de calculer à une résolution spatiale d'un kilomètre les différents indices IFM. Dans plus de 90% des cas, les IFM calculés à partir des images sont très fortement corrélés avec ceux calculés à partir du réseau au sol.



**PRESENTATION D'UN SIG  
POUR L'INTERPOLATION DE TEMPERATURES A GRANDE ECHELLE.  
APPLICATION AU PIEMONT DE DEUX GLACIERS AU SPITSBERG**

**D. JOLY <sup>(1)</sup>, R. FURY <sup>(2)</sup>, L. NILSEN <sup>(3)</sup>, T. BROSSARD <sup>(1)</sup>**

(1) THEMA, CNRS, Université de Franche-Comté, 30, rue Mégevand, 25030 Besançon cedex. E-mail : [daniel.joly@univ-fcomte.fr](mailto:daniel.joly@univ-fcomte.fr)

(2) Météo-France Besançon, 30, rue de l'Observatoire, 25000 Besançon.  
E-mail : [cdm25@meteo.fr](mailto:cdm25@meteo.fr)

(3) Institutt i Botani og Geologi, Drammensveien, 9000 Tromsø, Norvège.  
E-mail : [lennart@ibg.uit.no](mailto:lennart@ibg.uit.no)

Les conditions thermiques en Arctique et plus précisément au Spitsberg imposent de sévères contraintes à la faune et à la flore. Il en résulte une grande fragilité du couvert végétal vis-à-vis de perturbations diverses, naturelles ou anthropiques : si, par exemple, la température augmente de quelques degrés, de vastes espaces aujourd'hui désertiques seront colonisés par les plantes. Quelques degrés de moins auront des incidences de même nature mais en sens inverse : les espaces aujourd'hui recouverts de végétation se transformeront en désert polaire ; certaines espèces animales risquent elles aussi de disparaître.

Notre activité en Baie du Roi (79°LN, NO du Spitsberg, Norvège) vise ainsi, depuis plusieurs années, à fournir aux écologues avec qui nous travaillons, une connaissance précise de la variation spatiale de la température à grande échelle. L'objectif du poster est de décrire le SIG et la démarche que nous avons développée pour spatialiser les températures sur un petit espace de 8 km<sup>2</sup> situé au front de deux glaciers au Svalbard. Nous avons d'abord créé notre propre réseau composé de 50 stations où les températures ont été enregistrées toutes les 6 minutes durant l'été 1999 (Joly et al., 1999). Ensuite, le recours à un SIG a permis la mise en œuvre de la méthode d'interpolation des températures à maille fine «MITEF» (Joly et Fury, 1994 ; Fury et Joly, 1995) ; ainsi, une valeur de température pour chacun des pixels de 2 m<sup>2</sup> de l'aire d'étude a pu être calculée.

#### **Terrain et méthode**

Nous avons levé sur cet espace plus de 40 000 points grâce à un G.P.S. (Brossard et al., 1998). La précision centimétrique des mesures jointe à la densité d'échantillonnage du terrain nous ont permis de restituer un M.N.T. à résolution de 2 m et d'en dériver quantité d'autres informations : la pente et l'orientation des versants, la rugosité et l'encaissement topographiques, le rayonnement global théorique, la distance de la crête ou le thalweg le plus proche, etc. Des données complémentaires proviennent d'une photographie aérienne infra rouge numérisée : probabilité, pour chaque pixel de l'aire d'étude, d'appartenir à une association végétale (toundra), à un milieu minéral humide ou à un milieu minéral sec, distance à la mer ou aux glaciers, etc.

La méthode d'interpolation opère en deux principales étapes :

- analyse statistique croisée entre les températures observées sur le terrain en 50 stations et les variables, archivées dans le SIG, qui décrivent les conditions de l'environnement ; sur cette base, un modèle de la variation spatiale des températures est établi ; ce modèle décompose la variance globale selon deux niveaux d'échelle : local et micro-local ;
- application des résultats de la modélisation pour reconstruire le champ thermique à l'ensemble de l'aire d'étude en calculant une valeur de température pour chacun des pixels de 4 m<sup>2</sup>.

### Résultats

L'exemple de la température maximale enregistrée au cours de deux journées (caractérisées par du beau et du mauvais temps) illustrera les différentes étapes de la modélisation. Par beau temps, on assiste à une puissante inversion thermique avec des températures qui dépassent parfois 30°C sur des versants bien exposés vers 400 m d'altitude tandis que les sites proches de la mer présentent des valeurs inférieures à 15°C. Par mauvais temps, la montagne présente un gel généralisé ; les milieux abrités des vents froids conservent des températures relativement élevées (8°C), ce qui est corroboré par la présence de formations toundra bien développée en ces secteurs privilégiés.

### Bibliographie

Brossard T., Desservy G., Joly D., 1998. Le GPS comme source de données géographiques à grande échelle, réalisation d'un test au Spitsberg. *Espace géographique*, n°1-1998, pp. 23-30.

Fury R., Joly D., 1995 : Présentation d'une méthode pour l'interpolation à maille fine (100 m) des températures journalières. *La Météorologie*, 8<sup>e</sup> Série, n°11, pp. 36-43.

Joly D., Fury R., Nilsen L., Brossard T., Dupont G., 1999 : Localisation optimale de capteurs en vue de la modélisation des températures sur le piémont de deux glaciers au Spitsberg. *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, Vol. 12, pp. 460-467.

Joly D., Bert E., Fury R., Jaquinot J.P., Vermot-Desroches B., 1994 : Interpolation des températures à grande échelle. *Revue Internationale de Géomatique*, Vol. 4, n°1, pp. 55-85.

Joly D., Fury R., Nilsen L., Elvebakk A., Brossard T., 2000 : Using a GIS approach for modelling temperature at a large scale (2 m resolution) on a local area taken in Svalbard. European Geophysical Society, XXV General Assembly Millennium, Conference on Earth, Planetary and Solar Systems Sciences, Nice, 25-29 avril 2000.

## **ANALYSE ET EVALUATION DE L'IMPACT DE LA SECHERESSE SUR LA VEGETATION EN ANDALOUSIE AU MOYEN DES SIG ET DE LA TELEDETECTION**

**Jesús JURADO ESTEVEZ, Arturo FERNANDEZ-PALACIOS CARMONA et José Manuel MOREIRA MADUEÑO**

Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.

L'analyse des conditions dans lesquelles se sont produites des situations de sécheresse durant les dernières 40 années en Andalousie, révèle une accentuation des séquences de déficit hydrique et surtout le fait qu'elles se rapprochent excessivement entre elles, empêchant les ressources naturelles affectées par leur impact initial de retrouver une certaine normalité. La sécheresse est en train de perdre son caractère conjoncturel pour devenir un phénomène structurel de la région. Nous assistons à la succession de périodes très contrastées : des courtes périodes de pluies intenses qui provoquent des pertes de sols élevées par érosion, suivies de périodes de plus en plus longues de déficit hydrique, auxquelles la végétation répond avec toujours davantage de difficultés à récupérer la normalité.

Afin d'effectuer le suivi de l'impact que la sécheresse représente sur la végétation naturelle et cultivée, et de disposer d'indicateurs normalisés qui puissent refléter l'évolution spatiale et temporelle du phénomène, nous avons mis en marche depuis 1996 un projet qui, en faisant appel aux SIG et à la télédétection, permet d'obtenir des indicateurs de grande utilité pour l'évaluation de l'impact de la sécheresse.

La synthèse du processus méthodologique appliqué est la suivante :

- Génération d'une bibliothèque d'images NOAA-AVHRR de l'Andalousie, dont les données numériques sont comparables (auxquelles on a appliqué des corrections géométriques, des corrections des effets atmosphériques, etc.).
- Conversion des images en Indices de Végétation (NDVI), par une combinaison algébrique des valeurs des différentes bandes de l'image, qui donnent des informations sur l'état du couvert végétal.
- Conversion des images en Températures de Surface (LST), par une combinaison algébrique des valeurs des différentes bandes de l'image, qui donnent des informations sur la température des formations et des structures de la surface terrestre.
- Création de composés décennaires du NDVI et du LST : image composée avec la valeur maximale atteinte par chaque pixel de l'image en une période de 10 jours. Ce procédé permet d'éviter les problèmes de bruit provoqués par l'angle de visée du capteur ou par des nuages peu évidents.
- Création de composés mensuels du NDVI et du LST : image composée avec la valeur maximale atteinte par chaque pixel de l'image dans le mois étudié. Ainsi on obtient

les meilleures et les pires situations du mois en une seule image et on réduit le nombre d'images à analyser.

- Création de deux indices qui représentent la variabilité interannuelle des différents composés mensuels : VCI (*Vegetation Condition Index*) pour la végétation et TCI (*Temperature Condition Index*) pour la température. De cette manière on obtient pour chaque indice la meilleure et la pire des situations de chaque pixel par rapport à la série temporelle.
- Création de l'indice d'affectation par la sécheresse (VT), qui synthétise l'information fournie par les indices précédents (VCI et TCI). De cette façon, l'indice reflète la meilleure et la pire des situations de chaque pixel par rapport à la série temporelle existante (1992-2000). Les valeurs de cet indice sont comprises entre 0 et 100 : les pixels avec des valeurs de zéro ou proches indiquent la pire des situations du pixel dans la série temporelle, tandis que la valeur de 100 représente la meilleur des situations.

L'exploitation des données obtenues par l'indice a été faite à deux niveaux :

1. Evaluation spatiale et quantitative de la distribution et de l'évolution des niveaux d'affectation par la sécheresse.
2. Evaluation quantitative de l'évolution de l'affectation par la sécheresse de la végétation selon le type d'occupation du sol.

**ESTIMATION DE L'INTENSITE MOYENNE DES PLUIES DANS LES LIGNES DE GRAINS, AU SENEGAL, PAR UNE METHODE D'AIRES INTEGRALES APPLIQUEE AUX DONNEES DE TELEDETECTION RADAR**

**C.M.F. KEBE<sup>(1)</sup>, M. RAKOTO<sup>(2)</sup>, A. NZEUKOU<sup>(3)</sup> et H. SAUVAGEOT<sup>(4)</sup>**

(1) Laboratoire de Physique de l'Atmosphère, Ecole Supérieure Polytechnique BP: 5085 Dakar-Fann Sénégal, Université Cheikh Anta Diop de Dakar email: [cmkebe@ucad.sn](mailto:cmkebe@ucad.sn)

(2) Institut de Recherche pour le Développement (IRD) Dakar-Sénégal

(3) I.U.T-F.V, Université de Dschang, BP: 134 Bandjoun, Cameroun

(4) Laboratoire d'aérodynamique, Université Paul Sabatier (Toulouse III), France

La méthode des aires intégrales permet l'estimation de l'intensité moyenne des pluies  $\langle R \rangle$  à partir de la seule mesure de la fraction d'aire  $F(\tau)$  où l'intensité de pluie est supérieure à un seuil  $\tau$ , à condition de connaître le facteur de proportionnalité  $S(\tau)$  entre ces deux grandeurs. Il est en outre nécessaire de clarifier les conditions d'application de la méthode et notamment de préciser la variabilité climatique du facteur  $S(\tau)$  par rapport aux effets saisonniers, orographiques et côtiers, etc.

A partir d'une base de données originale formée des acquisitions du radar météorologique de Dakar Yoff pendant l'hivernage 1999, nous avons analysé l'applicabilité de la méthode, pour l'estimation de l'intensité moyenne de la pluie dans les lignes de grains sahéliennes en zone côtière, sur le site de Dakar, à l'ouest du Sénégal.

Les coefficients de proportionnalité  $S(\tau)$  ont été calculés dans deux surfaces d'observation découpées, dans le site expérimental, l'une sur la terre et l'autre sur la mer. Ils montrent que les valeurs de  $S(\tau)$  sont différentes entre les zones terre et mer pour des seuils d'intensité de pluie  $\tau$  inférieurs ou supérieurs à la moyenne climatique de l'intensité de pluie  $\bar{R}$ . Par contre lorsque  $\tau$  est proche de cette moyenne, les valeurs de  $S(\tau)$  pour les zones terre et mer sont très proches. Ainsi pour une optimisation de l'estimation des pluies au Sénégal, l'on doit opérer à des seuils proches de la moyenne climatique de  $\bar{R}$ . La valeur de  $\bar{R}$  est d'environ  $5\text{mmh}^{-1}$ .



**CARTE PLUVIOMETRIQUE MOYENNE ANNUELLE DU MOYEN ORIENT****J.P. LABORDE** <sup>(1)</sup> et **M. TRABOULSI** <sup>(2)</sup>

(1) UMR 6012 Espace du CNRS - 98 bd E. Herriot - B.P. 3209 - 06204 NICE Cedex 3  
E-Mail : [laborde@unice.fr](mailto:laborde@unice.fr)

(2) Maison de l'Orient – GREMMO - 7, rue Raulin - 69007 Lyon.  
E-Mail : [Myriam.Traboulsi@mom.fr](mailto:Myriam.Traboulsi@mom.fr)

Le secteur étudié s'étend entre 29 et 37.5° de latitude nord et 34 et 42.5° de longitude est. C'est une zone de transition entre les régions tempérées, fréquemment balayées par les perturbations du front polaire et les déserts subtropicaux.

Cette région est caractérisée par un climat méditerranéen ; l'année est divisée en deux saisons bien distinctes : la saison pluvieuse va d'octobre à mai, l'ensemble de la région est sous l'influence d'une circulation méridienne (ondulations du jet-stream subtropical en particulier) faisant alterner des types de temps perturbés, pluvieux, et des types de temps anticycloniques, donc de beau temps. Durant la saison sèche qui s'étend de juin à septembre, la région est marquée par une subsidence anticyclonique (présence des hautes pressions subtropicales en altitude), donc absence de précipitations. La durée de cette saison croît à mesure que l'on va vers l'est et le sud, en sens inverse de la pluviométrie moyenne annuelle. Cette dégradation est liée à plusieurs facteurs : latitude, longitude et surtout disposition du relief qui joue un rôle important.

Cette région présente une organisation méridienne en trois ensembles parallèles (Sanlaville, 2000) : un double alignement de montagnes ou de plateaux séparés par une dépression, complexe mais importante, allant du Ghab (au nord du secteur) au golfe d'Aqaba passant par la Béquaa (Liban), le fossé du Jourdain et la mer Morte (-410 m).

La partie centrale (Liban) est marquée par deux chaînes montagneuses qui se dressent parallèlement à la côte orientale de la mer Méditerranée. A l'ouest, la chaîne occidentale culmine à 3083 m, alors que la chaîne orientale (Anti-Liban, Hermon) culmine à 2814 m. Ces deux chaînes, séparées par la plaine de la Béquaa, ont une orientation SSW-NNE.

Plus au nord, après le passage naturel (effacement de l'altitude) qui se trouve au droit de Tripoli (trouée de Tripoli Homs), la chaîne occidentale libanaise se prolonge en Syrie par la chaîne Alaouite, beaucoup moins élevée et d'orientation méridienne ; elle culmine à 1583 m. La plaine du Ghab représente le prolongement de la Béquaa, alors que la chaîne orientale se prolonge, en Syrie, par des plateaux pas très élevés (le djebel Zaouyé culmine à 939 m). Les chaînons de Qalamoun et de la palmyrène s'écartent de l'Anti-Liban, au nord de Damas, pour prendre une direction SW-NE. La topographie s'abaisse progressivement d'ouest en est vers la Mésopotamie.

Au sud, l'orientation du relief est de nouveau méridienne, le fossé de Jourdain est dominé à l'est par les plateaux jordaniens qui s'abaissent lentement d'ouest en est, leur maximum de culmination est atteint au sud (1727), alors qu'ils sont de moins en moins élevés vers le nord de la Jordanie (1247 à Ajloun) avec un ensellement au droit d'Amman. A l'ouest, les plateaux

palestiniens sont moins élevés que les plateaux jordaniens. La partie nord de la Galilée est la plus élevée d'Israël, atteint 1208m alors qu'au sud, le Négev culmine à 1035 m.

#### Données pluviométriques

Nous avons d'abord estimé la moyenne annuelle de 116 stations sur une période de 30 ans allant de 1960-61 à 1989-90, dont la plupart se trouvent en Syrie (3 au Liban, 5 en Israël et 9 en Jordanie).

Pour assurer une bonne couverture spatiale, nous avons jugé utile d'utiliser également les moyennes des séries lacunaires pour toutes les stations du réseau de l'ensemble de la région. Dans la plupart des cas, les séries sont longues (plus de 20 ou 25 et quelques fois 40 ans par exemple au Liban), mais ne sont pas concomitantes. Au Liban, par exemple, toutes les observations s'arrêtent en 1971 (à part 3 stations). Le nombre final des stations utilisées est de 241.

#### Démarche cartographique

Il existe manifestement un rapport étroit entre le relief et la répartition spatiale des précipitations. Pour mettre en évidence cette influence du relief, la cartographie des précipitations a été établie par krigeage en tenant compte du relief. Le relief est connu à travers un modèle numérique de terrain à la maille d'une demi-minute d'angle ( $\approx 900$  m). Dans un premier temps nous avons approché les gradients altimétriques locaux dans une fenêtre glissante permettant une évaluation fiable de ce gradient (une dizaine de postes avec une amplitude d'altitude de 200 m au moins). Ces estimations locales des gradients font ensuite l'objet d'un premier krigeage. Connaissant alors en tout point le relief et le gradient altimétrique, on peut évaluer en chaque poste la part de la pluie qui n'est pas expliquée par le relief. Ces "résidus" présente une organisation spatiale qui permet également de les estimer en tout point par un second krigeage. La carte finale tient donc compte du relief avec des gradients altimétriques variables.

#### Interprétation de la carte des pluies moyennes annuelles

La disposition du relief introduit une dissymétrie quant à la distribution de la pluviométrie : des régions " au vent " bien arrosées, recevant plus de 1000 mm (plus de 1600 mm au Liban, 1300 mm en Syrie). A ces régions humides, s'opposent des régions " sous le vent " abritées par les chaînes montagneuses. La pluviométrie diminue rapidement à mesure que l'on va vers l'est ; en l'espace de 100 km, Damas, située à plus de 700 m d'altitude est déjà dans le désert (200 mm/an). L'effet d'abri est très accentué à la latitude du Mont-Liban et la pluviométrie annuelle tombe en Syrie aux alentours de 100 mm/an malgré l'altitude.

Une nette diminution de la pluviométrie est à signaler à mesure que l'on va vers le sud, mais le gradient est moins fort. La topographie s'abaisse, et le rôle de la latitude se fait sentir davantage ; on passe à plus de 800 mm sur le littoral nord (Liban, Syrie) pour arriver à 525 mm à Tel-Aviv et à un peu plus de 300 mm à Gaza. Il en est de même à l'intérieur ; la pluviométrie n'atteint pas 50 mm au sud de la Jordanie et du Négev.

A ces effets d'abri, créés par les montagnes, s'opposent les effets de " trouées " qui permettent la pénétration de vents humides très loin vers l'intérieur. Ainsi en est-il de la trouée de Tripoli Homs : les isohyètes s'infléchissent vers le nord-est. Au sud, la montagne libanaise

s'efface, et il en est de même de l'Hermon : le relief devient moins important ce qui permet aux vents humides de pénétrer très loin en Syrie d'où l'importance de la pluviométrie dans le Golan pourtant pas très élevé.

#### Conclusion

Nous pouvons dégager les traits principaux de la pluviométrie de la zone :

Les versants "au vent" exposés aux vents humides sont bien arrosés et les versants "sous le vent" abrités par le relief subissent un effet de fœhn ; ils ont en conséquence une pluviométrie très médiocre.

Une décroissance de la pluviosité se manifeste de l'ouest vers l'est, par continentalité, ainsi que du nord vers le sud (effet de latitude), mais avec un gradient plus faible.

Les surfaces médiocrement arrosées (moins de 200 mm) sont très étendues par rapport au total de la superficie.

Plusieurs pôles de forte pluviosité, d'importance inégale, s'individualise nettement :

- l'ouest du secteur et notamment côté nord (montagnes libanaises et syriennes) ;
- le Sud-Ouest du secteur, englobant le Golan, le Nord-Ouest élevé de la Jordanie et le Nord d'Israël ;
- le Nord-Est syrien, relativement arrosé grâce aux montagnes turques.



**LA STATION DE REFERENCE VALENCIA ANCHOR STATION  
DE DONNEES ET DE PRODUITS DE TELEDETECTION A GRANDE ECHELLE**

**E. LOPEZ-BAEZA<sup>(1,2)</sup>, C. ANTOLIN<sup>(2)</sup>, A. BODAS<sup>(1)</sup>, N. CASTELL<sup>(1,3)</sup>,  
F. FERRER<sup>(2)</sup>, J.F. GIMENO<sup>(1)</sup>, J. RAUSELL<sup>(1)</sup> et K. SALEH<sup>(1)</sup>**

(1) Departamento de Termodinamica, Unidad de Investigacion de Teledeteccion.

(2) Centro de Investigaciones sobre Desertificacion (cide).

(3) Centro de Estudios Ambientales del Mediterraneo (CEAM). c/ Dr Moliner, 50.  
Burjassot. 46100 Valencia. Tel.: +34.96.3983118, Fax: +34.96.3983385

E-mail: [Ernesto.Lopez@uv.es](mailto:Ernesto.Lopez@uv.es)

L'avènement de la nouvelle génération de plates-formes spatiales d'observation de la Terre a lieu en même temps que la production quasi complètement opérationnelle de séries globales de données sur la surface terrestre issues des satellites. Pendant ces dix dernières années des expériences de terrain ont été menées afin de valider les algorithmes de conversion des radiances en des grandeurs capables de quantifier l'état physique/biologique de la surface de la Terre. Il est logique de penser que la conception et l'organisation de ces expériences, toujours très coûteuses, seront en diminution progressive avec l'augmentation de l'utilisation de ces nouvelles séries de données. Or les recherches sur le Changement Global doivent s'appuyer sur une information de bonne qualité déductible à partir des mesures de télédétection. En outre, les changements dans l'instrumentation et la dégradation normale des capteurs, ainsi que le développement de techniques avancées d'évaluation, requièrent une vérification continue du fonctionnement du système et la permanente actualisation des données d'étalonnage des instruments.

Aussi sommes-nous actuellement témoins de l'établissement de réseaux internationaux de stations d'observation reliées entre elles de façon à pouvoir réaliser des mesures spécialisées pour l'étalonnage des composants du système d'observation de télédétection, permettant ainsi la validation de ses produits. Ce sont les stations nommées *Anchor Stations*, dans lesquelles on effectue des mesures qui sont également obtenues par télédétection au moyen d'algorithmes contrastés et où l'on procède au suivi de toutes les mesures nécessaires à l'interprétation des radiances primaires observées : l'albédo (spectral et total), la réflectivité angulaire, la température radiométrique, l'émissivité, le profil vertical des températures, les composants du bilan radiatif et du bilan d'énergie, la précipitation, l'humidité du sol, l'épaisseur optique de l'atmosphère, les radiosondages, les types d'aérosols et leur distribution verticale, les paramètres de végétation.

La nature particulière des mesures de télédétection, qui se réfèrent à des valeurs intégrées en aires, oblige les *Anchor Stations* à être représentatives de zones couvrant au moins 9 pixels des capteurs. Il faut penser à des aires d'environ au moins 10x10 km<sup>2</sup>. Toutes les principales régions climatiques devraient être représentées par une *Anchor Station*, ainsi que les principaux types de couverts végétaux. Les alentours des stations devraient être adéquats à la réalisation des expériences voulues à un moment donné.

La grande taille du pixel de certaines missions spatiales telles que GERB (*Geostationary Earth Radiation Budget*), SMOS (*Soil Moisture and Ocean Salinity*), EarthCARE (*Earth*

*Clouds, Aerosols and Radiation Explorer*), soulève une série de questions scientifiques qui font nécessaire la réalisation de mesures concrètes et spécifiques sur des zones très étendues. Ces régions doivent être très bien contrôlées du point de vue d'autres mesures complémentaires, elles aussi à grande échelle.

La région de Castilla – La Mancha (Espagne Centrale) a été l'objet d'une série de campagnes scientifiques de recherche parmi lesquelles se trouvent (i) l'étalonnage "vicarious" de METEOSAT, (ii) EFEDA (*ECHIVAL Field Experiment in Desertification-threatened Areas*). ECHIVAL signifie *European International Project on Climatic and Hydrological Interactions between Vegetation, Atmosphere and Land Surface*. La région a aussi constitué une zone de référence lors des projets RESMEDES (*Remote Sensing of Mediterranean Desertification and Environmental Stability*) et RESYSMED (*RESMEDES Synthesis of Change Detection Parameters into a Land-Surface Change Indicator for Long-Term Desertification Studies*), suite naturelle et conclusion du projet EFEDA, et (iii) RISMOP (*Radiometric Impact of Surface Moisture After Precipitation*).

L'Université de Castilla – La Mancha (UCLM) possède trois *Anchor Stations* dans la région situées respectivement à Barrax (cultures irriguées intensives et extensives), à Tomelloso (vigne et cultures non irriguées de céréales principalement) et à El Bonillo (forêt). L'Université de Valence (UVEG) installera une nouvelle station jumelle (homogène et cohérente avec les précédentes) dans la partie occidentale de la Comunidad Valenciana (CV), sur le haut-plateau d'Utiel et Requena. Cette zone présente des caractéristiques environnementales très semblables à la précédente. Ainsi, ses sols sont similaires à ceux de Tomelloso et l'occupation du sol et représentée majoritairement aussi par la vigne et par certaines cultures non irriguées de céréales. L'ensemble des deux régions constituerait donc une zone d'environ 300 km de largeur, raisonnablement homogène, singulière et unique en Europe, adaptée à la conception et à la mise en œuvre d'expériences de terrain à grande échelle pour la validation des données et produits de télédétection et plus particulièrement des capteurs à très basse résolution spatiale.

Les objectifs spécifiques des études à réaliser dans la zone sont :

(i) *La définition d'une zone de validation à grande échelle pour des missions de basse résolution spatiale* : parmi les conditions requises pour la sélection d'une zone d'Etalonnage/Validation (Cal/Val) des données/produits de télédétection se trouvent l'information, la documentation, la disponibilité de mesures sur des longues périodes de temps et l'attention et la maintenance de la zone. Les zones de CV et de CLM répondent à ces critères pour les raisons que nous exposons ensuite. En effet, la *Consellería de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes* de la CV a documenté scientifiquement son territoire du point de vue du sol comme ressource naturelle et dispose de cartes des sols, des unités environnementales, des potentialités d'occupation du sol, d'érosion potentielle, d'érosion actuelle. Tout ceci est intégré dans un SIG parfaitement documenté. La deuxième phase du travail est actuellement en cours de réalisation afin d'obtenir la carte d'occupation du sol et d'analyser les changements dans l'occupation du sol de manière opérationnelle. La région de CLM a également été étudiée exhaustivement, et nous disposons d'information sur les sols, la végétation, la classification de l'occupation du sol (particulièrement pour la vigne), des études détaillées sur des cultures non irriguées et leur relation avec les variables climatiques.

La zone proposée est définie précisément à partir des informations précédentes, prenant en compte les caractéristiques des sols, du climat, etc. La zone inclut la région de CLM avec les

trois *Anchor Stations* de l'UCLM et la partie de la CV constituée par le haut-plateau d'Utiel et Requena, où une quatrième *Anchor Station* jumelée avec les trois autres est en cours d'installation. Il en résulte ainsi une zone très étendue, de plus de 300 km de côté, raisonnablement homogène, notamment du point de vue de la basse résolution des capteurs concernés. La première des tâches à réaliser dans la zone consiste à homogénéiser la grande quantité d'information disponible et à compléter cette information dans les espaces intermédiaires par des interpolations basées sur des techniques de statistique spatiale (*kriging et co-kriging*) et de télédétection. Nous pouvons affirmer qu'il n'existe en Europe aucune autre zone de caractéristiques similaires, si étendue et homogène et en même temps située dans une zone climatique d'un tel intérêt.

(ii) *La définition et la caractérisation d'un pixel de référence de grandes dimensions* : en complément à l'objectif précédent, nous avons l'intention de réaliser des études spécifiques qui puissent faciliter la préparation de futures activités de Cal/Val dans les missions mentionnées auparavant. C'est un objectif ambitieux qui a été considéré positivement par le Groupe Scientifique International SMOS et par le GIST (GERB International Science Team) en acceptant la zone comme zone de base pour ces activités. Cet objectif suppose la réalisation de plusieurs tâches qui partent de la classification des différentes unités environnementales de la zone. Nous visons donc à sélectionner une zone d'environ 40 km de côté (approximativement la taille d'un pixel de SMOS ou de GERB) sur laquelle nous pourrions concevoir et réaliser un réseau organisé de mesures fixes de l'humidité du sol, en relation avec la mission SMOS. Les hétérogénéités à l'intérieur de chaque unité seront caractérisées en réalisant des profils de mesures TDR (Time Domain Reflectometry). Ces mesures, avec d'autres mesures angulaires prises avec des radiomètres en bande L (d'autres institutions collaboratrices), permettront de faire une bonne caractérisation électromagnétique des unités définies. Il est préférable que cette caractérisation soit réalisée sous des conditions différentes au cours de l'année ; elles devraient au moins être effectuées pendant une période sèche et une autre période suivant immédiatement un épisode significatif de pluie. Dans ce dernier cas, la variabilité spatiale des précipitations sera prise en compte, ainsi que les effets topographiques. En relation avec la mission GERB, la caractérisation du pixel doit commencer par des mesures d'albédo effectuées sur les unités environnementales définies.

(iii) *L'étude des processus de changement d'échelle. Critères d'agrégation et de désagrégation* : Sans doute la grande taille, aussi bien de la zone que du pixel de référence, nous oblige à étudier exhaustivement les processus de changement d'échelle qui permettent de comparer des mesures venant de sources aussi diverses que des mesures ponctuelles, des mesures prises à bord d'un avion, des mesures effectuées par des satellites avec des différentes résolutions spatiales et établir les critères d'agrégation et de désagrégation des mesures.



## VARIATION SAISONNIÈRE DE L'INTENSITÉ DES PRÉCIPITATIONS MAXIMALES DANS LES PYRÉNÉES CENTRALES. ANALYSE SPATIALE ET CARTOGRAPHIQUE

**Adrian LORENTE GRIMA et Santiago BEGUERIA PORTUGUES**

Instituto Pirenaico de Ecología, CSIC, Campus de Aula Dei, Apartado 202,  
50080-Zaragoza. Tlf 976 71 61 42. Fax: 976 71 60 19

E-mail : [adlor@ipe.csic.es](mailto:adlor@ipe.csic.es)

Les facteurs climatiques et plus concrètement le régime des précipitations représentent un facteur très important dans la formation de possibles risques naturels non seulement climatiques, mais aussi géologiques ou géomorphologiques. L'intensité des précipitations joue un rôle très important dans la formation de glissements de terrain, particulièrement en zones de montagne. L'étude spatiale des précipitations ainsi que de leurs intensités représentent un premier pas dans la délimitation des zones à risque. Cela s'accroît encore plus dans les zones montagneuses où les variations spatiales sont majeures. Dans ces zones les modèles spatiaux des précipitations dépendent fortement du relief ainsi que des facteurs climatologiques. L'accroissement des précipitations avec l'altitude est établi, mais il n'est pas le seul facteur qui peut influencer, en effet il existe d'autres facteurs qui peuvent également jouer un rôle important dans les régimes des précipitations : la proximité des barrières topographiques, l'orientation, la proximité du micro-relief.

L'analyse spatiale et l'analyse cartographique de l'intensité des précipitations dans une zone des Pyrénées centrales représentent l'objectif de ce travail. Pour cette étude on a utilisé les données de précipitation journalière de 37 stations climatiques situées dans la zone d'étude. Deux modèles de précipitation ont été distingués : le premier, les pluies hivernales maximales qui généralement sont la conséquence des différents fronts qui balayent la totalité de la zone, le second, les précipitations d'été, celles qui sont produites par les phénomènes locaux de convection.

L'étude a tenu compte de la saisonnalité de l'intensité et de la durée des pluies en différenciant non seulement les pluies journalières mais également les précipitations accumulées en 3, 5 et 7 jours consécutifs. Pour faire la modélisation des données, nous avons utilisé un Système d'Information Géographique, en divisant le terrain en une trame de 100 x 100 m. A partir du Modèle Digital du Terrain on a procédé à dériver les différentes variables topographiques. Ces variables sont; l'altitude, l'exposition (N, S, E, W), la rugosité du terrain, l'élévation moyenne, la différence d'altitude, la pente moyenne du terrain, cela dans des différents rayons d'interventions (0, 5, 1, 2, 5 et 8 km).

L'étude statistique a permis de découvrir que certaines variables topographiques ont une majeure influence sur les précipitations de différentes saisons (hiver et été). Les pluies d'hiver sont influencées par les variables topographiques dans un rayon de plusieurs kilomètres (différence de niveau, élévation moyenne, etc.). Par contre, les pluies d'été sont influencées en général par les variables du relief de proximité, telles la rugosité ou la différence de niveau maximum dans un rayon de 0,5 ou 2 kilomètres.

Enfin, à partir de l'Analyse en Composantes Principales des variables topographiques on a déduit cinq variables principales. Avec ces principales variables on a réalisé des différentes régressions pour chaque précipitation (1, 3, 5 et 7 jours, tant en hiver comme en été). Le résultat final permet la réalisation de diverses cartes pour la zone d'étude.

## **CARACTERISATION DE L'ILLOT DE CHALEUR DE LA VILLE DE VIGO A TRAVERS DES IMAGES DE SATELLITE ET DES MESURES ITINERANTES.**

**Alberto MARTI EZPELETA<sup>(1)</sup>, Saïda KERMADI<sup>(2)</sup> et Eduardo GARCIA MARTINEZ<sup>(3)</sup>**

(1) Université de Santiago de Compostela. Dpt. de Geographie. Pza. de la Universidad, s/n 15782 Santiago (Espagne). Tél. : 981-583300 (ext. 12631). E-mail: [xemarti@usc.es](mailto:xemarti@usc.es)

(2) Université du Maine. Département de Géographie. Avenue Olivier Messiaen 72 085 LE MANS cedex 9. Tél. : 02-43-83-37-58. E-mail: [Saïda.Kermadi@univ-lemans.fr](mailto:Saïda.Kermadi@univ-lemans.fr)

(3) Université de Santiago de Compostela. Dpto. de Geographie. Pza. de la Universidad, s/n 15782 Santiago (Espagne).

Ce travail analyse l'îlot de chaleur de la ville de Vigo (Galice, Espagne) correspondant à plusieurs types de temps. La ville de Vigo a une population de 273.000 habitants et elle est située sur le versant méridional de la Ría de Vigo, dans une localisation littorale.

Facteurs géographiques locaux comme la densité constructive variée, les contrastes topographiques et la proximité de la mer, constituent des facteurs très importants de l'apparition de variations de température entre les différents districts urbains et entre le centre de la ville et sa périphérie.

Egalement, les facteurs atmosphériques, c'est-à-dire, les types de temps qui arrivent pendant l'année contribuent à accentuer ou à amortir ces contrastes thermiques. Avec situations de forte stabilité anticyclonique les différences de température parmi le centre de la ville et la périphérie peut atteindre les 7° ou 8°.

Pour l'étude de l'îlot de chaleur à Vigo on a utilisé deux sources d'information. Les données ponctuelles recueillies pendant les itinéraires périodiques urbains en voiture et avec une station mobile composée par un thermohygromètre digital. Les images de l'infrarouge thermique capturées par le satellite NOAA sont également utilisées. Plusieurs études ont montré l'efficacité des données satellitaires pour estimer la température de l'air et compléter les mesures ponctuelles peu denses.

Dans cette étude, nous présentons des cartes de température minimale de la ville de Vigo réalisées à partir d'une corrélation linéaire entre les données ponctuelles et les données NOAA. Elles permettent non seulement la généralisation des données stationnelles, mais fournissent également des renseignements sur le milieu géographique.



## ELABORATION D'UNE CARTOGRAPHIE CLIMATIQUE DE BASE : UN OUTIL DE GESTION DE L'ENVIRONNEMENT POUR UN ETAT DU CÔNE SUD AFRICAIN, LE LESOTHO

Juan Pablo MARTINEZ RICA et David NOGUES BRAVO

Instituto Pirenaico de Ecología – CSIC. Avda. Montañana, 1005, Apdo. 202, 50080 Zaragoza, España. Téléphone: 976716034 ; Fax: 976716019 ; E-mail: [dnogues@ipe.csic.es](mailto:dnogues@ipe.csic.es)

Ce travail a été développé grâce à notre participation dans le projet : "Global Change and Subsistence Rangelands in Southern Africa : Resource Variability, Access and Use in Relation to Rural Livelihoods and Welfare", qui a été financé par le Programme INCO-DC de l'Union Européenne (Arntzen, 1998). Trois pays sud-africains ont collaboré dans ce projet : le Botswana, l'Afrique du Sud et Lesotho, ainsi que trois pays européens : le Royaume Uni, la Norvège et l'Espagne. La particularité des caractéristiques topographiques du Lesotho justifie le partenariat qui s'est créé entre ce pays et l'équipe espagnole. Les résultats exposés correspondent exclusivement au Lesotho.

Lesotho est un petit pays situé à l'intérieur de la République Sud-africaine, dont la superficie est de 30.000 km<sup>2</sup> environ et sa population de deux millions d'habitants. Habité depuis le début du XIX<sup>ème</sup> siècle par l'ethnie *basotho*, il a été protectorat britannique depuis 1868 et ne devient indépendant qu'en 1966. C'est un pays très montagneux, avec des altitudes qui varient entre les 1.500 et les 3400 mètres d'altitude. C'est dans la région la plus occidentale -un bassin envahi par des plateaux- où se concentre la majeure partie de la population et des terres cultivées. Sur les deux tiers restants du pays -occupés par une énorme surface basaltique- l'érosion a taillé de nombreuses chaînes montagneuses. Les *Mts. Maluti* et les *Mts. Drakensberg*, qui constituent la frontière la plus orientale du pays, sont les plus remarquables dû aux spectaculaires escarpements de plus de mil mètres d'altitude. Le climat est tempéré et continental dans le bassin et le reste du pays est caractérisé par un climat de montagne. Bien que la forêt du Lesotho ait presque disparue, il reste encore quelques formations végétales afroalpines très intéressantes (Chakela, 1997).

Le surpâturage, l'intense érosion et le mauvais aménagement du territoire ont provoqué des pertes de sol considérables. La cartographie qui a été élaborée dans le projet, bien que provisoire, devrait faciliter une meilleure gestion du territoire. En plus, elle pourra être utilisée dans le futur lors de l'élaboration d'un Atlas Ecologique du Lesotho. Dans cette occasion, on va faire uniquement référence aux cartes climatiques, dans lesquelles on représente la distribution spatiale et temporelle des températures moyennes, maximums et minimums, ainsi que l'oscillation thermique, les précipitations, les périodes de gel, la radiation solaire et la nébulosité. Les cartes de chutes de neige et de distribution des vents sont en phase d'élaboration. Comme la méthodologie employée dans chacune des cartes ne peut pas être décrite ici dans sa totalité dû à sa grande complexité, nous dirons seulement qu'elles sont le résultat des modèles théoriques du Modèle Digital de Terrain du Lesotho. À continuation nous exposons quelques détails supplémentaires.

L'analyse commence par l'élaboration du Modèle Digital de Terrain à partir duquel on obtient directement les cartes d'hypsométrie, carte de pentes et d'orientations. Avec ces trois variables et le gradient adiabatique des différents mois et situations il est possible de créer des cartes

thermiques (température moyenne annuelle, hivernale et estivale) et, à partir de celles-ci, élaborer des cartes d'oscillation thermique. Avec toute cette cartographie et les données de variation de pluviosité (Arduino et al., 1994), d'altitude et d'orientation, ainsi que les données enregistrées dans les diverses stations pluviométriques du pays, on peut essayer de faire des cartes de précipitations, de chutes de neige et de probabilité de périodes de gel.

La carte de nébulosité a une autre origine, décrite dans le travail des auteurs. Outre la cartographie expliquée, nous avons élaboré d'autres cartes -radiation solaire potentielle et réelle (Nogués y Martínez Rica, 2001)- afin d'obtenir des indicateurs climatiques plus complexes.

Il est évident que cette application n'est pas entièrement satisfaisante. En premier lieu, elle ne peut être validée qu'après vérification sur le terrain. Cela résulte pour le moment très compliqué dans un pays où la saisie de données est plutôt difficile. Deuxièmement, les résultats cartographiques obtenus représentent des situations moyennes (généralement on représente des moyennes annuelles) qui rarement correspondent avec une réalité qui varie constamment –elles vont correspondre seulement dans certains points du territoire. Finalement, on pourrait discuter la valeur qu'une synthèse climatique a réellement pour la gestion du territoire, dans un pays où l'on remarque une claire tendance à l'augmentation de la température atmosphérique moyenne.

De toutes façons, la cartographie élaborée constitue une contribution importante à la connaissance du territoire dans un pays où la saisie de données est difficile, comme c'est le cas du Lesotho. L'étude représente ainsi un exemple d'utilisation d'une méthodologie robuste pour l'analyse de situations climatiques peu étudiées. Pour finir, nous dirons que l'application de modèles distribués spatialement permet l'élaboration d'une nouvelle cartographie de variables non climatiques qui ont une grande importance écologique (évapotranspiration potentielle, ruissellement superficiel et intensité dans la perte des sols).

**CARTOGRAPHIE CLIMATIQUE ÉLÉMENTAIRE POUR L'ANALYSE DE  
L'ENVIRONNEMENT PHYSIQUE DES ESPACES NATURELS AU SUD DES  
PROVINCES DE SALAMANCA - AVILA (ESPAGNE)**

**J. MATEOS <sup>(1)</sup>, J. L. GOY <sup>(1)</sup>, I. VILLOTA <sup>(2)</sup>, I. BUSTAMANTE <sup>(3)</sup>, I. BARRERA <sup>(4)</sup>, E.  
ROQUERO <sup>(5)</sup>**

- (1) Dpto. de Geología (Geodinámica Externa). Fac. de Ciencias. Univ. de Salamanca. 37008 Salamanca. E-mail : [Joselgoy@gugu.usal.es](mailto:Joselgoy@gugu.usal.es)
- (2) Dpto. de Ideación Gráfica Arquitectónica. E.T.S. Arquitectura. U.P.M. Ciudad Universitaria. 28040 Madrid
- (3) Dpto. de Geología. Fac. de Ciencias. Univ. de Alcalá. 28871 Alcalá de Henares, Madrid. E-mail : [irene.bustamante@uah.es](mailto:irene.bustamante@uah.es)
- (4) Dpto. de Biología Vegetal. Fac. de CC. Biológicas. U.C.M. Ciudad Universitaria. 28040 Madrid. E-mail : [genista@eucmax.sim.ucm.es](mailto:genista@eucmax.sim.ucm.es)
- (5) Dpto. de Edafología. E.T.S.I. Agrónomos. U.P.M. Ciudad Universitaria, 28040 Madrid.

L'objectif de ce travail est l'élaboration de cartographies spécifiques de paramètres climatiques à partir d'une base de données informatisée. Elles seront utilisées postérieurement pour d'autres études de l'environnement physique de la zone Sud de la province de Salamanca. Cette zone, méconnue du point de vue climatique, est constituée d'une série de chaînes montagneuses appartenant au Système Central (Sierra de Gata, la Peña de Francia, La Alberca et Bejar -Candelario) où la plupart d'espaces naturels de la province se trouvent : le paysage protégé de «El Rebollar», Paysages naturels de Las Batuecas et Candelario et la zone NW du Parc Régional de la Sierra de Gredos. Tous ces espaces sont d'un très haut intérêt par leur conservation naturelle et leur singularité culturelle, en rapport -dans certains cas- avec les conditions climatiques.

La zone étudiée possède une cartographie rectangulaire (échelle 1 : 500 000) de 130 par 60 km. Elle comprend le Sud des provinces de Salamanca et d'Avila et le Nord de Cáceres (coordonnées UTM, référencées au fuseau 30, 160000 à 219000 W et 4450000 à 4510000 N) avec une différence d'altitude de 1 100 mètres.

#### Methodologie

Pour leur traitement en feuille de calcul (EXCEL-98), les données employées - en support informatique et format de texte de l'Institut National de Météorologie, correspondantes à des valeurs mensuelles - ont été transformées en traitant station par station. Pour obtenir les valeurs moyennes, les données ont été groupées sur une feuille de calcul sommaire utilisée comme entrée pour un intégrateur graphique (SURFER 7) pour le tracé des diagrammes correspondants d'isolignes ; ceux-ci ont été ensuite exportés à des fichiers sous format de méta-fichier WINDOWS, compatible pour le SIG ILWIS 2.2 utilisé.

Quatre-vingt-treize stations météorologiques ont été traitées ; la plupart des stations -stations de base- possédaient un registre pluviométrique et d'autres offraient, en outre, des données thermiques -stations complètes-. Toutes les données disponibles ont été traitées et les stations ayant des couvertures temporelles manifestement insuffisantes (moins de 60 mois) pour leur représentativité ont été rejetées. Un total de quatre-vingt-trois stations a donc été utilisé dans

cette étude. Leur distribution spatiale, en longitude, latitude et altitude a été analysée pour évaluer leur niveau de couverture dans l'ensemble de la zone d'étude et leur possible éloignement d'une distribution linéale. Par la suite, les isolignes de chaque paramètre de base ont été tracées pour leur postérieure surimposition comme des niveaux de données dans les études environnementales ainsi que pour l'élaboration de diagrammes tridimensionnels (3D) permettant d'évaluer les conditions climatiques élémentaires par rapport à d'autres paramètres de l'environnement physique.

### Résultats

Une cartographie des paramètres élémentaires climatiques - cartes d'isothermes et d'isohyètes annuelles et la carte de l'isoévapotranspiration mensuelle moyenne a été élaborée pour toute la zone. D'autre part, les indices d'aridité et d'humidité de Thornthwaite ainsi que la cartographie des types climatiques à partir de l'indice hydrique annuel ont été utilisés et représentés. Au moyen de l'ILWIS, la carte d'orientations et d'expositions des versants par rapport aux vents et à la lumière solaire a été dressée et par la suite elle a été comparée à la carte de radiation solaire de la province de Salamanca (Santa Regina, 1987). Les conditions climatiques de ces unités du territoire ont pu ainsi être déterminées. Aussi, au moyen du SIG, les différentes couches climatiques élémentaires ainsi que les indices, d'humidité, d'aridité et hydrique ont-ils été associés aux couches des principaux composants de l'environnement physique : la géomorphologie, les sols et la végétation. La relation existant entre le climat et les processus morphogénétiques, le bilan hydrique des sols et les étages bioclimatiques des aires concrètes a été établie, obtenant des bandes altitudinales (conditionnées aussi par l'orientation) des différents processus et formes, des types pédogénétiques et des séquences bioclimatiques caractérisés du point de vu thermique et ombrique. Finalement, le climat a été associé à l'aménagement du territoire, à la distribution, orientation et position altitudinale des villages, à la configuration de leurs rues, lesquels dépendent du besoin d'exploitation maximale solaire, de la ventilation et des pluies.

### Remerciements :

Travail cofinancé avec des fonds FEDER (IFD97-0222)

### Bibliographie

Aguilo, M., Aramburu, M. P. Et al. (1998). Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y metodología. Ministerio de Medio Ambiente. Serie Monografías. Cap. IV. Clima, 93-162 y V. Geomorfología, 163-208.

Allne, J. L. (1990). Atlas fotoclimático de España. Taxonomías. INIA. MAPA. Monografía 69, Madrid.

Cerezuela, F. (1977). Evapotranspiración y microclimas de la vertiente mediterránea del Sur de España. Univ. de Málaga. Málaga.

De Luis Calabuig, E. (1992). "Bioclima". En: El Libro de las Dehesas Salmantinas (Coord. J. M. Gómez Gutierrez). Junta de Castilla y Leon. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Servicio de Educación Ambiental. Serie B, 125-178.

- Elias Castillo, F., Giménez Ortiz, R. (1965). Evapotranspiraciones potenciales y balances de agua en España. Mapa Agronómico Nacional. Dirección General de Agricultura.
- Elias Castillo, F., Ruiz Beltran, L. (1979). Precipitaciones máximas en España. Estimaciones basadas en métodos estadísticos. ICONA. Monografía 21. Vol. 1 (textos), Vol. 2 (mapas)
- Emberger, L., Gaussen, H., Kassas, M., De Philippis, A., Baguouls, F. (1963). Carte Bioclimatique de la region mediterranee. Recherches sur la zone aride, XXI, FAO.
- Gandullo, J. M. (1974). Ensayo de evaluación cuantitativa de la insolación y de la pendiente del terreno. INIA. Serie Recursos Naturales, 3.
- Givoni, B. (1969). Man Climate and Architecture Building. Res. Station technion. Israel Inst.of Technology. Elsevier Publising Company. London.
- Santa Regina, I. (1987). Estimaciones de la radiación solar según la topografía salmantina. Serie Ciencias. Diputación de Salamanca.
- Thornthwaite, C. W. (1948). An approach toward a national clasification of climate. Geogr. Rev. 38, 55-94.
- Walter, H., Lieth, H. (1960). Klimadiagramm Weltatlag. Fischer Verlag. Jena.
- Wilson, L. (1969). Les relations entre les processus géomorphologiques et le climat moderne comme méthode de Paléoclimatologie. Revue de Géographie physique et de Geologie Dynamique. Vol. XI, Fasc. 3, pp. 303-314



**APPLICATION DES SYSTEMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE (SIG) EN CLIMATOLOGIE - DISTRIBUTION ET VARIATION DE LA TEMPERATURE DE L'AIR AU PORTUGAL CONTINENTAL**

**Sofia MOITA <sup>(1)</sup> et Álvaro SILVA <sup>(1 et 2)</sup>**

(1) Instituto de Meteorologia, Rua C – Aeroporto, 1749 – 077, Lisboa, Portugal ; Tel.: 21 848 39 61; Fax: 21 840 23 70. E-mail: [sofia.moita@meteo.pt](mailto:sofia.moita@meteo.pt) et [alvaro.silva@meteo.pt](mailto:alvaro.silva@meteo.pt)

(2) Centro de Estudos de Geografia e Planeamento Regional, Av. de Berna 26-C, 1069-061, Lisboa, Portugal; Tel. 21 793 39 19; Fax. 21 797 77 59.

En considérant qu'actuellement les SIG ont un rôle important de développement des activités de planification et gestion, notamment en climatologie, ce travail se propose de montrer les avantages d'analyse spatiale de cette nouvelle technologie.

Un Système d'Information Géographique est un outil informatique permettant de représenter et d'analyser un ensemble des données numérisées :

- Données spatiales (localisées), spatial data ;
- Données tabulaires (littérales), tabulaire data ;
- Données images, image data.

Ces données, qui constituent l'objet géographique, ont associé sa localisation (géoréférencement) et ces couples forment l'information géographique. Le traitement de cette information par le SIG permet l'analyse spatiale des phénomènes discrets ou avec continuité dans l'espace, à un moment donné.

Ce travail consiste à la cartographie de la répartition spatiale et l'évolution spatio-temporelle des valeurs annuelles et saisonnières de la température de l'air de la période 1931-60 et 1961-90, au Portugal Continental.

Les cartes ont été produites par interpolation spatiale, au moyen du *software* ArcView 3.2 (avec mode *Spatial Analyst*) et avec l'emploi de la méthode d'interpolation Spline- Tension. L'évolution a été calculée par la soustraction des cartes entre les deux périodes (on a considéré seulement les stations coïncidentes).

#### Présentation des Résultats

À la période 1961-90 les valeurs de la température moyenne annuelle de l'air (figure 1), ont changé entre 7.4 - 18.1 °C. Les valeurs les plus élevées, ont survécu à la surface enveloppant l'estuaire du fleuve Tage, en Algarve et aussi dans quelques endroits de l'intérieur des provinces de Ribatejo et aussi Alentejo. Les valeurs les plus basses sont apparues dans les régions montagneuses de l'intérieur Nord et Centre.

Dans les cartes de variation de température de l'air dans les dernières trentaines, on fait référence à la région de Lisbonne, avec une augmentation de la température de l'air de l'ordre de 0.8 °C (figure 2).

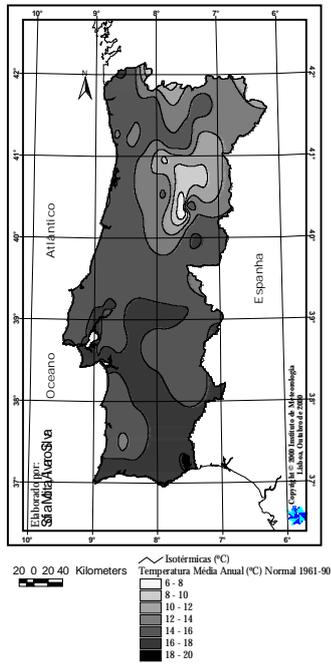


Figure 1 - Valeurs (°C) de la température moyenne annuelle de l'air à la période 1961-90

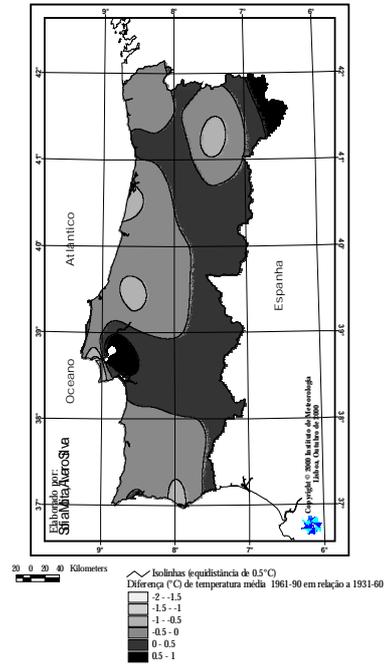


Figure 2 - Valeurs (°C) de la variation de la température moyenne annuelle de l'air entre 1961-90 et 1931-60

## EVALUATION DE PERTES DE SOL PAR EROSION HYDRIQUE EN ANDALOUSIE

**J.M. MOREIRA MADUEÑO et M. RODRIGUEZ SURIAN**

Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.

L'érosion est un processus naturel qui parmi d'autres est responsable du modelé actuel qui nous entoure. Sa vitesse est généralement telle qu'il existe un certain équilibre dans la relation sol crée – sol perdu. Depuis 1990, dans le Système d'Information Environnementale d'Andalousie, on effectue le suivi de ce phénomène en se servant des nouvelles technologies de l'information.

Traditionnellement, l'évaluation de cette problématique a été limitée à l'analyse des facteurs sur les valeurs moyennes o pour des situations concrètes, sans faire un véritable suivi dans le temps et une quantification de son incidence.

Les nouvelles technologies de l'information (SIG et télédétection) disponibles aujourd'hui, permettent de concevoir le suivi des pertes de sol comme un processus dynamique, dans lequel l'actualisation permanente de l'information météorologique, des couverts végétaux et de l'occupation du sol facilitent l'analyse et la spatialisation de ce processus avec au moins une périodicité annuelle, obtenant finalement un indicateur quantitatif de grand intérêt environnemental.

Le modèle appliqué est celui nommé Equation Universelle de Perte de Sols (EUPS), qui tient compte des principaux paramètres physiques responsables de l'érosion hydrique laminaire et linéaire et qui s'adapte parfaitement à l'analyse de type régional.

L'application de l'EUPS requiert de l'information sur l'agressivité climatique (R), sur la résistance des sols face à l'érosion (K), du relief du terrain (LS) du degré de protection du couvert végétal (C) et de l'application de mesures de protection (P). Le résultat s'exprime en Tm/Ha/Année dans le Système International et il est transformé en des valeurs qualitatives à niveau territorial.

Ce modèle évalue l'érosion laminaire et linéaire ; il n'est pas conçu pour enregistrer l'érosion causée par les ruisseaux ni l'érosion latérale dans les lits fluviaux. Quoiqu'il en soit, les résultats doivent être considérés comme un indicateur environnemental sans une pleine expression quantitative, mais que l'on peut utiliser pour effectuer des comparaisons territoriales et multitemporelles de l'évolution de l'érosion.

Il est possible de classer l'information nécessaire pour modéliser les pertes de sols en deux typologies, en fonction de la vitesse de variation temporelle :

- information statique, qui correspond au relief du terrain (facteur LS) et à celle qui nous décrit les caractéristiques des sols (facteur K), car ses dynamiques temporelles sont suffisamment lentes pour ne pas subir des changements appréciables dans des périodes de temps plus ou moins longues.

- D'autre part, l'information météorologique (facteur R) et celle du couvert et de l'occupation du sol (facteur C) sont considérées comme de l'information dynamique, spécialement la première, qui peut présenter des changements temporels et spatiaux très accusés au-delà des évidentes variations saisonnières. On effectue donc la levée annuelle de la première variable et une révision permanente du couvert végétal et de l'occupation du sol.

Les données nécessaires à la quantification de l'érosivité de la pluie ont été recueillies dans 132 stations météorologiques automatiques appartenant à divers organismes publics, puis on a fait les calculs à partir de données regroupées en des périodes de 30 minutes. Ces résultats ont été corrélés avec des différentes variables en rapport avec la pluviométrie, obtenant des fortes valeurs de corrélation (entre 0.93 et 0.98) avec le regroupement décennal de la précipitation. Les équations de régression obtenues ont été appliquées à un réseau de stations quotidiennes en fonction de leur aire d'influence déterminée par un regroupement en zones pluviométriquement homogènes en ce qui concerne le comportement des fronts nuageux qui traversent la région et leur interaction avec le relief. On a aussi tenu compte de la cartographie existante sur les précipitations maximales (ICONA, 1979).

Les données ponctuelles obtenues à partir des 841 stations quotidiennes utilisées ont servi de base pour leur spatialisation au moyen d'un SIG, déterminant une érosivité mensuelle et une valeur annuelle équivalente à la sommation des valeurs mensuelles.

D'autre part, le changement des couverts végétaux, en relation avec leur capacité de protection du sol face à l'érosivité de la pluie, est contrôlé avec la production de cartes d'occupation du sol et des couverts végétaux à partir des images Landsat et IRS. En s'appuyant sur des photographies aériennes, on obtient des cartes de protection du couvert végétal à l'échelle 1/50000 avec une périodicité de quatre ans. Les changements intra-annuels des couverts végétaux sont obtenus par l'analyse mensuelle des séries d'images NOAA et WIFF, avec une résolution jusqu'à 180 mètres.

Cette conception de l'érosion comme une problématique dynamique, dont la reconnaissance requiert des levées périodiques et permanentes de l'information, permet d'obtenir toute une série de résultats avec une pleine signification spatiale et qui devront être interprétés en tenant compte des logiques limitations imposées par l'équation d'estimation des pertes de sols.

Les résultats obtenus de l'application de cette méthodologie sont employés dans un grand nombre d'études de type environnemental, en les diffusant également dans l'*Informe de Medio Ambiente en Andalucía*, dans les publications de Données de Base, sur la page web de la *Consejería de Medio Ambiente* et dans le Projets Statistiques du Plan Statistique d'Andalousie.

## **ESTIMATION DE LA RADIATION SOLAIRE REELLE DEPUIS DES MODELES THEORIQUES DE RADIATION POTENTIELLE ET DES IMAGES AVHRR AU LESOTHO (CONE SUDAFRICAIN)**

**David NOGUES BRAVO et Juan Pablo MARTINEZ RICA**

Instituto Pirenaico de Ecología, CSIC. Avda. Montañana, 1005, Apdo. 202, 50080 Zaragoza, Espagne. Tél. : 976716034, Fax : 976716019. E-mail : [dnogues@ipe.csic.es](mailto:dnogues@ipe.csic.es)

La radiation solaire, qui fournit 99,8% de l'énergie sur la surface de la Terre (Dickinson et Cheremisinoff, 1980), est une variable climatique fondamentale pour l'étude de plusieurs processus de l'environnement, car elle agit, par exemple, sur la température de l'air, la température du sol, les mouvements des masses d'air, l'évapotranspiration ou l'activité végétale ou animale.

La radiation émise par le Soleil n'est pas distribuée de façon homogène sur la surface terrestre, et il faut donc établir une méthodologie convenable pour la calculer, en prenant en compte la radiation reçue à la limite supérieure de l'atmosphère, qui dépend de l'absorption et de la réflexion atmosphériques qui, à leur tour, dépendent de l'ozone (O<sub>3</sub>), de la vapeur d'eau, et de l'anhydride carbonique (CO<sub>2</sub>) comme agents principaux. Après avoir traversé l'atmosphère, la radiation qui touche la surface terrestre est de deux types, la radiation directe, qui vient directement du soleil sans avoir subi aucune réflexion, et la radiation diffuse, qui est reçue par la surface terrestre après une ou plusieurs réflexions dans l'atmosphère. Il faut prendre en compte, en plus, de la radiation réfléchie par la surface terrestre, qui change en fonction de l'albédo du sol et de la topographie environnante.

Pour l'estimation des valeurs de la radiation réfléchie par la surface de la Terre à un endroit déterminé on a besoin, donc, de la connaissance d'un grand nombre de données qui sont souvent difficiles à obtenir ou de beaucoup de mesures fournies par des stations météorologiques, qui souvent ne sont pas disponibles ou même si elles existent, présentent aussi des problèmes pour l'obtention des données (Felicísimo, 1994).

Dans le cadre d'un projet financé par l'Union Européenne (Programme INCO-DC), dont le nom est "*Global Change and Subsistence Rangelands in Southern Africa : Resource Variability, Access and Use in Relation to Rural Livelihoods and Welfare*", et dans lequel participe l'Institut Pyrénéen d'Ecologie, on a rédigé des cartes écologiques élémentaires, parmi lesquelles des cartes sommaires de radiations pour le pays de Lesotho. Devant la manque de données empiriques nous avons décidé l'application de certains modèles théoriques qui tirent la plupart de l'information des Modèles Digitaux du Terrain (MDT). Cette information s'avère fondamentale pour le calcul de la radiation dans les zones de montagne, comme sont celles du Lesotho.

On a utilisé la méthodologie proposée par Kumar et al (1977) pour estimer la radiation potentielle, tant directe que diffuse ou réfléchie, à partir du MDT. Une valeur moyenne pour l'année et pour chaque élément de terrain est obtenue, en additionnant les valeurs qui correspondent à chaque jour de l'année. Le processus de calcul a été développé dans un Système d'Information Géographique, en utilisant le programme Arc/Info et une subroutine programmée en Arc/Info Macro Language. Des variables comme l'altitude ou l'azimut

solaires, ou la topographie du terrain, on été prises en compte. Le premier pas a été la génération d'un modèle hypsométrique de la région moyennant l'interpolation des valeurs prises des cartes publiées du Lesotho. Ce modèle a servi pour la calcul de la radiation potentielle directe. La radiation diffuse et la radiation réfléchie sont additionnées suivant les équations de calcul proposées par Gates (1980). Le coefficient de réflectance moyenne de la végétation, qui est nécessaire pour le calcul de la radiation réfléchie, est pris aussi de Gates.

Pourtant, l'estimation de la radiation potentielle obtenue finalement n'est assez précise pour un pays comme le Lesotho, dont la topographie est trop complexe et qui présente, comme conséquence, de hauts pourcentages de recouvrement nuageux pendant l'année. En effet, le ciel est souvent couvert dans les montagnes, tant à cause de l'effet barrière devant les nuages frontaux qui viennent du sud, comme à cause de la formation presque constante d'orages, générés d'habitude par les processus d'advection. Dans un pays avec fortes pentes ensoleillées et une certaine humidité dans l'air, les processus advectifs sont très fréquents et atteignent une haute intensité. La radiation potentielle estimée doit avoir, donc, des erreurs importantes par rapport à la réelle, car elle ne tient pas compte de la nébulosité. Il fallait, pour la corriger, utiliser les données disponibles sur la nébulosité moyenne au Lesotho.

Mais ces données manquent complètement ou sont très difficiles à obtenir. Au Service Météorologique du Lesotho, les pourcentages de nébulosité qui sont enregistrés depuis quelques années, ne sont pas disponibles, et les données sur la radiation réelle, qui pourraient servir en comparaison, n'existent même pas. Donc nous avons travaillé sur les images AVHRR, obtenues à travers le site Internet de l'*Africa Data Dissemination Service*. Ces images, déjà géo-référencées et par traitées le *Global Inventory Monitoring and Modeling Studies* (GIMMS) de la NASA, ont été analysées avec ERDAS/Imagine pour obtenir par addition booléenne une image totale. Les pixels des images originelles ont été codés comme 1 ou 0, selon la nébulosité. A partir de l'image moyenne on a obtenu une fonction de pondération de la carte de radiation potentielle, en appliquant l'équation suivante :

$$( 1 - (\text{nombre de jours avec nuages} / 365) ) * \text{radiation potentielle}$$

Moyennant cette méthode il est plus aisé d'estimer la radiation réelle dans des zones dans lesquelles, à cause de l'absence de données empiriques, comme la radiation ou la nébulosité mesurées directement, de la topographie très intense et de la forte nébulosité, les procédés classiques ne peuvent s'appliquer, et l'on doit avoir recours à des approximations théoriques robustes mais simples.

## LA REPARTITION SPATIALE DE L'INDICE D'EROSIVITE CLIMATIQUE EN ROUMANIE

**Maria PATROESCU**<sup>(1)</sup>, **Monica DUMITRASCU**<sup>(2)</sup>, **Costin DUMITRASCU**<sup>(3)</sup>, **Mioara GHINCEA**<sup>(1)</sup>

(1) CCMESI, Université de Bucarest, Roumanie.

(2) Institut de Géographie de l'Académie Roumaine, Bucarest, Roumanie.

(3) Université "Spiru Haret", Bucarest, Roumanie.

L'érosion du sol est le résultat d'une synergie entre les processus qui jouent un rôle dans l'exploitation biologique d'un territoire. Il s'agit des processus affectant l'horizon biologique actif du sol et indirectement la possibilité de fixation de la racine et l'alimentation des plantes en substances nutritives.

Les très grandes valeurs de l'érosion mécanique du sol, qui atteignent dans quelques régions des valeurs de 2488 t/km<sup>2</sup>/an (la valeur moyenne étant de 80-105 t/km<sup>2</sup>/an) et de l'érosion chimique qui sont en général environ de 50-200 t/km<sup>2</sup>/an sont conditionnées avant tout par les conditions climatiques que l'on peut représenter par un indice d'érosivité. L'indice d'érosivité calculé selon la formule  $E_c = p^2/P$  (ou  $p$  = les valeurs des précipitations dans les mois plus arrosés et  $P$  = les valeurs des précipitations moyennes annuelles) a mis en évidence des zones où ce processus peut accélérer aussi bien l'érosion mécanique que l'érosion chimique (corrosion). La conséquence d'un tel processus est la diminution des substances nutritives dans l'horizon biologique actif du sol, la modification de la diversité biologique de la végétation spontanée et l'augmentation des coûts de réhabilitation de la couverture biotique. Dans certaines régions de Roumanie, à cause de l'érosion mécanique et chimique, les terrains dont les sols ont atteint certains niveaux d'argillisation ou de salinisation du sol sont très difficilement réintégrés dans le circuit de l'activité agricole.

Le calcul des valeurs de l'indice d'érosivité climatique pour la Roumanie a été réalisé à partir des valeurs moyennes des précipitations pour la période 1990-1999. La cartographie de l'indice d'érosivité, (avec utilisation d'un SIG) a mis en évidence :

- la valeur de l'indice croit avec l'altitude ;
- la modification spatiale des valeurs est en fonction de la résistance des roches à l'érosion, de la déclivité du terrain, de l'existence d'une couverture végétale, de la durée d'insolation etc.

Pour les 40 stations utilisées les valeurs de l'indice d'érosivité vont de 4,54 à Constanta (à une altitude de 32 m) à 18,9 à Varful Omu (à une altitude de 2509 m). La diversification des valeurs est enregistrée par apport aux unités de relief de la manière suivante :

- valeurs de 0-10 pour les régions de plaine.
- valeurs de 10-15 pour les régions collinaires et de plateaux.
- valeurs de 15-20 pour l'espace montagnard.



## **LA CARTOGRAPHIE CLIMATIQUE DANS LA PLANIFICATION DES ZONES DE PROTECTION SPECIALE D'OISEAUX.**

**Raúl ROMERO CALCERRADA et Javier MARTÍNEZ VEGA**

Instituto de Economía y Geografía-CSIC.  
Pinar, 25. 28006.Madrid (Espagne).Tels. :914111098 ; Fax:915625567  
E-mail : [rcalcerrada@ieg.csic.es](mailto:rcalcerrada@ieg.csic.es), <http://www.ieg.csic.es>

A l'heure actuelle, la possession d'une information territoriale, intégré à un GIS, est un instrument fondamental pour la prise de décisions et la gestion d'espaces protégés naturels. Le climat est une variable qui a une influence sur la géomorphologie, les caractéristiques du sol, la végétation, etc., et en conséquence, dans l'utilisation et l'occupation du sol. Cette voie possède donc une grande importance pour la planification adéquate du territoire. Dans les arrangements de pertinence agricoles, forestiers ou touristique-récréatives, le climat est une variable nécessaire et cruciale. Les méthodes traditionnelles de spatialisation des variables climatiques peuvent être perfectionnées avec l'emploi des nouveaux instruments qui permettent d'améliorer leur représentation cartographique.

Dans ce travail, on emploie la cartographie climatique obtenue avec l'aide d'un Système d'Information Géographique, avec le but d'orienter les agents environnementaux d'une Zone de Protection Spéciale d'Oiseaux. L'information climatique des stations choisies a été corrélée avec d'autres variables territoriales (l'altitude, des pentes, des orientations, la longitude et la latitude). On a intégré l'équation résultante dans un Système d'Information Géographique, produisant la cartographie de chacune des variables climatiques considérées. Les résultats améliorent notablement la cartographie climatique traditionnelle, avec un meilleur ajustement et niveau de détail, suffisamment pour sa représentation cartographique à l'échelle 1/50.000. La cartographie produite possède une grande valeur au moment d'incorporer les potentiels et les limitations climatiques du territoire dans le processus de prise de décision. Le fait d'avoir une cartographie climatique a par lui-même une valeur comme source d'information. D'autre part, son incorporation dans les arrangements méthodologiques d'évaluation du territoire pour sa fonction agricole, forestier ou touristique-récréative, est un avantage pour la planification d'espaces naturels protégés avec des critères de caractère durable.



## APPLICATION DES SYSTEMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE (SIG) EN CLIMATOLOGIE - DISTRIBUTION ET VARIATION DE LA PRECIPITATION AU PORTUGAL CONTINENTAL

Álvaro SILVA <sup>(1 et 2)</sup> Sofia MOITA <sup>(1)</sup>

(1) Instituto de Meteorologia, Rua C – Aeroporto, 1749 – 077, Lisboa, Portugal.  
Tel.: 21 848 39 61; Fax: 21 840 23 70.

E-mail : [alvaro.silva@meteo.pt](mailto:alvaro.silva@meteo.pt) et [sofia.moita@meteo.pt](mailto:sofia.moita@meteo.pt)

(2) Centro de Estudos de Geografia e Planeamento Regional, Av. de Berna 26-C, 1069-061, Lisboa, Portugal; Tel. 21 793 39 19; Fax. 21 797 77 59

En considérant qu'actuellement les SIG ont un rôle important de développement des activités de planification et gestion, nommément en climatologie, ce travail se propose de montrer les avantages d'analyse spatiale de cette nouvelle technologie.

Un Système d'Information Géographique est un outil informatique permettant de représenter et d'analyser un ensemble des données numérisées :

- Données spatiales (localisés), *spatial data* ;
- Données tabulaires (littérales), *tabulaire data* ;
- Données images, *image data*.

Ces données qui constituent l'objet géographique ont leur localisation associée (géoréférencement) et ces couples forment l'information géographique. Le traitement de cette information par le SIG permet l'analyse spatiale des phénomènes discrets ou avec continuité dans l'espace, à un moment donné.

Ce travail consiste en l'application des Systèmes d'Information Géographique en la Climatologie : distribution spatio-temporelle de la précipitation annuelle et saisonnière au Portugal Continental aux périodes 1931-60 et 1961-90.

Les cartes ont été produites par interpolation spatiale avec l'utilisation du software ArcView 3.2 (avec l'extension Spatial Analyst) et la méthode d'interpolation Spline - Tension.

La cartographie de la distribution spatiale des valeurs de la précipitation de la période de référence constitue la base du travail réalisé. La cartographie de la variation de la précipitation de la période 1961-90 par rapport à la période 1931-60 a été élaboré aussi avec l'objectif d'identifier les régions où l'on vérifie une augmentation de la précipitation et celles où l'on vérifie une diminution.

Présentation des résultats

La plus grande valeur de précipitation annuelle est de 3126,2 mm à Junceda/Gerês et le plus bas de 328,5 mm à Ervedosa/Pinhel (figure 1).

IL y a un énorme contraste entre le Nord-Ouest du pays, région au quelle on trouve des valeurs supérieures à 2000 mm, le Nord-Est ("Terra Quente") et la plupart du sud que registrent valeurs de précipitation inférieures à 600 mm (figure 1).

La région Centre, présente des valeurs de précipitation annuelle supérieures à 700 mm qu'augmentent aux massifs montagneux Montejunto-Estrela et Serra de Sintra.

Le sud du territoire est caractérisé par des basses valeurs de précipitation annuelle (inférieurs à 600 mm) mais aux régions de montagne (Serra de S. Mamede, Monchique, Caldeirão) se vérifient des valeurs de 1400 mm.

À la figure 2 on peut observer que la catégorie plus fréquente de la variation de la précipitation annuelle entre 1931-60 et 1961-90 c'est 80-100 %. Les régions littorales présentent, en général, une croissance de la précipitation de 20% entre les deux périodes analysés. Par contre, les régions intérieures présentent des diminutions de 20%, par conséquent les variations ne sont pas très significatives.

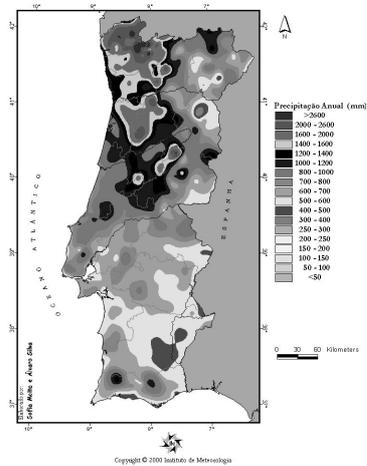


Figure 1 - Valeurs (mm) de précipitation annuelle de la période 1961-90

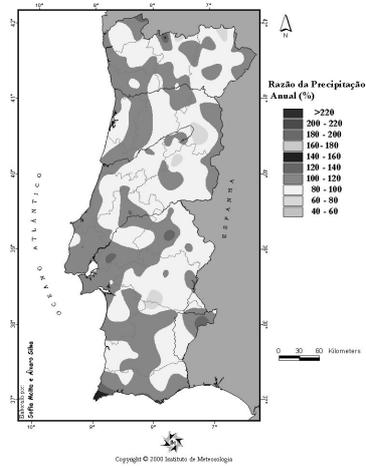


Figure 2 – Valeurs (%) de la raison de la précipitation annuelle entre les périodes 1961-90 et 1931-60

**RELATIONS ENTRE PARAMETRES METEOROLOGIQUES. COMPARAISON DE  
DONNEES DES STATIONS "ANCHOR STATIONS" DE CASTILLE-LA MANCHA,  
ESPAGNE.**

**M.A. SIVERA RUIZ, E. IBAÑEZ FURIO et E. LOPEZ-BAEZA**

Departamento de Termodinámica, Unidad de Investigación de Teledetección. Universidad de  
Valencia

C/Dr. Moliner, 50. Burjassot. 46100 Valencia. Tel.: +34.96.3983118. Fax: +34.96.3983385

E-mail: [Ernesto.Lopez@uv.es](mailto:Ernesto.Lopez@uv.es)

Les travaux pratiques de laboratoire en Physique de l'Environnement permettent aux élèves de 5<sup>ème</sup> année de Physique qui ont choisi ce module la réalisation de petits projets de recherche qui leur donnent la possibilité de s'initier aux techniques expérimentales et d'analyse dans les domaines de la Climatologie, des transferts radiatifs, de la pollution environnementale, de la Télédétection. Les étudiants abordent souvent des projets originaux et ouverts qui attirent toute leur attention et constituent pour eux une motivation qui leur pousse à aller plus loin dans leurs études, au-delà du minimum requis dans le cursus. Cette étude en est un exemple récent. L'objectif était de faire une analyse graphique et semi-quantitative des relations entre divers paramètres météorologiques à partir des données de deux stations *Anchor*, situées respectivement à Barrax (zone de cultures irriguées intensives et extensives) et à Tomelloso (cultures non irriguées, notamment le vignoble), les deux dans la région centrale de Castille-La Mancha. En outre, les relations obtenues dans les deux stations ont été comparées entre elles, et nous avons mis en évidence les analogies et les différences dans le comportement journalier des grandeurs étudiées selon les caractéristiques propres de chaque zone. L'information utilisée est constituée par les données dix-minutaires du mois d'avril de l'année 1996.

Dans les *Anchor Stations* se font des mesures qui sont aussi obtenues par télédétection, au moyen d'algorithmes contrastés, et on y effectue le suivi de toutes les mesures nécessaires à l'interprétation des radiances primaires observées et à la validation de leurs produits dérivés. Outre les nombreux paramètres météorologiques conventionnels, les *Anchor Stations* fournissent des informations plus spécifiques en relation avec la Télédétection tels l'albédo (spectral et total), la réflectivité angulaire, la température radiométrique, l'émissivité, le profil vertical des températures, les composants du bilan radiatif et du bilan d'énergie, la précipitation, l'humidité du sol, l'épaisseur optique de l'atmosphère, les radiosondages, le type d'aérosols et leur distribution verticale, les paramètres de végétation.

Dans notre étude, les paramètres analysés ont été les suivants : vitesse du vent à 2 et 10 mètres de hauteur, direction du vent à 10 mètres, température de l'air et humidité relative à 10, 5 et 0.5 mètres, pression atmosphérique, radiation solaire incidente globale, diffuse, réfléchi et nette, radiation de grande longueur d'onde émise par la surface du sol, radiation atmosphérique sur la surface, radiation nette de grande longueur d'onde, température du sol à des profondeurs différentes (0.1, 0.25, 0.35 et 0.5 mètres), humidité du sol à 0.1, 0.2, 0.3 et 0.05 mètres de profondeur, flux de chaleur dans le sol à 0.3, 0.6 et 0.9 mètres de profondeur, évaporation et précipitation.

Afin de simplifier les séries et d'éliminer les fluctuations de période plus court, nous avons calculé les moyennes demi-horaires. Nous avons aussi extrait les moyennes journalières pour chaque grandeur étudiée. Dans le but d'analyser le comportement journalier des paramètres, nous avons obtenu un "jour représentatif du mois" par le calcul de la valeur moyenne de tous les jours pour chaque demi-heure. Ainsi nous avons pu éliminer les effets perturbateurs de la nébulosité et des précipitations.

Parmi les analyses effectuées sur le comportement journalier des paramètres météorologiques et sur leurs éventuelles relations, nous pouvons évoquer : vitesse du vent et température de l'air, vitesse du vent et humidité relative à chaque niveau, vitesse du vent à 2 mètres et pression atmosphérique, vitesse du vent à 2 mètres et différence de température entre les niveaux à 10 et à 2 mètres, bilan radiatif à la surface du sol, températures du sol et flux de chaleur dans le sol, radiation nette et flux de chaleur dans le sol, température et humidité du sol, humidité du sol et flux thermiques.

En ce qui concerne la comparaison entre les deux stations, nous présentons des graphiques du comportement journalier de chaque paramètre, ainsi que des ajustements linéaires, correspondant à chaque grandeur, entre les valeurs de chaque station. Quelques exemples d'ajustements sont : vitesse et direction du vent, pression atmosphérique, température atmosphérique et température du sol, humidité relative et humidité du sol, pluviosité. Nous avons aussi fait une estimation de quelques propriétés de la surface terrestre (albédo, émissivité, absorptance) et du sol (capacité calorifique, diffusivité thermique), aussi bien pour la station de Tomelloso que pour celle de Barrax.

Les différentes valeurs que prennent ces propriétés dans chaque station justifient les différences quantitatives des magnitudes météorologiques à Barrax et à Tomelloso : l'albédo à Barrax est relativement plus élevé qu'à Tomelloso et, par conséquent, l'absorptance est moindre. Cela veut dire que la radiation solaire absorbée à Barrax est inférieure à celle de Tomelloso où les températures du sol atteignent donc des valeurs plus élevées. La diffusivité thermique du sol à Tomelloso est plus forte qu'à Barrax, ce qui implique que l'onde thermique pénètre plus profondément dans le sol dans la première station ; de même, l'amplitude de l'onde thermique à la même profondeur est plus grande à Tomelloso qu'à Barrax. La capacité calorifique est plus élevée à Barrax, en concordance avec le fait que dans cette station l'humidité du sol est aussi plus élevée.

Les ajustements linéaires entre les deux stations donnent en général une bonne corrélation ; il existe cependant des exceptions. Tel est le cas de la pluviosité, pour laquelle le coefficient de corrélation est très bas. Outre le nombre relativement réduit de données (un mois), il faut tenir compte du fait que les stations se trouvent à une distance de 80 km, par conséquent les épisodes pluvieux dans les deux stations auraient pu ne pas coïncider dans le temps. En ce qui concerne la vitesse du vent, la corrélation linéaire à 10 mètres de hauteur est bonne, tandis qu'à 2 mètres elle l'est beaucoup moins. Cela s'explique par le fait qu'à proximité du sol le mouvement du vent est conditionné par la rugosité, qui varie selon la station météorologique dont il s'agit, et au fur et à mesure que l'on s'éloigne du sol, l'influence de la rugosité diminue et le régime de vents tend à stabiliser son comportement. Pour les paramètres de pression, température et humidité relative, les corrélations entre les deux stations sont bonnes, dû à la relative proximité des stations. Les résultats sont beaucoup moins bons lorsqu'il s'agit de paramètres concernant le sol, à cause des différences entre les propriétés du sol et de leur plus grande variabilité spatiale.

## **ESTIMATION DES PLUIES PAR SATELLITES AU CAMEROUN**

**Maurice TSALEFAC, Roger NGOUFO, Béatrice LENGUE FOBISSIE  
et Wilfred NKWAMBI**

EREDCA Université de Yaoundé I, s/c IRD Yaoundé BP 1857. Tel (237) 31 04 35.  
Fax : (237) 20 18 54. Email : [mtsalefac@hotmail.com](mailto:mtsalefac@hotmail.com)

Dans les pays du Sud victimes depuis bientôt une décennie d'une crise économique sans précédent, les observations climatologiques classiques sont de plus en plus négligées voire même abandonnées. Pourtant, ces données sont fondamentales pour conduire des économies essentiellement fondées sur l'agriculture pluviale. C'est pour pallier les insuffisances liées aux observations climatologiques classiques que l'Equipe de Recherche sur l'Environnement et le Développement au Cameroun (EREDCA) a fait de l'étude des précipitations par satellites au Cameroun un de ses principaux chevaux de bataille.

EREDCA, composée de géographes, de physiciens, d'informaticiens et de pédologues est l'une des premières équipes camerounaises à utiliser l'imagerie satellitale pour étudier les climats du Cameroun. Ce pays qui s'étale du 2<sup>ème</sup> au 13<sup>ème</sup> degré de latitude nord et entre le 10<sup>ème</sup> et le 13<sup>ème</sup> degré de longitude Est, réunit sur son territoire de 475000 km<sup>2</sup>, tous les types de climats de l'Afrique tropicale au nord de l'équateur. Son agriculture subit régulièrement les aléas climatiques qui affectent profondément les rendements agricoles et les conditions de vie des populations. Parvenir à l'aide de l'imagerie satellitale à une connaissance fine des conditions climatiques afin de :

- produire des données exploitables par les agrométéorologues et les paysans,
- réaliser un atlas de climatologie satellitale pour le Cameroun
- permettre une gestion durable des ressources de l'environnement,
- fonder l'intérêt scientifique et économique d'EREDCA.

L'équipe a choisi de s'appuyer sur la méthode d'estimation des pluies développée par l'antenne de l'IRD de Lannion : elle repose sur l'utilisation combinée de l'analyse de données sur la source pluie (les nuages précipitants) et sur la signature de ces pluies sur la surface du sol. Cette double source d'informations permet de réduire les approximations et de corriger certaines erreurs sur chacune d'entre elles : identification des nuages pluvio-gènes, rythme d'acquisition des données, effets atmosphériques.

Cette paramétrisation des causes (nuages) et des effets (la température au sol) est ensuite mise en relation avec la pluie mesurée au sol sous forme d'une régression linéaire multiple. Ces résultats sont formulés sous forme de deux indices ; le premier exprime la pluie mesurée avec l'occurrence des nuages précipitants et représente l'efficacité en pluie d'une occurrence nuageuse enregistrée ; le second traduit la pluie mesurée en relation avec la température au sol et rend compte des variations thermiques provoquées par la pluie en un temps et en un lieu donnés. La confrontation constante entre les données issues des satellites et les mesures

locales par des pluviographes permet d'estimer la variabilité spatiale du champ instantané des précipitations.

Les relations de l'Equipe avec l'Institut de photogramétrie de Vienne en Autriche lui ont permis de disposer des données issues du Radar "*ERS Scatterometer*" qui est un puissant outil de mesure et de suivi des conditions hydriques du sol indépendamment des conditions de temps (nuit ou jour) et de la couverture nuageuse. La combinaison : mesures conventionnelles - données METEOSAT et Radar est donc susceptible de fournir une meilleure indication de la répartition spatio-temporelle des précipitations au Cameroun.

## **LA GEOMATIQUE ET L'INFORMATION CLIMATIQUE**

**Alain A. VIAU**

Professeur titulaire. Département des sciences géomatiques, Centre de recherche en géomatique Université Laval, Sainte-Foy, Québec Canada, G1K 7P4. Tél. : 418-656-2072  
Fax: 418-656-7411, [alain.viau@scg.ulaval.ca](mailto:alain.viau@scg.ulaval.ca)

La géomatique, par ses disciplines fondamentales (photogrammétrie, géodésie, systèmes d'information à référence spatiale, cartographie numérique, télédétection, législation foncière) et les sciences qui y sont connexes (informatique, physique, mathématiques, sciences cognitives), offre aux utilisateurs de l'information climatique d'aujourd'hui de nouveaux outils et méthodes d'acquisition, de représentation, de stockage, de traitement et de diffusion de l'information. Elle offre aussi un support à la prise de décision dans de multiples domaines d'applications où l'information climatique est un élément-clé.

Les systèmes d'information à référence spatiale (SIRS) permettent de regrouper et gérer l'information géospatiale et climatique pertinente à une application spécifique. Les analyses spatiales et traitements qu'ils nous offrent ont pour but de nous aider à prendre de meilleures décisions en fonction de critères spécifiques (conditions hydriques, régime thermique, bilan énergétique, optimisation de réseau météorologique, indices climatiques, etc.). Or, actuellement, passer de la donnée à l'information puis à la décision dans les domaines de la météorologie et de la climatologie est beaucoup plus simple et rapide grâce au support de ces nouveaux outils géomatiques. Par exemple l'acquisition de l'information climatique à l'aide des capteurs aéroportés et satellitaires facilite la prévision météorologique mais aussi offre une richesse d'information spatiale unique pour l'étude du climat et des conditions qui prévalent à la surface en temps réel et à grande échelle. D'autre part, la géolocalisation de l'information climatique nous permet de mieux délimiter les régions climatiques mais aussi d'optimiser les réseaux de mesures et d'améliorer la représentation spatiale et temporelle des indices climatiques.

La présente communication a donc comme objectif de présenter, à l'aide d'exemples, les nombreux avantages qu'offre aujourd'hui la géomatique pour l'acquisition, le traitement et la diffusion de l'information climatique.



**RELATION ENTRE L'HUMIDITÉ DU SOL ÉVALUÉE PAR LANDSAT TM ET LES  
VARIABLES CLIMATIQUES TEMPÉRATURE ET PRÉCIPITATION :  
APPLICATION AU SECTEUR CENTRAL DE LA VALLÉE EBRO.**

**Sergio M. VICENTE SERRANO et José M<sup>a</sup> CUADRAT PRATS <sup>(1)</sup>**

(1) Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Zaragoza. c/  
Pedro Cerbuna 12. Ciudad Universitaria. 50009. Zaragoza. Tel: 976 761000 ; Fax: 976761506  
e-mail: [jmquadrat@posta.unizar.es](mailto:jmquadrat@posta.unizar.es)

Le calcul de l'humidité du sol a reçu un traitement faible dans la littérature spécialisée en télédétection. Ce fait est motivé par la difficulté de son évaluation, dû fondamentalement à la haute variabilité spatio-temporelle de l'humidité. Cependant, la forte relation entre ces variables et les conditions climatiques, bien générales ou bien particulières d'un certain lieu, suppose que c'est de grand intérêt savoir comment l'humidité est distribuée dans le territoire pour essayer de déterminer sa relation avec les paramètres température et précipitation. Néanmoins, évaluer cette relation n'est pas une question simple, car il faut tenir compte que l'humidité du sol n'est pas seulement conditionnée par les variables climatiques, sinon que d'autres facteurs géographiques (lithologie, abri végétal, usages anthropiques, topographie, etc.) perturbent aussi cette relation.

L'objectif de ce travail est de déterminer la corrélation existante entre l'humidité du sol, calculée par médiation d'images données par la sonde TM du satellite Landsat et les variables climatiques précipitation et température relevées aux postes météorologiques, tenant compte de l'influence que dans le paramètre humidité ont les facteurs lithologie, usages du sol, topographie, etc.

Pour cela, on a travaillé avec une image Landsat-TM du printemps de l'année 2000, et avec les données termo-pluviométriques de 85 postes météorologiques du secteur central de la vallée de l'Ebro. Aussi avons-nous introduit toute une série de variables comme lithologie, élévation, inclination, orientation, usages du sol, abris végétales, radiation et régions d'irrigation. Toutes ces variables furent ajoutées dans un système d'information géographique (MIRAMON, V.3.5).

L'image du satellite fut corrigée géométrique et radiométriquement. A partir de cette image modifiée, l'humidité du sol fut évaluée au moyen de la méthode esquissée par Dupigny-Giroux et Lewis (1999), obtenant une mesure qualitative de la variation spatiale de l'humidité dans une gamme entre 0 et 1.

Une fois les valeurs d'humidité obtenues, nous avons déterminé un rapport avec les variables territoriales différentes rendues effectives dans le SIG. Ce processus a été réalisé au moyen d'ajustements dans le cas des variables quantitatives continues et au moyen d'une pondération qualitative dans le cas des variables catégoriques. Un poids a été donné à chacune des variables selon les résultats obtenus, avec le but d'éliminer son influence dans le modèle d'humidité. Avec cela, on a réussi une normalisation de l'humidité du sol pour pouvoir mettre en rapport les variations spatiales avec les valeurs de précipitation et température avec un minimum de perturbations possibles.

Pour déterminer le rapport entre les variables climatiques et les variations d'humidité nous avons modélisé spatialement les données météorologiques de les 85 postes usés. Un modèle a été créé suivant la méthodologie esquissée par Ninyerola et al. (2001), pour la précipitation et la température des 10, 20, 30 et 60 jours antérieurs à l'image. Nous avons aussi modélisé l'ETP des deux mois précédents et l'intensité de la précipitation (mm/jour moyen) pour les mêmes mois.

Finalement, au moyen de méthodes statistiques multivariées on a obtenu le rapport entre l'humidité normalisée et les différentes variables climatiques modélisées pour chacun des périodes de temps. On a aussi considéré, au moyen d'une analyse factorielle, la corrélation existante parmi les variables climatiques et l'humidité initiale prises par la sonde, introduisant aussi les variables géographiques différentes, avec le but de déterminer quels facteurs ont plus d'importance dans les variations spatiales d'humidité.

## MODELISATION ET SUIVI DU RAYONNEMENT SOLAIRE SPECTRAL DANS L'INTERVALLE UV.B. "EL ARENOSILLO" 37.1N – 6.7W

**J.M. VILAPLANA** <sup>(1)</sup>, **B.A. DE LA MORENA** <sup>(1)</sup>, **V.E. CACHORRO** <sup>(2)</sup>, **R. VERGAZ** <sup>(2)</sup>  
et **A.M. DE FRUTOS** <sup>(2)</sup>

(1) INTA/Dpto. de Observación de la Tierra, Teledetección y Atmósfera. Laboratorio Central de investigación e instrumentación Atmosférica. Estación de Sondeos Atmosféricos "El Arenosillo". Crta. de San Juan del Puerto – Matalascañas Km.33. 1130 – Huelva.

E-mail : [vilaplanagim@inta.es](mailto:vilaplanagim@inta.es)

(2) Grupo de Optica-Atmosférica GOA-UVA. Dpto de Optica. Facultad de Ciencias. Universidad de Valladolid. 47071, Valladolid

### Introduction

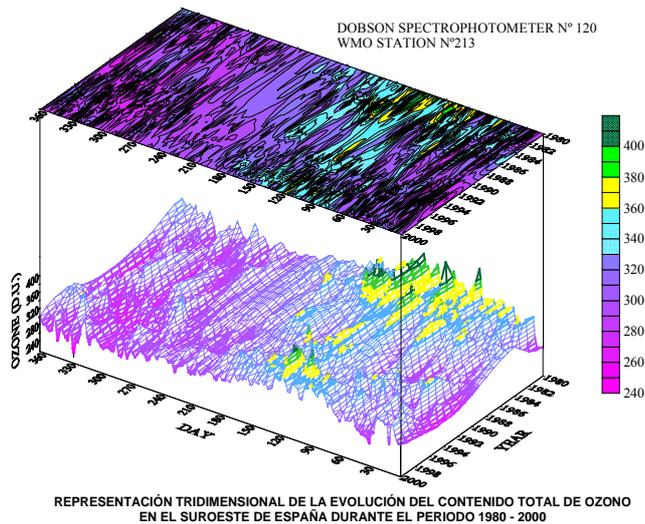
La dose de rayonnement solaire ultraviolet UV-B qui nous parvient au sol dépend de l'angle zénithal solaire, de la diffusion *Rayleigh*, de la diffusion par les aérosols, de la nébulosité et de l'albédo de surface, et présente une spéciale sensibilité aux variations du contenu total d'ozone, qui est le principal filtre de l'atmosphère pour les rayonnements solaires nocifs. La station de Sondage Atmosphérique "El Arenosillo" (37.1°N, 6.7°W, 25m. de hauteur) est équipée de différents appareils pour la mesure du rayonnement solaire (spectroradiomètres Brewer et Licor1800, spectrophotomètre Dobson, pyranomètre Yankee UV.B1, radiomètre Eldonet, photomètre Cimel) et de l'ozone (Dobson et Brewer), et elle est référencée par le numéro 213 par l'Organisation Météorologique Mondiale (O.M.M.) pour le suivi de l'ozone.

### Mesures Expérimentales

La station de Sondage Atmosphérique "El Arenosillo", mesure des quantités totales d'ozone avec un spectrophotomètre Dobson depuis 1975. On mesure également l'éclairement spectral ultraviolet UV.B avec un spectroradiomètre Brewer MK-III depuis 1996, qui appartient au Département de l'Environnement du Gouvernement Régional de la "Junta de Andalucía".

Pendant la période 1980-2000, on observe une diminution de 7.4% de la quantité totale de l'ozone, ce qui est équivalent à une diminution annuelle moyenne de 0.4%.

Dernièrement, on a introduit différentes stratégies pour quantifier l'éclairement ultraviolet erythémique en utilisant une échelle facilement compréhensible par le public. On nomme cette échelle L'Indice UV, UVI (UV-Index), accepté internationalement et défini comme suit : 1 UVI correspond à un éclairement de 25 mW/m<sup>2</sup> de rayonnement UV-B effectif. L'éclairement UV-B effectif qui détermine cet indice est le résultat de l'intégration d'éclairement sur l'intervalle 280-400nm, convolutionnée par un facteur (facteur erythémique) qui quantifie la sensibilité de la peau humaine à chaque longueur d'onde. Il y a quatre catégories : bas, s'il est inférieur à 4, moyen entre 4 et 7, haut de 7 à 9 et extrême si est supérieur à 9. Le point de vue de cette action mis en évidence de que l'augmentation de l'éclairement UV-B fait augmenter significativement le risque d'avoir toute une série de pathologies dont la population devrait être informée de la meilleure façon.

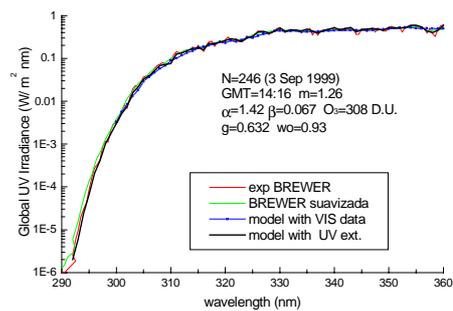
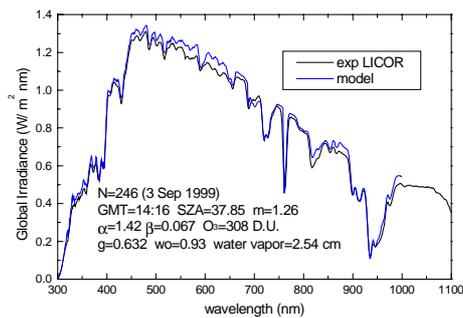


### Modélisation

On a développé et mis au point un modèle d'estimation de l'éclairement solaire global spectrale au niveau du sol, qui travaille en deux intervalles spectraux différents : visible - infrarouge, VIS-INF, de 300 nm à 1000 nm et l'ultraviolet, UV, de 280 nm à 400 nm. Il s'agit d'un modèle à deux flux et à une seule couche pour l'atmosphère, avec des transmittances atmosphériques paramétrées pour la diffusion des molécules et aérosols. L'effet de l'absorption de l'ozone est pris en compte. Par contre, on considère l'interaction entre la diffusion de molécules et celle des aérosols.

Dans ce travail nous avons analysé en détail l'influence des variations de la quantité d'ozone, et de l'épaisseur optique des aérosols sur l'éclairement global, direct et diffus au sol. On a aussi évalué l'influence de ces deux paramètres sur l'indice ultraviolet UVI. Dans une seconde phase, nous avons étudié l'influence de l'albédo simple de diffusion et du paramètre d'asymétrie des aérosols et nous avons observé que l'influence de ces deux paramètres est très importante dans l'ultraviolet.

Les deux figures suivantes montrent la comparaison entre les valeurs théoriques et expérimentales dans les deux intervalles de travail, UV-VIS-INF and UV-B.



## CLIMATOLOGIE DES ROSES DES VENTS EN POINTS DE GRILLE SUR LA FRANCE A PARTIR DES DONNEES D'ALADIN

Béatrice VINCENDON <sup>(1)</sup> et Pierre LASSEGUES <sup>(2)</sup>

(1) METEO-FRANCE. 42 Avenue G.Coriolis. 31057 Toulouse Cedex. France.  
Tél. : (33) 05 61 07 83 12 ; Fax : (33) 05 61 07 83 09 ; E-Mail : [beatrice.vincendon@meteo.fr](mailto:beatrice.vincendon@meteo.fr)

(2) METEO-FRANCE. 42 Avenue G.Coriolis. 31057 Toulouse Cedex. France.  
Tél. : (33) 05 61 07 83 63 ; Fax : (33) 05 61 07 83 09 ; E-Mail : [pierre.lassegues@meteo.fr](mailto:pierre.lassegues@meteo.fr)

METEO-FRANCE a réalisé une climatologie des roses des vents de surface sur la France en points de grille à partir de données de modèle (action RETIC B95). Pour ce faire, le modèle français de prévision à aire limitée Aladin a été utilisé sur le domaine France puis un «zoom» sur le Nord-Est du pays a été fait avec le modèle Méso-NH (modèle non hydrostatique à méso-échelle) sur une sélection de situations types issues d'une classification. Des critères d'évaluation ont ensuite été définis et appliqués pour estimer la qualité des roses reconstituées par rapport à celles observées.

L'objectif de l'étude décrite ici était de compléter les roses des vents en point de grille issues de l'action RETIC B95 par des roses des vents calculées sur 3 ans d'archives Aladin de juillet 1997 à juillet 2000.

La climatologie alors obtenue doit être ensuite validée par une comparaison avec des roses de vents issues d'observations comme cela a été fait dans l'action RETIC B95.

Le travail réalisé a donc suivi la chronologie suivante :

- Première phase : Production de la climatologie à partir de trois années d'archives Aladin. C'est-à-dire «calcul» des roses de vents aux points de grille du modèle
- Deuxième phase : Validation de la climatologie produite.

Reconstitution des roses de vent au point d'observation à partir des roses obtenues aux points de grille.

Plusieurs méthodes étaient possibles. On pouvait d'abord affecter à une station d'observation la rose calculée au point de grille le plus proche. Une autre idée était d'interpoler les roses à partir des quatre points de grille voisins de la station. La seconde méthode a généré de meilleurs critères d'évaluation en moyenne que la première. C'est donc l'interpolation bilinéaire qui a été choisie malgré certaines limitations. En effet, pour les stations situées près du littoral ou dans des zones de relief, les roses interpolées sont moins représentatives de celles observées que pour des stations de plaine.

Comparaison avec les données RETIC-B95 en calculant les critères de qualité définis alors.

On obtient des résultats satisfaisants quant à la climatologie réalisée.  
Calculs de différences et tests statistiques appliqués entre les roses modélisées et celles observées

En particulier, des distances (de type  $\chi^2$ ) ont été calculées sur toutes les valeurs, par fréquence puis par secteur glissant de direction.

Là encore, les résultats montrent que le modèle reproduit assez bien les roses observées en général. Dans le détail, on note que sur l'Ouest de la France le modèle présente sur les directions principales du vent un biais arrière (par rapport au sens trigonométrique), alors que sur le Nord-Est du pays, on a plutôt un biais avant.

D'autre part, on constate de manière générale une sous estimation de vents forts et moyens et une sur estimation des vents faibles.

Réalisation de zonages des critères qualité et des distances ( $\chi^2$ ) sur toute la France.

On met ici en valeur le fait suivant : sur les zones où l'orographie a une influence importante (montagnes ou vallées encaissées), les roses modélisées reproduisent moins bien celles observées qu'ailleurs.

- Troisième phase : « Zoom » sur le Nord-Est de la France.

Les roses des vents fournies par la climatologie réalisée à partir de trois ans d'archives Aladin ont été comparées à celles obtenues avec le modèle Méso-NH sur la région Nord-Est lors de l'action RETIC-B95. Les critères de qualités se sont trouvés améliorés globalement. En revanche, dans les zones de relief, Méso-NH parvient mieux à reproduire les roses de vent en particulier en direction.

Par conséquent, l'atlas climatique des roses des vents sur la France à partir des données Aladin sur 3 ans semble plutôt satisfaisant. En effet, en comparant les roses obtenues à celles de l'action RETIC B95, on constate de très bonnes similitudes. De plus, cette étude a permis de déterminer plus finement des zones qui posent des difficultés de représentation à Aladin : régions où le vent est fortement influencé par le relief. On a montré l'avantage d'avoir une série relativement longue de données par rapport à une sélection de situations type. Par exemple, l'atlas réalisé sur le Nord-Est à partir de simulations Méso-NH sur une sélection de 95 dates présentait de moins bons critères que celui réalisé à l'aide de 3 ans de données Aladin. En revanche, la direction du vent sur les zones où elle est fonction du relief est mieux modélisée par Méso -NH sur 95 dates que par Aladin sur 3 années de données.

A l'issue de cette étude, il reste encore pas mal de pistes à explorer. En phase préliminaire, on souhaite étudier l'homogénéité des séries de données modélisées (influence des modifications survenues sur les modèles) et observées (influence des changements de capteurs ou de l'emplacement des capteurs).

Ensuite, on pourra réaliser le dépouillement des données, en utilisant d'autres approches que celles évoquées au cours de ce projet, de nouvelles méthodes d'interpolation par exemple.

## **SUR LA PREVISION DES ORAGES ETUDE Du CAS DE NIAMEY**

**YEPDJUO F.E.** <sup>(1)</sup>, **FOFANA M. L.** <sup>(2)</sup> et **ILBOUDO G.** <sup>(3)</sup>

(1) Ecole Africaine de la Météorologie et de l'Aviation Civile. B P 746 Niamey, Niger

(2) Direction Nationale de la Météorologie B P : 237 Tel/Fax 29 21 01 Bamako - Mali.  
E-mail : [mamadou.lamine.fofana@caramail.com](mailto:mamadou.lamine.fofana@caramail.com) ou [dnm@malinet.ml](mailto:dnm@malinet.ml)

(3) Centre de Prévision Météorologique - Ouagadougou 01 Burkina Faso

La prévision des nuages convectifs de fin d'après-midi est envisagée à Niamey à l'aide des indices de stabilité. Les données de radiosondage, les images satellitale de Météosat et les observations d'orage sont conjointement examinés à cette fin durant la période de mai à août 1997. Les radiosondages ont ensuite été classés en catégories de forte convection, de faible convection et de non-convection. Puis, ils ont été utilisés pour calculer les indices de stabilité dans chacune de ces catégories.

L'analyse des résultats et l'évaluation des performances des différents indices de stabilité considérés ont montré que le potentiel de convection suggéré par Dhonneur (1978) apparaît comme le plus adéquat pour la prévision des orages convectifs. Sa prévision est meilleure que celle de la CAPE, réputée de très convenable dans ce genre d'opération. Le potentiel de convection est recommandé pour une large application à Niamey.

