3. Indicateurs climatiques pour la gestion des ressources

EVALUATION AVANT TRAVAUX DES CONSEQUENCES DE L'IMPLANTATION D'UN REMBLAI FERROVIAIRE SUR LES ECOULEMENTS GRAVITAIRES ET SUR LES TEMPERATURES MINIMALES DU PRINTEMPS DANS LE VIGNOBLE DE CHAMPAGNE

Gérard BELTRANDO (1), **Sébastien BRIDIER** (2), **Malika MADELIN** (1) et **Hervé QUENOL** (1)

(1) Université des Sciences et Technologies de Lille, CNRS FRE 2170 F-59655 Villeneuve d'Ascq gérard.beltrando@univ-lille1.fr

(2) Université Denis Diderot (GHSS, c.c. 7001), 2 place Jussieu 75251 Paris Cedex 05

Lors du colloque de l'AIC à Liège, nous avons montré qu'en simulant, avec une bâche, le remblai de la future ligne du TGV Est (Paris-Strasbourg) dans le bas d'un coteau viticole, nous obtenions un blocage significatif des écoulements gravitaires et par conséquent une accumulation supplémentaire d'air froid préjudiciable aux jeunes bourgeons (Bridier & *al*., 1995). Les résultats de cette étude d'impact ont été pris en compte par le Maître d'ouvrage qui a modifié les plans de la ligne (remodelage de terrain, hauteur du remblai limitée à 2,5 m …). Mais, compte tenu des enjeux économiques (vignoble A.O.C., classé 100 % grand cru), Réseau Ferré de France nous a demandé d'évaluer le risque gélif résiduel après modification des plans. Nous présentons ici les 3 grandes étapes de cette nouvelle étude qui a nécessité une problématique nouvelle :

- Une nouvelle bâche, simulant le remblai sur toute la longueur d'un site témoin en remblai a été implantée en mars 2001 (longueur 550 m, hauteur 0,5 à 2,5 m), dans les Fonds de Sillery (commune de Mailly et Verzenay, Marne). Un nouveau protocole de mesures, reposant sur l'utilisation d'une quinzaine d'enregistreurs de températures en indice actinométrique et de girouettes manuelles disposées à 0,5 m de la surface, a été défini. Pour compléter ce dispositif et afin de mieux cerner les écoulements de l'air à l'échelle locale lors des situations radiatives (ciel clair ou peu nuageux, vent régional inférieur à 2 ou 3 m/s), des profils verticaux sont réalisés jusqu'à 2,5 m et des fumigènes sont employés (avec prises de vue numériques). Les mesures sont réalisées, avec et sans la présence de la bâche, sur l'ensemble du site témoin susceptible d'être affecté par l'accumulation d'air froid. Elles se font, la nuit et en début de matinée, pour les situations estimées comme étant favorables à un fort refroidissement nocturne (sélection des nuits en collaboration du Centre Départemental de Météo-France Marne).

- A la suite de la première étude, une station météorologique automatique a été implantée sur le site d'étude, à quelques centaines de mètres de la future ligne, dans un secteur où l'air froid devrait s'accumuler. Cette station s'insère dans le réseau régional de stations du vignoble (33 stations, 1 pour environ 1000 à 1 200 ha de vigne) géré conjointement par Météo-France et le Comité Interprofessionnel du Vin de Champagne (C.I.V.C.) Les données de cette nouvelle station permettent d'une part, d'évaluer le comportement thermique du site par rapport à celui des sites voisins (étude statistique classique) ; d'autre part, d'évaluer les différences de

températures avec les autres stations au comportement similaires, pour les nuits où les écoulements gravitaires sont bloqués par la bâche.

- Une modélisation du site a été réalisée à partir des données d'altitude et de l'occupation du sol provenant de la BD Carto et Alti (IGN) mis à notre disposition par le C.I.V.C.. La modélisation de la topographie combinée aux mesures de terrain permet d'évaluer la localisation dans l'espace des secteurs viticoles concernés par un refroidissement supplémentaire imputable au nouveau remblai.

Le risque supplémentaire de gel imputable au remblai ferroviaire est nettement moins important que dans le projet initial, mais, lors des matinées les plus froides d'avril 2001, il reste non négligeable pour quelques parcelles viticoles plus ou moins proches de la ligne nouvelle.

CLIMAT ET GESTION DES EAUX DE SURFACE EN TUNISIE : INFLUENCE DE L'EVAPORATION SUR LE STOCK D'EAU DES LACS COLLINAIRES

Zeineb BENZARTI (1) et **Latifa HENIA** (2)

(1) Faculté des Lettres de Manouba.
(2) Université de Tunis, FSHS, 94, bd. Du 9 avril 1938, 1007 Tunis, Tunisie

Les ressources en eau de la Tunisie sont très modestes (9 % uniquement de l'eau mobilisable du Maghreb soit 4 milliards de m3). Du fait de l'aridité du climat et de l'étroitesse des bassins versants, le potentiel des eaux de surface n'est que de 2,7 milliards de m3. Ces ressources sont aujourd'hui largement mobilisées et exploitées. La Tunisie atteindra bientôt la limite de sa production en eau. Les besoins quant à eux augmentent dans tous les secteurs. L'eau est devenue objet d'enjeux économiques et sociaux importants. Face à cette situation, l'état a élaboré une stratégie pour le développement des ressources en eau au cours de la décennie 1991-2000. Cette stratégie vise à augmenter le taux de mobilisation des eaux de surface de 62 % à 90 % et l'économie de l'eau à tous les niveaux. Parmi les mesures envisagées par cette stratégie figure l'aménagement de 1000 lacs collinaires répartis sur l'ensemble des gouvernorats du nord et du centre du pays. Il s'agit de petits barrages construits en terre sur les oueds qui ne permettent pas l'édification de grands barrages. Ils ont des sites naturels sur des petits bassins versants dont la superficie varie de quelques centaines à quelques milliers d'hectares. Leur capacité varie entre 3000 et 500 000 m3. Ces lacs pourront mobiliser une cinquantaine de millions de m3 d'eau. Aujourd'hui 50 % des lacs prévus ont été réalisés.

Dans les conditions climatiques de la Tunisie, l'eau stockée dans ces lacs est exposée à une très forte évaporation. Ceci incite à se poser des questions quant à la rentabilité de ce type d'aménagement hydraulique d'autant plus que l'opération lacs collinaires est la plus coûteuse à l'hectare aménagé. Une bonne gestion de ces stocks d'eau passe obligatoirement par la réduction des pertes et notamment celles dues à l'évaporation. Pour ceci la connaissance des quantités d'eau évaporées et de leur variation spatio-temporelle s'impose. Un réseau de mesures de l'évaporation a été mis en place sur ces lacs. La banque des données prend de l'ampleur et permet aujourd'hui une analyse assez fine du phénomène. Aussi nous proposons nous dans cette communication :

- de déterminer le niveau de l'évaporation et sa variation spatio-temporelle,
- d'étudier l'impact de l'évaporation sur la variation du stock d'eau dans ces lacs.

Cette étude sera fondée sur les mesures quotidiennes de l'évaporation bac Colorado intéressant la période allant de 1994 à 2000 soit 7 années successives. Ces mesures sont effectuées au niveau de 16 lacs collinaires ayant des sites représentatifs de différentes nuances climatiques de la Tunisie.

ANALYSE DES TENDANCES THERMO-PLUVIOMETRIQUES DANS LE SECTEUR DU VERSANT ADRIATIQUE COMPRIS ENTRE LA LAGUNE DE VENICE ET LE CAP DE SANTA MARIA DI LEUCA (ITALIE ORIENTALE)

E.□. **BISCI** [(1)], **F. DRAMIS** [(2)], **M. FAZZINI** [(1)], **L. ALTOBELLO** [(1)] et **S. DORIGATO** [(1)]

(1) Dip. Scienze della Terra, Università di Camerino, Italie - Tél. : +39737402614
E-mail : cbisci@camserv.unicam.it; meteomax@katamail.com

(2) Dip. Scienze Geologiche Università di Roma Tre - Roma Italie - Tél. : +3968882022
E-mail dramis@uniroma3.it

Notre étude a été faite à partir des donnés historiques de 44 stations pluviométriques et de 16 stations thermométriques, situées dans le secteur adriatique de la péninsule italienne compris entre la lagune de Venise et le cap de Santa Maria di Leuca. Dans le sens transversal, il s'agit du versant adriatique d'orientation est qui s'étend entre la ligne de côte e la ligne de partage des eaux des Apennins. Les stations choisies ont été celles qui offraient des séries d'observations suffisamment longues (au minimum de 60 ans) afin de nous permettre d'identifier des indicateurs climatiques adaptés pour essayer de vérifier l'existence du «changement climatique» en cours tant acclamé mais pas encore démontré.

Les stations qui présentaient des lacunes d'observation supérieures au 10% de la période totale de disponibilité des données ont été écartées tandis que les lacunes des stations choisies ont été comblées en utilisant des méthodes statistiques déjà classiques en climatologie. Toutes les stations appartiennent au réseau d'observatoires météorologiques de la Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali (offices départementales de Venise, Bologne, Pescara e Bari). La période d'étude s'étend de 1910 à 1995 pour les stations pluviométriques et de 1926 à 1995 pour les stations thermométriques.
Les stations analysées ont été sélectionnées de manière qu'elles suivent trois lignes imaginaires parallèles entre elles : la première sur la côte ; la deuxième à mi-distance (environ 30 kilomètres) entre la ligne de partage des eaux et le littoral, qui traverse une zone de collines ; et une troisième ligne, très complexe et irrégulière à proximité de la ligne de partage des eaux des Apennins.

Il faut souligner que nous devons considérer soit la distribution spatiale des stations (sauf pour le territoire de l'Apulie), soit la distribution altitudinale (avec des stations qui sont comprises entre le niveau de la mer e 1500 mètres environ) pour l'analyse statistique conduite sur la zone d'étude.

Dans l'ensemble, le climat de la zone présente des caractères bigarrés à cause de la remarquable extension en latitude (comprise entre 39°30' et 45°30' Nord), et montre des conditions progressivement plus «méditerranéennes» en allant du Nord au Sud de la péninsule italienne. En effet, dans la partie de la région comprise entre la lagune de Venise et la côte de la Romagne, là où la plaine du Po se ferme, le climat est sub-continental, les hivers sont assez froids, les été très chauds et humides ; les précipitations sont presque également distribuées pendant les quatre saisons. En avançant vers le centre (Marches, Abruzzes), le pouvoir régulateur de la mer devient plus marqué et le climat présente un caractère sub-littoral qui

devient sub-méditerranéen vers le sud (Molise, Apulie), avec une montée progressive des températures en hiver, une hausse marquée des pluies durant la période novembre - avril avec des précipitations sous forme de neige, très abondantes sur les reliefs mais occasionnelles sur la côte. Il est très important de souligner que dans la région des plaines de l'Apulie (Tavoliere et Salento) en été, les précipitations sont rares au point qu'il peut y avoir une totale sécheresse durant plusieurs années. En général donc, en descendant du Nord au Sud, on a, aux mêmes altitudes, une augmentation des valeurs thermiques moyennes et une différente distribution annuelle des précipitations, avec le maximum absolu dans les saisons opposées.

L'analyse statistique des tendances a été développée en plusieurs étapes. Partant de la simple construction de diagrammes cartésiens temps/précipitations et temps/températures, nous avons ensuite calculé les courbes d'interpolation d'ordre différent (suffisantes pour comprendre la tendance climatique générale), puis nous avons évalué les moyennes mobiles à des périodes différentes. Enfin nous avons tenté une analyse harmonique multiple, pour individualiser les principales composantes sinusoïdales de la variabilité temporale des donnés étudiées, pour mettre en évidence les analogies ou les différences vérifiées dans les différents secteurs du versant adriatique.

LA VARIABILITE DES CHARGES THERMIQUES DE L'HOMME A CRACOVIE AU XXEME SIECLE

Krzysztof BLAZEJCZYK (1) et **Robert TWARDOSZ** (2)

(1) Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania, Polska Akademia Nauk, Varsovie, Pologne

E.□. Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Jagielloński, Cracovie, Pologne

Le but de cette présentation est l'évaluation de la variabilité des charges thermiques de l'homme à Cracovie. On a aussi essayé d'estimer l'influence de la circulation atmosphérique sur le climat ressenti.

L'étude est basée sur des valeurs moyennes mensuelles d'éléments météorologiques mesurés à 12h GMT entre les années 1901 et 2000. Les données proviennent d'une station climatologique de l'Université à Cracovie (φ= 50°04′N, λ=19°58′E, h=206 m au-dessus de la mer). Cette station est située au centre ville, dans un jardin botanique et fonctionne depuis l'an 1792. C'est une de séries de données météorologiques les plus longues obtenues en Pologne et à cause de cela cette station constitue un point de référence dans des études d'évolution du climat en Europe Centrale. Les données météorologiques ont été utilisées pour calculer un nombre d'indices bioclimatiques, aussi bien traditionnels (par exemple *WCI*, *TE*) que basés sur le bilan thermique de l'homme (*HL*, *PSI*, *HSI*, *Iclp*). Les calculs ont été effectués à l'aide du logiciel BioKlima (Blazejczyk et Blazejczyk 1997).

Le bioclimat de Cracovie est influencé - à part des facteurs locaux, surtout de la localisation de la ville dans la vallée du Vistula - par la circulation atmosphérique. C'est elle qui détermine l'advection des différentes masses d'air - maritimes ou continentales avec l'échange d'air zonal et masses arctiques ou tropicales avec les types méridiennes de circulation. Afin de caractériser la variabilité de circulation atmosphérique on a utilisé deux indices : *P* - l'indice de la circulation zonale, et *S* - l'indice de la circulation méridienne. Leurs valeurs ont été calculées selon les types de circulation pour la Pologne du Sud (Niedzwiedz 2000) en utilisant la méthode de Murray et Lewis (Niedzwiedz 1994). Des valeurs élevées de *P* sont notées dans le cas d'une circulation zonale moyenne à composante occidentale, et des valeurs négatives dans celui d'une composante orientale. L'indice *S* caractérise l'intensité de la circulation méridienne. Lorsque ses valeurs sont élevées, la composante de circulation méridionale prédomine. Des chiffres négatifs témoignent d'une plus grande contribution de la composante septentrionale.

On a constaté que dans le siècle étudié ils existent des tendances dans les changements des conditions de la circulation atmosphérique et des conditions bioclimatiques ressenties par l'homme. Les valeurs des indices bioclimatiques indiquent l'existence de quelques périodes qui se caractérisent par des charges thermiques de l'homme réduites (1920-1940, 1950-1960, 1980-2000). Les deux dernières décennies semblent être exceptionnellement marquantes. On observe aussi des relations entre ces périodes d'àdoucissement des conditions bioclimatiques et la circulation atmosphérique décrite par les indices *P* et *S*.

INFLUENCE DES FACTEURS CLIMATIQUES SUR LA MENINGITE CEREBRO-SPINALE DANS UNE ZONE URBAINE : CAS DE NIAMEY (NIGER)

Y. DJELLOULI et **C. ROUILLARD**

Université du Maine Le Mans, France
Yamna.Djellouli@univ-lemans.fr
Roleca1@yahoo.fr

Plusieurs facteurs prépondérants, dont les plus importants sont climatiques, favorisent le déclenchement et la transmission de la méningite cérébro-spinale (MCS) dans les pays sahéliens. Une étude de cas a été menée au début de l'année 2000, dans une zone urbaine à Niamey, capitale du Niger.

L'objectif est de définir les périodes sèches et humides afin de mettre en évidence la répercussion des conditions climatiques sahéliennes sur l'occurrence de la méningite cérébro-spinale.

Cette étude porte sur trois périodes d'observation à l'échelle de Niamey. La première, inter-annuelle, sur une période de treize années (de 1986 à 1999), nous permet d'avoir une approche générale de l'évolution des MCS. La seconde, mensuelle, sur deux années consécutives : 1994 et 1995 ; la première étant une année de faible épidémie et la seconde, année de forte épidémie. Cette période d'observation fait apparaître le caractère saisonnier très marqué des épidémies de MCS et l'importance de certains facteurs météorologiques dans la prépondérance des cas de MCS. Enfin la troisième, hebdomadaire, période correspondant à la saison sèche du 03/01/2000 au 02/04/2000.

Il apparaît que cette maladie est infiniment liée à la saison sèche, correspondant à une chute de l'humidité, favorisée par l'harmattan de mars à avril. Ce dernier élément contribue au dessèchement des muqueuses rhino-pharyngites facilitant la pénétration de méningocoques jusqu'aux méninges. Par ailleurs, la saison humide marque un frein notable aux épidémies de la méningite cérébro-spinale.

Nos résultats ont été comparés à ceux d'autres régions africaines (Diallo Iam *et al*., 1999) sur la variabilité climatique et l'occurrence de la MCS au Mali.

Il va sans dire que d'autres facteurs, notamment les facteurs socio-économiques, spécifiques aux pays pauvres comme le Niger, contribuent à l'aggravation de la maladie. La population niameyenne constitue une population à risque (nommée ainsi dans le domaine de la santé publique). C'est ainsi que durant la saison sèche 2000, une enquête auprès de 400 femmes a été menée dans plusieurs quartiers de la ville. Pour une analyse plus pertinente nous avons limité notre enquête à quatre quartiers, de conditions socio-économiques bien distinctes, de la communauté urbaine de Niamey.

A l'ère où de grandes avancées dans le domaine de la prévision climatique saisonnière en Afrique de l'Ouest sont mises en place en Afrique de l'ouest (Baddour et Djellouli, 1999), des stratégies de prévisions, d'alerte précoce de la maladie et de lutte contre cette dernière devraient aboutir.

LES ORTHOPTERES PEUVENT-ILS SERVIR DE BIO-INDICATEURS CLIMATOLOGIQUES ?

François DUSOULIER

Université de Rennes 2, Laboratoire COSTEL, UMR 6554-CNRS, Département de Géographie. 6, avenue Gaston Berger, 35023 Rennes cedex, France,
francois.dusoulier@uhb.fr

Parmi les travaux des géographes, il en existe peu traitant de biogéographie, et parmi ceux-ci, une très grande majorité est tournée vers la chorologie végétale. Par conséquent, les corrélations explicatives avec des facteurs climatiques ont presque toujours été faites avec l'aire de distribution des plantes, considérant tantôt la végétation spontanée, tantôt les besoins agronomiques. En écologie, les études causales entre la distribution de la faune et les facteurs météoriques se font à des échelles souvent très locales ; ceci ne permet donc pas d'instituer un regard global sur l'aire d'une espèce.

Pourquoi ne pas mener une étude sur un groupe animal afin de cerner leurs préférences climatiques et ainsi cerner leurs réactions par rapport aux différentes échelles de mesures climatiques ?

Les Insectes représentent 75 % des espèces animales et 60 % de l'ensemble de la biodiversité. Par ailleurs, toutes les espèces d'Insectes sont poïkilothermes (= ectothermes), c'est à dire que la température de leur corps varie et dépend en majeure partie des conditions climatiques du milieu. Leur étude est donc prépondérante pour la compréhension des phénomènes qui régissent les aires de distribution spatiale, au moins d'un point de vue climatique. De plus, la plupart des espèces sont populeuses et sont très sensibles aux modifications de leurs biotopes. Elles peuvent donc être considérées comme bio-indicatrices d'un état environnemental donné.

Le problème majeur de l'étude des Insectes réside dans leur détermination spécifique, souvent assez hasardeuse et très longue à réaliser sur le terrain. De la même manière, la recherche des espèces sur le terrain est parfois si spécialisée qu'elle ne peut-être pratiquée de manière répétée dans l'espace et le temps sans engendrer d'erreurs dues à des variations trop importantes de l'échantillonnage.

L'ordre des Orthoptères, *i.e.* sauterelles, grillons et criquets, a donc été choisi. Effectivement, la détermination jusqu'à l'espèce peut se faire la plupart du temps sur le terrain et les relevés peuvent être quasiment exhaustifs à partir d'une seule collecte, à condition de tenir compte des chants sonores. Ainsi, lors d'un travail antérieur, la distribution des Insectes Orthoptères a été étudiée en Bretagne à partir de 663 stations réparties sur tout le territoire. Une fois les cartes réalisées, des corrélations avec les facteurs climatiques ont été réalisées à plusieurs échelles, du méso au micro-climat, en intégrant le topoclimat.

Les corrélations entre chorologie et facteurs climatiques ont été réalisées pour quelques espèces dont les cartes étaient bien renseignées, avec les relevés des stations météorologiques sur la période trentenaire 1960-1990. L'adéquation de certains taxons avec certains facteurs est très exacte comme pour *Omocestus viridulus* (fraîcheur et pluie), *Euchorthippus pulvinatus* (chaleur) ou encore *Gomphocerippus rufus* (continentalité).

Pour d'autres espèces, les cartes du climat régional ne sont pas du tout en adéquation avec les facteurs climatiques : soit que ces espèces n'ont pas d'exigence vis à vis du climat (cas des espèces euryèces et très répandues), soit que les conditions climatiques affectant l'occurrence de l'espèce soient d'échelle inférieure, topoclimatique et/ou microclimatique.

Les conditions du climat local sont très importantes pour les Orthoptères puisqu'elles déterminent une partie des contraintes du milieu, tant pour le développement embryonnaire et larvaire que pour la survie des imagos. L'établissement de transects a permis de voir un gradient d'espèces selon les micro-milieux, mettant en évidence des rôles du topo et du micro-climat. Quelques espèces montrent bien des réponses vis à vis de ces échelles inférieures (*Euchorthippus pulvinatus*, *Pteronemobius lineolatus*, *Chorthippus montanus*, *etc.*).

Ces observations sur la distribution spatiale des Orthoptères vis à vis des conditions climatiques à plusieurs échelles permettent d'en voir des bio-indicateurs potentiels du climat en un point ou un environnement donné. De plus, par leur mobilité relative, ils apportent d'autres types d'informations que la végétation puisqu'ils ont une réponse spatiale plus rapide vis à vis des évolutions climatiques.

EVALUATION DU POTENTIEL ÉOLIEN DANS LE JURA SUISSE

Jean-Michel FALLOT, **Jacques-André HERTIG**, **Christophe HUG**

Laboratoire des Systèmes Energétiques (LASEN), Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), CH- 1015 Lausanne, Tél : +41–21–693 23 06, Fax : +41– 21–693 28 63,
E-mail : Jean-Michel.Fallot@igul.unil.ch

Les études menées en Suisse jusqu'à présent ont montré que l'énergie éolienne représente une énergie alternative intéressante dans ce pays, mais uniquement sur certains reliefs jurassiens et alpins bien ventilés. Il convient donc d'évaluer au préalable avec soin le potentiel éolien d'un site avant d'y implanter des éoliennes si l'on veut éviter des déconvenues au niveau de la production d'électricité. Actuellement, une telle évaluation requiert au moins une année de mesure sur le site même, puis la méthode MCP (Measure-Correlative-Predict) permet d'étendre cette prévision sur une dizaine d'années, afin de tenir compte des variations climatiques interannuelles. Or cette manière de procéder s'avère très coûteuse et elle ne permet de déterminer le potentiel éolien avec précision qu'en un seul endroit, en l'occurrence le site de mesures. C'est pourquoi, on aimerait disposer de méthodes de calculs (modèles) capables d'évaluer le potentiel éolien pour l'ensemble d'une région, à différents niveaux au-dessus du sol, sur la base de mesures du vent existantes en un ou plusieurs endroits.

Le LASEN-EPFL a mis au point une telle méthode de calcul pour évaluer le potentiel éolien. Elle a été appliquée dans 2 régions du Jura Suisse (Mont Crosin, bassin supérieur de la Birse) à partir de mesures météorologiques faites sur un sommet jurassien depuis une vingtaine d'années (Chasseral). Cette méthode consiste à combiner la MCP et le calcul de champs de vents à l'aide d'un modèle numérique tridimensionnel pour transposer les données météorologiques mesurées au Chasseral (= station de référence) à l'ensemble de ces 2 régions. Une telle méthode nécessite que la station de mesures de référence documente efficacement les vents synoptiques en vue d'initialiser correctement le modèle numérique : ceci est le cas pour le Chasseral. Les auteurs souhaitent présenter ici cette méthode de calculs pour l'évaluation du potentiel éolien sur un domaine de 38 km sur 25 km recouvrant le Nord du Jura Suisse (bassin supérieur de la Birse).

Pour cela, les champs de vent ont d'abord été calculés pour ce domaine avec le modèle numérique tridimensionnel pour un certain nombre de secteurs. Les analyses météorologiques ont montré que la ventilation moyenne annuelle dans le Nord du Jura Suisse peut être caractérisée dans un premier temps à l'aide de 12 secteurs de vent synoptiques de 30° mesurés au Chasseral. Nous avons donc calculé pour une année de référence les vitesses moyennes de ces 12 secteurs de vents synoptiques, leur fréquence d'apparition et les gradients verticaux de température moyens pour chaque secteur mesurés par les radiosondages de Payerne. Ces valeurs ont ensuite été introduites dans le modèle pour le calcul des champs de vent de ces 12 secteurs. Nous avons ensuite appliqué la méthode MCP entre les mesures du vent effectuées au Chasseral durant 18 ans et les champs de vent calculés par le modèle sur l'ensemble du domaine et à différents niveaux. Comme les champs de vent ne livrent qu'une vitesse moyenne annuelle pour 12 secteurs de vent, la méthode MCP permet ensuite de compléter les résultats en calculant les valeurs sur l'ensemble du domaine pour les autres vitesses et directions des flux mesurées au Chasseral. Puis, le potentiel éolien a été calculé sur une

période de 18 ans pour l'ensemble du domaine en introduisant les caractéristiques techniques d'une éolienne adaptée à la ventilation du Jura (Vestas V44-600 kWh).

Pour contrôler l'efficacité de cette méthode de calculs, des mesures du vent ont été réalisées durant une année en 2 endroits et à 2 niveaux différents (20 et 30 m/sol) sur un sommet du Jura situé au centre du domaine étudié : La Montagne-de-Moutier. Les potentiels éoliens ont été calculés pour ces 2 sites à partir de ces mesures in situ et ils ne diffèrent guère des potentiels obtenus à partir des champs de vent du modèle numérique tridimensionnel aux mêmes endroits. On en déduit que les potentiels éoliens calculés à partir de ce modèle sont réalistes pour l'ensemble du domaine du bassin supérieur de la Birse. Mais cela suppose que les propriétés des vents faibles, modérés et forts évoluent de la même manière sur l'ensemble du domaine de calcul qu'au sommet du Chasseral. Les mesures sur le terrain révèlent qu'une telle évolution se rencontre effectivement sur les autres sommets du Jura, mais pas dans les vallées où des courants thermiques totalement découplés des vents synoptiques parviennent fréquemment à se développer (environ 1 jour sur 2). Or, ces courants thermiques sont difficiles à simuler par les modèles si on ne dispose pas d'un nombre suffisant de mesures sur le terrain. Toutefois, ils n'altèrent pas trop les résultats pour les potentiels éoliens, car ces derniers dépendent surtout des vents forts.

Les résultats obtenus pour le bassin supérieur de la Birse montrent que les potentiels éoliens sont nettement plus élevés sur les sommets jurassiens que dans les vallées, mais que des différences sensibles apparaissent d'un sommet à l'autre, ainsi que d'un site à l'autre sur un même sommet, car la ventilation varie fortement à l'échelle régionale et locale dans une topographie accidentée.

Dans ces conditions, les calculs du potentiel éolien sont très délicats, car celui-ci est proportionnel à la vitesse du vent au cube et la contribution des vitesses élevées est très importante. Il ne s'agit dès lors pas seulement de simuler correctement les vents moyens, mais aussi les vents forts avec une grande précision. Notre difficulté pour de tels calculs avec les modèles réside dans le manque de données sur les vents synoptiques avec un pas de temps suffisant : les sondages atmosphériques ne sont effectués régulièrement que tous les 6 heures à un seul endroit de Suisse (Payerne) et les courants mesurés par les stations météorologiques juchées sur des sommets ou des cols sont plus ou moins fortement influencés par le site et la topographie. La station sise au sommet du Chasseral documente bien les vents synoptiques soufflant au-dessus du Jura en étant peu influencée par son site et par la topographie.

Une autre difficulté provient de l'influence de la stabilité, de la force apparente de Coriolis et de la rugosité (micro-reliefs) sur la direction et la force des courants près du sol. Ces influences doivent être simulées avec soin, car une erreur de 2% dans la vitesse moyenne des vents peut conduire à 30% d'erreur dans l'évaluation du potentiel éolien. Seul, un maillage très fin du modèle sur la région du site projeté pour des éoliennes permet d'atteindre la précision souhaitée pour le calcul des vitesses des courants et du potentiel éolien.

Dans le même temps, il est indispensable de définir un domaine de calculs suffisamment vaste pour le modèle numérique, afin de tenir compte de l'influence des régions environnantes (conditions aux limites) : cela requiert de grandes puissances de calculs. Enfin, il s'agit de disposer de valeurs mesurées in situ à l'intérieur de ce domaine pour contrôler les résultats du modèle. Si toutes ces conditions sont remplies, le potentiel éolien peut être évalué efficacement à partir de ce modèle et de la méthode MCP pour n'importe quel site.

LES TYPES DE CIRCULATION ET LA DISPERSION THERMIQUE ATMOSPHÉRIQUE DE HAUTE FRÉQUENCE COMME INDICATEURS CLIMATIQUES DANS LA GESTION DES RESSOURCES SANITAIRES

Pablo FERNANDEZ DE ARROYABE HERNAEZ

Departamento de Geografía, Urbanismo y Ordenación del Territorio
E.T.S. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad de Cantabria, Avda. los Castros S/N. SANTANDER 39005. Tél. : 942201780 Fax : 942201783
Email: fernandhp@unican.es

La présente communication se situe, du point de vue conceptuel, dans le domaine des risques sanitaires liés au climat. Elle étudie le rapport existant entre la variabilité de haute fréquence expérimentée par la température dans la ville de Vitoria, les situations synoptiques journalières et le nombre de diagnostiques hebdomadaires de grippe enregistré par le Réseau de Médecine Préventive de la Communauté Autonome du Pays Basque à Vitoria.

Les résultats obtenus dans cette étude préliminaire montrent l'existence d'une forte relation statistique entre les trois facteurs pendant la période de propagation de la maladie dans la ville de Vitoria pendant l'automne - hiver 1999.

En outre, nous voulons remarquer l'importance que cette relation peut avoir dans le domaine de la planification sanitaire en vue de l'implantation de méthodes d'analyse préventive qui facilitent la gestion des ressources sanitaires en phases expansives d'épidémies grippales.

Les sources utilisées sont :

- Les valeurs dix-minutaires de température enregistrées dans la station E040, située à Vitoria, appartenant au Réseau Automatique de Stations Météorologiques du Service Basque de Météorologie.

- Le taux de grippe et le nombre de diagnostiques grippaux enregistrés par le Réseau de Médecine Préventive de la Communauté Autonome du Pays Basque.

- La classification des types de circulation atmosphérique définie par A. Jekinson en 1977 adaptée à la Péninsule Ibérique avec l'objectif d'obtenir un type de circulation journalière pour les mois de novembre et décembre de 1999.

- Les cartes d'analyse en surface à 12 heures (TMG) publiées dans le bulletin journalier de l'Institut National de Météorologie.

Il y a deux hypothèses de travail, chacune avec deux scènes thermiques. La première scène est définie à partir des 1008 données dix-minutaires correspondant à une semaine.

La deuxième scène reprend uniquement les donnés journalières enregistrées entre 8:00 heures et 22:00 heures.

CONTRIBUTION AU CALCUL DES INDICES CLIMATICO-TOURISTIQUES : UN EXEMPLE DANS LA HAUTE VALLÉE DE SUSA (NORD-OUEST DE L'ITALIE)

S. FRATIANNI

Dipartimento di Scienze della Terra – 35, Via Valperga Caluso, 10125 Torino, Italie
Tel. +39 011 6707101 ; Fax +39 011 6707155 ; Fratianni@dst.unito.it

Jusqu'à une date récente, la plupart des auteurs qui s'intéressaient aux problèmes de climatologie touristique ont essayé de les analyser au moyen d'indices climatiques qui associent, à l'intérieur d'une formule plus ou moins complexe, un certain nombre de variables météorologiques préalablement jugées nécessaires à la réussite des activités à l'air libre. Cependant, si ce procédé ne manque pas d'attraits, l'expérience montre qu'il ne donne pas toujours entière satisfaction. C'est la raison pour laquelle aujourd'hui, la préférence va souvent vers une démarche peut-être un peu plus ardue, mais aussi plus sûre, fondée sur l'analyse séparée et comparée des paramètres climatiques. De plus, la bibliographie sur les indices climatico-touristiques est abondante surtout pour les zones côtières, tandis que pour les stations de montagne elle se fait rare. Notre étude essaie de contribuer à combler cette lacune. Nous avons utilisé les données de quatre stations météorologiques automatiques de la région Piémont (Italie) dans la Haute Vallée de Susa, zone touristique reconnue pour ses domaines skiables et site des prochains jeux olympiques d'hiver de 2006.

La période considérée pour l'étude climatique commence en 1990, année de l'installation des stations automatiques de Prerichard (1353 m), Camini Frejus (1800 m), Le Selle (1950 m) et Lago Pilone (2320 m), et s'étend jusqu'au mois de mai 2001.

De toutes les variables considérées, quatre ont été choisies par leur influence sur le tourisme hivernal de montagne : la radiation, l'épaisseur du manteau neigeux, l'albédo, la température. D'une part nous savons que le skieur accorde une grande importance à la recherche du "beau temps", les journées marquées par des chutes de neige sont donc, très souvent, des journées perdues pour le ski. D'autre part, la clientèle des sports d'hiver aime le grand soleil, que ce soit sur les pistes ou hors des pistes. Dans ces conditions, comment peut-on apprécier globalement les aptitudes d'une station, ou d'un massif, au tourisme hivernal ? Plusieurs essais ont été faits pour cerner les conditions climatiques favorables à la pratique des sports d'hiver. Deux indices complémentaires ont été proposés :

- le premier, conçu par R. Balseinte (1961) évalue le nombre de jours théoriquement skiables : il s'obtient facilement en soustrayant à la durée du manteau neigeux continu le nombre de jours affectés par des chutes de neige entre 6 et 18 heures ;

- le second indice, utilisé par J.Herbin (1980), concerne l'ensoleillement relatif de la saison d'hiver.

Un autre élément du climat doit être envisagé dans la perspective des sports d'hiver : c'est la température de l'air, qui intervient pour déterminer la *possibilité de fabrication artificielle de neige*, au cours de la période de constitution du manteau neigeux (novembre - décembre) dans les sites de ski alpin (R. Lazrak, 1984).

D'autres paramètres à prendre en compte pour la définition des indices climatico-touristiques sont le complexe thermo-anémométrique et le complexe thermo-hygrométrique. La combinaison de la température et du vent peut être saisie à travers le pouvoir réfrigérant de l'air, qui donne la quantité de chaleur prélevée au corps par unité de temps et que l'on calcule à l'aide de la formule de P.A. Siple et Ch. F. Passel (1945).

Plus l'air est loin de son point de saturation (donc plus l'humidité relative est basse), plus l'individu a le pouvoir de lutter efficacement contre l'échauffement. On utilise couramment la formule de E.C. Thom (1959) pour cerner la combinaison de la température et de l'humidité relative (le complexe thermo-hygrométrique).

Nous avons pris les données de radiation, de l'intensité du vent, de l'épaisseur du manteau neigeux, de la température et de l'humidité relative de quatre stations météorologiques mentionnées, et nous avons calculé tous les paramètres cités puis, avec les résultats obtenus, nous mettons actuellement en place un nouvel indice climatico-touristique complet et représentatif des stations touristiques équipées pour la pratique des sports d'hiver.

ANOMALIES EN DEGRES-JOUR, HEURES-FROID, GELEES ET PRECIPITATIONS ASSOCIEES A L'EVENEMENT EL NIÑO-OSCILLATION DU SUD/LA NIÑA DANS LA REGION DE "EL MAULE" (35º LAT. SUD), CHILI CENTRAL.

Patricio GONZALEZ COLVILLE

Universidad de Talca, Chile. Tél.: (56) (71) 200220 ; Fax : (56) (71) 200212.
E-mail : pgonzale@pehuenche.utalca.cl

Dans la zone centrale du Chili, qui représente un tiers du territoire national, se trouvent concentrés 74.2% de la population et des habitations du pays, ainsi que 84.3% des hectares de vergers et 98.8% du vignoble. L'activité agricole exportatrice dépend étroitement des variables climatiques. Ainsi, les degrés-jour (DJ, base 10 ºC), les heures-froid (HF, base 7ºC), les gelées (T<0 ºC) et les précipitations (mm), jouent un rôle fondamental, aussi bien dans les étapes phénologiques des arbres fruitiers que dans la vulnérabilité face à l'occurrence d'anomalies mensuelles susceptibles de provoquer des pertes de productivité.

L'objet de notre étude est d'analyser l'influence que l'événement chaud El Niño et l'événement froid La Niña peuvent avoir dans l'occurrence d'épisodes de sécheresse, de gelées et dans l'accumulation de degrés-jour et/ou des heures-froid. Cette étude a été réalisée dans trois stations météorologiques : les deux premières (Talca et Curicó) situées dans des zones agroclimatiques représentatives des activités de production fruitière, et la troisième (Armerillo) dans un secteur de barrages destinés à l'irrigation. La période d'étude, qui a connu les événements El Niño et La Niña les plus intenses du 20ème siècle, s'étend de 1960 à 1999.

La méthodologie suivie. Calcul des DJ et des HF mensuels pour chaque année, puis le nombre de gelées et les totaux de précipitation annuels. Ces valeurs ont été comparées aux normales climatologiques pendant les événements chauds (El Niño) et froids (La Niña). Nous avons ensuite élaboré un modèle statistique pour quantifier l'influence de la température de surface de la mer (TSM) et de la pression atmosphérique au niveau marin (PANM), dans les anomalies agroclimatiques détectées et sur la zone d'étude considérée.

Le tableau 1 montre un exemple des pourcentages calculés, par rapport à la normale, de supéravit et de déficit de DJ, HF, de gelées et de précipitations dans la station de Curicó, située au centre de la zone de production fruitière du Chili. Les données indiquent que les DJ ne présentent pas un comportement stable. Par contre, les HF et les gelées répondent positivement aux apports froids de La Niña en augmentant, en moyenne, de 20% et de 36% respectivement dans la période considérée ; dans les années El Niño, les HF et les gelées ont diminué de 19% et de 27% respectivement. En ce qui concerne les précipitations, elles ont subi en moyenne une augmentation de 44% dans les années El Niño et une diminution de 43% dans les années La Niña.

Ces résultats montrent que l'activité fruitière dans la région centrale du Chili est soumise aux effets négatifs des événements El Niño et La Niña et par conséquent, la vulnérabilité de la zone face à ce risque climatique est considérable. Il s'impose donc la conception d'un système

d'alerte précoce sur la base d'un modèle qui intègre l'événement El Niño - oscillation du Sud aux autres variables qui conditionnent la production agricole annuelle.

Tableau 1. Comportement des variables agroclimatiques dans la station de Curicó (35ºLat.Sud) pendant les événements El Niño et La Niña.

Années El Niño	Degrés-jour %	Heures-froid %	Gelées %	Précipitations %
1963	-12.9	-11.9	16.7	22.3
1965	-18.1	-14.0	6.7	41.9
1969	-4.4	6.2	-3.3	81.4
1972	-9.7	-22.1	-30.0	92.8
1977	-0.2	-9.3	-26.7	33.9
1982	3.4	-42.0	-70.0	43.7
1986	8.2	-35.2	-66.7	16.3
1992	6.8	4.2	-33.3	40.1
1997	8.0	-42.4	-40.0	24.2
Années La Niña	**Degrés-jour %**	**Heures-froid %**	**Gelées %**	**Précipitations %**
1962	0.4	20.1	53.3	-40.4
1964	3.6	35.0	80.0	-28.1
1968	-3.7	17.1	43.3	-63.1
1970	-12.8	29.2	66.7	-21.5
1973	-15.5	21.4	56.7	-24.5
1976	1.5	24.6	60.4	-32.6
1988	5.3	21.8	10.0	-45.0
1996	8.9	11.3	-3.3	-50.5
1998	22.8	-2.1	-40.0	-76.4

MODELISATION DES PRECIPITATIONS DANS LE NORD DE L'ALGERIE

E.□. **HADDAD** [(1)], **F. YOUCEF ETTOUMI** [(1)], **A. ADANE**[(1)] **et H. SAUVAGEOT** [(2)]

(1) Faculté de Génie Electrique (U.S.T.H.B). Laboratoire de Traitement d'Images et Rayonnement. Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, U.S.T.H.B BP 32 16111 El Alia, Bab Ezzouar, Alger, Algérie. Fax : 213 02 24 71 87
E-mail : youcef_t@yahoo.com

(2) Université Paul Sabatier ToulouseIII. Observatoire Midi Pyrénées, Laboratoire d'Aérologie, Centre de Recherches Atmosphériques. 8, route de Lannemezan, 65300 Campistrous, France

L'objet de ce travail est le développement de modèles statistiques permettant la prévision des précipitations au-dessus du bassin méditerranéen. A cet effet, un modèle 'océan- atmosphère' basé sur la régression linéaire multiple a été élaboré. Celui-ci consiste à établir une relation statistique entre les données de température de la surface de l'océan Atlantique réellement observées au cours de la période d'étude de 1964 à 1994 et l'indice régional de précipitations pour les régions du Centre et de l 'Est de l'Algérie. Les décalages de temps considérés dans notre étude, sont d'un, deux et trois mois. Après un traitement préalable des données, nous avons réduit, dans une première étape, le champ de température de la surface de l'océan en procédant à une analyse en composantes principales. Dans une deuxième étape, nous avons classé ces composantes par ordre d'importance du taux de corrélation par rapport à notre indice de pluie, à l'aide de la méthode de sélection progressive ascendante. Pour apprécier la robustesse du modèle de régression, nous avons utilisé la méthode de reconnaissance glissante. Les meilleures valeurs des coefficients de corrélation multiple sont alors obtenues pour un décalage de deux et trois mois en utilisant dix composantes principales.

INFLUENCE DE L'ÉVOLUTION DU CLIMAT ET DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE SUR LES RESSOURCES HYDRIQUES DES PYRÉNÉES CENTRALES. L'EXEMPLE DE LA HAUTE VALLÉE DE L´ARAGON

Juan Ignacio LÓPEZ-MORENO et **Adrian LORENTE GRIMA**

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 : nlopez@ipe.csic.es

Quand on analyse l'évolution des ressources hydriques du Haut Aragon, Pyrénées Centrales espagnoles, on observe une diminution très importante des apports pendant la période 1960-1995. Cette diminution s'exprime de forme différente dans l'espace, avec une tendance plus négative dans les cours inférieurs que dans les cours supérieurs. Au cours de l'année, les mois de printemps sont ceux qui montrent une réduction plus forte du débit.

L'aire d'étude se trouve dans le haut bassin du fleuve Aragon, avec une surface de 2181Km^2, et des sommets surpassant 2500 m. Le point le plus bas est situé à la sortie du barrage de Yesa. Un total de neuf jaugeages permet d'étudier le régime fluvial et son évolution récente.

Les précipitations et températures montrent un clair gradient vers le sud et l'est. On doit considérer que le bassin de la rivière de l'Aragon occupe un espace de transition entre les influences atlantiques et méditerranéennes (au sud et à l'est).

Deux facteurs ont été considérés les plus importants pour expliquer la diminution des débits :

1. En premier lieu on a étudié l'évolution des précipitations et des températures, leur variation en valeurs annuelles, qui dans leur distribution pendant toute l'année, exercent une claire influence dans l'apport annuel. Des changements dans l'évapotranspiration potentielle et l'accumulation d'eau sous forme de neige, affectent directement les valeurs de l'écoulement et leur distribution pendant toute l'année.

2. En deuxième lieu on a tenu compte de l'évolution de l'aménagement du territoire, et spécialement de la couverture végétale. L'aire d'étude est caractérisée par l'abandon des champs cultivés sur les versants, et leur recolonisation par des formations denses de hallier. Le reboisement affecte de grandes surfaces qui auparavant furent utilisées par l'agriculture et l'élevage et furent brûlées fréquemment.

L'influence du climat est plus facile à quantifier, à cause de la disponibilité des renseignements quotidiens de précipitations et température dans de nombreuses stations de la zone d'étude ; on peut obtenir le degré d'importance et l'intensité de la tendance annuelle et mensuelle en précipitations et température, estimations de l'accumulation d'eau sous forme de neige et rythme de fusion et finalement le calcul de réalisation des bilans hydriques au niveau du bassin.

Les résultats obtenus permettent d'affirmer qu'il n'existe pas de tendance dans les précipitations moyennes annuelles depuis 1960. A l'échelle saisonnière les précipitations hivernales ont diminué, causant une plus faible accumulation de neige et une baisse des débits printaniers. L'évolution positive de la température ne contribue pas non plus à expliquer l'évolution régressive des débits. Par contre, l'augmentation de l'interception et de l'évapotranspiration, liées à la plus grande densité de couverture végétale, déterminent une diminution du coefficient d'écoulement et, en conséquence, des chiffres d'apport des fleuves dans la zone d'étude.

LA PRODUCTIVITE AGRICOLE DU N.O. PORTUGAIS ET LES MANIFESTATIONS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Helena MADUREIRA [(2)], **Ana MONTEIRO** [(1)], **Carmen FERREIRA** [(2)] et **António PINTO** [(3)]

(4) Coordenadora do projecto PRAXIS/P/GEO/14260/1998 intitulado *Atlas Agroclimatológico do Entre Douro e Minho* e docente do departamento de Geografia da Universidade do Porto. E-mail – anamt@letras.up.pt

(5) Membro do projecto PRAXIS/P/GEO/14260/1998 intitulado *Atlas Agroclimatológico do Entre Douro e Minho* e docente do departamento de Geografia da Universidade do Porto.

(6) Bolseiro do projecto PRAXIS/P/GEO/14260/1998 intitulado *Atlas Agroclimatológico do Entre Douro e Minho*.

L'analyse et le traitement de l'information climatologique inédite (température, précipitations et humidité relative journalière), des 26 postes de la *Station d'Information Agricole* de la *Direction Régionale de l'Agriculture de l'Entre Douro et Minho* (DRAEDM), nous permettent de connaître les grandes mosaïques climatiques du NO portugais. Mais ces données se révèlent aussi tout particulièrement utiles pour comprendre les contraintes et les potentialités offertes par le climat tant au niveau de la vitalité biologique des plantes –arbres fruitiers, vigne et plantes potagères– qu'au niveau de l'apparition des pathologies qui affectent habituellement celles-ci.

La quantité et la qualité de la production viticole du NO portugais montrent clairement la variabilité climatique intra et interannuelle à laquelle cette région a été soumise dans les vingt dernières années (1978-98).

Les changements climatiques, à l'échelle locale et régionale, affectent le déroulement des diverses étapes de croissance des plantes – comme ce fut le cas en 1997 lorsqu'une même plante a pu fleurir et fructifier deux fois dans la même année – et modifient les circonstances optimales pour l'apparition de certains fléaux.

Dans cette étude, nous souhaitons analyser l'importance de la connaissance des contextes climatiques locaux comme instrument de prévention contre d'indésirables préjudices dans un secteur de l'activité économique du NO portugais aussi important que l'agriculture.

À partir de la connaissance des conditions de confort thermohigrométrique de la vigne et de quelques-unes des pathologies qui empêchent son développement sain, nous montrerons comment il est possible d'améliorer la diffusion d'informations agricoles en temps opportun, de façon à protéger le milieu ambiant de quantités excessives de pesticides et d'autres inhibiteurs de fléaux, quand ils sont inutiles, sans pour autant augmenter le risque de baisse de la productivité inhérent à l'apparition imprévue de maladies chez les plantes.

MODELISATION SPATIO-TEMPORELLE DE LA RADIATION SOLAIRE EN SURFACE

F. MARTINEZ [(1)], **J. MATEU** [(2)] et **F. MONTES** [(1)]

(1) Departamento de Estadística e I. O. Universitat de Valencia. E-46100-Burjassot. Spain. Tél.:96 386 4306 Fax: 96 386 4735, E-mail: paco.martinez@uv.es, francisco.montes@uv.es

(2) Departamento de Matemáticas. Universitat Jaume I. Campus Riu Sec. E-12071-Castellón. Spain. Tél. : 964 728391 Fax: 964 728429, E-mail: mateu@mat.uji.es

La radiation solaire en surface est une variable climatologique de grande importance et, en conséquence, il est intéressant de construire des models permettant une prédiction de son comportement. Etant donné que la nature des données observées implique le temps et l'espace, les modèles à construire devraient tenir compte des deux aspects.

L'objectif du travail est d'obtenir un modèle stochastique spatio-temporel nous permettant la double prédiction. Si par $Z(\mathbf{s},t)$ nous dénotons la radiation solaire à la localisation $\mathbf{s}$ au temps t, une mesure libre d'erreurs, nous pouvons exprimer Z parmi d'une variation déterministe a longue échelle, la *tendance*, plus une variation stochastique a courte échelle, l'*erreur* :

$$Z(\mathbf{s}, t) = \mu(\mathbf{s}, t) + \delta(\mathbf{s}, t), \qquad \mathbf{s} \in D,\ t \in T$$

où $E(Z(\mathbf{s},t)) = \mu(\mathbf{s},t)$ y $\delta(\cdot, \cdot)$ est un procès stochastique intrinsèquement stationnaire de moyenne zéro avec variogramme

$$2\cdot\gamma(\mathbf{h}, u) = \mathrm{Var}(Z(\mathbf{s} + \mathbf{h}, t + u) - Z(\mathbf{s},t)) = \mathrm{Var}(\delta(\mathbf{s} + \mathbf{h}, t + u) - \delta(\mathbf{s}, t)).$$

La tendance sera estimée dans un modèle linéaire qui contiendra d'autres variables explicatives. Une fois estimée, cette tendance nous permettra d'obtenir une estimation de l'erreur,

$$\hat{\delta}(\mathbf{s}, t) = Z(\mathbf{s}, t) - \hat{\mu}(\mathbf{s}, t)$$

auquel on tachera d'ajuster un modèle de variogramme spatio-temporel qui soit valable.

Les données étudiées correspondent aux mesures de radiation solaire en surface faites à 10:00 heures, 12:30 heures et 15:00 heures des jours 27 au 30 d'avril de 1996 sur des localisations situées dans un réseau régulier carré, équidistantes à peu prés 2.5km (précision du satellite Météosat), dont les points extrêmes ont les coordonnées (*37.918º N, 4.770º W)* et *(40.929º N, 0.367º E)*. L'on utilisera les trois premiers jours pour faire l'ajustement du modèle, laissant le dernier pour pouvoir le valider.

Ce travail fait partie d'une collaboration avec un groupe de recherche du *Departamento de Termodinámica de la Universitat de València*, le Prof. López Baeza et M. Bodas Salcedo, qui nous ont fourni les données et nous ont beaucoup aidé à marcher dans un monde inconnu pour nous trois.

Bibliographie

Alejandro Bodas Salcedo, 2000: *Balance de radiación solar en superficie. Aplicación regional mediante datos Meteosat y global mediante datos ScaRaB.* Trabajo de Investigación. Departamento de Termodinámica. Universidad de Valencia.

Noel A. C. Cressie, 1993: *Statistics for Spatial Data, Revised Edition.* Wiley, New York.

LA DYNAMIQUE DE LA MER DE NUAGES SUR L'ÎLE DE TENERIFE

Mª Victoria MARZOL JAEN

Département de Géographie. Université de La Laguna. Campus de Guajara. 38071 La Laguna îles Canaries. Tél. : 922-31-77-66, fax: 922-31-77-23. E-mail : mmarzol@ull.es

La nébulosité la plus fréquente dans les îles Canaries appartient au genre des S*trato-cumulus* et à l'espèce *stratiformis* (Sc-str). Cette dernière est appelée mer de nuages de par sa similitude avec la surface mousseuse de la mer. Malgré le fait que cette nébulosité possède des caractéristiques bien définies (couche de nuages gris et/ou blancs, d'aspect non fibreux et qui, parfois sont à l'origine de précipitations de très faible intensité), aussi bien sa physionomie que sa disposition varient en fonction de multiples facteurs. Les plus importants sont la disposition et l'altitude du relief, la vitesse et la direction du vent, la hauteur de l'inversion thermique de subsidence, la puissance et la localisation de l'anticyclone, et la température de l'eau superficielle de l'océan.

Le contact de la mer de nuages avec la surface des cinq îles les plus montagneuses de l'archipel canarien se produit sur les versants septentrionaux, entre 650 et les 1.000 mètres d'altitude. L'importante quantité de liquide contenu dans ces nuages fait de la mer de nuages une ressource hydrique d'une inestimable valeur qui explique la survie d'une forêt de laurisilva dense et humide, relique du Tertiaire, permettant également son utilisation afin de satisfaire des besoins ponctuels d'eau comme des abreuvoirs pour les animaux domestiques, la consommation humaine dans des habitations isolées, la réforestation etc.

L'objectif du présent travail est de réaliser l'analyse dynamico - spatiale et temporelle de la mer de nuages sur l'île de Tenerife et son estimation en tant que ressource hydrique :

- Le rôle des facteurs géographiques dans la localisation spatiale de la nébulosité.

- La variation annuelle et horaire de la nébulosité.

- Le volume potentiel d'eau disponible et utilisable par l'homme.

INDICATEURS CLIMATIQUES ET COUVERTURE VEGETALE

Robert MOREL

Ingénieur Général d'Agronomie (C.H.)
19 Rue Henri LOT 91360 EPINAY SOUS SENART
Tél. : +33 01 60 47 29 98. E-mail : bobmorel@ifrance.com

Les fluctuations climatiques ont une influence directe sur l'environnement. Il est commun de parler des effets résultant des excès de certains paramètres comme les tempêtes ou les pluies exceptionnelles. On est sensible aux ruissellements qui occasionnent des inondations et des phénomènes érosifs. Mais des variations plus faibles des facteurs climatiques sur plusieurs années ont des conséquences sur la biosphère. Un observateur attentif peut déceler des modifications dans la composition botanique du couvert végétal. Ainsi par exemple, au Sénégal, la dernière phase de sécheresse à fait apparaître dans le sud du pays des associations végétales habituellement présentes dans la partie Nord plus aride. Mais il a suffi de quelques années à pluviométrie normale pour inverser le phénomène. Nous allons aborder les mécanismes qui permettent de comprendre le rôle du climat sur l'adaptation végétale. Pour cela des analyses sont présentées sur quelques plantes cultivées dont on connaît bien les seuils de leurs conditions climatiques. Par transposition aux autres végétaux du même genre, on comprendra les variations d'effectifs constatés dans la végétation naturelle.

La pluie est un facteur important pour l'alimentation hydrique surtout si on y associe la nature du sol. Ce dernier accentue ou diminue les effets de la pluie sur les plantes. Les fluctuations pluviométriques, à la fois en quantité et dans leur répartition mensuelle, vont modifier la composition des populations de graminées. Les mécanismes seront appréhendés à partir de l'étude du comportement du Mil au Niger. Ainsi la principale culture vivrière : le mil à vu disparaître les variétés photopériodiques à floraison tardive qui se produisait à la fin des pluies en jours courts. Les mils insensibles à la durée du jour ont permis de changer les dates de semis et d'assurer une récolte significative. Les changements dans les dates de fin de la saison pluvieuse ont modifié la destination de certaines cultures comme le niébé tardif photosensible, sa culture initialement était pour la production de grains elle est devenue pratiquement une culture fourragère pour le bétail.

Les températures traduisent l'apport énergétique du rayonnement qui doit permettre le bon fonctionnement du métabolisme végétal. Plusieurs seuils vont conditionner le développement des plantes. Sans parler de risques on peut mettre en évidence des contraintes et l'apparition de limitations qui vont diminuer l'effectif de certaines variétés. Les statistiques des paramètres de température peuvent permettre de comprendre les accidents dans la reproduction de certaines plantes dont l'effectif va diminuer. Pour le peuplement des solanées sauvages il est intéressant d'extrapoler les limitations de la culture des tomates au Togo. La mise en évidence des contraintes de température pour la formation des fruits et pour le transfert de matière sèche dans les baies donne de bons renseignements.

En conclusion cette étude est une recherche d'application de la climatologie à la connaissance du milieu végétal. Comme il y a interaction entre climat et végétation, l'inventaire des végétaux permet de déceler les tendances climatiques. Des exemples de plantes indicatrices sont présentés en insistant sur le rôle du sol pour comprendre les variations des peuplements botaniques et la fluctuation de leur composition floristique.

L'EVOLUTION CLIMATIQUE DANS LA VALLEE DU NIARI ET LES ACTIVITES AGRICOLES (SUD DU CONGO)

Marcel MPOUNZA et **Gaston SAMBA**

Centre de Recherches sur les tropiques Humides (CRTH), BP 3069
Université Marien Ngouabi, Brazzaville République du Congo
Tél. : (242) 51 12 97. E-mail : mpounza@yahoo.fr

La région agricole de la vallée du Niari, située au sud de la République du Congo, entre 3 et 5º de latitude sud et, 12º20 et 14º20 de longitude est, connaît ces dernières décennies de profondes modifications sur la production des cultures vivrières. Ces modifications suivent l'évolution climatique actuelle ; alors que la structure pluviométrique en moyenne apparaît bimodale *(découpage annuel juillet á juin).* Cependant, entre la longueur des cycles culturaux et la durée actuelle des saisons il existe une certaine inadaptation.

A partir de l'analyse de l'évolution pluviométrique mensuelle inter-annuelle, on note une instabilité des saisons pluvio-agricoles *(octobre - décembre et mars - mai). Les* deux saisons sur la période 1950 á 2000 se caractérisent soit par un raccourcissement ou par un décalage dans le temps, soit par l'inexistence de l'une des deux saisons. Le décalage est souvent dans le sens des retards des débuts des pluies. L'agriculture de cette vallée, comme dans toute la République du Congo, exclusivement pluviale, reste sensible aux variations climatiques. La mise en évidence de cette variabilité temporelle des saisons nous amène á poser le problème d'adaptation des cultures.

En effet, á partir des années 70 la tendance est á la disparition des deux cycles, ce qui constitue un obstacle certain á la mise en place des systèmes de culture stables et rentables. Parallèlement on note une augmentation des températures qui accentueront la demande climatique d'où d'importants déficits hydriques.

APPLICATION DE MODELE STATISTIQUE ET ARPEGE-CLIMAT EN VUE DE LA PREVISION PLUVIOMETRIQUE.

L. NACEF [(1)], **F. Youcef ETTOUMI** [(2)], **M. KADI** [(1)], **A. ADANE** [(2)] et **H. SAUVAGEOT** [(3)]

(1) Office National de la Météorologie. Centre Climatologique National,BP 153, Dar El Beida, 16100 Alger, Algérie.

(2) Faculté de Génie Electrique (U.S.T.H.B). Laboratoire de Traitement d'Images et Rayonnement. Université des Sciences et de la Technologie, Houari Boumediene, U.S.T.H.B BP 32 16111 El Alia, Bab Ezzouar, Alger, Algérie. Fax : 213 02 24 71 87. E-mail : youcef_t@yahoo.com

(3) Université Paul Sabatier Toulouse III. Observatoire Midi Pyrénées, Laboratoire d'Aérologie. Centre de Recherches Atmosphériques, 8, route de Lannemezan, 65300 Campistrous, France

En vue d'élaborer les codes de calcul les mieux adaptés au calcul prévisionnel mensuel et saisonnier des états pluviométriques, un projet dénommé 'El-MASSIFA', a été mis en place. Ce projet d'une durée de trois années c'est à dire de juillet 1994 à décembre 1997, a été mené dans un cadre partenarial, comprenant les pays du Maghreb et Météo-France, sous la coordination de Médias-France. Une telle action était nécessaire. En effet, la prévision à longue échéance de l'état pluviométrique revêt une importance particulière pour la zone Afrique du Nord et la Méditerranée. Dans cette zone climatique de transition entre deux régimes, les activités économiques et sociales dépendent justement très fortement des pluies. La maîtrise d'une telle information quelques mois à l'avance, permettra une gestion efficace des ressources hydriques, et contribuera à l'amélioration de la conduite des activités agricoles, et facilitera la planification des grands travaux. Des méthodes globales basées sur des approches statistico-dynamiques, faisant intervenir l'interaction Océan-Atmosphère, ont montré qu'il était possible d'établir des prévisions de l'état pluviométrique à des échéances appréciables. Météo-France a développé un modèle dynamique pour la prévision. Ce papier a pour but l'évaluation de la qualité prévisionnelle des sorties des modèles numériques 'ARPEGE-CLIMAT' de Météo-France et celles issues des modèles statistiques. Ces derniers font intervenir la température de surface de la mer et l'indice pluviométrique. Une base de données de quinze années, à savoir 1979 à 1993, a servi comme période de test pour l'étude. Celle-ci a pu se faire en temps réel pendant deux années, d'octobre 1996 à décembre 1998. L'application des deux méthodologies révèle un taux de succès équivalent pour les deux, et sont en plus complémentaires. Une évaluation de ces applications pour une utilisation opérationnelle a été effectuée. Elle a porté sur un cas de recherche d'une irrigation agricole. Trois schémas différents d'irrigation d'une parcelle cultivée ont été expérimentés. Il s'agit en premier lieu du mode naturel, où on ne fait pas appel à l'irrigation, le deuxième de type conventionnel ou climatologique, et le dernier repose sur les indices de précipitations prévus. Les résultats montrent tout l'intérêt de la prévision saisonnière comparativement au schéma conventionnel de climatologie. Ainsi, nous pouvons déduire une application, d'importance

capitale, de la prévision des précipitations dans une zone où les cultures non irriguées, notamment les céréales, sont en fait à la base de l'alimentation d'une population.

EPIZOOTIE DE LA FIÈVRE DE LA VALLÉE DU RIFT AU SÉNÉGAL : CONDITIONS CLIMATIQUES D'UNE ÉMERGENCE

Jacques André NDIONE

Laboratoire de Physique de l'Atmosphère
Ecole Supérieure Polytechnique - UCAD
BP 5085 Tel & Fax : (221) 825 93 64 Email : jandione@ucad.sn

Le GIEC[1] (1995) signale que les changements climatiques associés aux modifications environnementales en cours ou à venir vont jouer un rôle déterminant sur le risque de recrudescences de maladies transmises par des vecteurs (comme le paludisme, la dengue, la fièvre jaune et certaines encéphalites d'origine virale - dont la fièvre de la vallée du Rift). Il précise que ces risques sont imputables à l'extension des aires de répartition et / ou à l'allongement de la période de reproduction des vecteurs.

La fièvre de la vallée du Rift (FVR) est une zoonose due à un arbovirus de la famille des *Bunyaviridae*, genre *Phlebovirus*, responsable chez les petits ruminants d'hépatite nécrosante, d'avortement et de mortalité périnatale. Chez l'homme, elle se manifeste par une pathologie allant du syndrome grippal à des formes graves parfois mortelles (fièvre hémorragique).

Après une première épizootie / épidémie en 1987 au Sénégal dans la vallée du fleuve (Meegan et *al*., 1988 ; Provost, 1989 ; Lancelot et *al*.,1989 ; Jouan et *al*., 1990 ; Thiongane et *al*., 1991 ; Thiongane et *al*., 1994 ; Wilson et *al*., 1994 ; Zeller et *al*., 1997 ; Fontenille et *al*., 1998), la situation épidémiologique actuelle indique une possible recrudescence de l'activité virale. Au Kenya comme partout ailleurs en Afrique de l'Est, les épisodes de FVR sont intervenus après des saisons de pluies longues et abondantes (Davies et al., 1985 ; par Linthicum et al., 1999). Toutefois, au Sénégal, l'épisode de FVR s'est produit au cours d'une période de déficit pluviométrique intense et dans une région sahélienne de surcroît.

La zone d'étude correspond à la partie sénégalaise du bassin du fleuve Sénégal, entre Kidira et Saint-Louis. Les données utilisées sont la pluviométrie journalière, mensuelle et saisonnière, le nombre de jours de pluies, recueillies à partir des Tableaux Climatologiques Mensuels (TCM) sur 6 stations synoptiques. L'analyse de la saison des pluies s'est faite grâce à des indices (indice de Lamb, anomalies centrées réduites, méthodes des quintiles associée à l'écart moyen).

La saison des pluies 1987 a été déficitaire dans la haute vallée (Bakel), normale dans la moyenne vallée (Podor), et très déficitaire (-61.8 %) à Saint-Louis dans le delta, là même où l'épizootie a eu lieu. Paradoxalement, mis à part le delta, l'évolution du nombre de jours de pluie indique un excédent variant entre + 10.0 et +18.9 % par rapport à la normale 1961-1990. Ainsi, l'analyse de la saison des pluies ne suffit pas à expliquer l'émergence de la maladie. Nous pensons qu'associer l'étude climat aux modifications environnementales (hydrologiques), pourra contribuer à mieux comprendre l'émergence de la fièvre de la vallée du Rift au Sénégal.
A ce titre, un fait particulier mérite d'être signalé : 1987 constitue la seconde année de mise en eau du barrage anti-sel de Diama. La construction de ce barrage dans le delta du fleuve

[1] - Groupe d'Expert Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat

Sénégal a entraîné de grandes modifications écologiques dans la plaine inondable. Dès lors, il est permis de penser que la retenue d'eau du barrage aurait pu jouer le même rôle que la pluie ou l'a renforcé (remplissage des mares et zones inondables créant alors des conditions de pullulation vectorielle inhabituelle). Au Sénégal comme au Kenya, les vecteurs identifiés ont en commun le type de gîte de ponte (les mares et les zones inondables). C'est pourquoi les données de télédétection (indices de végétation, surfaces des zones inondables, des mares permanentes ou temporaires) auront une contribution significative dans cette étude (Linthicum et *al*., 1987) dans la caractérisation des facteurs émergeants voire déterminants dans l'épizootie de la FVR en 1987.

APPORT DU CONTROLE SUR FRUITS EN AGROCLIMATOLOGIE AUX ECHELLES FINES : METHODE POUR VALIDER LES MESURES METEOROLOGIQUES ET LOCALISER LES SECTEURS A RISQUE EN ARBORICULTURE

Hervé QUENOL

Université des Sciences et Technologies de Lille, CNRS FRE 2170 F-59655 Villeneuve d'Ascq. E-mail : quenol@hotmail.com

L'objectif de cette manipulation est d'utiliser des contrôles sur fruits afin d'interpoler des mesures ponctuelles de températures minimales et de vent.

Pour les épisodes de vent fort (mistral), des mesures (vitesse et direction) sont effectuées toutes les 10 secondes dans un secteur arboricole de la Basse Vallée de la Durance (Mallemort). Six couples de capteurs électroniques (6 anémomètres à coupelles et 6 girouettes à contacteurs ILS) sont placés sur une parcelle test protégée par une haie imperméable de cyprès (perpendiculairement au mistral) et à proximité du remblai de la ligne TGV Méditerranée (quasi parallèle au mistral). Un premier contrôle porte sur les six arbres à proximité des capteurs (boisage, coups, frottement contre le palissage). Il est effectué sur 50 fruits par arbre après chaque épisode venteux afin d'évaluer l'évolution temporelle des dégâts. Avant la récolte, un deuxième contrôle est réalisé sur l'ensemble des fruits de la parcelle (même contrôle, calcul du pourcentage de fruits abîmés par rapport aux fruits sains). La cartographie du pourcentage de fruits abîmés montre les conséquences de la déviation du flux de mistral en aval de la haie imperméable (effet venturi). La carte montre un cône d'environ 30° sur l'ensemble de la parcelle où le pourcentage de fruits abîmés est important. Cette portion de la parcelle correspond à celle où le vent mesuré est plus turbulent que dans le reste de la parcelle. La méthode a été renouvelée sur une autre parcelle à proximité du remblai puis les résultats ont été interpolés sur le terroir de la commune de Mallemort.

Pour les épisodes gélifs du printemps, l'étude porte sur une parcelle d'abricotiers dans le bas de la Costière de Nîmes (St Gilles). L'objectif est de vérifier l'efficacité et le choix d'emplacement d'une tour à vent (11m) protégeant du gel, par brassage de l'air froid, deux parcelles contiguës. Pour 22 rangées et sur une longueur de 270m (91 arbres par rang), tous les fruits ont été comptés en fin de printemps et juste avant la récolte (début juillet). La zone bien protégée a une forme d'ellipse caractéristique. Mais, d'une part, la surface censée être protégée avec ce type d'équipement de lutte antigel est sensiblement inférieure à celle indiquée par le constructeur de la tour ; d'autre part, l'emplacement de la tour est loin d'être optimal. Le constructeur préconise un emplacement du côté du vent dominant par rapport au centre la parcelle alors que manifestement il faut l'implanter du côté où arrivent les écoulements d'air froid.

Le contrôle sur fruits est un moyen efficace pour localiser les secteurs à risque météorologique et pour optimiser la protection contre les vents forts ou le gel printanier.

RELATION ENTRE LES TYPES SYNOPTIQUES ET LA MORTALITE EN ETE A BARCELONE

J.M. RASO NADAL

Departament de Geografia Física i A. G. R. Universitat de Barcelona. Baldiri Reixac, 8
08028-BARCELONA. Tel. : (34)934409200 Ext. 3118 ; Fax: (34)934498510
E-mail : raso@trivium.gh.ub.es

Jusqu'aux années 90, la plupart des travaux qui ont mis en rélation l'influence des variations atmosphériques et la santé humaine ont été faites par des professionnels de la santé (des médecins). Mais, dans les dernières quinze années, météorologues et climatologues ont mis de plus en plus l'accent sur l'analyse des variables climatiques et leur rélation avec la morbidité et mortalité de la population.

Cet intérêt est aussi lié au changement climatique provoqué par les activités anthropiques, qui a été montré par une augmentation de la température planétaire au Xxème siècle, et les prévisions d'un réchauffement plus intense au cours de ce siècle. Les changements climatiques, ne peuvent être seulement étudiés en termes statistiques mais il faut aussi s'occuper de l'influence qu'ils auront sur les activités humaines et la santé.

En ce moment, la plupart des travaux qui analysent les effets du climat sur la santé ont montré la relation statistique entre les températures extrêmes et la mortalité journalière. Mais, si l'on considère la complexité du climat, et celle des situations météorologiques dans un instant déterminé, les études synoptiques sont les outils nécessaires pour évaluer tous les éléments (groupés en différents types de temps), et les agents contaminateurs, dans leur intensité et agressivité sur les organismes vivants. En plus, cela permet la prévision d'épisodes atmosphériques critiques pour la santé, qui est fondamentale pour établir les systèmes d'alarme, et éviter le déclenchement ou l'aggravation des quelques affections pathologiques.

On présente ici les résultats de l'analyse de la mortalité journalière à Barcelone pendant les mois d'été entre 1990 et 1997, et sa relation avec huit types de temps synoptiques (8 types différents de temps) : On montre les conséquences négatives qu'ont pour la santé humaine les situations synoptiques convectives les plus stables, liées à des situations anticycloniques sur le NE de la péninsule Ibérique ou à conditions isobariques de marais barométrique sur le Bassin de la Méditerranée occidentale. Dans ces deux situations, lesquels représentent autour 60% du total, la mortalité journalière moyenne, pendant le période étudie augmente jusqu'à 10% par rapport aux jours avec des situations advectives ou dépressionnaires.