

1. Indicateurs climatiques pour le contrôle des problèmes environnementaux

1.1. Changement climatique

ANALYSE SPATIALE DES TENDANCES PLUVIOMETRIQUES RECENTES EN ANDALOUSIE.

Mónica AGUILAR et Juan Mariano CAMARILLO

Departamento de Geografía Física y AGR. Universidad de Sevilla
C/ María de Padilla s.n.
41.004-Sevilla.

L'analyse de l'évolution des précipitations en Andalousie et les tendances qu'on y peut détecter pendant les dernières décennies du XX^{ème} siècle, sont du plus grand intérêt pour une région où les ressources hydriques constituent un des aspects clés de la gestion de l'environnement. D'autre part, les indications internationales concernant le changement climatique, mettent en évidence le besoin de travailler à l'échelle régionale et de mettre l'accent sur la dimension spatiale des tendances trouvées.

Ces recommandations sont spécialement nécessaires dans les milieux méditerranéens, où les incertitudes sur le comportement futur des précipitations sont encore plus grandes étant donné leur caractère de domaines de transition. En plus, il faut tenir compte de l'absence de considération que le changement climatique a mérité jusqu'à présent de la part de l'Administration espagnole, où le récent Plan Hydrologique National (2001) qualifie le changement climatique d'hypothétique, tout en ignorant ses effets sur les ressources hydriques futures. Sans doute, les incertitudes liées au phénomène ainsi que le manque d'études consacrées à la régionalisation des variables climatiques, sont à la base de cette ignorance.

Notre travail essaie de combler cette lacune. De toute évidence, garantir la fiabilité de cette information constitue une étape préalable à la réalisation d'une étude temporelle ou spatiale quelle qu'elle soit. Ce travail fait partie d'un projet plus vaste financé par la CICYT afin de déterminer la "dimension spatiale et temporelle du changement climatique dans la Péninsule Ibérique à partir de l'analyse de données instrumentales" ce processus de mise au point d'une banque de données fiable permettant de détecter et caractériser le changement de climat en Andalousie est en cours.

A cette étape, les paramètres de précipitation et température ont été abordés comme des variables de base pour le début de ces études quasi inédites dans la région. Pour ce faire, on a utilisé 80 séries de précipitations bien distribuées tout autour de l'Andalousie. Ces séries ont été homogénéisées à l'échelle saisonnière à partir de l'emploi de différentes techniques. L'application du Test mis en place par Alexandersson y Molberg (1986/1998): « Standard Normal Homogeneity Test (SNHT) » qui permettra de détecter, d'évaluer et de corriger les inhomogénéités trouvées dans les séries de la précipitation et de la température en Andalousie. La performance du test de Alexandersson a été comparée avec celle d'autres tests d'homogénéité telles que le test des résidus standardisés.

Les anomalies détectées ont été analysées et nous avons cartographié les tendances résultantes, ce qui fournit une information utile et détaillée pour les politiques de gestion de l'environnement et des ressources hydriques.

On peut comparer les résultats obtenus avec d'autres qui ont été réalisés, en employant la même méthodologie, dans d'autres zones de l'Espagne à fin de constater s'ils existe un patron commun ou, par contre, il y en a des différences spatiales. De la même façon on peut faire une comparaison des précipitations en Andalousie avec les prévisions qui présentent quelques uns des principaux centres des modélisation climatique pour notre région.

**RESERVOIRS HYDROELECTRIQUES DU MOYEN NORD QUEBECOIS :
MESURES ET MODÉLISATION NUMÉRIQUE DES FLUX ET DES
CONCENTRATIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE.**

Nathalie BARRETTE ⁽¹⁾, **René LAPRISE** ⁽²⁾ et **Marc LUCOTTE** ⁽³⁾

(1) Département de Géographie. Université Laval, Québec, (Québec) G1K 7P4, Canada.
Tél: (418) 656-2131 poste 5758. Fax: (418) 656-3960.

Courriel: nathalie.barrette@ggr.ulaval.ca

(2) Département des Sciences de la Terre et de l'Atmosphère. Université du Québec à
Montréal. C.P. 8888 suc. «Centre-ville», Montréal, (Québec) H3C 3P8, Canada.

Tél: (514) 987-3000 poste 3302#. Fax: (514) 987-7749. Courriel: laprise@uqam.ca

(3) Département des Sciences de la Terre et de l'Atmosphère. Université du Québec à
Montréal. C.P. 8888 suc.«Centre-ville», Montréal, (Québec) H3C 3P8, Canada.

Tél: (514) 987-3000 poste 4717#. Fax: (514) 987-7749.

Courriel: lucotte.marc_michel@uqam.ca

En 1993 débutait un vaste projet d'étude sur la production et l'émission de GES par les réservoirs hydroélectriques du moyen Nord québécois. L'un des volets de l'étude consistait à mettre au point un modèle mathématique capable de simuler sur ordinateur les processus physiques responsables du transport vertical des gaz dissous dans les réservoirs hydroélectriques, de l'interface sol inondé-eau jusqu'à l'interface eau-air. Ce projet de recherche a été réalisé selon une approche mixte combinant les mesures sur le terrain et la modélisation numérique.

Lors des différentes campagnes de terrain nous avons effectué un échantillonnage intensif des profils de CO₂ et de CH₄ dissous dans la colonne d'eau, des profils de température, des concentrations en CO₂ et CH₄ atmosphériques et des conditions météorologiques. Par ailleurs, des mesures de flux de CO₂ et de CH₄ ont été mesurées à la surface et au fond du réservoir. Ces campagnes ont été réalisées au réservoir Laforge-1 (Canada) pour trois stations de profondeurs différentes. Ces données sont nécessaires au fonctionnement du modèle (intrants) et à sa validation.

Le modèle numérique mis au point dans le cadre de cette recherche est une version modifiée d'un modèle de lac de type diffusif-convectif. Le transport vertical des gaz CO₂ et CH₄ sous forme dissoute dans le réservoir se fait par diffusion turbulente et par mélange convectif. Deux formulations du paramétrage du transfert des gaz vers l'atmosphère ont été testées pour l'estimation des flux de GES à la surface des réservoirs. La première formulation fait appel aux coefficients d'échanges turbulents alors que la seconde s'apparente à un modèle de couche-limite. Notons que le modèle inclut la formation et la fonte de la glace. Les sources de GES prescrites au fond du modèle sont celles qui ont été évaluées de façon quantitative jusqu'à ce jour, soit, la production de CO₂ et de CH₄ associée à la dégradation de la matière organique des sols inondés.

Les résultats simulés ont montré que le modèle est apte à reproduire le cycle de formation/fonte de la glace ainsi que l'évolution observée des profils de température. Pour le CO₂, le modèle montre des valeurs de concentration dans l'eau et de flux à la surface sous-estimées par rapport aux observations. L'écart représenté par cette sous-estimation correspond assez bien à la source manquante identifiée récemment par les biochimistes, qui serait associée à la dégradation dans la colonne d'eau du carbone terrigène provenant du bassin-versant. Pour le CH₄ le modèle a surestimé les valeurs de concentration dans l'eau et les flux d'émission à la surface par rapport aux observations. Cette surestimation serait causée par l'absence, dans le modèle, du processus d'oxydation du méthane présent dans la colonne d'eau du réservoir. Une simulation réalisée avec une source de méthane modifiée pour inclure la perte due à l'oxydation dans la colonne d'eau a montré une nette amélioration dans les résultats. Par ailleurs, le modèle a montré que les flux d'émission de GES présentent une plus grande variabilité aux stations profondes qu'aux stations peu profondes. De plus, le modèle a mis en évidence la possible existence de maximums d'émission qui seraient associés à la période du retournement automnal. Le réservoir étant difficilement accessible en cette période pour des raisons de sécurité, il n'existe à ce jour aucune observation permettant de corroborer ce résultat. Finalement, des simulations réalisées pour la même année mais pour deux réservoirs du moyen Nord québécois (LA-1 et LG-2), ont révélé que des stations de même profondeur peuvent montrer une distribution temporelle des flux d'émission de GES différente d'un réservoir à l'autre.

Le modèle numérique mis au point dans le cadre de ce travail de recherche peut être utilisé pour étudier la distribution temporelle et spatiale (profondeur) des flux d'émission de GES et par conséquent, pourrait être facilement utilisé pour développer de nouvelles stratégies d'échantillonnage basées sur les particularités des distributions temporelles et spatiales propres à chacun des réservoirs. De plus, il peut être utilisé comme un laboratoire expérimental pour comprendre les relations entre certaines variables comme les forçages météorologiques et les flux d'émission de GES en surface. Cependant, ce modèle ne peut être utilisé pour estimer la quantité de GES produits par les réservoirs hydroélectriques. On devra, auparavant, trouver une formulation adéquate pour la prescription des différentes sources et puits de GES tels la dégradation du carbone terrigène et l'oxydation du méthane dans la colonne d'eau. Une brève tentative exploratoire à ce sujet, nous a permis de constater que la variable température de l'eau constituait peut-être une variable maîtresse pour la prescription de la source de CO₂ associée à la dégradation de la matière organique des sols inondés. Néanmoins, seule une étude plus approfondie sur chacun des processus pourrait permettre l'établissement d'un modèle de production basé sur des variables comme la température de l'eau, l'oxygène dissous, les éléments nutritifs et la nature de la matière organique.

ANALYSE PRELIMINAIRE DE L'OCCURRENCE D'EXTREMES THERMIQUES EN ESPAGNE PENDANT LA SECONDE MOITIE DU XX EME SIECLE

M. BRUNET, E. AGUILAR, O. SALADIE, J. SIGRO et D. LOPEZ

Groupe de Recherche sur le Changement Climatique, Unité de Géographie, Université Rovira i Virgili. Pza. Tarraco, n° 1, TARRAGONA – 43071 ESPAGNE. mbi@fll.urv.es

L'étude du changement dans la fréquence et/ou la sévérité des événements thermiques extrêmes a un grand intérêt non seulement scientifique mais socio-économique, à cause de la haute sensibilité de certains secteurs de l'activité économique (agriculture, confort, tourisme et récréation, etc.) au comportement extrême du climat. Pendant les dix dernières années, beaucoup d'efforts ont été faits pour comprendre et reproduire la dynamique temporelle et le changement à long terme dans la fréquence de ces événements à échelle globale (Jones et al., 1999, Fritts et al. 1999, Easterling et al. 1999). Mais de grandes zones de la planète (l'Afrique, l'Amérique du Sud) restent encore méconnues (Frich, 2001) et leur étude à plus petite échelle (régionale) n'est pas encore développée. Le Groupe Intergouvernemental sur le Changement Climatique a mis l'accent sur l'intérêt de développer des études sur le changement temporel des extrêmes climatiques (Nicholls et al. 1996, Forland 2001).

Dans ce travail, nous présentons les premiers résultats obtenus pour l'Espagne après avoir appliqué aux données espagnoles de la base globale GSOD (Global Summary of Day, NCDC/NOAA/NESDIS) les indicateurs climatiques extrêmes développés par le groupe de travail sur les indices climatiques CCI/CLIVAR de l'OMM (Frich et al. 2001). Ces indicateurs ont été appliqués aux séries de températures maximales et minimales journalières d'un réseau d'observatoires météorologiques représentatifs de l'ensemble du territoire et ont été analysés pour la période 1960-2000. Les indicateurs choisis sont : i) **Fd days** : Nombre total de jours de gel (jours avec une température minimale absolue au-dessous de 0 °C) (Frich et al. 1996). ii) **ETR** : Amplitude thermique extrême intra-annuelle (Frich, 1999). iii) **GSL** : Durée de la saison de croissance (Frich, 1999). iv) **Tn90** : Pourcentage de fois où la température minimale est supérieure au 90e percentile des températures minimales journalières (Frich et al. 2001). v) **Tn10** : Pourcentage de fois où la température minimale est inférieure au 10e percentile de la distribution des températures minimales journalières. vi) **Tx90** : Pourcentage de fois où la température maximale est supérieure au 90e percentile de la distribution des températures maximales journalières (Frich et al. 2001). vii) **Tx10** : Pourcentage de fois où la température maximale est inférieure au 10e percentile de la distribution des températures maximales journalières.

Nos résultats pendant la période analysée soulignent, en général ces effets : 1) Une diminution du nombre de jours de gel. 2) Une augmentation de la saison de croissance. 3) Une réduction intra-annuelle de l'amplitude thermique extrême. 4) Une augmentation des plus hautes températures minimales journalières. 5) Une diminution des très basses températures minimales. 6) Une croissance des hautes températures maximales journalières et 7) Une décroissance des valeurs inférieures des températures maximales journalières. Ces résultats sont d'accord avec les résultats obtenus dans d'autres études à plus grande échelle et renforcent la signification de la dérive thermique de ce territoire pendant une période de climat forcé.

**LA SECHERESSE EN ARAGON (ESPAGNE) A PARTIR DES ARCHIVES
HISTORIQUES (XIV^{ÈME}-XIX^{ÈME} SIECLES). PREMIERS RESULTATS À PROPOS
DU COMPORTEMENT CLIMATIQUE PLURISECULAIRE.**

José M^a CUADRAT PRATS et Sergio M. VICENTE SERRANO

Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Zaragoza. c/ Pedro
Cerbuna 12. Ciudad Universitaria. 50009. Zaragoza
Tel: 976 761000; Fax: 976 761506; e-mail: jmquadrat@posta.unizar.es

L'abondante documentation des archives historiques aragonaises, et notamment le détail de ses registres sur des événements météorologiques, ou dérivés de ceux-ci, fait possible le relevé systématique et continu depuis le XIV^{ème} jusqu'au XIX^{ème} siècles des périodes de sécheresse, et la reconstruction dynamique du climat pluriséculaire de la région.

Les sources choisies sont les registres des cérémonies de rogations *pro pluvia*, car il s'agit de renseignements clairement datés, homogènes et continus, à partir desquels on peut développer des systèmes d'indices hydriques, qui permettent de transformer les renseignements qualitatifs en séries numériques. On a presque fait la totalité de l'enquête dans les archives historiques municipales et ecclésiastiques, où l'on a eu accès aux livres des actes ou des résolutions des organismes de gouvernement des entités citées.

On a objectivé et quantifié les données relevées d'après leur type, leur intensité et leur durée, pour construire un indice hydrique à partir de la combinaison des composantes suivantes :

- IMCS : addition pondérée des différents niveaux de rogations *pro pluvia* enregistrés au cours d'un an.
- NdII : addition des jours par an, où le niveau II des rogations a été activé.
- CR : cycles de rémission ou rogations *pro serenitate*.

La standardisation et pondération postérieure des indices partiels nous ont permis d'obtenir un indice hydrique unique qui montre la fréquence des périodes de sécheresse et l'existence de certaines périodes d'intensité spécialement grave. Voici la synthèse des caractéristiques les plus importantes :

1. Pendant la première moitié du XVI^{ème} siècle les sécheresses ont été fréquentes, mais ni trop intenses ni trop longues. La période la plus sévère a été celle de 1528-1530.

2. Les décennies postérieures, jusqu'à 1625 environ, se caractérisent par une forte baisse des fréquences des sécheresses. Mais, par contre, les pluies et les inondations présentent un accroissement notable.

3. Jusqu'à la fin du XVII^{ème} siècle les précipitations ont été assez régulières, même si l'on a constaté certaines périodes sèches d'une grande intensité, en particulier entre 1696-1699.

4. Il y a eu aussi de fortes et longues sécheresses entre 1725-1750, bien que la principale caractéristique jusqu'à la moitié du XIX^{ème} siècle ait été la succession fréquente et rapide de périodes sèches et de périodes pluvieuses.

5. Les dernières années du XIX^{ème} siècle et le début du XX^{ème} siècle ont été extrêmement sèches, comme le prouvent les registres instrumentaux existants.

**RECHERCHE DES SIGNAUX INDICATEURS DU CHANGEMENT
CLIMATIQUE A PARTIR DES SERIES PLUVIOMETRIQUES DU MONT
CAMEROUN.**

Edgar DJOUMESSI TATSANGUE ⁽¹⁾ et NKWAMBI Wilfred TATA ⁽²⁾

(1) Institut de Géographie Université de Hambourg , Bundesstr.55 tel : 004940428384956
Fax :004940428384981 email : fg0a068@geowiss.uni-hamburg.de

(2) Département de Géographie Université de Yaoundé I BP 3960 Yaoundé Cameroun
Tel: 00237310435 email: wil_nkwambi@yahoo.com

Les montagnes constituent 20% de la surface terrestre ; elles jouent un rôle considérable et significatif en tant que ressource environnementale. Globalement, les régions montagnardes représentent des châteaux d'eau pour environ 50 % de la population mondiale et sont l'habitat de certaines espèces (animales et végétales). Les milieux montagnards en général et les montagnes tropicales humides en particulier se présentent comme un défi pour la recherche parce que leurs fortes pentes présentent les gradients climatiques les plus intéressants de la surface terrestre. Etalé entre 3°56'-4°25'N et 8°55'-9°25'E avec une hauteur de 4095m, Le mont Cameroun concentre la presque totalité des activités du secteur primaire agricole de la province du Sud Ouest(culture du palmier à huile, de la banane, de l'hévéa etc.) gérée par Cameroon Development Corporation (CDC), deuxième employeur après l'état. La baisse de la production peut s'expliquer par les activités sismiques et volcaniques du mont d'une part ou lorsque intervient une crise climatique(la sécheresse ou inondation) d'autre part. Par conséquent le fait climatique revêt une importance économique et sociale de premier niveau. C'est dans ce sens que de nombreuses études ont été réalisées sur la variation spatio-temporelle de la pluviométrie dans la région du mont Cameroun. Mais au-delà de cette variabilité, la recherche sur les signaux indicateurs du changement climatique ou du régime des précipitations est devenue une priorité pour beaucoup de chercheurs. C'est dans cette lancée que les séries pluviométriques de 13 stations du mont Cameroun ont été soumises au test de tendance sur les valeurs annuelles puis mensuelles pour une période de 43 années au moins. Les méthodes graphiques (courbes d'évolution diachronique des pluies annuelles et droites de régressions des moindres carrés) ont été utilisées et les tests statistiques (tests non paramétriques) choisis de manière à confirmer ou infirmer les résultats des méthodes graphiques.

L'ensemble des tests permet de détecter une tendance à la baisse sur le versant oriental (sous le vent) qui regroupe la majorité des investissements agro-industriels de la région et une tendance à la hausse sur le versant occidental moins soumis aux activités humaines. Pour s'y adapter les responsables de la Cameroon Development Corporation (CDC) et les paysans de la région doivent modifier leurs systèmes agraires et leur calendrier agricole.

L'OSCILLATION MEDITERRANEENNE, INDICATEUR DU CHANGEMENT CLIMATIQUE ?

Annick DOUGUEDROIT

Institut de Géographie, Université de Provence (France)

L'Oscillation Méditerranéenne (O. M.) déterminée par Conte et al.(1989) au niveau 500 hPa comme la différence annuelle de pression entre Alger et Le Caire a été étudiée systématiquement par l'auteur dans des études antérieures aux pas de temps annuel et saisonnier et étendue au niveau de la pression au sol. Des analyses en composantes principales (ACP) des pressions au sol (1915 - 1988) et des niveaux des géopotentiels 500 hPa (1950 - 1988) définis sur les points de grille 5°lat X 5°long entre 30°-45°N et 45°W-40°E ont permis de montrer que l'O.M. était représentée par les premiers facteurs de chacune des analyses. L'O.M. correspond à une oscillation des pressions au SO (du niveau 500 hPa) entre des hautes pressions moyennes au sol ou des hauts niveaux moyens à 500hPa à l'ouest du Bassin méditerranéen et une dépression, celle de Chypre (ou des bas niveaux) au sud-est. Quand les pressions (les niveaux) sont plus élevées (respectivement plus faibles) que la moyenne de la série à l'ouest du bassin, elles (ils) sont très proches de la moyenne de la série au sud-est. Cette oscillation manque en été.

Les séries temporelles des scores des premières composantes ainsi obtenues représentent l'indice de l'O.M. aux pas de temps annuel et saisonnier comme cela a été montré précédemment. Une étude de leur évolution par régression linéaire, peut être considérée comme représentatif de certaines variations de la circulation atmosphérique dans le Bassin méditerranéen et comme un indicateur du changement climatique dans la région. Les tests de Spearman et Kendall sont utilisés pour déterminer si les régressions sont ou non significatives.

Les anomalies de pression au niveau de la mer montrent une tendance positive au niveau annuel avec des valeurs plus élevées dans la seconde moitié du siècle, ce qui marque une tendance à l'augmentation des pressions sur l'ouest du bassin pendant cette même période. Elle résulte de la combinaison d'effets saisonniers différents avec une influence marquée de l'évolution pendant la saison hivernale. Le niveau 500 hPa dont les valeurs ne sont connues que depuis le milieu du XXème siècle ne montre peu d'évolution pendant la seconde moitié de ce siècle au pas de temps annuel mais une évolution plus nette en automne et en hiver.

Ces résultats pourraient être comparés avec les quelques résultats obtenus par ailleurs sur l'évolution des températures et des précipitations du Bassin méditerranéen au cours des mêmes périodes mais l'absence de résultats généraux reconnus par tous rend délicate la comparaison (par exemple, dans le cas des températures y a-t-il augmentation uniquement dans les grandes villes à l'ouest sous l'effet de l'urbanisation ?). Aussi allons-nous devoir limiter cette comparaison et nous en tenir principalement résultats obtenus pour l'O.M.

LAS TEMPERATURES EXTREMES COMME INDICATEURS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS LE BASSIN DE LA RIVIERE DU SEGURA

R. HORCAS CALVO, G. PLAZA MUÑOZ et F. FERNÁNDEZ GARCÍA

Dpto. Geografía, Universidad Autónoma de Madrid
28049 Madrid
Tel.: 913 974 586 Fax.: 913 974042
Raquel.horcas@uam.es

Un des principaux problèmes de l'environnement qui préoccupent dès nos jours à la société en générale est le réchauffement global de la planète ; un signe évident est l'augmentation du nombre de conférences internationales et protocoles à propos du changement climatique qui ont eu lieu dernièrement, comme par exemple la Conférence de Rio en 1992, les négociations du Protocole de Kyoto (1997) et plus récent, la VII Conférence des Parties réunis à New York, avril 2001.

La connaissance des effets du possible changement climatique sur les écosystèmes à escale régionale et locale se fait de plus en plus nécessaire pour pouvoir adopter les mesures nécessaires, spécialement, dans les pays qui sont exposées aux inondations, sécheresses, et désertifications, car ils sont particulièrement vulnérables aux mauvais effets du Changement Climatique.

Les cadres climatiques prévus pour l'Espagne par la Commission National du Climat supposent une légère diminution des précipitations moyennes annuelles et une augmentation des températures (Ministère de L'Environnement, 2000). Les systèmes plus vulnérables sont ceux dont la sensibilité au changement est plus haute et pour lesquels les stratégies d'adaptation sont limitées ; c'est le cas du Sud-Est péninsulaire (Ministère de l'Environnement, 2001), d'où l'élection du bassin de la rivière du Segura comme la région de notre étude afin d'évaluer les effets du possible Changement Climatique.

Dès nos jours, les modèles de circulation générale (MGGs) sont capables de simuler les champs spatio-temporels de variables climatiques à grande escale comme la pression au niveau de la mer (PNM) ou les températures en surface. Grâce à des analyses de corrélation canonique (Von Storch and Zwiers, 1999) dans des travaux précédents (Horcas et al., 2001) on a mis en relation les températures maximums hivernales avec la PNM dans l'Atlantique Nord a différentes escales, et par la suite, on a validé le modèle statistique de prévision pour le bassin de la rivière du Segura (Horcas et al., 2001b).

C'est la première fois, que ce travail montre les prévisions du modèle statistique développé à partir des simulations générées par le MGG ECHAM4-OPYC (Roeckner et al., 1988) pour les températures maximums et minimums dans le bassin de la rivière du Segura, observant comme la réponse des deux variables n'est pas homogène dans tout le territoire, en pouvant régionaliser le bassin selon la réponse au possible Changement Climatique.

Références

HORCAS, R.; GONZÁLEZ-ROUCO, J.F.; ZORITA, E. y FERNÁNDEZ, F. (2001a): *Relación entre la circulación atmosférica en el Atlántico Norte y las temperaturas máximas en la Cuenca del río Segura*. II Congreso de la Asociación Española de climatología. Valencia.

HORCAS, R.; GONZÁLEZ-ROUCO, J.F.; ZORITA, E. y FERNÁNDEZ, F. (2001b): *Relación entre la circulación atmosférica en el Atlántico Norte y las temperaturas extremas en el Sudeste de la Península Ibérica*. Congremet VIII Climet IX. Buenos Aires.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (2000): *Libro Blanco del Agua*, Madrid, 637pp.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (2001): *Programa de Acción Nacional contra la Desertificación. Borrador de trabajo*, Madrid, 156 pp.

ROECKNER, E. et al. (1988): *Transient Climate Change Simulations with a complete atmosphere-ocean GCM including the tropospheric sulphur cycle*, Max Planck Institute fuer Meteorologie Report, nº 266.

VON STORCH, H. and ZWIERS, F. (1999): *Statistical Analysis in Climate Research*, Cambridge University Press, 528 pp.

FLUCTUATIONS RECENTES DE LA TEMPERATURE AU QUEBEC

Joseph LITYNSKI

Laboratoire de climatologie, Université du Québec à Trois-Rivières 5475, rue Raymond,
Pierrefonds, Québec, Canada. H8Z 2X5 Tél. : (514)-620-7892, fax (514)-626-7594.
E-mail: litynski@total.net

Pendant la période 1961-1990 toute la partie Nord et Est du Canada a subi un refroidissement qui allait de -0,2 à - 1, 1°C, selon l'endroit. La diminution la plus forte de température était observée à Halifax (-1, 1°C) ; dans l'Arctique canadien, c'est à Cap Dyer qu'on a observé le refroidissement le plus marqué (-0,9°C). Au Québec, c'est la station Nîchequon (aujourd'hui elle n'est plus en fonctionnement) qui a enregistré la plus grande diminution de température (-1,0°C). Le refroidissement moyen au Québec était de -0,5°C. La seule station au Québec qui a accusé un réchauffement dans la période 1961-1990 était Montréal-McGill qui est située au centre ville de Montréal. Sans doute ce réchauffement est-il dû à l'effet urbain.

Il est intéressant de poursuivre l'analyse de la température pour la période la plus récente (1991-2000). Ici, nous avons analysé les données des stations suivantes au Québec : Kuujjuak (Fort Chimo), Inukjuak (Port Harrison), Roberval, Trois-Rivières, Montréal-McGill et Montréal-Dorval.

Dans les stations nordiques (Kuujjuak et Inukjuak) la température continuait à diminuer jusqu'à l'année 1992 qui est la deuxième année la plus froide pendant toute la période d'observations (depuis 1947) ; l'année la plus froide était 1972. Ensuite, la température augmentait constamment jusqu'à l'année 1999 qui est l'année la plus chaude dans le Nord du Québec. L'année 2000 donne le retour de la température près de la normale. L'hiver 2000-2001 était dans le Nord du Québec environ 2°C plus froid que la moyenne.

La station de Roberval se comporte de façon semblable à celle de Trois-Rivières. Après un maximum local de température dans les années 1990-1991 on a eu un refroidissement marqué dans les années 1993-1994 ; le mois de janvier 1994 était le plus froid du siècle (-6,5°C par rapport à la normale). Dans les années 1995-1996 on a observé un léger maximum de température et ensuite en 1997 la température est tombée à 0,8°C plus bas que la normale. Un phénomène inhabituel s'est produit en 1998 : la température moyenne a augmenté de 3°C par rapport à l'année précédente. C'est l'année la plus chaude partout dans la partie sud du Québec (2,2°C plus haut que la normale). Ensuite nous avons une légère diminution de température en 1999 suivi d'une chute brusque (de 2°C) en 2000.

Les deux stations de Montréal, Montréal-McGill et Montréal-Dorval, se comportent très différemment à cause des influences locales. La première est influencée par le développement de la partie centrale de la ville elle-même, la deuxième par l'activité aéroportuaire et l'avancement de la ville vers l'ouest. Dans les années 1960 la partie centrale de la ville se développait très vite provoquant l'augmentation de la température à la station Montréal-McGill tandis que la température à Dorval suivait la tendance généralisée de la région qui était négative. La différence des températures entre les deux stations augmentait progressivement pour atteindre 1,5°C en moyenne dans les années 1970. Ensuite, cette différence diminuait légèrement jusqu'à 1,2°C en moyenne ; ce phénomène fut probablement

provoqué par le développement de la ville en direction de Dorval. En 1998 nous observons une brusque diminution (de 0,8°C) de la différence entre les deux stations qui se situe présentement à 0,4°C. Il y a une seule explication possible de ce changement très brusque : le doublement du trafic aérien à Dorval après le déménagement des vols transatlantiques de Nfirabel à Dorval qui a eu lieu à l'automne 1997.

Il faut mentionner aussi que la nouvelle station automatique qui fonctionne à Trois-Rivières depuis l'automne 1999 (qui est maintenant la station officielle), est située sur une presqu'île au bord du fleuve St-Laurent qui ne gèle pas en hiver. Heureusement, l'ancienne station fonctionne encore, on peut donc faire la comparaison. En se basant sur 2 hivers on peut constater que les températures hivernales dans la nouvelle station sont de 1,3°C plus élevées que dans l'ancienne. Cet exemple indique jusqu'à quel degré le changement de l'emplacement des stations peut être nuisible pour les études climatologiques. Malheureusement, cette pratique est devenue une vraie maladie au Canada.

Il y a une triple conclusion de cette analyse :

1. Il n'y a pas une tendance généralisée dans les changements de température au Québec ;
2. L'amplitude des fluctuations de la température a augmenté ;
3. Les influences locales sont fortes et il faut faire les corrections appropriées dans toutes les études concernant les changements climatiques.

**RECHERCHES SUR LES «PRECIPITATIONS TARDIVES» DANS LE BASSIN
BENINOIS DU NIGER**

Jocelyne PERARD ⁽¹⁾, **Michel BOKO** ⁽²⁾, **Constant HOUNDENOU** ⁽²⁾
et **Karine HERNANDEZ** ⁽¹⁾

(1) Centre de Recherches de Climatologie de l'Université de Bourgogne, CNRS, UMR 5080
« Climatologie de l'Espace Tropical ». Faculté des Sciences Gabriel, 06 bd Gabriel, 21000
Dijon, France. Tel. : 00 33 3 80 39 57 43 ; Fax : 00 33 3 80 39 57 41.
E-mail : perardj@u-bourgogne.fr, khernand@u-bourgogne.fr

(2) Laboratoire d'Etude des Climats, des Ressources en eau et de la Dynamique des
Ecosystèmes (LECREDE), Université Nationale du Bénin 03-BP. 1122 Jéricho. Cotonou
03. République du Bénin. Tel. : 00 229 36 00 61/74 ; Fax : 00 229 36 00 28/61.
E-mail : mboko@syfed.bj.refer.org, const@syfed.bj.refer.org

La partie béninoise du bassin du Niger a connu depuis une trentaine d'années, d'importantes modifications.

Des études récentes (Pérard et al, 1993 ; Houndénou et Hernandez, 1998 ; Houndénou, 1999), ont montré que le Nord du Bénin a enregistré, surtout depuis le début des années 70, une diminution des précipitations, une accentuation de l'irrégularité pluvieuse et un raccourcissement de la saison humide. Ces changements climatiques ont contribué à fragiliser l'environnement, à réduire l'agriculture vivrière traditionnelle au profit de la culture de rente du cotonnier et à accélérer les mutations socio-économiques de la région.

Notre étude, fondée sur l'analyse statistique des précipitations quotidiennes et des cumuls mensuels pour la période 1961-1990, porte sur les «pluies tardives», de post-mousson.

On recherche si leur distribution géographique, leur fréquence, leur intensité ont connu des modifications sensibles au cours des dernières décennies. On évalue leur impact sur l'environnement et sur l'économie de la région où le calendrier agricole des travaux paysans et des récoltes est étroitement calé sur la répartition des pluies.

EVOLUTION DES PRECIPITATIONS QUOTIDIENNES AU XX^{EME} SIECLE EN AFRIQUE DU SUD

Yves RICHARD, Pierre CAMBERLIN, Nicolas FAUCHEREAU et Isabelle POCCARD

Centre de Recherches de Climatologie, CNRS – Université. de Bourgogne, 6 Bd Gabriel,
21000 Dijon – France. Tel 03 80 39 38 22 ; Fax 03 80 39 57 41.
E-mail : yrichard@u-bourgogne.fr

La République Sud-Africaine (RSA) est classée par l'ONU parmi les pays pour lesquels les problèmes de ressources en eau font peser de sévères contraintes. L'équilibre fragile actuel est perturbé par des sécheresses récurrentes (1982-83 et 1992-93 par exemple). Les précipitations Sud-Africaines n'ont pas enregistré d'évolution significative au cours du XX^{ème} siècle si l'on s'en tient au volume annuel.

En revanche :

Des caractères de la variabilité pluviométrique ont subi des modifications vers 1970. Des années 30 à 1970, la variabilité pluviométrique interannuelle était maximale en début de saison des pluies (octobre - décembre), alors que, depuis 1970, elle s'est amplifiée en fin de saison des pluies (janvier - mars). Parallèlement, les structures spatiales de covariabilité pluviométrique semblent s'être étendues (Fauchereau, 1998). Les conditions météo - océanographiques associées aux sécheresses (téléconnexions) paraissent également s'être modifiées depuis 1970 (Richard *et al.*, 2001).

Des expériences de sensibilité avec doublement de CO₂, réalisées avec un MCGA australien (CSIRO, Joubert *et al.*, 1996), indiquent que ce n'est pas le volume annuel précipité mais le nombre de jours de pluies qui pourrait être modifiée en RSA en liaison avec l'augmentation des gaz à effet de serre.

Observations au pas mensuel et simulations numériques peuvent être mises en relation avec des résultats issus de l'étude des pluies quotidiennes de la province orientale du Cap (Smakhtina, 1998). Ceux-ci témoignent, à partir des années 60, d'une diminution du nombre de jours de pluies, compensée par une augmentation de l'intensité des épisodes pluvieux. A partir d'un fichier original et tout à fait exceptionnel de part la densité du réseau (527 stations), la période couverte (plus d'un siècle pour certaines séries) et le pas de temps (quotidien), nous analyserons l'évolution des précipitations au cours du XX^{ème} siècle en termes de répartition saisonnière, de nombre de jours de pluies et de volumes précipités par épisode pluvieux. L'objectif est d'identifier d'éventuelles évolutions (ruptures de stationnarité, tendances, cycles) à partir d'outils appropriés (tests de Student, de Pettitt, de Mann, SMWDA, analyses spectrales...).

IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE A MORON DE LA FRONTERA**Luis RUBIALES SANCHEZ**AEC, Calle Lara, 29, 954852299 / 639769860, luisru@eresmas.com

Dans cet exposé, nous analysons l'incidence du changement climatique à l'échelle locale, dans le territoire communal de *Morón de la Frontera* (Séville) - Espagne. Les estimations scientifiques officielles ont été appliquées sur les facteurs concernés (ressources hydriques, flore et faune, érosion et habitat humain), tout en observant leur situation ponctuelle, leur évolution future et les répercussions qui en dérivent. Malgré le caractère global de la question du changement climatique et l'idée généralisée que ce sont les organismes et les institutions mondiales, c'est-à-dire, l'ensemble des pays qui doivent mettre en marche les actions et les mesures nécessaires, cette étude essaie de devenir un exemple d'application pratique sur les impacts provoqués par le changement climatique. Ce sera une façon de montrer que ce problème global, mondiale, a des répercussions locales très graves qu'il faut absolument prévenir. Les données utilisées ont une origine multiple : depuis les Administrations Officielles (locales, régionales et nationales), jusqu'aux associations écologistes et aux naturalistes locales ou aux techniciens et hommes de science de prestige à niveau national. Pour obtenir ces informations, nous avons utilisé tantôt le support écrit tantôt le digital, dont le S.I.G. (dont l'information et les graphiques conforment la base de mon travail et qui a été développé par la Consejería de Medio Ambiente), la cartographie digitale de la zone étudiée, l'inventaire des terrains d'irrigation de la *Consejería de Agricultura y Pesca* et le Système d'Information Communale d'Andalousie, ainsi que les références obtenues à travers une série de pages web dont le contenu est lié aux différents aspects du climat et du changement climatique. Pour leur analyse Nous avons employé l'outillage informatique et les instruments les plus actuels, dont le logiciel *Mulhacen* de traitement topographique et le S.I.G. Arcview. Nous avons choisi Morón de la Frontera comme point de repère étant donné son caractère de commune paradigmatique et d'axe régional. Cette ville est située dans un territoire localisé dans la zone méridionale du département de Séville qui fait partie, dans sa totalité, d'un espace compris entre les régions connues comme *Sierra Sur* et *Campiña* de Séville et qui est parfaitement délimité en deux zones naturelles, juxtaposées et séparées en même temps. La valeur écologique de son milieu naturel est petite, étant donné sa semi-aridité. C'est-à-dire, qu'il va être très sensible aux modifications conséquence du changement climatique.

Prévisions et impacts du changement climatique : Les problèmes déjà présents vont s'exacerber.

Températures: On prévoit des augmentations de 1,9° pour le 2020, de 2,5° pour le 2060 et de 3,6° dans l'horizon de l'an 2100. Episodes Extrêmes : Facteur 2,5 d'augmentation de la probabilité d'une période sèche de plus de 30 jours dans le Sud espagnol. Les épisodes de pluies intenses et d'orages augmenteront. Erosion: Les problèmes actuels de désertification deviendront plus graves. Ils vont affecter à l'extension des zones enclines à la désertification, à sa sévérité et à son accélération dans les terrains secs déjà existants. Précipitations, Humidité Disponible et Ressource Hydriques: En ce qui concerne les précipitations, Les réductions prévues sont d'un 4,4% pour le 2020, d'un 15% pour le 2060 et d'un 25% pour le 2100. Les ressources hydriques la descente est chiffrée d'un 34% dans la zone étudiée. La diminution estimée de l'humidité de la terre est proche du 20%. La demande augmentera d'un

20% pour une augmentation de 2°C. Ecosystèmes Naturels : Réduction de son extension (80% pour une augmentation de 3°C). Agriculture: Expansion vers le Nord des zones de maquis improductif et décroissance des récoltes. Autour du 20% de perte de production des cultures céréalières. Possibilité de culture d'espèces tropicales.

Eléments étudiés qui seront affectés et degrés d'affectation

Eaux : Existence de 26 espaces humides groupés en zones marécageuses -naturelles et artificielles, et des cours d'eau (3 ruisseaux, 2 lacunes artificielles et 17 micro-barrages). Ce territoire fait partie de la zone aquifère nommée J-48, qui comprend les communes de Arahall, Coronil, Morón, La Puebla de Cazalla et de l'aquifère isolé de la Sierra de Esparteros. Approvisionnement (bassin de Morón) : Demande: à usage urbain (18,6/2) + industriel (4'5/0,4) + irrigation (25,85/10,65) + écologique (25/~) = 68,8/13,05 Hm³/an. Ressources du bassin: en surface (17) + souterraines (30,8) externes (8, 1) = 59,9 Hm³/an. Bilan: 59,9 R - 68,8 D = - 12,2 Hm³/an. Erosion: Importants problèmes d'érosion dans toutes les zones. Le climat propre de la région, sec, de pluies peu abondantes mais concentrées et torrentielles, et la culture de zones marginales et à grand versant ont provoqué l'érosion de nombreuses zones et l'état irréversible, qu'on peut déjà observer, de certains espaces.

Climat : Morón possède un climat méditerranéen subtropical caractérisé par être sec, par des hivers relativement humides et des étés très secs. En ce qui concerne le régime d'humidité, le bilan entre les précipitations moyennes de la région et les potentiels besoins d'eau de la végétation, définissent un climat méditerranéen, sec par nature, avec des hivers relativement humides et des étés très secs, et un indice d'humidité annuelle au-dessous de 0,88. La température moyenne annuelle est de 17,8°C et les précipitations de 629,6 mm.

Flore: La localisation de la Commune dans une position frontalière entre la plaine (campiña) et la montagne (sierra) fait possible l'existence d'une gradation et d'une participation climatique et de la végétation dans les deux milieux, depuis la zone NO -de plaine ou campiña-, où la végétation est surtout composée de garrigue (matorral méditerranéen), jusqu'à l'aire SE -de montagne ou sierra- où il est possible le développement de zones de forêt méditerranéenne parfaitement conservée et fréquemment associée à la garrigue (matorral méditerranéen).

Faune: La faune présente dans le territoire communale n'est pas très nombreuse, ni très importante. Mais, on y trouve des populations d'espèces cataloguées dans les normes comme de protection et conservation (cas de la loutre, la crécerelle, le vautour, le Martin-pêcheur, le papillon *Euphydryas aurinia*...).

Agriculture: Le territoire consacré à l'agriculture est de 35.600 ha (sans tenir compte du pâturage improductif) parmi lesquelles 13.000 ha appartiennent à l'oliveraie, 17.000 ha aux champs de culture sèche, 3.700 ha sont des terrains de pâturage productif et 1.903 ha des terrains irrigués.

Conséquences et état futur

Nous avons fait l'inventaire et l'analyse des facteurs et des éléments concernés ; nous avons étudié les répercussions et les transformations qu'y auront lieu et de sa situation future.

Quand nous n'avons pas, au début du travail, une donnée exacte rapportée aux prévisions, nous avons utilisé la moyenne entre deux extrêmes.

Climat : Les *précipitations* descendront dans l'ensemble du territoire jusqu'aux 602/535/472,2 mm en 2020/2060/2100 respectivement.

La température passera aux 19,7/20,2/21,3°C en 2020/2060/2100.

Eaux: Rio Guadaira (sources), réduction des précipitations de 750 mm à 717/637,5mm en 2020/2060. Descente de l'apport hydrique de 55 Hm³/an en 2060. Approvisionnement: le déficit déjà existant du bassin et du territoire communal augmentera de -12,9 à -47,27 Hm³/an et à Morón sera de -9,2 Hm³/an pour l'an 2060 dans les deux cas. Coût: on part d'un coût initial de 201 Mpta/Hm³ = 1.849 Mpta en 2060. Aquifères: le J-48 réduira ses entrées de 23,6 à 15,5 Hm³. Il y en aura une demande du 75,1% des ressources, surexploitation et dépassement des niveaux admissible de nitrates. Dans le cas de l'aquifère de *Esparteros*, les entrées se situeront entre 0,6 et 0,34 Hm³/an et les pompages entre 0,2 et 0,24 Hm³/an, soit 61,5 des ressources.

Flore: La flore devra s'adapter à la nouvelle situation climatique d'une aridité supérieure. Alors, il y aura une évolution de dégradation en plusieurs phases ; l'extension occupée par les terres improductives, marginales et envahies par les végétations de pâturage de steppe, le maquis méditerranéen d'origine xérophytique de petite taille, ouvert aux dépens de la garrigue de grande taille ou de taille moyenne, augmentera.

Faune: Ce seront les espèces liées au cours du Guadaira et à la forêt de cette rivière les plus concernées et celles qui ont leur habitat dans les petits barrages de Mancera et El Fontanar : les amphibiens (le triton, le crapaud des marais, la grenouille verte), les poissons (les carpes, les bogues, les barbeaux), le papillon *Euphydryas aurinia* et le Martin-pêcheur, sans tenir compte de la disparition de la loutre et du déplacement forcé de la crécerelle.

Agriculture- Certaines terrains deviendront de moins en moins viables pour la croissance de cultures céréalières, puisque les prévisions de perte de production dans ces cas et de plus du 20%. Dans le cas du blé sera de 4.950 Tm. (9.000 ha x 2.750 kg de production moyenne = 24.750 Tm) ; la production totale baissera jusqu'aux 19.800 Tm. En ce qui concerne le tournesol, la réduction sera de 1.296 Tm ; la production n'atteindra donc que les 5.184 tn. (Production moyenne de 900 kg x 7.200 ha - 6.480 Tm). Dans le cas de l'orge (300 ha x 1.800 kg de production moyenne - 540 Tm) une réduction de 108 Tm conduira à une production totale réduite à 432 Tm.

Erosion: Par suite des changements climatiques, les procès érosifs vont encore multiplier leur efficacité destructive dans les zones où *ils se* manifestent plus fortement, en intensité et en extension. Ce sera donc très visible l'augmentation des aires en situation de désertification irréversible, ce qui traînera probablement une diminution des terres cultivées et de leur rendement agricole, ce seront spécialement les cas de l'olivieraie.

Conclusions

A tenir compte des impacts présentés dans ce travail, ce seront la diminution des ressources hydrique utilisées pour l'approvisionnement des zones urbaines / industrielles et des terrains irrigués qui présenteront les problèmes les plus graves. La situation pour le 2060 peut se

présenter difficile, pas tout à fait insoutenable puisque les ressources aquifères existantes peuvent l'adoucir tout en attendant l'obtention de nouvelles ressources. L'érosion produira un paysage semi-désertique, résultat de la transformation en improductives d'un grand nombre d'aires du territoire communal.

Tableau récapitulatif :

CLIMAT	+ 2,5°C / - 15% mm
RESSOURCES HYDRIQUES	-10, 7 Hm3 par an apport dans la source <i>Río Guadaira</i> / , 9,2 Hm3 par an en approvisionnement / - 8,31 Hm3 par an en aquifères / - 24 ha d'espaces humides.
FLORE	Phases d'évolution de la dégradation. Disparition <i>Cetrocapnos heterocarpa</i> .
FAUNE	Disparition Loure, Martin-pêcheur, Espèces aquatiques. Déplacement de la Crécerelle.
AGRICULTURE	- 6.354 tonnes production céréalière
ÉROSION	+ perte de sol extension et intensité.

Même si le scénario montré ci-dessus révèle une grave situation pour l'an 2060 et moins grave dans le cas du 2020, l'importance de ces changements, c'est surtout une question de ressources hydriques, ce qui rend nécessaire une profonde réflexion à toutes les échelles de la société et établit comme absolument nécessaire un grand accord entre les gouvernements de toute la planète. Même s'il reste encore un bon moment pour l'arrivée de l'an 2060, ces changements ont déjà commencé, ils continuent à se produire de façon inexorable et c'est, nous tous, d'ores et déjà, qui devons prendre les mesures nécessaires pour palier ou, encore mieux, éviter l'arrivée de "l'an 2060".

DYNAMIQUE DE LA VARIABILITE CLIMATIQUE DANS LES COMMUNAUTES RURALES DU NORD-OUEST DU SENEGAL

Pascal SAGNA ⁽¹⁾, Ngor NDOUR ⁽²⁾, Louis Albert LAKE ⁽³⁾

(1) Département de Géographie Université C.A. DIOP, Dakar

(2) Institut des Sciences de l'Environnement, UCAD, Dakar

(3) Laboratoire de Géographie IFAN, UCAD, Dakar

Le Nord-Ouest du Sénégal se situe dans le climat sahélien qui est compris entre les isohyètes 100 et 500 mm. Sa frange littorale appartient au Sahel atlantique. Cette région a connu après 1968 une péjoration pluviométrique sans précédent par sa gravité et sa durée. Elle s'est accompagnée de modifications climatiques graves parmi lesquelles nous avons la hausse généralisée des températures et une tendance à la désertification.

Dans le cadre d'une assistance au diagnostic et à la prévision des interactions entre sécheresse et développement, nous avons dégagé la dynamique de la variabilité climatique des 59 communautés rurales de ce domaine d'étude en analysant les indices de sécheresse (IS) et bioclimatique (IB) en fonction de trois normales : 1931-1960, 1951-1980 et 1961-1990. Ces indices font intervenir pour le premier les précipitations (P) et l'évapotranspiration potentielle (ETP) et pour le second l'évapotranspiration réelle (ETR) et l'évapotranspiration potentielle (ETP). Les valeurs de ces indices ont changé selon la normale utilisée. La migration de différents indices par rapport aux communautés rurales nous a permis d'établir un principe d'analyse intersurfacique et diachronique.

Par rapport aux diachronies de l'indice de sécheresse (IS), 15 communautés rurales sont toujours restées *arides*, 20 ont connu une *aridification* ancienne, 21 une *aridification* récente et 3 se sont maintenues dans une *semi-aridité*.

Par rapport aux diachronies de l'indice bioclimatique (IB) 11 communautés rurales sont toujours marquées par la *semi-aridité* avec aucun mois humide, 5 ont une *aridification* ancienne, 14 une *aridification* récente et 29 communautés rurales sont caractérisées de *sèches à subhumides* avec 1 à 4 mois humides c'est-à-dire des mois pendant lesquels les besoins en eau des plantes sont satisfaits. On peut dans ce dernier cas entrevoir les possibilités qui existent par rapport à l'agriculture pluviale avec notamment l'utilisation de variétés ne dépassant pas un cycle de 90 à 120 jours.

Par rapport aux deux indices et sur le plan prospectif, nous distinguons les communautés rurales du Nord pour lesquelles un degré d'aridité plus sévère ne pourrait plus modifier considérablement des systèmes de production alternatifs mis en place et celles du Centre et du Centre-Sud qui vont probablement évoluer vers une plus grande aridité durant les prochaines décennies et entraîner de graves crises socio-économiques. C'est pour cela que l'éventuelle «désertification» de la frange septentrionale du Sénégal semble bien moins inquiétante que l'*aridification* qui pourrait bouleverser le Centre et le Centre-Sud du domaine d'étude durant les toutes prochaines décennies dans la mesure où la probabilité d'instabilité climatologique,

compte tenu de l'évolution récente des paramètres, est moyenne à forte. Il faut donc, par rapport à cette vision prospective, élaborer des politiques adéquates d'aménagement.

LE MODÈLE DE DESSIN URBAIN DE LA BANDE CÔTIÈRE DE FORTALEZA, SON INFLUENCE SUR LE CLIMAT ET SES REFLETS SUR LE CONFORT THERMIQUE PERÇU PAR L'HOMME DANS L'ESPACE VÉCU

Andréa Maria SOBREIRA DE SANTANA et Magda ADELAIDE LOMBARDO

Université de São Paulo – USP. Av. Prof. Lineu Prestes, 338. 05508-900 – São Paulo – SP
Tel. (011)8183749. E-mail : santanaduret@wanadoo.fr , lombardo@ms.rc.unesp.br

Les hauts indices d'exclusion sociale, l'absence d'infrastructures sociales de base réparties de façon équilibrée, l'existence de constructions illégales et précaires et les problèmes spatiaux et environnementaux générés par ces facteurs affectent les conditions environnementales et de vie dans les villes brésiliennes. Ce processus de "décadence urbaine" est quant à lui la conséquence d'un modèle de développement qui donne la priorité à une croissance économique étayée par les inégalités sociales (produit du processus économique) et où les dimensions culturelles, environnementales et spatiales du développement ne sont pas prises en compte.

Au fur et à mesure que ces villes croissent, l'architecture urbaine (relation édifice - ville) prend de l'importance mais le fossé entre la qualité des espaces créés et la qualité de vie se creuse lui aussi. L'urbanisation croissante ne s'est pas faite dans le sens de la création de décors urbains adaptés à la vie collective, équipés de dispositifs qui permettent de protéger les hommes des excès climatiques, garantissant ainsi une vie confortable, et qui génèrent de nouvelles relations entre les habitants. Elle ne s'est pas faite dans le sens de la création d'espaces véritablement humains "avec" et non "contre" les hommes, qui puissent les unir et qui soient des instruments de reproduction de la vie.

Le dessin urbain joue un rôle important dans le processus de construction et de développement des villes, où les composantes de l'espace urbain, le milieu physique, les groupes sociaux distincts en interaction et les espaces construits et non construits interagissent intensément.

La façon dont les éléments morphologiques sont positionnés, s'organisent et s'articulent entre eux pour construire l'espace urbain est déterminée par les différentes formes culturelles d'appropriation de cet espace, par la façon de vivre des habitants. Reflet du mode de vie, la forme urbaine influence en outre directement le comportement et le bien-être de chaque habitant.

La manière dont sont dessinés les espaces détermine le climat urbain et affecte de façon différente non seulement le confort humain physiologique, en fonction de la réponse thermique que les divers environnements présentent, mais aussi le confort perçu, qui est conditionné par les besoins et les désirs des usagers vis-à-vis de l'espace. En d'autres termes, les gens perçoivent et évaluent les espaces de différentes façons et l'utilisateur se sentira à l'aise s'il atteint la satisfaction des désirs et des besoins qu'il attend de combler en les utilisant.

Qu'est-ce que l'espace ? À quoi sert-il ? Comment a-t-il été dessiné ? Qui en sont les usagers ? Que désirent-ils de cet espace ? Comment se sentent-ils dans cet espace ? Ce sont là les questions posées dans ce travail qui n'a pas pour objectif de fournir des réponses soulignant

des directions fermées mais bien plutôt de susciter une discussion transdisciplinaire sur les thèmes en question.

Cette recherche s'intéresse au littoral du Nord-est brésilien, et en particulier à la ville de Fortaleza, métropole régionale, capitale de l'État du Ceará, où les contradictions sociales et économiques croissantes et perverses, les constantes agressions contre l'environnement et la dilapidation de la culture, fruits d'une politique au service des classes dominantes, affectent gravement la qualité de vie de la majorité de la population.

Les villes du littoral du Nord-est brésilien souffrent d'un déclin constant et sensible de la qualité de leur environnement et de leurs conditions climatiques. La déforestation, les altérations topographiques, le remblayage du lit de certains cours d'eau, l'occupation de plus en plus intense de la bande côtière, la généralisation de l'asphalte, les barrières dressées contre les vents dominants aggravent systématiquement les conditions climatiques qui provoquent une modification de l'urbanisation et entraînent une élévation des températures aux dépens des habitants qui doivent se protéger contre les excès climatiques comme le vent, la chaleur et l'humidité.

Située à 3° 46' de latitude sud, Fortaleza jouit d'un climat marqué par de hauts indices d'ensoleillement, de température de l'air (avec une moyenne annuelle de 27°C), d'humidité relative de l'air (la moyenne annuelle est de 78,3%), par des vents d'une vitesse moyenne annuelle de 3,6 m/s et des précipitations concentrées entre les mois de février et de juillet, délimitant ainsi deux saisons bien distinctes, l'une sèche, l'autre des pluies. Ces indices sont aggravés par l'altération des caractéristiques des surfaces naturelles et construites et par la modification des matériaux qui constituent le tissu urbain et qui affectent directement la sensation de confort humain physiologique.

Cette analyse est donc une tentative d'identifier l'interaction homme, ville et climat ; elle a comme but définir une méthodologie qui puisse être un instrument d'aide au processus de dessin urbain. Un dessin urbain qui soit durable, où l'ensemble des éléments relatifs à la forme, à l'occupation et aux activités urbaines soient en équilibre avec les éléments et facteurs climatiques, en vue de créer des ambiances qui garantissent les conditions d'habitabilité ; des espaces capables de répondre aux besoins humains et socioculturels, visant le bien-être de la population et l'amélioration de la qualité de l'environnement urbain.

L'HIVER 2000-2001 DANS LE CADRE DE L'EVOLUTION CLIMATIQUE RECENTE EN RHONE-ALPES

Serge TABOULOT ⁽¹⁾ et Guy BLANCHET ⁽²⁾

(1) Météo-France – DIRCE Développements-Etudes-Climatologie. Aéroport de Bron. F-69500 – Bron. Tél : 0472354055. Fax :0472354031. E-mail : serge.taboulot@meteo.fr

(2) 516, rue d'Anse. F-69400 – Villefranche s/Saône. Tél : 0474623193. E-mail : blanchet.guy@wanadoo.fr

Quels que soient les pas de temps choisis (décembre à février, décembre à mars, 21 décembre au 20 mars), l'hiver 2000-2001 est de loin le plus doux connu des valeurs fiables de relevés disponibles dans les bases de données de Météo-France.

Pour ne prendre qu'un exemple, il suffit de citer les relevés de Lyon - Bron, existants et ininterrompus depuis 1922 : avec 8,1°C de température moyenne de décembre 2000 à mars 2001, le précédent record qui datait de l'hiver 1993-1994 (6,9°C) est pulvérisé de plus d'un degré Celsius, la médiane des 79 dernières années disponibles étant de 4,6°C... ! Ce constat n'est pas le seul en Rhône-Alpes, apportant une petite pierre supplémentaire aux évolutions climatiques constatées en France où plus généralement, parmi les 10 années les plus chaudes du XX^{ème} siècle, 6 font partie de la dernière décennie.

L'interprétation d'une valeur aussi remarquable est toutefois moins aisée qu'il n'y paraît. Plusieurs difficultés sont à souligner. La première est celle de l'estimation de l'effet de l'urbanisation d'une agglomération aussi importante que celle de Lyon. Ce phénomène de tendance extrêmement lent n'est en fait décelable que par des comparaisons simples avec des mesures sur de longues périodes, sur un site dont on est en droit de supposer de l'absence d'effet similaire. Les stations de Montélimar et de Mâcon ont été testées pour approcher ce phénomène.

Le deuxième écueil à éviter est celui des changements de sites de mesure, dont Lyon - Bron est un exemple cruel, avec un déplacement de quelques centaines de mètres de ce site de référence en 1995, qui a conduit à un redoux moyen constaté de près d'un demi-degré. Ces cas fréquents de non-pérennisation d'un site de mesure ont conduit Météo-France à se lancer dans des techniques statistiques 'd'homogénéisation' des longues séries de données, qui donnent des résultats spectaculaires en matière de suivi climatique. La généralisation de l'utilisation de ces séries homogénéisées dans le domaine du suivi régulier du climat est d'ailleurs un impératif économique de plus en plus évident.

Enfin, l'évolution des températures en cours d'accélération conduit inévitablement à se poser la question de la représentativité des références climatiques actuelles. L'utilisation des normales, moyennes des trois dernières décennies civiles, est très certainement dépassée en période d'évolution rapide. De nouvelles notions de référence climatique glissante, par exemple avec pondération variable en fonction de l'ancienneté des données et utilisation des séries d'homogénéisées si besoin, seraient sans doute plus judicieuses, tout en restant très simples à calculer à l'ère du tout informatique.

**ETUDE DE VULNERABILITE /ADAPTATION SUR L'AGRICULTURE AU MALI :
CAS DE LA VARIETE MIL/SORGHO EN ZONE OHVN**

F.TRAORE, A. BRETAUDEAU, M. KONATE, B.DIARRA et A. BAYOKO

Ecole Nationale d'Ingénieurs - Bamako, BP 242
Institut Polytechnique Rural - Katibougou (IPR/IFRA)
Direction Nationale de la Météorologie – Bamako
Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique – Bamako
BP 3052 –Bamako, Tél./Fax (223) 21 84 46

L'étude a été appliquée à la culture pluviale de la variété mil/sorgho en zone OHVN (Office de la Haute Vallée du Niger) dont le potentiel agricole est très important dans l'alimentation de base au niveau national. La population agricole, estimée en 1995 (horizon temporel de base) à 430 453 habitants, offre une production dont le rendement moyen par hectare du mil/sorgho est de 799 kg Sur la variété mil/sorgho, on a effectué de nombreuses simulations à l'horizon 2025 en utilisant des modèles agrophysiologiques et les résultats de scénarios de changements climatiques.

L'analyse faite avec le scénario sans changement climatique, basée sur la variabilité observée du climat dans la zone, a permis de dégager des tendances pour la température et la pluviométrie qui sont les principaux paramètres dont les variations affectent le plus le secteur de l'agriculture. Pour la température, la tendance à la hausse observée dans la zone varie de 0,5°C à 1°C entre 1981 et 1995 soit une hausse de 0,33 à 0,66°C tous les 10 ans. A l'horizon 2025, l'augmentation moyenne de température serait d'environ 1 à 2°C. Quant à la pluviométrie, la tendance est à la baisse dans la zone et le taux de diminution par rapport à la normale 1961-1990 varie de 12 à 15%.

Le scénario avec changement climatique qui exploite les résultats des modèles climatiques régionaux pour l'Afrique tirés de ceux des modèles globaux, prévoit à l'horizon 2025 une augmentation de température de 1 à 2°C pour la zone sahélienne. Quant à la pluviométrie attendue dans le Sahel, beaucoup d'incertitude subsiste à ce niveau, même s'il est plus probable d'obtenir une augmentation de l'ordre de 15% par rapport à la moyenne de la période 1961-1990.

La modélisation agrophysiologique pour la variété mil/sorgho a été calibrée sur les données de l'assistance agrométéorologique dans la zone OHV. Les simulations ont été effectuées sur la base de scénarios d'augmentation de température de 1°C, 2°C, 3°C et 4°C d'ici à 2025. On note dans le cas de scénario sans changement climatique une diminution de rendements de 2 à 4% tandis que pour le scénario avec changement climatique, cette diminution de rendement est de 2 à 16%.

**UTILISATION DE L'ADVECTION DE TEMPERATURE POUR DIAGNOSTIQUER
L'INFLUENCE DES CHANGEMENTS DANS LA CIRCULATION GENERALE
ATMOSPHERIQUE SUR LE CHAMP DE TEMPERATURE.**

Oscar VIDAL, Luis GIMENO et Pedro RIBERA

Departamento de Física Aplicada, Universidad de Vigo, 32004 Ourense, España. Tél : 34 988
387208 ; fax : 34 988 387159 ; E-mail : ovidu@uvigo.es

Au cours des dernières décennies, l'augmentation de la température globale de la planète a donné lieu à une diversification d'opinions. Les rapports officiels (IPCC), attribuent ce réchauffement à des effets radiatifs, dus principalement à l'intensification de l'effet de serre. Mais, d'autre part, il a été proposé qu'une partie de cette augmentation puisse être due aux changements dans la circulation globale atmosphérique (Wallace et al. 1995 ; Corti et al. 1999).

L'Oscillation de l'Atlantique Nord (NAO), est un mode dominant de variabilité dans l'Hémisphère Nord, et pendant les dernières décennies elle a expérimenté une tendance positive. Hurrell (1995, 1996) démontra que cette tendance s'est traduite en un réchauffement en surface en Europe et Asie, et un refroidissement sur le Nord-ouest Atlantique. Ce qui nous fait penser, que le réchauffement dans cet hémisphère pourrait être en rapport avec une variation dans le régime global de circulation atmosphérique.

Pour tenter de prouver cette hypothèse, on a calculé l'advection de température. Ainsi on obtient une mesure de l'influence de la circulation atmosphérique dans la température. Notre étude s'est centré sur l'Hémisphère Nord.

On utilise des données de réanalyse procédant du NCEP-NCAR aux niveaux de 200, 500 et 850 hPa, pour une période allant de 1958 à 1998. On part des données quotidiennes de température et des composantes zonale et méridionale du vent (u , v), avec une résolution horizontale de $2.5^\circ \times 2.5^\circ$. On calcule alors la valeur quotidienne d'advection de température dans chaque point grid, en calculant le gradient de température par une méthode de différences finies. Ensuite sont calculées des mesures mensuelles, annuelles et saisonnières. Les saisons furent définies comme suit : hiver (janvier, février et mars), printemps (avril, mai, juin), été (juillet, août, septembre) et automne (octobre, novembre et décembre).

La moyenne d'advection en 500 hPa pour l'hiver, reflète clairement la structure des ondes de Rossby. On peut voir que l'advection de température est positive sur la Côte Est américaine et en grande partie sur l'Océan Pacifique. L'advection froide se détecte sur l'Amérique Continentale et sur la Côte Est de l'Europe, sur la Scandinavie, la Sibérie et la Chine.

Si on analyse la tendance d'advection de température dans la période à étudier, le résultat plus significatif est une intensification des ondes de Rossby.

Pour savoir s'il existait ou non une relation entre NAO et l'advection de la température, les valeurs hivernales d'advection tout au long des 41 années d'étude furent corrélées avec les valeurs hivernales de la NAO. Les résultats ont démontré l'existence de corrélations

significatives à 95% dans une importante partie de l'Hémisphère Nord. Les valeurs les plus hautes se sont trouvées sur l'Océan Atlantique, à environ 45° de latitude.

Ensuite, à partir des valeurs annuelles et saisonnières on calcule les anomalies d'advection pour les 41 années. Une fois les résultats obtenus, on peut établir la moyenne d'anomalies d'advection pour les années avec indice NAO positif, et aussi négatif. Pour déterminer ces années, on utilise les 41 valeurs hivernales de l'indice NAO - différence de pression normalisée entre Ponta Delgada (Azores) et Reykjavik (Islande)- de sorte que la moyenne des 41 années, plus une déviation standard déterminera les années positives et cette même moyenne, moins la déviation standard, les années négatives. La zone de variation maximale correspond à l'Atlantique Nord, comme on s'y attendait.

Références

Corti, S., F. Molteni, and T. N. Palmer, 1999: Signature of recent climate change in frequencies of natural atmospheric circulation regimes. *Nature*, 398, 799-802.

Hurrell, J. W., 1995: Decadal trends in the North Atlantic Oscillation regional temperatures and precipitation. *Science*, 269, 676-679.

Hurrell, J. W., 1996: Influence of variations in extratropical wintertime teleconnections on Northern Hemisphere temperatures. *Geophysical Research Letters*, 23, 665--668.

Wallace, J. M., Y. Zhang, and J. A. Renwick, 1995: Dynamic contribution to hemispheric mean temperature trends. *Science*, 270, 780-783.

1.2. Pollution atmosphérique

COMPORTEMENT SAISONNIER ET QUOTIDIEN DE L'OZONE SUPERFICIEL DANS LA PROVINCE DE HUELVA

J. A. ADAME^(1,2), **J.P. BOLÍVAR**⁽¹⁾, **B. A. DE LA MORENA**⁽²⁾, **E. MANTILLA**⁽³⁾.

- (1) Departamento de Física Aplicada e Ingeniería Eléctrica. Universidad de Huelva. Campus de la Rábida Palos de la Frontera. Huelva. adamecj@inta.es
- (2) Estación de Sondeos Atmosféricos. El Arenosillo. INTA. Carretera San Juan del Puerto-Matalascañas, Km. 33. Mazagón-Huelva.
- (3) Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo. Parque Tecnológico. Paterna. Valencia.

Dans ce travail nous exposons l'étude qui se développe pour évaluer et caractériser les niveaux d'ozone dans la province de Huelva et de sa relation avec les paramètres météorologiques et leurs précurseurs. Ces premières recherches ont pour objet la conception d'un futur réseau de mesure superficielle de l'ozone dans la province de Huelva.

Cette province est une région de grand intérêt pour étudier le comportement de ce gaz par la rareté d'études effectuées dans cette zone et parce que les conditions pour la formation de ce gaz sont propices : une forte insolation, un régime de brises pendant les mois centraux de l'année et, en outre, un important complexe industriel dont plusieurs usines avec des émissions considérables de gaz précurseurs d'ozone.

Depuis deux ans les concentrations d'ozone sont enregistrées, aussi bien dans les stations rurales que dans les urbaines. Pour cela on a utilisé des instruments qui utilisent la technique de l'absorption dans l'ultraviolet, concrètement de la marque et du modèle suivants : Dasibi 1008. RS. Les données sont enregistrées par les systèmes de saisie de données toutes les six minutes, puis sont traitées et reconverties en données horaires, pour leur analyse et étude.

On a étudié l'évolution autant quotidienne que saisonnière que présente ce gaz dans les différentes stations où on l'a mesuré, et on a obtenu que les valeurs dans les stations rurales sont plus élevées que dans les urbaines.

Les cycles quotidiens sont typiques : diminution de la concentration de ce gaz pendant la nuit, augmentation des niveaux de l'ozone étant conforme à l'activité photochimique et à la rupture de la couche d'inversion aux premières heures du matin, maxima quotidiens à midi et en début d'après-midi et une nouvelle diminution des concentrations en fin d'après-midi. Ce mode de comportement est semblable à celui qui se produit dans d'autres régions avec des caractéristiques semblables.

La variation stationnaire présente deux maxima, un secondaire au printemps et un primaire en été, période pendant laquelle se donnent d'importants épisodes de pollution de ce gaz.

ANALYSE DE L'EVOLUTION TEMPORELLE DU PARAMETRE AEROSOL DANS LA STATION "EL ARENOSILLO" (HUELVA, ESPAGNE)

V. CACHORRO ⁽¹⁾, R. VERGAZ ⁽¹⁾, A.M. DE FRUTOS ⁽¹⁾, J.M. VILAPLANA ⁽²⁾ et B. DE LA MORENA ⁽²⁾

(1) Grupo de Optica-Atmosférica (GOA-UVA). Dpto de Optica.
Universidad de Valladolid. Fax:+34-983-423270.

(2) INTA/Division de Ciencias del Espacio. Departamento de Teledetección y Aeronomia.
Estación de Sondeos Atmosféricos "El Arenosillo. Huelva (Spain).

Notre travail consiste à développer une climatologie des aérosols atmosphériques dans une région côtière du Sud-Ouest de l'Espagne (Golfe de Cadix- 37.1° N, 6.7° W). Cette aire maritime présente un intérêt spécial de fait de l'influence des aérosols continentaux, des poussières désertiques africaines et de l'environnement industriel local. La station "El Arenosillo" appartient à l'INTA (Instituto Nacional de Técnicas Aeroespaciales) et est référencée avec le n° 213 dans le réseau ozone WMO. Cette climatologie des aérosols est basée sur la mesure d'éclairements directs spectraux sous des conditions de ciel clair. Les mesures sont faites avec un spectroradiomètre commercial Li-Cor 1800, et couvrent la région spectrale 300-1100nm avec une résolution de 6nm. Les mesures ont commencé en août 1996 et se sont terminées en septembre 1999. La série temporelle se poursuit désormais avec un sunphotomètre CIMEL, inclus dans le réseau AERONET depuis février 2000.

Ces mesures permettent la détermination de l'épaisseur optique aérosol (AOD) dans la région spectrale 320-1100nm. Les paramètres de turbidité, coefficients alpha d'Angström sont déterminés dans régions spectrales différentes : LTV (350-400 nm), "IS (400 -670 nm), VIS-NIR and NIR en utilisant des fenêtres spectrales de non-absorption. Les informations spectrales données par l'AOD et le paramètre alpha sont riches et permettent de déterminer les caractéristiques du type d'aérosol mesuré sous différentes conditions atmosphériques. De plus, les corrélations de ces propriétés avec la trajectoire de masses d'air donnent l'information sur l'origine et l'évolution de ces masses d'aérosols.

Dans le cas du photomètre CIMEL, les données sont obtenues via le traitement algorithmique du réseau AERONET. Nous avons analysé l'évolution temporelle de l'AOD ainsi que le comportement du paramètre alpha dérivé à plusieurs longueurs d'onde en suivant la même méthodologie que celle appliquée pour l'analyse des données du spectromètre Li-Cor 1800 afin de caractériser chaque type d'aérosols.

SITUATIONS METEOROLOGIQUES ET POLLUTION ATMOSPHERIQUE A MADRID (ESPAGNE)

Felipe FERNÁNDEZ ⁽¹⁾, Domingo RASILLA ⁽²⁾, Gema PLAZA ⁽¹⁾ et Raquel HORCAS

(1) Dto. de Géographie. Universidad Autónoma de Madrid

(2) Dto. de Géographie. Universidad de Cantabria

E-mail: felipe.fernandez@uam.es

Les premières études qui traitent sur la pollution atmosphérique à Madrid (L.Gomez et Fernández García, 1988 ; Fernández et Galan 1995) font ressortir les points suivants comme les plus importants : les différences spatiales qui existent, entre les zones de haute pollution qui se trouvent dans le centre de la ville et d'autres avec des niveaux de pollution moyens et bas, situées dans la périphérie et près des espaces boisés ; un cycle saisonnier avec des maxima en hiver et des minima en été, et la présence de jours avec des niveaux critiques, spécialement en hiver et associés à des situations de grande stabilité.

Le polluant analysé était le SO₂ et ces conclusions gardaient une claire liaison avec les caractéristiques géographiques les plus remarquables de l'aire d'étude. En effet Madrid est la principale agglomération urbaine de l'Espagne, avec une population proche des 4.000.000 habitants, dont 3000.000 correspondent à la capitale et le reste à une série de noyaux urbains situés dans un rayon non supérieur à 30 km avec des populations qui oscillent entre 70.000 et plus de 150.000 habitants. L'industrie se trouve dans les secteurs périphériques aux alentours de la ville et son poids est relativement peu important face aux autres activités comme le commerce et les services. Les conditions climatiques sont les typiques d'une zone méditerranéenne continentale avec très peu de précipitations, de fortes amplitudes thermiques et la prédominance de situations anticycloniques durant une grande partie de l'année, ce qui rend difficile la dispersion des polluants et détermine des ambiances climatiques très contrastées qui incident négativement sur la qualité de l'air.

Des études plus récentes (Fernández García, F. 1999 ; Fernández García, F. et Rasilla Alvarez, D. 1999) ont démontré les changements qui ont eu lieu avec le remplacement des chaudières de charbon par le pétrole ou le gaz naturel et le rajeunissement du parc automobile. Ces changements ont provoqué une diminution des polluants comme le SO₂, face à un remarquable accroissement des oxydes d'azote et des polluants photochimiques, et un changement dans les patrons de distribution spatiale et temporelle des périodes de pollution critiques.

Dans ce travail nous analysons la relation entre la pollution et les conditions climatiques régionales et locales en utilisant la méthodologie appliquée dans d'autres zones (Comrie, A., Yarnal, B. 1992 ; Davis, R., Kalkstein, L. 1990). Ce travail fait partie d'un projet de recherche plus large dont les objectifs sont l'analyse de la qualité de l'environnement dans plusieurs villes espagnoles et la liaison existante entre cette qualité et la dynamique atmosphérique.

Les données climatiques proviennent de deux observatoires météorologiques de premier ordre, celui du Parc du Retiro qui se trouve à l'intérieur de la ville et celui de l'aéroport de Barajas qui se trouve à 15 km du centre de ville. Les données de pollution proviennent du

réseau de surveillance de la pollution atmosphérique, qui est constitué de 26 stations situées dans la ville, et 10 dans des noyaux périphériques proches de Madrid.

La corrélation entre les données journalières de SO₂ et les maxima horaires de NO₂ et O₃ avec 6 situations synoptiques représentatives du climat de Madrid, nous permettent d'expliquer les traits les plus importants de l'évolution temporelle de ces polluants, et sa distribution spatiale dans l'aire d'étude.

Références :

Comrie, A., Yarnal, B. 1992. Relationship between synoptic-scale atmospheric circulation and ozone concentrations in metropolitan Pittsburgh, Pennsylvania. *Atmospheric Environment*. Vol 26 B, n° 3: 301-312

Davis, R., Kalkstein, L. 1990. Using a spatial synoptic climatological classification to assess changes in atmospheric pollution concentrations. *Physic Geography*, 11: 320-342

Fernández, F., Galán, E. 1995. Clima y contaminación atmosférica en Madrid. *Estudios Geográficos*, 219: 283

Fernández García, F. (1999): La contaminación atmosférica en Madrid y su área metropolitana. *Territorium. Revista de Geografía Física Aplicada no Ordenamento do Território e Gestao de Riscos Naturais*, n.6. Ed. Minerva, Coimbra, pp. 11-17.

Fernández, F., Rasilla, D. 1999. *Concentraciones de ozono y tipos de tiempo en el Área Metropolitana de Madrid*. VIII Coloquio Ibérico de Geografía. Vol. I. Lisboa. Ed. Dpto. de Geografía y Planeamiento Regional. pp. 31-36

López Gómez , A y Fernández García, F. (1981):La contaminación atmosférica: distribución espacial y variaciones estacionales. En Madrid: Estudios de Geografía Urbana. C.S.I.C. Madrid, pp. 71-100.

L'ÉVOLUTION RÉCENTE DU RÉGIME PLUVIOMÉTRIQUE DANS LE SUD-MANCHE (BASSE-NORMANDIE) ET SON IMPACT SUR LA GESTION DE LA RESSOURCE EN EAU.

Patrick LE GOUÉE

GÉOPHEN. UMR-CNRS 6554 « Littoral, Environnement, Télédétection, Géomatique »
Université de Caen, Esplanade de la Paix, 14 032 Caen Cedex, France
Tél : 02.31.56.63.84. E-mail : legouee@geo.unicaen.fr

Depuis près de 50 ans, l'agriculture française a fait de gros efforts pour moderniser et accroître ses rendements afin de satisfaire les besoins nutritionnels de sa population. Pour réaliser cette intensification de la production, les agriculteurs ont dû modifier les structures de leurs exploitations et leurs pratiques. Si cela s'est traduit par un succès en matière de production, il apparaît que ce système agricole s'est rendu responsable de la dégradation de la qualité des ressources environnementales (augmentation croissante des intrants dans les eaux souterraines et superficielles, érosion et pollutions des terres arables).

En France, les régions les plus touchées sont celles qui se sont spécialisées très tôt dans l'agriculture intensive tournée vers le hors-sol ou la céréaliculture. Ainsi, la Bretagne et le Nord-Pas-de-Calais dans le premier cas, la Champagne et le Centre dans le second, témoignent aujourd'hui d'une dégradation physico-chimique de la qualité des eaux souterraines et de surface très préoccupante. La qualité de la ressource en eau de la Basse-Normandie n'est pas non plus épargnée par cette intensification de la production agricole. L'un des secteurs les plus affectés concerne la partie méridionale du département de la Manche. En effet, un bilan qualitatif des eaux de la Sélune effectué récemment par la DRASS (Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales) montre que les concentrations azotées dépassent très régulièrement le seuil de potabilité de l'eau, soit 50 mg l⁻¹. Par ailleurs, cette étude souligne une augmentation sensible de la charge en MES (matière en suspension).

L'altération des eaux de la Sélune s'explique par une modification importante du mode d'occupation depuis 30 ans sur l'ensemble du bassin versant. Au-delà d'un accroissement sensible de la SAU, c'est l'introduction de la culture fourragère (maïs) qui a bouleversé tout un système herbager traditionnel. Représentant près de 30% de la SAU, cette culture est en grande partie responsable des problèmes de dégradation de la qualité de l'eau de la Sélune. Les pouvoirs publics et les milieux professionnels assurent depuis quelques années la mise en place et le suivi des réglementations et procédures en matière de protection et de restauration des eaux de la Sélune. Si les actions locales portent essentiellement sur le développement de pratiques agricoles plus respectueuses de l'environnement, elles nécessitent de prendre en considération les composantes physiques du milieu au premier rang desquelles le climat.

En s'appuyant sur les données pluviométriques journalières de six stations météorologiques du Sud-Manche que sont les stations de Coulouvray-Boisbenâtre, Gers, Mortain, Saint-Hilaire-du-Harcouët et Saint-Ovin, nous avons cherché à caractériser les épisodes pluvieux au cours des mois hydrologiques pendant lesquels les surplus hydrologiques (drainage, ruissellement) contribuent fortement aux transferts des polluants agricoles (intrants, MES) vers les eaux de rivière. La période retenue s'étend d'octobre à mars. L'étude du régime pluviométrique au pas de temps journalier a été menée sur la chronique 1990-2001 et ce, pour

deux raisons. D'une part, avant 1990, le relevé des données pluviométriques d'un grand nombre de postes météorologiques n'était pas assuré de manière pérenne dans le Sud-Manche, ce qui en limite leur exploitation. D'autre part, c'est à partir du début de cette décennie que la qualité de l'eau de la Sélune s'est dégradée substantiellement. L'accent a été mis plus particulièrement sur l'évolution du régime pluviométrique du Sud-Manche lors de ces 11 années dans le cadre d'une démarche comparative entre les stations météorologiques péri-littorales et continentales. Cette approche statistique validée par le test de Man-Kendall a permis dans un second temps de dresser un atlas pluviométrique du bassin versant de la Sélune à partir d'une interpolation par krigeage des données des six postes météorologiques cités précédemment.

Les résultats d'ensemble montrent que les cumuls de précipitations lors des mois hydrologiques n'ont cessé d'augmenter entre 1990 et 2001. Cet accroissement ne s'explique pas par une augmentation des cumuls moyens journaliers. L'hypothèse d'un renforcement de l'intensité des pluies les plus faibles et les plus fortes n'est pas non plus vérifiée. Les facteurs explicatifs tiennent à une répétitivité accrue des événements pluvieux ainsi qu'à un allongement des séquences pluvieuses. Ceux-ci sont d'autant plus marqués que l'on se situe en domaine péri-littoral.

Cela a pour conséquence une diminution des périodes de ressuyage superficiel des sols lors des mois hydrologiques. Cela conduit à une accentuation des situations automnales et hivernales pendant lesquelles le transfert des polluants agricoles vers les eaux de rivière s'opère par le processus de ruissellement. Aussi, l'affirmation dans le temps de telles tendances climatiques doit inciter les organismes publics et professionnels qui ont à charge la gestion de la ressource en eau dans le Sud-Manche à engager des actions ciblées sur l'identification et le suivi des agents et connexions hydrauliques qui facilitent le cheminement des eaux de ruissellement vers le réseau hydrographique de la Sélune.

UTILISATION DES DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES CONVENTIONNELLES ET APPORTS DU MODÈLE NUMÉRIQUE MESO-NH POUR L'ÉTUDE DE LA POLLUTION PAR L'OZONE DANS L'AGGLOMÉRATION LILLOISE

P. LERICHE⁽¹⁾, C. KERGOMARD⁽¹⁾, S. BIGOT⁽¹⁾, A. ALIAS⁽²⁾, A. WROBLEWSKI⁽³⁾

(1) Laboratoire de géographie des milieux anthropisés (CNRS, FRE 2170). Université des sciences et technologies de Lille, UFR de Géographie et Aménagement. Avenue Paul Langevin, 59655 Villeneuve d'Asq Cedex. Tel 33-(0)3 20 33 60 68.
E-mail : pierre.leriche@wanadoo.fr

(2) Météo-France, division Etudes et Développements Direction interrégionale Nord. Rue Elysée Reclus 59655 Villeneuve d'Asq Cedex. Tel 33-(0)3 20 47 20 20

(3)

(4) Ecole des Mines de Douai, Département Chimie et Environnement. 941 Rue Charles Bourseul BP 838 59508 Douai Cedex. Tel 33-(0)3 27 71 22 22

L'apparition de conditions anticycloniques persistantes joue un grand rôle dans le déclenchement d'épisodes de pollution atmosphérique. L'évolution de ces situations météorologiques d'échelle synoptique conditionne le développement et la fin des épisodes de pollution. L'observation conjointe des mesures météorologiques standard, des concentrations de polluants et des sorties de modèles de prévision météorologique est particulièrement utile, car elle permet d'appréhender les caractéristiques de ces situations et de cerner plus précisément les paramètres déterminant les variations des concentrations de polluants dans l'air.

L'analyse complémentaire des bulletins hebdomadaires de renseignements météorologiques et des sorties du modèle numérique opérationnel de Météo-France Arpège qui leurs sont associées permet d'abord d'obtenir une vue d'ensemble, tant au niveau spatial que temporel. Cette démarche met en évidence l'arrivée et la disparition des conditions défavorables à la dispersion horizontale des polluants. Elle permet aussi de fixer les limites temporelles des épisodes de pollution atmosphérique dans l'agglomération lilloise. L'analyse des radiosondages permet quant à elle d'apprécier la structure thermique de l'atmosphère et les conditions de dispersion verticale qui en résultent. L'altitude de l'inversion de température délimite souvent la hauteur de la couche de mélange. De nuit comme de jour, cette hauteur est un paramètre déterminant de l'augmentation des concentrations. Toutefois, l'insuffisance de données au niveau local, concernant notamment la structure verticale de l'atmosphère ou la répartition spatiale des paramètres météorologiques est un handicap non négligeable dans ce type de recherches. Le développement actuel d'outils de modélisation numérique performant à l'échelle de l'agglomération permet d'envisager leur utilisation pour compenser ce manque de données.

Nous présenterons les résultats obtenus en utilisant les données classiques du réseau de mesures météorologiques et les outils de modélisation de Météo-France concernant un épisode estival de pollution par l'ozone. Cette étude a permis de montrer l'importance de l'interaction entre les émissions et les paramètres météorologiques et le rôle fondamental que joue cette conjonction de facteurs dans l'occurrence de fortes immixtions de polluants dans l'air de la métropole lilloise.

DENDROCLIMATOLOGIE ET DEPERISSEMENTS FORESTIERES

J. QUEREDA SALA, J. ESCRIG BARBERA et E. MONTON CHIVA

Escuela de Ingeniería Agrícola. Universidad Jaume I, Castellón (Espagne)
E-mail Quereda@nuvol.uji.es

Le présent article se propose de répondre aux questions que l'on peut se poser à propos de l'application de la dendroclimatologie à la recherche sur les dépérissements forestiers.

Qu'est ce qu'apporte la méthodologie dendroclimatique a la recherche des polluants troposphériques ?

L'idée de base est bien connue : toute section dans le tronc d'un arbre fait apparaître une série d'anneaux concentriques. Chaque anneau représente la croissance annuelle de l'arbre et l'ensemble des anneaux présente une évidente valeur climatologique. Mais si bien la courbe de croissance de l'arbre, correctement interprétée, est révélatrice des fluctuations météorologiques, n'est pas moins certain qu'elle révèle aussi tous les enjeux pour l'environnement.

La prise en compte des effets phytotoxiques des polluants est relativement récente. En Europe, les premières observations de dégâts ont été effectuées en Allemagne au début des années 70. A cet égard, l'apparition de graves dépérissements dans les forêts de la Méditerranée espagnole, Maestrazgo, dès le début des années 80, nous a permis d'appliquer la méthode et la technique dendroclimatologiques a l'interprétation des courbes de croissance. En pays semi-aride où le déficit des précipitations est chronique alors que la chaleur ne fait guère défaut à l'arbre, la série d'anneaux traduit les conditions d'humidité.

Mais une question surgit, si la tendance générale répond aux précipitations, on serait tenté de dire que les écarts à la tendance générale sont d'excellents indicateurs des avatars non climatiques ou d'âge. En fait, comme montre travail effectué sur les suites dendrochronologiques du Maestrazgo, la croissance des arbres est gouvernée non seulement par une variable (la pluie), mais par deux séries de variables : la précipitation et la pollution troposphérique.

La technique dendroclimatologique employée.

La croissance annuelle de l'arbre et l'ensemble des anneaux sont obtenus lors de l'application d'une analyse d'images avec la méthode du Laboratoire de Dendrocronologie de l'Université de Québec, A Chicoutimi (R GUAY, R. GAGNON y H. MORIN, 1990).

LES FACTEURS CLIMATIQUES ET L'EXPOSITION DES CITADINS A LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE : L'EXEMPLE DU CO DANS L'AGGLOMERATION LILLOISE

Isabelle ROUSSEL ⁽¹⁾, Damien CUNY ⁽²⁾

(1) Professeur émérite, Université de Lille 1. Laboratoire de géographie des milieux anthropisés 59655 Villeneuve d'Ascq cedex. Tel: 03 20 31 71 57 ; Fax: 03 20 33 60 65

(2) Laboratoire de toxicologie, Université de Lille 2.

Les études épidémiologiques récentes ont permis de mieux évaluer le risque lié à la pollution atmosphérique. Toutefois, l'évaluation de l'exposition réelle des individus est le maillon faible de ces études puisqu'on assimile l'exposition d'une population à la pollution atmosphérique aux niveaux de pollution de fond enregistrés par les analyseurs installés dans l'environnement extérieur. Or, en réalité, l'exposition d'un individu à un polluant se définit comme un contact entre ce polluant et un revêtement de l'organisme du sujet tel que la peau, les tissus de l'appareil respiratoire, l'œil ou le tube digestif. Le degré d'exposition d'un individu à un polluant s'exprime ainsi par le produit de la concentration C en polluant auquel l'individu a été exposé par le temps pendant lequel il a été exposé. Il faut intégrer également l'activité de l'individu. En marchant ou en pratiquant un sport, le volume d'air inhalé augmente beaucoup donc la dose reçue, au cours de la même unité de temps augmente également. Seuls les dosages de bio marqueurs permettent de connaître la dose interne de polluant effectivement reçue par un individu.

L'exposition personnelle globale, au cours d'une journée, intègre la concentration de différents polluants rencontrée dans différents environnements en fonction du temps passé dans ces différents milieux y compris à l'intérieur des locaux. Seuls des capteurs portables portés en continu par des individus peuvent donner une idée des doses reçues réellement. Devant les difficultés techniques que représentent de telles mesures et surtout devant leur faible représentativité par rapport à une population urbaine de plusieurs centaines de milliers d'habitants, d'autres méthodes sont utilisées pour approcher au mieux l'évaluation de l'exposition personnelle.

Dans une agglomération, les déplacements représentent un moment d'exposition à une pollution forte. Pour essayer d'évaluer la pollution inhalée au lors de déplacements en ville, des mesures ont été effectuées au cours de deux hivers consécutifs (1998-1999 et 1999-2000), sur différents trajets standards réalisés le matin, avant la levée du jour dans l'agglomération lilloise. Ces mesures ont été effectuées sur les mêmes trajets, aux mêmes heures et le même jour de la semaine pendant six semaines hivernales. Le polluant choisi est le CO qui est un bon traceur de la pollution automobile mais qui présente également l'avantage de se trouver dans l'atmosphère à des concentrations telles qu'elles puissent être mesurées de manière instantanée. Depuis l'obligation du pot catalytique (janvier 1993), les concentrations de CO ont diminué dans l'atmosphère mais les valeurs mesurées restent encore significatives. Elles présentent un danger pour la santé humaine puisque le CO est appelé par les toxicologues un «tueur» dont on connaît les conséquences dramatiques lorsque ce polluant se trouve concentré à l'intérieur des locaux. La région Nord-Pas de Calais compte encore près de 400 victimes par an lors d'intoxication au monoxyde de carbone. Dans la rue, les concentrations

atteintes ne sont pas mortelles mais, comme pour les autres polluants, l'impact des faibles doses est mal connu. Les concentrations en CO mesurées varient fortement dans l'espace au fil de la circulation automobile et des caractéristiques de l'urbanisme mais elles évoluent également dans le temps, comme le montrent les valeurs enregistrées d'une semaine à l'autre sur les mêmes trajets. Ces variations temporelles sont représentatives des conditions météorologiques qui, au fil des jours, sont plus ou moins favorables à la dispersion des polluants.

L'objectif de l'étude présentée consiste à mieux définir, au sein de l'exposition mesurée, le poids des conditions météorologiques qui dépassent les possibilités de gestion humaine et le poids des émissions dépendant des conditions de trafic et des caractéristiques des véhicules sur lesquels il est possible d'agir.

1.3. Erosion, désertification et incendies de forêt

**RELATION ENTRE L'INSOLATION ET LA REGENERATION DE LA
VEGETATION APRES-INCENDIE (HOYO DE DON PEDRO, LOS BARRIOS,
CADIZ, 1997-2000).**

Rosalía BEJARANO PALMA et Francisco PÉREZ FERNÁNDEZ

Departamento de Geografía Física y A.G.R. Universidad de Sevilla.

L'objectif de notre travail est l'étude de la relation existante entre l'insolation/orientation et la régénération de la végétation après-incendie, dans une masse de *Quercus suber* située à Los Barrios (Cádiz) et, plus concrètement, au site nommé Hoyo de Don Pedro, qui subit un grand incendie pendant l'été 1997.

La sélection des parcelles qui fait l'objet de l'étude a été effectuée à partir de la superposition des cartes digitalisées relatives à la végétation existante avant l'incendie, les pentes, le niveau d'affectation par l'incendie et l'orientation¹. Pour sa part, l'information climatique et météorologique a été fournie par deux stations d'observation proches du lieu d'étude, avec des caractères physiographiques très similaires, et avec de longues séries d'observation, ce qui permettait de connaître leur comportement climatique habituel ainsi que celui enregistré après le déclenchement de l'incendie. En plus, une campagne de mesures sur place a permis de bien établir les conditions microclimatiques locales, lesquelles sont dans une grande mesure déterminées par la position topographique du site.

L'hypothèse centrale de notre travail peut donc s'exprimer comme suit : "L'insolation reçue à chaque site - par son influence sur la température et, indirectement, sur l'évapotranspiration - devient un facteur de premier ordre dans la dynamique suivie par la végétation après les incendies." Par ailleurs, étant donné que dans les milieux méditerranéens le principal facteur limitant pour la physiologie des plantes est le *stress* hydrique, l'identification des sites à plus haute évapotranspiration fournira des critères valables pour la détection des aires où les processus biogéographiques seront soumis à un plus fort ralentissement. Ce type de connaissance pourrait être très utile pour la planification des travaux orientés à la régénération du couvert végétal.

Les résultats mettent donc en évidence l'incidence des variables microclimatiques sur la régénération de la végétation après les incendies ainsi que sur la tendance et la vitesse des processus liés à la dynamique de la végétation.

¹ Nous remercions Arturo Fernández Palacios, directeur du Service de Télédétection de la Direction Générale de Planification (Département de l'Environnement du Gouvernement andalou) de nous avoir fourni les données nécessaires à la réalisation du travail et de ses suggestions.

CLIMAT, VRAI ET PSEUDO-FOEHN ET INCENDIES DE FORET

Pierre CARREGA

Equipe GVE. UMR «Espace»
Université de Nice-Sophia Antipolis, France.

Les incendies de forêt constituent toujours un risque sous contrôle climatique dans le bassin méditerranéen : de 1989 à 1993 près de 3 millions d'hectares ont ainsi été détruits par le feu dans les 5 pays méditerranéens de la Communauté Européenne (Portugal, Espagne, France, Italie et Grèce).

En France, une étude réalisée par notre Equipe sur une longue série de feux de forêt >1ha dans les Alpes-Maritimes entre 1973 et 1993, à partir du fichier «Prométhée», a montré un certain nombre de caractères importants, généralement retrouvés dans les autres régions comparables :

- le nombre de feux de forêts et les superficies brûlées sont indépendants,
- les surfaces brûlées varient fortement d'une année à l'autre : à elle seule, l'année 1986 voit ainsi brûler près de 25 % du total des surfaces en 21 ans,
- il existe deux saisons d'incendies liées à une déshydratation des plantes : l'hiver (pic secondaire de mars en terme de surfaces, mais principal en terme de nombre de feux), et surtout l'été (pics inverses), saison sèche principale.
- les feux les plus nombreux sont ceux qui affectent les plus petites surfaces (1 à 5 ha), mais moins de 5% du nombre de feux ont ravagé les deux tiers des surfaces,
- cette disproportion est encore plus poussée pour les feux d'été que pour les feux d'hiver : à eux seuls, deux jours de feux en juillet et août 1986 ont brûlé près de 50% du total des superficies brûlées au cours de ces mêmes mois en 20 ans.

Cette forte variabilité s'explique par le rôle des «feux-catastrophes», ceux qui sont davantage éteints par le manque de «fuel» que par les efforts et les moyens pourtant importants des combattants du feu.

D'un point de vue météorologique, ces grands feux capables de ravager plusieurs centaines ou milliers d'hectares en quelques heures sont le plus souvent très nettement associés à un régime bien spécifique : température élevée, faible humidité relative (parfois <10% dans les Alpes-Maritimes), vent d'W à NW fort, ciel clair. Ces caractéristiques s'expliquent traditionnellement par le mécanisme du Föhn : la subsidence du flux «sous le vent» des Alpes et Préalpes entraîne un réchauffement supérieur à ce qu'a été le refroidissement lors de l'ascendance «au vent» du massif. La perte d'eau par précipitation «au vent» a pour effet que sur une même tranche d'altitude (entre 1000 et 3000m environ) le flux se refroidit beaucoup moins à la montée (selon l'adiabatique «saturée») qu'il ne se réchauffe à la descente, de l'autre côté du massif (selon l'adiabatique non saturée).

Une étude systématique sur une vingtaine d'années ainsi que l'examen de cas particuliers ont montré que le mécanisme «traditionnel» du Föhn n'est pas toujours responsable de ce vent chaud et sec, vecteur de graves incendies. En effet, il arrive fréquemment que l'on ne

retrouve aucune trace de précipitations au vent du relief dans ces situations, définies à Nice par un vent moyen entre SSW et NNW $>5\text{m/s}$ et une hygrométrie $<35\%$ s'établissant en moyenne pendant 120 heures par an, avec un flux d'altitude (500hPa) établi d'W à NW et assez rapide.

C'est donc un «pseudo-Foehn» qui s'établit parfois, et dont les caractéristiques ne sont donc pas dues à un assèchement de la masse d'air. Il s'agit d'une subsidence forcée, parfois jusqu'au niveau de la mer, du flux d'altitude constaté vers 700 hPa (soit environ 3000m), altitude à partir de laquelle le réchauffement adiabatique calculé, issu de cette subsidence, correspond bien aux températures mesurées au niveau de la mer. Les progrès de la modélisation physique et numérique ont montré que cette circulation en ondes déferlantes plaquant au sol l'air supérieur est un phénomène relativement fréquent sous le vent de montagnes importantes, et dont la prévision est capitale pour la prévision du risque d'éclosion et de propagation des feux de forêt. Ceci est d'autant plus vrai dans les régions méditerranéennes qui pour la plupart sont effectivement coincées entre mer et montagnes.

**LE CLIMAT ET LES INCENDIES À CANTABRIA (ESPAGNE) :
LE FEU, UN OUTIL INTÉGRÉ DU SYSTÈME D'EXPLOITATION AGRAIRE**

**C. DIEGO LIAÑO, J.C. GARCIA CODRON, S. PACHECO IBARS et D. RASILLA
ALVAREZ**

Dpto. de Geografía, Urbanismo y Ordenación del Territorio.
Universidad de Cantabria, 39005 Santander, Espagne
garciaj@unican.es / ucsusana@mundivia.es

Dans les régions méditerranéennes les feux de forêt se concentrent pendant la saison estivale car, à ce moment, les hautes températures et un fort déficit hydrique jouent en faveur de la propagation des incendies au sein d'une végétation xérophile et très pyrophyte. Cependant, dans la façade cantabrique de la Péninsule Ibérique, une plus grande régularité des précipitations et une amplitude thermique modérée ont permis l'extension d'une couverture végétale caducifoliée, moins exposée en principe à ce genre de risque.

Pourtant, les feux de forêt sont ici très fréquents et présentent une distribution saisonnière originale, avec des pointes printanières et automnales, ce qui oblige à chercher des explications différentes aux simples raisons climatiques "classiques".

De nombreuses études démontrent que, d'habitude, l'extension des feux est favorisée par les vents *Föhn* dans toutes les régions de montagne du fait des hautes températures, de la diminution de l'humidité relative et des fortes rafales qui caractérisent ces vents.

Cantabria est exposée à un type de *Föhn*, connu populairement comme "vent sud", spécialement fréquent à la fin de l'automne et pendant l'hiver. Le vent sud présente plusieurs particularités en rapport avec le climat océanique de la région, une dynamique atmosphérique spécifique et la configuration orographique de la Cordillère Cantabrique. Sa réputation de vent dangereux parmi les habitants est parfaitement justifiée car il a été responsable d'événements aussi graves que l'incendie qui ravagea tout le centre ville de Santander la nuit du 14 au 15 février 1941. Cependant, la coïncidence entre les feux et l'apparition du vent sud est loin d'être parfaite ce qui oblige à chercher d'autres explications climatiques mais, aussi, culturelles (étant donné que, dans une très grande proportion, ces feux sont provoqués).

L'établissement du rapport existant entre les situations météorologiques, les incendies et les pratiques culturelles qui ont recours au feu est un objectif nécessaire pour envisager la gestion des feux de forêt et essayer de minimiser leurs effets négatifs. Dans ce travail, et poursuivant ces objectifs,

- D'une part, nous avons classé les types de temps de Cantabria et nous les avons mis en rapport avec la fréquence, l'extension, le type de végétation touchée, l'heure du commencement et autres caractéristiques des incendies.
- D'autre part, nous différencions le rôle des facteurs météorologiques et culturels dans la genèse et propagation des feux dans la région.

Les types de temps les plus significatifs du littoral cantabrique peuvent se synthétiser en quatre groupes de situations. Dans cette étude nous démontrons que la plupart des incendies ne se produisent que sous deux de ces situations : la première est caractérisée par des journées anticycloniques, tièdes et sèches, accompagnées de vents légers de direction variable. La

deuxième est associée aux journées où le vent sud est le phénomène atmosphérique le plus remarquable, avec une humidité relative très basse et de hautes températures. La typologie de situations atmosphériques a été obtenue moyennant l'application de techniques multivariées de réduction de l'information et de classification (Analyse en Composantes Principales, Analyse Cluster) aux données météorologiques journalières de l'aéroport de Parayas (Santander).

L'analyse fait ressortir que, traditionnellement, les incendies ont été utilisés dans les systèmes agraires comme un outil pour la création et le maintien des surfaces productives, surtout dans le cas des prés et des pâturages. La concentration actuelle des feux pendant certaines périodes de l'année est la conséquence de pratiques agraires qui tirent profit des conditions atmosphériques les plus favorables pour leur exécution, conditions qui ne sont nécessairement pas liées au vent sud.

**VERS LA DEGRADATION DES SOLS... L'IMPACT DES PRECIPITATIONS ET
DES INCENDIES FORESTIERS A MACIEIRA DE ALCOBA, AGUEDA,
PORTUGAL.**

Carmen GONÇALVES FERREIRA

Departamento de Geografia - Faculdade de Letras da Universidade do Porto
Via Panorâmica s/n 4150-564 Porto Portugal
Tel: +351 22 607 71 00 ; Fax: +351 22 609 16 10 ; Email: carmenf@letras.up.pt

Au Portugal et plus concrètement à Macieira de Alcôba -petit village à l'intérieur de la région de Águeda situé sur le flanc occidental de la montagne du Caramulo-, les nouveaux modèles d'occupation du sol forestier ne présentent plus aujourd'hui l'image de la forêt traditionnelle mais sont le résultat d'une série de décisions prises à la suite d'incendies forestiers. En conséquence, il existe une tendance croissante au remplacement des espèces de résineux - *Pinus pinaster*- par celles de croissance plus rapide -*Eucalyptus globulus*-.

Vu l'attrait que l'eucalyptus représente pour les sylviculteurs portugais, nous nous proposons d'estimer l'impact que cette espèce forestière exerce sur le sol, en termes d'érosion hydrique, en analysant les effets pendant les différentes étapes de croissance et en les comparant avec ceux du pin.

Avec le dessin expérimental et les méthodologies utilisés dans cette étude, nous prétendons non seulement diagnostiquer les principaux facteurs intervenant dans le processus de l'érosion hydrique du sol, mais aussi, essayer de comprendre ce processus, qui est considéré comme un des plus importants facteurs dans l'évolution des versants.

Nous faisons la présentation et l'interprétation des résultats de la production du ruissellement superficiel et des pertes du sol. Les valeurs d'écoulement superficiel sont analysées en fonction de la quantité de précipitation reçue dans la période de collecte de l'information, et de la capacité moyenne d'infiltration du sol sur chaque versant où les parcelles d'érosion sont installées. Les pertes du sol pour chacune des espèces forestières sont présentées en fonction des différentes méthodologies utilisées pour leur quantification, c'est-à-dire, à travers les résultats obtenus dans les pilotes d'érosion, les collecteurs de sédiments et les parcelles expérimentales d'érosion. Finalement, on propose quelques mesures à adopter dans une politique d'aménagement soutenable de la forêt.

RECHERCHE D'UN PARAMETRE REPRESENTATIF DU POTENTIEL EROSIF DES PLUIES : APPLICATION A DIX BASSINS VERSANTS DE L'OUEST DE L'ALGERIE

Mohamed MEDDI

Institut d'Hydraulique – Centre Universitaire de Mascara - 29000 Mascara- Algérie

Tél et Fax : 213 45 80 41 62 E-mail : MMEDDI@yahoo.fr

La relation entre les changements climatiques et l'érosion des sols constitue un problème majeur au niveau mondial en général. Les facteurs climatiques tels que la pluviométrie, la température et le vent ont une relation directe avec ce phénomène. Il s'agit là aussi de processus qui vont être en relation directe avec ces facteurs climatiques et en particulier la pluviométrie. L'érosivité de la pluie est définie comme le potentiel d'éroder un sol (Vianni, 1986). Cette érosivité est influencée par l'énergie cinétique et par l'intensité maximale. Cette énergie cinétique peut être influencée par le vent qui influence la vitesse de chute, les dimensions des gouttes et l'angle d'impact (Portner, 1998). La pluie peut être considérée donc comme indicateur climatique dans la gestion du phénomène érosion et transport solide. Dans ce cas, la gestion est représentée par la protection du sol contre l'effet négatif de la pluie sur le sol.

Toutes les formules proposées par les chercheurs permettant l'estimation de l'érosion et du transport solide comportent un facteur climatique essentiel à savoir la pluie. Chacun de ces chercheurs a proposé un facteur climatique relatif au climat de son pays ou de sa région. En Algérie du Nord (Nord-Ouest), nous avons trouvé que la pluie dépassant un certain seuil (30 mm) explique, en association avec la température de l'eau, une bonne partie de la variance de la concentration en sédiments. Cela montre l'importance des facteurs climatiques dans ce phénomène. Ces facteurs interviennent également par leur variabilité dans le temps (variabilité saisonnière). En automne, par exemple, les pluies intenses ramenées par les vents de direction nord-ouest provoquent le détachement de bonne partie des terres qui seront transporté vers les barrages (problème d'envasement) et la dénudation des sols de leurs couches arables.

En Algérie, par manque de données mesurées au réseau, les formules empiriques sont largement utilisées par les aménagistes et les ingénieurs. Dans ces expressions, il existe toujours des facteurs climatiques explicatifs du phénomène «érosion». Par ce travail, nous avons essayé différents paramètres climatiques pour expliquer la variance de la dégradation spécifique dans dix bassins versants de l'Ouest algérien. La hauteur de pluie annuelle, à elle seule, ne suffit pas à expliquer le phénomène de l'érosion du fait de l'ampleur de l'irrégularité de la pluie dans l'année et de sa forte variabilité dans l'espace. Il faut donc considérer les variations saisonnières de la pluviométrie, en faisant intervenir un indice, qui tient compte de la concentration des pluies mensuelles, ainsi que les fréquences des précipitations journalières à un seuil donné. L'objectif de ce travail est de contribuer à montrer l'influence de la pluie sur la variabilité de la concentration temporelle (pour chaque bassin) et spatiale (sur l'ensemble des bassins étudiés). Nous avons pris comme variable expliquée la dégradation spécifique et la pluie et des indices climatiques comme variables explicatives. Les facteurs explicatifs sont : la pluie annuelle, la pluie du mois le plus pluvieux de l'année, la pluie maximale mensuelle de la saison froide, la pluie maximale mensuelle de la saison chaude, la somme des pluies

mensuelles de la saison froide, la somme des pluies mensuelles de la saison chaude, la pluie journalière maximale enregistrée durant l'année et la somme des pluies journalières maximales de chaque mois enregistrées durant l'année.

Après plusieurs essais de corrélation, nous avons trouvé qu'au niveau des bassins de l'extrême Ouest, la pluie du mois le plus pluvieux explique une bonne partie de la variabilité de la dégradation spécifique. Alors qu'au niveau des bassins du centre-ouest, la pluie moyenne annuelle explique mieux la variance de la dégradation spécifique. A l'échelle saisonnière, l'étude a montré qu'en automne et en été, la pluie totale saisonnière explique le phénomène du transport solide. En hiver et au printemps, la pluie du mois le plus pluvieux explique mieux la concentration en sédiments.

A l'échelle spatiale, nous avons pris les valeurs moyennes des différents facteurs définis précédemment comme des facteurs explicatifs de la concentration en sédiments moyenne annuelle. A l'Ouest de l'Algérie, les pluies d'automne de direction nord et nord-ouest sont responsables d'une grande partie du transport solide (Meddi M. 1992).

Les résultats trouvés à l'échelle spatiale nous ont fait remarquer que la pluie annuelle et la pluie du mois le plus pluvieux de la saison froide explique 12% ($R =$ coefficient de corrélation $= 0.35$) et 11% ($R =$ coefficient de corrélation $= 0.33$) de la variance de la concentration en sédiments. Ce résultat confirme ceux trouvés à l'échelle temporelle (au niveau de chaque bassin). Par contre l'indice de Fournier, adapté (par nous) de l'échelle annuelle à l'échelle saisonnière, des saisons chaude et froide donne des résultats très encourageants. Ils expliquent respectivement 92% et 85% de la variance de la dégradation spécifique moyenne annuelle. Ces valeurs montrent que dans la région d'étude, la pluie est généralement concentrée en quelques mois de l'année.

Ces résultats montrent l'importance de la pluviométrie dans le déroulement du phénomène érosion – transport solide. Egalement, l'influence climatique saisonnière (pluie saisonnière) sur ce phénomène.

Ces résultats nous ont montré l'impact négatif de la pluie, de certains mois, sur le sol et ces effets dévastateurs sur l'environnement. Cela nous conduit à protéger le sol contre cet impact durant ces mois pour sauvegarder la richesse naturelle.

Ce travail doit être complété par une étude à une échelle plus fine (journalière ou de l'averse) pour mieux cerner l'influence de l'agressivité climatique sur l'érosion et le transport solide dans l'Ouest de l'Algérie.

Bibliographie

MEDDI M. 1992. Hydro-pluviométrie et transport solide dans le bassin versant de l'Oued Mina (Algérie). Doct. Thèse. Uniq., Université Louis Pasteur -Strasbourg, 285 p.

PORTNER N.B., 1998. Erosion des bassins versants alpins par ruissellement de surface. Communication 6, Editeur Prof. Dr A. Schleiss. L.C.H., EPFL, 1998241 p.

VIANNI J., 1986. Contribution à l'étude expérimentale de l'érosion hydrique. Thèse EPFL, N° 641, 239 p.