



HAL
open science

Impact anthropique et changements climatiques abrupts

R. Bonnefille, F. Gasse, M. Ennabli, K. Zouari

► **To cite this version:**

R. Bonnefille, F. Gasse, M. Ennabli, K. Zouari. Impact anthropique et changements climatiques abrupts. 1990, pp.56. <hal-04141681>

HAL Id: hal-04141681

<https://hal.science/hal-04141681v1>

Submitted on 26 Jun 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons CC BY-NC-SA 4.0 - Attribution - Non-commercial use - ShareAlike - International License

COMMISSION FOR THE STUDY OF THE HOLOCENE, AFRICAN SUB-COMMISSION
INTERNATIONAL UNION FOR QUATERNARY RESEARCH

SYMPOSIUM

IMPACT ANTHROPIQUE ET CHANGEMENTS
CLIMATIQUES ABRUPTS
HUMAN IMPACT AND ABRUPT CLIMATIC
CHANGES

SFAX (Tunisie) - 20 - 25 Mars 1990

Abstracts

Édités Par :

R. BONNEFILE

F. GASSE

M. ENNABLI

K. ZOUARI

Avec le support de l'A.T.G.A., l'E.N.I.S., l'Université de Sfax et le Ministère de l'Enseignement supérieur de Tunis du Centre National de la Recherche Scientifique (I.N.S.U., Paris, L.G.Q., Marseille) et du Ministère des Affaires Étrangères (Paris) et de L'UNESCO

avec la collaboration de N. Page C. Vanbesien

COMMISSION FOR THE STUDY OF THE HOLOCENE, AFRICAN SUB-COMMISSION
INTERNATIONAL UNION FOR QUATERNARY RESEARCH

SYMPOSIUM

IMPACT ANTHROPIQUE ET CHANGEMENTS
CLIMATIQUES ABRUPTS
HUMAN IMPACT AND ABRUPT CLIMATIC
CHANGES

SFAX (Tunisie) - 20 - 25 Mars 1990

Abstracts

Edités Par :

R. BONNEFILE

F. GASSE

M. ENNABLI

K. ZOUARI

Avec le support de l'A.T.G.A., l'E.N.I.S., l'Université de Sfax et le Ministère de l'Enseignement supérieur de Tunis du Centre National de la Recherche Scientifique (I.N.S.U., Paris, L.G.Q., Marseille) et du Ministère des Affaires Etrangères (Paris) et de L'UNESCO

avec la collaboration de N. Page C. Vanbesien

COMMISSION FOR THE STUDY OF THE HOLOCENE, AFRICAN SUB-COMMISSION

INTERNATIONAL UNION FOR QUATERNARY RESEARCH

SYMPOSIUM

IMPACT ANTHROPIQUE ET CHANGEMENTS

CLIMATIQUES ABRUPTS

HUMAN IMPACT AND ABRUPT CLIMATIC

CHANGES

SFAX (Tunisie) - 20 - 25 Mars 1990

27 6
M 28027

INSTITUT
DE
PALEONTOLOGIE
HUMAINE
PARIS

Edités Par :

R. BONNEFILE

F. GASSE

M. ENNABLI

K. ZOUARI

Avec le support de l'A.T.G.A., l'E.N.I.S., l'Université de Sfax et le Ministère de l'Enseignement supérieur de Tunis du Centre National de al Recherche Scientifique (I.N.S.U., Paris, L.G.Q., Marseille) et du Ministère des Affaires Etrangères (Paris) et de L'UNESCO

avec la collaboration de N. Page C. Vanbesien

IMPACT DES INDUSTRIES METALLURGIQUES SUR L'ENVIRONNEMENT DE L'HOMME EN AFRIQUE

J. DEVISSE

Centre Historique et Juridique - Université Paris I -
9, rue Malher - 75004 Paris - FRANCE -

On peut déceler en Afrique un nombre assez grand de causes de **surconsommation de bois**, donc d'atteinte plus ou moins grave à l'environnement arboré:

- la cuisson d'as aliments, des bières et des sels.
- la construction des poteries.
- le surpaturage des bovins et des ovicapridés.
- la métallurgie, en particulier celle du fer, a ses niveaux primaire et secondaire.

Chacun de ces postes de consommation donne lieu à des discussion assez académiques, beaucoup plus rarement à des estimations quantitatives sérieuses. On voudrait ici tenter d'établir une problématique pour ce qui concerne les métallurgies en Afrique.

Les enquêtes déjà réalisées permettent d'apporter des dossiers estimatifs sérieux, même si leur interprétation demeure difficile, pour quelques zones du continent fortes productrices de métal.

- a) Vallée du Sénégal (IV - XVème S.)
- b) Togo-Bénin (XIV-XVIème S.)
- c) Cameroun (datation difficile)
- d) Madagascar ? Maurice (X - XVIIème S.).

D'autres régions productrices demandent aussi une estimation quantitative, à vrai dire fort difficile à établir

- Rwanda - Burundi - Tanzanie (VIIème S. av. J.C. - XVème S. ap. J.C.)
- Mali - Guinée (IIème S. av. J.C. - XVème S. ap. J.C.)
- Nubie (Vème S. av. J.C. - Vème S. ap. J.C.)
- Air et plateau de Termit (1er millenaire av. J.C.)
- Cameroun - Gabon - Zaïre oriental.

Il reste beaucoup à faire pour établir quelques normes claires sur les points suivants:

- 1°) poids du charbon de bois / poids de minerai,
- 2°) types de bois utilisés et déforestation sélective ou pas.
- 3°) consommation de bois pour la forge et la production d'outils.

On réfléchira, parallèlement, à ce qui s'est passé en Europe du XIVème au XVIIIème siècle, lors du passage progressif du procédé direct au procédé indirect de sidérurgie.

2

CHANGEMENTS CLIMATIQUES ABRUPTS ET ACTION DE L'HOMME EN AFRIQUE INTERTROPICALE

R. BONNEFILLE

*Laboratoire de Géologie du Quaternaire - CNRS -
Case 907 - Luminy - 13288 Marseille Cedex 9 - FRANCE -*

L'histoire des civilisations actuelles et passées est riche en exemples illustrant les conséquences importantes des changements climatiques brusques.

En Afrique, les recherches sur les causes des sécheresses récentes du Sahel ont aussi montré que les mécanismes qui les déterminent sont globaux et à rechercher loin de leurs manifestations sur le continent, voir dans les circulations océaniques.

Les enregistrements géologiques continentaux contiennent des archives qui documentent l'existence des changements climatiques importants de courte durée, qui s'inscrivent à l'intérieur de grands cycles dits "Glaciaire/Interglaciaire". L'exposé présenté fait état des enregistrements mis en évidence par les pollens dans des tourbières d'Afrique Centrale et Orientale. Les amplitudes des changements climatiques ont été évaluées en terme de température et de pluviosité par la méthode de quantification statistique. Plusieurs exemples illustrent:

- 1° L'augmentation brutale de la pluviosité à la transition Période Glaciaire/Holocène.
- 2° Les épisodes arides durant l'Holocène.
- 3° La distinction entre épisode aride et déforestation par l'Homme.

Les problèmes de synchronisme et de durée des phénomènes en liaison avec les datations seront soulignés.

3

POLLEN EVIDENCE FOR DEGLACIATION ON Mt BALE (ETHIOPIA)

U. M. MOHAMMED, R. BONNEFILLE

*Laboratoire de Géologie du Quaternaire - CNRS -
Case 907 - Luminy - 13288 Marseille Cedex 9 - FRANCE -*

Geological evidence has shown that the East African mountains were glaciated during the Quaternary. Minimum dates of Deglaciation have been suggested, shortly before 11,000 B.P. for Mt Elgon (Kenya) and Mt Badda (Ethiopia). The earliest date of $14,700 \pm 290$ comes from the Ruwenzori range (Uganda). Here we report the results of a peaty deposits at Tamsaa on the North side of the Bale Mountains that provided a ^{14}C date of $13\,180 \pm 250$ B.P. The altitude of the site is ~ 3000 m. The pollen diagram shows progressive changes between herbaceous taxa dominated by Umbelliferae, Chenopodiaceae/Amaranthaceae at the bottom followed by increase of *Alchemilla* and Cyperaceae (sedges) on the top. The tree pollen increase from the base to the upper part indicating the establishment of the montane Conifer forest.

4

**LA DERNIERE PERIODE GLACIAIRE ET SON IMPACT SUR LES
VEGETATIONS D'AFRIQUE SUD-CENTRALE.
EXEMPLE DU BASSIN DE TANGANYIKA**

A. VINCENS

*Laboratoire de Géologie du Quaternaire - CNRS -
Case 907 - Luminy - 13288 Marseille Cedex 9 - FRANCE -*

Pour la première fois en Afrique Sud-Centrale, l'analyse palynologique de 4 carottes lacustres, recouvrant en continu au moins les derniers 25 000 ans, a permis de caractériser la période du dernier glaciaire et son impact sur les végétations de moyenne altitude de type forêts claires zambéziennes.

Les 4 carottes ont été prélevées dans les bassins Nord et Sud du lac Tanganyika (3°23'-8°50'S, 29°31'10'E, 780 m), branche occidentale du Rift Est-Africain, dans le cadre du projet GEORIFT de la Société ELF-Aquitaine. Grâce aux nombreuses datations ¹⁴C effectuées, les dépôts analysés sont parfaitement localisés dans le temps.

Les séquences palynologiques obtenues montrent que, sur l'ensemble du bassin, les végétations zambéziennes ont été profondément affectées par les changements climatiques qui sont intervenues en Afrique au cours du Quaternaire récent, en particulier au cours du dernier épisode glaciaire.

Cet épisode - 25 000 - 15 000 B.P. - se caractérise, en bordure du lac, par la présence de forêts claires très clairsemées et appauvries au sein desquelles se sont développés localement, à la faveur de conditions édaphiques particulières, certains éléments afromontagnards d'altitude, tels que *Podocarpus* et *Ericaceae*. L'installation d'une telle végétation en mosaïque, contemporaine d'une extension importante de groupements marécageux, est à mettre en relation avec une baisse notable de la température (en particulier des températures minimales nocturnes) et de la pluviosité au cours de cette période.

Dans le bassin Sud, le maximum d'extension des *Ericaceae* entre 21 000 et 15 000 B.P. pourrait caractériser l'épisode le plus froid enregistré dans le bassin de Tanganyika au cours des derniers 25 000 ans. Cet épisode serait contemporain du dernier maximum glaciaire en Europe centré autour de 18 000 B.P.

5

**RECONSTITUTION DE L'ENVIRONNEMENT BOTANIQUE DU
LITTORAL CONGOLAIS AU COURS DES TROIS DERNIERS
MILLENAIRES. PREMIERES DONNEES PALYNOLOGIQUES.**

H. ELENGA¹ , D. SCHWARTZ²

¹ Laboratoire de Géologie du Quaternaire - CNRS -
Case 907 - Luminy - 13288 Marseille Cedex 9 - FRANCE -
² ORSTOM - B.P. 1286 - Pointe-Noire - CONGO -

L'analyse pollinique d'une carotte (Coraf - t , l. 4° 42'S , L . 12°E) prélevée dans un niveau tourbeux enfoui sous le sable de plage à Pointe-Noire (Congo) a permis de réaliser une analyse paléoécologique fine des trois derniers millénaires sur le littoral congolais, en relation avec les changements climatiques et l'action anthropique.

La séquence pollinique obtenue met en évidence vers 3060 ± 170 B.P. le passage brutal d'un milieu forestier de type forêt marécageuse à *Syzygium* à un milieu savanicole à Gramineae. Cet épisode est à rapporter dans la stratigraphie du Quaternaire du Congo à la fin de la phase humide Holocène appelée Kibangien A (12 000 - 3000 B.P.) et au début du Kibangien B (3000 - Actuel), phase à tendance globalement sèche dans le sud du pays. Au cours de cette dernière période, une oscillation humide est mise en évidence, vraisemblablement vers 1500 B.P. (datation en cours), mais caractérisée par un cortège microfloristique différent de celui rencontré antérieurement à 3000 B.P. Cet épisode coïncide avec l'apparition des pollens d'*Elaeis guineensis* (Palmier à huile), témoins probables du début d'une activité anthropique dans la région.

6

**ENVIRONMENTAL CHANGE IN SOUTH-WEST UGANDA DURING
THE LAST 20,000 YEARS**

D.M. TAYLOR

School of Geography - University of Hull, Cottingham Road - Hull, HU6 7RX - U.K. -

High resolution pollen data from two sites in montane south-west Uganda provide evidence for environmental change during the Late Pleistocene-Holocene.

During the period covering the last 20,000 years maximum aridity and minimum temperatures were experienced in south-west Uganda before *ca.* 14,000 yr B.P. From *ca.* 14,000 yr B.P. the climate became warmer and wetter, especially after *ca.* 12,000 yr B.P. Since *ca.* 3,600 yr B.P. the climate has got drier.

There is thus no evidence from the two study sites for the dramatic oscillations in temperature which characterize the last glacial-interglacial transition (*ca.* 14,000-*ca.* 10,000 yr B.P.) in the North Atlantic.

Pollen data and other sedimentary evidence also indicate that forest destruction was well underway around the study sites by *ca.* 2,200 yr B.P. As this date falls within the range of archaeological evidence for the introduction of agriculture and iron smelting into nearby parts of central and eastern Africa, Late Holocene forest destruction in south-west Uganda is likely to have been man-induced.

**METHODE DE QUANTIFICATION DE L'AMPLITUDE DES
CHANGEMENTS CLIMATIQUES A PARTIR DE
DONNEES POLLINIQUES**

J. GUIOT

CNRS U.A. 1152 - Faculté de Saint Jérôme - 13397 Marseille - FRANCE -

Il est possible maintenant de reconstruire de manière quantifiée les variations climatiques continentales à partir de données polliniques. La méthode mise au point récemment exploite à la fois les caractéristiques temporelles des séquences polliniques utilisées et l'existence d'analogues actuels. Les taxons participant de manière cohérente à cette dynamique temporelle sont considérés comme les meilleurs marqueurs des changements climatiques qui l'on induite.

Le problème des changements abrupts reste néanmoins posé. En effet, un tel changement modifie progressivement la végétation qui garde à la fois des caractéristiques précédentes et des caractéristiques nouvelles. Une telle situation n'a pas d'analogue dans une végétation actuelle en équilibre avec le climat. Cette difficulté n'est prépondérante que durant les phases constructives (par exemple le réchauffement du Bölling). Durant les phases destructives, comme le Dryas récent, la végétation retourne, sans transition, à un état dégradé plus facilement quantifiable. Une analyse paléobioclimatique fine permet d'appréhender ces phénomènes.

8

**DONNEES PALYNOLOGIQUES SUR LA VEGETATION DE
L'AKFADOU (GRANDE-KABYLIE) ALGERIE**

M. SALAMANI

URBT - B.P. 812 - Alger - Gare - ALGERIE -

Un diagramme pollinique, assorti de cinq datations au ^{14}C retrace l'histoire du milieu et de la végétation du massif de l'Akfadou depuis la fin du Préboréal. De cette étude palynologique, il ressort les faits suivants: ^(1500 v)

- Dominance quasi-permanente de la chênaie caducifoliée depuis la base du diagramme qui coïncide avec la fin du Préboréal.
- Deux épisodes à cèdre, antérieures respectivement à 7 860 et 8 950 B.P., indiquent la présence de formations mixtes à cèdre dans la région d'où il a disparu aujourd'hui.
- Un pourcentage élevé de AP/T suivi d'un pic d'*Ilex aquafolium* unique en son genre indiquerait un optimum climatique durant le Boréal. ^{+ *Hedera* 2000/1000 - B}
- Un refroidissement lié à la baisse de la courbe pollinique du chêne liège se manifesterait vers 6 340 B.P.

Interprétation :

Quercus (Ilex) a une bonne représentation et cela est dû au fait que l'un

l'autre a une représentation importante et est bien représenté

l'autre a une représentation importante et est bien représenté (mais pas bien représenté) mais c'est tout ce que l'on peut dire

1600 B.P. - vers le Sud

l'autre a une représentation importante

ET ZOOLOGIQUES SUR LA VEGETATION DE
LE GRAND-KABYLIE ALGERIE

M. SALAMANI

Alger, Algérie

However, in littoral regions, we must take into account edaphic conditions; dune vegetation includes grasses with cereal pollen type (*Hyparrhenia hirta*) and littoral sand taxa (*Rumex bucephalophorus*, *R. tingitanus*, *Plantago psyllium*, *P. coronopus*, Brassicaceae as *Draba verna* Chenopodiaceae as *Atriplex halimus*, *Salsola kali* ...).

When local vegetation has a weak pollen expression, human perturbation tends to homogenize the spectra. This is the reason why in mediterranean region, it is difficult to find good analogues to fossil pollen spectra, especially for dry periods.

This involves a more elaborate approach than in septentrional temperate regions for any past climate reconstruction. Therefore, this approach should include a first qualitative study from the botanical and ecological point of view.

CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET DEFORESTATION DANS LES SEQUENCES POLLINIQUES HOLOCENES, DANS DEUX TOURBIERES DE VALLEE (BURUNDI)

D. JOLLY, R. BONNEFILLE

*Laboratoire de Géologie du Quaternaire. - CNRS -
Case 907 - Luminy - 13288 Marseille Cedex 9 - FRANCE -*

L'analyse palynologique de deux carottes prélevées dans des tourbières au Burundi permet de mettre en évidence des phénomènes de nature et d'échelle significativement différents au cours de l'Holocène dans des contextes géographiques distincts.

L'étude de la carotte Ku-2, prélevée dans la vallée de la Kuruyange (3°35' S, 29°41'E) à 2000 m d'altitude, montre une installation post-glaciaire de la forêt ombrophile de montagne. Cette phase semble atteindre son maximum à 6600 ± 100 ans B.P. Le diagramme pollinique traduit ensuite une période d'instabilité de la végétation, certainement d'origine climatique, entre 5300 et 3750 ± 100 ans B.P. A cette époque, commence une destruction forestière contemporaine de celle mise en évidence sur la Crête Zaïre-Nil autour de 4000 ans B.P. et plus vraisemblablement due à une aridification.

L'analyse pollinique d'une seconde séquence obtenue dans la Ndurumu (2°43'S, 29°56'E) à 1367 m d'altitude, met en évidence une phase forestière marécageuse vers 3780 ± 140 ans B.P., précédant l'installation du marais à *Papyrus* tel qu'il existe actuellement. L'évolution de la végétation locale se traduit par des changements très brutaux dans les spectres polliniques. Notons que le sommet du sondage est caractérisé par un épisode à Ricin, illustrant une action anthropique récente. Cette séquence ayant un fort taux de sédimentation (3 mm/an) permet de montrer que la disparition de la forêt aurait eu lieu en moins de 500 ans.

**HISTOIRE DE LA VEGETATION DES SAVANES OUEST-AFRICAINES
AU QUATERNAIRE RECENT**

**LATE QUATERNARY VEGETATION HISTORY OF THE WEST
AFRICAN SAVANNAS**

K. NEUMANN, A. BALLOUCHE

Seminar für Vor- und Frühgeschichte - Arndtstraße 11 - D-6000 Frankfurt am Main 1 - R.F.A. -

Un projet de recherches interdisciplinaires sur les cultures et leur environnement dans les savanes ouest-africaines a débuté en 1988 à l'Université de Francfort. Le but du sous-projet botanique est d'apporter une contribution à l'histoire des savanes soudaniennes durant les derniers 20 000 ans. Les recherches sont menées par les méthodes de la palynologie et de l'étude des macrorestes végétaux provenant de sites archéologiques. Afin de mieux comprendre les changements du passé, un effort particulier est consacré à la connaissance des types de végétation actuels et leur dynamique, de l'utilisation des plantes sauvages et cultivées, ainsi qu'à la construction de modèles de la sédimentation pollinique actuelle. Les travaux portent sur les savanes soudaniennes de l'Est et du Sud-ouest du Burkina Faso. Dans la province du Gourma, la faible densité de peuplement et la pratique d'une agriculture traditionnelle de subsistance font de cette zone un bon modèle pour le passé. Il apparaît que, dans la majorité des cas, l'action de l'Homme soit le principal facteur du développement des savanes. Ainsi, l'interprétation des données sur la végétation et les climats passés doit spécialement tenir compte des paramètres anthropiques.

In 1988 an interdisciplinary project on culture and environment of the West African savannas has been established at the University of Frankfurt. The aim of the botanical subproject is to give a contribution to the vegetation history mainly of the Sudanian savannas during the last 20,000 years. The investigations are carried out with the help of palynology and identification of plant macrofossils from archaeological excavations. Because the changes of vegetation in the past cannot be understood without knowledge of the recent plant cover, special emphasis is laid on models of modern pollen precipitation, on the actual vegetation types and their dynamics and on the use of wild and domesticated plants. Research has been concentrated on the Sudanian savannas of East and Southwest Burkina Faso. In the province of Gourma population density is low and ancient methods of subsistence agriculture are still practised. The vegetation types of this area might therefore serve as models for the past. It seems that in most cases human action is the major factor for savanna development. In the interpretation of data concerning past vegetation and climatic changes, special attention should be paid to the parameters of human influence.



12

QUANTIFICATION ET MODELISATION DES PROCESSUS EROSIFS DANS LES BADLANDS DES ALPES DU SUD (FRANCE)

M. BUFALO

*Laboratoire de Géosciences des environnements continentaux - URA CNRS 132 - Case 431 -
Faculté des Sciences et Techniques de St. Jérôme - Ave. de l'Escadrille Normandie-Niemen
13397 Marseille Cedex 13 - FRANCE -*

Dans la région des Alpes du Sud de la France, l'érosion des "Terres Noires" (marnes jurassiques) dans les badlands constitue la source essentielle du transport solide des principaux cours d'eau. L'importance de ce processus se traduit notamment par l'envasement des retenues des barrages qui s'échelonnent sur le cours de la Durance. Le climat régional est de type méditerranéen. La pluviométrie moyenne annuelle est de 838 mm. Dans ce contexte, trois bassins versants représentatifs expérimentaux (B.V.R.E.) ont été sélectionnés par le groupe de recherche BRGM/ORSTOM avec le concours de l'Université d'Aix-Marseille III, pour servir de base à une étude de l'érosion des Terres Noires. Ces B.V.R.E. sont implantés dans la vallée du Buech (Hautes Alpes).

Les simulations de pluies effectuées sur le terrain et en laboratoire soulignent la faible perméabilité de ces marnes. La capacité d'infiltration minimum pour un sol initialement sec est de l'ordre de 5 mm/h. Cette très faible perméabilité joue un rôle majeur dans les processus érosifs en favorisant le ruissellement superficiel direct. Le suivi des systèmes de mesures climatiques et hydro-sédimentologiques sur le B.V.R.E. de St Genis, au cours de trois cycles climatiques annuels (1986, 1987, 1988), a permis de définir les taux d'érosion précis des Terres Noires à l'échelle de trois ravines élémentaires (262 m², 1110 m², 1620 m²). Au cours de cette période, la production spécifique en sédiment (P.S.S.) annuelle moyenne est de l'ordre de 190 t/ha/an. Compte tenu de l'homogénéité morphologique des ravines, cette valeur est indépendante de la superficie.

L'étude des relations pluies/P.S.S. à chaque épisode pluvio-érosif contrôlé a abouti à la définition d'un indice d'érosivité des pluies "KE". Il prend en compte différents facteurs: les pluies limites au ruissellement, la capacité d'infiltration minimum du sol, l'énergie cinétique des averses.

La définition de cet indice d'érosivité permet de modéliser mathématiquement les relations pluie/P.S.S. par l'équation: $P.S.S.(t/ha) = 3.38 KE \cdot 10^{-2}$ KE en J/m²

ESTIMATION DU POTENTIEL CHRONOLOGIQUE (U/Th, ¹⁴C)
DE MELANGES A COMPOSANTE CARBONATEE EN
MILIEU CONTINENTAL

C. CAUSSE

Laboratoire de Géologie du Quaternaire - CNRS -
Case 907 - Luminy - 13288 Marseille Cedex 9 - FRANCE -

Le potentiel chronologique du déséquilibre radioactif entre l'isotope 230 du thorium et 234 de l'uranium est dû à l'extrême différence de solubilité de ces éléments dans les conditions naturelles. Il couvre un espace temps d'intérêt fondamental pour l'étude du Quaternaire récent, y compris l'Holocène. Même si la précision obtenue pour des âges inférieurs à 10 ka est inférieure à celle que donnerait une mesure au radiocarbone, la comparaison de données chronométriques obtenues par ces deux méthodes a permis de remettre en question l'un ou l'autre de ces deux types de données (exemple des cardiums des chotts du sud-tunisien¹) ou même les deux (cas de la sebkha Mellala² au Nord Sahara), ou encore de valider les deux types de résultats (exemple des stromatolites du lac Magadi³ en Afrique de l'Est). Dans des sites continentaux, où la fréquente reprise des sédiments (par des eaux de ruissellement ou par les eaux souterraines à la faveur de l'oscillation des nappes) favorise une ouverture des systèmes chimiques concernés, la discussion de différents exemples montre que la validation d'une donnée chronométrique passe par la prise en compte des caractères (minéralogie, isotopes stables et radioactifs ...) de l'ensemble du milieu de sédimentation et non seulement des micro et macrofossiles.

Les mélanges d'une phase carbonatée et d'une phase détritique ancienne, éventuellement à l'équilibre, donnent accès, par des attaques partiellement sélectives du carbonate et du résidu détritique, au temps de résidence moyen de l'uranium dans la phase carbonatée. Ce temps moyen peut représenter l'âge de la néoformation carbonatée⁴ ou représenter une moyenne entre deux âges de cristallisation d'un même carbonate: cas des calcites de Gayhurst (marges méridionales du glacier laurentidien) où le décryptage des deux âges a été obtenu par la comparaison des données ¹⁴C et (²³⁰Th/²³²Th)-(²³²U/²³²Th)⁴. Dans ces deux cas, l'attaque séquentielle en trois étapes a permis la construction d'une pseudo-isochrone sur laquelle le point intermédiaire révèle que le mélange analysé n'est constitué que de deux termes, aussi bien du point de vue de la chimie que de celui de la minéralogie, même si la phase carbonatée peut être en fait chronologiquement composite. Il existe des mélanges plus complexes associant des phases carbonatées distinctes non seulement en ce qui a trait à la chronologie mais aussi à la minéralogie et par suite à la chimie. Les carbonates sédimentaires de Kadda (Erg Chech) et d'Agdal (Nord-Ouest Saharien) composés de calcite, calcite plus ou moins magnésienne, dolomie et aragonite, ne se prêtent pas à la construction de droites isochrones, sauf exception⁵. Il n'en est pas moins vrai cependant que l'établissement d'une chronologie valide des ces unités sédimentaires ne peut se fonder que sur un bilan cohérent des données ¹⁴C et U/Th obtenues pour leurs diverses composantes

¹ Causse C. *et al.*, 1989. *Geology*, v. 17: 922-925.

² Fontes J.C. *et al.*, 1990, ce symposium

³ Hillaire-Marcel C. *et al.*, 1988. *Int. Congr. of Geoch. and Cosmoch.*, Paris.

⁴ Hillaire-Marcel C. et Causse C. 1989. *C.J.E.S.* v 26 1041-1052

⁵ Gibert F. 1989. Thèse. Univ Paris XI

RECHARGE RECENTE DES SYSTEMES AQUIFERES DU SUD TUNISIEN

A. MAMOU

Direction des Ressources en Eau Tunis

Les principales nappes aquifères du sud Tunisien se présentent sous forme de systèmes multicouches de plusieurs centaines de mètres d'épaisseur. Les niveaux aquifères se trouvent ainsi intercalés au sein d'autres formations moins perméables et n'affleurent que sur des superficies limitées correspondant à l'aire d'alimentation de ces nappes. Cette configuration confère aux réservoirs aquifères, sur la majeure partie de leur aire d'extension, les caractères d'aquifères confinés dont la recharge actuelle se limite aux niveaux les moins profonds et à la partie libre de la nappe. La mise en évidence de la recharge récente de ces nappes se base sur l'étude de leur caractéristiques piézométriques et géochimiques. Son évaluation est faite à partir de modèles numériques de bilan volumique de la nappe ainsi que des modèles géochimiques et isotopiques.

REPRISE DES CONDITIONS HUMIDES
VERS 11000 ANS B.P. DANS LE SUD TUNISIEN

K. ZOUARI

Ecole Nationale d'Ingénieurs
BP W 3038- Sfax.

Résumé:

Les études interdisciplinaires réalisées depuis près de dix ans sur les formations continentales du Quaternaire supérieur dans les régions des chotts et de la basse vallée de l'oued el Akarit dans le Sud-tunisien (Fontes et al, 1983 ; Zouari, 1988 et Causse, 1989) ont permis l'acquisition de précieuses informations sur la reconstitution détaillée des conditions de fonctionnement de ces deux systèmes aquatiques anciens depuis le dernier Interglaciaire.

Les nouvelles datations absolues (14C, Th/U) obtenues dans le cadre du programme Palhydraf (Fontes et al, 1986) fournissent un support chronostratigraphique intéressant pour mieux discuter les rapports

entre la sédimentation et les variations climatiques (Zouari, 1987; Causse et al, 1989).

En effet ces nouvelles données ont permis de rendre compte, qu'après une longue période Würmienne régressive (11-80 ka BP), marquée par une sédimentation ou les apports éoliens et/ou fluviatiles sont très abondants, on constate la reprise des écoulements vers 11 ka environ. Cette phase de mise en eau se traduit par : (1) des teneurs en isotopes stables très négatives, en équilibre avec l'eau de la nappe profonde et plaidant en faveur d'un fort débit ; (2) les bioestres riches et diversifiés suggèrent une phase lacustre continue et permanente entre 11 et 3.5 ka avec toutefois une courte pulsation régressive, située vers 8 ka ; (3) une sédimentation essentiellement carbonatée.

A noter que l'optimum lacustre semble correspondre à la période 8500-8000 ans B.P. Quant à la période aride, elle commence à s'installer aux alentours de 3500 ans B.P.

La comparaison de cette période humide holocène avec les fluctuations du niveau marin suggère une correspondance. En effet cette

période se corrèle avec une augmentation progressive du niveau marin dont le maximum se situe vers 5000 à 6000 ka.

11000 - 3000/4000 : humide
Optimum climatique : 8500 BP

Quelques contraintes sur l'utilisation du radiochronomètre ¹⁴C en milieu continental

J.Ch. FONTES, *Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie Isotopique, Université Paris-Sud, Orsay, France*

L'utilisation du radiochronomètre ¹⁴C est irrémédiablement tributaire d'hypothèses liminaires.

La première, la plus contraignante en milieu continental, est celle qui porte sur la teneur initiale en ¹⁴C du système à dater au moment où celui-ci cesse d'accumuler du carbone et où se déclenche l'horloge radiométrique. L'âge n'a de signification que si cette teneur est proche de celle du CO₂ atmosphérique. A l'exception des végétaux chlorophylliens aériens qui reflètent la teneur de l'atmosphère, aux fractionnements isotopiques près, tous les matériaux carbonés qui assimilent le carbone à partir des solutions peuvent porter la trace d'un vieillissement additionnel imputable au temps de circulation dans les nappes d'eau souterraine qui alimentent les bassins lacustres. C'est le cas en particulier lorsque les lacs correspondent à des zones de décharge de nappes captives de grande dimension où le carbone a eu le temps de décroître fortement comme cela s'avère être la situation de plusieurs paléolacs de régions arides et semi-arides (sebkha de Ouargla ⁽¹⁾ au Sahara algérien, et site classique de l'oued el Akarit ⁽²⁾, en Tunisie méridionale). Cette situation, depuis longtemps détectée, concerne évidemment au premier chef, les carbonates diagénétiques et les tests de mollusques cristallisés dans les fonds de bassin dont les eaux sont stratifiées ou mal brassées. Mais, il est moins connu que le même type de vieillissement peut affecter aussi la matière organique végétale et animale dont le cycle s'amorce probablement sur la dissociation des ions bicarbonates ainsi que le suggère fortement l'exemple d'Akarit ⁽³⁾.

Des corrections de ce vieillissement sont possibles. Elles sont fondées sur le principe d'un mélange binaire du carbone 13 entre le carbone de la nappe et celui qui se dissout dans l'eau à partir de l'atmosphère ⁽⁴⁾.

Dans une certaine mesure, cette méthode rend également compte de la rééquilibration progressive du carbone inorganique total dissous (CITD) avec le CO₂ atmosphérique. Toutefois, la correction est inopérante lorsque le carbone atmosphérique est assimilé par photosynthèse de plantes aquatiques avant d'être relâché dans l'eau par respiration et fermentation, car il peut avoir alors une teneur en carbone 13 proche de celle du CITD de la nappe. Une autre possibilité de distorsion des âges apparents est celle qui résulte de la dissolution de carbonate ancien dans les sols des zones de recharge. Le bicarbonate de la nappe est alors lui-même un mélange entre carbone actif et carbone "mort". Cet effet de dureté ("hard water effect" de la littérature de langue anglo-saxonne), peut être corrigé de la même façon que précédemment pour autant qu'il ne se superpose pas à un mélange avec le CO₂ atmosphérique dans le bassin. A noter que ce type de

vieillessement peut même s'appliquer aux organismes aériens dont la diète recycle des mélanges contenant du carbone ancien. Ainsi des fragments d'oeufs d'autruches holocènes collectés dans la région des chotts algéro-tunisiens affichent des âges apparents du Pléistocène supérieur.

La deuxième réquisition est celle d'un système resté fermé, c'est à dire qui n'a pu que perdre du radiocarbone et seulement par décroissance radioactive. De nombreux documents sont maintenant disponibles sur le désaccord fondamental qui affecte les radiochronomètres ^{14}C et Th/U dans les dépôts carbonatés. Des âges apparents ^{14}C de 25 à 35 ka BP correspondent en fait à des durées de rééquilibrage de l'activité de ^{230}Th beaucoup plus longues et qui s'inscrivent dans l'intervalle 80-140 ka ⁽⁵⁾. L'examen critique des données suggère que le calendrier Th/U donne des indications acceptables. La "pollution en ^{14}C des échantillons serait alors le fait soit de recristallisations, soit d'échanges isotopiques, soit encore de phénomènes de productions *in situ* de ^{14}C sous l'effet de la radioactivité naturelle des sédiments ou des rayons cosmiques. Une discussion préliminaire conduit à retenir la dernière de ces causes comme une possibilité qui mérite des vérifications expérimentales.

En conclusion, on retiendra que l'interprétation des données du radiocarbone en milieu continental aquatique doit prendre en compte les conditions hydrologiques et géochimiques du

CHANGEMENT ABRUPT DE SAISONNALITE EN AFRIQUE INTERTROPICALE AU COURS DE L'HOLOCENE

J. CASANOVA

Laboratoire de Géologie du Quaternaire - CNRS -
Case 907 - Luminy - 13288 Marseille Cedex 9 - FRANCE -

La comparaison des enregistrements obtenus en milieu marin (Scott *et al.*, 1986) et en Afrique intertropicale (Casanova, 1986) suggère une relative indépendance de la saisonnalité vis à vis d'autres paramètres climatiques, tels que la température ou la pluviosité. Les mesures isotopiques effectuées sur les formes dextres et sénestres de *Neogloboquadrina pachyderma* montrent, qu'au cours du dernier cycle climatique, les contrastes saisonniers maximums succèdent aux Terminaisons I et II. Ces données sont en accord avec celles obtenues en milieu continental, à partir de l'analyse biosédimentologique de la rythmicité qui eut lieu au cours de l'Holocène est le plus marqué; toutefois, les modalités de sa mise en place, ainsi que sa chronologie exacte, restent à définir. En Afrique intertropicale, ce changement marque le passage entre (1) un régime de paléoprécipitations (12-9ka) caractérisé par des pluies fines régulièrement étalées le long de l'année et de courtes saisons sèches et (2) un régime de paléoprécipitations (6-4ka) marqué par des pluies de type orageux distribuées sur une courte saison ainsi que par la permanence d'une longue saison sèche.

Le site de Chemchane (Mauritanie), tant par sa proximité océanique, que par la période clef (8-6ka) que ses sédiments lacustres enregistrent, permet d'illustrer ce changement majeur de saisonnalité et l'instauration du régime actuel des précipitations. Dans un contexte de pluviosité supérieure à l'actuel, l'allongement de la saison sèche procède par à-coups (avec trois phases paroximales) et atteint son maximum en moins de 1 500 ans. A cette époque, l'ensemble des zones sud-saharienne et sahélienne se caractérise par une situation hydrologique en mosaïque (Lézine et Casanova, 1989) qui reflète l'instabilité saisonnière de cette phase de transition.

**DES DEPOTS LACUSTRES D'AGES PLEISTOCENE
MOYEN- PLEISTOCENE SUPERIEUR A L'OUEST DE
L'AXE NORD- SUD (TUNISIE CENTRALE).**

Chedly ABBES⁽¹⁾, Raouf KARRAY⁽²⁾, Kamel ZOUARI⁽³⁾, Nejib KALLEL⁽³⁾ et Michel FONTUGNE⁽⁴⁾.

(1) Faculté des Sciences de Sfax

(2) Faculté des Lettres et des Sciences Humaines 9 Avril (Tunis).

(3) Ecole Nationale d'Ingénieurs BP W, 3038 Sfax (Tunisie).

(4) Centre des Faibles Radioactivités. Domaine du CNRS, 91198 Gif-sur-Yvette Cedex, France.

Sur le flanc Nord Ouest de la mégastucture anticlinale de Jebel Chérichira, se développe une série quaternaire représentée dans son ensemble par des dépôts silteux et argilogréseux à concrétions calcaires, alternant avec des calcaires gréseux lacustres, reposant en discordance sur l'ensemble des séries antérieures redressées. Ces dépôts horizontaux contiennent un outillage de facture acheuléenne à la base et atéro-moustérienne au sommet, ce qui permet de les attribuer à l'intervalle Pléistocène moyen-Pléistocène supérieur.

Vers l'Ouest, ces faciès sont largement étendus, en particulier dans les régions de Haffouz, d'El Ala et dans le synclinal d'Ousselatia ainsi que dans la région de Hajeb El Aïoun au sud. A Ksar El Lamsa, au Nord Est d'Ousselatia, une datation par la méthode classique de ¹⁴C effectuée sur des calcaires à stromatolites appartenant à la même série, livre un âge supérieur à la limite de la méthode utilisée (> 41 000 ans B.P.) Ce résultat n'est pas en désaccord avec les données préhistoriques. Toutefois d'autres datations par d'autres méthodes s'avèrent nécessaires pour préciser l'âge de ces dépôts.

Ainsi le développement de ces faciès, totalement ou en partie lacustres, semble bien correspondre à la (aux) phase(s) humide(s) reconnue(s) dans le sud tunisien vers 90 000 ans B.P. et/ou 120 000-140 000 ans B.P. (Zouari 1988).

Par ailleurs, la répartition des faciès et des épaisseurs de ces dépôts pléistocènes semble être guidée par la paléomorphologie de leur substratum, elle même étroitement liée aux jeux antérieurs de failles préexistantes.

23

**ANALYSES ISOTOPIQUES DES SOLS CALCAIRES:
ESSAIS D'EVALUATION DANS LES PALEOSOLS LOESSIQUES DU
SUD-EST TUNISIEN**

A. MTIMET

Direction des Sols - B.P. 96 - 6018 Gabès - Tunisie -

Les sols calcaires actuels du Sud-est tunisien aride évoluent au sein d'une roche détritique du Quaternaire moyen. Ils présentent des accumulations carbonatées à faciès morphologiques variés (concrétions, encroûtements, croûtes). Ce sont des formes en majorité reliques (ancien horizon Boa) des climats passés plus humides et plus contrastés.

L'interprétation isotopique ^{13}C et ^{18}O dénote une variation latérale et verticale dans ces sols carbonatés typiques, de l'origine du carbone, de la couverture végétale et du paléoenvironnement.

En étroite relation avec les caractéristiques hydrodynamiques du matériau éolien loessique, les pédogénèses successives (dynamique calcaire) contribuent aussi à une meilleure connaissance de la mise en place du sédiment durant le Pléistocène supérieur et l'Holocène.

LES DESEQUILIBRES Th/U DANS LES SOLS ET DEPOTS LACUSTRES: MESSAGE HYDRO-CLIMATIQUE ET POTENTIEL CHRONOLOGIQUE

C. HILLAIRE-MARCEL¹, B. GHALEB¹, C. GOETZ²,
J. CASANOVA², C. CAUSSE²

¹ GEOTOP - Université du Québec à Montréal - CANADA -

² Laboratoire de Géologie du Quaternaire - CNRS - Case 907 - Luminy -
13288 Marseille Cedex 9 - FRANCE -

Les concentrations et rapports d'activité des isotopes des familles U et Th ont été déterminés dans des sols de lithologie variée s'échelonnant, en latitude, de l'Arctique (Ile de Banks) à la bande intertropicale (Rift est-africain). Les séuiments, minéraux synsédimentaires et diagénétiques précoces (e.g., calcites, phosphates, zéolites, silicates sodiques...) de lacs voisins ont fait l'objet d'analyses similaires. Pour ceux-ci, la construction de droites isochrones (²³⁰Th/²³²Th, ²³⁴U/²³²Th) et (²³⁴U/²³⁸U, ²³⁸U/²³²Th) permet d'identifier les mélanges de phases: en général, les radioisotopes hérités de la fraction détritque sont dilués par ceux issus d'une phase synsédimentaire ou diagénétique précoce de fixation d'uranium. Dans quelques rares cas (e.g., calcites ou diagénétique précoce de fixation d'uranium. Dans quelques rares cas (e.g., calcites ou diagénétiques) on a pu relever la présence de deux phases de co-précipitation CaCO₃+U. Dans les cas de mélange simple, les pentes des droites isochrones livrent respectivement les rapports ²³⁰Th/²³⁴U et ²³⁴U/²³⁸U de la phase diluante, c'est-à-dire le temps de résidence de l'uranium "secondaire". Celui-ci livre, au moins par défaut, l'âge de l'épisode lacustre correspondant. Les sédiments de surfaces des paléolacs, les minéraux assurant une bonne fermeture du système radioactif (eg., cherts, calcites ...) ainsi que les minéraux diagénétiques précoces (zéolites, phosphates, silicates sodiques ...), formés lors du dernier épisode lacustre enregistré dans les sédiments, peuvent être datés par cette approche. Lorsque deux phases de fixation d'uranium se superposent, il est parfois possible de les distinguer en construisant des droites de mélange à partir de deux variables indépendantes (e.g., dans les calcites: ¹⁴C ou ¹³O ou ¹⁸O vs le temps de résidence de l'uranium co-précipité). Les rapports ²³⁴U/²³⁸U de la phase diluante ainsi que les excès en ²³⁰Th (vs ²³⁴U) et les défauts en ²³⁴U (vs ²³⁸U) caractérisant la fraction détritque rendent compte du cycle pédologique antérieur des particules sédimentées. L'amplitude des déséquilibres Th/U de cette fraction dépend de la lithologie des sols et des conditions hydro-climatiques de la pédogénèse. Les profils Th/U établis dans les sols actuels démontrent en effet une extrême mobilité de l'uranium. Soustrait des horizons de lessivage, parfois avec un fractionnement ²³⁴U/²³⁸U important et dépendant de la granulométrie et de la minéralogie de la matrice du sol, l'uranium peut être fixé secondairement, en partie dans l'horizon A, lorsque celui-ci est riche en matière organique, sinon dans les horizons d'accumulations ou dans le substratum (jusqu'à plusieurs centaines de mètres, en profondeur, dans les socles cristallins). Les rapports U/Th, ainsi que les déséquilibres ²³⁰Th/²³⁴U et ²³⁴U/²³⁸U mesurés dans les profils, autorisent le calcul de flux d'uranium. On a relevé, en général, des taux d'ablation d'uranium de l'ordre de 10⁻⁴ à 10⁻⁵ an⁻¹. Ces taux donnent accès au temps de "transit" ou de résidence des particules dans les profils pédologiques, par suite, aux taux d'érosion chimique et mécanique des sols. La fossilisation des sols ou l'incorporation des particules détritques issues de leur érosion dans un milieu clos (e.g., stromatolites littoraux de paléolacs) s'accompagne d'une décroissance radioactive des excès originels en ²³⁰Th et en ²³⁴U. Sous la réserve de la validité de quelques postulats (excès initiaux, clôture du système ou flux constant d'uranium), la décroissance de ces excès livre l'âge du paléosol ou de l'instauration d'un système clos. Dans les milieux continentaux, les déséquilibres dans les familles U & Th s'avèrent ainsi d'excellents traceurs des processus géochimiques ou biogéo-chimiques et, souvent, des géochronomètres acceptables.

Essai d'intervalvalidation des chronologies ¹⁴C et U/Th à l'Holocène (exemple de la Sebkh Mellala, Ouargla, Algérie)

J.Ch. FONTES, *Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie Isotopique,
Université Paris-Sud, Orsay, France*

C. CAUSSE, *Laboratoire de Géologie du Quaternaire, Marseille Luminy, France*

J.N. ANDREWS, *School of Chemistry, University of Bath, Great Britain*

Très peu d'intercomparaisons directes des âges apparents ¹⁴C et ²³⁰Th/²³⁴U sont actuellement disponibles.

Des progrès spectaculaires sont attendus en ce domaine du développement des mesures par spectrométrie de masse, avec en particulier la datation des carbonates marins et notamment des systèmes réputés fermés vis-à-vis de l'uranium comme les coraux.

En milieu continental, le problème se trouve compliqué par les possibilités de percolation des sédiments exposés, par les eaux météoriques et la mobilisation de l'uranium en conditions oxydantes.

La série de la sebkh Mellaha dans la région Ouargla offre une succession considérée comme complète depuis le Tardiglaciaire (1). Les âges radiocarbone obtenus sur la calcimicrite inorganique authigène s'inscrivent dans une succession temporelle cohérente. Cette calcite a cristallisé à la surface de l'eau en équilibre avec le CO₂ dissous dans le milieu qui était alors un mélange entre le CO₂ de l'atmosphère et celui de la respiration des végétaux aquatiques. Les âges ¹⁴C de la micrite (tableau 1) sont considérés comme fiables.

Tableau 1

	Age micrite B.P.	U ppm	Th ppm	$\frac{^{234}\text{U}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{230}\text{Th}}{^{232}\text{Th}}$	$\frac{^{230}\text{Th}}{^{234}\text{U}}$	Age ¹⁴ C Carbonium B.P.	Age Th/U non corrigé
ALG 87/338	≈ 6000	1,06	0,000	1,56	∞	0,117	9490±100	13430±530
ALG 87/331	7240±250	0,79	0,012	1,42	26,8	0,093	8900±100	10190±300

En revanche, les "cardiums" (*Cerastoderma glaucum*) vivants dans la boue du fond montrent des âges apparents trop élevés attribuables à l'influence de remontées d'eaux anciennes ⁽²⁾ dans le bassin.

Les âges apparents livrés par la méthode du déséquilibre U/Th sont également trop élevés. Les différences de teneur en uranium et de rapport d'activité $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ suggèrent que le système n'est pas resté fermé vis-à-vis de l'uranium (un gain de thorium est exclu) malgré la remarquable conservation des tests (pigmentation préservée, valves en connexion). Cette ouverture du système avec perte d'uranium apparaît liée à la situation du gisement où les niveaux à cardiums apparaissent en buttes-témoins aisément percolables par les eaux météoriques saturées en oxygène.

Une méthode d'évaluation de la perte en uranium en vue de correction des âges U/Th en système ouvert est proposée.

Elle est fondée sur la considération que, pour des âges aussi faibles, une fraction d'environ 3 % seulement de la valeur d'équilibre du recul radioactif ("recoil") est atteinte. Le recul radioactif (et le changement qui s'ensuit dans la localisation et l'état chimique de ^{234}U) étant le facteur essentiel de fractionnement entre $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$, on admettra que le rapport d'activité de l'uranium mis en solution est constant et égal à la valeur de ce rapport dans le carbonate.

D'autre part, étant donné que le dépôt s'est probablement poursuivi jusqu'au début de l'aridité (3 à 4000 a B.P.), la perte en uranium n'a probablement commencé qu'après l'érosion des dépôts en buttes-témoins (\approx 2000 a B.P.). On considère donc deux cas de figures : a) perte d'uranium très récente ; b) perte d'uranium intervenue, voici deux mille ans.

La correction consiste à évaluer la quantité d'uranium perdu pour ajuster l'âge Th/U sur l'âge ^{14}C des calcimicrites.

Il vient que les échantillons ALG 87/338 et 331 auraient respectivement perdu environ 55 et 42 % de leur contenu initial en uranium qui aurait été de 2.33 et 1.12 ppm respectivement dans le cas a). Dans le cas b), la fraction mobilisée du contenu initial serait de 69 et 50 % pour les échantillons 338 et 331, soit des teneurs avant perte de 3,4 et 1,68 ppm respectivement.

Les analyses actuellement en cours des niveaux prélevés en carottage dans la partie réduite de la colonne sédimentaire, constitueront une épreuve de validation du modèle proposé. Les deux radiochronomètres devraient être en phase à cette période comme l'indiquent les données de la dendrochronologie et des pressions partielles de CO_2 dans les carottes de glaces polaires.

**LES TRANSITIONS ARIDE-HUMIDE EN AFRIQUE TROPICALE
ET SUBTROPICALE**

F. GASSE

*Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie Isotopique - Bât. 504 - Université Paris-Sud -
91405 Orsay Cedex - FRANCE -*

Les archives lacustres:

On choisit des bassins qui enregistrent, sans délai et sans distorsion due à des facteurs locaux, les fluctuations du rapport Précipitation/Evaporation + Evapotranspiration sur le bassin

**PALEOECOLOGICAL IMPLICATIONS OF A NEW SPECIES OF
PLANKTONIC DIATOM DESCRIBED FROM LAKES IN THE MIDDLE
ATLAS, MOROCCO**

R.J. FLOWER¹, F. GASSE², H. HAKANSSON

¹ *Department of Geography - University College London - 26 Bedford Way - London WC1H 0AP - U.K.*

² *Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie isotopique - Université Paris-Sud -
91405 Orsay Cedex - FRANCE*

Diatom assemblages from upland lakes in North Africa offer considerable potential for reconstructing past environmental changes resulting from catchment disturbance and from climatic variations. However the palaeoecological value of sediment core diatom analyses is almost entirely dependant on correct and precise taxonomy and the availability of appropriate autecological information obtained from studies of extant species. This paper reports a new species of diatom identified in both surficial sediment and plankton samples in several moroccan lakes. The diatom has only been recorded from four sites and although incomplete some information about its ecological requirements is given. The species is common in older sediments of at least one lake and hence past distributions of this taxon could have considerable palaeoecological significance.

174

BIO-GEOMORPHIC RESPONSE TO CLIMATIC SHIFTS IN INTERTROPICAL AFRICA

N. ROBERTS, P. BARKER

Department of Geography - Loughborough University - Leics LE11 3TU - U.K. -

In low-latitude regions such as inter-tropical Africa, the dominant climatic signal over the last glacial-interglacial cycle has not been temperature but precipitation. Arid and humid phases have alternated as the monsoonal circulation system has been weakened and strengthened. As a result, the semi-arid zone of maximum bio-climatic erosion potential, has expanded and contracted across much of inter-tropical Africa. Furthermore empirical palaeoclimatic data, notably ¹⁴C-dated changes in the water-level and chemistry of non-outlet lakes, indicates that late Quaternary shifts in climate were, in many cases, abrupt in character. This paper investigates the impact of wet-dry shifts in climate on earth surface biotic and physical systems, and compares them with the response predicted by the models of Langbein and Schumm (1958) and Knox (1972). According to Knox's (1972) Bio-Geomorphic Response Model, abrupt shifts in effective precipitation, notably from dry to wet, lead to periods of temporary disequilibrium between climate, vegetation, and hill slope erodibility, and under these conditions intense geomorphic work occurs.

In what are today inter-tropical Africa's semi-arid and sub-humid zones, the last major dry-to-wet climatic shift occurred *ca.* 12,500 yr B.P. at the end of a late Pleistocene arid phase. According to the Bio-Geomorphic Response Model soil erosion, sediment flux and accumulation would have peaked immediately after this arid phase. In this study we present data from sediment cores spanning the last major dry-to-wet transition (*ca.* 12,500 yr B.P.) which test this model empirically. This involves integrated study of hydro-climatic conditions, palaeo-vegetation and sediment flux within individual drainage basins in inter-tropical Africa. It is concluded that the terminal Pleistocene climatic transition may provide a valuable natural analogue for the current human-induced environmental "crisis" in sub-Saharan Africa.

22

SIGNIFICATION CLIMATIQUE DES DEPOTS LAMINES DU LAC MAGADI (KENYA) AU COURS DE L'OPTIMUM HUMIDE 13 000 - 10 00 ANS B.P.

B. DAMNATI, M. TAIEB

*Laboratoire de Géologie du Quaternaire - CNRS -
Case 907 - Luminy - 13288 Marseille Cedex 9 - FRANCE -*

L'étude d'une carotte (9 m de profondeur), effectuée à Nursery Flamingo (NF) dans un diverticule du lac Magadi (Kenya, 1°50'S - 36°15'E), a révélé l'existence de dépôts laminés entre 870 et 728 cm et entre 273 cm et 4 cm de profondeur. Les lamines supérieures sont datées entre 12 090 ± 120 ans B.P. et 10 800 ± 120 ans B.P. (Taieb *et al.*, 1989). Elles ont permis de définir une succession de microséquences en relation avec le mécanisme saisonnier de la zone intertropicale de l'Est Africain. L'étude des radiofaciès a nettement mis en évidence les laminites ainsi que la présence en continu des couplets.

L'observation des lames minces au microscope optique, la diffraction aux rayons X et les analyses à la microsonde interfacé au MEB ont montré que la microséquence est formée de deux termes sédimentaires:

- * la lamine sombre est riche en matière organique et la fraction biogénique est représentée par des diatomées et des nanosphérules d'origine probablement bactérienne;
- * la lamine claire est riche en carbonates (CaCO₃), en silice (Magadiite) et en éléments détritiques (quartz, feldspath alcalin, pyroxène...); la fraction biogénique est représentée par quelques rares ostracodes et diatomées.

Trois facteurs contribuent à la formation et à la conservation des doublets:

- 1) La stratification du lac en relation avec la morphologie et l'hydrothermalisme du lac Magadi.
- 2) Les apports saisonniers à dominance autochtone pendant la saison sèche et allochtone pendant la saison des pluies
- 3) L'absence d'une faune benthique abondante et, par conséquent, de bioturbation.

Le nombre des lamines de la zone comprise entre 232,7 et 117,9 cm, c'est-à-dire entre 12090 et 10800 ans B.P. est de 1029 pour 1290 ans, le doublet serait, par conséquent, biannuel. Dans cette zone, la nature du contenu du doublet serait à mettre en relation avec un régime saisonnier contrasté, comme cela a été démontré à partir des stromatolites de même âge (Casanova, 1986). Dans la zone entre 117,9 et 4 cm (à partir de 10 800 ans B.P.), le nombre inférieur de lamines (580), lié à une augmentation de leur épaisseur, pourrait s'expliquer par une élévation du taux de sédimentation en relation avec une rupture brutale du régime hydrique, tel qu'elle a été mise en évidence par les diatomées (Barker, 1989). Dans cette zone supérieure, correspondant au début de la régression lacustre Holocène, une étude test sur les variations d'épaisseurs des lamines a montré une périodicité de 4 ans, qui pourrait être mise en relation avec les cycles astronomiques.

79

LATE PLEISTOCENE PALAEO LIMNOLOGY OF LAKE MAGADI, KENYA, REVEALED BY DIATOM ANALYSIS.

P. BARKER¹, N. ROBERTS¹, F. GASSE², and M. TAIEB³.

¹Department of Geography, University of Loughborough, Loughborough,
U.K.;

²Laboratoire d'Hydrologie et de Géochemie Isotopique, Université de Paris-
Sud, France;

³CNRS, Laboratoire de Géologie du Quaternaire, Luminy, France.

Diatom analysis of a 9m core from Flamingo Nursery, Lake Magadi, Kenya indicates pronounced changes in lake water chemistry and depth occurred during the Late Pleistocene and the early Holocene as a result of shifts in hydrology and climate. Investigation of 54 samples suggests a tripartite zonation of the diatom stratigraphy. Zone 3 contains a periphytic diatom assemblage similar to that found in the saline alkaline Magadi springs at the present day. Zone 2 includes a conjunction of saline species (eg. *Navicula elkab*, *Thalassiosira faurii*) and freshwater forms (eg. *Aulacoseira granulata*, *Fragilaria* spp.). Several hypotheses may explain this including periodic freshwater fluvial inputs into a saline lake. Preliminary radiocarbon determinations suggest that zones 2 and 3 date to the period at and after the last glacial maximum. Zone 1 is dominated by various species of the genus *Nitzschia*. Subzone 1C (*N. sp. af. fonticola* >72%) represents a dilute phase when stromatolites formed 50m above the present lake. This phase, dating to between 12.5-10.8 kyr ends with a return to more saline conditions indicated by an abrupt change in the diatom flora as *N. sp. af. fonticola* is replaced by *N. 'group latens'* (10.8-?10 kyr). The major part of the Holocene is absent from this core, presumably as a result of erosion.

FLUCTUATIONS HYDROLOGIQUES DE 12 000 B.P. A L'ACTUEL AU NORD-OUEST DU LAC TCHAD

R. TEHET

Laboratoire d'Hydrologie et Géochimie isotopique - Université Paris-Sud - Orsay - FRANCE -

Le nord-ouest du bassin du lac Tchad (Sud Niger) constitue le site 4 du programme PALHYDAF (Paléohydrologie en Afrique); ce programme a pour objectif la reconstitution des variations paléohydrologiques et paléoclimatiques en Afrique boréale depuis 130 ka, à partir de sondages réalisés selon deux directions méridiennes (Tunisie-Niger, Algérie-Mali).

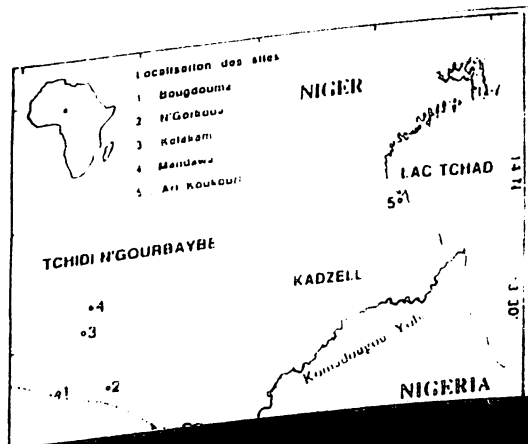
Quatre sondages ont été effectués dans les dépressions interdunaires du Tchidi N'Gourbaybe (Bougdouma, N'Gorkoua, Kelakam, Mandawa) et un puits a été foré à Ari Koukouri, dans le Kadzell, en bordure du lac Tchad (cf. figure).

Les changements d'environnements recensés dans les bassins endoréïques du Tchidi N'Gourbaybe reflètent les oscillations de la nappe phréatique régionale. En revanche, à Ari Koukouri, se surimpose la double influence du lac Tchad et de la Komadougou Yobé et son réseau de paléochenaux (cf. figure). Les carottages, réalisés sur les sites de Bougdouma (- 4,60 m) et N'Gorkoua (- 4,12 m), ont livré deux enregistrements continus des événements du Tardiglaciaire et de l'Holocène. Leur base, constituée de sables éoliens, est surmontée de dépôts lacustres d'âge inférieur ou égal à 12 000 B.P. où des argiles (parfois carbonatées) encadrent un sapropèle. Nous présentons les premiers résultats sédimentologiques, isotopiques (¹³C, ¹⁸O) et paléobiologiques (diatomées, ostracodes, ...).

Vers le nord, l'importance croissante de la fraction sableuse dans les sondages de Kelakam (- 5,78 m) et de Mandawa (- 6,20 m) est expliquée par l'approfondissement de la nappe dans le Tchidi N'Gourbaybe (moindre importance des récurrences lacustres).

Le puits d'Ari Koukouri (- 21,40 m) fournit une séquence sédimentaire complexe (alternance de sables, sables argileux, argiles et carbonates) remontant au Pléistocène supérieur. Les datations radiométriques disponibles actuellement sont comprises entre 4 800 et 13 000 B.P.

Un des résultats majeurs de ces études est la mise en évidence de plusieurs oscillations climatiques au Sahel entre environ 13 000 et 9 000 B.P., c'est-à-dire pendant la dernière déglaciation.



RETOUR DES CONDITIONS HUMIDES AU TARDIGLACIAIRE AU SAHARA SEPTENTRIONAL (SEBKHA MELLALA, ALGERIE)

E. GIBERT

Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie isotopique - Université Paris-Sud -
91405 Orsay Cedex - FRANCE -

La sebkha Mellala, dans la région de Ouargla (Nord Sahara), constitue le site 2' du Programme Palhydraf ("PALéoHYDrologie en AFrique", Fontes et Gasse, 1986) qui a pour but de reconstituer les évolutions paléohydrologiques et paléoclimatiques en Afrique boréale depuis 125-130 ka.

La région de la sebkha Mellala correspond à une zone d'alimentation verticale ascendante à partir de la nappe captive du "Continental Intercalaire". Cette disposition hydrologique particulière lui confère le rôle d'enregistreur privilégié des fluctuations de la recharge de cette nappe par les précipitations sur l'Atlas Saharien et les hauteurs du M'zab au cours du Quaternaire supérieur. A la suite de l'Aride du Pleistocène supérieur, les conditions humides reprennent sur le nord-Sahara dès 13 900 B.P., soit durant le Tardiglaciaire, en bonne coïncidence avec la situation sur le sud du désert et en contemporanéité avec la déglaciation dans l'Atlantique nord. Les oscillations climatiques bien repérées en Europe trouvent un écho fidèle dans le nord-Sahara.

La reprise des précipitations s'est effectuée en deux étapes principales séparées par une brève phase sèche. La mise en eau de la sebkha, contemporaine du Bölling et de l'Alleröd européens, paraît synchrone de la période de réchauffement de 15-14 ka B.P. bien repérée dans l'Atlantique (Berger *et al.*, 1985; Bard *et al.*, 1987). L'épisode aride, daté d'environ 10 800 - 9 300 ans B.P. correspond au Dryas récent européen, également identifié dans l'Atlantique Nord (Bard *et al.*, 1987). Le réchauffement du Pré-Boréal se traduit ici par l'installation de conditions humides stables qui semblent culminer vers 8 400 ans B.P. Un bref épisode aride apparaît durant le Boréal, alors que les conditions lacustres se maintiennent pendant l'Atlantique.

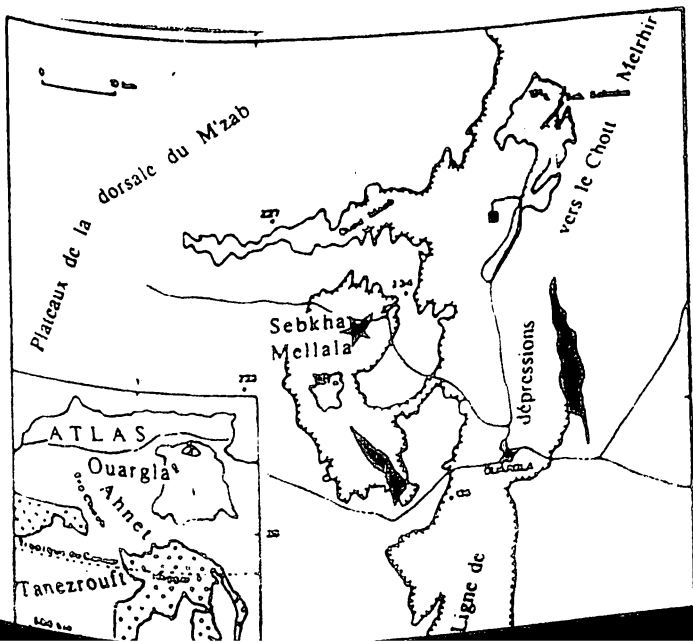


Figure 1 : Localisation de la Sebkha Mellala (★) à proximité de Ouargla (Algérie).

Le cartouche, en bas et à gauche, permet de situer le bassin endoréique du Grand Erg Occidental (1) avec son niveau de base, le Chott Melrhir (2), dans le cadre du Bas Sahara.

La carte montre la position de la Sebkha étudiée qui est à l'écart et en position haute, par rapport à la ligne de dépressions axée vers le Chott Melrhir.

32

ASPECTS OF CLIMATIC CHANGE IN KENYA OVER THE LAST 20,000 YEARS

C. NYAMWERU

Department of Geography - Kenyatta University - P.O. Box 43844 - Nairobi - Kenya -

Within a relatively small area, Kenya contains a variety of environments which preserve evidence of environmental change during the Pleistocene and Holocene. These include the well-known Rift Valley lake basins such as the Turkana, Baringo, Bogoria, Nakuru, Naivasha and Magadi basins, as well as the montane areas of Mount Kenya, Mount Elgon and the Aberdare (Nyandarua) Range. Other areas in which evidence of palaeoenvironmental conditions different from those of today has been located include the Amboseli and Chalbi basins, depositional areas beyond the margins of the Rift Valley.

Over the last 50 years, a substantial body of data has been collected showing how conditions of lakes, glaciers and vegetation zones have fluctuated in different parts of Kenya, and more recently isotopic dating techniques have made it possible to create partial chronologies of environmental/climatic fluctuations for a number of localities. What is lacking is an overall picture of our knowledge of conditions in Kenya over the last 20,000 years. This presentation attempts to provide such a picture, by combining graphic and verbal approaches.

33

PALAEOECOLOGICAL STUDIES OF A 6 METRE LIVINGSTONE CORE COLLECTED FROM LAC ICHKEUL, N. TUNISIA

A.C. STEVENSON

Department Geography - University of Newcastle upon Tyne - U.K. -

Palaeoecological studies of a 6 metre Livingstone core collected from Lac Ichkeul, N. Tunisia has enabled a vegetational history and a palaeosalinity record for the last 3000 years to be derived from pollen, chemical and faunal evidence.

The basal section of the core has been dated to 2,900 - 3,000 B.P. using A.M.S. ^{14}C techniques on articulate *Cerastoderma* sp. shells. ^{210}Pb analyses performed on a short core collected from a similar location have established the sedimentation rate within the basin for the last 150 years.

The data reveals that the lake has been subject to at least three different salinity regimes, having been initially saline, then brackish - fresh, and finally saline.

Palynological evidence suggests major anthropogenic interference from Roman times, including olive cultivation, within the native pine and oak forest of the catchment.

PRIMARY PRODUCTION IN DEPENDANCE ON CLIMATIC HISTORY STUDIED IN CENTRAL SAHARIAN LAKES AND LAKE DEPOSITS

E. SCHULTZE¹, R. BAUMHAUER², E. SCHULZ², B. SPONHOLZ²,
G. TICHY³

¹ Institut of Limnology - Austrian Academy of Sciences, Gaisberg 116 -
A-5310 Mondsee - AUSTRIA -

² Geographisches Institut - University Würzburg, Am Hubland - D-8700 Würzburg - RF.A. -

³ Institut of Geoscience - University of Salzburg, Hellbrunnerstraße 32 -
A-5020 Salzburg - AUSTRIA -

Several contineous cores were taken from the Kawar lakes (Bilma region/NE Niger). These lakes are alimentated by groundwater of the Bilma and Kawar escarpment. The layers cover the whole holocene period. At present the lakes are strongly merokictic. Research on the present limnology as well as on the paleolimnology includes sedimentology, geochemistry, pollen analysis and carotenoid studies.

This paper presents the first results of the investigation on crude carotenoids in the Achenouma and Arrigui records. Crude carotenoids (CC) reflect the primary production indicating the development of photosynthetic bacteria and algae during the holocene period.

The concentration of CC varies from 5 - 350 ppm. The curves show a similar trend to those obtained from lake deposits in Southern Europe and the Mediterranean region.

The laminated sapropels reflect the influence of regional and possibly global climatic events on the primary production of lake systems.

Since all the upper sequences of the layers are fine laminated they will also provide information on the historic period of the region.

The strong effect of human activities (natron mining) prohibits the lakes from silting up and dessication.

CADRE CHRONOECOLOGIQUE ET HUMAIN DE L'HOLOCENE DU MAROC

A. BALLOUCHE¹, J.-P. RAYNAL², J.-P. DAUGAS³, D. LEFEBRE⁴,
M. OUSMOP⁵, J.-P. TEXIER²

- ¹ Seminar für Vor- und Frühgeschichte, Arndtstraße 11 - D-6 000 Frankfurt/M - R.F.A. - et I.N.S.A.P. - Rabat - MAROC -
- ² Université de Bordeaux I, Institut du Quaternaire - U.A. 133 CNRS - 33405 Talence Cedex - FRANCE -
- ³ Direction des Antiquités des Pays de Loire - DRAC - 44000 Nantes - FRANCE - et UA 133 CNRS
- ⁴ Laboratoire de Géomorphologie et d'Etude du Quaternaire, Université des Sciences et Techniques de Lille-Flandres-Artois - 59655 Villeneuve d'Ascq - FRANCE - et UA 133 CNRS
- ⁵ Laboratoire de Physique corpusculaire, Université Blaise Pascal - 63177 Aubrière Cedex - FRANCE -

Les travaux menés depuis près de dix ans sur les formations holocènes littorales et continentales et les sites archéologiques néolithiques du Maroc atlantique et oriental ont permis une reconstruction d'un cadre écologique et climatique contemporain. Une quarantaine de nouvelles datations absolues (thermoluminescence et radiocarbone) fournissent un support aux corrélations avec l'histoire du peuplement et des cultures.

Le schéma suivant est reconnu:

- Avant 8 500 ans B.P.: le climat est aride et frais dans l'Oriental, avec existence de steppes à Chénopodiacées, encore aride sur la côte atlantique.
- Vers 8 500 - 8 000 ans B.P.: une augmentation des précipitations et des températures plus fraîches que l'Actuel, au moins en zone continentale, contribuent à un optimum hydrologique entraînant des extensions lacustres. C'est l'époque de l'installation et du développement des végétations climax holocenes.
- Après une crise d'aridité (autour de 7 000 ans B.P.), la période entre 6 500 et 4 500 ans B.P. correspond à l'optimum climatique de l'Holocène moyen, humide et relativement chaud, en rapport avec le maximum de la transgression du Mellahien moyen.
- A partir de 4 500 ans B.P., une tendance à l'aridification est observée, rompue vers 2 000 ans B.P. par une pulsation humide sur le littoral. Les changements majeurs deviennent essentiellement le fait de l'action de l'Homme, qui a eu, selon les domaines climatiques, des effets plus ou moins réversibles sur des environnements aux sensibilités et aux potentialités différentes.

Dans la partie nord-occidentale du Maroc, ce schéma peut être corrélé avec l'histoire de l'occupation humaine. Dès 5 300 av. J.C. se développe un Cardial dans lequel la pratique de l'élevage (ovicaprines et bovines) et de la céréaliculture est attestée. Lui succède vers 4 500 av. J.C. un Néolithique moyen à céramiques à caractères proto-campaniformes. Sur la base de nouvelles données chronologiques, une comparaison avec les régions limitrophes est proposée.

36

BACKGROUND TO HUMAN ALIMENTATION DURING THE MIDDLE HOLOCENE IN CENTRAL AND SOUTHERN SAHARA

E. SCHULZ

Geographisches Institut - University Würzburg, Am Hubland - D-8700 Würzburg - R.F.A. -

The present knowledge of the holocene vegetation of the central and southern Sahara is developed enough to start estimations on the type and quantity of resources for human alimentation.

The holocene vegetation of the area concerned was composed of sudanian, sahelian and saharan savannas as well as desert vegetation. The most important boundary, that between the savanna and the desert was shifted to about 20°-22°N. The vegetation mosaic was principally different from the present zonation scheme, which is proofed by pollen records and charcoal floras.

Research on the traditional use of the present vegetation in northern Niger as well as the reconstruction of the holocene land-scape system lead to a tentative map of the possible yield rates of wild millets. They range from 40 to 250 kh/ha under a monsoonal summer rain climate and dependent on the different substratum types and drainage systems. These yield rates reach and even exceed some harvests of the present sahelian agriculture.

Additionally there was an extensive use of an large variety of herbs, shrubs and trees, which hardly can be quantified.

The supply of proteins was mainly guaranteed by mild and milk products. Cattle nomads were the predominant group in the neolithic population of the middle to late holocene. Meat could come from game of goats and sheep, but the meat consumption must not be overestimated.

This gives a sufficient background for the alimentation scheme of the neolithic population of the central and southern Sahara. Apart from the fact that there is no direct proof for early cultivation of plants and an invention of agriculture following the scheme of the neolithic revolution, the alimentation of the population was largely assured by the intelligent exploitation of the vegetation and milk coming from cattle, goat or sheep.

**LES INDICATEURS ANTHROPOGENES DE LA VEGETATION ET
DES SOLS DU DESERT ET DES SAVANES DE L'AFRIQUE
DE L'OUEST**

S. POMEL, F. POMEL-RIGAUD, E. SCHULZ

Geographisches Institut - University Würzburg, Am Hubland - D-8700 Würzburg - R.F.A. -

Les contacts des forêts et des savanes soudaniennes et guinéennes sont partiellement en relation avec des refuges climatiques ou des défens anthropogènes. Les limites sont également sous la dépendance directe des actions et des pressions anthropiques et de leur longue histoire coloniale. Les savane pyromorphes reflètent le mode initial de défrichement: savanes incluses en forêt Adjoukrou ou savanes antifestières Baoulé. Les associations floristiques comme la dynamique reflètent des sélections anthropiques et des modes utilitaires: savanes ubiquistes d'éleveurs, de cultivateurs-défricheurs, de forgerons, de cueilleurs et de cuisiniers, savanes de "buveurs", de "danseurs", de coiffeurs", de pêcheurs (fumeurs, saeurs ...).

Les savanes de la ceinture sahéenne sont reliques de systèmes agraires anciens et actuels, spécialement liés à la production de gomme arabique dans le nord. Les savanes sahariennes

38

CARACTERISATION DE L'ANTHROPISATION DANS LES SPECTRES POLLINIQUES SUBACTUELS DE QUELQUES FORMATIONS VEGETALES DE GRANDE-KABYLIE (ALGERIE)

M. SALAMANI¹, M. REILLE², J-L. de BEAULIEU²

¹ URBT - B.P. 812 - Alger - Gare - ALGERIE -

² Laboratoire de Botanique historique et Palynologie - U.A. CNRS D 1151 -
Faculté Sciences et Techniques Saint-Jérôme - 13397 Marseille Cedex 13 - FRANCE -

Trois transects polliniques de surface, traversant différentes formations végétales plus ou moins dégradées par l'homme de l'Akfaou et du Djurdjura (Grande-Kabylie), précisent les relations qui existent entre ces dernières et la pluie pollinique.

Les taxons qui dispersent le plus abondamment leur pollen sont *Quercus t. Ilex*, *Pinus halepensis*, *Quercus canariensis* et *Alnus glutinosa*: le pollen de ce dernier, contrairement à celui des trois autres, est peu diffusé à l'échelon régional. Une deuxième catégorie est représentée par *Quercus suber* et *Erica arborea*. Enfin, *Cedrus* est un arbre qui diffuse régionalement peu de pollen, contrairement aux chênes.

L'étude de deux courts profils polliniques de suintements tourbeux en bordure de la cedaie de Tala Guilef (Djurdjura) montre des taux de *Cedrus* le plus souvent inférieurs à 10% à seulement une centaine de mètres de la lisière.

Le rapport PA/T, souvent employé comme repère de l'anthropisation, s'avère d'un usage difficile et des taxons marqueurs des formations de dégradation doivent lui être préférés.

RELATIONS PLUIE POLLINIQUE - VEGETATION ANTHROPISEE AU MAROC. LES INDICATEURS POLLINIQUES D'ANTHROPISATION. 1: ETUDE QUALITATIVE

RELATIONSHIPS BETWEEN POLLEN RAIN AND DISTURBED VEGETATION IN MOROCCO. ANTHROPOGENIC POLLEN INDICATORS. 1: QUALITATIVE STUDY

F. SAADI

Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie - Faculté Sciences Saint-Jérôme -
rue E.N. Niemen - 13397 Marseille Cedex 13 - FRANCE -

Afin de faciliter l'interprétation des données polliniques sur l'histoire de la végétation du Maroc, et surtout de mettre en évidence l'impact humain qu'elle a subi, des prélèvements de surface ont été étudiés dans les environs des sites ayant fait l'objet d'analyses polliniques.

En milieux anthropisés, la présence de certains taxons est quasi-constante; leurs fréquences sont variables en fonction de leur présence locale et de leur capacité d'expression pollinique. *Plantago coronopus* et *P. type lanceolata* (en milieu pâturé) peuvent atteindre des fréquences élevées.

D'autres taxons indicateurs d'anthropisation sont plus faiblement représentés: *Plantago major*, *Polygonum aviculare*, *Mercurialis annua*, *Rumex pulcher*, certaines Urticacées (*Urtica dioica*), certaines Asteroidées (*Cirsium echinatum*, ...), certains *Euphorbia* (*E. serrata*, ...), jusqu'à 2%.

Certains de ces taxons, accompagnés de la présence de pollen de céréales jusqu'à 1 km du lieu de prélèvement, sont indicateurs de culture de céréales dans les régions littorales, il est nécessaire de faire la part des conditions édaphiques. En effet, la végétation dunaire comporte, entre autres, des graminées à pollen de type céréale (*Hyparrhenia hirta*) et des taxons naturels des sables littoraux: *Rumex bucephalophorus*, *R. tingitanus*, *Plantago psyllium*, *P. coronopus*, des Brassicaceae (*Draba verna*, ...), des Chenopodiaceae (*Atriplex halimium*, *Salsola kali* ...).

Dans le cas où la végétation locale a une faible expression pollinique, l'anthropisation tend à homogénéiser les spectres. D'où la difficulté en région méditerranéenne de trouver des spectres polliniques vraiment représentatifs de climats différents. Cela permettrait d'expliquer le manque d'analogues valables des spectres anciens, notamment pour les périodes réputées sèches. Une première étude qualitative sur le plan botanique et écologique s'impose.

In order to facilitate pollen data interpretation concerning Moroccan vegetational history, with particular attention to human impact, surface pollen samples were taken in the surrounding palynological sites.

In disturbed area, there is a constant occurrence of some taxa whose frequency varies depending on their local presence and their pollen expression capacity. *Plantago coronopus* and *P. type lanceolata* (in grazed area) can reach high values. Other anthropogenic pollen indicators are weakly represented: *Plantago major*, *Polygonum aviculare*, *Mercurialis annua*, *Rumex pulcher*, some Urticaceae (*Urtica dioica*), some Asteroideae (*Cirsium echinatum* ...), some *Euphorbia* (*E. serrata* ...).

Some of these pollen taxa present together with pollen of cereale not exceeding 2% indicate cereal cultivation at 1 km from the sampling.

APERÇU SUR L'HISTOIRE DE LA VEGETATION DU DJEBEL GHORRA (TUNISIE DU NORD-OUEST) DEPUIS 50 SIECLES

Béchir BEN TIBA* et Michel FONTUGNE**

* Laboratoire de Botanique historique et Palynologie, UAR CNRS D1152, Faculté St-Jérôme, 13397 Marseille cedex 13

** Centre des Faibles Radioactivités, Labo mixte CNRS-CEA, 91198 Gif sur Yvette

Le Djebel Ghorra, l'un des sommets les plus arrosés de la Tunisie (plus de 2000 mm/an), culmine à 1202 m sur la frontière algéro-tunisienne. Il est couvert d'une forêt très ouverte de *Quercus canariensis* et recèle quatre tourbières de petites dimensions dont l'analyse pollinique (130 spectres) a été faite à partir de sondages utilisant le carottier russe. La séquence la plus longue (2,3 m) est étayée de cinq datations radiocarbone, les premières obtenues dans la région, qui s'étalent sur environ cinq millénaires.

L'histoire de la végétation est détaillée dans quatre zones polliniques :

- Zone 1. Elle correspond à un état de boisement optimal pour la chênaie caducifoliée à laquelle se mêle *Cedrus* dont les fréquences, qui atteignent parfois 4%, attestent la présence proche. La base de la zone est datée 4890+/-140 B.P. Une récession transitoire de la chênaie (landnam) est datée de 3900+/-90 B.P.

- Zone 2. Un recul de la chênaie dont les taux polliniques passent d'environ 60% à 30%, caractérise cette période. Les courbes de *Plantago coronopus*, Cistacées, *Rumex*, Composées, Poacées, indiquent l'action anthropique. Le milieu de la zone est daté de 3060 B.P. (occupation carthaginoise et phénicienne).

- Zone 3. Dans cette zone de recrudescence de la chênaie, à partir de 2070+/-80 B.P., les marqueurs de l'anthropisation s'effacent, mais *Erica arborea* se répand, signe de l'ouverture de la chênaie (que compense une meilleure production pollinique).

- Zone 4. Une extrême réduction de la chênaie, des taux maximums d'*Erica arborea* et une véritable steppisation de la montagne caractérisent cette zone d'anthropisation maximale. La date de 940+/-40 B.P. indique que les grandes invasions, Vandales, Byzantins, Arabes, sont probablement responsables de cet état.

D. Fontugne 940
- 2070 B.P. -

INTERACTIONS ENTRE L'HOMME ET SON CADRE DE VIE: EXEMPLE DU SUD-EST MAURITANIEN

J-C. MISKOVSKY

Laboratoire d'Hydrologie et Géochimie Isotopique et U.A. 723 du CNRS -
- FRANCE -
Université Paris - Sud -

Au cours de l'Holocène, la bordure méridionale du désert a connu plusieurs fluctuations climatiques allant de l'humide à l'aride actuel.

En Mauritanie, dans la région aujourd'hui désertique et dépeuplée des Dhar Ou Sann et Tichitt, où sont conservés des témoins d'anciens lacs, de nombreux sites néolithiques ont été mis au jour, attestant un milieu écologique différent de l'actuel (Amblard, 1984).

La présence de vestiges d'une métallurgie du fer et celle d'une céramique abondante (Ould Khattar, 1986, 1987), activités exigeant une abondance de combustible végétal, montrent que l'homme devait bénéficier pour vivre d'une biomasse animale et végétale suffisante.

Actuellement, le climat de la région est de type désertique, particulièrement aride, aux pluies très irrégulières et exceptionnelles, à forte insolation et vents, souvent chargés de sable, soufflant en permanence. Les températures y sont très élevées. La végétation clairsemée et la faune peu nombreuse, constituent un milieu défavorable à l'homme.

L'analyse des sédiments prélevés sur les témoins d'anciens lacs met en évidence une importante transgression lacustre débutant à l'Holocène et s'étendant à une grande partie de l'Aouker.

Les caractéristiques des sables actuels de ces régions de lacs prouvent que leur remise en mouvement s'est effectué sur place à partir de sables anciens piégés dans les sédiments lacustres.

De nouvelles observations et analyses sédimentologiques (Miskovsky, 1989) le long du trajet Nouakchott-Akreijit et dans des coupes de la région de Tichitt, permettent de définir deux zones au point de vue de la dynamique éolienne:

- à l'Ouest, de grandes dunes ogoliennes (entre 20 000 et 12 000 B.P.) constituées à partir de l'altération du substratum et remodelées sur place. Il en résulte un assèchement et une extension intensive et rapide des ergs sur le plateau continental;
- à l'Est, les formations dunaires, moins importantes et plus récentes, formées par les éléments altérés du socle de la chaîne métamorphique et postérieurs à la phase lacustre holocène.

Dans ce secteur, il n'y a pas eu accumulation préalable susceptible de former de grands alignements dunaires comme à l'Ouest. L'intensité de la déflation reste importante, favorisant l'aridification au cours des derniers millénaires et expliquant, en partie, la très forte diminution, voire disparition, des espèces végétales et animales.

Dans cette remise en mouvement des sables, l'action de l'homme ne doit pas être négligeable. En effet, la cuisson des poteries et surtout la fonte du fer ont dû contribuer à la destruction de cette abondante végétation, déjà fortement soumise à l'aridité du climat.

42

FLUCTUATIONS THERMIQUES RECENTES AROUND DU CHOTT- EL-JERID (SUD TUNISIEN)

A. BOUSNINA

Faculté des Lettres et des Sciences Humaines . Tunis

L'auteur propose l'étude des températures moyennes de l'air enregistrées à Tozeur et Guébili durant la période 1900-1985. Les séries mensuelles retenues représentent les températures maximales moyennes et minimales moyennes traitées séparément. un contrôle systématique de la qualité des données a été effectué en vue de détecter les valeurs aberrantes. celles-ci ont été repérées ; notamment avec l'utilisation du critère 3 (écart-type) ; l'hypothèse d'une distribution gaussienne des valeurs ayant été retenues. Les séries mensuelles présentent, par ailleurs, un grand nombre de lacunes qui ont été comblées par des " moyennes régionales " obtenues grâce à l'utilisation de l'analyse factorielle en composantes principales. Le traitement statistique a été orienté pour déterminer les tendances thermiques observées aussi bien au niveau des valeurs moyennes qu'au niveau de leur variabilité structurelle. Des comparaisons entre les différentes séries ont permis de relever des nuances parfois significatives.

CHRONOLOGIE ET MECANISME DE LA DERNIERE DEGLACIATION

J.-C. DUPLESSY, M. ARNOLD

Centre des Faibles Radioactivites - Laboratoire mixte CNRS - CEA -
91198 Gif-sur-Yvette Cedex - FRANCE -

Un programme intensif de datation carbone-14 par accélérateur de sites océaniques et continentaux a été mis en oeuvre à l'aide du Tandétron afin de déterminer les détails de la chronologie de la dernière transition entre les conditions glaciaires et les conditions interglaciaires de l'Holocène.

Les résultats obtenus sur un ensemble de carottes prélevées dans les différents bassins océaniques témoignent du caractère quasi-synchrone de la transition climatique dans l'ensemble des eaux de surface de l'océan mondial avec des phases de changements abruptes, notamment vers 12 500 ans B.P.

Le synchronisme des variations de composition isotopique présentées par les foraminifères planctoniques (vivant dans les eaux superficielles) et benthiques (vivant dans les eaux de fond) démontre que la circulation océanique a été accélérée pendant cette phase de transition climatique et que le signal isotopique de la déglaciation s'est transmis dans l'ensemble des bassins océaniques en moins de 1000 ans, soit environ deux fois plus vite que ne le permettrait la circulation actuelle.

L'analyse de sites continentaux européens montre que la végétation a répondu rapidement aux variations des conditions climatiques, pratiquement en phase avec les changements observés dans l'océan Atlantique voisin.

Le caractère abrupt des changements de conditions climatiques lors de la dernière déglaciation démontre que le système climatique répond de manière non-linéaire au forçage de l'insolation qui a été beaucoup plus progressif, puisque les périodes dominantes dans ces variations sont celles de Milankovitch (19 000, 41 000 ans).

UN REFROIDISSEMENT SYNCHRONE DU DRYAS RECENT DANS LE PACIFIQUE NORD-OUEST

N. KALLEL⁽¹⁾, L. D. LABEYRIE⁽²⁾, A. JUILLET-LECLERC⁽²⁾ et J. C. DUPLESSY⁽²⁾.

(1) Ecole Nationale d'Ingénieurs BP W, 3038 Sfax (Tunisie).

(2) Centre des Faibles Radioactivités. Domaine du CNRS, 91198 Gif-sur-Yvette Cedex, France.

La dernière déglaciation s'est traduite par la disparition des calottes de glace de la Laurentide et de l'Europe du Nord et par la réduction de l'extension des banquises Arctiques et Antarctiques en une courte période de temps (entre environ 15 000 ans BP et 8 000 ans BP). Elle a été associée au maximum d'insolation solaire d'été au niveau des hautes latitudes de l'Hémisphère Nord, centré autour de 11 000 ans BP.

La chronologie des changements de la circulation de surface dans l'océan Atlantique Nord, lors de la dernière déglaciation, est relativement bien définie. Dans l'océan Pacifique Nord, aucune étude détaillée de la dernière déglaciation n'est disponible. Les enregistrements isotopiques et micropaléontologiques d'une carotte de sédiment prélevée dans le Pacifique Nord-Ouest, couvrant la dernière déglaciation, ont été datés en spectrométrie de masse ¹⁴C par accélérateur. Cette étude montre que dans l'océan Pacifique Nord Ouest, le réchauffement post-glaciaire s'est produit en deux étapes séparées par un refroidissement majeur entre 11 000 ans BP et 10 000 ans BP. Ce refroidissement est apparu à la même époque que le Dryas récent en Europe et dans le Nord de l'océan Atlantique. L'amorce de la déglaciation apparaît vers 14 750 ans BP, suivie du retrait du front polaire vers 12 750 ans BP. Le front polaire atteint sa position la plus septentrionale, durant cette période, vers 11 450 ans BP. Un refroidissement synchrone du Dryas récent est marqué entre environ 11 000 ans BP et 10 000 ans BP par une position plus méridionale du front polaire.

La comparaison des variations climatiques de l'océan Pacifique Nord et de l'océan Atlantique met en évidence que, lors de la dernière déglaciation et spécialement pendant le Dryas récent, les changements de la circulation de surface dans l'océan Atlantique Nord et dans l'océan Pacifique Nord Ouest étaient synchrones indiquant l'importance générale de ces événements dans les hautes latitudes de l'Hémisphère Nord.

POLLENS DANS LES CAROTTES MARINES DU GOLFE DE GABES: SIGNAUX CLIMATIQUES ET ANTHROPIQUES

A. BRUN

Géodynamique des milieux continentaux - Université P. et M. Curie -
4, place Jussieu - 72252 Paris Cedex 05 - FRANCE -

L'analyse palynologique des carottes marines dans le golfe de Gabès et à proximité des îles Kneiss et Kerkennah permettent d'appréhender les modifications du paysage botanique en Tunisie depuis 20 000 ans. A cette époque prédomine une steppe riche en *Artemisia* et chénopodiacées, témoin d'un climat relativement aride. A partir de 12 000 B.P. apparaissent les premiers signes d'humidité avec l'augmentation des Cypéracées et des Ptéridophytes, suivis par celle de *Quercus* (type *ilex* et à feuillage caduc), des essences mésophiles actuellement nord-tunisiennes ou allochtones. Vers 8 500 B.P., alors qu'*Artemisia* a sa plus faible représentation, *Olea* et *Pistacia* prennent leur essor, témoignage d'un optimum climatique à la fois hydrique et thermique. Vers 4 500 B.P., les hygrophytes amorcent leur régression attestant une tendance vers une nouvelle aridification. Si *Olea* garde une représentation sensiblement voisine de celle de *Pistacia* jusqu'au début de l'époque historique, à partir de l'an mil ou un peu avant, cet arbre assure sa prépondérance, par suite vraisemblablement de l'extension, sur une plus grande partie de la Tunisie, des oliveraies qui devaient être jusque là cantonnées dans le Nord tunisien. La forte extension d'*Olea* dans la partie terminale des séquences témoignerait de la mise en valeur de la Basse Steppe jusqu'alors terrain de parcours pour les nomades au cours des derniers siècles. Si des changements climatiques sont à l'origine des transformations de la végétation jusqu'au début de l'Holocène, par contre, à partir du Néolithique, la pression anthropique s'accroît et il devient difficile d'établir la part respective des facteurs climatiques et humains dans ces modifications du paysage végétal. Quel facteur notamment a déclenché, à la fin de l'époque romaine, un processus de steppisation avec l'accroissement d'*Artemisia*, et qui va de pair avec la substitution de la chênaie sclérophylle à la chênaie caducifoliée: aridification ou désertification ?

EVOLUTION OF QUATERNARY REEF TERRACES ALONG THE ARCS OF EASTERN SUNDA AND WESTERN BANDA, INDONESIA: MARKERS OF TECTONIC, ENVIRONMENTAL AND CLIMATIC PHENOMENONS

**W.S HANTORO¹, H. FAURE², C.T. HOANG³, C. JOUANNIC⁴,
P.A. PIRAZZOLI⁵**

¹ Geoteknologi -LIPI, Jl.Cisitu-Sangkuriang 21/154D - Bandung - 40135 - INDONESIA -
Presently at Laboratoire de Géologie du Quaternaire - CNRS - Case 907 - Luminy -
13288 Marseille Cedex 9 - FRANCE -

² Laboratoire de Géologie du Quaternaire - CNRS - Case 907 - Luminy -
13288 Marseille Cedex 9 - FRANCE -

³ CFR-CEA domaine géologie, CNRS, 1 av. de la Terrasse - 91190 Gif sur Yvette - FRANCE -

⁴ ORSTOM - 213 rue La Fayette - 75010 Paris - FRANCE -
presently at Puslitbang Geoteknologi LIPI - Bandung - INDONESIA -

⁵ CNRS-URA 141, Laboratoire de Géographie Physique -1 Place Aristide Briand -
92190 Meudon-Bellevue - FRANCE -

The eastern Sunda arc and western Banda arc consist of an active volcanic island belt and an outer non volcanic ridge. Both are intensively influenced by an active vertical uplift which then produced a series of terrace flights whose evolutionary pattern seems slightly different from one another, depending on the tectonic, environmental or could be climatic which influenced.

Along the inner active volcanic belt, in the eastern sector of the Sunda arc, the series of the terraces are quite narrow and discontinues. They are built and characterised by volcano clastic deposits associated with marine clastic sediments or reefal limestones. There are no datable samples which could confirm their ages. To the east, the series are more frequent and continuous, covered by poly-conglomeratic limestone. Between the Sunda and the Banda arcs there is found an active SW - NE seismic zone. East of this zone starting from the island of Alor, the inner volcanic belt have not been active since Pliocene time. In this part, the series of the terraces are wholly built from coral reef limestone. The terraces are not so large but they are continuous and uplifted up to 500 m high. A favourable environment for the reef growth and a rapid vertical movement seems to have influenced this sector. The latter is confirmed by Th/U dates of 134 ± 9 ka ages of a coral sample obtained insitu and in its growth position within a terrace of 150 m high.

Along the outer ridge, numerous series of large, high and continuous terraces of the Quaternary corraline limestone cover the islands from Sumba to Timor. They lie unconformably upon Tertiary sedimentary or older metamorphic rocks and have been uplifted up to several hundred meters high (1000 -1200 m) in the central part of Timor (between Kapan and the south of Atambua) decreasing to the west up to 500 m at Camplong area and 200 m from Kupang - Semau area to the Sabu island. Ages of terraces in Tenau, Kupang, varie from 121 ka to 177 ka. In the Sumba island, the serie of the terraces are found to be continuous and very large, uplifted up to 600 m high but show different evolutionary pattern between the eastern and western parts. Some coral samples were recolted from Cape Laundi area, East Sumba, dated by Th/U method, give ages ranging from 120 ka to > 350 ka.

The large and continuous development of the terraces along the outer ridge must have been controlled by long periods of relative stability between land and sea level that occurred for instance during the warm climate which favoure the development of coral platformes at relative high sea level. Particularly to the north-eastern part of the Sumba, the formation of the terrace may have been also supported by large, shallow and flat substratum produced by an intensive sedimentary flows during an humid season.

FORMES ET DEPOTS D'AGE HOLOCENE ET HISTORIQUE
SUR LES COTES DE LA TUNISIE

A. OUASLATI

Département de Géographie à la Faculté
des Sciences Humaines et Sociales
de Tunis

Résumé:

Les régions côtières de la Tunisie ont hérité de l'Holocène et de l'époque historique :- quatre générations de dépôts liés aux eaux courantes, -trois générations de dunes et - les témoins d'au moins deux niveaux marins supérieur et inférieur à l'Actuel.

C'est au bord de la mer qu'on trouve les superpositions les plus complètes. Dans les vallées, la morphologie est avant tout marquée par un étagement ou un emboitement de terrasses d'accumulation ou d'érosion. Souvent, les plus apparentes de ces terrasses sont d'âge historique.

Les dépôts et formes sont assez bien calés chronologiquement grâce à des datations radiométriques ou à des vestiges archéologiques (préhistorique et historique). Leur étude permet de reconstituer différentes étapes dans l'évolution récente.

Celle-ci s'est déroulée sous l'influence de variations climatiques et eustatiques, mais le rôle de l'Homme est devenu essentiel au cours des temps historiques.

MOUVEMENTS EUSTATIQUES AU QUATERNAIRE:
ROLE DES VARIATIONS CLIMATIQUES ET DE LA TECTONIQUE
DES PLAQUES

Y. KAMOUN

I.N.R.S.T, BP 95.2050 Har m-lif. Tunisie.

Résumé:

Les mouvements eustatiques variants entre -110 m et + 40 m au cours du Quaternaire ne peuvent pas être expliqués uniquement par l'accumulation (ou la fusion) des glaces dans les régions polaires . Le rôle principal dans ces fluctuations eustatiques est à accorder aux mouvements des plaques , et ce par l'approfondissement (ou le soulèvement) des fonds océaniques , lesquels constituent les 3/4 de la surface du globe.

Bien qu'elles soient sans influence notable sur l'eustatisme, les fluctuations climatiques ont bien marqué l'ère Quaternaire. Elles s'expliquent principalement par des variations dans l'obliquité de l'axe de rotation de la Terre (actuellement de 23°57') : un redressement de l'axe de rotation de la Terre conduirait à une extension des glaces permanentes dans les régions polaires , ainsi à un refroidissement du climat sur nos latitudes.

Tectonique des plaques et variations climatiques ne sont pas deux phénomènes complètement indépendants . En effet, un changement dans la répartition des masses à l'intérieur de la Terre , dû à la Tectonique des plaques, provoquera une transformation dans l'axe de symétrie de la planète et par conséquence une variation dans l'obliquité de l'axe de rotation de la Terre. Ainsi des changements climatiques du genre glaciaire - interglaciaire auront lieu.

L'activité humaine pourrait avoir des conséquences quant aux changements microclimatiques , mais n'aura pas pour effet un soulèvement du niveau général des mers ni même des changements climatiques de type glaciaire interglaciaire.

SIMULATION DE LA REMONTEE FLANDRIENNE
SUR LA NAPPE DES SABLES INFÉRIEUR
EN GIRONDE-FRANCE

M. CHALBAOUI (1),

E.N.I.Sfax.

P. POUCHAN (2),

Bordeau III France.

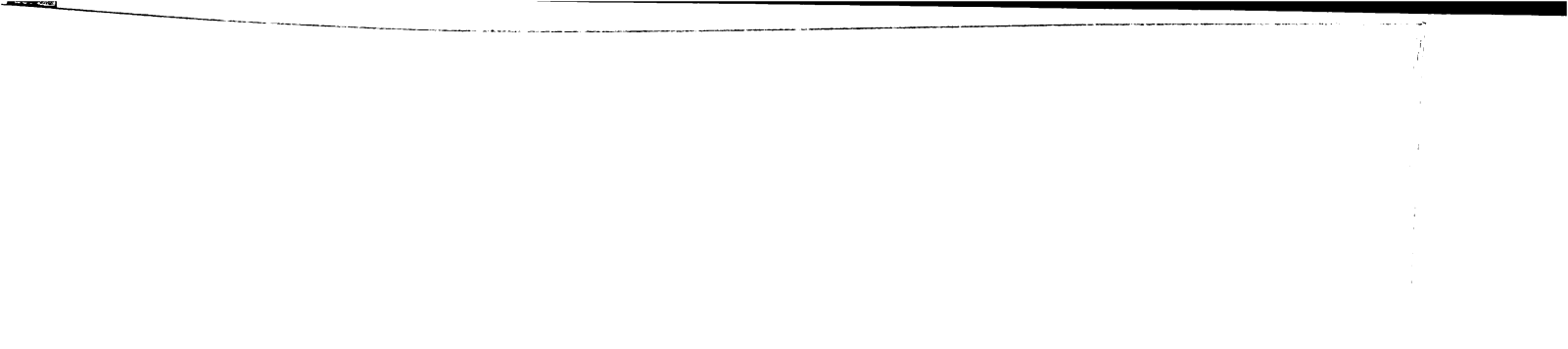
Résumé:

Depuis très longtemps, la modélisation physique a été considérée comme un outil permettant de simuler des phénomènes naturels notamment dans le domaine de l'hydrologie et de l'hydrogéologie.

Cette technique plus ou moins utilisée de nos jours permet de résoudre les problèmes posés par l'hydrodynamisme, l'hétérogénéité, l'anisotropie, les conditions aux limites, l'écoulement tridimensionnel...

Son application envisagée dans le présent article est l'introduction à l'étude des régimes transitoires longs (plusieurs milliers d'années) concernant les grands systèmes aquifères. Il s'agit de l'étude de la fluctuation engendrée sur la nappe des sables inférieurs d'Aquitaine par la remontée du niveau général de la mer à l'époque flandrienne et ce par le biais d'un modèle analogique électrique.

Le modèle utilisé est de type résistance-capacité et l'établissement d'une carte schématique de la fluctuation de la nappe due à la remontée du niveau de la mer.



***THE IMPACT OF LATE QUATERNARY CLIMATE CHANGE AND
RECENT HUMAN IMPACT ON THE FORESTS OF EAST GIPPSLAND,
VICTORIA, AUSTRALIA***

P. A. GELL, C. E. KENYON

*Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie Isotopique - Bât. 504 - Université Paris-Sud -
91405 Orsay Cedex - FRANCE -*

The results of studies on sediment cores from two forested sites in south-eastern Australia reveal changes attributable to fluctuations in climate over a period of 26,000 years and, more recently, to the activities of people since the arrival of Europeans at the beginning of last century. The pollen and macrofossils of the older, coarser record indicate that the pre-glacial, Eucalyptus dominated forest became more open towards the height of the glacial, but that a substantial tree cover remained. This is unlike all other sites in temperate, mainland south-eastern Australia for which the values of forest pollen are negligible at this time. The sedimentological and palaeobotanical records reveal changes in regional climate, but its impact here appears to have been less extreme than elsewhere in the region.

A fine resolution record from the second site (for which there is also a 12,000 years published record) reveals environmental conditions before and after the arrival of Europeans. The influence of Aborigines on the forest ecology appears to have been negligible. A more intensive pattern of burning is coincident with the first settlement of Europeans in the region. A subsequent decline in burning is identified to correspond with the imposition of stricter government controls on forest use after severe wildfires in 1939. Finally recent, dramatic changes in the incidence of pollen of key aquatic taxa are attributed to clear-cutting activities for timber higher in the catchment.

Evidence from the sites reveals that the forest has been relatively unresponsive to climate change and that the activities of modern people have induced changes which are at least as notable as those attributable to climate. Clear-cutting activities may be responsible for a hydrological change which is perhaps the most significant for the entire Holocene.

**ACTIVITE METALLURGIQUE ET DEFORESTATION:
ESSAI D'EVALUATION DANS LA REGION DES GRANDS
LACS AFRICAINS**

E. VIGNATI-PAGIS

*Centre de Recherches Africaines - Université de Paris I -
9, rue Malher - 75004 Paris - FRANCE -*

Pour documenter la relation entre déforestation et métallurgie, il est essentiel d'évaluer l'état du paysage tel qu'il résulte du changement climatique et de l'activité humaine au moment des premiers sites métallurgiques (7ème B.C.). A partir de cette situation, on s'interrogera sur le rôle de la métallurgie dans la poursuite du processus de cette "humanisation" de l'environnement, voire dans l'accélération de la déforestation. Les méthodes d'évaluation passent par une étude ethno-archéologique: quantification des besoins en charbons de bois, identification des essences, cartographie des sites.



54

ENVIRONMENTAL HISTORY OF THE MIDDLE ATLAS, MOROCCO: CLIMATIC AND HUMAN IMPACTS

H.F. LAMB

Institute of Earth Studies - University College of Wales - Aberystwyth SY23 3DB - U.K. -

Pollen analyses of lake sediment cores from four lakes in the Middle Atlas region of Morocco provide evidence for substantial human impact on the forest vegetation since at least 5,000 B.P. Localised periodic clearances of *Pinus* forest since 4,700 B.P. are recorded at Dayat Iffir in the northern part of the region, before a major episode of forest clearance at 2,000 B.P., which gave rise to the present *Quercus rotundifolia* dominated vegetation. Locally, the abundance of *Cedrus* has decreased, but the most severe effect has been on the *Q. canariensis*, which is now relatively rare in the area. Overall, forest diversity has diminished and become more open and scrub-dominated as a result of human exploitation.

Climatic events are apparent only in the previously-described record from Tigalmamine, where abrupt vegetational and lake-level changes took place at 14,000, 12,000 and 8,500 yrs B.P. Additional sedimentological and biostratigraphic data will be presented to test these conclusions.