

# Programme Palhydaf État d'avancement, janvier 1987

J.Ch. FONTES <sup>(1)</sup>, F. GASSE <sup>(2)</sup>

et selon les secteurs :

- *Tunisie méridionale* : CARBONEL, P. <sup>(3)</sup>, CAUSSE, C. <sup>(4)</sup>, BEN KHELIFA, L. <sup>(2)</sup>, BEN OUEZDOU, H. <sup>(5)</sup>, ZAOUALI, J. <sup>(5)</sup>, ZOUARI, K. <sup>(1)</sup>
- *Nord Niger* : CARBONEL, P. <sup>(3)</sup>, DUBAR, C. <sup>(1)</sup>, EL HAMOUTI, N. <sup>(2)</sup>, PLAZIAT, J.C. <sup>(1)</sup>, SERVANT, M. <sup>(6)</sup>
- *Sud Niger* : DURAND, A. <sup>(7)</sup>, OUSMANE, B. <sup>(8)</sup>, PLAZIAT, J.C. <sup>(1)</sup>, SALOMÉ, G. <sup>(1)</sup>, SCHULZ, E. <sup>(9)</sup>
- *Grand Erg Occidental* : CALLOT, Y. <sup>(10)</sup>, CARBONEL, P. <sup>(3)</sup>, DE DEKKER, P. <sup>(11)</sup>, DUPEUBLE, P.A. <sup>(12)</sup>, PLAZIAT, J.C. <sup>(1)</sup>, SOULIÉ-MARSCHÉ, I. <sup>(13)</sup>

## RAPPEL DES OBJECTIFS

Reconstitution des variations hydrologiques et climatiques en Afrique boréale depuis 125 ka, à partir de sondages réalisés selon deux directions méridiennes (Tunisie-Niger, Algérie-Mali, 30° N-10° N), dans des zones endoréiques ou aréiques.

On cherche à relier : variations hydrologiques des bassins, variations climatiques, origine et migrations des dépressions génératrices de précipitations.

## TECHNIQUES

Datations radiométriques (<sup>14</sup>C conventionnel et à l'accélérateur, déséquilibre U/Th), paléomagnétisme, biomarqueurs (diatomées, charophytes, ostracodes, mollusques, foraminifères, pollens), géochimie élémentaire et isotopique sur carbonates.

L'un des enseignements essentiels des investigations est le rôle déterminant des facteurs hydrologiques locaux et des fluctuations de niveau et de salinité des milieux aquatiques. L'interprétation paléoclimatique ne peut être abordée qu'après correction de ces effets.

## PALHYDAF : MÉRIDIEN ORIENTAL : SUD TUNISIE - SUD NIGER

### Site 1 : Tunisie méridionale

#### *Basse vallée de l'Oued El Akarit*

Le site livre un enregistrement exceptionnel des conditions de milieu au cours du Quaternaire supérieur, en raison de sa situation hydrologique particulière : alimentation par des eaux souterraines (remontées de la nappe artésienne du Ponto-Pliocène), colmatage des fonds par des dépôts fins, zones de rétention et de confinement à l'amont de barrages du cours engendrés par des dépôts de sources (FONTES *et al.*, 1983).

Deux carottages ont été réalisés : le premier (23,7 m) dans un secteur de rétention (« poche à Cardium »), le second à proximité de l'embouchure de l'oued (20 m). Ils livrent une accumulation de dépôts fins reflétant plusieurs épisodes lacustres ou palustres (silt argileux, carbonates, tourbes, gypse) séparés par des phases détritiques (dépôts fluviaux ou éoliens). Les datations <sup>14</sup>C fournissent le calendrier des événements jusque vers 40 000 B.P. (à 21 m) et 47 000 B.P.

(1) Université de Paris Sud, Bât. 504, F 91405 Orsay Cedex, UA 723, CNRS.

(2) École Normale Supérieure, BP 81, F 92261 Fontenay-aux-Roses Cedex, UA 723, CNRS.

(3) I.G.B.A., Université Bordeaux I, F 33405 Talence Cedex.

(4) LGQ, Case 907, Université Marseille-Luminy, F 13288 Marseille Cedex 2.

(5) Centre des Sciences de la Terre, Bordj Cédria, Tunisie.

(6) ORSTOM, 70-74, route d'Aulnay, F 93140 Bondy.

(7) Institut des Sciences de la Terre, Université de Dijon, F 21100 Dijon.

(8) Département des Sciences de la Terre, Université de Niamey, Niger.

(9) Geographisches Institut der Universität, D 8700 Würzburg, RFA.

(10) Département de Géographie, Université d'Oran, Es Sénia, Algérie.

(11) Monash University, 3168 Clayton Victoria, Australia.

(12) Université de Rouen-Haute Normandie, F 76130 Mont-Saint-Aignan.

(13) Université du Languedoc, F 34060 Montpellier Cedex.

(à 12,40 m) pour les sondages 1 et 2 respectivement. Les biomarqueurs, diversifiés et abondants dans certains niveaux (diatomées, charophytes, ostracodes, mollusques, foraminifères) témoignent de larges fluctuations de la salinité qui atteint parfois celle de l'eau de mer. Les teneurs en isotopes lourds peuvent être rapportées à une alimentation en eau d'origine continentale, plus ou moins évoluée sous l'effet de l'évaporation.

**Région des chotts Fedjej, Djerid et Bou Chareb**

Un carottage dans le chott Bou Chareb a révélé deux niveaux d'origine aquatique (argile carbonatée vers

3 m, et carbonates laminés vers 8,50 m) datés ( $^{14}C$ ) de 13 000 et 33 000 B.P. respectivement. Dans les chotts Djerid et Fedjej, des dépôts à *Cardium* avaient été attribués au Villafranchien et au Pléistocène supérieur (âges  $^{14}C$  : 35 000-20 000 B.P.), et considérés comme marins et témoins de soulèvement tectonique. Nos investigations, qui s'appuient sur des âges U/Th (140 000-100 000 B.P.), les rapports isotopiques de l'uranium, et les microorganismes (ostracodes, diatomées) démontrent l'origine continentale des eaux, qui, sous l'effet de l'évaporation, pouvaient atteindre une salinité proche de celle de l'eau de mer.

L'ensemble des résultats permet d'établir un lien

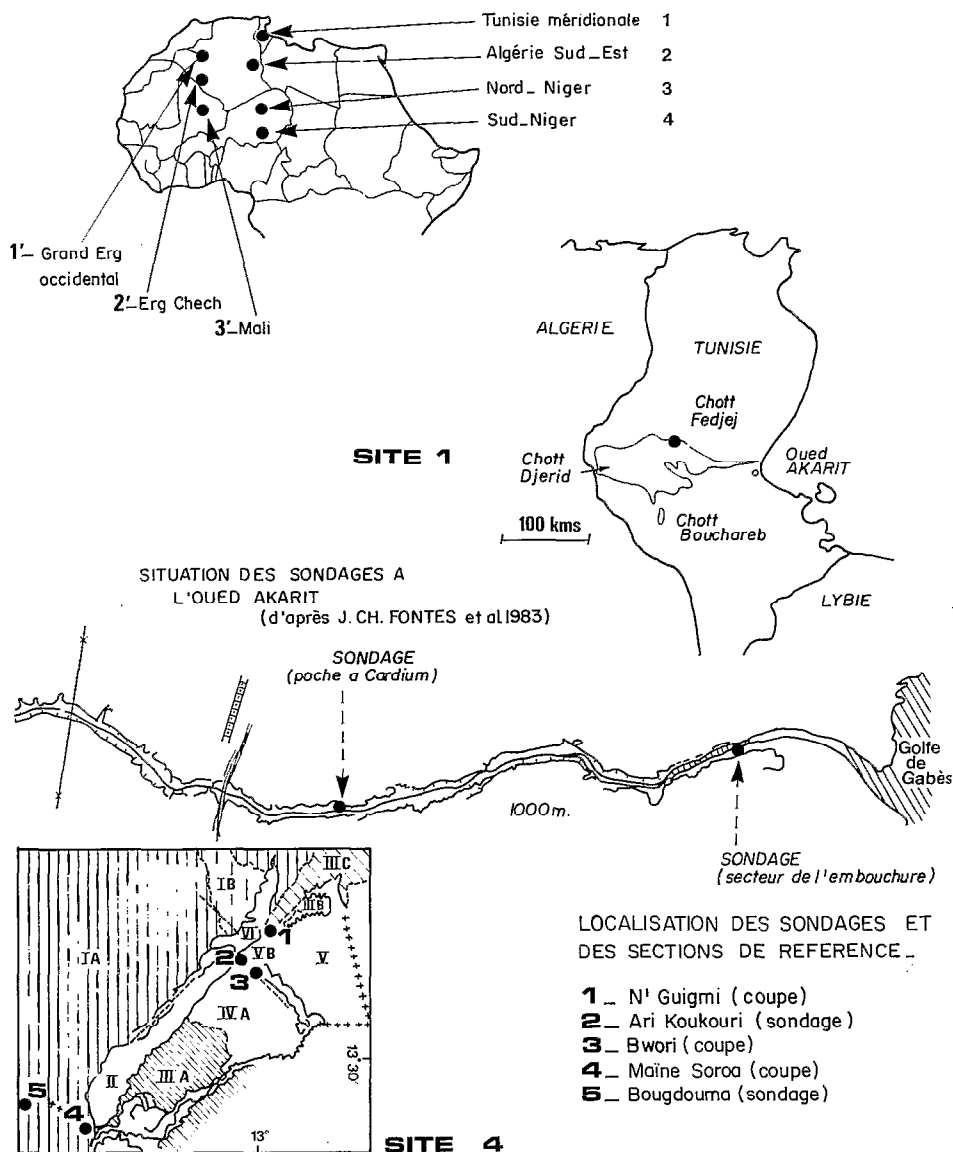


Fig. 1. — Palhydraf : localisation des sites.

entre l'histoire hydrologique des grands chotts, les variations de l'hydraulicité du bassin versant et des conditions de drainage commandées par les fluctuations du niveau marin.

## Site 2 : Nord Tinrhert

Reconnaissance prévue, avril 1987.

## Site 3 : Nord Niger

Le résultat essentiel des travaux de reconnaissance est la mise en évidence de sédiments lacustres d'âge Pléistocène supérieur, dans les bassins des bordures orientales de l'Aïr.

### *Dépression de l'Adrar Bous, au pied des montagnes de l'Aïr*

Quatre forages à la tarière (5 à 7,50 m) complètent les coupes à l'affleurement. Le Pléistocène supérieur (deux âges  $^{14}\text{C}$  : 25 000-14 000 B.P., qui restent toutefois à contrôler et éventuellement à corriger des effets de vieillissements dus à l'apport d'eaux souterraines) est représenté par une accumulation d'origine aquatique, fluvio-lacustre. Des niveaux de calcite authigène très purs alternent avec des sédiments riches en éléments détritiques (argiles, graviers et sables). L'ensemble est pauvre en organismes (à l'exception des diatomées dans certains niveaux). Les teneurs en isotopes lourds traduisent une tendance croissante au confinement du milieu et à l'augmentation de l'évaporation.

Après un dépôt de sable fin (Kanémien ?) à nodules calcaires, vient un niveau carbonaté qui traduit un changement brutal des conditions de milieu : remise en eau, et forte activité biologique. Ce niveau se caractérise par un pic très négatif des teneurs en  $^{13}\text{C}$ , et par l'abondance et la diversité des restes organiques (diatomées, charophytes, ostracodes, poissons...). D'après la flore de diatomées (*Cyclotella caspia*, *Campylodiscus clypeus*, *Mastogloia* spp...), les eaux seraient mésosalines et de type chloruré et/ou sulfaté.

On passe progressivement aux diatomites silteuses de l'Holocène (plusieurs épisodes), pauvres en carbonates, et à flore d'eau douce (dominance de *Melosira granulata*, aux frustules très fragmentés, pendant la phase d'extension maximale ca 8 500 B.P., ou des épiphytes cf. *Epithemia zebra*, *Rhopalodia gibba* durant les stades palustres).

### *Dépression interdunaire de Tin Ouaffadene, en bordure du Ténére*

En raison de son alimentation par une nappe souterraine, les sédiments lacustres sont pratiquement dépourvus d'éléments détritiques. La taille réduite de cette dépression a permis une étude fine des variations du niveau des eaux (par corrélations entre

coupes de fond et coupes littorales, et mesures de l'altitude relative des lignes d'anciens rivages).

Le Pléistocène supérieur est représenté par une diatomite très pure reposant directement sur le socle rocheux. Elle est dépourvue de carbonate, finement laminée, à flore planctonique d'eau diluée. A l'Holocène, les sédiments (>9 800 à 7 300 B.P.), sont carbonatés (calcite authigène) et riches en organismes variés. Une excellente corrélation s'observe entre changements d'associations de diatomées, paléosalinités (déduites des organismes), teneurs en isotopes lourds, et courbe de fluctuations du niveau des eaux. Dans le fond du bassin, chaque remontée de la nappe (déduite de la courbe  $^{18}\text{O}$ ) induit un bloom de diatomées d'eau diluée (en particulier *Melosira ambigua* et *Synedra acus*), suivie d'une phase évaporatoire et d'une augmentation progressive (mais modérée) de la salinité.

Malgré la proximité de ces deux bassins, les faciès sédimentaires et les microflores recensés diffèrent profondément en fonction du contexte géologique et hydrologique local.

## Site 4 : Sud Niger (nord-ouest du lac Tchad)

Le choix des bassins a été orienté par l'étude géomorphologique du Kadzell et du Manga (DURAND *et al.*, 1984, et *Géodynamique*, 2 (2) 87 : 144-145).

Les résultats obtenus sur les sédiments lacustres ou palustres confirment, dans l'ensemble, les résultats de SERVANT (1973) et SERVANT-VILDARY (1978) pour la période 13 000 B.P.-Actuel. Toutefois, nous n'avons pas observé de témoins d'un grand lac Tchad à 320 m vers 6 000 B.P. (voir résumé DURAND *et al.*).

L'étude a porté sur plusieurs dépressions interdunaires liées au système du lac Tchad (nombreuses coupes à l'affleurement, sondages à la tarière à Ari Koukouri, bordure du lac Tchad (8,35 m) et à Bougdouma dans le Manga (3,35 m). Les tendances générales suivantes se dégagent de l'évolution des différentes dépressions :

— > 12 000 B.P. : absence de sédiments lacustres dans la plupart des bassins, mares hypersalées dans quelques dépressions du Manga (alimentées par la nappe), telle que Bougdouma ;

— 12 000-10 000 B.P. : des dépressions antérieurement asséchées (Bwori, Ari Koukouri, Maïne Soroa) sont occupées par des mares à salinité fluctuante. A Ari Koukouri, les teneurs en isotopes stables et les biorestes reflètent, vers 10 700-10 300 B.P., un milieu confiné avec fluctuations (saisonnnières ?) de la salinité (eau douce à mésosaline) attribuées aux effets de l'évaporation au cours de chaque cycle hydrologique. Un lac dilué s'installe à Bougdouma. Dans l'ensemble, les faciès (calcite de précipitation chimique dominante) suggèrent que la mise en eau est liée à la remontée des nappes ;

— vers 8 400-8 000 B.P., plusieurs lacs d'eau douce peu profonds (Ari Koukouri, Maïne Soroa, Boug-

douma) coexistent. La microflore planctonique supporte bien les eaux turbides et de faible transparence, et les sédiments sont riches en matériel détritique fin. Cet épisode pourrait donc être lié à l'intensification des écoulements de surface ;

— de < 6 400 B.P. ca 4 000 B.P., les sites de N'Guigmi et d'Ari Koukouri paraissent connectés, en surface, au lac Tchad. Les biomarqueurs y témoignent d'une bonne régulation saline. Les conditions fluctuent, de oligosalines à mésosalines-alcalines, à Bougdouma ;

—à l'Holocène supérieur, un marécage aux eaux de fond acides et réductrices s'installent à N'Guigmi (3 800-1 800 B.P.), alors que la dépression de Bougdouma évolue vers une saline hyperalcaline.

Les variations recensées dans les différentes dépressions sont interprétées en termes de fluctuations de bilans hydrologiques et salins régis par les perméabilités et les gradients propres à chaque bassin. Il en

## BIBLIOGRAPHIE

DURAND (A.) *et al.*, 1984. — *Palaeoecology of Africa*, 16 : 215-243.  
DURAND (A.) *et al.*, 1987. — Nord-ouest du lac Tchad : Manga et Kadzell. *Géodynamique*, 2 (2) 87 : 52-53.  
FONTES (J.Ch.) *et al.*, 1983. — *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 3, 43 : 41-62.

SERVANT (M.), 1973. — Thèse, Université Paris VI, *Trav. et Doc. ORSTOM*, n° 159, Paris, 1983, 573 p.

SERVANT-VILDARY (S.), 1978. — Thèse, *Trav. et Doc. ORSTOM*, n° 84, 2 vol., 346 p.

## Biomarqueurs et paléoenvironnements en régions désertiques Exemples des lacs holocènes du Nord Sahara

F. GASSE<sup>(1)</sup>, J.C. PLAZIAT<sup>(2)</sup>, Y. CALLOT<sup>(7)</sup>, P. CARBONEL<sup>(3)</sup>,  
P. DE DECKKER<sup>(4)</sup>, I. SOULIÉ-MARSCHÉ<sup>(5)</sup>, P.A. DUPEUBLE<sup>(6)</sup>

### PROGRAMME PALHYDAF, DEUXIÈME MÉRIDIEN

#### Site 1'

Des sédiments lacustres ou palustres, carbonatés, affleurent dans plusieurs dépressions fermées en bordure nord du Grand Erg Occidental (Algérie). Un dossier analytique détaillé (biorestes, géochimie et isotopes stables sur carbonates) a été établi (FONTES *et al.*, 1985 ; GASSE *et al.*, 1987). Il conduit à une interprétation paléohydrologique des fluctuations recensées dans les différentes dépressions entre 9 800 et 2 800 B.P., liées aux variations de la nappe de l'Erg et à la topographie locale.

Les biorestes y sont abondants et diversifiés (158 taxons incluant diatomées, chrysophytes, charophytes, ostracodes, mollusques et foraminifères).

Les associations d'organismes reflètent un large

éventail écologique, allant depuis des marécages permanents aux eaux très diluées, jusqu'à des sebkhas mimant le milieu marin. L'un des faits les plus remarquables est la coexistence, dans un échantillon donné, d'organismes ayant des exigences écologiques très différentes. L'ampleur des fluctuations à court terme et la diversité des microhabitats dans les écosystèmes sont ainsi décelées et estimées.

#### *Reconstitution des conditions écologiques moyennes*

Une attention particulière est accordée au facteur salinité. Les organismes et les assemblages fossiles sont classés en fonction de leurs exigences et de leurs tolérances vis-à-vis de la salinité totale (TDS). Une calibration du TDS est tentée à partir des diatomées, sur la base d'échantillons actuels d'Afrique du Nord, prélevés dans des eaux douces à hypersalines.

(1) École Normale Supérieure, BP 81, F 92261 Fontenay-aux-Roses Cedex, UA 723, CNRS.

(2) Université Paris-Sud, Bâtiment 504, F 91405 Orsay Cedex, UA 723, CNRS.

(3) I G B A., Université Bordeaux I, F 33404 Talence Cedex

(4) Monash University, 3168 Clayton Victoria, Australia.

(5) Université du Languedoc, F 34060 Montpellier Cedex.

(6) Université de Rouen-Haute Normandie, F 76130 Mont-Saint-Aignan.

(7) Département de Géographie, Université d'Oran Es Sénia, Algérie.