

DEUX ENREGISTREMENTS MORPHOSÉDIMENTAIRES
DES RYTHMES CLIMATIQUES EN DOMAINE MÉDITERRANÉEN
DU TARDIGLACIAIRE A L'ATLANTIQUE
(Bassin du Saignon, Alpes du Sud,
Marais des Baux, Basse Provence)



Hélène BRUNETON*, Cécile MIRAMONT** et Valérie ANDRIEU-PONEL**

RÉSUMÉ

Les fluctuations des niveaux lacustres sont déterminées dans le Marais des Baux (Basse Provence, France) depuis le Dryas récent jusqu'à l'Atlantique à partir de l'étude des concrétions carbonatées et des faunes d'ostracodes. Durant la même période, l'étude dendro-géomorphologique du gisement de bois subfossiles dans le bassin versant du Saignon (Alpes du Sud, France) permet de déterminer le déclenchement de phases de crises érosives. Le synchronisme d'évolution de ces deux milieux de Haute et Basse Provence permet d'avancer des hypothèses paléoclimatiques : les périodes de bilan hydrique positif (croissance globale du volume des précipitations) en Basse Provence coïncident avec les phases de crises érosives (fréquence accrue des épisodes orageux de forte intensité). Une première oscillation humide est détectée à la fin de l'Allerød. Le Dryas Récent apparaît complexe, humide, sec puis humide à nouveau. Une phase d'humidité est repérée en Basse Provence au début du Préboréal, le reste de la période apparaît sec. Le Boréal est caractérisé par une dégradation humide majeure et complexe, ainsi que l'Atlantique ancien, cette période étant également marquée par un réchauffement. L'évolution climatique en Provence semble évoluer en parallèle avec les zones nord-européennes et les autres régions méditerranéennes, avec cependant des spécificités (contrastes saisonniers plus marqués).

Mots-clés : Holocène, paléoclimat, lac, détritisme alluvial, Provence, Méditerranée.

ABSTRACT

LAKE-LEVEL CHANGES (MARAI DES BAUX, BASSE PROVENCE, FRANCE) AND ALLUVIAL DETRITISM EVOLUTION (SAIGNON BASSIN, SOUTHERN ALPS, FRANCE) AS EVIDENCES OF CLIMATIC CHANGES FROM ALLEROD TO ATLANTIC

Lake-level changes in Marais des Baux (Basse Provence, France) from Allerød to Atlantic are reconstructed by carbonates shape analysis and ostracodology. During the same period, the dendrogeomorphological study of the Saignon catchment (Alpes du Sud, France) allows to date several torrential crises. The good correlation between these data demonstrates that periods of global moisture increase coincide with periods of frequent stormy rainfalls. A stormy oscillation is detected at the end of the Allerød in the Alps. The cold Younger Dryas oscillation is complex, wet, dry then wet. Preboreal appears dry. Boreal shows a wet and stormy oscillation, as the first part of the Atlantic period, the later also showing a warming. The evolution of the Provence area looks quite similar to the north-european pattern and other north-mediterranean areas, but appears strongly affected by seasonal contrasts.

Key-words : Holocene, paleoclimat, alluvial detritism, Provence, Mediterranean.

* Université Aix-Marseille 1, UMR 6635 CNRS-CEREGE, 29, av. Robert Schuman, F-13621 AIX-EN-PROVENCE CEDEX 01.

** Institut Méditerranéen d'Ecologie et de Paléoécologie - UMR 6116 CNRS, Avenue Escadrille Normandie-Niemen, Case 451 Faculté des Sciences St Jérôme, F-13397 MARSEILLE CEDEX 20.

1 - INTRODUCTION

Deux études centrées sur le début de l'Holocène, de l'Alleröd à l'Atlantique, dans deux espaces de la France méditerranéenne (bassin du Saignon, haute Provence, et Marais des Baux, basse Provence, fig. 1A), ont fourni des résultats comparables sur leur évolution paléoenvironnementale.

La fin du Tardiglaciaire et les premiers millénaires de l'Holocène correspondent à un moment clé dans l'histoire du climat, qui connaît les derniers effets de la déglaciation et le passage à des conditions d'insolation de période interglaciaire (Grootes *et al.*, 1993 ; Stuiver *et al.*, 1995 ; Magny, 1997). Les recherches actuelles s'efforcent de reconstituer les réponses des milieux continentaux européens aux fluctuations paléoclimatiques, à travers les variations des niveaux lacustres (Yu et Harrison, 1995 a et b), des données palynologiques (Guiot *et al.*, 1993 ; Prentice *et al.*, 1998), ou encore à travers l'évolution des systèmes morphogéniques (Brunton *et al.*, 2000 ; Jorda, 1993 ; Jorda et Rosique, 1994 ; Antoine *et al.*, 2000 ; Pastre *et al.*, 2000). Les investigations systématiques à objectif paléoclimatique restent cependant lacunaires pour les espaces nord-méditerranéens (Digerfeldt *et al.*, 1997), la France méditerranéenne étant absente de la synthèse de Harrison et Digerfeldt (1993) pour l'Europe du Sud, et représentée par un seul site (lac de Pelléautier, Hautes Alpes, De Beaulieu et Reille, 1983) dans l'analyse des mécanismes du climat européen de Harrison *et al.* (1993 b). Les travaux récents sur les modèles paléoclimatiques montrent la difficulté de reconstitution des données pour la zone méditerranéenne (Prentice *et al.*, 1998).

L'objectif de cet article est de présenter les deux chronologies et reconstitutions paléoenvironnementales obtenues par deux méthodes différentes : la reconstitution des variations des niveaux palustres, à partir de l'analyse sédimentologique et faunistique de carottages dans le Marais des Baux, et la mise en évidence de crises détritiques par l'étude dendro-géomorphologique du bassin versant du Saignon. Nous mettons en évidence leur concordance et leur complémentarité dans les datations et dans

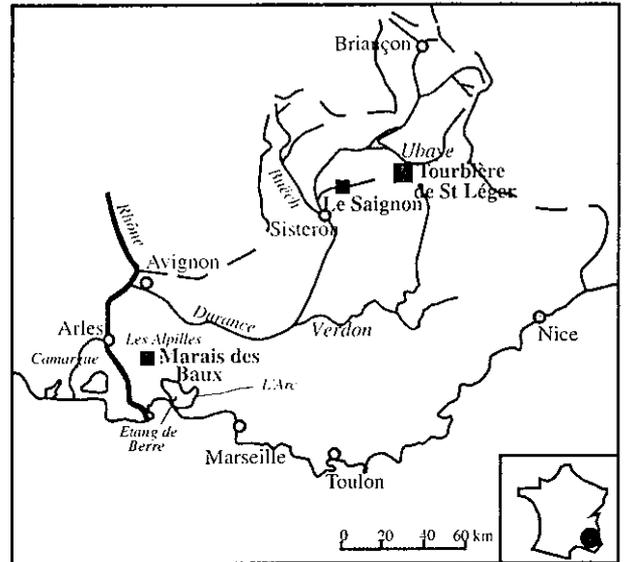


Fig. 1a : Localisation des sites d'étude.
Fig. 1a : Location of study area.

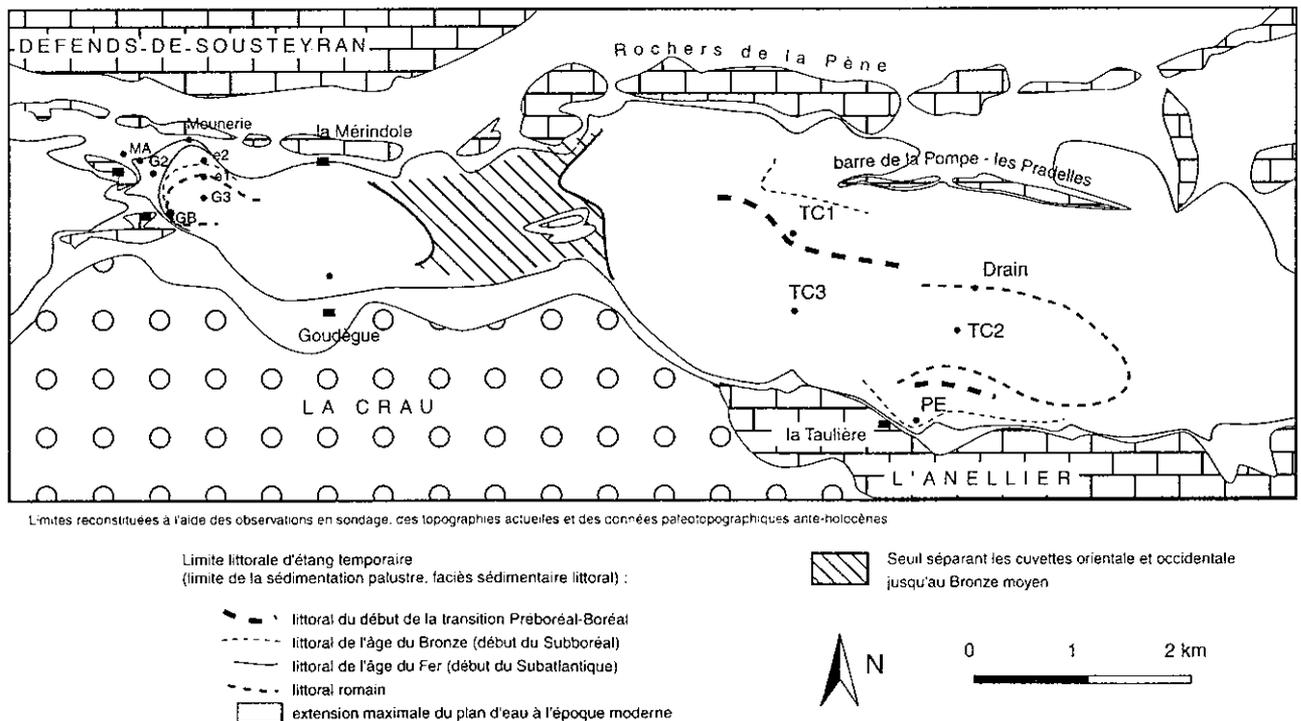


Fig. 1b : Localisation des sondages TC1 et TC2 dans le Marais des Baux.
Fig. 1b : Location of cores TC1 and TC2 in Marais des Baux.

la caractérisation des rythmes paléoclimatiques. La comparaison entre ces deux sites pose la question de la concordance entre l'enregistrement géomorphologique de crises torrentielles brèves et l'image des tendances moyennes fournie par les fluctuations palustres.

2 - PROBLÉMATIQUE ET MÉTHODES D'ÉTUDE DES DEUX SITES

2.1 - LES FLUCTUATIONS DU NIVEAU DU MARAIS DES BAUX : MÉTHODES DE RECONSTITUTION, RYTHMES ET IMPLICATIONS PALÉOCLIMATIQUES

Le Marais des Baux (4°E, 43°N) est une cuvette à fond plat de 1 km sur 10 km, d'altitude 0 à 1 m NGF. Pendant les premiers millénaires de l'Holocène, elle constitue un vaste étang endoréique, séparé de la plaine d'inondation du Rhône par un seuil d'argilites imperméable (Bruneton, 1999). Son inondation est le résultat du bilan entre (1) les apports prépondérants de deux grands aquifères d'eau douce - la nappe de Crau et celle des Alpilles, (2) ceux, secondaires, des précipitations directes, et (3) les pertes par évaporation. Les variations perçues dans le bilan hydrique sont liées aux variations pluriannuelles du volume des nappes phréatiques régionales, et/ou à celles plus rapides, en particulier saisonnières, de l'évapotranspiration sur le plan d'eau lui-même. L'interprétation en haut ou bas niveau qualifiera donc une image moyenne (variations pluricentennales du bilan hydrique) intégrant des oscillations de moindre ampleur. On pourra néanmoins rechercher les à-coups dans le rythme des évolutions, les accélérations et les ralentissements, à travers quelques événements sédimentologiques caractéristiques (lacunes, discontinuités...), voire percevoir dans les faunes les marques de l'ampleur des fluctuations du temps court, événementiel ou saisonnier.

Deux carottes, TCI et TC2 ont été prélevées au centre du marais (fig. 1B, 2 et 3) (Bruneton, 1999). Leur datation repose en premier lieu sur la corrélation avec les chronozones polliniques régionales (Triat-Laval, 1978 ; Andrieu-Ponel, *et al.*, sous presse). Deux datations AMS encadrent la période étudiée sur TCI à la base (profondeur -300 cm) 11315 +/- 85 BP (13414-13070 cal. BP) soit la fin de l'Alleröd et à -150 cm 4165 +/- 50 BP (4910-4588 cal. BP) soit le début du Subboréal. Mais les données polliniques démontrent que la première date est vieillie par effet réservoir, la base de la carotte étant attribuée au Dryas récent. D'autres datations ont été réalisées sur macrorestes ligneux. Malheureusement ceux-ci ont fourni deux groupes de dates contemporaines et indifférentes de la profondeur : un groupe autour de 4000 BP contemporain de la date acceptée mentionnée ci-dessus et une date autour 2000 BP contemporaine d'une date acceptée à 1980 +/- 50 BP et d'autres événements datés dans le marais (Bruneton *et al.*, 2000) (fig. 4). Le fait que ces deux groupes de dates correspondent à des périodes de très bas niveau palustre permet d'interpréter le phénomène comme des contaminations des sédiments sous-jacents par des racines issues de sols enterrés développés au cours de ces bas niveaux (Bruneton, 1999).

L'analyse du pôle organo-crayeux toujours présent, adaptée des méthodes de Brochier et Joos (1982) et Magny (1992, 1995) à un milieu méditerranéen palustre, et l'étude des faunes d'ostracodes ont permis de reconstituer les fluctuations du plan d'eau (Bruneton, 1999). L'ensemble des techniques sédimentologiques, faunistiques et palynologiques a permis des corrélations précises entre les deux carottes analysées.

Après une étude par comptage et la réalisation d'un référentiel actuel sur l'étang résiduel du Marais des Baux, la typologie de Magny (1992, 1995) a été reprise pour caractériser la morphologie des concrétions carbonatées (fig. 2 et 3). Globalement, les sédiments tourbeux de milieu peu profond sont opposés aux sédiments crayeux (pôle carbonaté autochtone) caractérisant une tranche d'eau plus épaisse. Après tamisage à sec, un comptage est réalisé séparément sur les fractions > 0,5 mm et 0,5-0,2 mm. Les résultats sont exprimés en fréquence dans la totalité des concrétions carbonatées. Les milieux les plus profonds et éloignés du littoral de l'étang sont caractérisés par la dominance des "types tubes" (encroûtements des thalles et verticilles de characées), et par la croissance anarchique des encroûtements d'origines algaires ("type chou-fleur").

A l'opposé, les milieux peu profonds et battus contiennent en majorité des oncolithes, caractérisés par des précipitations biochimiques en lamines concentriques autour d'un noyau ("type boule").

Enfin, les milieux inondés et végétalisés sont mis en évidence par la présence des "types plaques", concrétions plates formées sous la surface des feuilles de végétaux flottants ; l'interprétation de la "végétalisation" est délicate dans un étang à fond plat, dans lequel les zones colonisées par les macrophytes peuvent être très étendues. Actuellement, une organisation en couronnes de végétation littorale est néanmoins perceptible et permet, sauf en cas d'eutrophisation marquée, d'attribuer aux espaces végétalisés une profondeur intermédiaire et une localisation littorale.

Par ailleurs, un indice de l'importance de l'évapotranspiration (température et végétalisation du plan d'eau) est fourni par la taille des concrétions, liée à la vitesse de précipitation des carbonates. Cette taille est exprimée comme le rapport variable de la masse des fractions >0,5 mm, 0,5-0,2 mm et 0,2-0,05 mm sur la masse totale de ces trois classes.

Ces interprétations sont confrontées à l'étude de l'ostracofaune. Les ostracodes sont extraits par tamisage humide (maille 0,2 mm) d'échantillons de 1 cm d'épaisseur prélevés selon un pas approximatif de 5 cm. Afin de prendre en compte des tassements très inégaux, le nombre d'individus (abondance N) est rapporté à une masse de 10 g. Les déterminations au niveau du type ou de l'espèce ont été réalisées à partir des travaux sur la faune actuelle et holocène du delta de Camargue (Kruit, 1955 ; Steger, 1972 ; Bodergat, 1983). La diversité est exprimée selon la formule suivante :

$$\text{Diversité} = (\text{nombre d'espèces} - 1) / \log(\text{nombre d'individus})$$

Au sein d'associations d'ostracodes qui varient peu (fig. 2 et 3), témoignant de la permanence du paysage de



Photo 1 : Un tronc subfossile (*Pinus silvestris*) enraciné, bien conservé.

Photo 1 : A subfossil trunk rooted (*Pinus silvestris*), well preserved.

vaste étang n'excédant pas quelques mètres de profondeur, il est possible de distinguer des assemblages exprimant des gradients dans la permanence de l'inondation et des fluctuations hydrochimiques.

Ainsi, les associations de milieu saumâtre sont caractérisées par la forte dominance des *Cyprideis torrosa*, dont

la carapace parfois nodée traduit une salinité faible, inférieure à 8 ‰. La quasi-disparition des espèces d'eau douce témoigne des fluctuations importantes de cette salinité dans la durée de vie d'un ostracode. Ces associations sont opposées à celles d'eau douce plus diversifiées. Au sein de ces dernières, un gradient illustrant la profondeur, opposant les niveaux où sont surreprésentées les espèces de milieu végétalisé (*Herpetocypris* sp. *Ilyocypris* sp.) et les espèces supportant l'exondation (les précédentes espèces et les *Candonninae*, *Cypridopsis vidua* et *Cyclocypris ovum*) aux niveaux quelconques (à fortes fréquences de *Darwinula stevensoni*, *Paralinnocythere psammophila*, *Limnocythere inopinata* et *Metacypris cordata*), peut être repéré. *L. inopinata* et *P. psammophila* témoignent par ailleurs d'un enrichissement en ions HCO_3^- et Ca^{2+} . La surreprésentation de *D. stevensoni* dans certains niveaux caractérise une alimentation souterraine (provenant de la bordure sud du Marais) prédominante sur les écoulements superficiels (localisés au nord sur le piémont des Alpilles). Les ensembles d'échantillons ainsi distingués reprennent bien ceux différenciés par leurs concrétions carbonatées, et confirment l'interprétation en haut et bas niveau. Par ailleurs, l'ostacofaune renseigne sur l'existence de phases saumâtres à attribuer à la concentration de sels dans les roches du sud du bassin versant (Cova, 1968). A travers la tolérance des différentes espèces aux fluctuations hydrochimiques (Curry, 1999), elle traduit des rythmes d'exondation et de salinisation d'un ordre de grandeur de l'année (durée de vie des ostracodes) qui permettraient d'approcher des fluctuations saisonnières.

Les deux carottes permettent de dénombrer plusieurs oscillations en haut et bas niveau. Dans la carotte TC1, plusieurs phases de sédimentation sont attribuées au Dryas récent (Andrieu-Ponel *et al.*, sous presse). Au début du Dryas, la faune d'eau douce et les concrétions caractérisent un assez haut niveau (A). Le cœur du Dryas se marque par une faune euryhaline d'eaux saumâtres et des concrétions de bas niveau, qui évoquent un battement saisonnier des nappes avec de fortes variations de salinité. Enfin, la transition Dryas récent - Holocène correspond, au début du Préboréal, à une phase brève mais très marquée de bilan hydrique positif (B) (concrétions de haut niveau, réduction des apports détritiques allochtones, faune d'eau douce).

Le reste du Préboréal se marque par une sédimentation faible dans TC2 et lacunaire dans TC1, caractérisée par des concrétions de bas niveau et une euryhaline parfois monospécifique à *Cyprideis torrosa* témoignant d'un plan d'eau bas, peu étendu, connaissant d'importantes oscillations saisonnières.

Ces conditions perdurent au début du Boréal. Puis les faunes témoignent d'une disparition progressive de la salinité dans TC2 et traduisent le retour à un bilan hydrique positif (C). Dans la suite de la chronozone, cette dynamique de transgression est interrompue par une phase de stationnement ou de régression de l'altitude du plan d'eau. Un haut niveau (D) (concrétions de type tube, sédimentation importante) est ensuite observé dans les deux carottes. Parallèlement, l'augmentation progressive de la taille

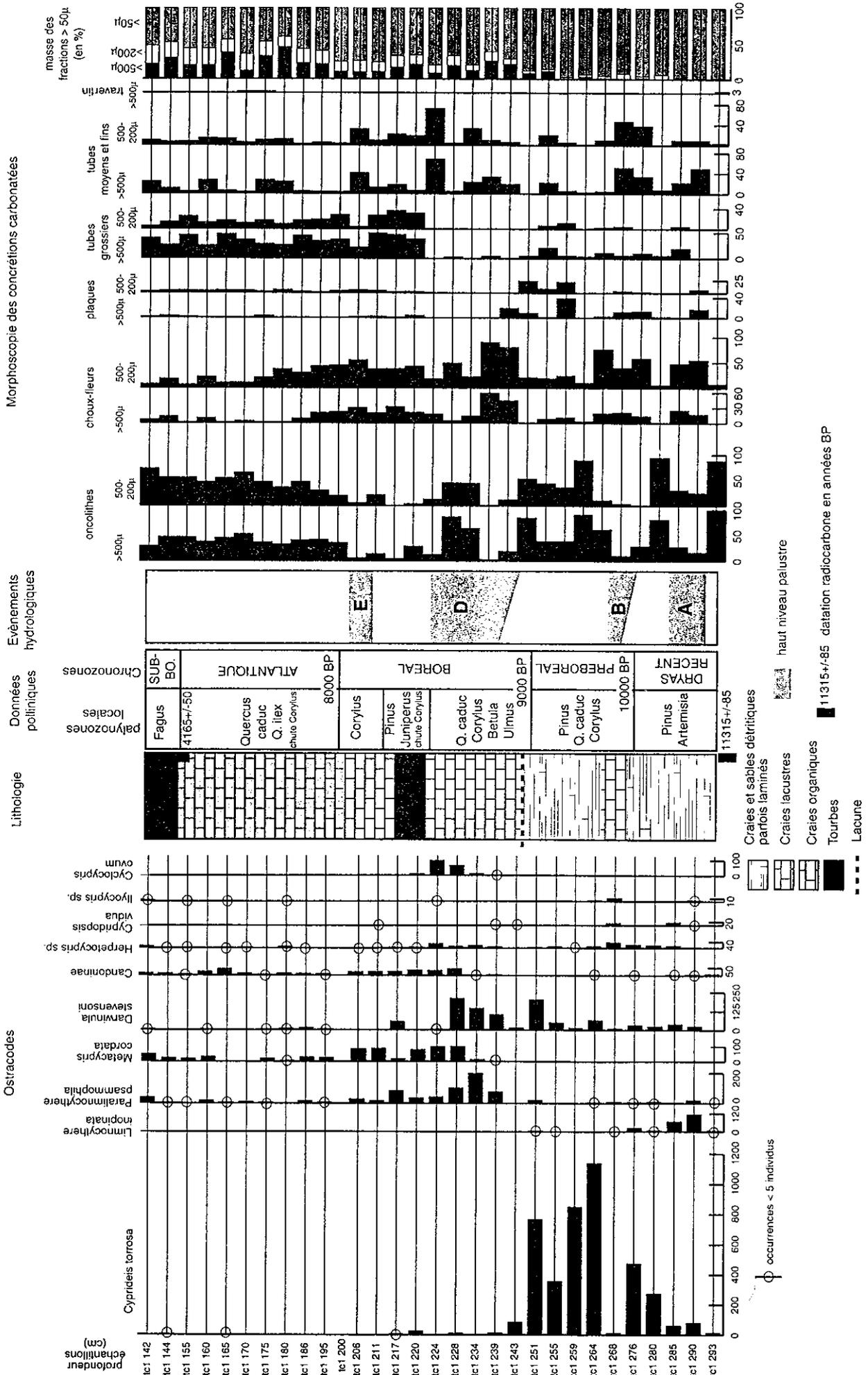


Fig. 2 : Faciès sédimentaires et faunes de la carotte TC1 (Marais des Baux).
 Fig. 2 : Sedimentary facies and ostracods in core TC1 (Marais des Baux).

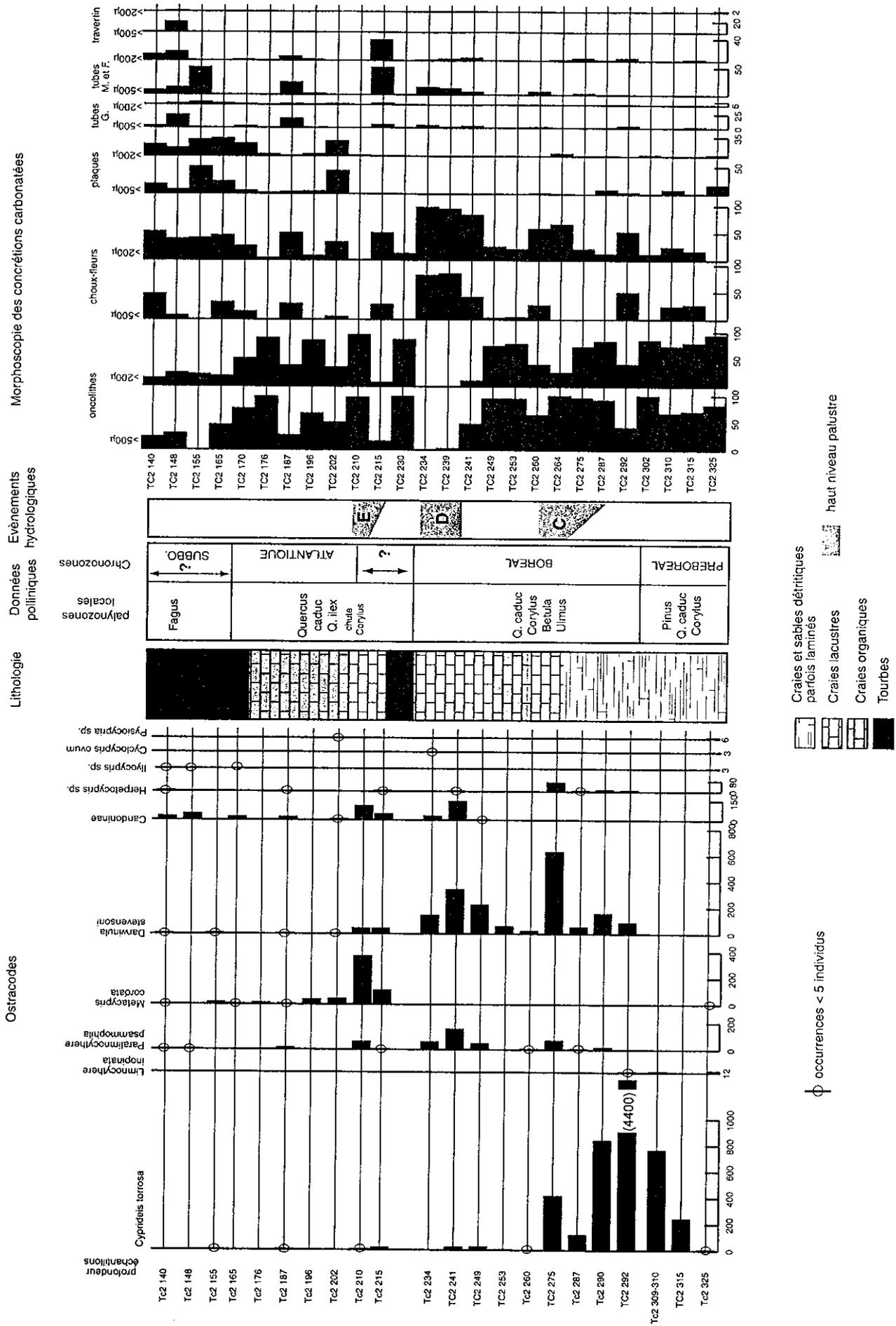
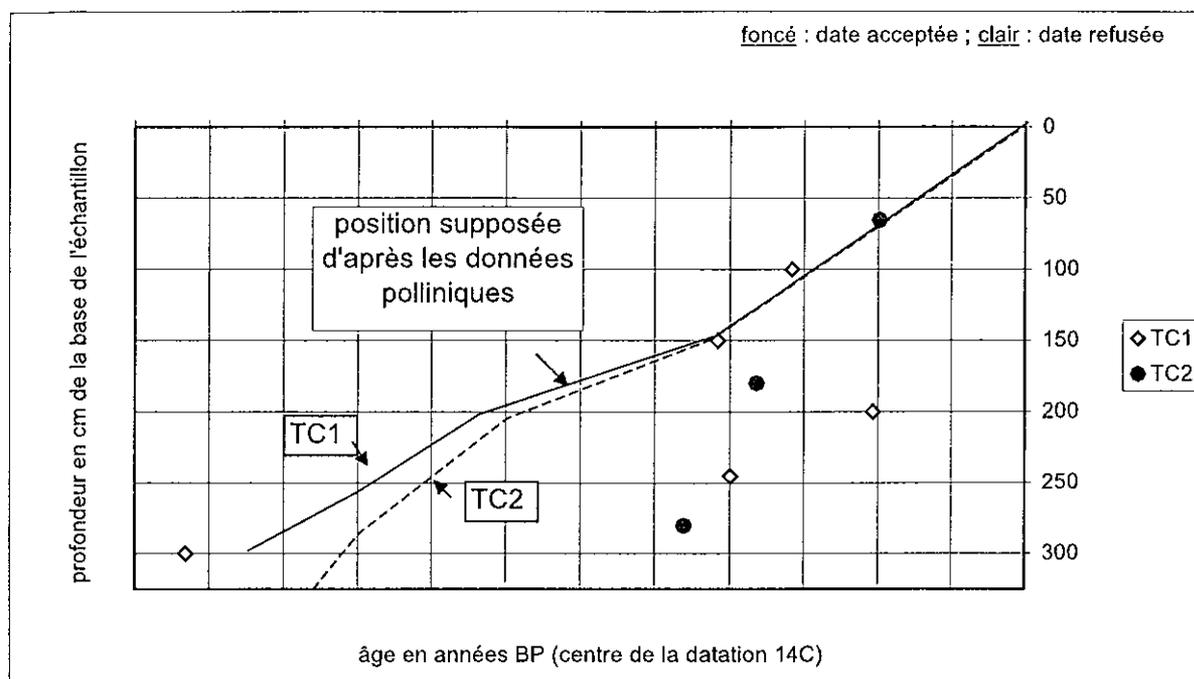


Fig. 3 : Faciès sédimentaires et faunes de la carotte TC2 (Marais des Baux).
 Fig. 3 : Sedimentary facies and ostracods in core TC2 (Marais des Baux).



Carotte	profondeur	âge BP	âge calibré	Laboratoire	Acceptée
TC1	300 cm	11315 +/- 85	[-11832 ; -11069] cal. BC	Tucson	non - vieillie
TC1	245 cm	3995 +/- 55	[-2828 ; -2347] cal. BC	Tucson	non - rajeunie
TC1	200 cm	2070 +/- 65	[-350 cal. BC ; 71 cal AD]	Tucson	non - rajeunie
TC1	150 cm	4165 +/- 50	[-2887 ; -2597] cal. BC	Tucson	oui
TC1	100 cm	3160 +/- 45	[-1520 ; -1318] cal. BC	Tucson	oui
TC2	280 cm	4610 +/- 60	[-3619 ; -3102] cal BC	Tucson	non - rajeunie
TC2	180 cm	3645 +/- 55	[-2196 ; -1831] cal. BC	Tucson	non - rajeunie
TC2	65 cm	1980 +/- 50	[-92 cal BC ; 128 cal. AD]	Tucson	oui

Fig. 4 : Datations obtenues dans les carottages du Marais des Baux.
Fig. 4 : 14C datings in « Marais des Baux ».

des concrétions témoigne de l'accroissement des températures et/ou de l'activité photosynthétique accrue.

Après une régression du plan d'eau à la fin du Boréal, une dernière phase de haut niveau (E), courte mais bien marquée, prend place à la transition Boréal-Atlantique (première disparition de *Corylus*), sans que la conservation problématique des pollens permette de préciser cette datation.

La période atlantique se caractérise en effet par un assèchement décisif du marais qui s'achève au début du Subboréal. La forte taille des concrétions témoigne d'une forte évaporation. Néanmoins la persistance de milieux d'eau douce dans des trous d'eau plus profonds évoque la persistance d'une alimentation hydrique par les cours d'eau des Alpilles, malgré la rétraction du plan d'eau.

Au total, cinq phases de haut niveau, dont les deux premières sont groupées dans la numérotation, alternent avec des bas niveaux entre le Dryas Récent et l'Atlantique. Elles suggèrent le caractère saccadé de l'évolution climatique lors de la première partie de l'Holocène.

2.2 - UNE CHRONOLOGIE DES CRISES MORPHOCLIMATIQUES DES ALPES DU SUD, D'APRÈS LE BASSIN DU SAIGNON

L'érodibilité du substrat (marnes noires), la vigueur des pentes et le caractère méditerranéen et montagnard du climat de la zone préalpine font que les bassins versants de la moyenne Durance sont particulièrement propices à l'étude de l'évolution de la morphogenèse holocène (temps de réponse courts, bonne conservation des archives paléoenvironnementales). Les bassins comportent de puissants remblaiements alluviaux dont la mise en place est datée de la fin du Tardiglaciaire à l'Atlantique (remblaiements holocènes principaux, Jorda, 1980). Les dépôts, qui peuvent atteindre jusqu'à 20 m d'épaisseur, contiennent de nombreux vestiges paléocéologiques, notamment de fréquents lits de charbons et des gisements de souches d'arbres subfossiles (*Pinus silvestris*), enracinées à différents niveaux stratigraphiques (Archambault, 1967, 1968, 1969 ; Rosique, 1994 ; Miramont, 1998).

Tributaire de la vallée du Sasse, lui-même affluent de rive gauche de la Durance, le bassin du Saignon (commune de la Motte du Caire, Alpes de Haute Provence) est un bassin représentatif de l'évolution géomorphologique subalpine holocène (fig. 1). Le Saignon possède des formations holocènes bien développées, comprenant de nombreux lits charbonneux, au sein desquelles l'incision actuelle des talwegs révèle la présence d'un gisement de plus d'une centaine d'arbres subfossiles (Miramont, 1998) (fig. 5, photo 1).

Les arbres du bassin versant du Saignon ont été systématiquement numérotés et répertoriés. Un relevé topographique a permis de localiser précisément chaque spécimen et de restituer leur distribution spatiale. Un disque de chaque souche a été prélevé à la tronçonneuse. Après ponçage, les épaisseurs des cernes de croissance annuels sont mesurées à l'aide d'un appareil d'Ecklund. Les mesures sont réalisées sur chaque disque selon trois rayons séparés de 120° (séquences élémentaires). Pour chaque arbre subfossile une "chronologie ou séquence individuelle" est calculée, correspondant à la moyenne arithmétique des "séquences élémentaires" des trois rayons (Tessier, 1984). La synchronisation des séquences individuelles entre elles permet ensuite de rechercher des groupes d'arbres ayant eu une période de vie commune, et de calculer des "séquences moyennes". La synchronisation des séries est réalisée à partir de tests statistiques (Edouard, 1994 ; Miramont, 1998) et vérifiée par contrôle visuel.

Les arbres aux positions stratigraphiques les plus intéressantes et les séquences moyennes ont été calés dans le temps par des datations ^{14}C . 15 arbres ont été datés au ^{14}C (fig. 6). Neuf dates ont pu être obtenues sur des échantillons de bois de 1 à 3 cernes repérés sur les chronologies individuelles, ce qui autorise une bonne précision de la datation radiométrique. Deux dates proviennent de travaux antérieurs (Delibrias *et al.*, 1984). L'ensemble de ces dates ont ensuite été calibrées à l'aide des courbes de Pearson *et al.* et de Kromer and Becker (*in Radiocarbon*, n° 1, vol. 35, 1993).

Un échantillonnage systématique des dépôts dans lesquels sont contenus les troncs a été réalisé. La granulométrie des sables (50 μm -2 mm) et du ballast (>2 mm) permet de définir la texture totale du sédiment et celle de la fraction sableuse. Le dosage de la matière organique a été effectué selon la méthode Walkley à froid. Les résultats obtenus sont comparés à un référentiel sédimentologique réalisé sur les dépôts actuels afin de préciser le type de dynamique responsable de leur mise en place (fig. 7).

Les âges ^{14}C des bois subfossiles du bassin du Saignon s'échelonnent entre 7320 \pm 140 et 11180 \pm 90 BP (fig. 6). Ces souches constituent les vestiges de boisements forestiers denses de fond de vallon "paléoripisylves" monospécifiques de *Pinus silvestris*.

L'analyse dendrochronologique, les datations ^{14}C et la position stratigraphique des troncs ont permis de déterminer cinq groupes d'arbres contemporains qui soulignent la base de cinq nappes alluviales, disposées en écailles (fig. 8) : les plus anciennes sont situées à l'aval du bassin

(nappes 1, 2 et 3a), les plus récentes en amont (nappes 3b et 4). Cette disposition montre le caractère rétrogradant de la sédimentation alluviale au cours de la première partie de l'Holocène.

Ces données montrent l'alternance dans le temps de deux types de tendances morphogéniques associées à des ambiances paléoclimatiques différentes :

- Des périodes de stabilité voire même de reprise d'incision linéaire des talwegs, caractérisées par la présence d'une végétation arborescente de pins en fond de vallon. Cette tendance morphologique témoigne de débits aux régimes saisonniers et interannuels réguliers. La régularité des débits peut être favorisée par une couverture végétale dense des pentes du bassin ; mais elle est avant tout à relier à des régimes de précipitations peu contrastés.

- Des périodes de crise sédimentaire, aboutissant à l'enfouissement des arbres et à la mise en place des nappes alluviales. L'analyse dendrochronologique des bois révèle que les périodes de stabilité des fonds alluviaux s'achèvent brutalement. 75 % des chronologies de cernes montrent en effet que les pins, après avoir profité de conditions de vie favorables, connaissent de brutales chutes de croissance intervenant de façon synchrone parmi les arbres interdatés, suivies d'une période de décrépitude précédant leur mort (fig. 9). Ces changements brutaux suggèrent de soudaines mutations des conditions de biotopes et sont à mettre en relation avec l'arrivée de dépôts piégés dans la ripisylve. Les souches sont enfouies dans des séquences de crue à dominance limoneuse et à caractère hydromorphe, superposées, témoignant de la succession d'événements hydrologiques brefs mais de forte intensité. La nature de ces dépôts, la position enracinée des arbres et leur dépérissement progressif excluent l'hypothèse de destruction de la forêt par des événements morphologiques de type catastrophique. Les processus d'enfouissement des souches traduisent en revanche une augmentation de la fréquence des épisodes orageux, de la variabilité et de l'intensité des précipitations.

La figure 10 présente les autres datations réalisées lors de travaux antérieurs sur des troncs subfossiles enracinés en moyenne Durance (Archambault, 1967, 1968, 1969 ; Delibrias *et al.*, 1984 ; Gidon *et al.*, 1991 ; Gautier, 1992 ; Ballais, 1996 ; Rosique, 1994, 1996 ; Jorda, non publié). Ces datations, malgré d'importantes déviations standard, se situent dans des intervalles de temps comparables à ceux du Saignon. Ceci suggère que les bassins marneux de la Moyenne Durance ont enregistré de façon plus ou moins synchrone les mêmes crises détritiques que seules des fluctuations du paramètre climatique peuvent expliquer à une échelle régionale.

Ainsi, la méthode dendrogeomorphologique a confirmé et précisé les modalités de mise en place dans les Alpes du Sud du remblaiement holocène principal défini par Jorda (1980, 1985, 1993). Après une phase d'incision verticale majeure antérieure à l'Alleröd (première partie du Tardiglaciaire ?), les organismes fluviaux connaissent une tendance à l'accumulation jusqu'à l'Atlantique. Cette tendance s'amorce à la fin de l'Alleröd (nappe 1 dans le

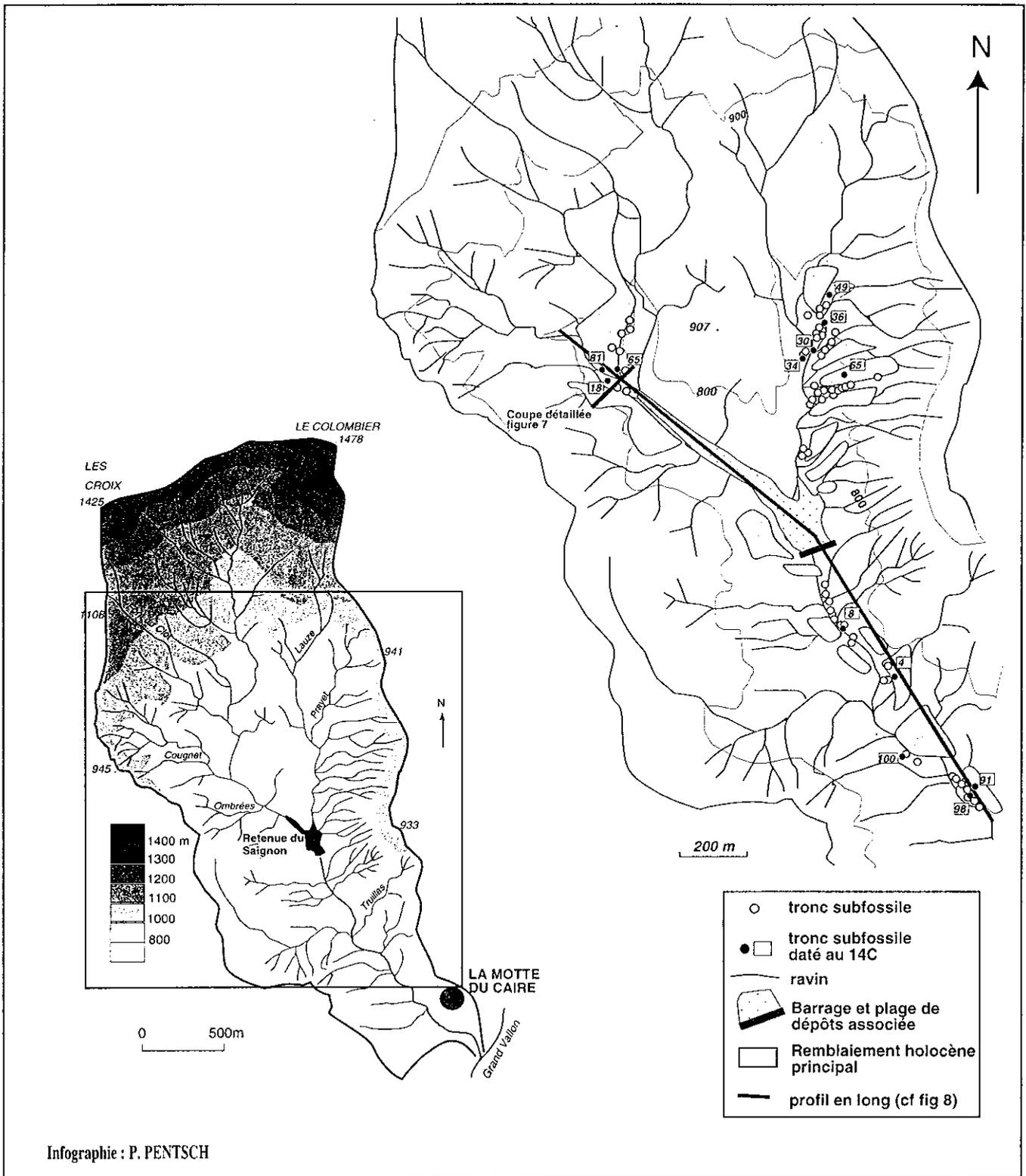


Fig. 5 : Le gisement de bois subfossiles du bassin du Saignon.
 Fig. 5 : Location of subfossil trunks in Saignon basin.

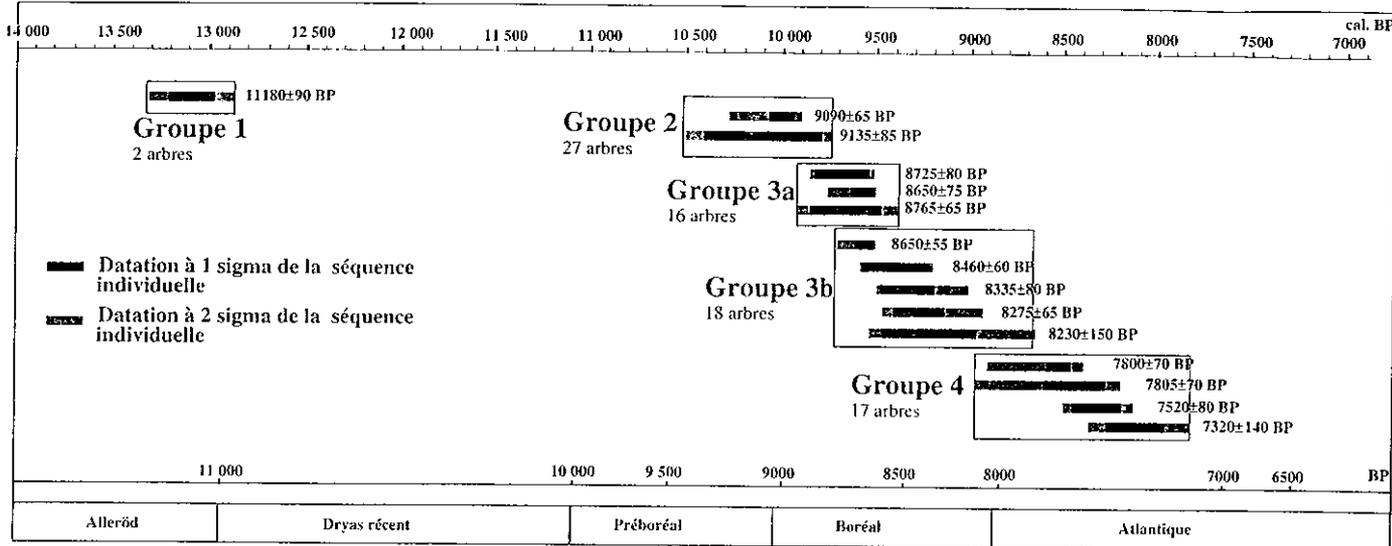


Fig. 6 : Datations des troncs subfossiles du bassin du Saignon.
 Fig. 6 : 14C datings of subfossil trunks in Saignon basin.

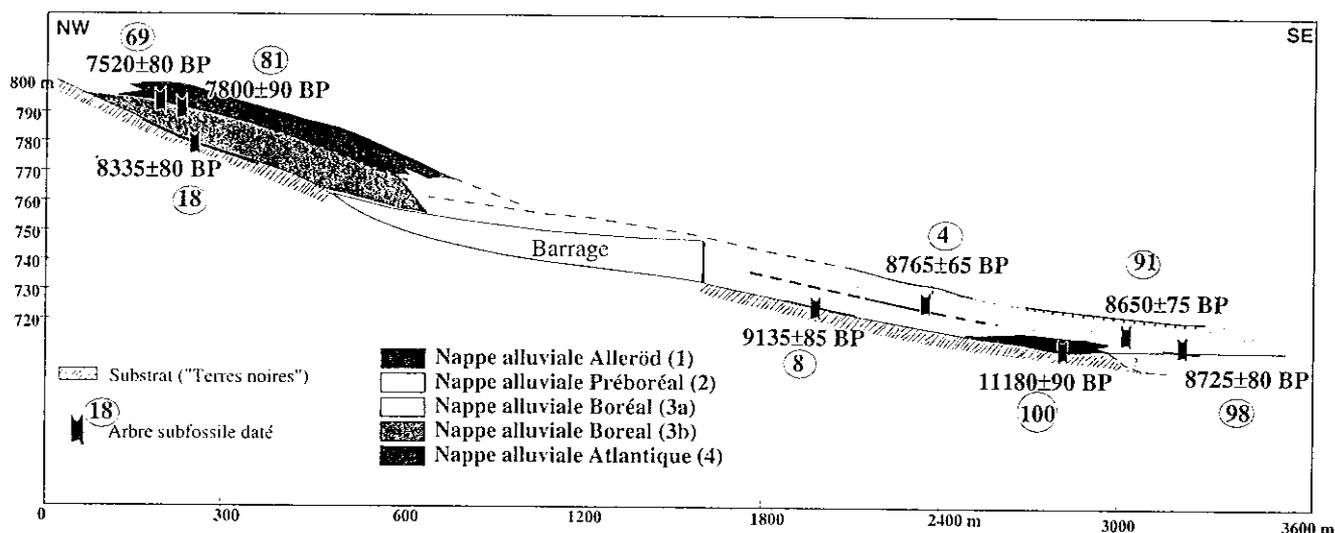


Fig. 8 : Profil en long du bassin du Saignon (localisation figure 5).
 Fig. 8 : Location of subfossil trunks into glacial spreadings. Formation of successive glacial spreadings since the lower to the high part of the basin.

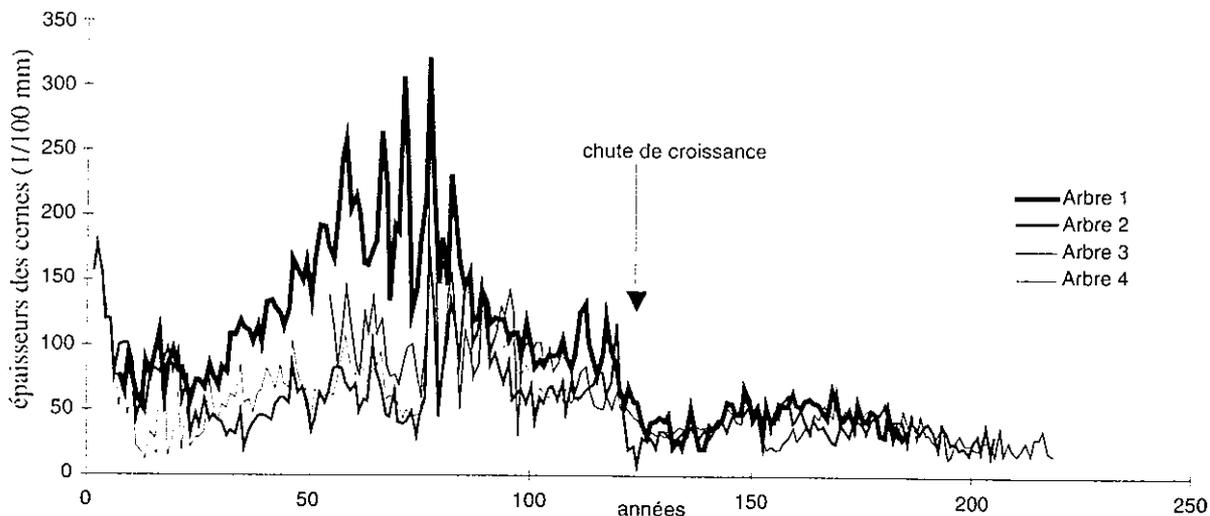


Fig. 9 : Exemple de séquences individuelles synchronisées (âge 14C : 8460 ± 60 BP).
 Fig. 9 : Example of contemporaneous tree chronologies (14C dating : 8460 +/- 60 BP).

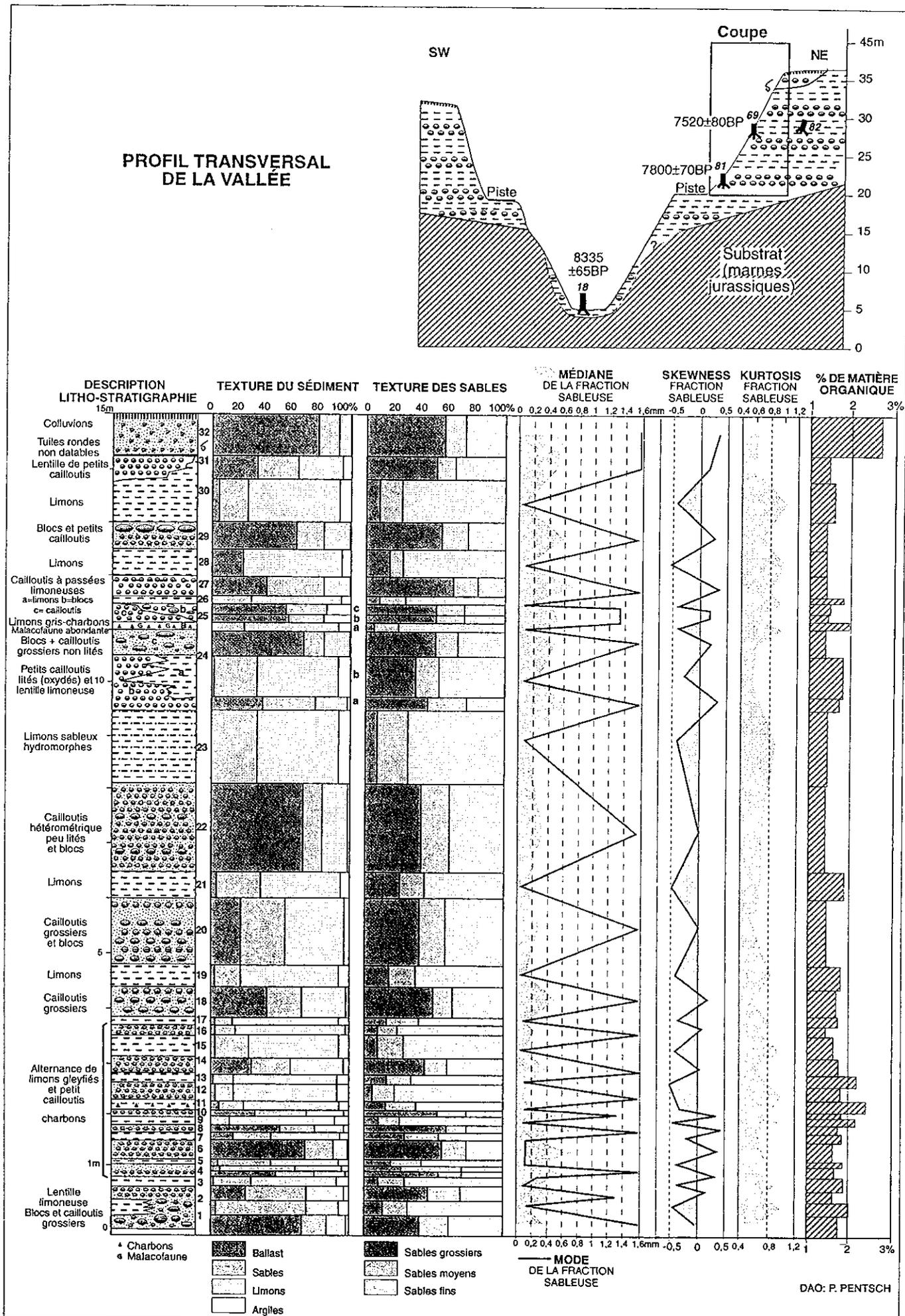


Fig. 7 : Profil transversal de la vallée. Fig. 7 : Sedimentary analyses of Saignon holocene deposits (coupe 1).

Saignon). Les bassins marneux sud-alpins connaissent ensuite une crise détritique importante au Dryas récent soulignée par l'arrivée de dépôts torrentiels (Jorda, 1993 ; Rosique, 1996). Cette crise n'est pas enregistrée dans le Saignon (dépôts situés probablement en aval de la zone étudiée). Le Préboréal connaît, dans le Saignon comme dans les autres bassins, un ralentissement de la sédimentation alluviale favorable au développement de la végétation arborescente dans les fonds (groupe d'arbres 2). A la charnière du Préboréal et du Boréal (9135 +/- 85 BP, 9090 +/- 65 BP), le bassin du Saignon enregistre une deuxième crise détritique (nappe 2) qui annonce les conditions climatiques plus agressives caractérisant le Boréal. Cette période connaît en effet des taux de sédimentation particulièrement importants dans les Alpes du Sud (Rosique, 1996). Dans le Saignon, deux crises se distinguent datées autour de 8700 et autour de 8400 BP (fig. 3, nappes 3a et 3b). Elles sont séparées par une pause morphogénique durant laquelle la végétation forestière s'installe dans les fonds de vallon (groupes d'arbres 3a et 3b). Une reprise de l'incision associée à l'installation de pins dans les talwegs a lieu au début de l'Atlantique dans le Saignon. A ce phénomène succède une dernière crise détritique autour de 7500 BP (nappe 4). Mais les taux de sédimentation se réduisent par rapport à la période précédente. La tendance morphogénique s'inverse ensuite sans qu'il soit possible de dater sur le site ce changement. Dans les autres bassins, la partie supérieure des remblaiements est caractérisée par une réduction de la taille du matériel et la présence de sols enterrés datés de l'Atlantique (Jorda, 1985, 1993). A la fin de cette période, dans l'ensemble des organismes fluviaux sud-alpins, s'opère un passage brusque et décisif à l'incision linéaire qui aboutit au perchement des nappes alluviales de la première partie de l'Holocène.

3 - CONCORDANCE ENTRE LES DEUX CHRONOLOGIES

Etablir une correspondance entre les deux chronologies conduit à rechercher le rapport entre volume et régimes des précipitations à une échelle de temps pluridécennale.

La figure 11 évalue le synchronisme des deux chronologies. Durant la première partie de l'Holocène, les passages à une situation de crise morphogénique sont plusieurs fois associés aux phases de haut niveau palustre.

La nappe (1) datée de la fin de l'Allerød dans le Saignon annonce la crise torrentielle du Dryas récent (Jorda, 1993). Le déclenchement de cette phase détritique (1) précède immédiatement le haut niveau palustre (A) daté d'une première partie du Dryas récent dans le Marais des Baux, qui constitue le premier événement enregistré dans les stratigraphies. Le haut niveau palustre (B) du Préboréal n'est pas reconnu par la dendrochronologie. En revanche, les hauts niveaux (C) et (D) du Boréal correspondent aux nappes alluviales (2) et (3). La dernière phase de haut niveau (E), mal calée dans le marais des Baux, apparaît contemporaine de la dernière crise morphodynamique (4) datée de l'Atlantique Ancien dans le bassin du Saignon.

Ainsi, si l'on écarte l'événement du Préboréal, aux phases globalement humides mises en évidence par des bilans hydriques positifs en Basse Provence (apports supérieurs à l'évapotranspiration), correspond en Haute Provence une fréquence accrue des événements pluvieux de forte intensité traduite par un regain d'activité morphodynamique.

Les épisodes de bas niveau dans le Marais des Baux sont contemporains de la stabilité géomorphologique des fonds dans le bassin du Saignon ou de tendances à l'incision linéaire des talwegs. Ainsi, dans le Marais des Baux,

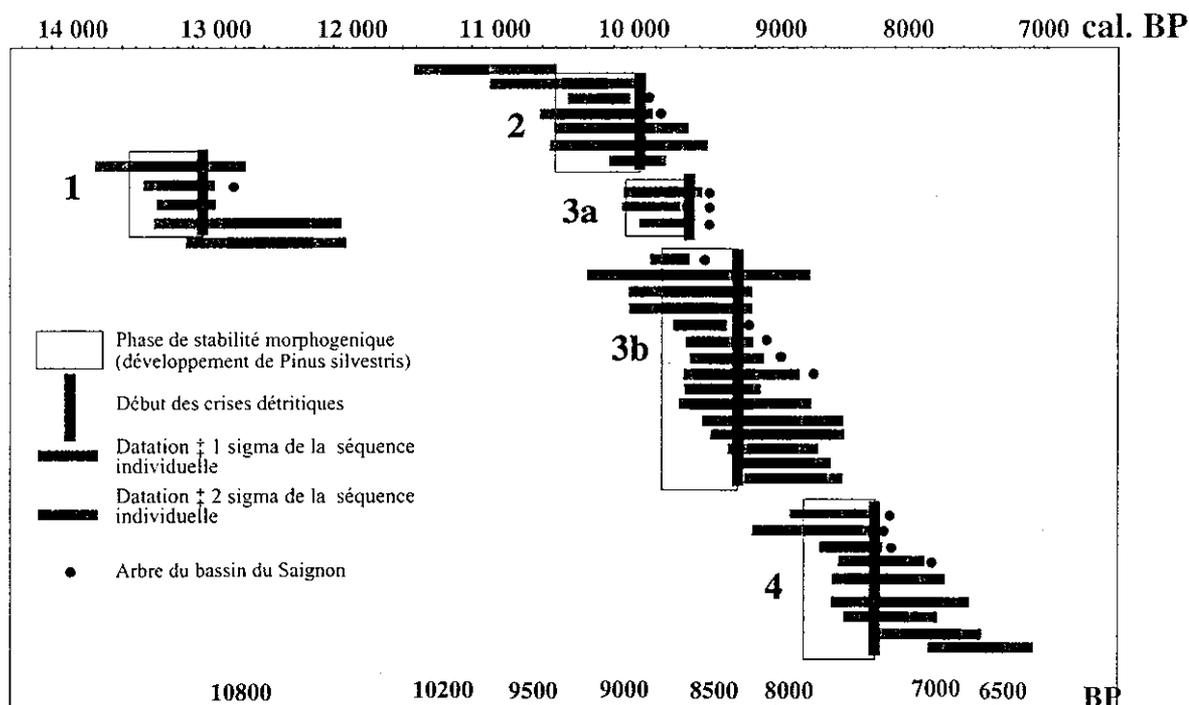


Fig. 10 : Datations des bois subfossiles du bassin durancien.
Fig. 10 : Radiocarbon ages of holocene subfossil trunks in Durance basin.

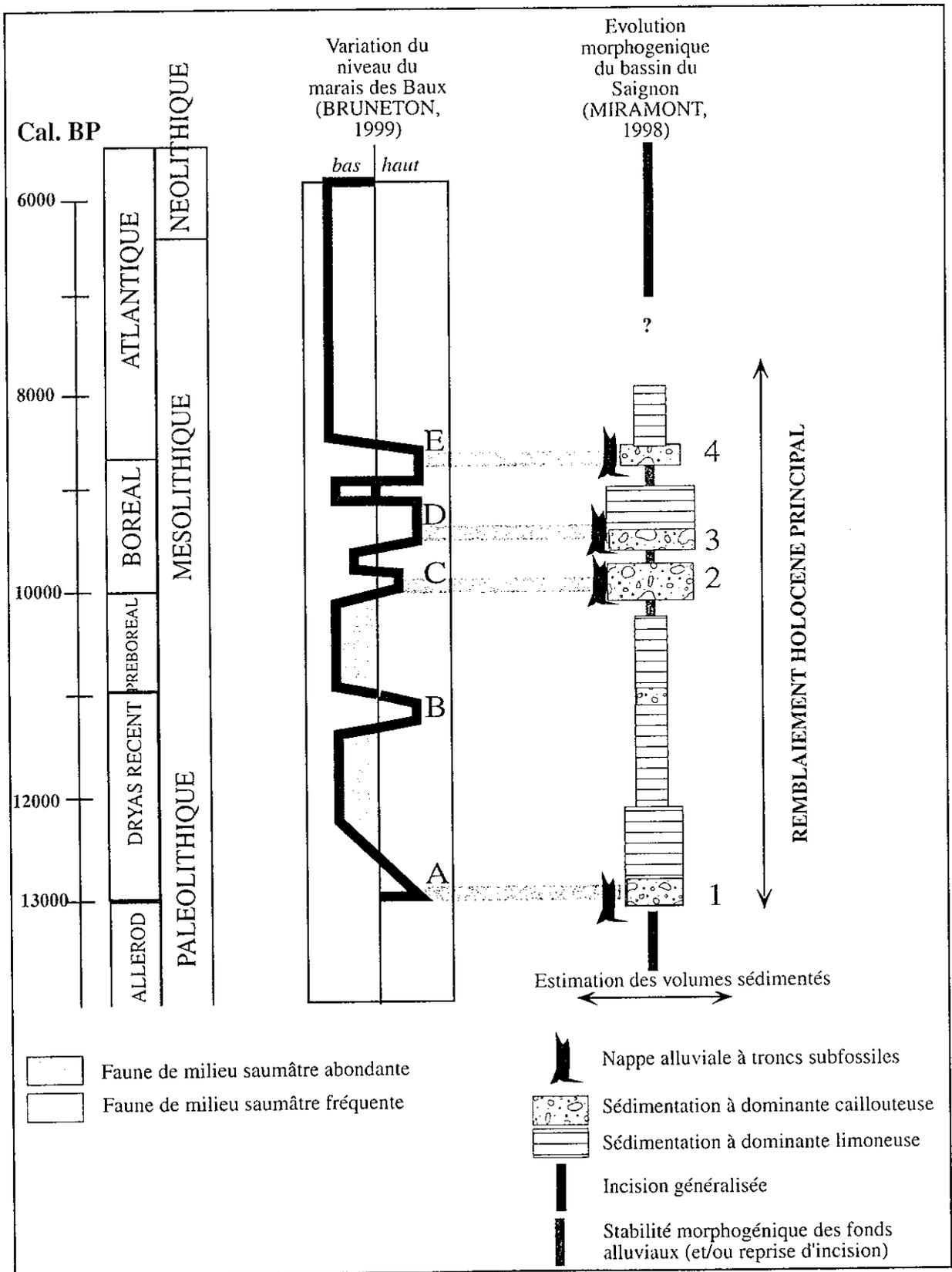


Fig. 11 : Comparaison de l'évolution morphogénique des Alpes du Sud et de la Basse Provence.
 Fig. 11 : Comparaison between morphological changes in Southern Alps and Basse Provence.

la phase sèche qui caractérise le cœur du Dryas récent et, dans une moindre mesure, les phases sèches du Préboréal et du début du Boréal, sont caractérisées par une augmentation de la salinisation des nappes d'eau qui évoque un moindre volume des apports (précipitations). Les fluctuations rapides de salinité dans les phases de bilan hydrique déficitaire témoignent par ailleurs d'un contraste saisonnier important entre une saison pluvieuse sans doute hivernale et une saison sèche estivale (élévation des températures estivales et évapotranspiration accrue).

A partir des phases sèches de la fin du Boréal (Marais des Baux) et du début de l'Atlantique (Marais des Baux et bassin du Saignon), l'incision des talwegs comme la présence d'eaux douces dans le marais permettent de supposer l'existence de précipitations importantes, mais dans le contexte d'une forte élévation des températures moyennes. La "sécheresse" et la stabilité des fonds ne sont pas incompatibles avec une humidité des sols et une forte activité végétale.

4 - INTERPRÉTATION PALÉOCLIMATIQUE GLOBALE

Du Dryas au Boréal, la Provence a connu une évolution paléoclimatique dont les tendances sont sensiblement identiques à celles qui ont été mises en évidence par les travaux sur les rivières du Nord de la France (Antoine *et al.*, 2000 ; Pastre *et al.*, 2000), les lacs du Jura (Magny et Ruffaldi, 1995 ; Magny, 1997) et sur l'évolution de la limite supérieure de la forêt et des fronts glaciaires d'altitude dans les Alpes suisses et autrichiennes (Maisch, 1981 ; Patzelt, 1977 ; Zoller, 1977 ; Wick et Tinner, 1997). Les phases climatiques humides et agressives correspondent à des pics de forte teneur en radiocarbone résiduel (Magny, 1997) (fig. 12).

Nos données mettent en évidence la complexité des fluctuations climatiques à la fin de l'Alleröd et au Dryas Récent. La fin de l'Alleröd est marquée par une oscillation humide dans les Alpes du Sud, sans que nos données permettent de l'identifier dans le Marais des Baux. Le début du Dryas récent est caractérisé par une humidité importante soulignée par un haut niveau lacustre en Basse Provence et une phase d'agressivité morphogénique dans les Alpes du Sud. Le cœur du Dryas Récent possède un caractère froid et sec (bas niveau lacustre). La transition Tardiglaciaire-Holocène est soulignée à nouveau dans le marais des Baux par une recrudescence de l'humidité centrée sur le début du Préboréal. Cette dernière oscillation ne se traduit pas clairement dans les enregistrements sédimentaires des Alpes du sud. Mais elle est en revanche bien marquée dans l'évolution glaciaire d'altitude (Jorda, communication orale).

Le Préboréal s'individualise ensuite comme une période globalement sèche (bas niveau lacustre), caractérisée par de fortes amplitudes thermiques et pluviométriques saisonnières. La faiblesse des taux de sédimentation et la stabilité des versants impliquent des régimes de précipitations réguliers et une raréfaction des épisodes orageux.

Le Boréal est caractérisé par une importante oscillation humide et "agressive" du climat marquée par un haut niveau lacustre dans le Marais des Baux et des accumula-

tions détritiques considérables dans les Alpes du Sud et en Basse Provence. Cette chronozone est en réalité complexe : deux périodes de montée des eaux sont individualisées dans le marais des Baux, et peuvent être associées à deux nappes détritiques dans le Saignon. Dans le Marais des Baux, des indices évoquent globalement une tendance à l'élévation des températures, hypothèse confortée par une déglaciation en altitude dans les Alpes du Sud (Jorda, communication orale). Le paramètre prépondérant dans l'évolution climatique de cette période est l'augmentation des précipitations.

Nos données précisent les interprétations paléoclimatiques de l'analyse du lac de Saint Léger (Digerfeldt *et al.*, 1997) qui perçoivent des fluctuations complexes jusqu'au Boréal dans un contexte plus humide qu'à l'Atlantique. Ces résultats sont à rapprocher des travaux de Wunsam *et al.* (1999) sur les lagunes dalmates (littoral Adriatique) et ceux de Fontugne *et al.* (1989) et Kallel *et al.* (1997) sur la mer Adriatique. Ces auteurs constatent une croissance de la pluviométrie à partir de 8600-8400 BP qui détermine une phase pluviale jusqu'à 5000 BP. Les espaces provençaux connaissent la même augmentation, mais celle-ci est beaucoup plus brève puisqu'elle s'achève au début de l'Atlantique Ancien.

Ainsi, de la fin du Tardiglaciaire au Boréal les oscillations paléoclimatiques reconnues semblent être d'échelle européenne. Les milieux provençaux semblent évoluer en parallèle avec l'ouest de l'Europe tempérée (Jura, Alpes du Nord) et les autres espaces nord-méditerranéens (Adriatique). L'évolution de la morphogénèse en Provence ressemble en bien des points à celle des rivières du nord-ouest de l'Europe où une phase d'incision majeure est reconnue au Bolling, où la crise du Dryas récent est clairement identifiée, ainsi qu'une incision importante (croissance de l'humidité) au Préboréal.

Cependant, il existe des spécificités propres à l'espace provençal. Les oscillations saisonnières de la salinité détectées dans le Marais des Baux sont attribuées à un fort contraste climatique saisonnier. Elles sont bien enregistrées du fait des caractéristiques particulières du site : étang peu profond très sensible à l'évaporation, présence de sels dans les roches susceptibles de se concentrer dans la cuvette. Ces oscillations sont cohérentes avec les fortes variations saisonnières de l'insolation reconnues à cette période (Berger, 1979). D'importantes amplitudes thermiques sont de plus reconstituées par modèles paléoclimatologiques (COHMAP, 1988). Il est possible que la région provençale enregistre d'autant mieux ce contraste thermique que la distribution des précipitations est elle-même tranchée avec un maximum durant la saison froide. Ceci rapprocherait le régime climatique du Dryas au début du Boréal du régime méditerranéen actuel caractérisé par des précipitations hivernales et une sécheresse estivale.

L'importante dégradation climatique de l'Atlantique ancien repérée dans le Jura et les Alpes du Nord (Zoller, 1977 ; Patzelt, 1977 ; Magny, 1997), n'est pas perçue dans les milieux provençaux. Dans l'état actuel des recherches, aucune crise détritique n'est en effet perçue dans le Saignon, ou ailleurs dans les Alpes du Sud, après 7200 BP où au contraire se développe une pédogénèse (Jorda, 1993). Parallèlement, un bas niveau continu est observé à partir

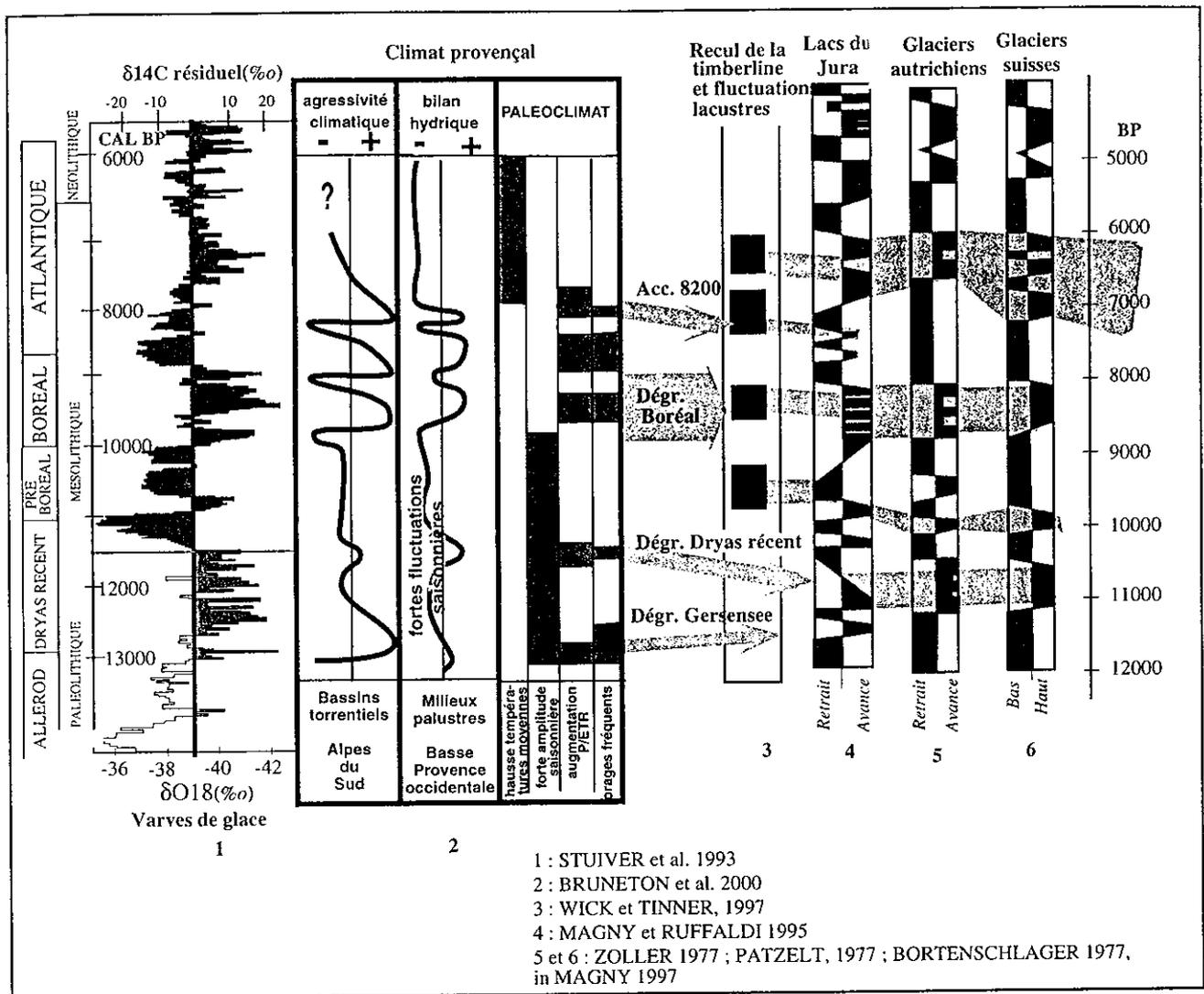


Fig. 12 : Synthèse des données paléoclimatiques.
 Fig. 12 : Palaeoclimatic interpretations.

de cette période dans le Marais des Baux ainsi que dans le Lac de Saint-Léger (Alpes du Sud, Digerfeldt *et al.*, 1997). Cette évolution est inversée par rapport aux régions nord-méditerranéennes d'Adriatique (Fontugne *et al.*, 1989 ; Kallel, 1997 ; Wunsam, 1999), d'Espagne et des Balkans (Harrison & Digerfeldt, 1993a) qui connaissent durant tout l'Atlantique la continuation d'une phase "pluviale" en parallèle avec l'Afrique du Nord.

Les milieux provençaux étudiés apparaissent particulièrement sensibles à la variable thermique à l'Atlantique. Les trois millénaires de cette période se distinguent donc, par l'invariance des données morphoclimatiques, de la première partie de l'Holocène à l'évolution plus saccadée reliée aux fluctuations de la pluviométrie. Tout se passe comme si d'éventuelles fluctuations du régime des précipitations étaient tamponnées par une forte évapotranspiration liée à la fois à un optimum forestier et à un maximum thermique.

5 - CONCLUSION

Cette analyse a pu mettre en évidence le parallélisme de l'évolution climatique des deux sites du Saignon et du Marais des Baux du Dryas récent à l'Atlantique et, au-

delà, de montrer la cohérence de l'évolution morphoclimatique d'un espace s'étendant des Alpes à la Méditerranée.

La chronologie de l'évolution climatique est proche des rythmes de l'Europe tempérée occidentale. La complexité de la crise climatique du Dryas récent ressort bien, de même que la relative stabilité du Préboréal et l'agressivité climatique du Boréal. La fin du Tardiglaciaire et la première partie de l'Holocène constituent une période caractérisée par une évolution morphogénique saccadée qui renvoie une histoire du climat faite d'oscillations abruptes et de courte durée (Alley *et al.*, 1997 ; Stager & Mayewski, 1997). Cette évolution peut être mise en relation avec le phénomène déglaciation et une circulation atmosphérique liée à un forçage océanique (Magny, 1997).

La question de la spécificité méditerranéenne de cet espace est posée. Les contrastes thermiques saisonniers mis en valeur par la sensibilité aux températures sont encore aujourd'hui typiques des régimes méditerranéens, mais semblent accentués au cours des deux premiers millénaires de l'Holocène. Par ailleurs, les milieux provençaux apparaissent réagir à la variation du paramètre pluviométrique jusqu'au Boréal, ce qui les rapproche des espaces tempérés européens modélisés par Harrison *et al.* (1993b). Mais

ils deviennent ensuite plus sensibles à l'élévation de l'évapotranspiration, ce qui rappelle le fonctionnement des espaces semi-arides (Hostetler & Benson, 1990) et les différences aussi bien de l'Europe océanique que des autres régions méditerranéennes.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier en particulier Jean-Louis Edouard (IMEP) pour la détermination spécifique des bois subfossiles et ses conseils dans le domaine de la dendrochronologie, M. Jorda pour ses conseils et son aide précieuse et P. Pentsch pour la réalisation des figures.

RÉFÉRENCES

- ALLEY, R.B., MAYEWSKI, P.A., SOWERS, T., STUIVER, M., TAYLOR, K.C. & CLARK, P.U., 1997 - Holocene climatic instability - a prominent widespread event 8200 yr ago. *Geology*, 25, 483-486.
- ANDRIEU-PONEL, V., PONEL, Ph., DE BEAULIEU, J.-L., JULL, A.J.T., BRUNETON, H. & LEVEAU, Ph. (sous presse) - 10 000 years of vegetation history in lower Provence revealed by pollen analysis of two new sediment profiles from Marais des Baux. *Vegetation history and Archeobotany*.
- ANTOINE, P., FAGNART, J.P., LIMONDIN-LOZOUET, N. et MUNAUT, A.V., 2000 - Le Tardiglaciaire du bassin de la Somme : éléments de synthèse et nouvelles données, *Quaternaire*, 11, 2, 85-98.
- ARCHAMBAULT, M., 1967 - Découverte des restes d'une formation forestière fossile entre deux nappes colluviales quaternaires. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 265, 104-107.
- ARCHAMBAULT, M., 1968 - Recensement provisoire des arbres et des formations forestières fossiles du bassin de la Moyenne Durance (Hautes Alpes). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 267, 101-2104 et 2284-2287.
- ARCHAMBAULT, M., 1969 - Faits et points de vue nouveaux sur les glaciés d'érosion (exemple du bassin de la Moyenne Durance alpestre), *Bulletin de l'Association de Géographes Français*, 375/376, 525-537.
- BALLAIS, J.L., 1996 - L'âge du modelé de roubines dans les Préalpes du Sud : l'exemple de la région de Digne. *Géomorphologie : relief, processus et environnement*, 4, 61-68.
- BECKER, B., 1993 - An 11,000-year german oak and pine dendrochronology for radiocarbon calibration. *Radiocarbon*, 35(1), 201-213.
- BERGER, A., 1979 - Insolation signatures of Quaternary climatic changes. *Il nuevo Cimento*, 2, 63-87.
- BODERGAT, A.-M., 1983 - *Les ostracodes, témoins de leur environnement : approche chimique et écologie en milieu lagunaire et océanique*. Doc. Lab. Géol. Lyon n° 88, 246 p.
- BROCHIER, J.L. et JOOS, M., 1982 - Un élément important du cadre de vie des Néolithiques d'Auvernier-Port : le lac. Approche sédimentologique. In Billamboz A. (ed.), *La station littorale d'Auvernier-Port, cadre et évolution*. Auvernier 5, C.A.R. 25, 43-67.
- BRUNETON, H., MIRAMONT, C. et ANDRIEU, V., 2000 - Dynamique de milieux méditerranéens (bassin du Saïgon - Alpes du Sud, Marais des Baux - Basse Provence) au cours du Mésolithique : un enregistrement morphosédimentaire des rythmes climatiques. *Annales de l'Université de Franche-Comté*, Actes du Colloque International «Épipaléolithique et Mésolithique : les derniers chasseurs cueilleurs d'Europe occidentale», Besançon, octobre 1998, PUF, 70-82.
- BRUNETON, H., 1999 - *Evolution holocène d'un hydrosystème méditerranéen et son environnement géomorphologique : les plaines d'Arles à l'interface entre Rhône et Alpilles*. Thèse de Géographie, Université d'Aix-Marseille I, 363 p.
- COHMAP Members, 1988 - Climatic changes of the last 18,000 years : observations and model simulations. *Science*, 241, 1043-1052.
- COVA, R., 1968 - *Étude hydrogéologique de la partie Nord de la Crau et des reliefs de bordure*. Thèse 3ème cycle, Institut de Géologie, centre d'études et de recherches hydrogéologiques, Montpellier.
- CURRY, B.B., 1999 - Environmental tolerance for ostracodes as indicators of physical and chemical factors in aquatic habitats. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 148, 51-64.
- De BEAULIEU, J.L. et REILLE, M., 1983 - Histoire de la végétation d'après les analyses polliniques in Paléoenvironnements tardiglaciaires et holocènes des lacs de Pelléautier et Siguret (Hautes Alpes, France). *Ecologia mediterranea*, IX, 3-4, 19-36.
- DELIBRIAS, G., GABERT, J. et JORDA, M., 1984 - Données nouvelles sur la chronostratigraphie et l'évolution paléomorphologique postglaciaire des Alpes du Sud (Moyenne Durance). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 299 (II), 263-266.
- DIGERFELDT, G., De BEAULIEU, J.-L., GUIOT, J. & MOUTHON, J., 1997 - Reconstruction and paleoclimatic interpretation of Holocene lake-level changes in Lac de Saint-Léger, Haute-Provence, southeast France. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 136, 231-258.
- EDOUARD, J.L., 1994 - *Les lacs d'altitude dans les Alpes françaises. Contribution à la connaissance des lacs d'altitude et à l'histoire des milieux montagnards depuis la fin du Tardiglaciaire*. Thèse de Doctorat de Géographie, Université Joseph Fourier, Grenoble I, 795 p.
- FONTUGNE, M., PATERNE, M., CALVERT, S.E., MURAT, A., GUICHARD, F. & ARNOLD, M., 1989 - Adriatic deep water formation during the Holocene : implication for the reoxygenation of the deep Eastern Mediterranean. In Bar-Yosef, O., Kra, R.S. (eds), *Late Quaternary Chronology and Paleoclimates of the Eastern Mediterranean*. *Radiocarbon*, 75-88.
- GAUTIER, E., 1992 - *Recherches sur la morphologie et la dynamique fluviales dans le bassin du Buech (Alpes du Sud)*. Thèse de géographie, Université de Paris-X-Nanterre, 439 p.
- GIDON, M., MONTJUVENT, G., FLANDRIN, J., MOULLADE, M., DUROZOY, G. et DAMIANI, L., 1991 - Notice explicative de la carte géologique de la France au 1/50000, feuille de Laragne-Montéglin (893). B.R.G.M., Orléans, 84 p.
- GROOTES, P.M., STUIVER, M., WHITE, J.V.C., JOHSEN, S. & JOUZEL, J., 1993 - Comparison of oxygen isotope records from the GISP 2 and GRIP Greenland ice cores. *Nature*, 366, 552-554.
- GUIOT, J., HARRISON, S.P. & PRENTICE, I.C., 1993 - Reconstruction of Holocene precipitation patterns in Europe using pollen and lake-level data. *Quaternary Research*, 40, 139-149.
- HARRISON, S.P. & DIGERFELDT, G., 1993a - European lakes as palaeohydrological and palaeoclimatic indicators. *Quaternary Science Review*, 12, 233-248.
- HARRISON, S.P., PRENTICE, I.C. & GUIOT, J., 1993b - Climatic controls on Holocene lake-level changes in Europe. *Climatic Dynam.* 8, 189-200.
- HOSTETLER, S.W. & BENSON, L.V., 1990 - Palaeoclimatic implications of the high stand of lake Lahontan derived from models of evaporation and lake level. *Climatic dynamics*, 4, 207-217.
- JORDA, M., 1980 - Morphogenèse et évolution des paysages dans les Alpes de Haute-Provence depuis le Tardiglaciaire. Facteurs naturels et facteurs anthropiques. *Bulletin de l'Association de Géographes Français*, 472, 295-304.
- JORDA, M., 1985 - La torrentialité holocène des Alpes françaises du sud. Facteurs anthropiques et paramètres naturels de son évolution. Symposium International : les modifications de l'environnement dans le bassin méditerranéen occidental à la fin du Pléistocène et pendant l'Holocène. Toulouse, *Cahiers Ligures de la Préhistoire*, H.S., 2, 49-70.
- JORDA, M., 1993 - Histoire des paléoenvironnements tardi- et post-glaciaires de moyenne altitude. Essai de reconstitution cinématique. In *Géomorphologie et aménagement de la montagne*, Hommage à P. Gabert, CNRS, Caen, 91-111.
- JORDA, M. et ROSIQUE, T., 1994 - Le Tardiglaciaire des Alpes françaises du Sud. Rythmes et modalités des changements biomorphoclimatiques. *Bulletin de l'Association Française pour l'Étude du Quaternaire*, 3/4, 141-149.

- KALLEL, N., PATERNE, M., LABEYRIE, L., DUPLESSY, J.-C. & ARNOLD, M., 1997 - Temperature and salinity records of the Tyrrhenian Sea during the last 18,000 years. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 135, 97-108.
- KROMER, B. & BECKER, B., 1993 - German oak and pine 14C calibration, 7200-9439 BC. *Radiocarbon*, vol. 35, n°1, 125-135.
- KRUIT, C., 1955 - *Sediments of the Rhône delta. Grain size and microfauna*. Verhandelingen van het Koninklijk Mijnbouwkundig Genootschap, Geologische serie deel 15, 357-555.
- MAGNY, M., 1992 - Holocene lake level fluctuations in Jura and the northern sudalpine ranges, France: regional pattern and climatic implications, *Boreas*, 21, 319-334.
- MAGNY, M. & RUFFALDI, P., 1995 - Younger Dryas and early Holocene lake level fluctuations in the Jura mountains France, *Boreas*, 24, 155-172.
- MAGNY, M., 1995 - *Une histoire du climat. Des derniers mamouths au siècle de l'automobile*. Errance, Paris, 175 p.
- MAGNY, M., 1997 - Eléments pour une histoire du climat entre 13000 et 6000 BP. *Bulletin de la société préhistorique française*, 94(2), 161-167.
- MAISCH, M., 1981 - Glazial morphologische und gletschergeographische Untersuchungen im Gebiet zwischen Landwasser und Albulatal. Diss. Univ. Zürich, Phys. Geogr., 3, 1-127.
- MIRAMONT, C., 1998 - *Morphogenèse, activité érosive et détritisme alluvial holocènes dans le bassin de la Moyenne Durance*. Thèse de Géographie, Université d'Aix-Marseille I, 287 p.
- PASTRE, J.F., LEROYER, C., LIMONDIN-LOZOUET, N., CHAUSSE, C., FONTUGNE, M., GEBHARDT, A., HATTE, C., et KRIER, V., 2000 - Le Tardiglaciaire des fonds de vallées du Bassin Parisien (France), *Quaternaire*, 11, 2, 107-122.
- PATZELT, G., 1977 - Der Zeitliche Ablauf und das Ausmass postglazialer Klimaschwankungen in der Alpen, In "Dendrochronologie und postglaziale Klimaschwankungen in Europa", Steiner, Wiesbaden, 248-259.
- PEARSON, G.W., BECKER, B. & QUA, F., 1993 - High-precision 14C measurement of German and Irish oaks to show the natural 14C variations from 7890 to 5000 BC. *Radiocarbon*, vol. 35, n°1, 93-104.
- PRENTICE, I.C., HARRISON, S.P., JOLLY, D. & GUIOT, J., 1998 - The climate and Biomes of Europe at 6000 yr BP: Comparison of Model Simulations and Pollen-Based Reconstructions. *Quat. Sci. Rev.*, 17, 6-7, 659-668.
- ROSIQUE, T., 1994 - Les gisements de bois fossiles conservés dans les formations détritiques tardi- et postglaciaires du bassin du Buëch (Hautes Alpes): interprétation géodynamique et paléocécologique. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 319(II), 373-380.
- ROSIQUE, T., 1996 - *Morphogenèse et évolution des paléoenvironnements alpins de la fin des temps glaciaires au début de l'Holocène: l'exemple de la Moyenne Durance (Alpes françaises du Sud)*. thèse de doctorat de Géographie, Université d'Aix-Marseille I, 288 p.
- STAGER, J.C. & MAYEWSKI, P.A., 1997 - Abrupt early to mid-Holocene climatic transition enregistered at the equator and the pole. *Science*, 276, 1834-1836
- STEGER, Ch., 1972 - *Contribution à l'étude écologique des ostracodes des mares temporaires de Camargue - Autécologie de l'espèce Cypris bispinosa LUCAS*. Thèse de spécialité en biologie appliquée, Université de Provence.
- STUIVER, M., GROOTES, P.M. & BRAZIUNAS, T.F., 1995 - The GISP II L¹⁸O Climate Record of the past 16, 500 Years and the role of the sun, ocean and volcanoes. *Quaternary Research*, 44, 241-354.
- TESSIER, L., 1984 - *Dendroclimatologie et écologie de Pinus sylvestris L. et Quercus pubescens Willd. dans le Sud-Est de la France*. Thèse, Marseille, 275 p.
- TRIAT-LAVAL, H., 1978 - *Contribution pollenanalytique à l'histoire tardi et postglaciaire de la végétation de la basse vallée du Rhône*, Thèse d'état ès sciences, Aix-Marseille III, 343 p.
- WICK, L. et TINNER, W., 1997 - Vegetation changes and timberline fluctuations in the central Alps as indicators of holocene climatic oscillations. *Arctic and alpine research*, vol. 29, 4, 445-458.
- WUNSAM, S., SCHMIDT, R. & MÜLLER, J., 1999 - Holocene lake-development of two Dalmatian lagoons (Malo and Veliko Jezero, Isle of Mljet) in respect to changes in Adriatic sea level and climate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 146, 251-281.
- YU, G. & HARRISON, S.P., 1995a - Lake Status Records from Europe: Data Base Documentation. NOAA Paleoclimatol. Prog. Paleoclimatol. Publ. Ser., 2 1-451.
- YU, G. & HARRISON, S.P., 1995b - Holocene changes in atmospheric circulation patterns as shown by lake status changes in northern Europe. *Boreas*, 24, 260-268.
- ZOLLER, H., 1977 - Les oscillations du climat et des glaciers pendant le Tardi- et le Postglaciaire dans les Alpes de la Suisse. In Laville H. et Renault-Miskovsky J., (Eds) "Approche écologique de l'Homme fossile", suppl. *Bull AFEQ*, 297-301.