

Le cycle de sédimentation « postglaciaire principal » des bassins marneux subalpins : état des lieux

The «main postglacial» sedimentation cycle of marly subalpine basins : an inventory

Cécile MIRAMONT*
 Thierry ROSIQUE**
 Olivier SIVAN*
 Jean-Louis EDOUARD*
 Frédéric MAGNIN *
 Brigitte TALON *

Résumé - L'objectif de cet article est de dresser un bilan des travaux menés depuis une trentaine d'années dans les Alpes du Sud sur l'évolution géomorphologique et paléoenvironnementale postglaciaire. Initiées par M. JORDA dans les années 1980, ces recherches ont porté sur la définition des grandes étapes de la sédimentation postglaciaire et sur la mise en évidence du «Remblaiement postglaciaire principal». Sur cette base, les disparités spatio-temporelles de la morphogenèse ont ensuite été mises en évidence. Puis les recherches se sont orientées sur les interprétations bio-morphoclimatiques fondées sur l'analyse et la confrontation de divers indicateurs paléocéologiques (malacologie, anthracologie, dendrochronologie). Il en résulte des interprétations sur les rythmes de la sédimentation et un renouvellement de la vision hydrodynamique et paléogéographique de la mise en place du remblaiement postglaciaire principal.

Abstract - The objective of this article is to draw up a balance sheet of work carried out over a 30-year period in the Southern Alps on geomorphological and postglacial paleoenvironmental evolution. Initiated by M. JORDA in the 1980s, this research has focused on defining the major stages of postglacial sedimentation and on underscoring the «main postglacial filling-in». On this basis, the spatial and temporal disparities of the morphogenesis have subsequently been demonstrated. Research has been oriented to biomorphoclimatic interpretations based on the analysis and the comparison of diverse paleoecological indicators (malacology, anthracology, dendrochronology). Resulting interpretations are found in sedimentation rhythms and a renewal of the hydrodynamic and paleogeographical vision of the main postglacial filling-in.

Introduction

En 1980, M. JORDA proposait un premier schéma chronostratigraphique de l'évolution tardi- et postglaciaire des bassins-versants sud-alpins, très vite précisé et complété dans diverses publications (JORDA, 1985 et 1987 ; BOREL *et al.*, 1984 ; DÉLIBRIAS *et al.*, 1984). Cet apport novateur –sans équivalent à l'époque– n'a guère été remis en cause jusqu'à aujourd'hui. Au contraire, les grandes orientations de la morphogenèse ainsi identifiées ont trouvé depuis d'importantes similitudes dans plusieurs

régions : moyennes montagnes du pourtour méditerranéen, grandes vallées d'Europe occidentale (Somme, Moselle, Rhin...).

Dans les Alpes du Sud, le modèle chrono-climatique défini par M. JORDA a été à la base de cinq travaux de thèse menés depuis les années 1990 (GAUTIER, 1992 ; ROSIQUE, 1996 ; BALLANDRAS, 1997 ; MIRAMONT, 1998 et SIVAN, 2002). Ceux-ci ont affiné sensiblement le cadre chronologique et les interprétations bio-morphoclimatiques de l'activité fluviale des 30 derniers

* Institut Méditerranéen d'Ecologie et de Paléocéologie, Europôle Méditerranéen de l'Arbois, BP 80 13545 Aix-en-Provence cedex 04, E mail : mirajor@aol.com

** EPPIG-ULP, Faculté de Géographie et d'Aménagement de l'Université Louis Pasteur, 3 rue de l'Argonne, 67083 Strasbourg cedex, E-mail : rosique@geographie.u-strasbg.fr

millénaires. Mais ils ont surtout envisagé les réponses diversifiées des systèmes fluviaux aux mutations des paléoenvironnements, et les rythmes et ruptures de leur évolution. Les avancées les plus significatives concernent la période d'alluvionnement majeure responsable de la mise en place du *remblaiement postglaciaire principal* (12000 – 6000 BP). Elles ont tiré profit de la grande richesse paléontologique des formations alluviales postglaciaires des bassins-marneux subalpins (trons subfossiles, débris carbonneux, malacofaunes et pollens) qui autorise l'utilisation croisée de divers indicateurs chronologiques et/ou paléoécologiques.

Nous dressons ici un bilan des recherches qui ont porté, depuis les travaux pionniers de M. JORDA, sur le cycle de sédimentation postglaciaire principal. Nous montrons ainsi comment l'évolution des approches méthodologiques a modifié la lecture du fonctionnement hydrodynamique des cours d'eau. Cette démarche permet de dégager quelques bases de réflexion relatives à l'acuité des enregistrements alluviaux et aux déterminants de la morphogénèse.

1. Première étape des recherches :

–**définition d'un modèle chronostratigraphique cohérent ; des interprétations morphodynamiques basées essentiellement sur des corrélations avec les données palynologiques régionales**–

La phase de sédimentation postglaciaire⁽¹⁾ principale a été définie par M. JORDA dans deux domaines privilégiés des Alpes méridionales (fig. 1) :

- *le domaine subalpin* (préalpes de Digne, région de Sisteron, bassin du Buëch). Il offre des paysages de moyennes montagnes, dominés par l'étendue à l'affleurement des terrains marneux («terres noires» jurassiques). De vastes dépressions alluviales sont ainsi dominées en inversion de relief par des cuvettes synclinales perchées, armées au sommet de calcaires du Jurassique terminal (Kimméridgien et Tithonique). Les versants sont découpés par de nombreux bassins torrentiels, développés aux dépens d'héritages périglaciaires pléistocènes variés (glacis à couverture détritique cryoclastique et manteaux d'éboulis). Le *remblaiement postglaciaire principal* se localise dans les torrents tributaires des drains principaux (organismes de rang 3-4) et se présente sous la forme de vastes cônes d'épandage coalescents, fréquemment emboîtés dans les formations torrentielles du Pléniglaciaire supérieur.

- *la zone interne de l'Ubaye*. Ce paysage de moyennes et hautes montagnes s'ouvre également dans des terrains à dominance marneuse. Le *remblaiement postglaciaire principal* entre pour partie dans la composition de puissants cônes de déjection polygéniques, édifiés au débouché d'organismes torrentiels au sens strict, affluents de l'Ubaye. Dans ce domaine, les héritages glaciaires ont constitué d'importantes sources sédimentaires au détritisme postglaciaire.

Trois étapes caractérisent la mise en place du *remblaiement postglaciaire principal* (tab. 1) :

- des apports caillouteux inaugurent les dépôts. Ils sont datés du Préboréal dans la vallée de l'Ubaye (JORDA, 1987) où ils traduisent le maintien de conditions morphoclimatiques encore instables (JORDA, 1980). Mais

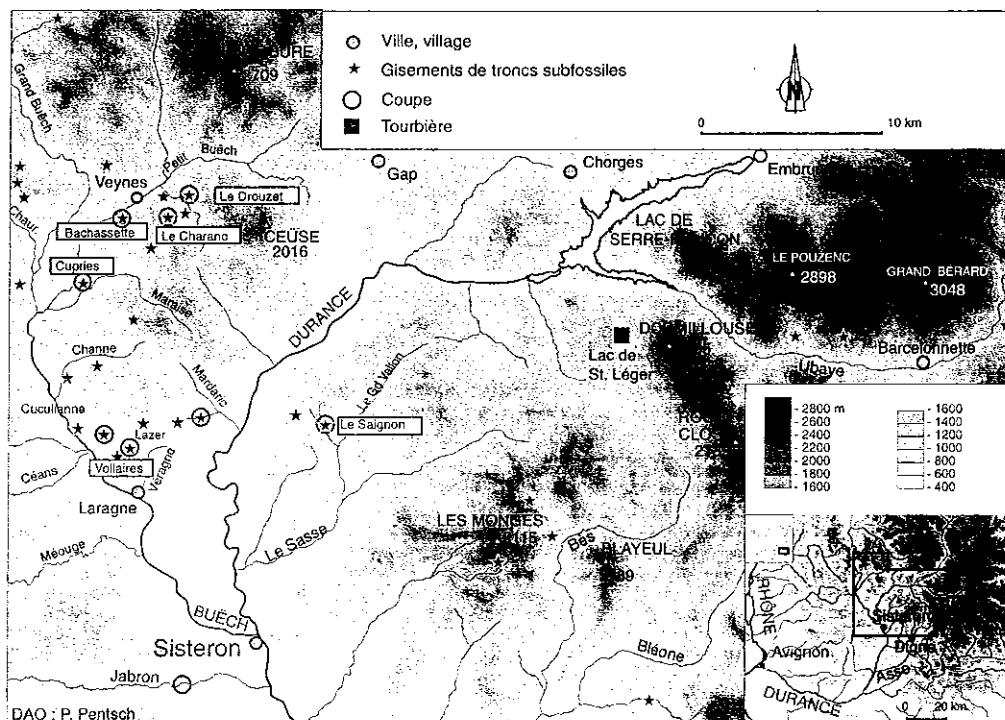
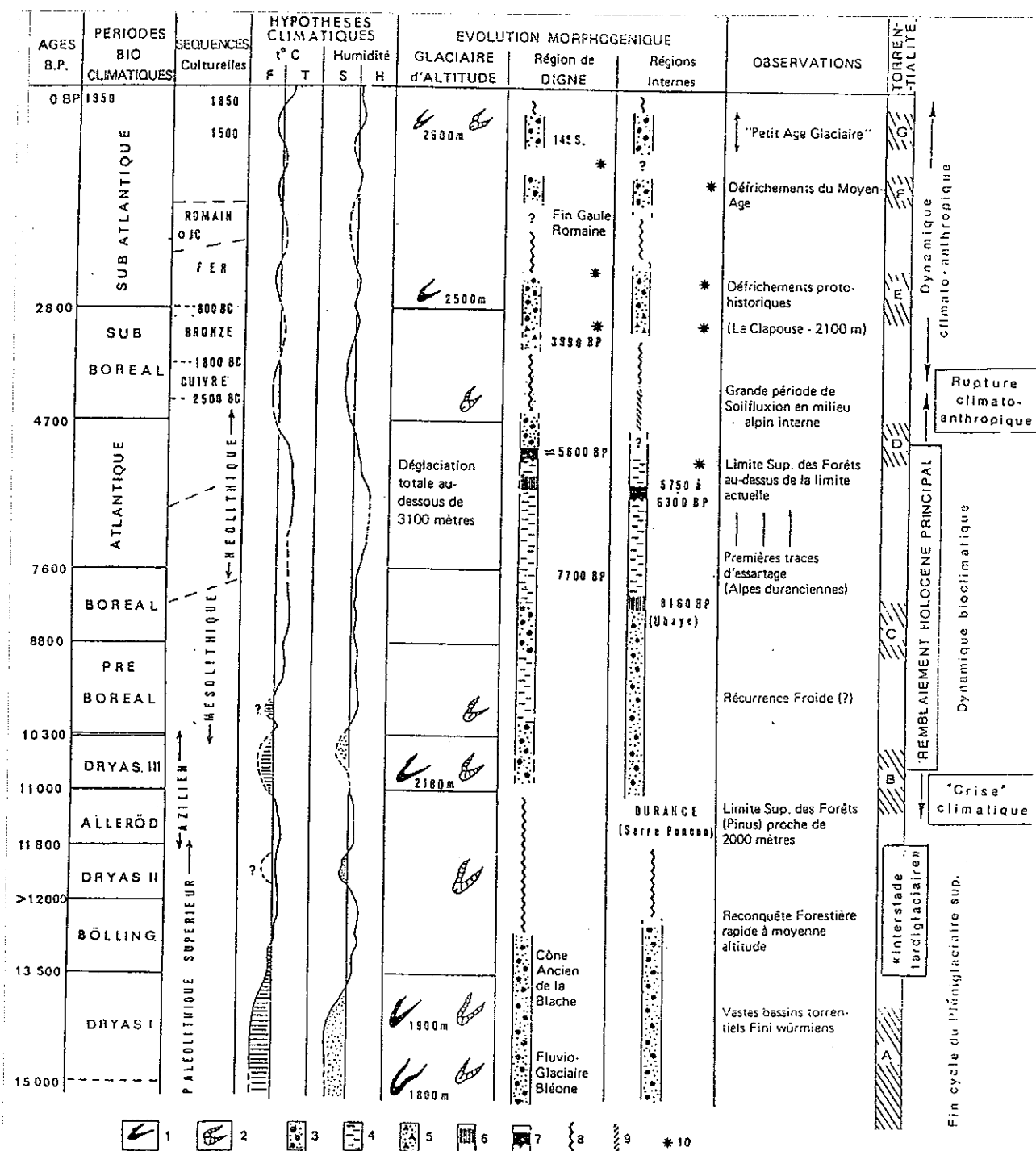


FIG. 1 - LOCALISATION DES PRINCIPAUX SITES D'ÉTUDE

1- Le terme de «postglaciaire» est utilisé ici au sens large. Nous retenons ainsi la définition proposée par J.L. DE BEAULIEU (1977) et J.L. BOREL *et al.* (1984) d'un cycle bio-morphoclimatique postglaciaire *lato sensu* inauguré au cours de l'«interstade» du Bölling-Alleröd.

TABL. 1 - CADRE CHRONOSTRATIGRAPHIQUE ET INTERPRÉTATION DE LA MORPHOGENÈSE POSTGLACIAIRE
 DANS LES ALPES MÉRIDIONALES (JORDA, 1980)


1. Stade glaciaire (altitude moyenne des Fronts); 2. Glaciers rocheux; 3. Formations torrentielles; 4. Formations limoneuses (alluviales ou colluviales); 5. Formations colluviales caillouteuses; 6. Horizons brunâtres humifères; 7. "Sol enterré"; 8. Incision verticale des vallées; 9. Phase de solifluxion généralisée (Ubaye, Verdon); 10. Périodes de défrichements ou essartages.

Esquisse climatique : t°C = Température. F = Froid. T = Tempéré. S = Sec. H = Humide.

A à G. Périodes à activité torrentielle généralisée : A à C ou D - Origine climatique - D à G - Origine climato-anthropique

dans le domaine subalpin (bassin du Buëch), la sédimentation caillouteuse se développe dès la fin du Tardiglaciaire et, notamment, au cours du Dryas récent (ravin de Cuculianne : DELIBRIAS *et al.*, 1984). Cette coïncidence a conduit M. JORDA (1986) à admettre les implications majeures de cette crise morphoclimatique, reconnue partout dans les Alpes occidentales (données palynologiques et surtout évolution des fronts glaciaires d'altitude), sur le comportement hydrodynamique des cours d'eau sud-alpins ;

la sédimentation est essentiellement limoneuse et limono-caillouteuse à partir du Boréal, dans la plupart des bassins. Le phénomène traduit, semble-t-il, une diminution notable de l'activité érosive sur les versants comparativement aux périodes antérieures, corrélative de la densification du couvert végétal et à l'établissement progressif d'un climat plus humide et de régime moins contrasté (JORDA, 1987). La progression des espaces arboréens mésothermophiles et, en particulier, des ripisylves est à l'origine du caractère hydromorphe des

dépôts et du développement de milieux alluviaux mal drainés (BOREL *et al.*, 1984). Néanmoins, les lits caillouteux interstratifiés dans les dépôts limoneux suggèrent des périodes de reprise de la torrentialité ;

- la stabilisation progressive des versants montagnards aboutit à une phase de pédogenèse, clairement identifiée dans la zone intra-alpine (sols bruns calciques datés entre 6300 et 5700 BP) et synchronique de l'optimum bioclimatique postglaciaire (deuxième moitié de l'Atlantique). Le remblaiement s'achève localement par des apports caillouteux, en discordance de ravinement sur les assises limoneuses ou les paléosols enterrés. Ce renversement de tendance prélude à l'instabilité accrue des bassins-versants qui caractérise toute la seconde partie de l'Holocène (crises érosives climato-anthropiques : JORDA, 1992 ; JORDA et PROVANSAL, 1996).

Ainsi, le *remblaiement postglaciaire principal* correspond, au sens stratigraphique (POMEROL *et al.*, 1987), à une série sédimentaire intercalée entre deux discontinuités majeures : des épisodes d'incision verticale qui ont ramené à chaque fois les talwegs à un niveau proche de l'actuel. Le premier accompagne l'amélioration climatique de l'interstade tardiglaciaire du Bölling-Alleröd et la reconquête forestière qui lui est corrélative. Le second signe, mais sans précision chronologique, la rupture fondamentale du début du Subboréal constitue une césure entre un «premier Postglaciaire» au cours duquel les géosystèmes montagnards répondent à une dynamique strictement naturelle et un «second Postglaciaire» marqué par la mise en place de plusieurs nappes alluviales,

d'origine climato-anthropique, mais dont les volumes n'atteignent jamais ceux du *remblaiement postglaciaire principal*.

L'enchaînement des différentes étapes de la sédimentation obéit assez fidèlement aux grandes tendances de l'évolution bioclimatique des paléoenvironnements sud-alpins révélées par les travaux des palynologues (BEAULIEU, 1977 ; WEGMÜLLER, 1977). Dès lors, se trouve proposé un modèle caractérisé par une certaine continuité morphodynamique, mais dans lequel sont encore mal perçus les rythmes de l'activité détritique. Cependant M. JORDA réfutait en 1993 l'image d'une évolution résumée à une simple courbe ascendante de l'amélioration climatique. Les changements qui affectent en particulier la torrentialité du bassin de l'Ubaye (JORDA, 1985) démontrent, en effet, que des crises érosives ont répondu à des variations significatives du volume, du régime saisonnier et de l'intensité des précipitations. Cette interprétation trouvera plus tard confirmation dans les travaux de C. MIRAMONT et O. SIVAN.

2. Deuxième étape des recherches :

—mise en évidence de profondes disparités spatio-temporelles de la morphogenèse dans les bassins-versants ; des interprétations bio-morphoclimatiques fondées sur la confrontation de divers indicateurs paléoécologiques (GAUTIER, 1992 ; ROSIQUE, 1996 ; BALLANDRAS, 1997)—

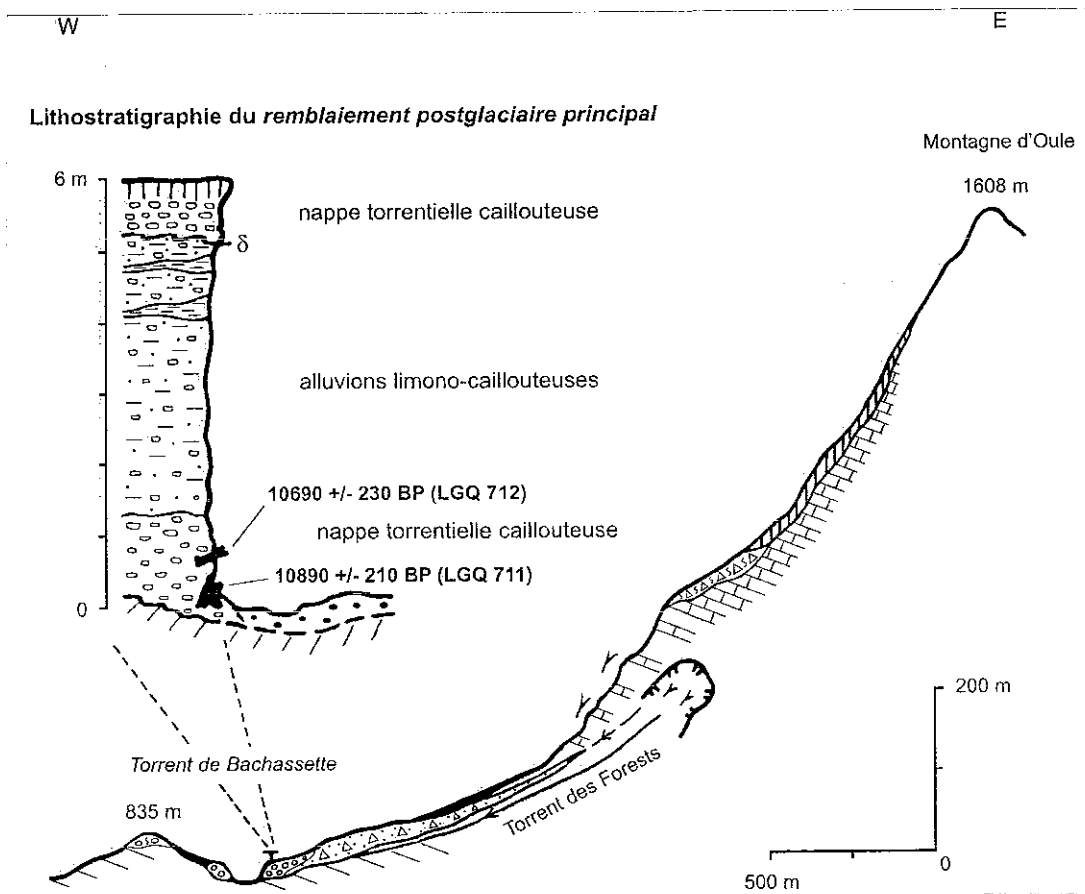


FIG. 2 - DISPOSITIF ALLUVIAL DU TORRENT DE BACHASSETTE (OZE) Cf. légende fig. 3

Le prolongement des recherches initiées par M. JORDA partait de deux constats :

- le schéma morphostratigraphique initial est valable pour l'ensemble des Alpes du Sud mais il rend mal compte de l'expression sédimentaire très diversifiée de l'activité fluviale du premier Postglaciaire, observée dans plusieurs bassins et très largement tributaires de la disparité des paramètres orographiques, lithostratigraphiques, paléogéomorphologiques et bioclimatiques régionaux ;
- le *remblaiement postglaciaire principal* de la moyenne Durance possède une richesse paléobiologique exceptionnelle : des gisements de bois subfossiles, des niveaux charbonneux, des vestiges de malacofaune. Il convenait dès lors d'explorer les implications paléoécologiques de ces restes fossiles.

2.1. Les compléments chronostratigraphiques

En fonction des données chronologiques recueillies, le *remblaiement postglaciaire principal* apparaît scindé en deux parties : une phase du Tardiglaciaire supérieur ; une phase boréo-atlantique (GAUTIER, 1992 ; ROSIQUE, 1996).

La crise de torrentialité du Dryas récent est clairement identifiée dans le torrent de Bachassette où des apports caillouteux (datations ^{14}C sur débris de bois : 10890 + 210 BP et 10690 + 230 BP), en discordance d'érosion sur le substratum marneux, débutent le remblaiement de la basse terrasse (fig. 2). Cependant des dates ^{14}C plus anciennes (Alleröd essentiellement), obtenues dans des torrents voisins du bassin du Buëch ou de la moyenne Durance (ravin de Cuculianne, DÉLIBRIAS *et al.*, 1984 ; ravin de Maurieu, JORDA, non publié ; ravin des Vollaires, GIDON *et al.*, 1991) nous forçaient à admettre que la reprise de la torrentialité, après l'intermède de l'interstade tardiglaciaire, a été localement diachronique (JORDA et ROSIQUE, 1994). Le seuil de renversement entre une tendance globale à l'incision et des conditions hydrodynamiques propices à l'alluvionnement torrentiel a pu être, en effet, franchi plus ou moins tardivement en fonction de particularismes locaux (rôle des facteurs intrinsèques des sous-systèmes fluviaux). L'hypothèse d'un seuil morphodynamique plus précoce a été clairement confirmée depuis par les travaux récents d'O. SIVAN (2002).

Mais l'examen des dates radiocarbone obtenues en moyenne Durance montre que l'essentiel du volume des dépôts appartient à la deuxième phase, boréo-atlantique. Cela suggère, sinon un arrêt, un ralentissement de la sédimentation alluviale et colluviale au cours du Préboréal (climat de nuance plus sèche ?) qui s'oppose à trois millénaires de reprise de la sédimentation détritique dans les vallées, du début du Boréal à la première partie de l'Atlantique. Cette tendance semble s'exprimer à l'échelle régionale ; S. BALLANDRAS (1997) identifie, en effet, une recrudescence de l'activité torrentielle en Ubaye, à l'aube du Boréal.

La dynamique holocène des torrents du Buëch a enregistré, comme partout dans les Alpes méridionales, la

rupture morphogénique du Subboréal caractérisée par une incision linéaire clairement identifiée dans l'ensemble du bassin. Elle est datée seulement dans le torrent de Charanc, dans l'intervalle chronologique 6900-5200 BP (ROSIQUE, 1996).

2.2. La mosaïque végétale des bassins-versants subalpins

Les *remblaiements postglaciaires principaux* contiennent de très nombreux gisements de bois subfossiles (ARCHAMBAULT, 1967, 1968, 1969 ; ROSIQUE, 1994). Les identifications spécifiques réalisées montrent que les individus sont caractérisés par une seule espèce *Pinus silvestris* sp. Ce résultat s'accorde assez mal avec l'image, rapportée par les études palynologiques régionales, d'une végétation forestière dominée par les essences mésothermophiles (cortège de la chênaie caducifoliée au Préboréal et surtout au Boréal, sapinière à l'Atlantique : DE BEAULIEU, 1977 ; WEGMÜLLER, 1977 ; DIGUERFELT *et al.*, 1997).

La question de l'omniprésence des pins dans les gisements de bois fossiles du *remblaiement postglaciaire principal* a conduit à engager d'autres approches paléoécologiques. Les analyses malacologiques et anthracologiques, (MAGNIN et TALON *in* ROSIQUE, 1996), ne mettent pas en évidence de formation forestière vraiment évoluée au cours de la première partie de l'Holocène. Au contraire elles donnent l'image de bassins-versants couverts de prairies humides parsemées de pins, en accord d'ailleurs avec la présence des macro-restes. Par ailleurs, les données anthracologiques soulignent la rareté des ripisylves hygrophiles. Celles-ci sont présentes néanmoins dans certaines parties aval des bassins (plus grande humidité permanente, zones moins soumises à des perturbations).

Les distorsions entre les signaux palynologiques, d'une part, et les signaux anthracologiques et malacologiques, d'autre part, peuvent s'expliquer par plusieurs facteurs :

- des facteurs taphonomiques : les données palynologiques donnent une image globale de la végétation, locale ou extra-locale, alors que les données anthracologiques et malacologiques reconstituent la végétation *in situ* ;
- des facteurs paléoenvironnementaux : l'instabilité des fonds alluviaux cantonne la végétation à un stade pionnier (bassins soumis à de fréquents flux hydrosédimentaires, stérilité des formations sédimentaires qui composent les lits majeurs, pauvreté édaphique et érodibilité des substrats marneux).

En définitive, la confrontation des trois indicateurs paléoécologiques permet d'approcher la diversité spatiale des peuplements végétaux du «Premier Postglaciaire», tributaire, comme aujourd'hui, de contraintes stationnelles variées. Des peuplements forestiers évolués (chênaies caducifoliées puis sapinières) caractérisaient vraisemblablement les secteurs présentant des conditions édaphiques favorables (versants ubacs moins soumis aux actions érosives, interfluves préservées des phénomènes

torrentiels,...). Des peuplements pré-forestiers, largement dominés par les pins, occupaient les bassins-versants latéraux. Dans ces derniers, soumis à une activité érosive récurrente depuis la fin du Pléniglaciaire supérieur, les espaces forestiers ouverts et les zones de *bad-lands* établies sur marnes noires étaient sans doute particulièrement étendus. De même, l'importance des espaces minéraux stériles et la fréquence des apports détritiques au sein des lits majeurs étaient un obstacle à un développement optimum de la végétation. Dans le Buëch, l'instabilité endémique des bassins marneux n'est probablement pas étrangère à l'absence de sols évolués dans les remblaiements boréo-atlantiques, au contraire de ce qui est classiquement observé dans les vallées intra-

alpines. Les paléosols enfouis dans les dépôts correspondent ici, pour l'essentiel, à des sols calcimagnésiques brunifiés ou à des sols d'apport de type alluvial (ROSIQUE, 1996).

En retour, la persistance d'espaces forestiers ouverts, entrecoupés de zones dénudées, au cours des premiers millénaires de l'Holocène a été sans nul doute un facteur déterminant – avec la variable climatique – du maintien d'une dynamique érosive efficace affectée de crises récurrentes. Ce point de vue, déjà pour partie avancé par M. JORDA (1987), est à même d'expliquer, en effet, le volume considérable des dépôts boréo-atlantiques dans les bassins marneux subalpins.

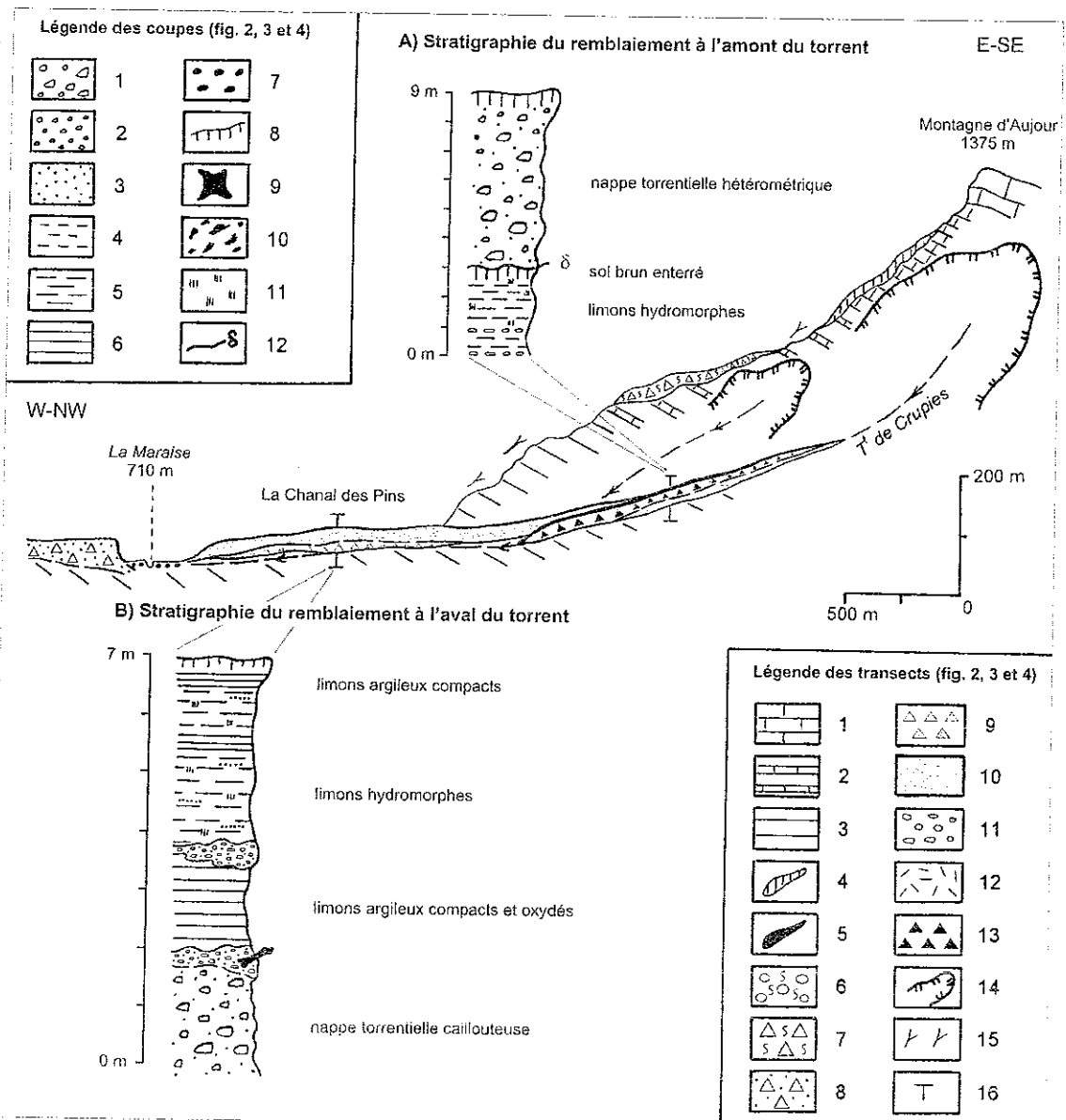


FIG. 3 - DISPOSITIF ALLUVIAL DU TORRENT DE CRUPIES (LA BÂTIE-MONTSALÉON)

Légende des coupes (Fig. 2, 3, et 4) : 1 - nappe caillouteuse hétérométrique ; 2 - cailloutis torrentiels homométriques ; 3 - sables ; 4 - limons ou limons-argileux ; 5 - limons ou limons argileux laminés ; 6 - limons ou limons argileux compacts ; 7 - alluvions torrentielles récentes ; 8 - sol ou paléosol ; 9 - tronç fossilifère à souche en place ; 10 - débris charbonneux ou fragments de bois ; 11 - pseudogley ; 12 - discordance stratigraphique.

Légende des transects (Fig. 2, 3 et 4) : 1 - calcaires ; 2 - calcaires mameux ; 3 - «terres noires» jurassiques ; 4 - éboulis périglaciaires pléistocènes ; 5 - colluvions postglaciaires ; 6 - nappe alluviale pléistocène ; 7 - formation torrentielle caillouteuse des glacis pléistocènes ; 8 - formation torrentielle caillouteuse «néowürmienne» ; 9 - alluvions torrentielles caillouteuses du Tardiglaciaire supérieur ; 10 - dépôts à faciès limoneux dominant de la phase de sédimentation boréo-atlantique ; 11 - épandage caillouteux («bouillies de calcschistes») de la phase de sédimentation boréo-atlantique ; 12 - dépôt mixte (formation de pente/apports torrentiels) du remblaiement postglaciaire principal ; 13 - alluvions torrentielles caillouteuses de l'Holocène supérieur ; 14 - bassin torrentiel ; 15 - ravinement ; 16 - coupe décrite.

2.3. Les variations spatiotemporelles de la sédimentation

Le remblaiement postglaciaire principal du bassin du Buëch montre des variations de faciès latérales et longitudinales importantes qui traduisent, au-delà des grandes tendances de l'évolution hydrodynamique, la diversité des processus en jeu dans les sous-systèmes fluviaux.

Les dépôts de la phase de sédimentation du Tardiglaciaire final se localisent uniquement en aval des cônes alluviaux et reposent directement sur le substrat marnieux jurassique (fig. 3). Les puissantes accumulations limono-caillouteuses contemporaines de la seconde phase –boréo-atlantique– s'appuient en aval sur les formations tardiglaciaires et constituent dans les parties moyennes et supérieures des bassins l'essentiel des remblaiements. Elles sont, d'autre part, ravinées à l'amont des torrents par des nappes torrentielles hétérométriques appartenant à la seconde moitié de l'Holocène (fig. 3A). Cette diachronie, qui tend vers un rajeunissement des dépôts vers l'amont des bassins-versants, traduit –très globalement– le caractère rétrogradant de la sédimentation (ROSIQUE, 1996). Ce phénomène complique l'interprétation des variations spatiales des faciès car il se conjugue à d'autres paramètres morphodynamiques, tributaires de particularismes locaux ou stationnels.

Au sein même des formations boréo-atlantiques s'observent, en effet, des variations de faciès significatives dans ou entre les bassins (fig. 4). On distingue :

- d'épais glacis-cônes bombés et pentus en pied de versant, (20 à 30 m d'épaisseur) constitués de «bouillies de calcschistes» riches en matières limoneuses dont l'homogénéité d'ensemble est interrompue par des niveaux caillouteux hétérométriques (fig. 4B).

- de vastes épandages à pentes faibles et d'épaisseur plus modeste, abandonnés dans les parties moyennes et inférieures des bassins les plus étendus. Ils comprennent un matériel essentiellement limoneux ou limono-argileux et gléifié (fig. 3B), mais fréquemment envahi latéralement par des passées caillouteuses ou gravelo-sableuses (GAUTIER, 1992 ; ROSIQUE, 1994).

Deux facteurs expliquent ces disparités spatiales : la nature des stocks sédimentaires disponibles ; la morphologie des bassins-versants héritée de la phase d'incision tardiglaciaire. À l'amont des bassins-versants ou latéralement sur le flanc des interfluves, l'incision, plus vigoureuse, a modelé de profonds chenaux torrentiels. Ils collectaient des apports hydrosédimentaires latéraux ou longitudinaux issus de l'ablation des basses pentes : laves boueuses chenalisées par les talwegs élémentaires ou colluvions nourries par la fragmentation des marno-calcaires particulièrement friables de

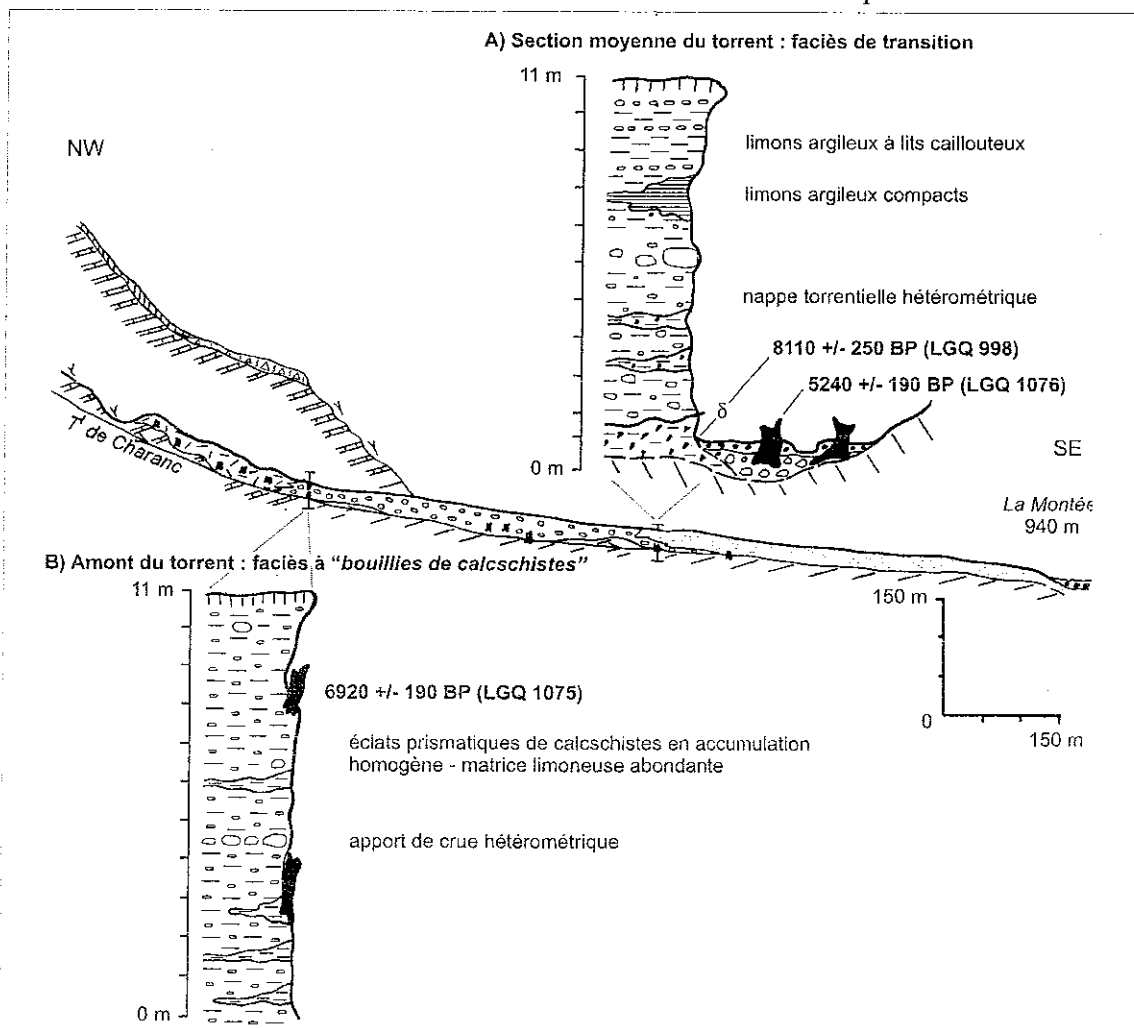


FIG. 4 - COMPLEXE DÉTRITIQUE DU TORRENT DE CHARANC (CHATEAUNEUF-D'OZE) Cf. légende fig. 3

l'Argovien (partie supérieure des «terres noires» jurassiques) ; apports de pente caillouteux, fournis par le démantèlement des héritages pléistocènes résiduels (glacis torrentiels à couverture cryoclastique et manteaux d'éboulis). Au total, ces flux détritiques, volumineux et discontinus, étaient piégés dans le fond des vallons par des pineraies claires à strate herbacée développée où ils provoquaient très rapidement l'étouffement des arbres. De manière différente vers l'aval, l'incision s'est traduite par l'ouverture de vastes plaines alluviales en pente faible. Celles-ci constituaient des zones d'épandage mal drainées qui piègeaient les fines nourries par les marnes noires callovo-oxfordiennes et filtrées par des prairies humides, localement parsemées d'essences forestières hygrophiles (aulnes en particulier). Les lits à matériel plus grossier, interstratifiés au sein des séquences limoneuses, signalent néanmoins la présence de chenaux (GAUTIER, 1992), réactivés lors des grandes crues.

3. Troisième étape des recherches :

–une approche des rythmes de sédimentation par la méthode dendrogéomorphologique ; une interprétation hydrodynamique et paléogéographique renouvelée de la mise en place du remblaiement postglaciaire principal (MIRAMONT, 1998 ; SIVAN, 2002)–

Si la présence de troncs d'arbres enracinés en position de vie à différents niveaux dans les dépôts attestait du caractère discontinu de la sédimentation (ROSIQUE, 1996), une question fondamentale restait néanmoins posée : cette dynamique récurrente relève-t-elle de conditions strictement locales et donc d'événements diachroniques entre les différents bassins ou, *a contrario*, trouve-elle son origine dans un moteur morphoclimatique global, régional ? Les études dendrogéomorphologiques apportent des réponses à cette interrogation et permettent d'envisager les rythmes de la sédimentation à différentes échelles de temps.

Par ailleurs, l'incision récente et rapide des cours d'eau a permis la découverte de nouvelles coupes naturelles et la mise au jour de la base des dépôts postglaciaires au contact avec le substrat. Ces observations renouvellent la définition des principales phases de dépôt au sein du cycle de sédimentation «postglaciaire principal» et certaines interprétations morphodynamiques qui leurs sont associées.

3.1. Les rythmes de la sédimentation postglaciaire

Cette approche repose sur des analyses dendrogéomorphologiques des gisements d'arbres subfossiles : analyse des variations de largeur et de perturbations des cernes de croissance des arbres subfossiles ; étude chronostratigraphique des gisements ; évaluation des contextes géomorphologiques et implications morphodynamiques des processus d'enfouissement des arbres. Deux objectifs de résolution

spatiotemporelle différente sous-tendent cette démarche : la recherche des fluctuations pluricentennales de l'activité détritique à partir de l'identification de niveaux d'arbres dont l'ensevelissement est synchrone dans plusieurs bassins à l'échelle régionale. ; la définition des rythmes pluridécennaux de la sédimentation à partir de groupes d'arbres contemporains représentatifs de l'échelle locale.

a. Vers un fractionnement du remblaiement postglaciaire principal : des fluctuations pluricentennales de l'activité détritique

L'étude dendrogéomorphologique des remblaiements à bois subfossiles a été initiée, pour la première fois, dans le vallon du Saignon (bassin de la Sasse-Grand Vallon ; MIRAMONT, 1998). Les analyses dendrochronologiques reposent sur des tests statistiques de synchronisation des séries de cernes. Associées à des datations ¹⁴C, cette méthode permet d'isoler des groupes d'arbres contemporains (SCHWEINGRUBER, 1996). Les analyses ont été effectuées sur une centaine de troncs subfossiles et confrontées à une étude morphostratigraphique. Cinq niveaux d'arbres contemporains ont ainsi été identifiés. Ils s'insèrent dans un cadre chronologique s'étendant de la fin de l'Alleröd (11180±90BP) à la première moitié de l'Atlantique (7320±140BP).

Ces résultats suggèrent la succession dans le temps de deux types de tendances morphoclimatiques :

- des périodes de stabilité ou d'incision linéaire des talwegs, caractérisées par l'installation d'une végétation arborescente de pins dans les fonds de vallon. Cette tendance morphogénique témoigne de débits aux régimes saisonniers et interannuels réguliers qui doivent être reliés avant tout à des régimes de précipitations peu contrastés ;

- des épisodes érosifs et sédimentaires qui aboutissent à l'enfouissement des arbres. Ces épisodes se traduisent dans les chronologies de cernes par des chutes brutales de croissance, intervenant de façon synchrone parmi les arbres interdatés. Ces changements brutaux suggèrent de soudaines mutations des conditions de biotopes qu'il faut mettre en relation avec l'arrivée de dépôts piégés dans les ripisylves et la persistance de hauts niveaux phréatiques. La nature des dépôts (superposition de séquences de crue), la position enracinée des arbres et leur dépérissement progressif témoignent de la succession de manifestations hydrologiques brèves mais de forte intensité en excluant, toutefois, tout événement morphologique de type catastrophique. Les modalités de la sédimentation doivent être attribuées à une augmentation de la variabilité et de l'intensité des précipitations (multiplication des épisodes orageux).

Cette première étape franchie, il devenait nécessaire de préciser l'extension spatiale des périodes d'ensevelissement identifiées dans le bassin du Saignon en développant les analyses dendrogéomorphologiques à l'ensemble du domaine médio-durancien. Dès lors, une campagne de prospection/inventaire conduite de 1999 à 2002, a révélé, dans ce secteur, la présence de 40 gisements de bois regroupant un total de plus de

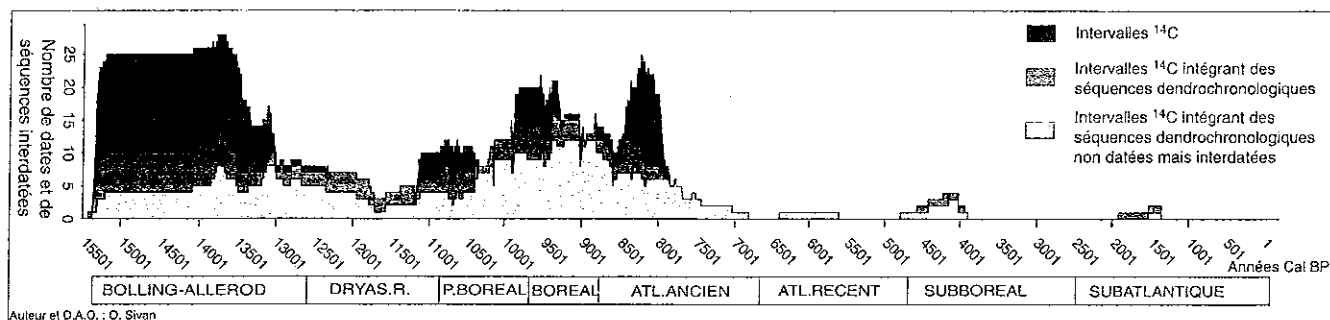


FIG. 5 – INTERVALLE DE TEMPS COUVERT PAR DES DATATIONS ^{14}C SUR BOIS SUBFOSSILES ET DES SÉQUENCES DENDROCHRONOLOGIQUES DATÉES OU INTERDATÉES

400 troncs (SIVAN, 2002 ; MIRAMONT *et al.*, 2000). Neuf sites parmi les plus représentatifs ont fait l'objet d'études dendrogéomorphologiques. Huit groupes d'une dizaine de pins chacun ont été synchronisés dans différents bassins et de nombreux niveaux d'arbres ont été repérés et datés. Malheureusement les perturbations de croissance des arbres soumis à des flux détritiques fréquents ne permettent pas de synchronisation entre les individus issus de différents bassins versants. Ainsi, le synchronisme des phases d'enfouissement est établi uniquement à partir des datations radiocarbone.

90 datations ^{14}C calibrées et 41 séquences dendrochronologiques interdatées sont intégrées dans l'histogramme de la figure 5. Les pics matérialisent des périodes riches en troncs subfossiles dont la signification morphodynamique doit être associée à une augmentation progressive de l'activité détritique et de l'hydromorphie permettant une fossilisation optimale. À l'inverse, les creux traduisent une réduction des flux hydrosédimentaires et donc une diminution corrélative des conditions de fossilisation. Ceci met clairement en évidence des rythmes de moyenne fréquence de l'activité sédimentaire au cours du Postglaciaire. Plusieurs périodes d'intense activité détritique peuvent être dès lors individualisées : 15350-13000 Cal. BP ; 11150-10380 Cal. BP ; 9900-9000 Cal. BP ; 8500-7900 Cal. BP ; 4500-3900 Cal. BP ; 1550-1350 Cal. BP.

Ces fluctuations montrent des similitudes frappantes avec d'autres données hydrologiques, en particulier les variations des niveaux lacustres régionaux et extra-régionaux (BRUNETON, 1999 ; MAGNY, 1995 ; DIGERFELDT *et al.* 1997 ; BRUNETON *et al.*, 2000, 2001). Ainsi il est possible que les phases d'enfouissement des pins en domaine sud-alpin soient le résultat d'une fréquence plus élevée d'épisodes météorologiques de forte intensité (orages), conséquence locale de changements climatiques plus globaux ayant favorisé les hauts niveaux lacustres dans le Jura. Quoique d'origines différentes, périodes d'enfouissement et hauts niveaux des lacs correspondraient donc aux mêmes fluctuations de la variable pluviométrique. Par ailleurs, les oscillations reconnues correspondent assez bien à celles de la courbe du ^{14}C résiduel et plaident, par conséquent en faveur d'un forçage paléoclimatique externe (MAGNY *et al.*, 2002).

Plus globalement, à l'échelle du «premier Postglaciaire», l'importance des volumes déposés dans les

Alpes du Sud et en Provence (BRUNETON *et al.*, 2002) ainsi que la parfaite conservation des bois subfossiles dans des niveaux hydromorphes et le maintien de hauts niveaux dans les lacs méditerranéens témoignent d'une ambiance climatique assez humide (MAGNY *et al.*, 2002).

b. À l'échelle pluridécennale, vers une quantification des rythmes de la sédimentation

Les analyses dendro-géomorphologiques des patrons de croissance permettent de distinguer les fluctuations morphogéniques de hautes fréquences qui se développent lors des périodes de fossilisation. Elles s'appuient pour cela sur l'identification, dans les patrons de croissance, des chutes brutales de l'épaisseur des cernes, des cicatrices et des zones de croissance dissymétrique qui sont la conséquence de stress géomorphologiques (enfouissement dans des dépôts hydromorphes, chocs lors des crues,...). On attribue une origine géomorphologique (crue) aux chutes brutales de croissance lorsqu'elles sont synchrones de déformations des cernes (SIVAN, 2002).

Sans remettre en cause la succession des principales phases de stabilité et de détritisme reconnues, ce travail révèle la coexistence d'épisodes sédimentaires et de phases de développement des boisements de fond de vallon. Ainsi, des générations successives d'arbres s'installent sur les sédiments abandonnés par les dernières crues. Le phénomène se reproduit jusqu'à ce qu'un événement paroxysmal ensevelisse définitivement un boisement, clôturant ainsi une phase de fossilisation. Les rythmes identifiés jusqu'alors sont classés selon leur intensité : un événement de faible intensité tous les 5 à 10 ans, un événement d'intensité moyenne tous les 20 à 50 ans et un événement de forte intensité tous les 200 ans environ. Ces oscillations de hautes fréquences reflètent vraisemblablement la variabilité des précipitations intrinsèque au climat méditerranéen.

3.2. Nouvelles définitions et interprétations des phases de sédimentation postglaciaires

Si le paramètre pluviométrique est manifestement le moteur du déclenchement des crises détritiques, les données récemment acquises montrent que les grands changements de faciès relevés dans les stratigraphies reflètent avant tout les transformations morphologiques

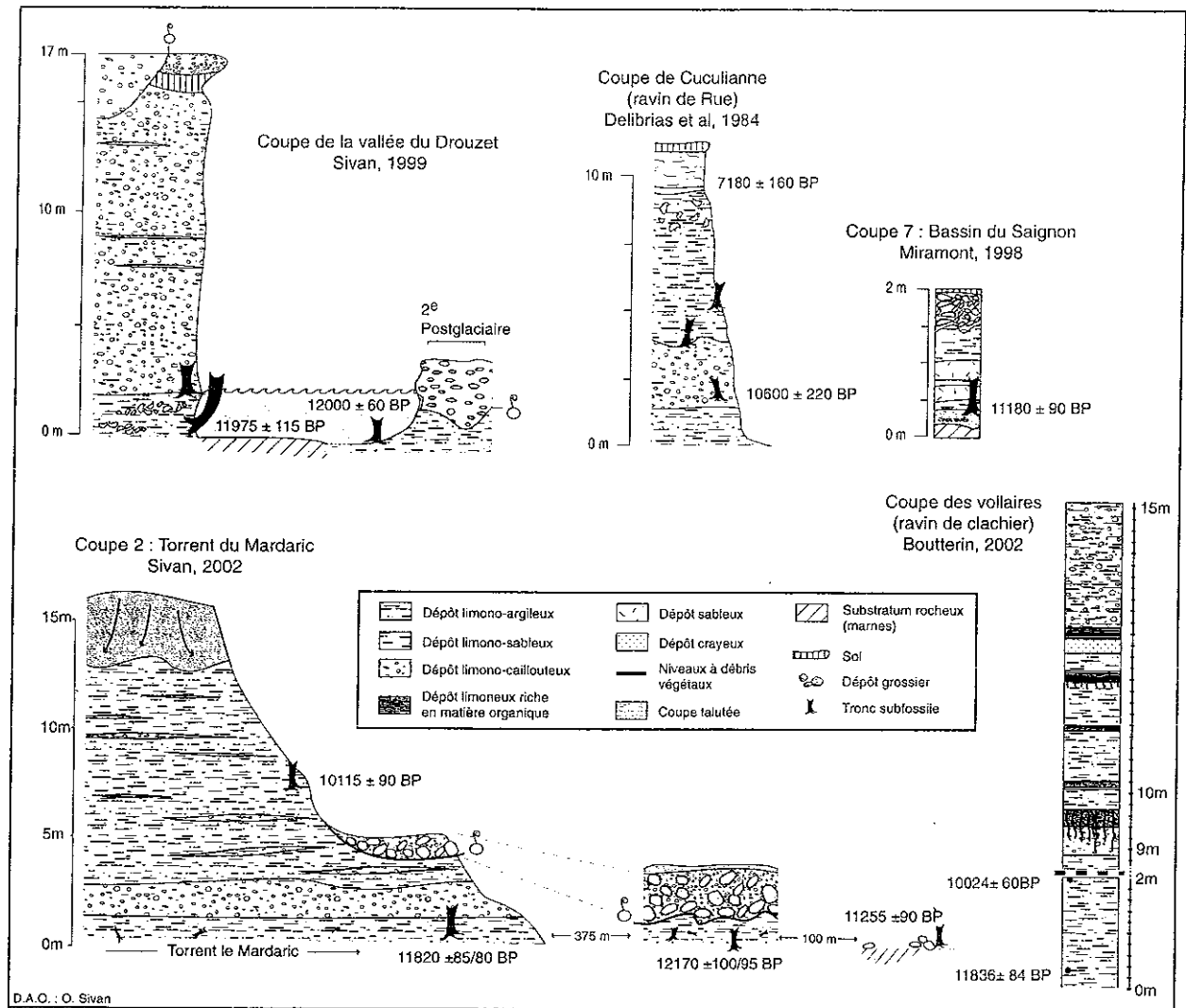


FIG. 6 – LA BASE LIMONO-ARGILEUSE DU REMBLAIEMENT POSTGLACIAIRE PRINCIPAL : QUELQUES EXEMPLES DE RELEVÉS STRATIGRAPHIQUES

internes aux organismes torrentiels ; en l'occurrence l'extension des bassins de réception sur les versants par érosion régressive.

Les observations rendues possibles aujourd'hui par l'incision récente des talwegs conduisent à la définition d'un *remblaiement postglaciaire principal* bi-partite, constitué par une base limono-argileuse tardiglaciaire (12000-10000 BP) et par un ensemble globalement limono-caillouteux, daté entre le Préboréal et l'Atlantique (10000-7000 BP).

Dans les parties aval de nombreux bassins en effet, une couche limono-argileuse datée sur charbons et bois subfossiles entre 12000 et 10000 BP est bien individualisée (bassins du Saignon, de Cuculianne, du Drouzet, du Clachier et du Mardaric, fig. 6). Ce corps sédimentaire, épais de 1 à 2 mètres, montre une grande homogénéité, même si, localement, viennent s'interstratifier des apports latéraux de cryosclasts remaniés des versants. D'autre part, le caractère souvent hydromorphe des dépôts, atteste d'écoulements mal organisés en aval de bassins torrentiels dont le développement n'est encore qu'au stade embryonnaire (fig. 7). Par conséquent, la sédimentation des limons-argileux tardiglaciaires accompagne le début de l'incision

régressive des organismes torrentiels latéraux qui n'affecte encore, à ce stade, que le substratum marneux jurassique.

La «crise» de torrentialité du Dryas récent envisagée par les travaux antérieurs est aujourd'hui à nuancer, dans les bassins de Terres Noires subalpines. Il faut admettre, en effet, que la sédimentation à cette époque est plus souvent caractérisée par des dépôts fins que des apports caillouteux (fig. 6). Cet épisode morphogénique correspond –semble-t-il– à une phase de transition entre les dépôts fins caractéristiques de la première partie du *remblaiement postglaciaire principal* et les apports plus grossiers ultérieurs. Au total, les dépôts caillouteux du Dryas récent signent –localement– une première extension significative des bassins-versants latéraux : l'érosion régressive se développe aux dépens des héritages alluviaux pléistocènes qui composent la partie inférieure des versants (nappes et cônes alluviaux «néowürmiens» notamment). Dès lors, les faciès n'ont –dans ces domaines de moyennes montagnes– aucune implication morphoclimatique majeure. Cette conclusion est à rapprocher des résultats des études palynologiques régionales qui montrent que la péjoration climatique du Dryas récent n'affecte pas durablement et profondément les peuplements forestiers dans les secteurs de basses et moyennes altitudes (BEAULIEU, 1977).

Les nouvelles données acquises dans le bassin du Mardaric (SIVAN, 2002) montrent que le Préboréal peut, localement, connaître des taux de sédimentation extrêmement importants (20 m d'accumulation en moins de 5 siècles ; taux de sédimentation compris entre 0,77 cm/an et 100 cm/an). Ces résultats remettent en cause l'image d'une période préboréale caractérisée par une nette rétraction de l'alluvionnement. Néanmoins, ces contradictions ne sont qu'apparentes ; elles traduisent très certainement des réponses diversifiées de bassins-versants en cours d'extension, de plus en plus sensibles aux variations d'intensité des précipitations de nuances méditerranéenne et montagnarde.

Cette période se caractérise donc par le caractère

agressif des forçages qui gèrent l'évolution géomorphologique des versants.

Les dépôts de la phase boréo-atlantique composent, on l'a souligné, l'essentiel des remblaiements dans les sections moyennes et supérieures des bassins-versants (fig. 7). Globalement ces héritages présentent des épaisseurs importantes (voisines d'une trentaine de mètres dans certains torrents), des faciès limono-caillouteux et un dispositif en écailles résultant d'une sédimentation aggradante (déplacement des milieux de sédimentation vers l'amont corrélatif de l'extension du bassin-versant par érosion régressive ; SIVAN, 2002). Plusieurs conclusions découlent de ces observations :

- les faciès grossiers ne traduisent finalement que la proximité des versants et des stocks sédimentaires mobilisables. Ils ne sont pas seulement l'expression d'un changement morphoclimatique mais aussi celle de l'ouverture des *impluviums* torrentiels aux dépens des couvertures de versants périglaciaires et des unités marno-calcaires jurassiques ;

- l'apparente homogénéité des dépôts masque d'importantes disparités des dynamiques de sédimentation, d'origine latérale et longitudinale. Les apports caillouteux de versants jouent un rôle prédominant en tête de bassin ou latéralement aux drains principaux. Ils sont remaniés vers l'aval à la faveur des épisodes de crue successifs et acquièrent ainsi les caractéristiques de dépôts alluviaux ss.

- cependant, les distortions spatiales de l'activité fluviale boréo-atlantique —et au delà de l'ensemble du cycle post-glaciaire principal— vont bien au-delà de simples variations linéaires —longitudinales ou latérales— des processus hydro-sédimentaires. Tout se passe comme si le fonctionnement des bassins-versants relevait du comportement spécifique de sous-unités fonctionnelles ou compartiments autonomes, gouverné par des conditions lithostructurales, morphologiques ou paléocologiques locales, dont les caractéristiques précises ont évolué au cours du temps.

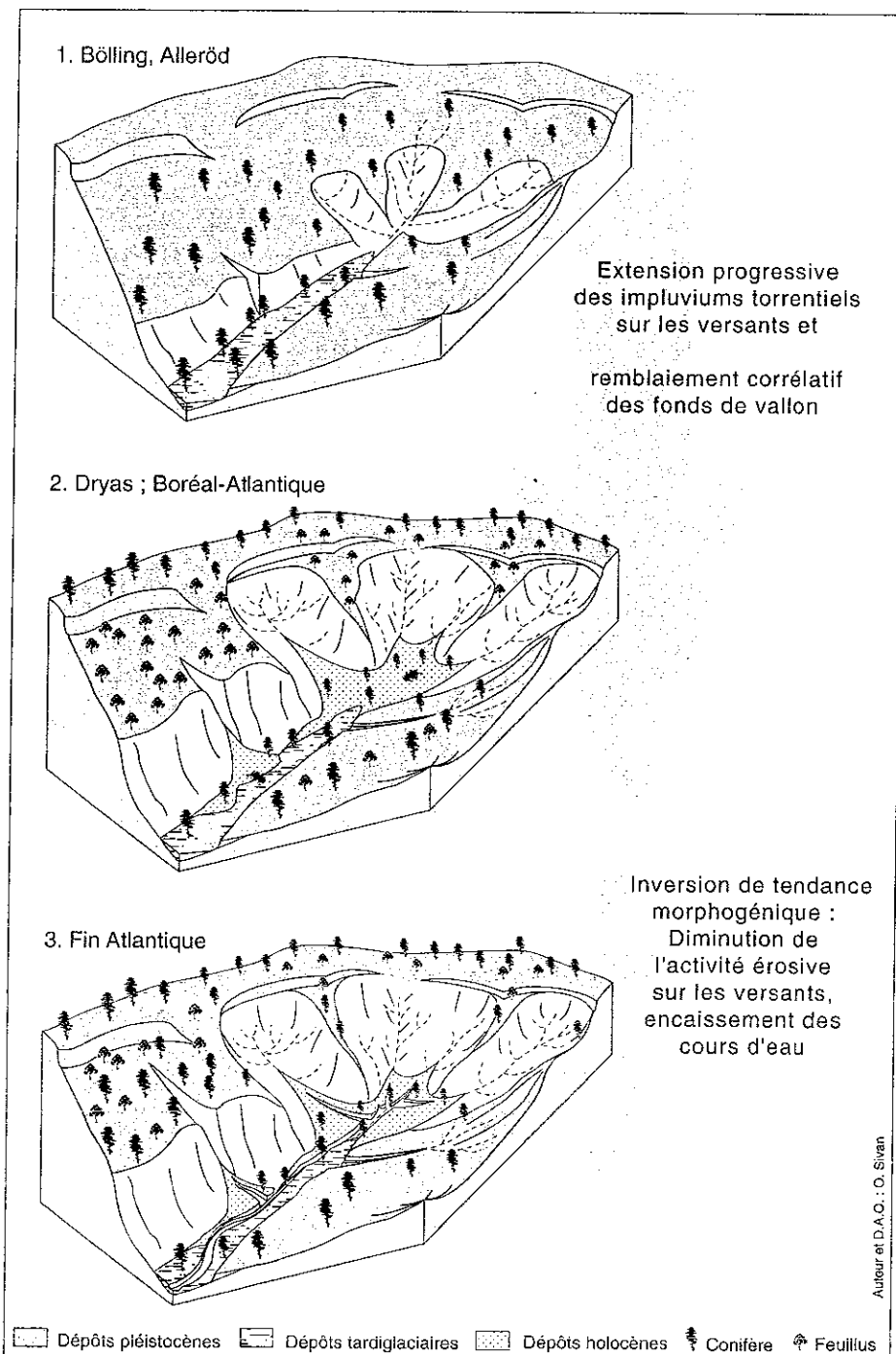


FIG. 7 - CINÉMATIQUE DE L'ÉVOLUTION DES BASSINS-VERSANTS AU COURS DU TARDIGLACIAIRE ET DE L'HOLOCÈNE

4. Discussion

Le schéma chronostratigraphique et morphogénique proposé par M. JORDA dans les années 1980 a constitué une base de travail indispensable à partir de laquelle a pu se développer une importante dynamique de recherche. Sans remettre en cause les premiers acquis, les travaux plus récents ont contribué à préciser : la chronologie et le rythme des processus hydrosédimentaires, ainsi que les interprétations morphodynamiques et paléogéographiques du cycle de sédimentation postglaciaire principal (SIVAN *et al.*, 2002 ; JORDA *et al.*, 2002). Dans l'état actuel des recherches, plusieurs points méritent d'être soulignés et discutés.

4.1. Le poids respectif des différents facteurs de contrôle de l'évolution des géosystèmes montagnards

Les changements de faciès observés dans les enregistrements sédimentaires ont d'abord été interprétés comme des conséquences de fluctuations hydroclimatiques et/ou de variations de la nature et la densité de couverture végétale sur les versants. Les recherches plus récentes montrent que ces interprétations ne peuvent s'affranchir du rôle fondamental joué par les facteurs intrinsèques (permanents ou évolutifs) à chaque bassin-versant. Elles montrent, en effet, que les diverses signatures sédimentaires reflètent :

- les disparités des contextes lithostructuraux et géomorphologiques. Celles-ci ont notamment des implications majeures sur la nature et le volume des sources sédimentaires disponibles (terrains marneux ou au contraire calcaires, éboulis et cônes alluviaux périglaciaires, héritages morainiques localement très puissants) ;
- les effets cumulatifs des mutations morphogéniques et paléogéographiques : modifications de taille et de forme des bassins-versants (érosion régressive à l'origine de l'extension des bassins de réception), changements affectant les lits fluviaux (chenalisation des cours d'eau lors des phases d'incision linéaire ; variation du profil longitudinal lors des phases d'aggradation sédimentaire).

4.2. L'intérêt d'une approche multi-proxy dans la compréhension des paysages postglaciaires

Au fil des années les travaux ont bénéficié d'apports méthodologiques divers et complémentaires : sédimentologie, malacologie, anthracologie, dendrochronologie. Ces nouveaux éclairages nous ont permis de mieux appréhender la variabilité des enregistrements sédimentaires, leur validité et leur signification spatiotemporelle. Aussi, les rythmes et les modalités précises des processus morphogéniques élémentaires, leurs interrelations avec la mosaïque des paysages postglaciaires sont aujourd'hui mieux perçus.

4.3. L'interprétation et l'enchaînement des différentes tendances morphogéniques

Les caractéristiques des épisodes érosifs élémentaires dont l'enchaînement est à l'origine du *remblaiement postglaciaire principal* sont aujourd'hui bien cernés grâce, notamment, aux approches dendrogéomorphologiques. Mais paradoxalement les rôles respectifs des différents forçages contrôlant l'orientation morphodynamique globale des premiers millénaires du Postglaciaire restent encore difficile à démêler ; seule certitude, ces dépôts de piémont sont la conséquence de manifestations météorologiques ou climatiques particulièrement agressives pour les versants.

L'enchaînement des différentes tendances morphogéniques est un sujet de discussion. Les recherches antérieures envisageaient un schéma d'évolution en plusieurs étapes bien distinctes : (1) incision des cours d'eau principaux contemporaine de l'interstade du Bölling-Alleröd accompagnée d'une reprise de l'érosion régressive dans les bassins-versants latéraux, (2) une phase de sédimentation dans ces bassins-versants latéraux : le *remblaiement postglaciaire principal*. Les travaux d'O. SIVAN (2002) ont contribué à revoir ce schéma binaire pour une vision plus continue où le *remblaiement postglaciaire principal* apparaît comme le dépôt corrélatif d'une phase d'incision qui se développe progressivement depuis l'aval des bassins-versants à partir du Bölling-Alleröd vers l'amont à la période boréo-atlantique. Les faciès limono-argileux observés dans les parties aval des bassins-versants sont corrélatifs du démarrage du phénomène d'incision au Bölling-Alleröd alors que les faciès plus grossiers de pied de versant traduisent l'extension maximale des *impluvium* torrentiels sur les versants lors de la période boréo-atlantique.

Des interrogations concernent la reprise d'incision linéaire qui succède à la phase de sédimentation postglaciaire principale. Des facteurs climatique et/ou anthropique ont été évoqués. Nous proposons récemment (JORDA *et al.*, 2002) les conséquences d'une transformation radicale du bilan hydrique des cours d'eau que nous mettions en relation avec la manifestation, pour la première fois déterminante, de l'intervention humaine (sociétés du Néolithique final puis des âges des Métaux). Le caractère diachronique des épisodes d'incision dans les divers bassins-versants étudiés (*cf. supra*) s'accorde bien avec l'hypothèse d'un impact anthropique qui ne peut être, à ce stade du développement démographique des sociétés agropastorales, que très local.

4.4. De nouvelles perspectives de recherche

Les résultats obtenus depuis une trentaine d'années débouchent aujourd'hui sur de nouveaux axes de recherche.

- Il apparaît désormais indispensable de mieux aborder la géométrie et les volumes des dépôts postglaciaires. Du fait du déplacement des zones de sédimentation depuis l'aval vers l'amont des bassins, l'évaluation des variations des taux de sédimentation au cours du Postglaciaire reste

difficile. L'abondance des données et des datations disponibles autorise une approche en 3D à l'aide de Modèles numériques de terrain (BEAUMONT, en préparation).

- Des niveaux brûlés et des accumulations de charbons de bois apparaissent de façon récurrente dans les stratigraphies. Ceci pose la question du rôle des feux dans l'évolution des paysages végétaux et morphologiques, ainsi que de leur origine : incendies naturels ou feux liés à l'exploitation des terroirs ? L'étude récente du remplissage postglaciaire de la dépression de Lazer montre la relation étroite entre la quantité de charbons et les taux de sédimentation (BOUTTERIN, 2002, 2003).

- Plus globalement, le rôle de l'Homme dans l'évolution

des paysages postglaciaires a été peu abordé car difficile à appréhender. Des collaborations étroites avec les archéologues nous ont permis jusqu'alors, de démontrer le caractère précoce des premières traces d'occupation dans les préalpes du Buëch, et d'identifier un synchronisme entre une reprise de l'activité sédimentaire et une multiplication des vestiges archéologiques à la fin du Néolithique et au début de l'âge du Bronze (MORIN, communication orale). Ces quelques indices, s'ils évoquent la possibilité d'une réelle anthropisation des paysages géomorphologiques à partir de 3700 BP, ne constituent pas pour autant une preuve irréfutable. Pour asseoir ces hypothèses, nos travaux sont actuellement étayés par des recherches pluridisciplinaires associant paléoenvironnementalistes et archéologues.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARCHAMBAULT M., (1967), Découvertes des restes d'une formation forestière fossile entre deux nappes colluviales quaternaires (vallée de la Channe, affluent du Buëch, Hautes-Alpes), *C. R. Acad. Sci. Paris*, t. 265, p.104-107.
- ARCHAMBAULT M., (1968), Recensement provisoire des arbres et des formations forestières fossiles du bassin de la Moyenne Durance alpestre (Hautes-Alpes), *C. R. Acad. Sci. Paris*, t.267, p.2101-2104 et p.2284-2287.
- ARCHAMBAULT M., (1969), Faits et points de vue nouveaux sur les glaciés d'érosion (exemple du bassin de la Moyenne Durance alpestre), *Bull. Ass. Géog. Fr.*, 375-376, p.525-537.
- BALLANDRAS S., (1997), *Contribution à l'étude des bassins-versants torrentiels alpins. Stratigraphies, morphodynamique, paléoenvironnement de bassins-versants depuis 15000 ans*, Thèse Géographie, Université de Savoie, 552 p.
- BEAULIEU J.L. de, (1977), *Contribution pollenanalytique à l'histoire tardiglaciaire et holocène des Alpes méridionales françaises*, Thèse Sciences, Université d'Aix-Marseille III, 358 p.
- BEAUMONT L., (en cours), *Analyse morphologique du bassin du Mardaric (05, Laragne)*, Mémoire de Maîtrise de Géographie, Université de Provence, Aix-en-Provence.
- BOREL J.L., JORDA M. et MONTJUVENT G., (1984), Variations climatiques, morphogénèse et évolution de la végétation postwürmiennes dans les Alpes françaises, in *25^e Congrès International de Géographie «Les Alpes»*, Paris, p.43-53.
- BOUTTERIN C., (2002), *Le facteur feu dans la morphogénèse postglaciaire des Alpes du Sud : le versant sud de la montagne de Saint-Genis*, Mémoire de Maîtrise, Université d'Aix-Marseille I, 151 p.
- BOUTTERIN C., (2003), *Les feux et la morphogénèse postglaciaire dans les Alpes du Sud : la région de Lazer (Hautes-Alpes)*. Mémoire de DEA, Université d'Aix-Marseille I, 151 p.
- BRUNETON H., (1999), *Évolution holocène d'un hydrosystème nord-méditerranéen et de son environnement géomorphologique ; les plaines d'Arles à l'interface entre le massif des Alpilles et le Rhône*, Thèse Géographie, Université d'Aix-Marseille I, Aix-en-Provence, 363 p.
- BRUNETON H., MIRAMONT C. et ANDRIEU V., (2000), Dynamique de milieux méditerranéens (bassin du Saignon - Alpes du Sud, Marais des Baux - Basse Provence) au cours du Mésolithique : un enregistrement morphosédimentaire des rythmes climatiques, *Actes du Colloque International «Épipaléolithique et Mésolithique : les derniers chasseurs cueilleurs d'Europe occidentale»*, Besançon, octobre 1998, *PUFC*, p.70-82.
- BRUNETON H., MIRAMONT C., ANDRIEU-PONEL V., (2001), Deux enregistrements morphosédimentaires des rythmes climatiques en domaine méditerranéen du Tardiglaciaire à l'Atlantique (bassin du Saignon - Alpes du Sud, Marais des Baux - Basse Provence). *Quaternaire*, volume 12, n°1-2, p.109-125
- BRUNETON H., PROVANSAL M., DEVILLERS B., JORDA C., OLLIVIER V., MIRAMONT C., BLANCHEMANCHE P., BERGER J.-F., LEVEAU P., (2002), Relations entre paléohydrologie et morphogénèses holocènes des petits et moyens bassins-versants en Provence et Languedoc oriental, In J.P. BRAVARD et M. MAGNY Dir., *Histoire des rivières et des lacs de Lascaux à nos jours*, Errance, Paris, p.259-268.
- DELIBRIAS G., GABERT J. et JORDA M., (1984), Données nouvelles sur la chronostratigraphie et l'évolution paléomorphologique postglaciaire des Alpes du Sud (Moyenne Durance), *C. R. Acad. Sci. Paris*, série II, 299, p.263-266.
- DIGERFELDT G., BEAULIEU J.L. de, GUIOT J. & MOUTHON J., (1997), Reconstruction and paleoclimatic interpretation of Holocene lake-level changes in Lac de Saint-Leger, Haute Provence, southeast France, *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 136, p. 231-258.
- GAUTIER E., (1992), *Recherches sur la morphologie et la dynamique fluviales dans le bassin du Buëch (Alpes du Sud)*, Thèse Géographie, Université de Paris-Nanterre, 439 p.
- GIDON M., MONTJUVENT G., FLANDRIN J., MOULLADE M., DUROZOY G. et DAMIANI L., (1991), *Notice explicative de la carte géologique de Laragne au 1/50 000*, BRGM, 84 p.
- JORDA M., (1980), Morphogénèse et évolution des paysages dans les Alpes-de-Haute-Provence depuis le Tardiglaciaire. Facteurs naturels et facteurs anthropiques, *Bull. Ass. Géogr. Fr.*, 472, Paris, p.295-304.
- JORDA M., (1985), La torrentialité holocène des Alpes Françaises

- du Sud. Facteurs naturels et facteurs anthropiques de son évolution, *Cahiers Ligures de Préhistoire et de Protohistoire*, Bordighera, Carcassonne, n° sp 2, p.49-70.
- JORDA M., (1986), Le Dryas récent, une crise morphoclimatique majeure dans les Alpes françaises du Sud, *Studia geomorphologica*, Carpatho-Balcanica, p.11-27.
- JORDA M., (1987), Morphogenèse postglaciaire des régions intra-alpines du Sud. Le bassin de Barcelonnette (Ubaye) du Tardiglaciaire au Subboréal, in «Premières communautés paysannes en Méditerranée occidentale», colloque international du CNRS, Montpellier, 1983, p.61-69.
- JORDA M., (1992), Morphogenèse et fluctuations climatiques de l'âge du Bronze au haut Moyen Âge, *Les nouvelles de l'archéologie*, 50, p.14-20.
- JORDA M., (1993), Histoire des paléoenvironnements tardi- et postglaciaires de moyenne altitude. Essai de reconstitution cinématique, in «Géomorphologie et aménagement de la montagne, Hommage à P. GABERT», CNRS, Caen, p.91-111.
- JORDA M. et ROSIQUE T., (1994), Le Tardiglaciaire des Alpes françaises du Sud. Rythme et modalités des changements bio-morphoclimatiques, in «Échelle des variations chronoclimatiques quaternaires et Réponses des environnements», colloque CNF-INQUA et AFEQ : Q1, Montpellier, 15-17 mars 1994, *Bull. AFEQ*, 3-4, p.141-149.
- JORDA M. et PROVANSAL M., (1996), Impact de l'anthropisation et du climat sur le détritisme dans le Sud-Est de la France (Alpes du Sud et Provence), *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 167 (1), p.159-168.
- JORDA M., MIRAMONT C., ROSIQUE T. et SIVAN O., (2003), Évolution de l'hydrosystème durancien (Alpes du Sud, France) depuis la fin du Pléniglaciaire supérieur, In BRAVARD J.P. et MAGNY M., «Les fleuves ont une histoire», Errance, Paris, p.239-249.
- MAGNY M., (1995), *Une histoire du climat. Des derniers mammoths au siècle de l'automobile*, Errance, Paris, 175 p.
- MAGNY M., MIRAMONT C. & SIVAN O., (2002), Assessment of the impact of climate and anthropogenic factors on Holocene Mediterranean vegetation in Europe on the basis of palaeohydrological records, *Palaeogeography Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 186, p.47-59.
- MIRAMONT C., (1998), *Morphogenèse, activité érosive et détritisme alluvial holocènes dans le bassin de la moyenne Durance (Alpes françaises du Sud)*, Thèse Géographie, Université d'Aix-Marseille I, 288 p.
- MIRAMONT C., SIVAN O., ROSIQUE T., EDOUARD J.L. & JORDA M., (2000), Subfossil trees deposits in the middle Durance (Southern Alps, France). Environmental changes since Allerød to Atlantic, *Radiocarbon*, 42 (3), p.423-435.
- POMEROL C., BABIN C., LANCELOT Y., LE PICHON X., RAT P., RENARD M., (1987), *Stratigraphie*, ed. Doin, Paris, 283 p.
- 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 paléoécologique, *C.R. Acad. Sci. Paris*, 319, série II, p.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 Géographie, Université d'Aix-Marseille I, 288 p.
- SCHWEINGRUBER F.H., (1996), *Tree Rings and Environment Dendroecology*, Ed. Haupt, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, WSL/FNP Birmensdorf, 609 p.
- SIVAN O., MIRAMONT C., JORDA M., ROSIQUE T. et EDOUARD J.L., (2002), Rythmes et ruptures de la morphogenèse tardi- et postglaciaire des bassins-versants sud-alpins (Moyenne Durance), *Actes du colloque «Équilibres et ruptures dans les écosystèmes durant les 20 derniers millénaires en Europe de l'Ouest»*, PUF, vol. 831, p.35-44.
- SIVAN O., (2002), *Activité érosive et évolution des paléoenvironnements alpins postglaciaires. Étude dendrogéomorphologique des gisements de troncs subfossiles dans les Alpes du Sud*, Thèse Géographie, Université d'Aix-Marseille I, 241 p.
- WEGMÜLLER S., (1977), *Pollenanalytische Untersuchungen zur spät und postglazialen vegetationsgeschichte der Französischen Alpen (Dauphine)*, Verlag Paul Haupt, Bern, 187 p.