



HAL
open science

Mouvements de masse et paléoenvironnement quaternaire : les paléo-lacs de Boulc (Haut-Diois, Alpes, France)

Jean-Paul Bravard, Luc Barthélemy, Jacques Brochier, Marie-Claude
Joly-Saad, Michael Roberts, Stéphanie Thiébault, Laurent Astrade, Jacques
Evin, Norbert Landon, Robert Petiot

► To cite this version:

Jean-Paul Bravard, Luc Barthélemy, Jacques Brochier, Marie-Claude Joly-Saad, Michael Roberts, et al.. Mouvements de masse et paléoenvironnement quaternaire : les paléo-lacs de Boulc (Haut-Diois, Alpes, France). *Revue de Géographie Alpine / Journal of Alpine Research*, 2003, 91 (1), pp.9-27. 10.3406/rga.2003.2227 . hal-00117031

HAL Id: hal-00117031

<https://hal.science/hal-00117031>

Submitted on 8 Feb 2021

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Mouvements de masse et paléoenvironnement quaternaire : les paléo-lacs de Boulc (Haut-Diois, Alpes, France)

M. Jean-Paul Bravard, Luc Barthélémy, Jacques-Léopold Brochier, Marie-Claude Joly-Saad, Michael Roberts, Stéphanie Thiebault, Laurent Astrade, Jacques Evin, M. Norbert Landon, Robert Petiot

Résumé

Résumé: L'environnement instable du Diois (Alpes françaises) est propice au déclenchement de mouvements de masse susceptibles de créer des lacs de barrage temporaires au Quaternaire. Un site favorable est celui de la vallée de Boule où deux épisodes de remplissage fluvio-lacustre, formés en arrière du glissement de Ravel-et-Ferrier, ont été découverts et datés de l'Allerad et du Préboréal. Une étude interdisciplinaire associant la géomorphologie, la géophysique, la palynologie et l'anthracologie permet de proposer une première caractérisation des remplissages et de proposer une reconstitution de l'environnement végétal à l'échelle du bassin pour la période de l'Allerad.

Abstract

Abstract: Discovery of two Holocene fluvio-lacustrine units in Boulc Valley (Prealps of Die, French Alps). The unstable geomorphic environment of the Diois region (French Alps), characterized by steep slopes and fractured sedimentary rocks, is prone mass movements (debris flows, earthflows and rock falls). During the Quaternary, these movements often dammed valleys creating temporary lakes, and such was the case in the valley of the Boulc River which was dammed by the Ravel-et-Ferrier landslide. The fluvial-lacustrine deposits document the existence of two temporary lakes in Allerad and Preboreal time. An interdisciplinary study combining geomorphology, geophysics, palynology and anthracology was carried out to define the sedimentary deposits and reconstruct the vegetative cover at a watershed scale.

Citer ce document / Cite this document :

Bravard Jean-Paul, Barthélémy Luc, Brochier Jacques-Léopold, Joly-Saad Marie-Claude, Roberts Michael, Thiebault Stéphanie, Astrade Laurent, Evin Jacques, Landon Norbert, Petiot Robert. Mouvements de masse et paléoenvironnement quaternaire : les paléo-lacs de Boulc (Haut-Diois, Alpes, France). In: Revue de géographie alpine, tome 91, n°1, 2003. Hydrosystèmes lacustres et changements environnementaux / *Lake hydrosystems and environmental changes* pp. 9-27; doi : <https://doi.org/10.3406/rga.2003.2227>

https://www.persee.fr/doc/rga_0035-1121_2003_num_91_1_2227

Fichier pdf généré le 23/04/2018

Mouvements de masse et paléoenvironnement quaternaire: les paléo-lacs de Boulc (Haut-Diois, Alpes, France)

Jean-Paul Bravard¹, Luc Barthélemy², Jacques Brochier³,
Marie-Claude Joly-Saad⁴, Michael Roberts⁵, Stéphanie Thiebault⁶,
Laurent Astrade⁷, Jacques Evin⁸, Norbert Landon⁹, Robert Petiot⁹

1. Université Lyon 2, Institut de Recherches géographiques, IUF et UMR 5600
2. Université Jean Moulin - Lyon 3, Laboratoire de Climatologie Risque Environnement (géographie physique), et UMR 5600
3. Centre d'Archéologie Préhistorique de Valence, UMR 5594 du CNRS
4. UMR 7041, Université Paris X - Nanterre, Centre de Géographie Physique Henri Elhai
5. Department of Archaeology, Simon Fraser University, 8888 University Drive, Burnaby, British Columbia, V5A 1S6
6. E.P. 1730, Archéologies et Sciences de l'Antiquité, 21 allée de l'Université, 92023 Nanterre cedex
7. Université Joseph Fourier - Grenoble 1, Institut de Géographie Alpine, 14 bis av. Marie Reynoard, 38100 Grenoble
8. Université Lyon 1, laboratoire de radiocarbone
9. Université Lyon 2, Institut de Recherches géographiques et UMR 5600

Les lacs de barrage naturels sont nombreux dans les Alpes occidentales, en particulier dans les Alpes du Nord englacées au Quaternaire et sujettes à d'importants mouvements de masse. Citons, à titre d'exemples, les paléo-lacs de haute Maurienne (Marnézy, 1998) et les quatre paléo-lacs de l'Oisans, célèbres depuis la vidange du dernier d'entre eux, le lac Saint-Laurent, qui dévasta la ville de Grenoble le 14 septembre 1219 (Bailly-Maître *et al.*, 1997).

N'ayant pas été englacé au Quaternaire, le Diois n'a eu que des lacs de barrage plus ou moins durables, liés à des mouvements de masse; ce massif des Préalpes du Sud n'en possède plus qui soient encore en eau. L'écroulement du Claps (vallée de la Drôme), survenu vers 1442, a créé deux lacs de barrage comblés depuis la fin du XIX^e siècle (Froment, 1973; Landon *et al.*, 1999; Buonchristiani *et al.*, 2002). On connaît également l'existence temporaire d'un barrage qui se produisit sur l'Oule à l'amont de la Motte-Chalancon, en novembre 1829; la débâcle partielle de la retenue eut lieu un mois après (Léone, 1996).

Cet article présente un nouveau site, semblable à celui du Claps par le rôle de barrage joué par un mouvement de masse, celui de Ravel-et-Ferrier (photo 1). Réactivé en 1994, ce dernier glissement n'a cette fois pas créé de barrage, mais sa configuration rend probable un fonctionnement ancien susceptible d'avoir engendré une rétention des eaux et une sédimentation significative de type lacustre ou fluvio-lacustre. On se propose de montrer que ce mouvement de masse a fonctionné au moins à deux reprises depuis le Tardiglaciaire et que le profil en long de l'exutoire en a été affecté au point de créer les conditions d'une sédimentation non torrentielle, originale dans ce milieu montagnard.



Photo 1: Vue générale du glissement de Ravel-et-Ferrier et de la partie aval du bassin de Boulc.

Deux formations sédimentaires dénivelées ont en effet été identifiées dans la basse vallée du ruisseau de Boulc-Bonneval en 1996 et en 2000, à l'amont et à l'aval immédiat du village de Boulc. Elles possèdent un fort potentiel en matière d'étude paléo-environnementale et nous présentons ici des résultats obtenus à l'issue des premières campagnes de terrain.

Le cadre morphologique du bassin versant du Boulc

Le ruisseau de Boulc, qui draine un bassin versant d'une superficie de 52 km², est sous-affluent du Bèz de rang 4, lui-même tributaire de la Drôme (rang 6) ; le Bèz est la principale artère de drainage du Haut-Diois oriental en contrebas des hauteurs du Vercors méridional. Les dénivellations et l'énergie du relief du Haut-Diois sont fortes puisque les altitudes sont comprises entre 2051 m au Mont Jocou et 550 m à Châtillon-en-Diois ; les vallées sont assez encaissées et inadaptées à la structure géologique (Blanchard, 1945). Les matériaux dominants, d'âge Secondaire, sont majoritairement de nature marneuse et marno-calcaire, les couches de calcaire jurassique étant relativement minces. Au Crétacé supérieur, le plissement pyrénéen, d'orientation est-ouest et l'émergence du Haut-Diois font débuter une phase d'érosion continentale. J. Masseport (1960) a pu reconstituer la surface pré-oligocène dont le soulèvement et la dislocation, de l'Oligocène au Plio-Quaternaire, permettent l'inscription du réseau hydrographique selon une pente sud-est/nord-ouest, en contrebas de la vieille ligne de partage des eaux séparant le Diois et le Bochaine. Le réseau du Bèz et de ses affluents, inadapté, se serait mis en place au Miocène moyen sur une pente conduisant au synclinal de Creyers qui a été depuis replissé, soulevé et défoncé par la gorge des Gâts. La vallée du Boulc traverse en cluse les assises calcaires du Jurassique supérieur puis s'élargit dans les dépôts tendres du

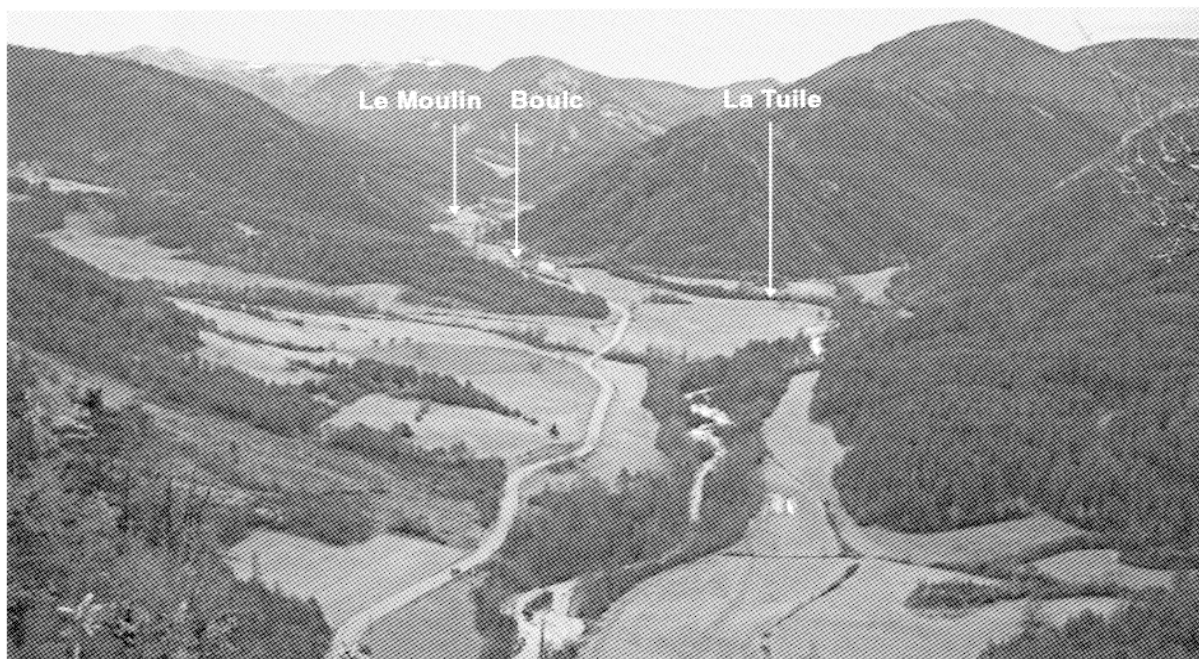


Photo 2: Le bassin de Boulc depuis Soubreroche; vue vers le Sud (au fond à gauche la vallée du Boulc, à droite le débouché de la vallée du Merlet).

Crétacé moyen, à l'amont de l'étréit de grès du Crétacé supérieur de Souberoché situé à la confluence des Gâts. Le fond de la vallée est à une altitude voisine de 762 m au pont de Ravel, soit à l'amont immédiat du glissement (fig. 1A, photo 2).

Le tronçon concerné, incisé par l'érosion fluviale depuis le début du XX^e siècle, est situé entre 100 m et 300 m à l'aval du pont de la route conduisant de Boulc à Miscon (fig. 1B). Le dépôt de base, ou « formation inférieure », visible de manière discontinue au lieu-dit de la Tuile, est un limon feuilleté épais visible sur les deux rives sur une épaisseur maximale de 1 m. En rive gauche, il est surmonté d'une nappe de graviers épaisse de 2 m et d'une séquence à dominante limono-caillouteuse d'une puissance de 4,50 m, dite « formation supérieure » de la Tuile. Cette dernière séquence n'a pas été observée en rive droite où seuls affleurent des niveaux caillouteux au-dessus de la formation limoneuse de base.

La « Formation inférieure » du Ruisseau de Boulc à la Tuile (774-778 m)

Les sédiments de la « Formation inférieure » affleurent depuis quelques années dans le lit du ruisseau de Boulc. De couleur bleu-noir, à pendage amont-aval proche de celui du ruisseau actuel, ce dépôt de base est riche en fragments de matière organique (branches, pommes de pin, etc.) bien conservés grâce à la présence, jusqu'à une date récente, de la nappe phréatique.

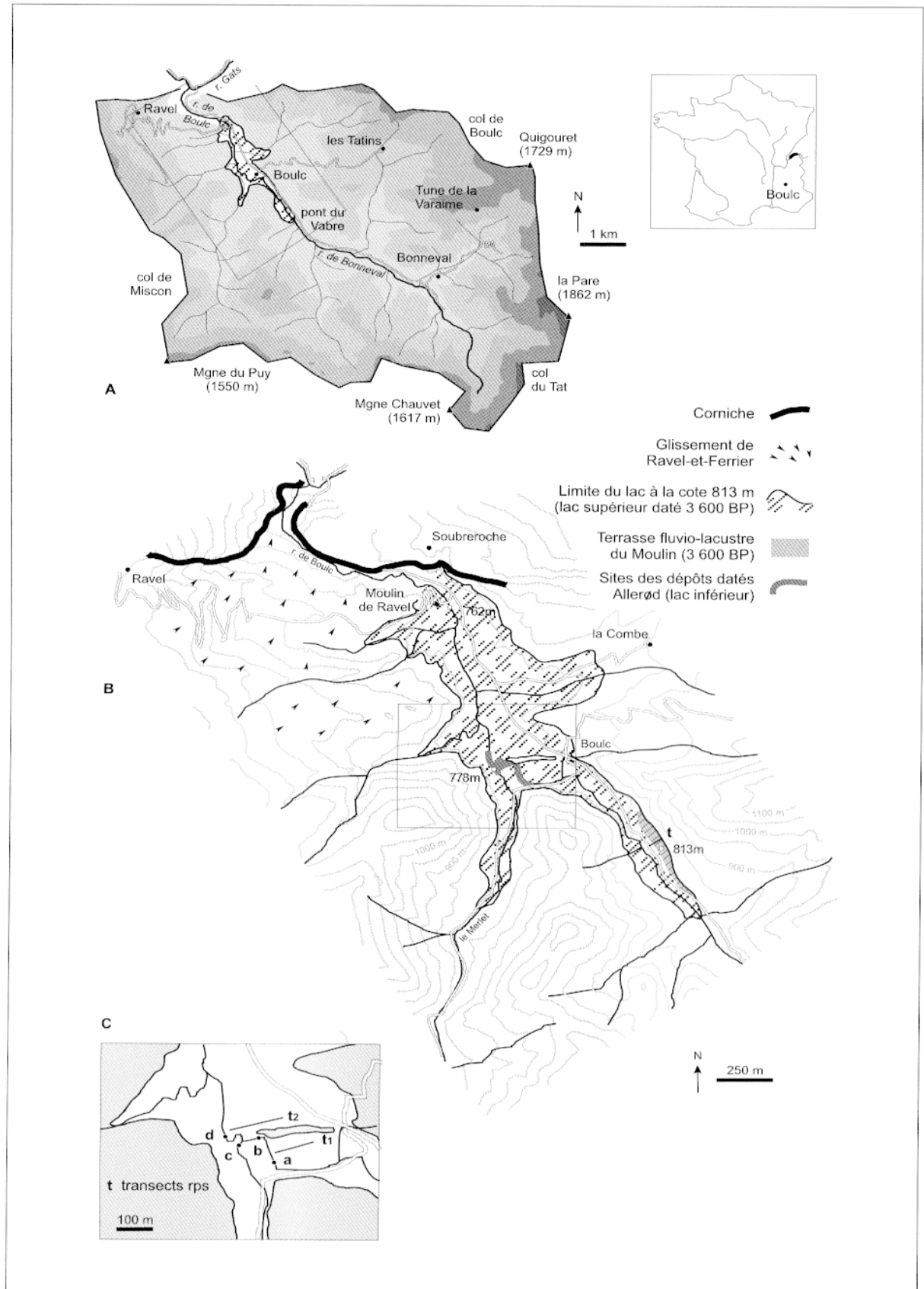


Figure 1: Le lac de Boulc, schémas de localisation.

A - Bassin versant du ruisseau de Boulc. – B - Lac de Boulc. – C - Lieu-dit la Tuile.

SÉDIMENTOLOGIE DE LA FORMATION

Un sondage carotté a été réalisé en octobre 1998 dans le lit du ruisseau où affleurait le limon feuilleté sableux, à la Tuile. À partir de la cote 778 m NGF, il a été possible de descendre à une profondeur de 4,15 m, ce qui est sans doute très inférieur à l'épaisseur réelle de la formation (fig. 2A-B). Dans les 90 premiers centimètres ont été rencontrés des limons argilo-sableux devenant sablo-argileux. Une lentille de graviers a été traversée entre 0,90 et 1,40 m, avant une nouvelle unité formée de limons sablo-argileux ; ensuite une nouvelle lentille graveleuse entre 3,15 et 3,40 m, avant un limon sablo-argileux reposant lui-même sur une lentille de galets qu'il n'a pas été possible de traverser. Les niveaux de cailloutis sont formés de gélifracts frais issus des pentes voisines, ce qui traduit une alimentation active lors du dépôt, et de galets roulés à faible émoussé. Une analyse granulométrique a été réalisée sur 40 échantillons prélevés dans les niveaux limono-sableux de la formation. Le spectre granulométrique des niveaux limoneux est étendu avec 40 à 75 % de limons, 0 à 40 % de sables et 10 à 35 % d'argile, ce qui indique une forte variabilité des processus de dépôt. L'image de Passega, qui regroupe les échantillons en 10 unités (fig. 2C) montre que la majorité des points se distribue dans la partie du graphe correspondant d'une part à la suspension uniforme (unités et échantillons au percentile le plus grossier proche de 150-200 microns : 2-3-4-5-7-9-10) pour une médiane variable (eaux non turbulentes), et d'autre part à la suspension graduée qui signale une forte turbulence des eaux (unités 6 et 8). Quelques échantillons à percentile faible signalent néanmoins des phases de décantation (unités 2-5-7). Le pendage aval et ces caractéristiques granulométriques font pencher pour un dépôt fluviatile anastomosé, à courant relativement lent, en tous cas non torrentiel.

ÂGE ABSOLU DE LA « FORMATION INFÉRIEURE » DE LA TUILE

À l'amont du tronçon, dans la partie sommitale du limon, il a été possible de prélever un échantillon de bois dans une souche enracinée (photo 3) et de récolter du matériel organique flotté présent dans une lentille limoneuse à une altitude proche de la souche, mais sans qu'une connexion stratigraphique soit visible, les deux prélèvements ayant été faits à deux dates différentes en fonction des affleurements dégagés par le cours d'eau (fig. 2A). La partie supérieure du limon contient, sous la lentille organique, une lentille de gélifracts cimentés par des carbonates. Prélevé en 1997, le niveau organique (échantillon La Tuile a') a été daté 11 190 +/-135 BP, ce qui lui confère un âge compris entre 11 454



Photo 3: La souche de la Tuile datée 12010 BP et le gravier de la formation ravinante.

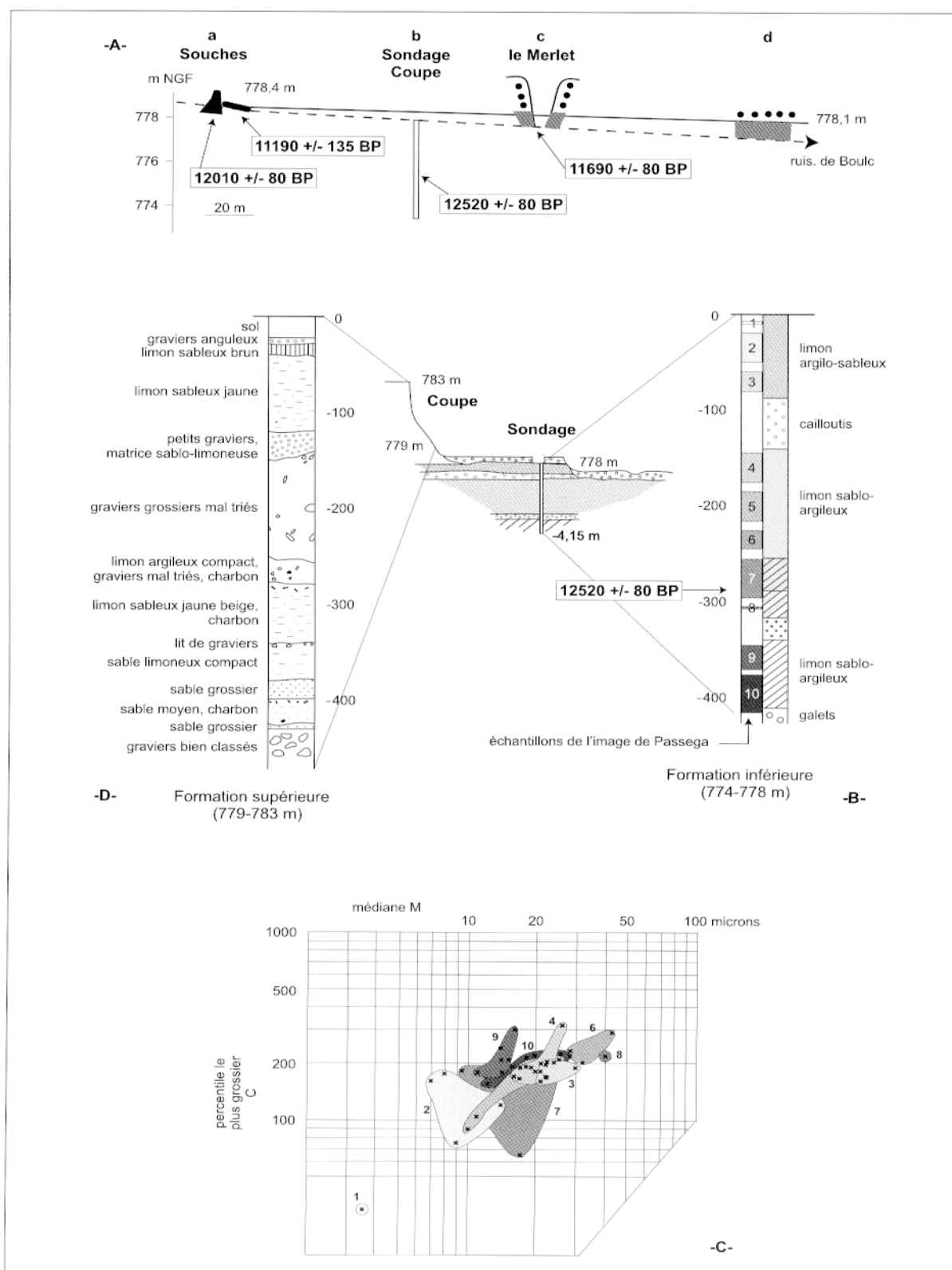


Figure 2: Coupes et datations au lieu-dit la Tuile.

- A - Coupe longitudinale dans la « Formation inférieure » et dates radiocarbones.
 B - Détail du sondage réalisé dans la « Formation inférieure ».
 C - Résultats des analyses granulométriques réalisées dans la « Formation inférieure ».
 D - Coupe levée dans la « Formation supérieure ».

et 10 873 av. J.-C. La souche (échantillon La Tuile a'') est antérieure au dépôt organique puisqu'elle a été datée 12 010 +/- 80 BP, soit entre 12 372 et 11 779 av. J.-C.

Un échantillon organique prélevé dans la carotte obtenue par un sondage réalisé dans la formation limoneuse (échantillon La Tuile b; fig. 2B) à une profondeur de 2,50 m a été daté par AMS 12 520 +/- 80 BP, soit entre 13 112 et 12 368 av. J.-C. C'est pour le moment l'échantillon le plus ancien du site. Enfin, un échantillon de bois a été prélevé à quelques dizaines de mètres du site du sondage dans la berge d'un affluent du Boulc, le Merlet, assez haut dans la série limoneuse (échantillon La Tuile c; fig. 2A) ; il a été daté 11 690 +/- 70 BP, soit entre 11 952 et 11 661 av. J.-C.

Site	Référence du laboratoire	Age BP	Date calibrée ou calendaire	Type de matériel daté
La Tuile a'	Ly-8052	11 190 +/- 135	11454, 10873	Débris organiques
La Tuile c	Ly-8664	11 690 +/- 70	11952, 11661	Branche
La Tuile a''	Ly-8663	12010 +/- 80	12372, 11779	Souche en place
La Tuile b	Lyon-830 (OxA)	12520 +/- 80	13112, 12368	Débris organiques
Le Moulin	Lyon-1780 (OxA)	3600 +/- 50	2131, 1778	Charbon de bois

Tableau 1 : Dates radiocarbone obtenues sur les sites de la Tuile et du Moulin (Boulc).

Compte tenu des dates disponibles, la disposition géométrique des dépôts semble montrer une certaine complexité en trois dimensions. La date la plus ancienne (12 500 +/- 80 BP ou Dryas moyen) a été obtenue dans le sondage ; elle est un jalon dans la dynamique du remplissage qui paraît se terminer vers 12 010 +/- 80 BP (le tout début de l'Allerød) avec l'installation d'une formation arborée. L'alluvionnement fin se poursuit cependant à l'Allerød, mais sans exhaussement notable puisqu'il se tient dans un plan très proche du niveau daté par la souche ; il est jalonné par deux dates : 11 690 +/- 70 BP et 11 190 +/- 135 BP. Si la formation mise en place à la fin du Dryas moyen et au début de l'Allerød est érodée par des processus d'érosion fluviale et de dépôt, elle se caractérise majoritairement par des sédiments fins. Les exceptions sont, de bas en haut, les niveaux de gélifractions du sondage, des niveaux de galets à la confluence du Merlet, cours d'eau secondaire capable, de par la morphologie de sa vallée de faire transiter les apports de versants plus aisément que le Boulc ; enfin le niveau de gélifractions contemporains du dépôt des derniers limons dans le lit du Boulc, qui pourraient préfigurer la reprise d'érosion du Dryas final dans le bassin versant. Un cryoclastisme actif n'est pas à rejeter pour l'Allerød, encore plus en montagne. On est à une interface entre les dépôts de pente qui trouvent leur terminus et le dépôt fluvio-lacustre qui prend son ampleur. L'apparition assez fréquente de couches de cryoclasts frais indique un paysage ouvert sur les pentes au moins, sans formation de sol déjà développée.

On propose d'interpréter les dépôts limono-graveleux de base comme une formation fluvio-lacustre de fin de comblement d'un lac, lequel aurait été contrôlé par l'activation du glissement de Ravel-et-Ferrier au Dryas moyen ou plus anciennement. Le niveau de la formation fluvio-lacustre serait donc resté sensiblement constant, à 1-2 m près, à l'Allerød (de *ca* 12 000 à *ca* 11 200 BP) ; les niveaux altitudinaux atteints ultérieurement par le lit fluvial ont été supérieurs puisque la matière organique contenue dans le dépôt est

restée intacte grâce à l'hydromorphie conférée au milieu par la nappe phréatique. La souche, tronquée au collet, et le dépôt organique étaient eux-mêmes ravinés par une nappe de cailloutis épaisse d'environ 4 m; il n'a pas été encore possible de dater cette nappe supérieure qui peut être hétérochrone puisque deux niveaux distincts semblent la composer; il est à noter qu'elle ne présente pas la même stratigraphie que la « Formation supérieure » de la Tuile qui pourrait lui être corrélée au vu de leur position topographique (Photo 2). Il est intéressant de constater que la Formation inférieure révèle des processus de type plutôt fluvial avec une forte composante limono-sableuse; elle présente des analogies avec les dépôts datés de l'Allerød par Brochier *et al.* (1991) sur le cône détritique de la Drôme à son débouché dans la vallée du Rhône. Des tronçons fluviaux de rang très différents semblent avoir fonctionné de manière semblable en permettant le dépôt de formations sédimentaires traduisant une énergie relativement faible. Ce constat est important si l'on considère que les mêmes environnements ont été caractérisés par une forte torrentialité au Petit Âge Glaciaire.

LES PAYSAGES VÉGÉTAUX DU DRYAS MOYEN ET DE L'ALLERØD RECONSTITUÉS PAR LA PALYNOLOGIE ET L'ANTHRACOLOGIE

L'étude palynologique a pu être réalisée sur la carotte prélevée en octobre 1998 à la Tuile. Les analyses (fig. 3) ont porté sur la palynologie, les palynofaciès, les micro- et macro-restes divers. La première constatation est la pauvreté en restes organiques identifiables puisque les pollens n'ont pas été trouvés en dessous de 2,80 m, et seuls treize échantillons ont donné des résultats à peu près exploitables, parfois avec grandes précautions (niveau -0,24 m: 99 grains de pollens; niveau -2,78 m: 129 grains de pollens; nombreux taxons représentés par un seul grain de pollen). Les techniques de laboratoire employées, excluant l'acétolyse, permettent d'identifier d'éventuelles pollutions par des pollens actuels: nous n'en avons pas rencontré. Malgré cette pauvreté, les images renvoyées par les différentes techniques employées paraissent à peu près cohérentes, ce qui incline à penser qu'elles reflètent au moins une partie de la réalité du Tardiglaciaire de cette vallée du haut Diois, y compris pour certaines données nouvelles qui demanderont à être confirmées ultérieurement par d'autres analyses. C'est en particulier le cas de la présence non seulement de chênes caducifoliés, déjà remarquée par J. Argant (Brochier *et al.*, 1991), mais également de la présence du hêtre et du sapin quelque part sur les versants du haut Diois entre 12 500 et 11 200 BP, autrement dit durant la période tardiglaciaire, du Bølling à l'Allerød (période actuellement couverte par les sédiments connus du fond de la vallée de Boulc). Par recoupement avec les données stratigraphiques et sédimentologiques, nous tenterons de comprendre et de décrire la dynamique de la mise en place de ce remplissage, et celle des paysages alentour.

L'analyse des restes biologiques de cette première carotte extraite des sédiments fluvio-lacustres de Boulc montre que durant toute la période couverte perdure une mosaïque de steppes et de pelouses mésophiles piquetées de pins (type sylvestre dont *Pinus uncinata* et probablement cembro, espèces déterminées grâce à des macro-restes: bois et pignes) et de genévriers (*Juniperus* sp.). Ces taxons sont accompagnés de manière plus discrète par le bouleau, dont parfois *Betula nana* (-2,62 m), les chênes caducifoliés, le

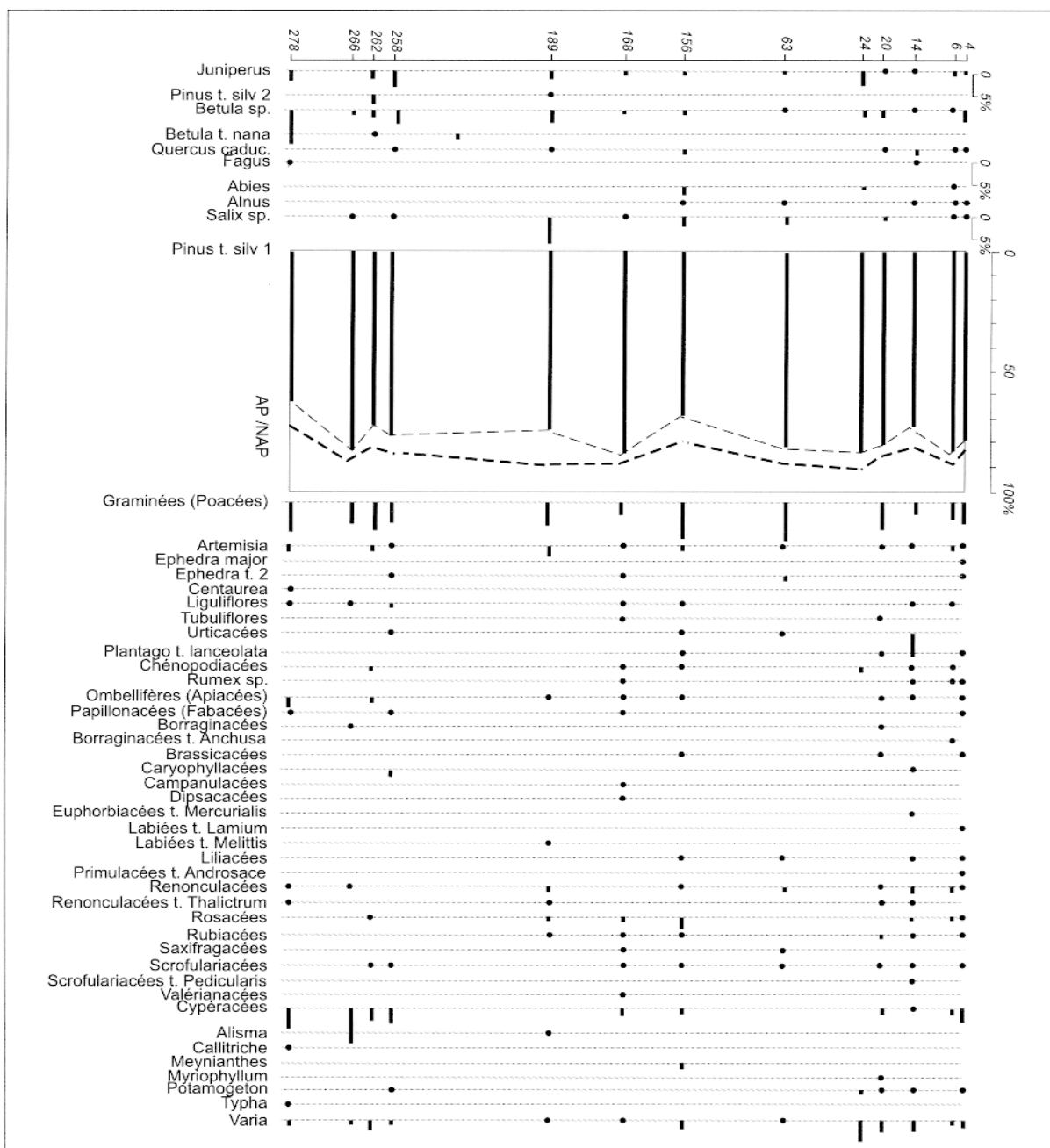


Figure 3: Diagramme palynologique du sondage réalisé dans la « Formation inférieure ».

hêtre et le sapin. Les zones humides sont pourvues le plus souvent d'*Alnus* sp. et de *Salix* sp. L'espèce de ces deux taxons n'a pas pu être déterminée.

Entre -2,78 m (\pm 12 500 BP) et le sommet de la carotte (ca 12 000–11 700 BP?), l'ensemble des données biologiques en notre possession montre une série de variations dans le paysage végétal. Ainsi, durant ces cinq à huit siècles, on note une alternance de phases hydro-sédimentaires relativement contrastées :

1 - des phases durant lesquelles le fond de la vallée présente des associations de cypéacées et des genres comme *Typha*, *Callitriche*, *Menyanthes*, *Salix*, avec des planctons d'eau

douce et des quantités importantes de matière organique amorphe (MOA), indiquant un milieu marécageux, éventuellement un peu d'eau libre de faible profondeur, en tous cas avec un écoulement lent du paléo-ruisseau de Boulc (profondeurs de -2,78 m, -1,82 m, -1,52 m; unités 7 et 4 de la fig. 2C).

2 - des phases durant lesquelles existe un plan d'eau de dimension encore inconnue mais en tous cas suffisamment profond (2 à 6-8 m) pour accueillir des plantes aquatiques telles que *Myriophyllum* et *Potamogeton* ainsi que des planctons d'eau douce et des quantités importantes de MOA (-2,58 m, -0,24, -0,20, -0,14, -0,04 m). Des diatomées sporadiques ont été reconnues. Les données granulométriques sont en accord puisque l'image de Passega révèle des processus de décantation durant ces phases (unités 7, 2 et 1 de la fig. 2C).

3 - des phases plus « sèches » durant lesquelles les groupements de plantes hygrophiles (de même que la MOA) diminuent fortement, voire disparaissent. Ces phases plus « sèches » présentent des quantités de MOFam (Matière Organique Figurée ambre, claire, qui est issue pour l'essentiel des apports liés à la couverture végétale terrestre contemporaine du dépôt) et souvent de matière organique carbonisée (MOC) nettement plus importantes. Si la représentation des NAP (pollens non arboréens), du moins en ce qui concerne les taxons non hygrophiles, ne paraît pas liée aux alternances « humide » - « sec », la présence de traces d'arbres mésophiles (chêne caducifolié, hêtre, sapin) paraît par contre assez bien corrélée à cette alternance (profondeurs: -2,66 m, -1,68 et -0,63 m). Toutefois le niveau -0,06 m, qui présente un faciès « sec », est pourvu de chêne caducifolié et de sapin, signe que le milieu pouvait devenir moins rude. L'image de Passega révèle l'existence de courants tractifs (suspensions uniformes) pour ces différents épisodes (unités 7, 4 et 3 de la fig. 2C).

En outre, il semble que l'on puisse mettre en évidence des fluctuations de l'érosion en fonction de l'intensité de l'arrivée de micro-restes fossiles issus des roches du bassin versant. Il est encore trop tôt pour affirmer l'existence de telles séquences, mais un certain nombre de constatations nous poussent à penser qu'elles existent (par exemple séquences limoneuses à -2,80, -2,58, -0,63 et -0,20 m). Ces séquences pourraient être en relation avec une « crise érosive » à chaque début de séquence « humide ».

Dans le contexte local de reliefs très morcelés, présentant des expositions diversifiées à des altitudes s'étendant de moins de 600 m à plus de 2000 m, avec des roches très variées souvent sensibles à l'érosion, et à une latitude déjà méridionale, la présence très précoce de certains taxons mésophiles, tels les chênes caducifoliés, le hêtre, le sapin, doit être envisagée. Ces taxons sont actuellement présents, et durant les périodes froides, ils auraient très bien pu résister en utilisant les meilleures expositions, en fonction des données climatiques des diverses périodes.

L'étude anthracologique a permis d'identifier de nombreux fragments de bois et des charbons issus des collectes réalisées dans les affleurements de la formation fluvio-lacustre en 1998 et 1999. Leur identification a été réalisée par observation directe, sur cassure fraîche, des trois plans anatomiques du bois (transversal, longitudinal-tangentiel et longitudinal-radial) au microscope optique à réflexion et par comparaison avec la collec-

tion de référence de bois carbonisés de l'UMR 7041 de Nanterre et les atlas d'anatomie (Schweingruber, 1990). Les cinq prélèvements sont issus de ramassages dans la « Formation inférieure » qui affleure dans la coupe de La Tuile là où elle a été incisée par le ruisseau de Boulc (fig. 1C/secteurs bcd). Chacun est noté selon son point de prélèvement. Les résultats (tableau 2) montrent, pour les cinq prélèvements, une végétation homogène, constituée principalement des pins (*Pinus sylvestris / uncinata*), de noisetier (*Corylus avellana*), de genévrier (*Juniperus* sp.) et de bouleau (cf. *Betula* sp.). Ce spectre correspond aux végétations tardiglaciaires ; l'association pin, genévrier et bouleau appartient à la zone Bølling-Allerød. Les datations obtenues confirment cette hypothèse et précisent la fin de l'Allerød (la lentille organique datée de 11 190 BP étant proche du point de vue stratigraphique de l'échantillon « point médian ») bien que la présence du noisetier dans l'un des prélèvements reste à interpréter. La présence de pollens de chêne dans la carotte de la Tuile et l'absence de macro-restes dans les prélèvements contemporains posent la question de la localisation géographique de cet arbre au Tardiglaciaire ; les pollens sont-ils arrivés d'altitudes plus basses par voie aérienne ou subsistait-il des refuges propices au maintien du chêne en moyenne montagne ?

	en aval limon lacustre 1 mm	en dessous limon lacustre 1 mm	point aval rive gauche gros	point aval rive gauche 0,5 mm	point médian limon lacustre 0,5 mm	4,25 m	2,80- 3,20 m	2,60- 2,80 m
<i>Acer campestre</i>						2	5	
<i>Acer</i> cf. <i>platanoïdes</i>								5
<i>Acer</i> sp.								
cf. <i>Betula</i> sp.				3				
cf. <i>Buxus sempervirens</i>						11	5	1
Conifère						1		
<i>Corylus avellana</i>	5			1			1	2
Fabaceae						4		
<i>Fagus sylvatica</i>						4	1	9
Feuillus	6	5	2	3			3	
<i>Fraxinus excelsior</i>						2	2	
cf. <i>Juniperus</i>	1							
<i>Pinus sylvestris/uncinata</i>	25	20	5	3		11	30	
<i>Pinus</i> sp.					2			2
<i>Prunus</i> cf. <i>mahaleb/spinosa</i>							2	
<i>Quercus</i> f. c						3	6	1
<i>Salix</i> sp.								
<i>Salix/Populus</i>						1		1
<i>Sorbus</i> cf. <i>aria</i>						4		
<i>Sorbus/Crataegus</i>							2	
Cône de pin	1	1	4					
Total	37	25	7	10	2	44	57	21

Tableau 2: Résultats de l'analyse anthracologique des charbons des formations inférieure et supérieure de la Tuile (Boulc).

Les échantillons étudiés sont des charbons et des fragments de bois. La présence de charbon ne peut résulter que d'un incendie de végétation. Il est donc intéressant de se demander quelles sont les conditions qui ont rendu possible cet incendie. L'incendie peut être d'origine naturelle (foudre) ou anthropique. La sécheresse est l'une des conditions qui rendent possible l'incendie. Est-il envisageable de suggérer que cet incendie aurait eu lieu à un moment correspondant au niveau -1,68 m de la carotte? Cette suggestion est formulée grâce aux résultats présentés par l'analyse palynologique de L. Barthélemy et M. C. Jolly-Saad. Ils mettent en évidence, dans le prélèvement correspondant à ce niveau, d'une part une phase d'assèchement du milieu, d'autre part une forte quantité (la plus importante de la carotte) de matière organique carbonisée (MOC). Malheureusement, si nous pouvons évoquer une phase d'incendie à ce niveau, nous n'avons aucun moyen de démontrer un lien éventuel avec les charbons retrouvés dans la coupe.

Une formation fluvio-lacustre pré-Dryas moyen?

Dans le but de connaître la puissance de la formation fine présente sous le lit du Ruisseau de Boulc et de déterminer un emplacement optimal pour un futur sondage profond, il a été décidé de recourir à la technique du radar à pénétration de sol. Deux transects ont été réalisés perpendiculairement au ruisseau, l'un (t1) à hauteur du site d'observation des dépôts tardiglaciaires, l'autre (t2) plus à l'aval dans un élargissement de la vallée où se tient un niveau faiblement incliné (fig. 1-C). Le profil radar t1 a été réalisé en suivant la génératrice du cône alluvial situé en limite ouest du village de Boulc.

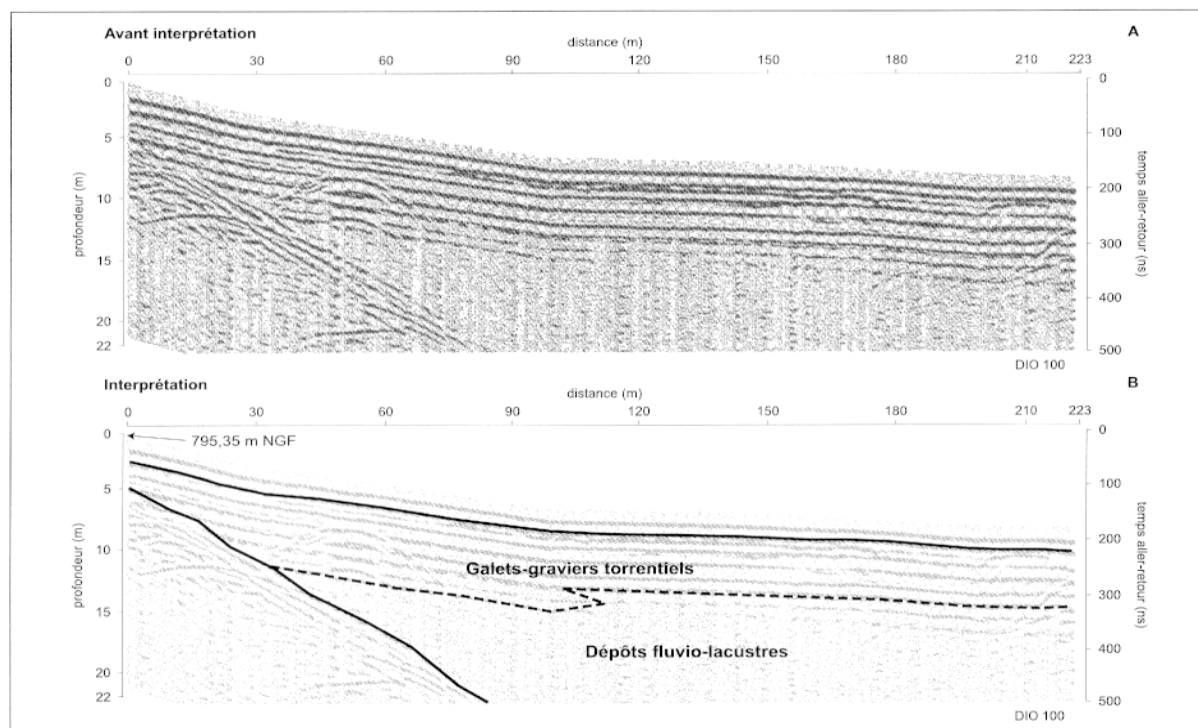


Figure 4: Image radar au lieu-dit la Tuile selon le transect t1 perpendiculaire au ruisseau de Boulc, et coupe interprétative.

Le point de départ de la ligne est à environ 16 m du massif rocheux localisé sur le côté ouest du cône. Sur le profil radar (fig. 4A), on distingue nettement la plongée du rocher par sa pente raide et la réflexion continue sur laquelle se placent les dépôts du cône alluvial. La relation stratigraphique entre ces derniers dépôts et les limons fluvio-lacustres sous-jacents implique que les dépôts alluviaux du cône sont postérieurs à la mise en place des limons. Il existe des arguments ténus pour suggérer que les processus de mise en place du cône étaient contemporains de la phase terminale de remplissage limoneux, comme le suggère la ligne en tireté séparant le cône des limons fluvio-lacustres (fig. 4B). Les signaux radar provenant des limons sont faibles, manquent de continuité et d'amplitude, alors que les signaux du cône sont forts et continus, et montrent, pour l'essentiel, un net parallélisme.

La « Formation supérieure » de la Tuile (779-783 m)

STRATIGRAPHIE

Cette formation, non encore datée par le radiocarbone, surmonte la « Formation inférieure » en rive gauche du Ruisseau de Boulc; elle est sur la marge du cône torrentiel du Merlet. D'une puissance de 4,50 m, elle se compose de trois membres principaux reposant sur une nappe de graviers à 778-779 m (fig. 2D). À la base, des formations sableuses, bien triées, plus ou moins grossières ou limoneuses surmontent sans discontinuité majeure la nappe de graviers inférieure. À trois niveaux (4,20 m-4,0 m; 3,40-2,80 m; 1,20-0,40 m), des écoulements plus lents ont piégé des charbons flottés, vestiges de paléoincendies. Des traces d'hydromorphie, en voie d'oxydation du fait de l'incision récente du ruisseau de Boulc, démontrent que ces dépôts sont restés sous l'eau. Le membre médian qui suit, sur 1,50 m d'épaisseur, est plus grossier, témoin d'écoulements plus irréguliers (2,80-1,20 m). Les graviers en nappes discontinues et mal triés, pourraient provenir du Merlet et venir s'interstratifier dans des dépôts limono-argileux liés à l'écoulement ralenti du Boulc. La séquence se termine par 0,80 m de limons sableux jaunes probablement de débordement et plus récents que les formations sous-jacentes. Son sommet présente une pédogenèse de type sol brun, peut-être d'âge médiéval par analogie avec des sols du Diois bien datés. Dans l'attente de datations radiocarbone, l'analyse anthracologique permet d'attribuer les deux membres inférieurs à l'Holocène moyen; ils pourraient être contemporains de la formation du Moulin à 813 m.

LES PAYSAGES VÉGÉTAUX À L'Holocène MOYEN (DE LA FIN DU Néolithique ET DE L'Âge des Métaux)

Tous les charbons de bois ont été récoltés lors du levé de la coupe dans la « formation supérieure » (fig. 2D; tableau 2). Le prélèvement situé à 4,25 m de profondeur s'est révélé riche qualitativement puisqu'une dizaine de taxons ont pu être identifiés. Il est situé dans le sable moyen compact-jaune. Le spectre indique quatre associations végétales. La chênaie caducifoliée est présente avec le chêne à feuillage caduc (*Quercus* f. c.), l'érable champêtre (*Acer campestre*), les Rosacées-Pomoïdées type *Sorbus* et *Sorbus/Crataegus*

(sorbier et aubépine). La végétation riveraine se manifeste par la présence du frêne (*Fraxinus excelsior*), du saule et du peuplier ou saule (*Salix / Populus*). Il faut signaler la présence d'espèces pionnières comme le genévrier (*Juniperus* sp.), les Fabacées ou le buis (*Buxus sempervirens*). Enfin, les espèces à affinités montagnardes sont représentées par le pin (*Pinus sylvestris / nigra*) et le hêtre (*Fagus sylvatica*). Les deux prélèvements situés au-dessus, l'un entre 3,20 m et 2,80 m de profondeur dans des sables limoneux à limon sableux jaune beige, l'autre entre 2,80 m et 2,60 m de profondeur dans des limons argileux gris-bleu, offrent une image assez semblable de la végétation bien que le pin soit numériquement davantage représenté dans le premier prélèvement, le hêtre dans le second.

Les spectres de végétation identifiés ne semblent pas correspondre à une attribution tardiglaciaire ni même du début de l'Holocène. En l'absence de datations (à venir), la présence de taxons qui, dans cette région, caractérisent plus particulièrement l'intervention de l'homme sur le milieu, notamment le buis et les Fabacées, permet de proposer un environnement végétal contemporain de la fin du Néolithique ou des Âges des métaux. La présence du hêtre corrobore cette hypothèse. Les traces laissées par l'homme sont constantes pour ces périodes dans cette zone de moyenne montagne.

La « Formation du Moulin » de Boulc (813 m) : résultats préliminaires

À l'amont de Boulc, en rive droite du ruisseau, une terrasse quasiment horizontale ou à très faible pente aval, est plaquée contre le versant à une altitude voisine de 813 m NGF (fig. 1B) ; elle est suivie sur environ 300 m par le bief d'accès à la roue d'un moulin, à une altitude relative croissant vers l'aval mais ne dépassant pas 3 à 4 m (photo 4). Sa surface est accidentée par de petits cônes de déjections postérieures, construits au débouché de ravines qui échancrent le versant marno-calcaire. Le rebord de cette terrasse, qui fut érodé au XIX^e siècle par le Boulc avant qu'il ne s'encaisse dans le lit actuel, montre localement la nature très fine de la formation. En septembre 2000, un sondage a été réalisé à la tarière à main. Un échantillon de charbon de bois a été collecté à une profondeur de 0,75-0,85 m (tableau 1) et daté par la méthode AMS de 3 600 +/- 50 BP (entre 2132 et 1778 av. J.-C.). Deux analyses granulométriques faites sur des échantillons collectés à une profondeur de 115 et 135 cm ont donné une médiane de 2,8 microns, ce qui en fait une formation de nature argilo-limoneuse ; le carbonate autigène n'a pas été recherché à ce stade de l'étude. Des dépôts analogues par leur faciès ont été retrouvés dans les berges du Boulc à l'amont du pont du Vabre. Ravinés par une nappe caillouteuse au moins en partie moderne, ils pourraient être le prolongement vers l'amont de la formation du Moulin. Un profil réalisé au radar à pénétration de sol (fig. 5A) montre cette formation sur une épaisseur de plusieurs mètres sous les galets historiques (fig. 5B).

La « Formation du Moulin », d'origine semble-t-il lacustre ou fluvio-lacustre, n'a pas encore été retrouvée en d'autres sites sur les marges de la cuvette, à une altitude que l'on attendrait voisine de 813 m. L'épaisseur de la formation fine, visible sur une hauteur de 3 m en bordure de la terrasse, conforte l'hypothèse de dépôts lacustres (voire fluvio-lacustres) et écarte celle de simples débordements fluviaux. Elle correspond probablement



Photo 4: La terrasse lacustre du Moulin à Boulc (le talus qui la sépare du niveau fluvial actif au XIX^e siècle est souligné par une haie).

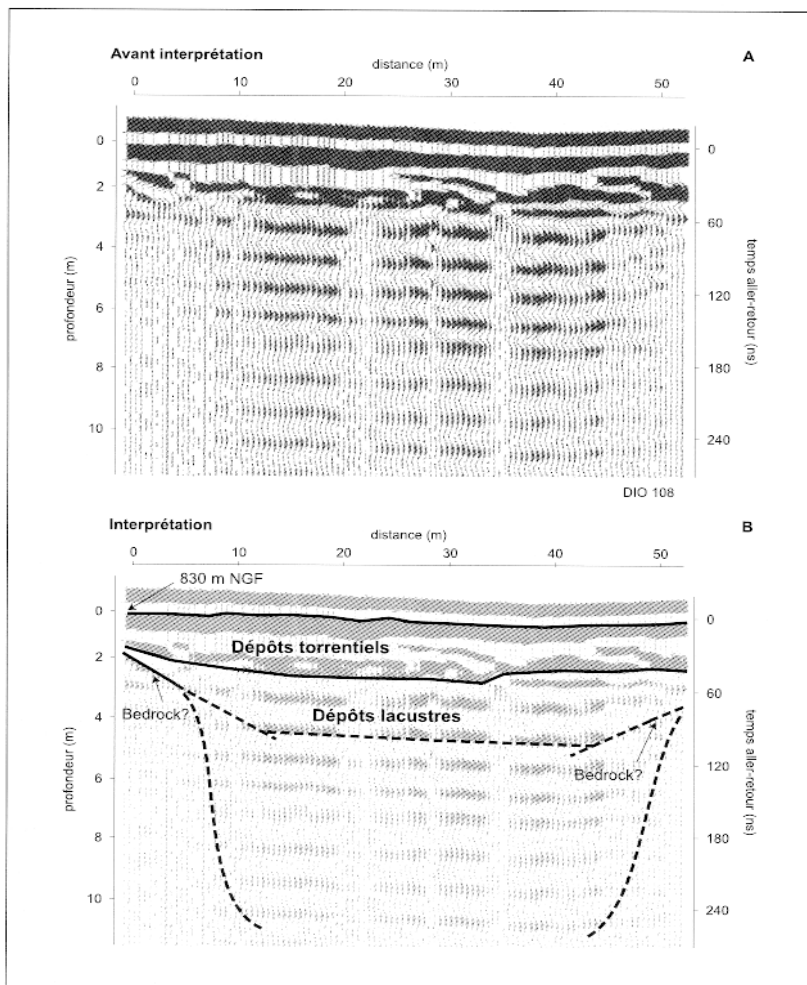


Figure 5: Image radar à l'amont du pont du Vabre et coupe interprétative.

au remplissage partiel, car de durée limitée, d'une cuvette lacustre contrôlée par une réactivation du glissement de Ravel, le remplissage s'opérant par l'amont sous la forme d'un cône deltaïque cantonné au secteur situé à l'amont du village de Boulc. L'altitude particulièrement élevée du paléo-lac (+ 32 m par rapport à la formation Allerød) pourrait expliquer une vidange rapide par rupture du barrage aval et le caractère sans doute éphémère de la cuvette. Il n'est pas exclu que la « Formation supérieure » de la Tuile, composée majoritairement de limons sableux d'époque apparemment voisine, si l'on se fie aux résultats de l'anthracologie, soit dérivée de dépôts mis en place dans la vallée du Merlet. Il convient cependant de préciser que le site archéologique de Truche, situé sur le versant de rive droite en face du moulin de Ravel, n'en montre pas de traces ; il présente des niveaux néolithiques et de l'âge du Bronze en tout cas antérieurs et postérieurs à 3 600 BP, peut-être contemporains mais il n'y a pas assez de matériel pour l'affirmer. Aucune couche de limon, ou troncature et discordance ne sont décelables sur la coupe visible entre le Néolithique et la fin de l'âge du Bronze.

Au même moment, vers 3 600 BP, la grotte de la Tune de la Varaime, à 1 400 m d'altitude, est utilisée comme bergerie par les hommes de l'âge du Bronze ancien (Brochier *et al.*, 1999). Elle démontre une exploitation pastorale du bassin versant qui peut expliquer les fortes accumulations détritiques du fond de vallée ; l'absence de dépôts grossiers dans ce secteur plaide en faveur de l'hypothèse lacustre.

Interprétation générale : deux épisodes de barrage par le glissement de Ravel-et-Ferrier

Le glissement de Ravel affecte des couches du Crétacé inférieur et moyen (étages du Barrémien-Bédoulien) dégagées par l'érosion fluviale sur le flanc sud du synclinal de Glandage-Creyers. Or, un épisode tectonique précoce, remontant au Crétacé moyen (Albo-Cénomaniens, soit -110 Ma) a créé un escarpement de faille sous-marin. L'effondrement de cet escarpement, assisté par des écoulements torrentiels, a mis en place, au cœur du synclinal, les conglomérats des Gâts et des paquets de calcaires fragmentés ; emballés dans une sédimentation terrigène (marnes bleu-noir) contemporaine, ils constituent des olistostromes particulièrement fragiles. La masse écroulée, ou qui a glissé le long d'un plan de discontinuité concave, est en quelque sorte la réactivation quaternaire d'une partie du glissement sous-marin crétacé ; sa fragilité est héritée de la phase de mise en place et son instabilité peut être expliquée, entre autres facteurs, par l'énergie du relief en contre-haut de la gorge du Boulc et par des circulations hydrauliques présentes dans la phase perméable de l'écroulement et au contact du substratum sous-jacent (Antoine et Giraud, 1994b). Des réactivations du très ancien glissement de Ravel sont très probablement à l'origine de la formation de barrages à l'écoulement des eaux du Ruisseau de Boulc (fig. 6). Lorsque le glissement, d'une superficie de 86 ha et d'un volume de plus de 10 Mm³, a été réactivé en janvier 1994, Antoine et Giraud (1994a) l'ont interprété comme la remobilisation d'un « formidable écroulement ancien, probablement contemporain de la fin de la période glaciaire ». La datation obtenue sur le lac inférieur confirme pleinement cette intuition des géologues grenoblois. Une étude dendrochro-

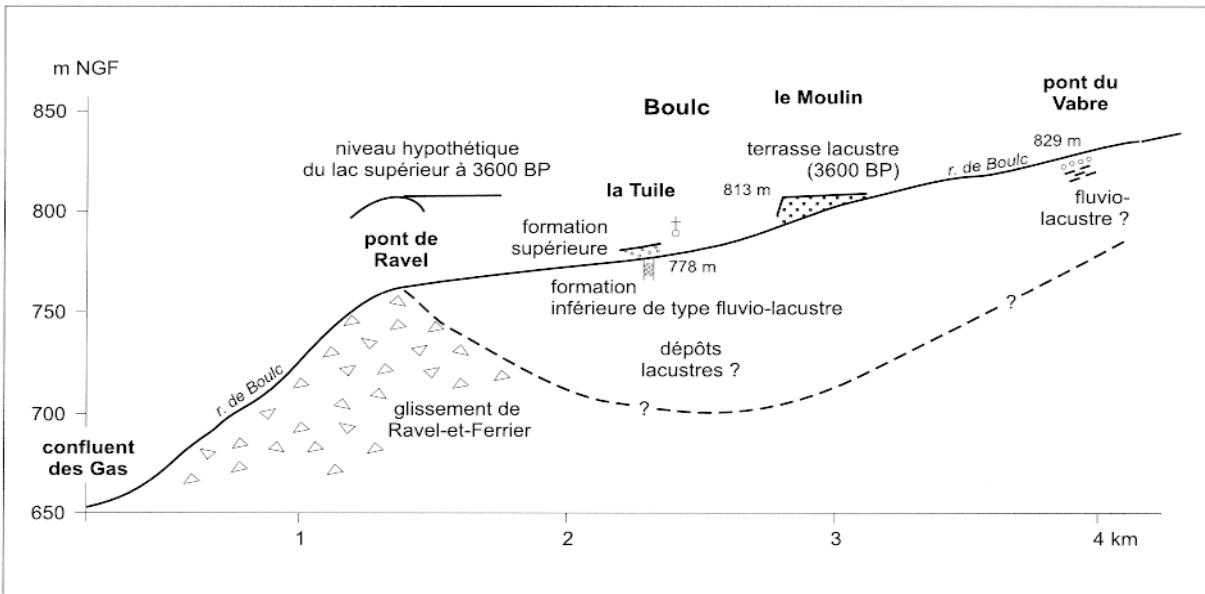


Figure 6: Reconstitution hypothétique des paléo-dépôts de remplissage de la vallée de Boulc.

nologique a montré que si des réactivations localisées avaient eu lieu au XX^e siècle, aucune n'avait atteint l'ampleur de celle de 1994 (Astrade *et al.*, 1999). Par ailleurs, l'étude des archives confirme le fait que le glissement n'a pas fonctionné de manière catastrophique à l'époque contemporaine (Bravard et Landon, 2002).

Dans le cas de la « Formation inférieure » de la Tuile, l'altitude du toit (faiblement raviné) de la formation (778 m) et le pendage des strates proche de la pente du talweg actuel suggèrent que l'exutoire de la vallée au niveau du glissement ne devait pas être très éloigné du niveau topographique actuel (762 m au pont de Ravel). Comme la conservation de la matière organique et des pollens démontre que la nappe phréatique a toujours imprégné le sédiment depuis sa mise en place, on est en droit de proposer que le niveau atteint par l'exutoire vers 12 000-11 000 BP n'a pas été inférieur à ce qu'il est aujourd'hui. Il est encore trop tôt pour affirmer que la Formation inférieure de la Tuile est la partie terminale d'un remplissage lacustre, mais l'image radar renforce la crédibilité de l'hypothèse en révélant une épaisseur de plusieurs mètres. Par ailleurs, des limons argileux oxydés, exhumés du cailloutis formant la charge actuelle, peuvent être observés dans le talweg du Boulc à l'amont immédiat du pont de Ravel.

Quant à la « Formation du Moulin », la cote du sommet de la terrasse (813 m) et la pente longitudinale faible de cette dernière permettent d'affirmer que le glissement de Ravel-et-Ferrier contrôlait le profil en long de l'écoulement à un niveau très supérieur à l'actuel. Il a donc existé un barrage aval qui ne pouvait être qu'au niveau du glissement de Ravel-et-Ferrier (alt. : 1 200-670 m) et ce barrage aurait cédé. Dans l'hypothèse de la réactivation forte du glissement, l'étranglement de la gorge du Boulc, sous l'escarpement de Souberoches (alt. : 800-1 000 m), favorise une forte accumulation dans le plan vertical. Si le « paléo-lac » inférieur se tenait à une altitude modeste, voisine de celle de l'exutoire actuel, le paléo-lac « supérieur » était à une altitude relative supérieure d'environ 30 m. La dénivellation par rapport au talweg actuel apparaît relativement limitée si l'on considère

la topographie du site du glissement. Enfin la raison de la rupture du barrage de Ravel réside dans les caractéristiques granulométriques des matériaux formant bouchon dans la gorge de Souberoché. Leur taille, réduite puisque les blocs font de quelques décimètres à 1 m au maximum, dans un environnement à très forte énergie, a permis leur évacuation par des crues du Boulc postérieurement à 3600 BP. Comme on l'a vu plus haut, la taille modeste des éléments s'explique par l'histoire du glissement.

Outre leur intérêt scientifique intrinsèque, ces deux épisodes démontrent que le glissement de Ravel-et-Ferrier a mérité l'attention qui leur a été portée par l'Administration lors de la réactivation, somme toute limitée, de janvier 1994. Des études complémentaires sont prévues pour compléter les données paléo-environnementales concernant le Tardiglaciaire de la Formation inférieure (notamment le Dryas moyen et l'Allerød) et le Subboréal de la Formation supérieure.

Remerciements: Les auteurs expriment leur gratitude aux habitants de Boulc pour leur aide et à Mireille Provansal pour les remarques constructives qu'elle a faites sur le manuscrit.

Bibliographie

- ANTOINE P., GIRAUD A., 1994 a. – *Rapport géologique sur le rétablissement de la D 148 de Boulc à Châtillon-en-Diois*. Rapport pour l'Association Avenir de Boulc, 4 p. et carte, non publié.
- ANTOINE P., GIRAUD A., 1994 b. – *Le grand glissement de Ravel (Commune de Boulc–26) et ses conséquences sur l'enclavement du chef-lieu*. Rapport non publié, 6 p., cartes et ph.
- ASTRADE L., BRAVARD J.-P., LANDON N. – Etude dendrogéomorphologique de deux glissements de terrain de la vallée de Boulc (Diois, Alpes françaises). *Géographie Physique et Quaternaire*, 52, 2, p. 151-163.
- BAILLY-MAÎTRE M.C., MONJUVENT G., MATHOULIN V., 1997. – Les quatre anciens lacs de l'Oisans (Alpes françaises du Nord). *Rev. Géogr. Alpine*, 1, p. 33-52.
- BLANCHARD R., 1945. – *Les Alpes occidentales*. T. IV, 1-2: *Les Préalpes françaises du Sud*. Grenoble, Arthaud, 959 p.
- BRAVARD J.-P., LANDON N., 2002. – Les ajustements d'un torrent du Diois (Alpes du Sud). Essai de micro-histoire géomorphologique. In HOTYAT M. & ARNOULD P. (éd.) : *Eau et environnement en Tunisie et en milieu méditerranéen*, Actes du Colloque de Hammamet 14-15 Nov; 1998, Paris-Sorbonne/ENS-LSH, p. 91-100.
- BROCHIER J.-L., MANDIER P., ARGANT J., PETIOT R., 1991. – Le cône détritique de la Drôme: une contribution à la connaissance de l'Holocène du Sud-Est de la France. *Quaternaire*, vol. 2, 2, p. 83-99.
- BROCHIER J.-L., BEECHING A., SIDI MAAMAR H., VITAL J., 1999. – Les grottes bergeries des Préalpes et le pastoralisme alpin durant la fin de la Préhistoire. In : *Circulations et Identités culturelles alpines à la fin de la Préhistoire*, BEECHING A. dir., Travaux du Centre d'Archéologie Préhistorique de Valence, 2, p. 77-114.

BUONCHRISTIANI J.-F., PETIT C., CAMPY M., BOSSUET G., RICHARD H., 2002. – Quantification de l'ablation d'un bassin versant marno-calcaire alpin durant le Petit Âge Glaciaire par l'étude d'un système lacustre (cas du lac du « Claps » de Luc-en-Diois, Drôme, France). *Geodinamica Acta*, 15, p. 103-111.

FROMENT L., 1973. – *Le Claps et l'ancien lac de Luc-en-Diois*. Imp. A. Robert, Marseille, 42 p.

LANDON N., PIÉGAY H., 1999. – Mise en évidence de l'ajustement d'un lit fluvial à partir de documents d'archives : le cas de la haute Drôme. *Rev. Géogr. Alpine*, 3, p. 67-86.

LÉONE F., 1996. – *Concept de vulnérabilité appliqué à l'évaluation des risques générés par les phénomènes de mouvements de terrain*. Thèse de géographie, Université J. Fourier, Grenoble 1, 163 p. et annexes.

MARNÉZY A., 1998. – *L'Arc et les hommes. Etude spatio-temporelle d'une rivière anthropisée*. Thèse de géographie, Université de Savoie.

MASSEPORT J., 1960. – *Le Diois, les Baronnies et leur avant-pays rhodanien. Etude géomorphologique*. Thèse Lettres, Université de Grenoble, Imp. Allier, Grenoble, 478 p.

SCHWEINGRUBER F.H., 1990. – *Anatomie europäischer Hölzer* W.S.L.F.N.P. Haupt. 800 p.

Résumé : L'environnement instable du Diois (Alpes françaises) est propice au déclenchement de mouvements de masse susceptibles de créer des lacs de barrage temporaires au Quaternaire. Un site favorable est celui de la vallée de Boulc où deux épisodes de remplissage fluvio-lacustre, formés en arrière du glissement de Ravel-et-Ferrier, ont été découverts et datés de l'Allerød et du Préboréal. Une étude interdisciplinaire associant la géomorphologie, la géophysique, la palynologie et l'anthracologie permet de proposer une première caractérisation des remplissages et de proposer une reconstitution de l'environnement végétal à l'échelle du bassin pour la période de l'Allerød.

Mots-clés : lac de barrage, sédimentation, paléoenvironnement, Alpes du Sud

Abstract: *Discovery of two Holocene fluvio-lacustrine units in Boulc Valley (Prealps of Die, French Alps).* The unstable geomorphic environment of the Diois region (French Alps), characterized by steep slopes and fractured sedimentary rocks, is prone mass movements (debris flows, earthflows and rock falls). During the Quaternary, these movements often dammed valleys creating temporary lakes, and such was the case in the valley of the Boulc River which was dammed by the Ravel-et-Ferrier landslide. The fluvial-lacustrine deposits document the existence of two temporary lakes in Allerød and Preboreal time. An interdisciplinary study combining geomorphology, geophysics, palynology and anthracology was carried out to define the sedimentary deposits and reconstruct the vegetative cover at a watershed scale.

Keywords: Dame lake, sedimentation, paleoenvironment, South Alps