

GRANDES SÉQUENCES ET PRINCIPALES RUPTURES MORPHOGÉNIQUES EN HAUTE PROVENCE

LES COMPLEXES SÉDIMENTAIRES DES PETITS ORGANISMES TORRENTIELS DE MOYENNE DURANCE

*THE MAJOR SEQUENCES AND PRINCIPAL MORPHOGENIC RUPTURES IN HAUTE PROVENCE.
SEDIMENTARY SEQUENCES OF THE MINOR TORRENTIAL SYSTEMS OF THE MIDDLE DURANCE*

CÉCILE MIRAMONT¹, CLÉMENT BOUTTERIN¹, OLIVIER SIVAN²,
HÉLÈNE BRUNETON³, Murielle MANTRAN⁴

¹ IMEP (Institut Méditerranéen d'Ecologie et de Paléoécologie), UMR 6116 du CNRS,
Bâtiment Villemain, Europôle Méditerranéen de l'Arbois, BP 80, F 13545 Aix-en-Provence cedex 04.

² INRAP (Institut National de Recherches Archéologiques Préventives/CEPAM),
UMR 6130 du CNRS, 24 avenue de la Grande Bégude Immeuble le Mozart, F 13770 Venelles.

³ CEREGE (Centre Européen de Recherche et d'Enseignement des Géosciences de l'Environnement),
UMR 6635 du CNRS, Europôle Méditerranéen de l'Arbois, BP 80, F 13545 Aix en Provence cedex 04.

⁴ INRA Antilles, Domaine Duclos, Unité Agro-Pédo-Climatologique, F 97100 Petit Bourg.

Contact : cecile.miramont@free.fr

RÉSUMÉ

Les datations radiocarbone d'une vingtaine de coupes naturelles dans les petits organismes torrentiels des Alpes du Sud mettent clairement en évidence une bi-partition dans l'évolution de la morphogenèse de la période 14 500 cal BP à aujourd'hui. De 14 500 à 7000 cal BP une sédimentation importante caractérise les zones de piémont. Les taux de sédimentation, assez faibles de 14 500 à 11 700 cal BP deviennent plus élevés de 11 700 à 9000 cal BP et très forts de 9000 à 7500 cal BP. Ces processus géomorphologiques, comme d'autres proxies paléoenvironnementales, témoignent d'une d'humidité importante. Un arrêt de la sédimentation alluviale dans les secteurs d'amont a lieu vers 7000 cal BP. Peu de données documentent la période suivante. Une phase d'incision majeure a lieu antérieurement au dépôt d'une basse terrasse caillouteuse attribuée au Petit Age Glaciaire. Globalement la période postérieure à 7000 cal BP est caractérisée par des flux hydrologiques qui permettent un transit sédimentaire vers les zones d'aval.

MOTS-CLÉS : TAUX DE SÉDIMENTATION, ALPES DU SUD, HOLOCÈNE, TARDIGLACIAIRE

ABSTRACT

This article presents a synthesis of radiocarbon dates obtained on charcoals and subfossil woods in more than twenty sections in alluvial infill from little torrents in the Southern Alps. This synthesis points out that the period 14 500 - 0 cal BP is bi-partite. From 14 500 to 7000 cal BP alluvial accumulation tendency is dominant. Sedimentation rates are low from 14 500 à 11 700 cal BP, higher from 11 700 to 9000 cal BP, and highest from 9000 to 7500 cal BP. These data evidence humid conditions during the period 14 500- 7000 cal BP. Sedimentation process stops around 7000 cal BP and the following millennia are poorly documented. An important incision occurs before (or at the beginning of) the Little Ace Age.

KEYWORDS: SEDIMENTATION RATE, SOUTHERN ALPS, HOLOCENE, LATE GLACIAL

INTRODUCTION

Les changements de la morphogenèse fluviale depuis le Tardiglaciaire dans les Alpes du Sud (Figure 1) sont aujourd'hui bien connus grâce à de nombreux travaux (Jorda *et al.*, 2002 ; Miramont *et al.*, 2004 ; Sivan *et al.*, 2002, 2006). Ces recherches ont porté essentiellement sur l'étude des remblaiements alluviaux de petits bassins versants (rang 3-4) inscrits dans des terrains marneux (« terres noires » du Callovien- Oxfordien) très sensibles à l'érosion et caractérisés par des temps de réponses très courts aux fluctuations climatiques (région du Buëch, des Préalpes de Digne, de l'Ubaye). La particularité de ces accumulations sédimentaires est de contenir de nombreux lits de charbons de bois et de nombreux gisements de souches d'arbres subfossiles (*Pinus sylvestris* sp.). Les données disponibles sont issues de coupes naturelles situées à proximité immédiate des piémonts. L'objectif est ici de présenter un état des connaissances de la chronologie des enregistrements sédimentaires alluviaux. La synthèse des datations dis-

ponibles permet de calculer des taux de sédimentation et de discuter de leur variabilité au cours du Tardiglaciaire et de l'Holocène.

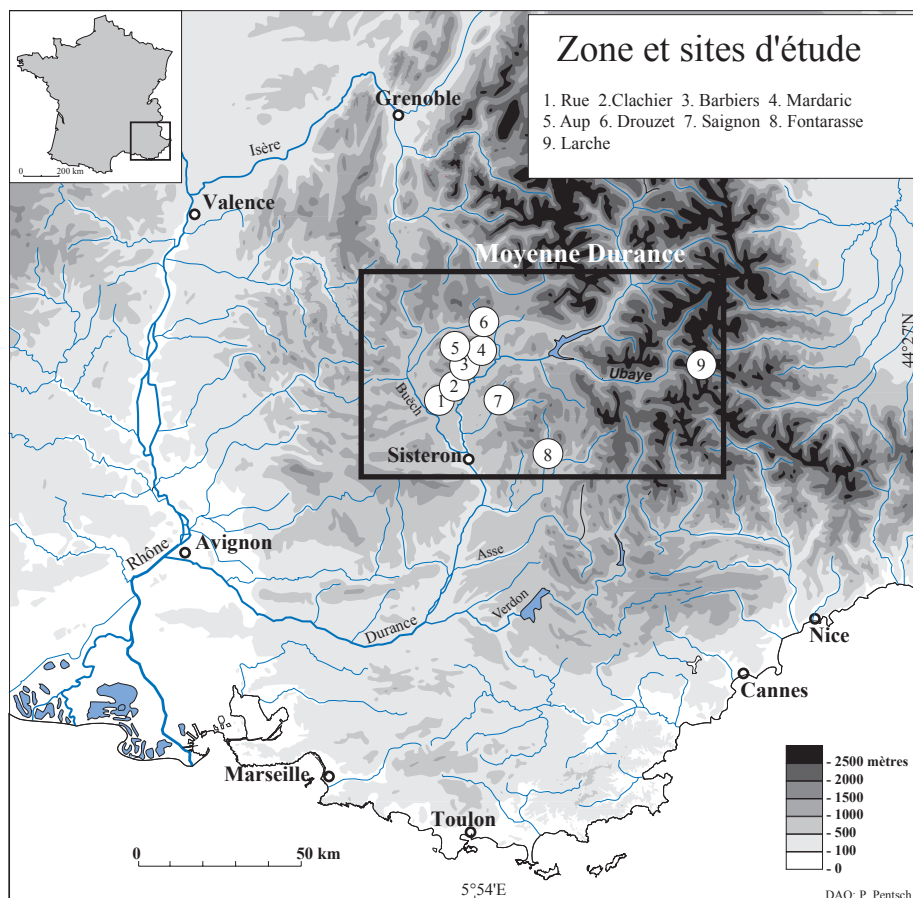


Figure 1 - Localisation des sites étudiés.

I - SITES, MATÉRIEL ET MÉTHODE

Vingt et une coupes bien datées appartenant à neuf bassins versants ont été sélectionnées (Figure 1). Les sites d'étude appartiennent à la région de la Moyenne Durance. Six sites sont localisés dans les Préalpes du Buëch : le bassin versant du Drouzet situé entre le massif du Dévoluy et l'unité du Ceüse-Aujourd'hui, et les bassins versants des torrents de Rue, du Clachier, des Barbières, de l'Aup et du Mardaric développés sur le flanc méridional de la Montagne de St Genis (Figure 2). Le bassin du Saignon (vallée du Sasse) s'inscrit dans la marge orientale du bassin de Laragne. Le torrent de Fontarasse appartient aux Préalpes de Digne et le torrent de Larche est situé dans les Alpes internes de l'Ubaye. Ces bassins se développent entre 700 et 1700 mètres d'altitude. Les versants sont caractérisés par la présence

de « badlands » souvent dominés par des escarpements de calcaire tithonique qui dessinent des synclinaux perchés (Montagne d'Oule et de St Genis). Des lambeaux de versants réglés, des manteaux d'éboulis cryoclastiques et de hauts glacis d'accumulation périglaciaires pléistocènes séparent les bassins versants (Figure 2). En contrebas des glacis pléistocènes se développent de vastes glacis-cônes coalescents qui constituent l'héritage alluvial post-würmien le plus remarquable dans les paysages subalpins (« Remblaiement Postglaciaire Principal » RPP ; Jorda, 1980). Signalons que ces remblaiements, très épais dans les bassins latéraux, n'ont jamais été retrouvés le long des organismes principaux. Enfin, un bas niveau de terrasse alluviale caillouteuse est généralement présent, emboîté de plusieurs mètres

à plusieurs dizaines de mètres en contrebas du toit des RPP.

Soixante treize datations radiocarbone obtenues sur charbons et bois subfossiles et deux datations sur vestiges archéologiques pouvant permettre de caler précisément les étapes de la mise en place des remplissages alluviaux ont été retenues.

Les datations radiocarbone ont été calibrées (2 sigmas) à l'aide du logiciel Calib version 5.0.1 (Stuiver et Reimer, 1993 ; Reimer *et al.*, 2004 ; Stuiver *et al.*, 2005). Pour chaque coupe stratigraphique, les taux de sédimentation ont été calculés entre deux niveaux datés en prenant en compte le milieu de l'intervalle de calibration. L'âge du sommet (ou de la base) des remplissages a été calculé en extrapolant les taux de sédimentation (Tableau 1).

Il faut noter que les taux de sédimentation obtenus représentent des valeurs moyennes entre deux niveaux stratigraphiques mais que leur variabilité entre ces niveaux est vraisemblablement importante. Les recherches antérieures soulignent en effet le caractère discontinu de la sédimentation qui se produit par accumulation de dépôts de crue pouvant atteindre jusqu'à un mètre d'épaisseur (Sivan, 2002 ; Miramont, 1998). Néanmoins, cette méthode fournit la seule estimation possible des vitesses de dépôt. Par ailleurs, l'analyse des stratigraphies montre que, sauf exception, les niveaux alluviaux se superposent sans reprise d'incision intermédiaire ce qui autorise le calcul des taux de sédimentation sans que ne se pose le problème de lacunes d'érosion.

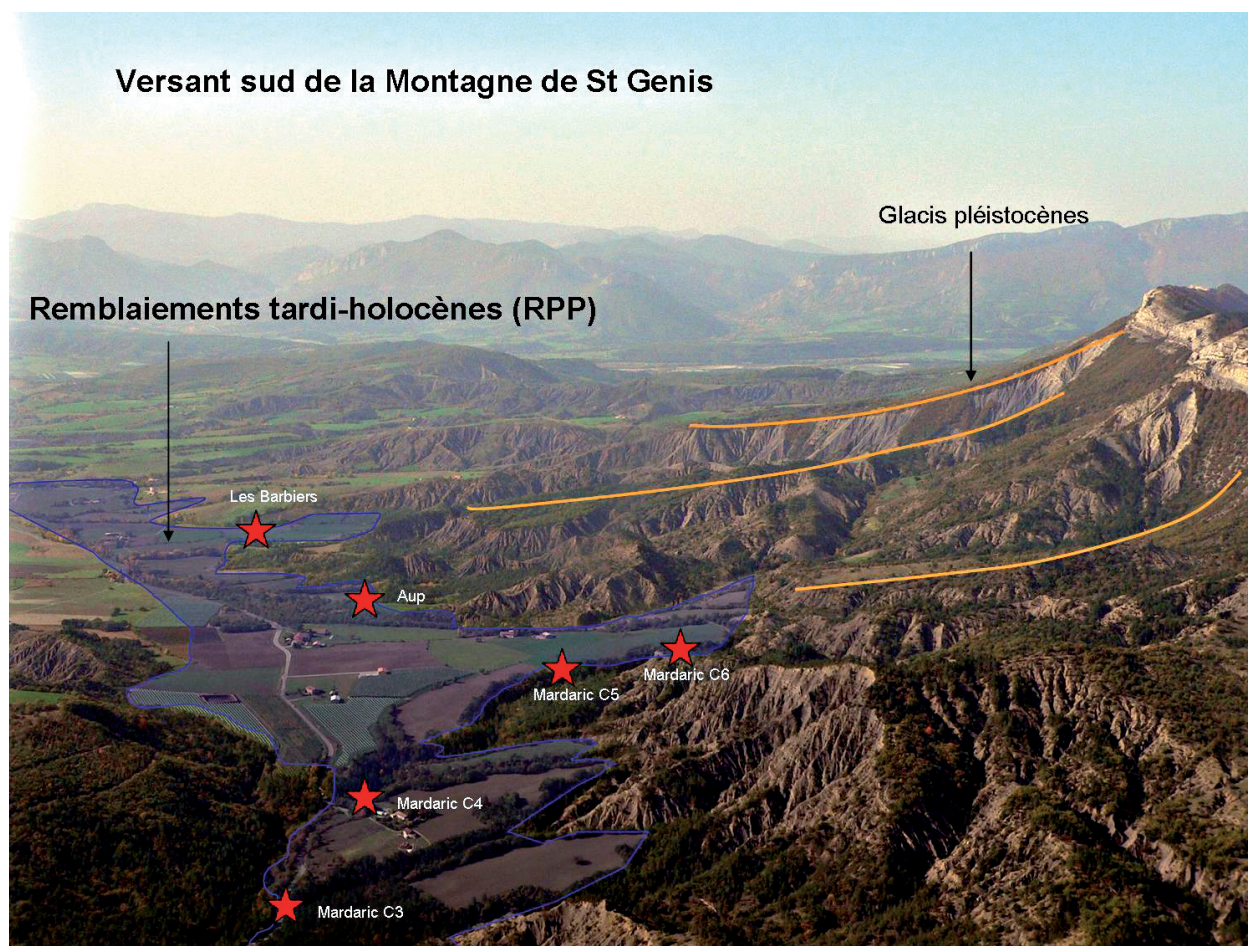


Figure 2 - Les paysages du flanc sud de la Montagne de St Genis (commune de Lazer, Hautes-Alpes).

II - RÉSULTATS : LES RYTHMES PLURI-SÉCULAIRES DE LA SÉDIMENTATION ALLUVIALE

La figure 3 présente les taux de sédimentation calculés et la figure 4 propose un schéma d'évolution des paysages depuis la fin du Pléistocène.

Depuis les 15 derniers millénaires, deux principales périodes se distinguent : la période 14 500 - 7000 cal BP

durant laquelle les processus de sédimentation alluviale dominant largement, puis la période post-7000 cal BP durant laquelle les épisodes de dépôts sont rares et où apparaissent des phénomènes d'incision linéaire majeurs.

Code Laboratoire	Date radiocarbone BP	Matériel daté	Auteur	Age étalonné 2 sigma cal BP		Age utilisé (cal. BP) en italique : âge extrapolé	hauteur dans la coupe (cm)	taux de sédi- mentation (cm/an) en italique : extra- polation
				Borne inf.	Borne sup.			
Larche								
AA12300	9025+/-70	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Sivan (2002)	9911	10371	11743 10141	0 1200	0,7
?	8055+/-75	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Sivan (2002)	8643	9235	8939	2100	0,7
AA12302	6785+/-65	Charbon	Sivan (2002)	7512	7757	7635	3500	1,1
		Tessons modernes				150	3700	0,0
Fontarasse								
?	7910+/-50	Bois	Roussel et Guiomar(1999)	8598	8978	8788	0	
LY-10081	3895+/-35	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Sivan (2002)	4185	4422	4304	600	0,1
Saignon Coupe 1 (La Pierre du Trou)								
AA8895	8335+/-80	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Miramont (1998)	9094	9517	9306	0	
AA9721	7800+/-70	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Miramont (1998)	8414	8948	8681	2000	3,2
AA8898	7520+/-80	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Miramont (1998)	8171	8506	8339	2500	1,5
						7984	3000	1,5
Saignon Coupe 4A (Les Prayets)								
GIF3879	8230+/-150	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Delibrias et al. (1984)	8773	9525	9149	0	
AA8897	7805+/-70	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Miramont (1998)	8417	8965	8691	500	1,1
GIF3877	7320+/-140	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Delibrias et al. (1984)	7869	8400	8135	700	0,4
GIF5309	1980+/-100	charbon	Delibrias et al. (1984)	1697	2299	1998	1000	0,0
Saignon Coupe 4B (Les Prayets aval)								
AA8896	8460+/-60	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Miramont (1998)	9313	9543	9428	0	
AA9444	8650+/-60	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Miramont (1998)	9522	9885	9704	0	0,0
AA9145	8275+/-60	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Miramont (1998)	9034	9438	9236	400	0,9
						8546	1000	0,9
Saignon Coupe C5/6								
AA9144	9135+/-85	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Miramont (1998)	10175	10551	10363	0	
AA8894	8765+/-65	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Miramont (1998)	9550	10131	9841	500	1,0
						9336	1000	1,0
Charanc								
AA10222	8290+/-70	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Sivan (2002)	9036	9465	9251	200	
AA10223	7685+/-70	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Sivan (2002)	8381	8593	8487	1300	1,4
LGQ1075	6920+/-190	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Rosique (1996)	7435	8155	7795	1600	0,4
AA10226	6895+/-100	Charbon (<i>Pinus</i>)	Sivan (2002)	7581	7932	7757	1900	7,8
						7685	2500	7,8
Drouzet								
	12503+/-29	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Kromer (non publié)	14280	14942	14611	0	
H25772	11800+/-29	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Kromer (non publié)	13557	13773	13665	150	0,2
Aup								
Poz-5101	8060 +/- 50	Charbon (<i>Pinus</i>)	Boutterin (en cours)	8730	9125	8928	0	
Sc-1786	7650 +/- 70	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Boutterin (en cours)	8358	8586	8472	330	0,7
Poz-5102	7570 +/- 40	Charbon (<i>Pinus</i>)	Boutterin (en cours)	8323	8430	8377	390	0,6
Poz-5104	7300 +/- 40	Tourbe	Boutterin (en cours)	8019	8180	8100	480	0,3
SC-1785	7100 +/- 70	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Boutterin (en cours)	7752	8043	7898	610	0,6
Poz-5105	7020 +/- 50	Charbon (<i>Pinus</i>)	Boutterin (en cours)	7734	7953	7844	1030	7,8
		Céramique sigillée	Morin (2003)				1370	0,0
Mardaric Coupe 6								
LY-10505	9550+/-60	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Sivan (2002)	10691	11132	10912	0	
LY-10506	9350+/-50	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Sivan (2002)	10419	10702	10561	600	1,7
LY-10507	9075+/-65	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Sivan (2002)	9956	10484	10220	1100	1,5
						9701	2000	1,5
Mardaric Coupe 5 (Moulin)								
AA12291	10090 +/- 75	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Sivan (2002)	11330	11983	11657	0	
Sc-1800	10110 +/- 80	Charbon (<i>Pinus</i>)	Boutterin (en cours)	11351	12038	11695	30	0,0
Sc-1801	9370 +/- 80	Charbon (<i>Pinus</i>)	Boutterin (en cours)	10291	11059	10675	540	0,5
AA12289	8890 +/- 55	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Sivan (2002)	9777	10191	9984	850	0,4
AA12290	8740 +/- 65	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Sivan (2002)	9544	10118	9831	1100	1,6
						9488	1400	1,6
Mardaric Coupe 4								
AA42665	10002+/-65	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Sivan (2002)	11256	11756	11506	0	
AA12293	9335+/-70	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Sivan (2002)	10295	10715	10505	1000	1,0
AA12292	8755+/-75	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Sivan (2002)	9546	10146	9846	1500	0,8
						9179	2000	0,8
Mardaric coupe 3								
AA12297	11965+/-100	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Sivan (2002)	13617	14051	13834	0	
AA12298	9625+/-75	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Sivan (2002)	10745	11195	10970	800	0,3
						7005	1700	0,3
Mardaric coupe 2								
AA12296	11820+/-90	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Sivan (2002)	13436	13853	13645	0	
AA12299	10115+/-90	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Sivan (2002)	11331	12049	11690	700	0,4
Mardaric Gardes								
AA12295	12170+/-100	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Sivan (2002)	13774	14399	14087	0	
Sc-1802	11630 +/- 90	Charbon (<i>Pinus</i>)	Valleteau (2006)	13295	13693	13494	200	0,3
Sc-1804	9570 +/- 110	Charbon (<i>Pinus</i>)	Valleteau (2006)	10589	11198	10894	890	0,3
Sc-1805	9000 +/- 80	Charbon (<i>Pinus</i>)	Valleteau (2006)	9792	10370	10081	1040	0,2
						8088	1400	0,2

Code Laboratoire	Date radiocarbone BP	Matériel daté	Auteur	Age étalonné 2 sigma cal BP		Age utilisé (cal. BP) en italique : âge extrapolé	hauteur dans la coupe (cm)	taux de sédi- mentation (cm/an) en italique : extra- polation
				Borne inf.	Borne sup.			
Mardaric Trouquet								
Poz-5617	12260 +/- 60	Charbon (<i>Pinus</i>)	Beaumont (2004)	13941	14473	14207	170	
Poz-5616	11460 +/- 60	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Beaumont (2004)	13207	13425	13316	520	0,4
Poz-5615	9140 +/- 50	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Beaumont (2004)	10220	10483	10352	700	0,1
Poz-5618	8870 +/- 50	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Beaumont (2004)	9745	10179	9962	800	0,3
						9257	1000	0,3
Poz-5614	4820 +/- 50	Charbon (<i>Pinus</i>)	Beaumont (2004)	5333	5654	5494	1000	
Coutons								
AA-12430	7620+-45	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Sivan (2002)	8362	8537	8450	0	
LY10508	7435+/-50	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Sivan (2002)	8174	8367	8271	60	0,3
AA42668	7286+/-50	Charbon	Sivan (2002)	7998	8187	8093	540	2,8
						8050	700	2,8
Barbiers amont								
H26070	11045+-28	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Kromer (non publié)	12896	13057	12977	0	
AA-12166	10605+-55	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Sivan (2002)	12398	12806	12602	400	1,1
AA-12429	10350+-55	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Sivan (2002)	11985	12565	12275	800	1,2
						12075	1000	1,2
Barbiers aval								
AA11543	9415+/-70	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Sivan (2002)	10428	11068	10748	0	
AA42667	8604+/-67	Charbon	Sivan (2002)	9474	9737	9606	700	0,6
						9442	800	0,6
Les Vollaires								
Sc1797	11800+/-130	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Boutterin <i>et al.</i> (sous presse)	13368	13927	13648	0	
?	11836+/-84	Bois (<i>Pinus sylvestris</i> sp)	Boutterin (2002)	13454	13862	13658	20	0,0
Sc1787	11620 +/- 90	Charbon (<i>Pinus</i>)	Boutterin <i>et al.</i> (sous presse)	13287	13684	13486	50	0,2
Sc1793	11440 +/- 80	Charbon (<i>Pinus</i>)	Boutterin <i>et al.</i> (sous presse)	13146	13441	13294	121	0,4
Sc1796	10270 +/- 80	Charbon (<i>Pinus</i>)	Boutterin <i>et al.</i> (sous presse)	11654	12390	12022	323	0,2
Sc1795	9990 +/- 90	Charbon (<i>Pinus</i>)	Boutterin <i>et al.</i> (sous presse)	11228	11952	11590	349	0,1
?	10024 +/- 61	Charbon (<i>Pinus</i>)	Boutterin (2002)	11267	11806	11537	460	2,1
Sc1791	7510 +/- 90	Végétaux indéterminé	Boutterin <i>et al.</i> (sous presse)	8066	8516	8291	935	0,1
Sc1790	7030 +/- 70	tourbe	Boutterin <i>et al.</i> (sous presse)	7699	7970	7835	1195	0,6
AA 42669	6390 +/- 53	Charbon (<i>Pinus</i>)	Boutterin (2002)	7179	7426	7303	1280	0,2
						5905	1500	0,2
Cuculianne								
Gif-5315	7170+/-160	charbon	Delibrias <i>et al.</i> (1984)	11768	12951	14360	0	
Gif-5313	10600+/-220	Bois	Delibrias <i>et al.</i> (1984)	7179	7426	12360	200	0,1
						7303	850	0,1
						5946	1050	0,1

Tableau 1 - Datations radiocarbone et dates archéologiques dans les sites étudiés.

1 - La variabilité des taux de sédimentation au cours du Remblaiement Postglaciaire Principal (14500 - 7000 cal BP)

La période 14500-7000 cal BP enregistre plusieurs épisodes de sédimentation alluviale dont l'enchaînement global est à l'origine du «*Remblaiement Postglaciaire Principal*». Trois principaux épisodes se distinguent :

De 14500 à 11700 cal BP. Les nombreuses datations obtenues à la base des stratigraphies, au contact avec le substratum rocheux, montrent que la sédimentation démarre dès 14500 cal BP dans les parties aval des bassins versants. Les taux de sédimentation sont assez faibles (inférieurs à 0,5 cm/an). Les dépôts correspondent à des séquences sédimentaires limoneuses peu épaisses témoignant d'apports réguliers dans des fonds de vallons engorgés par des écoulements mal organisés. Seul le torrent des Barbiers connaît un épisode sédimentaire important entre 12300 et 12800

cal BP. Ces dépôts contiennent des souches d'arbres fossilisées (*Pinus sylvestris* sp), en formation assez dense, qui constituent les vestiges de la reconquête végétale tardiglaciaire. L'analyse dendrochronologique des séquences de cernes atteste de conditions de croissance difficiles liées sans doute à l'instabilité et au mauvais drainage des fonds alluviaux (Sivan *et al.*, 2006). Le démarrage de la sédimentation est, vraisemblablement, la conséquence de l'ouverture progressive des *imphuvium* torrentiels sur les versants.

De 11700 à 9000 cal BP. Les taux de sédimentation deviennent assez élevés (entre 0,5 et 1,5 cm/an) dans la majorité des bassins versants (Barbiers, Mardaric, Saignon, Larche). Ceci peut résulter de la formation, dans les têtes de bassins, d'une arborescence de petits chenaux qui favorisent une augmentation de l'activité érosive de manière exponentielle.

De 9000 à 7500 cal BP. Les taux de sédimentation atteignent leurs maximums (supérieurs à 2 ou 4 cm/an). La sédimentation a lieu essentiellement à

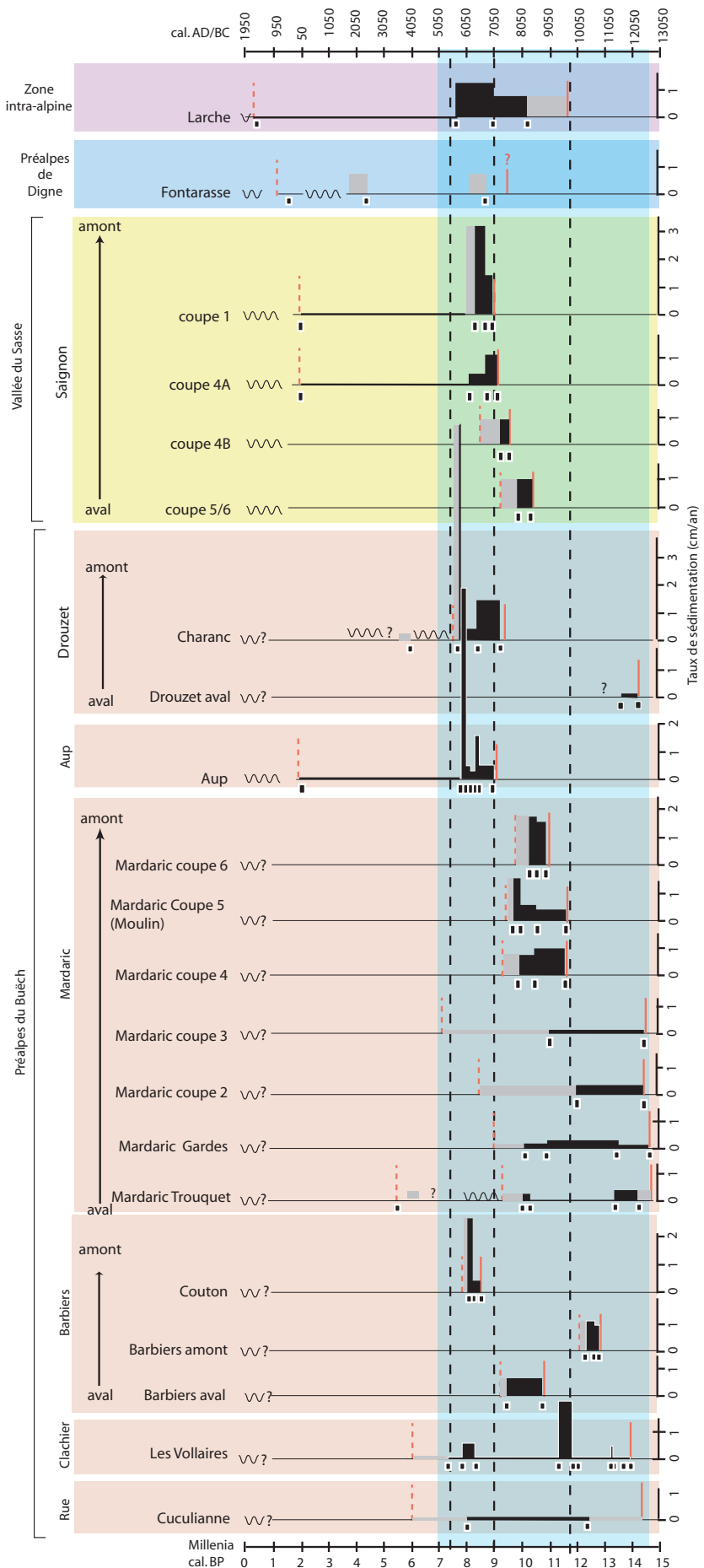
proximité des versants. Les caractéristiques colluvio-alluviales des dépôts (bouillies de calcschistes) traduisent l'importance de l'activité érosive sur les versants. Les écoulements ne sont pas suffisants pour évacuer le matériel vers l'aval. Les travaux antérieurs ont montré que la sédimentation se réalise de manière rétrogradante, diachronique depuis l'aval vers l'amont (Miramont *et al.*, 2004). Cette évolution est vraisemblablement associée à la poursuite de l'extension des bassins de réception sur les versants.

2 - Postérieurement à 7000 cal BP

La sédimentation s'arrête dans l'ensemble des bassins. Localement, des sols bruns forestiers se développent. Ils sont attribués à « l'optimum bioclimatique » de l'Atlantique (Jorda *et al.*, 2002). Dans leur partie aval, deux bassins enregistrent une reprise d'incision linéaire (torrent du Mardaric - coupe du Trouquet et torrent du Charanc) et un nouvel épisode de sédimentation intervient aux environs de 5599-5700 cal BP. Mais dans les autres bassins, aucun indice d'une dynamique similaire n'a été trouvé. Dans les torrents de l'Aup et du Saignon, des vestiges gallo-romains coiffent en concordance les dépôts datés entre 8000 et

- taux de sédimentation mesuré
- taux de sédimentation extrapolé
- début de la sédimentation (contact avec le substratum)
- - - arrêt de la sédimentation
- date radiocarbone
- 〰 incision linéaire
- Remblaiement Postglaciaire Principal

Figure 3 - Taux de sédimentation verticaux dans les bassins versants étudiés.



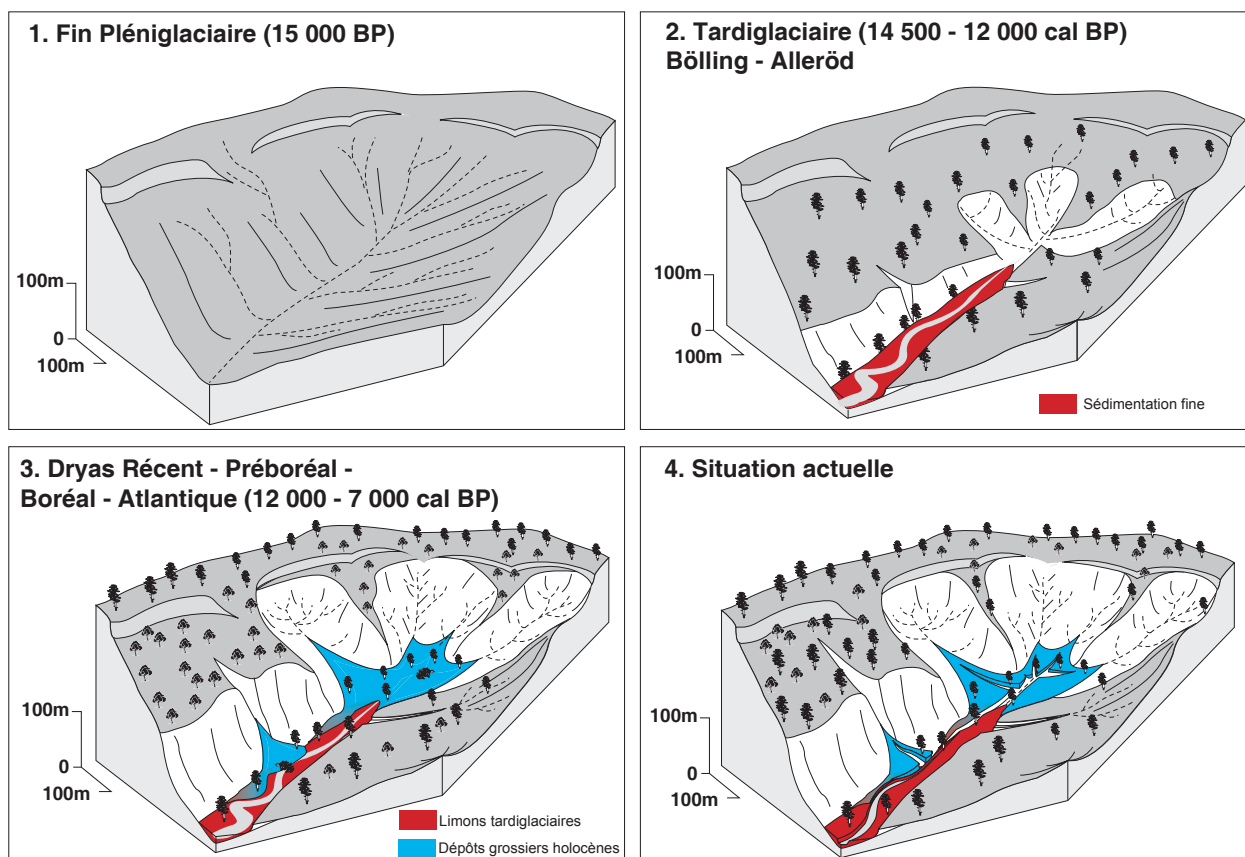


Figure 4 - Scénario d'évolution des bassins versants depuis la fin du Pléniglaciaire.

7500 cal BP. Seuls les torrents des Préalpes de Digne (torrent de Fontarasse, Figure 3.) et quelques torrents dans la vallée de l'Ubaye ou de la Bléone (Jorda *et al.*, 2002) présentent un enregistrement sédimentaire vers 4300 cal BP.

Une phase d'incision majeure sépare la fin de la mise en place des RPP d'une basse terrasse caillouteuse étagée ou emboîtée de plusieurs mètres en contrebas. Cette phase d'incision est la conséquence d'une concentration des écoulements dans un chenal unique et d'une diminution radicale du rapport charge solide/débit liquide. Le démarrage de cette incision est difficile à caler chronologiquement d'autant plus qu'il est possible qu'elle soit diachronique au sein d'un même bassin versant. La présence de vestiges néolithiques (Morin, 2003) et gallo-romains au sommet des coupes à proximité des talwegs actuels (bassin du Saignon et bassin de l'Aup) suggère qu'elle s'est développée postérieurement à l'Antiquité, même si les processus de concentration des écoulements ont pu s'amorcer plus tôt. Plus au Sud, dans le massif du Luberon où un schéma d'évolution morphodynamique similaire a été étudié, cette phase d'incision majeure est datée entre les XIII^e et XVII^e siècles (Ollivier, 2006).

La terrasse inférieure, caillouteuse, domine de 0,5 à 2 mètres le fond des talwegs actuels. Elle constitue souvent le lit d'inondation exceptionnel des torrents. Son faciès caillouteux très grossier contraste avec les dépôts

à dominante limoneuse des RPP. Elle contient peu d'éléments de datation hormis quelques morceaux de tuiles et tessons de céramique très récents (XIX-XX^e siècles). Elle est attribuée à la fin du Petit Age Glaciaire. Ce dépôt précède une reprise d'incision généralisée des talwegs qui intervient depuis le début du XX^e siècle à la suite des reboisements spontanés et artificiel (plantations ONF) des pentes et aux changements des volumes et des régimes de précipitation depuis la fin du Petit Age Glaciaire.

3 - Interprétation

L'histoire de la morphogenèse dans les Alpes du Sud depuis la fin du Pléistocène apparaît ainsi bi-partite. Durant la période 14 500-7 000 cal BP, les processus de sédimentation dominant très largement favorisant le stockage du matériel érodé dans les organismes torrentiels de petite taille. Les estimations des budgets sédimentaires montrent que les RPP constituent 50 à 75% du matériel érodé sur les versants (Beaumont, 2004 ; Mantran, 2006). Au cours des millénaires suivants, les enregistrements sédimentaires sont généralement absents dans les bassins versants étudiés. Le matériel érodé sur les versants transite vers l'aval, grâce à des écoulements plus compétents, dans des cours d'eau vraisemblablement plus chenalés. Dans les zones

aval, lorsque les conditions topographiques l'ont permis (barrage morainique, présence d'une dépression d'origine glaciaire ou fluvio-glaciaire), des processus de sédimentation ont pu localement avoir lieu. C'est le cas dans la partie aval du bassin du Mardaric ou dans la dépression de Lazer (Boutterin *et al.*, 2005). Mantran (2006) montre que ces flux représentent 46,5% des volumes érodés au cours de l'ensemble de l'Holocène (Figure 5).

Trois paramètres peuvent expliquer la variabilité de la sédimentation passée : la variabilité naturelle du climat (volumes et régimes pluviométriques), les conséquences des aménagements fluviaux et des modes de mise en valeur des versants (impacts sur la végétation), et les changements des paramètres géomorphologiques internes au bassin qui influencent les modalités des cycles de sédimentation/érosion.

Les forts taux d'accumulation sédimentaire enregistrés lors de la période 14 500-7000 cal BP peuvent être associés à des conditions d'humidité importante, ce dont témoigne la végétation des lacs et tourbières à l'échelle régionale (Muller *et al.*, soumis), les hauts niveaux des lacs méditerranéens et du nord de l'Afrique (Bruneton *et al.*, 2001 ; Magny *et al.*, 2002) et l'évolu-

tion du couvert végétal (Jalut, 2005). Dans certains bassins, les faciès sédimentaires évoquent une occurrence élevée d'épisodes de précipitations de type orageux. Il faut noter un bon synchronisme entre les épisodes de forte sédimentation qui ponctuent les premiers millénaires de l'Holocène et certains changements climatiques majeurs reconnus par ailleurs. C'est le cas en particulier pour l'événement de 8200 cal BP (Alley *et al.*, 1997) qui est synchrone des plus forts taux de sédimentation enregistrés au cours de l'Holocène.

L'arrêt des processus de versants et de la sédimentation alluviale sur les piémonts post 7000 cal BP peut être interprété par une diminution de l'humidité et/ou un changement des régimes pluviométriques. Les précipitations permettent aux écoulements, dorénavant concentrés dans un chenal étroit, de s'encaisser dans les dépôts du RPP qui engraisaient la base des versants.

Au cours des millénaires suivants, les nappes caillouteuses localisées dans les zones d'aval semblent témoigner de régimes pluviométriques plus agressifs.

Une des principales ruptures morphodynamiques (arrêt de la sédimentation post 7000 cal BP) intervient au moment où les sociétés néolithiques s'implantent régionalement (Morin, 2003). S'il est difficile d'imaginer un impact de ces sociétés sur les régimes des cours d'eau, on peut noter que les hommes du Cardial au Chasséen s'installent sur les surfaces planes des sommets des RPP, profitant ainsi de nouveaux territoires à proximité de rivière qui ne débordent plus.

En revanche, si on admet que la phase d'incision verticale majeure qui aboutit à la mise en terrasse des dépôts du RPP intervient, comme dans le Luberon, au cours de l'époque Moderne, on peut se poser la question du rôle des défrichements et de la mise en valeur intensive des pentes sur l'équilibre hydrodynamique des cours d'eau. Il n'est pas exclu qu'une chenalisation des cours d'eau sur leur cône de déjection ait eu pour conséquence leur enfouissement rapide et définitif dans les dépôts antérieurs.

Enfin, il faut évoquer le rôle, souvent négligé, des paramètres géomorphologiques internes au système fluvial. Il est possible que l'ouverture progressive des *impluviums*

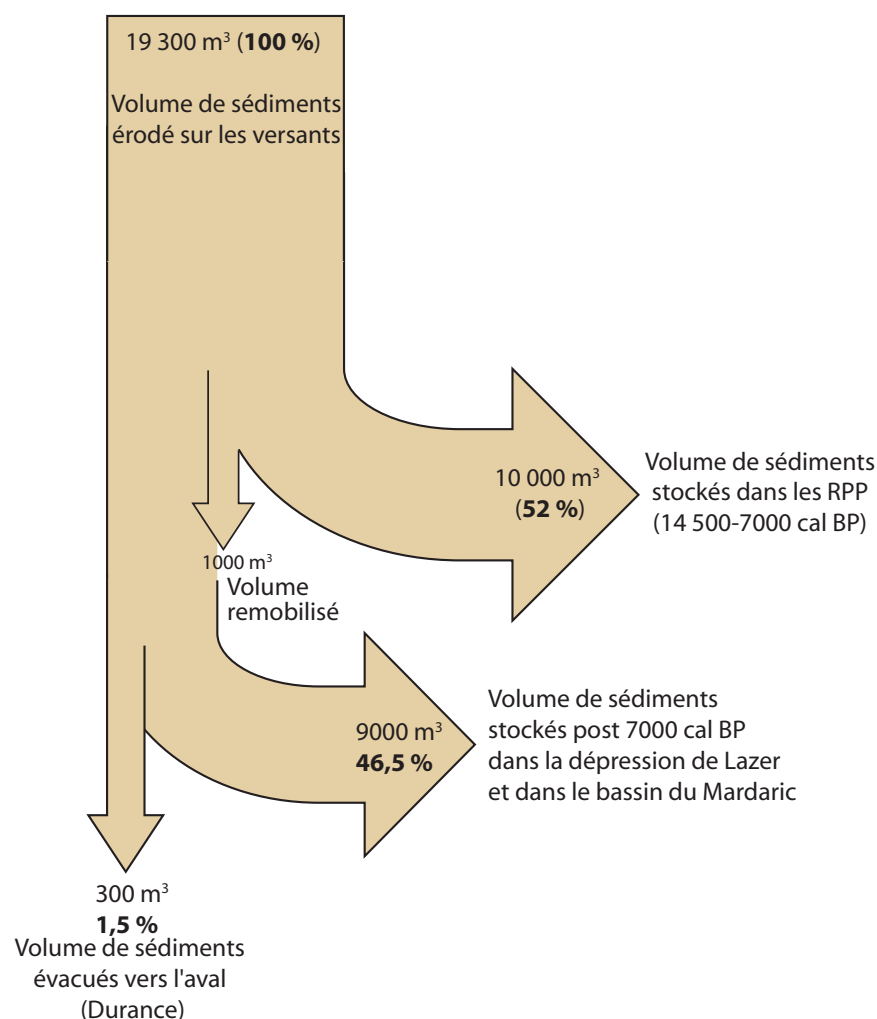


Figure 5 - Bilan sédimentaire dans le torrent du Mardaric d'après Mantran (2006).

torrentiels sur les versants au cours des premiers millénaires de l'Holocène provoque le franchissement d'un seuil dans les dynamiques hydro-sédimentaires : lorsque la taille du bassin de réception est suffisante, les flux hydriques vont acquérir la compétence nécessaire

à l'évacuation vers l'aval du matériel érodé sur les versants. Dès lors que les eaux sont chenalisées dans les talwegs, avec un espace de liberté réduit, les processus d'aggradation de la plaine alluviale deviennent difficiles voire impossibles.

CONCLUSION

Le calcul des variations des taux de sédimentation dans plus d'une vingtaine de coupes met clairement en évidence une bi-partition de la période 14 500 cal BP à aujourd'hui. De 14 500 à 7000 cal BP, une sédimentation importante caractérise les zones de piémont. Les taux de sédimentation, assez faibles de 14 500 à 11 700 cal BP deviennent plus élevés de 11 700 à 9000 cal BP et très forts de 9000 à 7500 cal BP. Cette évolution traduit une augmentation des processus d'érosion sur les versants et de flux hydriques incapables d'évacuer le matériel érodé. Ces processus géomorphologiques, comme d'autres proxies paléoenvironnementales, témoignent d'un contexte d'humidité importante. Un arrêt de la sédimentation alluviale dans les secteurs d'amont a lieu vers 7000 cal BP. Les millénaires postérieurs sont encore mal documentés. Localement des nappes alluviales apparaissent dans les secteurs d'aval. Une phase d'incision majeure, mal datée, a lieu anté-

rieurement au dépôt d'une basse terrasse caillouteuse attribuée au Petit Age Glaciaire Globalement la période postérieure à 7000 cal BP est caractérisée par des flux hydrologiques qui permettent un transit sédimentaire vers les zones d'aval.

Pour compléter la chronologie, les travaux de recherche doivent à l'avenir s'efforcer de mieux percevoir les dynamiques sédimentaires en aval des sites étudiés dans des secteurs où la conservation de dépôts postérieurs à la période 7000 cal BP a pu être possible. Par ailleurs, il est nécessaire de poursuivre les efforts de quantification des volumes de matériel érodé/sédimenté au cours de l'Holocène. Enfin, la richesse en archives paléoenvironnementales des RPP (arbres subfossiles *in situ*, lits de charbons de bois) permettra d'affiner la chronologie de l'évolution des paysages passés et d'avancer de nouvelles pistes de réflexions sur les facteurs responsables de l'évolution (rôle des feux en particulier).

Remerciements

Les auteurs remercient chaleureusement B. Kromer et S. Talamo d'avoir mis à leur disposition des datations radiocarbone encore non publiées.

BIBLIOGRAPHIE

- ALLEY R.B., MAYEWSKI P.A., SOWERS T., STUIVER M., TAYLOR K.C., CLARK P.U., 1997. Holocene climatic instability: a prominent, widespread event 8200 yr ago. *Geology*, 25, 483-486.
- BEAUMONT L., 2004. Fonctionnement d'un petit hydrosystème des Alpes du Sud au cours du Postglaciaire (le Mardaric). Mémoire de Maîtrise, Université d'Aix-Marseille I.
- BOUTTERIN C., 2002. Le facteur feu dans la morphogenèse postglaciaire des Alpes du Sud : le versant Sud de la montagne de Saint-Genis. Mémoire de Maîtrise, Université d'Aix-Marseille I.
- BOUTTERIN C., MIRAMONT C., MULLER S.D., VALLETEAU S., EDOUARD J.-L. sous-pressé. Le rôle du feu dans l'histoire des paysages sudalpins de moyenne montagne entre 12 000 et 7000 ans BP. Approche méthodologique. In Galop D. (dir.), Paysages et Environnement. De la reconstitution du passé aux modèles prospectifs. Besançon, Presses universitaires de Franche-Comté, 2008, (*Annales Littéraires* ; série « Environnement, sociétés et archéologie »).
- BOUTTERIN C., MIRAMONT C., MULLER S.D., EDOUARD J.-L. 2005. Le rôle du feu dans l'histoire des paysages méditerranéens sud-alpins de moyenne montagne. Exemple de la dépression de Lazer. In L'érosion entre société, climat et paléoenvironnement, table ronde en l'honneur du Professeur René Neboit-Guilhot, Clermont Ferrand, mars 2004, Presse Universitaires Blaise Pascal, coll. Nature & Sociétés, 393-400.
- BRUNETON H., MIRAMONT C., ANDRIEU 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*, 12, 1-2, 10-125.
- DELIBRIAS G., GABERT J., JORDA M., 1984. Données nouvelles sur la chronostratigraphie et l'évolution paléomorphologique postglaciaire des Alpes du Sud (Moyenne Durance). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 299, II, 263-266.
- JALUT G., 2005. Le climat, la végétation et l'homme en Méditerranée à l'Holocène. In Guilaine J. (dir). Populations néolithiques et environnements. Errance, 213-240.

- JORDA M., MIRAMONT C., ROSIQUE T., SIVAN O. 2002. Evolution de l'hydrosystème durancien (Alpes du Sud, France) depuis la fin du Pléistocène supérieur. In Bravard J.-P. et Magny M. (dir.), Histoire des rivières et des lacs de Lascaux à nos jours. Errance, Paris, 239-249.
- JORDA M., 1980. Morphogénèse et évolution des paysages dans les Alpes de Haute-Provence depuis le Tardiglaciaire. Facteurs naturels et facteurs anthropiques, *Bull. A.G.F.* 472, 295-304.
- MAGNY M., 2006. Holocene climate variability as reflected by mid-European lake-level fluctuations and its probable impact on prehistoric human settlements. *Quaternary International*, 113, 65-79.
- 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, 47-59.
- MANTRAN M., 2006. Spatialisation et modélisation des volumes sédimentaires dans le bassin versant du Mardaric, Hautes Alpes. Mémoire de Master 1, Université d'Aix-Marseille I.
- MIRAMONT C., ROSIQUE T., SIVAN O., EDOUARD J.-L., MAGNIN F., TALON B. 2004. Le cycle de sédimentation "postglaciaire principal" des bassins marneux sub-alpins : état des lieux. *Méditerranée*, 71-84.
- MIRAMONT, C., 1998. Morphogénèse, activité érosive et détritisme alluvial holocènes dans le bassin de la moyenne Durance. Thèse, Université d'Aix-Marseille I.
- MORIN A., 2003. Prospection thématique néolithique pluriannuelle 2001-2003 dans la vallée du Buëch et les Baronnies orientales : vallée du Céans et Laragnais (Hautes-Alpes). Rapport scientifique 2001-2003. Service Régional de l'Archéologie, DRAC PACA, Aix-en-Provence, 491 p.
- MULLER S.D., NAKAGAWA T., BEAULIEU J.-L. DE, COURT-PICON, M., CARCAILLET C., MIRAMONT C., ROIRON P., BOUTTERIN C., ALI A.A., BRUNETON H., 2007. Postglacial migration of silver fir (*Abies alba* Mill.) in the southwestern Alps. *Journal of Biogeography*, 34, 876-899.
- MULLER S., MIRAMONT C., COURT-PICON M., DE BEAULIEU J.-L., BRUNETON H., BOUTTERIN C., SCHEVIN P., soumis. Past dynamics of wetland plant communities in the central French Alps : biogeographical and paleoclimatic implications. *Journal of vegetation Science*.
- OLLIVIER V., 2006. Continuités, instabilités et ruptures morphogéniques en Provence depuis la dernière glaciation. Travertinisation, détritisme et incisions sur le piémont sud du Grand Luberon (Vaucluse, France). Relations avec les changements climatiques et l'anthropisation, Thèse, Université de Provence.
- REIMER P.J., BAILLIE M.G.L., BARD E., BAYLISS A., BECK J.W., BERTRAND C., BLACKWELL P.G., BUCK C.E., BURR G., CUTLER K.B., DAMON P.E., EDWARDS R.L., FAIRBANKS R.G., FRIEDRICH M., GUILDERSON T.P., HUGHEN K.A., KROMER B., MCCORMAC F.G., MANNING S., BRONK RAMSEY C., REIMER R.W., REMMELE S., SOUTHON J.R., STUIVER M., TALAMO S., TAYLOR F.W., VAN DER PLICHT J., WEYHENMEYER C.E., 2004. IntCal04 Terrestrial Radiocarbon Age Calibration. *Radiocarbon*, 46, 1029-1058.
- ROSIQUE T., 1996. Morphogénèse et évolution des paléoenvironnements alpins de la fin des temps glaciaires au début de l'Holocène. Thèse de Doctorat, Université d'Aix-Marseille-1, 288 p.
- ROUSSET C., GUIOMAR M., 1999. Le début de la torrentialité dans le bassin versant de la Fontarasse, près de Barles (Alpes-de-Haute-Provence, France), marqueur d'une rupture climatique de l'Holocène ancien. *C. R. Acad. Sci.*, 328, 541-546.
- SIVAN O., 2002. Activité érosive et évolution des paléoenvironnements alpins postglaciaires. Etude dendrogéomorphologique des gisements de troncs subfossiles dans les Alpes du sud. Thèse, Université d'Aix-Marseille I.
- SIVAN O., MIRAMONT C., EDOUARD J.-L., 2006 - Rythmes de la sédimentation et interprétations paléoclimatiques lors du Postglaciaire dans les Alpes du Sud. ¹⁴C et dendrogéomorphologie, deux chronomètres complémentaires. In : Allee Ph., et Lespez L. (dir). L'érosion entre société, Climat et Paléoenvironnement. Table ronde de Clermont-Ferrand en l'honneur de R. Neboit-Guilhot (25-27 mars 2004), Clermont-Ferrand, Presses universitaires Blaise-Pascal, 2006.
- SIVAN O., MIRAMONT C., JORDA M., ROSIQUE M., EDOUARD J.-L., 2002. Rythmes et ruptures de la morphogénèse tardi- et postglaciaire des bassins versants sud-alpins (Moyenne Durance). In Richard H. et Vignot A. (dir). Equilibres et ruptures dans les écosystèmes durant les 20 derniers millénaires en Europe de l'Ouest, Besançon : Presses Universitaires Franc-Comtoises, 35-44.
- STUIVER M., REIMER P.J., 1993. Extended ¹⁴C data base and revised CALIB 3.0 ¹⁴C age calibration program. *Radiocarbon*, 35, 215-230.
- STUIVER M., REIMER P. J., REIMER R. W., 2005. CALIB 5.0.
- VALLETEAU S., 2006. Les feux du Tardiglaciaire et du début de l'Holocène dans le bassin versant du Mardaric, Hautes Alpes. Impact sur la dynamique de sédimentation. Mémoire de Master 1, UFR de géographie, Université de Provence 1, 78 p.