



Quaternaire

Revue de l'Association française pour l'étude du Quaternaire

vol. 16/4 | 2005

Q4 Continuité et discontinuité dans les enregistrements quaternaires - Deuxième partie

Enregistrement des biocénoses de la première moitié de l'Holocène en contexte tufacé à Saint-Germain-le-Vasson (Calvados)

Early Holocene biocoenosis from a tufa sequence at Saint-Germain-le-Vasson (Calvados)

Nicole Limondin-Lozouet, Agnès Gauthier et Richard C. Preece



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/quaternaire/473>

DOI : 10.4000/quaternaire.473

ISSN : 1965-0795

Éditeur

Association française pour l'étude du quaternaire

Édition imprimée

Date de publication : 1 décembre 2005

Pagination : 255-271

ISSN : 1142-2904

Référence électronique

Nicole Limondin-Lozouet, Agnès Gauthier et Richard C. Preece, « Enregistrement des biocénoses de la première moitié de l'Holocène en contexte tufacé à Saint-Germain-le-Vasson (Calvados) », *Quaternaire* [En ligne], vol. 16/4 | 2005, mis en ligne le 01 décembre 2008, consulté le 01 mai 2019. URL : <http://journals.openedition.org/quaternaire/473> ; DOI : 10.4000/quaternaire.473

ENREGISTREMENT DES BIOCÉNOSES DE LA PREMIÈRE MOITIÉ DE L'HOLOCÈNE EN CONTEXTE TUFACÉ À SAINT-GERMAIN-LE-VASSON (CALVADOS)

Nicole LIMONDIN-LOZOUET¹, Agnès GAUTHIER¹ et Richard PREECE²

RÉSUMÉ

A Saint-Germain-le-Vasson (Calvados), l'accumulation d'un tuf de source sur 10 mètres d'épaisseur reposant sur des dépôts organiques a permis une étude paléoenvironnementale à haute résolution de la première moitié de l'Holocène (9700 ± 90 à 4213 ± 77 BP) par l'analyse des cortèges malacologiques et polliniques répartis sur quatre séquences. La succession des malacocénoses, particulièrement riches et bien conservées, montre, après une première phase de prairie marécageuse, l'apparition puis le développement régulier du couvert forestier. Plusieurs espèces, repérées dans d'autres séries tufacées d'Europe du Nord-Ouest pour leur intérêt biostratigraphique et biogéographique, sont présentes à Saint-Germain-le-Vasson. La stratigraphie des tufs présentant souvent une forte variabilité latérale, les occurrences de ces espèces repères ont été utilisées pour proposer des corrélations entre les différents profils observés. Celles-ci ont amené à identifier des hiatus au sommet et à la base du dépôt sur certains des carottages étudiés. L'analyse des cortèges polliniques dans l'argile organique, la tourbe et le début de la formation tufacée qui forment la base du dépôt, ainsi que les datations radiocarbone, ont permis de confirmer les discontinuités mises en évidence par les données malacologiques, de conforter les corrélations établies sur la base du développement des successions malacologiques et de reconnaître un autre hiatus au début de l'enregistrement sédimentaire.

Mots-clés : Tuf, Malacofaune, Pollen, Holocène, Normandie, France.

ABSTRACT

EARLY HOLOCENE BIOCOENOSIS FROM A TUFFA SEQUENCE AT SAINT-GERMAIN-LE-VASSON (CALVADOS)

Results are presented of a detailed palaeoenvironmental study from a 10m thick tufa of early Holocene age (9700 ± 90 to 4213 ± 77 yr BP) at Saint-Germain-le-Vasson, Normandy. The work is based on malacological and palynological analyses from four profiles. Malacofaunas are rich and well preserved and show an early phase of marshy grassland assemblages followed by a sequence of shade-demanding taxa, reflecting the encroachment of woodland. Several species of biostratigraphical and biogeographical significance are present, allowing correlation between the studied profiles. Stratigraphical hiatus have been identified at both the base and the top of the deposit. Pollen analysis (and radiocarbon dates) of the basal clay, the black peat and lowermost tufa provides additional evidence for stratigraphical discontinuities and supports correlations based on malacological data. It has also allowed the identification of another hiatus at the beginning of the sequence.

Key-words: Tufa, Malacofauna, Pollen, Holocene, Normandie, France.

INTRODUCTION

Les études malacologiques récentes menées sur les séquences du Tardiglaciaire weichsélien dans les vallées du Bassin parisien, ont mis en évidence la pertinence de ce groupe fossile pour la reconstitution des successions paléoenvironnementales, non seulement à l'échelle locale, mais également au niveau régional et nord-européen (Limondin-Lozouet et Antoine, 2001 ; Limondin-Lozouet, 2002). Pour la période Holocène, le référentiel malacologique est encore très incomplet. Les données, souvent partielles, sont trop rarement

associées à des datations et dispersées dans des contextes morphostratigraphiques hétérogènes. Cette situation génère des réponses très diverses de la part d'un indicateur fortement inféodé aux conditions locales et ne permet pas de dégager les lignes générales de la colonisation malacologique postglaciaire. Les dépôts de tufs calcaires présentent pour cet objectif plusieurs avantages (Preece, 1991). Ils sont favorables à l'installation des communautés malacologiques et à la bonne conservation des coquilles. Ils s'accumulent lentement, fossilisant les populations *in situ*, et sur de fortes épaisseurs permettant ainsi des reconstitutions

¹ Laboratoire de Géographie Physique CNRS UMR 8591, 1, Place A. Briand F-92195 Meudon cedex, France. limondin@cnsr-bellevue.fr ; agnes.gauthier@cnsr-bellevue.fr

² Department of Zoology, University of Cambridge, Downing street, Cambridge CB2 3EJ, Grande-Bretagne. rcp1001@cus.cam.ac.uk

paléoenvironnementales à haute résolution. La séquence de Saint-Germain-le-Vasson livre le premier jalon d'un référentiel régional qui devra fournir des repères environnementaux et chronologiques mais également donnera des informations précises sur les voies de dispersion des espèces en Europe du Nord-Ouest suite au réchauffement de l'Holocène. Dans cette perspective, la moitié Nord de la France est une zone particulièrement adéquate pour compléter les données bourguignonnes (Puisségur, 1976) et établir un relais entre les successions malacologiques holocènes bien étudiées du Centre de l'Europe et de Grande-Bretagne (Ložek, 1964 ; Ložek et Cílek, 1995 ; Žák *et al.*, 2002 ; Kerney *et al.*, 1980 ; Preece, 1998).

Dans un premier temps, les malacofaunes de Saint-Germain-le-Vasson ont fait l'objet d'une description détaillée et ont été mises en parallèle avec les séries holocènes du Royaume-Uni afin de déterminer l'éventuelle colonisation des Îles britanniques par des espèces océaniques (Limondin-Lozouet et Preece, 2004). Dans le présent article, les grandes lignes de l'évolution des malacocénoses sont rappelées et confrontées aux données palynologiques inédites. Cette comparaison vise à évaluer la pertinence des correspondances stratigraphiques établies à partir des successions malacologiques et à mettre en parallèle l'évolution de la végétation avec la transformation des cortèges de gastéropodes.

LOCALISATION, STRATIGRAPHIE, ECHANTILLONNAGE ET DATATION

Le site se trouve sur la commune de Saint-Germain-le-Vasson, à une quinzaine de kilomètres au sud de Caen (fig. 1). Le tuf couvre une largeur de 50 à 100 mètres sur un replat sec en tête d'un vallon encaissé débouchant en rive droite de la Laize, les deux mètres supérieurs de la formation affleurent dans une ancienne carrière (Pareyn, 1989). Les travaux récents ont été menés en deux campagnes de terrain. Le sondage à la pelle mécanique, creusé lors de la première session, a permis de relever deux coupes, mais s'est arrêté à 5,5 mètres de profondeur sans atteindre la base du dépôt. Par la suite, deux carottages réalisés respectivement à partir du sommet de la formation pour le premier et du plancher de la carrière pour le second, ont permis d'évaluer l'épaisseur du dépôt carbonaté à 10 mètres. Celui-ci repose sur une tourbe noire, observée seulement dans le carottage 1 le plus complet, qui se développe au sommet d'une unité d'argile noire extrêmement compacte qui n'a pu être extraite que sur quelques centimètres par le carottier (fig. 2). La lithologie du tuf est très variable latéralement. Le niveau de tuf fin gris organique daté à 6515 ± 75 BP sur la coupe latérale par exemple, n'a pas de correspondance sur la coupe principale située à 2 mètres de distance sur une autre face du sondage à la pelle mécanique. Cependant, on distingue globalement trois grands ensembles stratigraphiques. La base et le sommet du dépôt sont

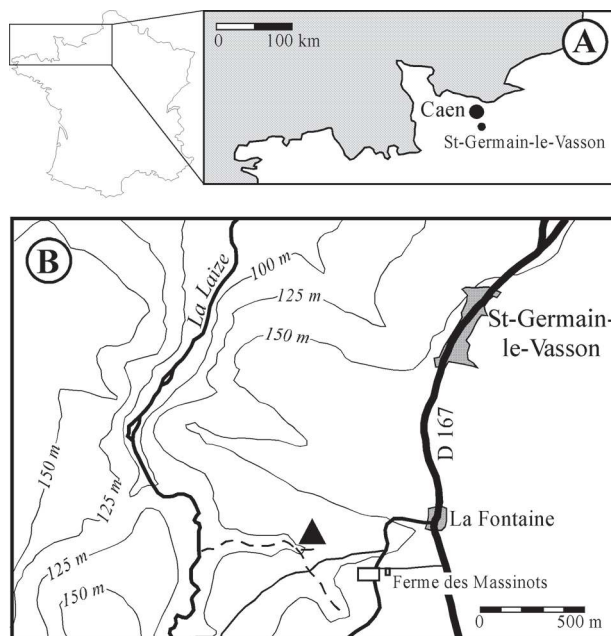


Fig. 1 : Localisation du site de Saint-Germain-le-Vasson, la carrière de tuf est signalée par un triangle noir (modifié d'après Limondin-Lozouet et Preece, 2004).

Fig. 1: Location map of Saint-Germain-le-Vasson. The tufa quarry is represented by a black triangle (modified after Limondin-Lozouet and Preece, 2004).

caractérisés par des successions de lits de tuf fin, grisés. Ces derniers sont plus rares dans la partie médiane qui apparaît surtout composée de niveaux grossiers et comprend quelques horizons indurés (fig. 2 ; Limondin-Lozouet et Preece, 2004).

À l'exception des niveaux les plus indurés, toute la formation tufacée a été échantillonnée pour l'étude malacologique. Les prélèvements ont été pris en colonnes continues selon une maille adaptée à la lithologie, mais sur une épaisseur maximum de 10 centimètres. Au total 219 prélèvements ont été effectués sur les quatre profils étudiés.

L'échantillonnage palynologique a porté uniquement sur les carottages. Il a concerné les dépôts organiques sous-jacent au tuf, tourbe et argile noire, ainsi que les niveaux fins les plus organiques, les plus aptes à livrer des cortèges polliniques bien conservés. Sur les 34 échantillons effectués, 24 proviennent du carottage 1 et 10 du carottage 2.

Sept dates radiocarbone mesurées à l'accélérateur fournissent une chronologie très cohérente qui place le dépôt dans la première moitié de l'Holocène (fig. 2). Elles ont été réalisées sur des microcharbons, du bois et, lorsque aucun autre matériel n'était disponible, sur des coquilles de *Cepaea*. Cette espèce a été sélectionnée pour son caractère détritivore et donc susceptible d'avoir incorporé des quantités minimales de carbonate ancien qui est une source de vieillissement de la mesure radiocarbone (Goodfriend et Hood, 1983 ; Yates *et al.*, 2002).

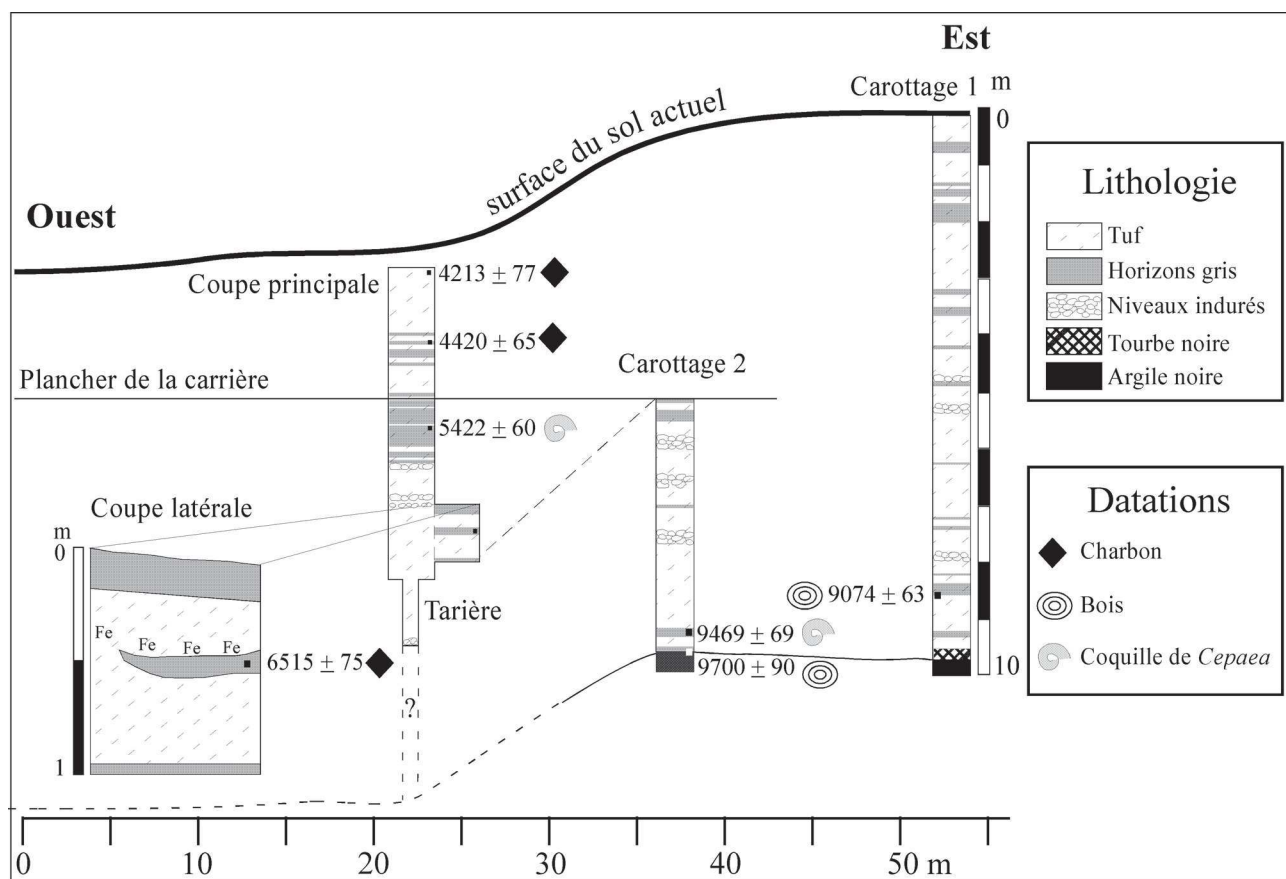


Fig. 2 : Schéma stratigraphique des profils étudiés dans le tuf de Saint-Germain-le-Vasson. Pour les références détaillées des datations voir Limondin-Lozouet et Preece, 2004.

Fig. 2: Stratigraphical scheme of the studied profiles in Saint-Germain-le-Vasson tufa. For radiocarbon dates detailed references see Limondin-Lozouet and Preece, 2004.

DONNÉES MALACOLOGIQUES

Dans une première phase, un échantillon sur trois à été analysé, puis les traitements ont été resserrés en fonction des variations observées. Par la suite certains échantillons relativement pauvres en coquilles ont été regroupés afin de permettre un traitement statistique représentatif des données. Au final, 162 échantillons ont été étudiés et la liste totale de faune compte 53 espèces (Tableaux 1 à 4).

BIOZONATION

L'apparition, le développement maximum et parfois la disparition de ces taxons ont permis d'identifier six biozones dans la formation de Saint-Germain-le-Vasson (Limondin-Lozouet et Preece, 2004). Celles-ci sont synthétisées par les occurrences des espèces les plus caractéristiques sur le schéma de la figure 3 et sont décrites ci-après. La position de chacune de ces zones sur les différents profils étudiés fait référence aux profondeurs des échantillons mentionnées dans les tableaux 1 à 4.

SGV1 : zone d'assemblages de milieu ouvert et humide (Carottage 1 : 946-865 cm ; Carottage 2 : 949-933 cm).

Les assemblages de cette zone sont composés d'espèces à large valence écologique attirées par les milieux humides (*Cochlicopa lubrica*, *Trichia hispida*, *Nesovitrea hammonis*, *Punctum pygmaeum*) et de taxons palustres (*Carychium minimum*, *Oxyloma/Succinella*, *Euconulus*, *Vertigo substriata*, *V. moulinsiana*, *V. antivertigo*) dont les deux derniers présentent leur développement maximum durant cet épisode. Les occurrences de *Pupilla muscorum* et *Vallonia pulchella*, caractéristiques des milieux ouverts, sont limitées à la base du carottage 1. *Vallonia costata* qui indique également des conditions relativement découvertes présente un bon développement. Ces derniers éléments s'accordent bien avec la rareté des espèces liées aux zones ombragées forestières telles que *Aegopinella nitidula* ou *Vertigo pusilla*.

Les conditions environnementales induites par ces malacocénoses sont celles d'une prairie marécageuse.

A partir de la zone suivante, le milieu forestier se développe et perdure jusqu'au sommet de la formation de tuf. Les zones malacologiques sont alors définies par l'occurrence d'espèces particulières.

SGV2 : zone à *Discus rotundatus* (Carottage 1 : 865-767 cm ; Carottage 2 : 933-850 cm).

La base de cette zone est définie par l'apparition de *Discus rotundatus*. *Carychium tridentatum* devient très

St Germain le Vasson CAROTTAGE 2

	944	938	936	933	921	914	906	901	891	881	870	860	850	840	830	820	810	800	789	776	763	748	733	723	
Profondeur/cm	949	944	938	936	933	921	914	906	901	891	881	870	860	850	840	830	820	810	800	789	776	763	748	733	
Poids à sec (g)	170	189	61	64	442	305	327	223	437	441	423	312	363	313	301	376	407	386	488	653	535	526	695	367	
<i>Galba truncatula</i> (Müller, 1774)					1	1									1	2	1					1			
<i>Radix</i> sp.		1																							
<i>Pisidium</i> sp.	4	3	1	2	2	4	4	4	1						1	1	2	1	6	1			1		
<i>Pomatias elegans</i> (Müller, 1774)																									
<i>Carychium minimum</i> (Müller, 1774)	6	2		6		3	4	6		2		1	4	5	4	7	1		3			1	1	2	
<i>Carychium tridentatum</i> (Risso, 1826)					1	102	57	14	18	9	1	1	12	11	9	16	6	11			5	3	3	5	
<i>Oxyloma/Succinella</i>			1	1					1				1	1	3	1	1	1	3			2	2	2	
<i>Cochlicopa lubrica</i> agg.	5	1		1	1	9	10	1	3	1	2	4	1	5	3	3	3	2	4	1	1	2	1	2	
<i>Columella edentula</i> (Draparnaud, 1805)												1		2	5	3	1	3	6	1			2		
<i>Vertigo pusilla</i> (Müller, 1774)	1	1		7			2	1								2				2					
<i>Vertigo antivertigo</i> (Draparnaud, 1801)	1																								
<i>Vertigo substriata</i> (Jeffreys, 1833)						1	1	2				2	3	3	5	1		3	1			4	1		
<i>Leiosstyla anglica</i> (Férussac, 1821)															1	9	18	4			3	6	3	1	3
<i>Lauria cylindracea</i> (Da Costa, 1778)																									
<i>Vallonia costata</i> (Müller, 1774)	4			1	1																				
<i>Acanthinula aculeata</i> (Müller, 1774)						4	2		1							4	1							1	
<i>Merdigera obscura</i> (Müller, 1774)						1					1														
<i>Punctum pygmaeum</i> (Draparnaud, 1801)		2		9	2	3	1		1	1			2		3	1		1	4					1	
<i>Discus rotundatus</i> (Müller, 1774)					1	64	18	2	6	1	1	1	1	7	3	6	5	1	1	1				4	
Vitrididae	1								1						1										
<i>Vitrea crystallina</i> (Müller, 1774)						7	9		2		2		4	4	2	2	2	1	5	1	1	4	1	4	
<i>Vitrea contracta</i> (Westerlund, 1871)																									
<i>Vitrea</i> sp.	1	1			1																				
<i>Nesovitrea hammonis</i> (Ström, 1765)	1	2	2	1	1	6	6	1	3	1	1	1	2	2	1	2	1		1		1			1	
<i>Aegopinella pura</i> (Alder, 1830)																	2	6	2	5		2	2	2	
<i>Aegopinella nitidula</i> (Draparnaud, 1805)	1	1		1	1	30	20	4	5	3	2	2	25	11	3	4	5	1	3	1	1	1	2		
<i>Oxychilus cellarius</i> (Müller, 1774)				3								1	3	3		2	1	1						2	
<i>Oxychilus navarricus</i> (Bourguignat, 1870)				1		2		1	1				2	1	2	2	1					3	3	1	
<i>Oxychilus</i> sp.	1	1																							
<i>Milax</i>									1			1													
<i>Deroceras/Limax</i>	4	2	1	2	1	5		2	2						1	2	2		1	1			1		
<i>Euconulus fulvus</i> agg.	1		2	1	1	1		1				3	4	4	8	3	1	1	8		2	3	2	2	
<i>Cochlodina laminata</i> (Montagu, 1803)												1													
<i>Clausilia bidentata</i> (Ström, 1765)						2	4	1	1	1	1			1	1			1	1	1			3		
<i>Trichia hispida</i> (Linné, 1758)	2	2		1	2	9	5	2	3	1	2	1	1	1	2	1	1	1					1		
<i>Helicigona lapicida</i> (Linné, 1758)						1	1	1		1	1		1	1				1	1	3		1		1	
<i>Cepaea</i> sp.																		1	1						
TOTAL	34	19	6	38	16	252	147	38	53	23	15	17	65	66	68	84	46	18	70	12	27	36	9	35	

	713	705	697	691	689	677	667	656	622	614	606	594	585	575	563	555	548	538	528	523	518	511	504	500	
Profondeur/cm	723	713	705	697	691	689	677	667	633	622	614	606	594	585	575	563	555	548	538	528	523	518	511	504	
Poids à sec (g)	388	298	316	195	67	382	420	322	319	267	284	445	213	253	382	277	271	409	466	213	271	249	314	147	
<i>Galba truncatula</i> (Müller, 1774)																									
<i>Radix</i> sp.																									
<i>Pisidium</i> sp.		1	2																						
<i>Pomatias elegans</i> (Müller, 1774)						1	1	5	1			7	7					1	8	1	1	2	5	1	
<i>Carychium minimum</i> (Müller, 1774)		2	6		1		1											2							
<i>Carychium tridentatum</i> (Risso, 1826)	14	22	3	2		14	131	22		1	18	16	1				2	10	43	6	33	75	20	11	
<i>Oxyloma/Succinella</i>	1	2		1				1	3								1		2	1				1	
<i>Cochlicopa lubrica</i> agg.	3	2	1		1	1	20	6		1	4	4					1	1	1	1	1	2	1	1	
<i>Columella edentula</i> (Draparnaud, 1805)	4	2									1	1										1	3		
<i>Vertigo pusilla</i> (Müller, 1774)	2	1	1				3																		
<i>Vertigo antivertigo</i> (Draparnaud, 1801)																									
<i>Vertigo substriata</i> (Jeffreys, 1833)	1	4				4	1																		
<i>Leiosstyla anglica</i> (Férussac, 1821)	5	16	2	1		2	17	5			2						1		2	6					
<i>Lauria cylindracea</i> (Da Costa, 1778)							8	4			1														
<i>Vallonia costata</i> (Müller, 1774)	1	2				3	10	4			10	4													
<i>Acanthinula aculeata</i> (Müller, 1774)	2	1				3	11	5			7	3							2	1				1	
<i>Merdigera obscura</i> (Müller, 1774)						1					3	2						1	1	2		2	1	2	1
<i>Punctum pygmaeum</i> (Draparnaud, 1801)	1	1				2	1				1								1	1	2				
<i>Discus rotundatus</i> (Müller, 1774)	11	17			1	1	55	12		1	24	27		1			1	24	54	15	36	27	14	10	
Vitrididae																									
<i>Vitrea crystallina</i> (Müller, 1774)	15	8			1	6	58	24		2	12	21				1	1	6	2		16	10	4		
<i>Vitrea contracta</i> (Westerlund, 1871)			5			2	9				14	5	2			3		1	2	15	1	4	3	1	
<i>Vitrea</i> sp.																									
<i>Nesovitrea hammonis</i> (Ström, 1765)	3	3					10	3			1	2												1	1
<i>Aegopinella pura</i> (Alder, 1830)	2	8					12	1			12	11	1				2	2	19	17	3	23	31	7	3
<i>Aegopinella nitidula</i> (Draparnaud, 1805)	4	18	1	1	1	4	34	8		1	2	6					3	1	8	11		18	7	3	3
<i>Oxychilus cellarius</i> (Müller, 1774)	7	3	1			2	30	2			9	7						2	7	5	4	6	3	3	5
<i>Oxychilus navarricus</i> (Bourguignat, 1870)	1	3				2						2					1		4	1	1	3	1		1
<i>Oxychilus</i> sp.										1									1						
<i>Milax</i>						2						2													2
<i>Deroceras/Limax</i>	1	5	1		2	1	4				1							1	2			2			2
<i>Euconulus fulvus</i> agg.	3	1				6	4				3	3				2	1		2						
<i>Cochlodina laminata</i> (Montagu, 1803)																						1	1		
<i>Clausilia bidentata</i> (Ström, 1765)	1	1				1	1	3	1		2	3							5		2	1	1	1	
<i>Trichia hispida</i> (Linné, 1758)	1	1				1	3	1			1	1													
<i>Helicigona lapicida</i> (Linné, 1758)											1	1							1	1	1	1		1	1
<i>Cepaea</i> sp.	1	1	1	1	1	1	2	1			1	1					1	1	1	1	1	2	1	1	2
TOTAL	88	135	11	7	10	44	449	107	3	7	138	131	4	1	6	12									

St Germain le Vasson COUPE PRINCIPALE

	550	540	530	520	505	475	455	415	380	375	362	345	331	320	308	296	285	280	267	256		
Profondeur/cm	560	550	540	530	520	490	465	435	405	380	375	350	340	331	320	308	296	285	280	267	256	
Poids à sec (g)	500	500	500	850	500	500	500	500	500	500	1000	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	
<i>Galba truncatula</i> (Müller, 1774)																						
<i>Radix labiata</i> (Rossmässler, 1835)				1													1	2			9	2
<i>Pisidium personatum</i> Malm, 1855								1	1					1								
<i>Pisidium</i> sp.																						
<i>Pomatias elegans</i> (Müller, 1774)	1		4	5	9	1	9	5	1	1			1	1		1	2	21	5	6	3	
<i>Acicula fusca</i> (Montagu, 1803)																					8	5
<i>Carychium minimum</i> (Müller, 1774)			8			6	1				5		1				5	2	12	13	2	
<i>Carychium tridentatum</i> (Risso, 1826)	27	38	53	3	92	29	92	84	24	15	7	39	41	1	46	89	241	83	260	89		
<i>Oxyloma/Succinella</i>			3	1		1	1	2	5	5	1		3			2	1	1	3	7	2	
<i>Azeca goodalli</i> (Férussac, 1821)							2															
<i>Cochlicopa lubrica</i> agg.	3	6	3	3	5	2	2	3	2	2	5	17	14	1	13	9	17	11	26	6		
<i>Columella edentula</i> agg.		1	1		1	1	1	1	2	6	5	5	5			2		1	5	1		
<i>Vertigo pusilla</i> (Müller, 1774)			1																			
<i>Vertigo substriata</i> (Jeffreys, 1833)	5		2																			
<i>Vertigo alpestris</i> Alder, 1838										3												
<i>Leiostryla anglica</i> (Férussac, 1821)	11	33	16		1	22	2	7	37	40	41	27	23								1	
<i>Lauria cylindracea</i> (Da Costa, 1778)	7	2	8																			
<i>Vallonia costata</i> (Müller, 1774)		9	4													2	2					
<i>Vallonia excentrica</i> Sterki, 1893																						
<i>Acanthinula aculeata</i> (Müller, 1774)		1	2		5		4	3	3					8				10	9	4	1	
<i>Merdigera obscura</i> (Müller, 1774)	1				1	1	1									1	1					
<i>Punctum pygmaeum</i> (Draparnaud, 1801)	1	2	3		1	1													1	8	2	
<i>Discus rotundatus</i> (Müller, 1774)	3	7	16	3	31	12	39	25	9	8	1	4	25		69	96	68	28	93	22		
Vitrididae				1	4	1	4	5					5						4	4	2	
<i>Vitrea crystallina</i> (Müller, 1774)	21	19	17	2	22	21	39	23	13	6	9	21	33		33	50	82	28	56	18		
<i>Vitrea contracta</i> (Westerlund, 1871)	1	1	1		2	1	2	5	2			1	2		2	6	3	4	4	1		
<i>Nesovitrea hammonis</i> (Strom, 1765)	1	1	1				1	1		1					3							
<i>Aegopinella pura</i> (Alder, 1830)	2	4	2	1	7	8	15	12	3	5		14	15		15	10	28	6	16	19		
<i>Aegopinella nitidula</i> (Draparnaud, 1805)	10	3	5	2	22	9	22	15	7	5	5	20	13		8	16	22	11	21	10		
<i>Oxychilus cellarius</i> (Müller, 1774)	3	9	10		2	2	7	8	5	4		5	5		4	20	19	5	16	2		
<i>Oxychilus navarricus</i> (Bourguignat, 1870)	3		4		1	1	4	2	1			1	4		10	8	5	7	4	1		
<i>Oxychilus</i> sp.				1																		
<i>Milax</i>			3	32	9	1	1	32				3	4			6	8	8	4	8		
<i>Deroceras/Limax</i>	2	1	4	27	6		2	20				3	3	1	1	4	5	2	2			
<i>Eucomilus fulvus</i> agg.	2	4	1			2	1		2	3	1	6	9		3	3	2	2	3	3		
<i>Cochlodina laminata</i> (Montagu, 1803)						1																
<i>Macrogastra rolfhii</i> (Turton, 1826)								1														
<i>Clausilia bidentata</i> (Strom, 1765)				1	2	1	1	1	3	1	1		2		1	1			1	1	2	
<i>Balea perversa</i> (Linné, 1758)																						
<i>Hygromia limbata</i> (Draparnaud, 1805)				1	1	1	2	2		2		1	1	2				1	3		5	1
<i>Trichia hispida</i> (Linné, 1758)	1	3	1	2	3	1	5	1	2				1		10	17	7	2	6	10		
<i>Helicodonta obvoluta</i> (Müller, 1774)																						
<i>Helicigona lapicida</i> (Linné, 1758)				1	1	1	1	1														
<i>Cepaea hortensis</i> (Müller, 1774)																						
<i>Cepaea</i> sp.	1	1	2	1	3	1	4	2	2			1	3	2	4	1				3	3	2
TOTAL	106	149	175	86	231	127	266	264	122	112	75	170	221	7	237	356	565	236	572	201		
	248	236	225	210	179	177	167	160	150	136	126	115	103	90								
Profondeur/cm	256	248	230	225	210	179	177	167	155	140	136	126	115	103	80-90	60-70	40-50	20-40	10-20	0-10		
Poids à sec (g)	500	500	500	500	1500	350	500	500	500	500	500	1000	500	500	500	1000	500	1500	500	500	750	

Tab. 3 : Malacofaunes de la coupe principale de Saint-Germain-le-Vasson.

Tab. 3: Malacofaunas from Main Section at Saint-Germain-le-Vasson.

important et d'autres espèces également liées aux milieux forestiers telles que *Merdigera obscura*, *Clausilia bidentata*, *Acanthinula aculeata* et *Aegopinella nitidula*, apparaissent ou se développent de manière significative. Autre composant classique des assemblages sylvestres, *Vitrea crystallina* augmente ses effectifs surtout dans les échantillons du carottage 1. En parallèle, les mollusques liés aux milieux ouverts déclinent (*Vallonia costata* dans les deux carottages) ou disparaissent totalement (*Pupilla muscorum* et *Vallonia pulchella* dans le carottage 1). Enfin les taxons les plus hygrophiles parmi le genre *Vertigo* régressent, suggérant un relatif assèchement des biotopes. Ces nouvelles conditions permettent à *Pomatias elegans*, qui aime à s'enfoncer dans les sols calcaires friables, de coloniser le site bien que son apparition soit fortement décalée dans le carottage 2. Ces faunes impliquent un milieu plus sec et plus fermé.

SGV3 : zone à *Leiostryla anglica* (Carottage 1 : 767-427 cm ; Carottage 2 : 850-500 cm ; Coupe principale : 560-530 cm ; Coupe latérale : 520-438 cm).

La limite inférieure de cette zone est définie par l'apparition de *Leiostryla anglica*. Cette occurrence est facile à identifier et cohérente dans les deux carottages, mais le développement de l'espèce n'est pas homogène entre les différents profils. Dans le carottage 1, *L. anglica* se développe progressivement jusqu'à représenter 15 % de la population malacologique dans l'échantillon 672-682, puis elle décline et disparaît au dessus de 600 cm (Tableau 1). Dans le carottage 2, son occurrence est plus pérenne, mais elle finira par disparaître au dessus de 528 cm (Tableau 2). Sur les coupes principale et latérale, la présence de l'espèce dans les échantillons de base permet de les attribuer à la zone SGV3.

D'autres changements faunistiques interviennent dans cette zone, tels que d'une part l'apparition de *Columella edentula*, la complète disparition des palustres *Vertigo antivertigo* et *V. moulinsiana* suivi du déclin de *V. pusilla* et *V. substriata*. D'autre part, l'émergence de *Lauria cylindracea* et *Helicigona lapicida* vers la moitié de la zone suggèrent des conditions plus sèches. Globalement le milieu reste fermé et relativement humide mais les conditions locales peuvent fluctuer autorisant la survivance d'espèces de sols plus secs comme *Pomatias elegans*.

SGV4 : zone à *Hygromia limbata* (Carottage 1 : 427-107 cm ; Coupe principale : 530-296 cm ; Coupe latérale : 438-420 cm).

L'apparition de l'espèce *Hygromia limbata* constitue le point de référence basal de cette zone. La taille relativement grande de cette coquille explique sa présence en petite quantité dans des échantillons de volume faible. Elle est cependant recensée de manière constante sauf dans les prélèvements très pauvres. *Columella edentula* persiste dans tous les profils tandis que l'occurrence de *L. anglica* devient sporadique. Elle disparaît du carottage 1 et présente des effectifs très fluctuants dans les échantillons de la coupe principale

(Tableau 3). En fait, elle se raréfie alors que la surface du tuf s'assèche comme l'atteste le développement des horizons gris. Les conditions ombragées et humides persistent.

SGV5 : zone à *Acicula fusca* (Carottage 1 : 107-0 cm ; Coupe principale : 296-103 cm).

L'apparition d'*Acicula fusca* marque une nouvelle zone. L'espèce est bien développée sur la coupe principale mais beaucoup plus restreinte dans le carottage 1. Les conditions deviennent franchement plus sèches et, après une très brève réapparition concomitante dans le carottage 1 et la coupe principale, *L. anglica*, qui ne peut s'acclimater en deçà d'un certain taux d'hygrométrie, disparaît définitivement de la formation carbonatée. Ponctuellement des biotopes à espèces très xérophiles telle *Vallonia excentrica*, se créent. Même si globalement le milieu reste forestier, la disparition d'*Helicigona lapicida* en regard de brèves occurrences de *Vertigo alpestris*, *Helicodonta obvoluta* et *Balea perversa* peuvent constituer les prémices d'un éclaircissement.

SGV6 : zone à *Azeca goodalli* (Coupe principale : 103-0 cm).

La dernière zone caractérisée par *Azeca goodalli* n'est enregistrée qu'au sommet de la coupe principale (Tableau 3). Plusieurs mollusques forestiers régressent nettement tels que *Acicula fusca* ou encore *Acanthinula aculeata*. Par ailleurs *Pomatias elegans* augmente de même que *Trichia hispida*. *Azeca goodalli* vit dans les mousses et la litière des forêts ouvertes et ni *P. elegans* ni moins encore *T. hispida* ne se développent sous des futaies épaisses. Très nettement la partie sommitale du tuf s'est accumulée sous un couvert forestier plus clair.

La zonation de la succession des malacofaunes de Saint-Germain-le-Vasson met en évidence, après un épisode de prairie marécageuse, l'installation du couvert forestier qui va se maintenir jusqu'à la fin de l'édification du tuf. Les conditions d'humidité varient régulièrement vers un assèchement progressif, la composition des malacocénoses est révélatrice de l'éclaircissement graduel de la canopée.

BIOSTRATIGRAPHIE

La multiplication des profils dans le tuf de Saint-Germain-le-Vasson était nécessaire eu égard à la variabilité latérale importante de ce type de dépôt, afin de couvrir avec certitude l'ensemble de la stratigraphie. La dynamique complexe de la formation des tufs peut produire un enregistrement tout aussi complexe de la succession des faunes. Les grandes phases sont identifiables mais dans le détail il n'est pas toujours aisé de poser leurs limites avec précision. Ainsi, la première apparition d'une espèce peut ne pas être synchrone entre les différents profils et l'occurrence d'un taxon peut varier dans la stratigraphie en fonction de la fluctuation des micro-conditions locales.

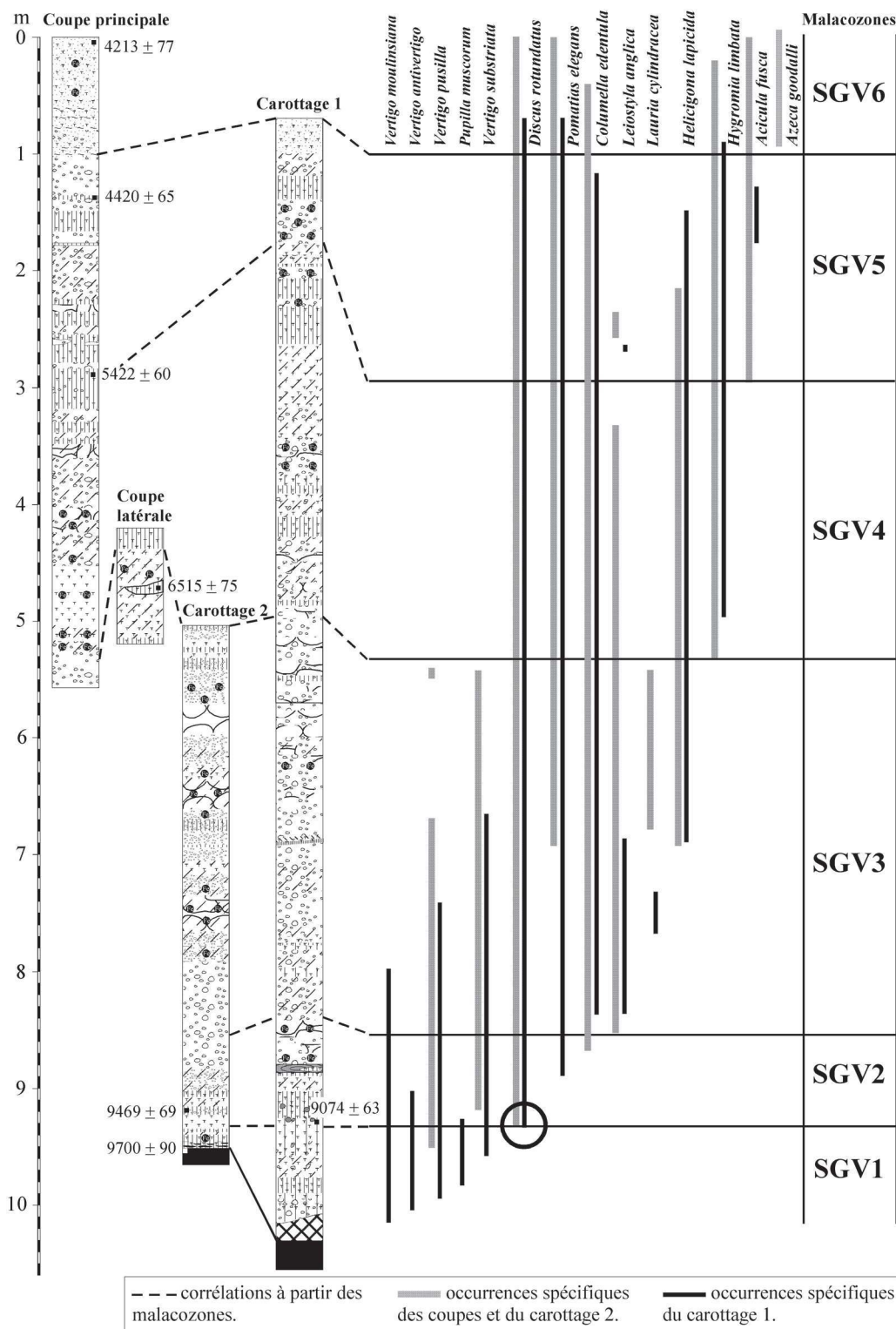


Fig. 3 : Zonation malacologique et corrélation des profils du tuf de Saint-Germain-le-Vasson (modifié d'après Limondin-Lozouet et Preece, 2004).

Fig. 3: Malacological zonation and correlation of the tufa profiles at Saint-Germain-le-Vasson (modified after Limondin-Lozouet and Preece, 2004).

A Saint-Germain-le-Vasson, la corrélation des profils est proposée sur l'apparition de *Discus rotundatus*, un marqueur important du début de l'Holocène dans les séries européennes, qui correspond au développement des éléments forestiers dans les assemblages malacologiques (Preece et Bridgland, 1999 ; Meyrick, 2001). Plus précisément en France, dans les vallées de la Somme et de la Seine, l'apparition de

Discus rotundatus est corrélative de l'accroissement des pourcentages de gastéropodes de milieux fermés jusqu'à 25 % des effectifs, dans les séries du début de l'Holocène. Ces malacofaunes ont été mises en correspondance avec le développement du couvert forestier et sont associées à des dates qui les placent dans la chronozone du Boréal (Limondin-Lozouet, 1995 et 1997).

La pertinence du choix de *Discus rotundatus* comme base de corrélation biostratigraphique est corroborée par la cohérence des occurrences des autres espèces repères (fig. 3). Trois exceptions remarquables sont cependant recensées. La première concerne l'espèce *Pomatias elegans* qui apparaît beaucoup plus tardivement dans le carottage 2 ; *Lauria cylindracea* n'est pas synchronisée entre les différents profils bien qu'elle se développe dans la même biozone ; enfin *Acicula fusca* présente une occurrence beaucoup plus ponctuelle dans le carottage 1. Ces variations illustrent les changements ponctuels de biotopes qui peuvent influencer sur la composition des malacocénoses et soulignent le danger à baser des conclusions sur un nombre trop faible d'observations.

Par ailleurs les correspondances malacologiques entre les différents profils mettent en évidence l'existence de discontinuités dans la formation de Saint-Germain-le-Vasson. A la base du carottage 2, la zone SGVI ne couvre que 16 cm contre 81 cm dans le carottage 1. Cette contraction se reflète dans la composition des assemblages, moins diversifiés sur le carottage 2, et se marque dans la stratigraphie par l'absence sur le carottage 2 de la tourbe qui se développe entre l'argile noire et le tuf à la base du carottage 1. Au sommet de la formation, l'absence de la zone à *Azeca goodalli* sur le carottage 1 implique également une variabilité latérale importante du dépôt.

DONNÉES PALYNOLOGIQUES

Les prélèvements ont été réalisés à la base de chaque sondage dans l'argile noire et le niveau tourbeux et dans les niveaux tufacés les plus fins. Les 7 spectres de la base du carottage 2 sont distants de 2 à 4 cm (de 963,5 à 945,5 cm), suivis 8 cm plus haut par 2 échantillons provenant d'un niveau tufacé fin (937 et 934,5 cm) et enfin d'un prélèvement isolé provenant d'un niveau fin (690 cm). Les 10 spectres de la base du carottage 1 (argile puis tourbe) sont distants de 4 à 6 cm (de 982 à 944 cm), suivis par 13 spectres provenant de niveaux tufacés fins dont la maille d'échantillonnage se situe entre 8 et 16 cm (de 934 à 813 cm) et enfin d'un dernier spectre isolé provenant d'un niveau fin (707 cm).

MÉTHODE

Les 34 échantillons ont subi un traitement chimique classique (acide fluorhydrique à 70 %, acide chlorhydrique tiède à 50 %, potasse tiède à 10 %), (Faegri et Iversen, 1989). Après traitement chimique, les échantillons tourbeux ont été tamisés sur une maille de 160 µm afin d'éliminer les gros débris végétaux et pour quelques-uns la solution de Lüder a été utilisée (HNO₃ à 50 %) ; tous les échantillons minéraux ont subi une lévigation en liqueur dense (chlorure de zinc).

Un minimum de 300 grains dont au moins 100 en dehors du taxon dominant et au moins 20 taxons polliniques ont été comptés pour les 34 échantillons

St Germain le Vasson COUPE LATÉRALE

	515	490	465	438	420
Profondeur/cm	520	500	475	458	429
Poids à sec (g)	100	500	500	500	500
<i>Galba truncatula</i> (Müller, 1774)					1
<i>Pisidium</i> sp.			1		
<i>Pomatias elegans</i> (Müller, 1774)	10	1			1
<i>Carychium minimum</i> (Müller, 1774)	6	27	30	30	7
<i>Carychium tridentatum</i> (Risso, 1826)	406	200	38	60	78
<i>Oxyloma/Succinella</i>	1	1	2	7	3
<i>Cochlicopa lubrica</i> agg.	14	26	3	21	11
<i>Columella edentula</i> agg.	14	12	21	12	2
<i>Vertigo substriata</i> (Jeffreys, 1833)					
<i>Vertigo moulinsiana</i> (Dupuy, 1849)			1		
<i>Vertigo alpestris</i> Alder, 1838					1
<i>Leiostylis anglica</i> (Férussac, 1821)			1	7	4
<i>Lauria cylindracea</i> (Da Costa, 1778)	2				
<i>Vallonia costata</i> (Müller, 1774)					
<i>Acanthinula aculeata</i> (Müller, 1774)	29	7	1		3
<i>Merdigera obscura</i> (Müller, 1774)	1	1			
<i>Punctum pygmaeum</i> (Draparnaud, 1801)	2	1	1	22	4
<i>Discus rotundatus</i> (Müller, 1774)	69	140	81	40	28
Vitrinidae	2				
<i>Vitrea crystallina</i> (Müller, 1774)	83	98	114	50	28
<i>Vitrea contracta</i> (Westerlund, 1871)	13	12	30		2
<i>Nesovitreia hammonis</i> (Ström, 1765)	6	10	3	9	4
<i>Aegopinella pura</i> (Alder, 1830)	47	26	1		17
<i>Aegopinella nitidula</i> (Draparnaud, 1805)	18	10			6
<i>Oxychilus cellarius</i> (Müller, 1774)	17	15	44	3	5
<i>Oxychilus navarricus</i> (Bourguignat, 1870)	5	9	2		2
<i>Oxychilus</i> sp.					
<i>Milax</i>	2		2	1	3
<i>Deroceras/Limax</i>	1	2	4	2	2
<i>Euconulus fulvus</i> agg.	11	29	2	10	6
<i>Cochlodina laminata</i> (Montagu, 1803)	1				
<i>Clausilia bidentata</i> (Ström, 1765)	3				2
<i>Balea perversa</i> (Linné, 1758)			1		
<i>Hygromia limbata</i> (Draparnaud, 1805)					2
<i>Trichia hispida</i> (Linné, 1758)					
<i>Helicigona lapicida</i> (Linné, 1758)	1				2
<i>Cepaea</i> sp.	3	2	5	2	2
TOTAL	767	630	387	276	226

Tab. 4 : Malacofaunes de la coupe latérale de Saint-Germain-le-Vasson.

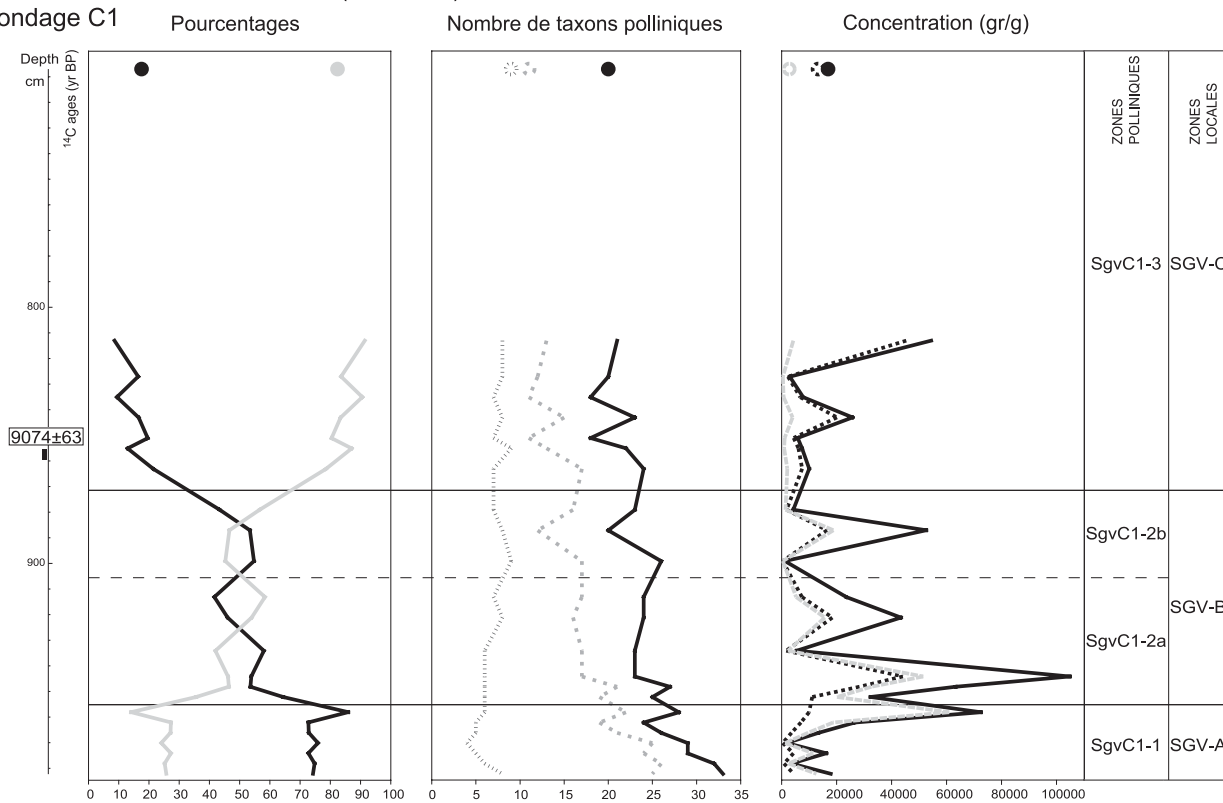
Tab. 4: Malacofaunas from Lateral Section at Saint-Germain-le-Vasson.

analysés. Les pourcentages polliniques ont été calculés à partir de la Somme de Base SB (Pollen Arboréen PA + Pollen Non Arboréen PNA), les pourcentages des différentes spores de Ptéridophytes, des grains indéterminables et indéterminés l'ont été à partir du Nombre Total NT (SB + Ptéridophytes + Indéterminables + Indéterminés) et les pourcentages des rares Algues rencontrées l'ont été à partir du NT + Algues. Sur le carottage 1, SB se situe entre 336 et 472 grains, NT entre 361 et 626 et le nombre de taxons polliniques entre 18 et 33. Pour le carottage 2, SB se situe entre 335 et 407 grains, NT entre 367 et 525 et le nombre de taxons polliniques entre 23 et 30 (fig. 4). La liste botanique établie pour l'ensemble des échantillons analysés comporte 79 taxons de plantes vasculaires, montrant une nette dominance des herbacées et la diversité peu élevée des taxons arboréens. Les interprétations paléocéologiques reposent donc sur des données qualitatives élevées.

Les concentrations polliniques ont été calculées d'après la méthode volumétrique (Cour, 1974). Pour le carottage 1, les concentrations sporo-polliniques sont comprises entre 1137 et 104872 grains par gramme de sédiment, celles du pollen arboréen entre 370 et 45334

SAINT-GERMAIN-LE-VASSON (Calvados)

Sondage C1



Sondage C2

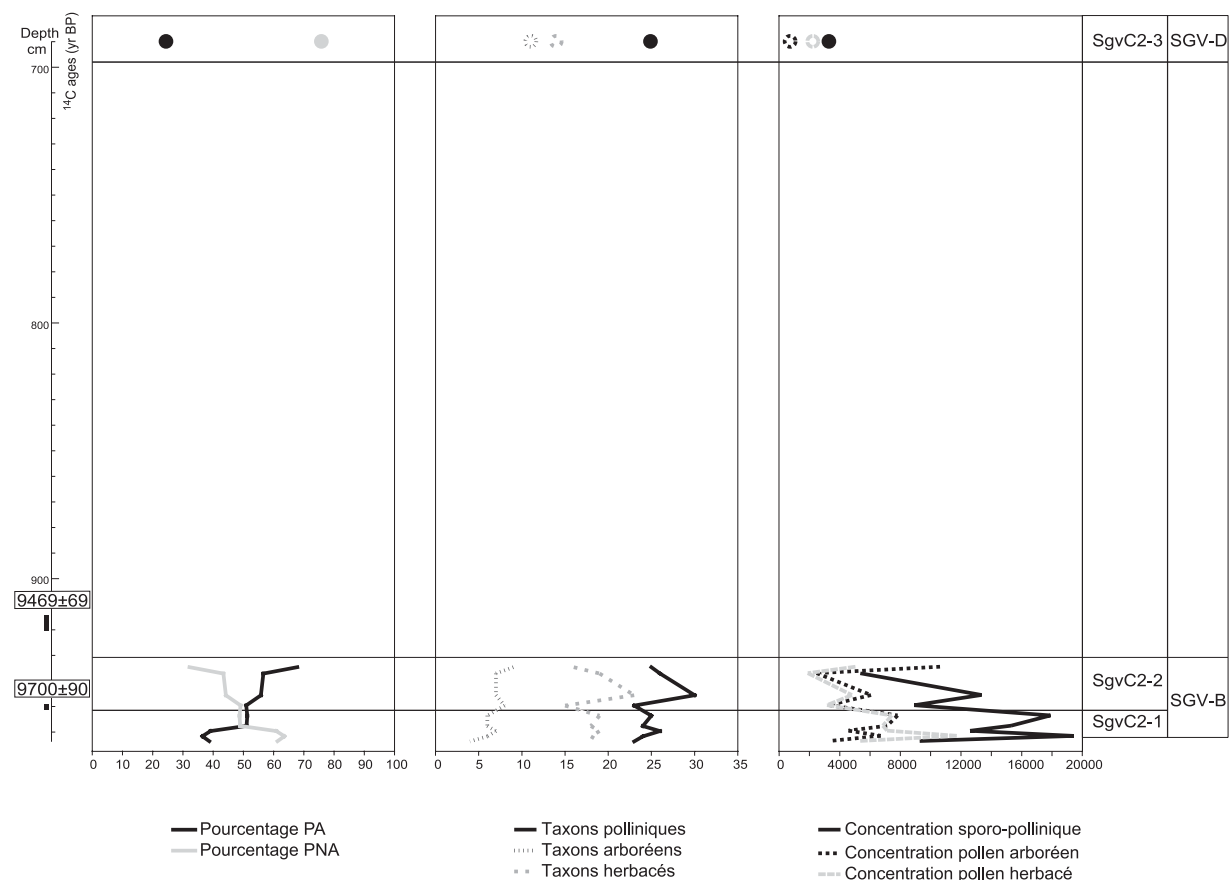


Fig. 4 : Courbes des variations du rapport PA/PNA, du nombre de taxons polliniques et de la concentration sporo-pollinique pour les carottages 1 et 2 de Saint-Germain-le-Vasson.

Fig. 4: Curves of AP/NAP ratio, taxa number and pollen concentration in Borehole 1 and Borehole 2 at Saint-Germain-le-Vasson.

grains par gramme de sédiment et celles du pollen herbacé entre 442 et 61000 grains par gramme de sédiment. Sur le carottage 2, les concentrations sporo-polliniques sont comprises entre 3261 et 19454 grains par gramme de sédiment, celles du pollen arboréen entre 703 et 10616 grains par gramme de sédiment et celles du pollen herbacé entre 2199 et 11714 grains par gramme de sédiment (fig. 4).

RÉSULTATS

Les zones polliniques basées sur les variations de plusieurs taxons dans les deux diagrammes (figs. 5 et 6) ont été comparées. Leurs équivalences ont permis de distinguer quatre zones locales de végétation (SGV-A à SGV-D) et de mettre en évidence des hiatus dans l'enregistrement pollinique.

La zone SGV-A (Zone à Poaceae, Cyperaceae, *Artemisia*, *Juniperus*, *Pinus* et *Salix*) se caractérise par les fortes fréquences du PNA (73-86 %). Les herbacées sont très diversifiées avec le maximum de taxons (entre 19 et 26). Cette zone correspond à la présence d'une végétation ouverte dans laquelle Poaceae et Cyperaceae sont dominantes associées à des herbacées steppiques et héliophiles diversifiées (*Artemisia*, *Ephedra*, Chenopodiaceae, Asteraceae, Campanulaceae, Caryophyllaceae, *Helianthemum*, *Plantago*, Plumbaginaceae, Saxifragaceae). Ce type de végétation herbacée rappelle celle des toundras arctiques (Elhaï, 1968). La présence dans le voisinage d'arbres pionniers (*Juniperus*, *Pinus*, *Salix*, *Populus* et *Betula*) s'accompagne du développement local d'une végétation bordière de hautes herbes ou mégaphorbiées riches en Apiaceae, *Thalictrum*, *Filipendula*, Rubiaceae, Valerianaceae. La hausse des concentrations au sommet de la zone avec le passage à la tourbe (72500 grains par gramme) est due essentiellement à celle du pollen herbacé (fig. 4). Elle indique l'essor de cette végétation locale. La raréfaction des taxons steppiques et héliophiles (*Artemisia*, *Helianthemum*) et la disparition notamment des Plumbaginaceae et Saxifragaceae, plantes herbacées des régions froides (Ozenda, 1964 et 1982) fréquemment enregistrées au cours des périodes de végétation herbacée (Hoek, 1997) sont concomitantes à ce développement indiquant une amélioration climatique.

La zone SGV-B (Zone à *Pinus*, *Betula*, *Salix*, Monolètes) se marque par une hausse des taux du PA qui restent cependant inférieurs à 50 % en moyenne. Cette augmentation est due à celle des fréquences de *Pinus*, *Betula* et *Salix*. *Juniperus* bien que régulièrement présent a fortement diminué alors que *Corylus*, puis *Quercus* associé à *Sambucus*, *Viburnum*, *Cornus* commencent à se développer. La zone SGV-B signale ainsi le développement régional de *Pinus* et la diffusion régionale de *Corylus* suivie en sommet de zone par celle de *Quercus* caducifolié. Cet essor se fait aux dépens des formations herbacées à Poaceae et Cyperaceae dominantes qui présentent des fréquences en diminution accompagnées d'une baisse de la diversité des herbacées. Les herbacées steppiques (*Ephedra*,

Artemisia et Chenopodiaceae) et la plupart des herbacées héliophiles (Asteraceae, Caryophyllaceae, *Plantago*, *Thalictrum*, Rubiaceae et Saxifragaceae) diminuent puis disparaissent en fin de zone indiquant l'effacement des derniers groupements végétaux steppiques. Localement, les abords du site sont colonisés par *Betula* et *Salix* mêlés aux mégaphorbiées riches en Apiaceae et *Filipendula* tandis qu'il est envahi par les Ptéridophytes (fréquences jusqu'à 45 %). Les concentrations sporo-polliniques fluctuent fortement dans cette zone (1137-104872 grains par gramme) ce qui s'explique par les différences lithologiques. Les valeurs maximales sont obtenues dans le dépôt tourbeux à la base de la zone alors que les niveaux tufacés à granules montrent des concentrations très faibles. Les concentrations du pollen arboréen augmentent fortement pour rejoindre les valeurs du pollen herbacé (fig. 4) montrant que la zone SGV-B correspond au début d'une dynamique forestière, mais le paysage n'est encore que semi-forestier. L'amélioration climatique signalée au sommet de la zone SGV-A se poursuit au cours de SGV-B permettant le développement forestier. Une date de 9700 ± 90 BP a été obtenue sur le carottage 2. Cette zone SGV-B témoigne également de variations locales de l'enregistrement pollinique entre les deux points de sondage C1 et C2. Ainsi, l'importance de *Salix* au voisinage du site n'est signalé que dans le carottage 2, zone SgvC2-2 (fig. 6) alors que le développement local des Asteraceae échinulé-type et des Brassicaceae pouvant correspondre à un assèchement et une ouverture du milieu (Clet *et al.*, 1990 ; Hoek, 1997) n'est enregistré que sur le carottage 1, zone SgvC1-2b (fig. 5). Dans ce dernier cas, l'absence de l'enregistrement pollinique est peut-être dû à une lacune de prélèvements dans les niveaux concernés sur C2.

À partir de SGV-C (Zone à *Corylus*), les fréquences et les concentrations du pollen arboréen sont supérieures à celles du pollen herbacé, ce qui confirme la poursuite de la dynamique forestière avec le développement régional de *Corylus* (63-77 %) entraînant la quasi disparition de *Pinus*. Au sein des corylaies, *Quercus* caducifolié prend de plus en plus d'importance tandis que *Ulmus* reste très discret contrairement à ce qui a pu être observé ailleurs en Normandie (Clet *et al.*, 1990) ou dans certaines vallées du Bassin parisien (Gauthier, 1995 ; Orth *et al.*, 2004). Le développement des corylaies modifie la végétation bordière herbacée des abords du site avec la forte diminution des Apiaceae, *Filipendula* et *Betula*, et sur le site lui-même avec la baisse des Ptéridophytes. Cet essor de corylaies dans lesquelles commence à se développer *Quercus* caducifolié indique des conditions climatiques tempérées. La date de 9074 ± 63 BP a été obtenue à la base de cette zone.

La zone SGV-D (Zone à Poaceae, Asteraceae échinulé-type, *Corylus* et *Quercus*) est plus difficilement interprétable car elle n'est représentée que par un seul spectre issu d'un niveau tufacé fin très isolé dans le carottage (fig. 6). Cependant, il montre qu'au sein de la

SAINT-GERMAIN-LE-VASSON (Calvados)
Sondage C1

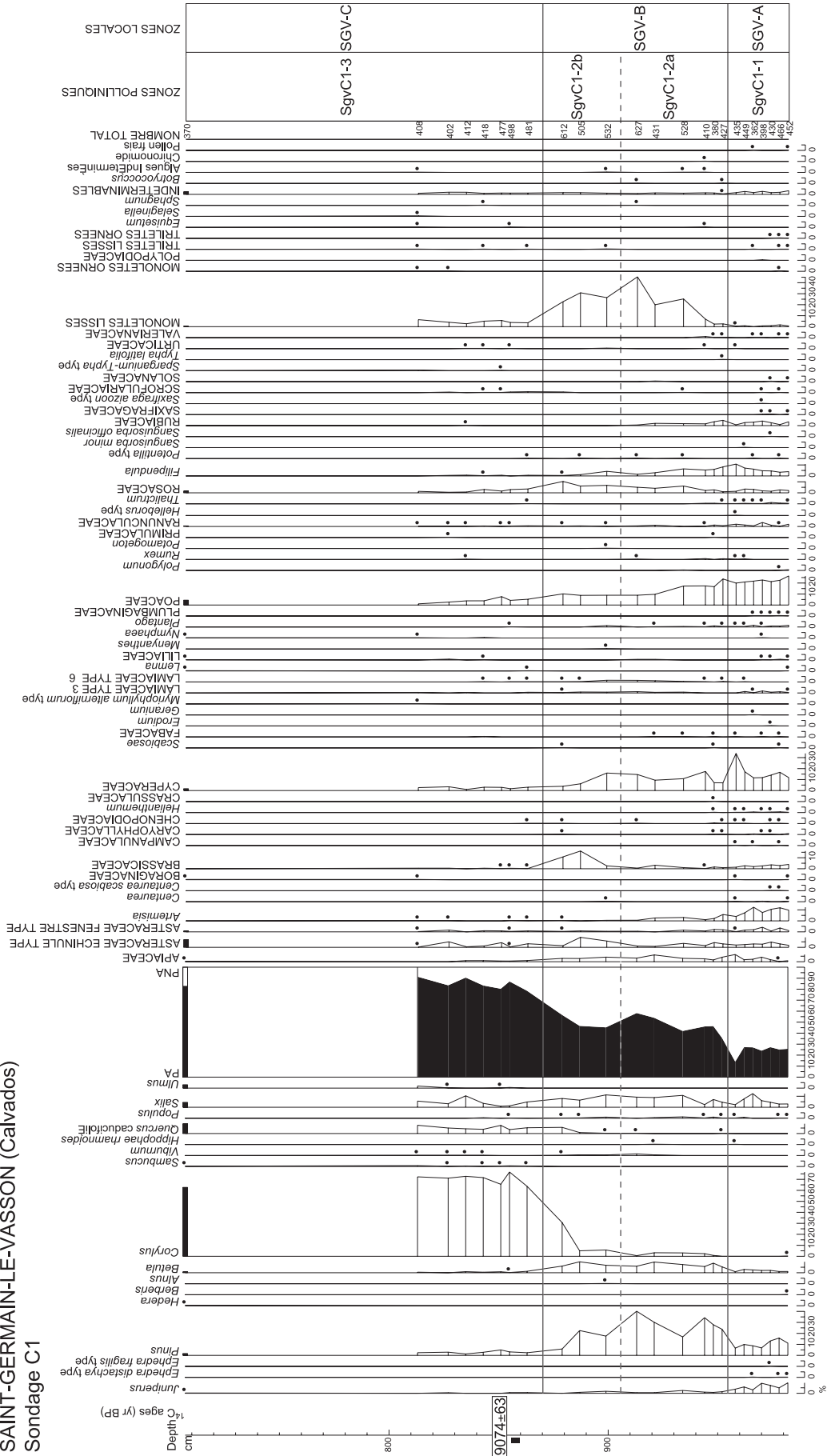


Fig. 5 : Diagramme palynologique du carottage 1 de Saint-Germain-le-Vasson.
Fig. 5: Palynological diagram of Borehole 1 at Saint-Germain-le-Vasson.

SAINT-GERMAIN-LE-VASSON (Calvados)
Sondage C2

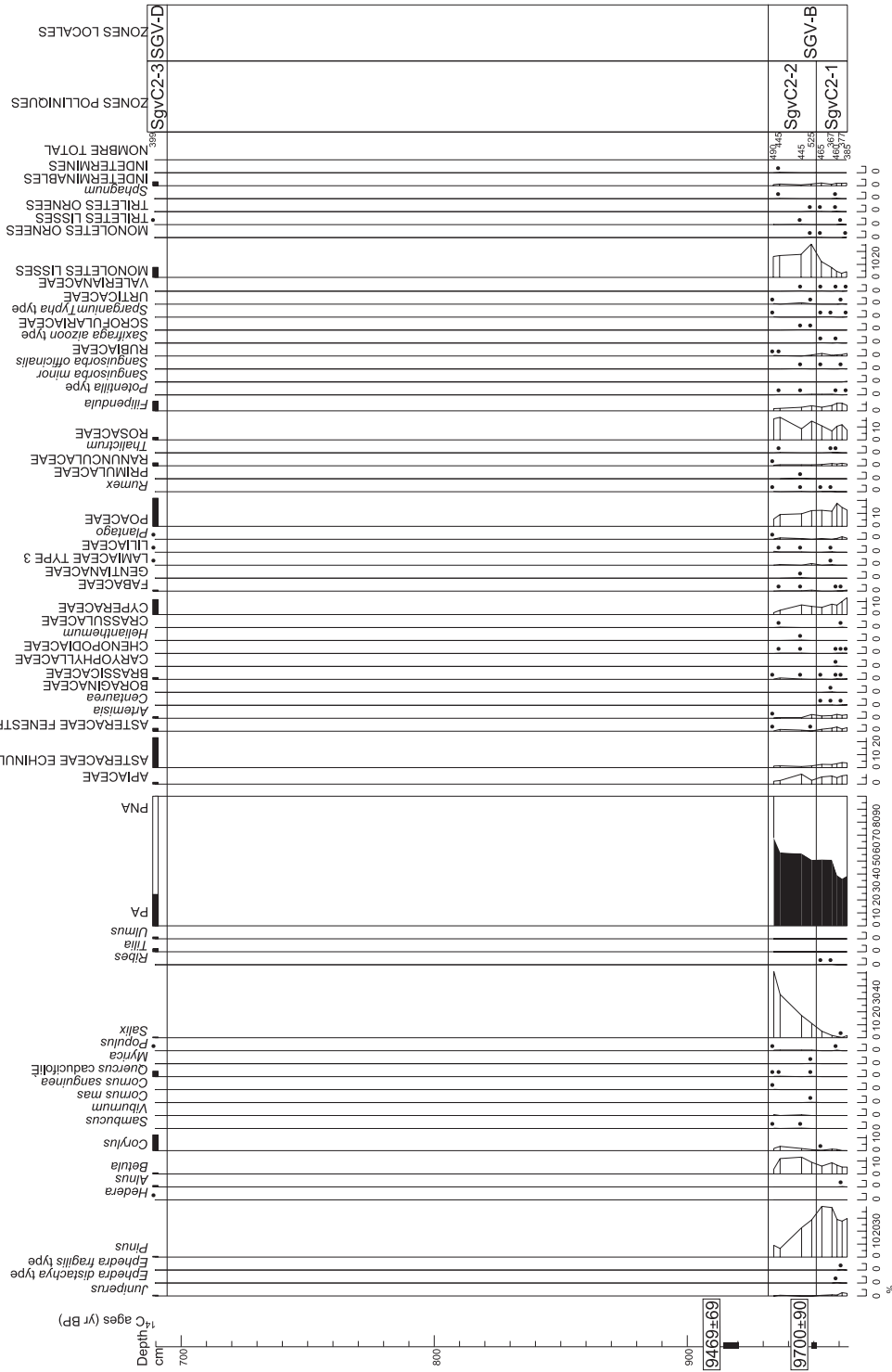


Fig. 6 : Diagramme palynologique du carottage 2 de Saint-Germain-le-Vasson.
Fig. 6: Palynological diagram of Borehole 2 at Saint-Germain-le-Vasson.

forêt régionale se développent *Hedera* et *Tilia* et que *Corylus* a beaucoup moins d'importance que dans SGV-C. Les abords du site semblent partagés entre zones herbacées relativement sèches à Poaceae, Asterales et Brassicaceae et d'autres plus humides à Apiaceae, Cyperaceae et *Filipendula* probablement associées à *Alnus*.

ATTRIBUTION CHRONOLOGIQUE

Les résultats palynologiques obtenus à Saint-Germain-le-Vasson ont été comparés aux informations régionales (Elhaï, 1963 ; Elhaï *et al.*, 1969 ; Huault, 1972 ; Clet *et al.*, 1987 ; Clet et Ozouf, 1990 ; Clet *et al.*, 1990) voire extra-régionales du Bassin Parisien (Limondin-Lozouet *et al.*, 2002 ; Gauthier, *in Orth*, 2003) et tiennent compte des datations ^{14}C obtenues sur les deux sondages.

Une végétation ouverte de type toundra arctique, la présence d'arbres pionniers et le développement local de mégaphorbiées marquent le début de l'enregistrement pollinique (zone SGV-A). Ces caractéristiques rappellent les environnements tardiglaciaires de l'Europe du Nord-Ouest. Cependant, elles sont difficiles à retrouver dans les rares manifestations du Tardiglaciaire de Normandie malaisément comparables en raison d'une présentation graphique particulière des résultats (Elhaï, 1959) ou d'une nouvelle attribution chronologique (Clet *et al.*, 1987) des premières interprétations (Elhaï *et al.*, 1969) ; de plus, les différentes phases chronologiques ne peuvent être distinguées, d'autant moins que ces niveaux correspondent souvent au remaniement du sommet des dépôts weichséliens (Clet, com. écrite). En revanche, l'enregistrement pollinique de la zone SGV-A montre de grandes affinités avec le Dryas récent du Bassin parisien (Limondin-Lozouet *et al.*, 2002 ; Gauthier, *in Orth*, 2003) et constitue donc le premier enregistrement attesté du Tardiglaciaire dans le Calvados. Le début de l'amélioration climatique perçue en fin de zone peut indiquer la transition avec le Préboréal.

Le développement de *Pinus*, la diffusion puis le développement de *Corylus* et *Quercus* caducifolié qui caractérisent le Préboréal s'affirment dans la zone SGV-B. L'enregistrement pollinique de cette chronozone à Saint-Germain-le-Vasson est très similaire à ce que l'on connaît ailleurs dans la région (Clet et Ozouf, 1990). Comme sur le site de Saint-Jean-d'Asnières (Clet et Ozouf, 1990), aucun changement dans la végétation ne marque le passage des niveaux de tourbe au tuf. Cette attribution est en accord avec la date 9700 ± 90 BP obtenue pour le milieu de SGV-B. Si l'on considère les taux relativement faibles de *Pinus* et le fait que *Corylus* est enregistré régulièrement dès le début de SGV-B, la présence d'un hiatus sédimentaire affectant la première partie du Préboréal est envisagée.

L'essor de *Corylus* marque la chronozone du Boréal (zone SGV-C) et les résultats de Saint-Germain-le-Vasson sont identiques aux informations régionales (Clet et Ozouf, 1990 ; Clet *et al.*, 1990) si ce n'est le décalage

dans le développement de *Ulmus* qui est sur ce site beaucoup plus discret.

Enfin, les données succinctes de SGV-D suggèrent une corrélation avec la chronozone de l'Atlantique ancien ou tout au moins avec la transition Boréal - Atlantique.

DISCUSSION

Les datations radiocarbone obtenues sur les deux carottages pour l'apparition de *Discus rotundatus* apparaissent bien décalées (fig. 3). Celle du carottage 1, effectuée sur un morceau de bois, donne un âge de 9074 ± 63 BP tandis que celle du carottage 2, mesurée sur des fragments de coquilles de *Cepaea*, est de 9469 ± 69 BP. Ce vieillissement est d'autant plus inattendu que le niveau daté dans le carottage 2 correspond à un assemblage malacologique au sein duquel *D. rotundatus* est déjà bien développé alors que la datation du carottage 1 est strictement corrélative de l'apparition de l'espèce représentée par un seul individu (Tableaux 1 et 2). Cependant, à cause des phénomènes de vieillissement liés aux datations sur coquille évoqués précédemment, la date du carottage 2 représente plutôt un âge maximum, la mesure obtenue sur le carottage 1 est sans doute plus fiable pour caler l'apparition de *Discus rotundatus* dans la région. Par ailleurs, les données chronologiques obtenues pour l'essor de *Discus rotundatus* dans les séries holocènes européennes sont aussi un argument pour pondérer la date la plus ancienne de Saint-Germain-le-Vasson. Dans la vallée de la Somme, *D. rotundatus* est absent des assemblages du début de l'Holocène datés entre 9720 ± 130 BP et 9310 ± 60 BP (Limondin-Lozouet et Antoine, 2001). En revanche il apparaît dans la région peu avant 8830 ± 90 BP (Limondin-Lozouet, 1997) une date très proche de celle obtenue sur le carottage 1 de Saint-Germain-le-Vasson. Le développement de *D. rotundatus* peut être calé vers 8500 et 8400 BP au Luxembourg et en Allemagne (Meyrick, 2000, 2001). Il est observé dès 8990 ± 90 BP dans l'Oxfordshire (Preece et Day, 1994) bien que la plupart des dates obtenues dans le sud-est de la Grande-Bretagne se situent autour de 8600 BP. Enfin, dans le Nord du Pays de Galles et en Irlande son expansion est légèrement plus tardive, respectivement 8300 et 8100 BP (Preece, 1997). Très logiquement les dates rajeunissent et jalonnent l'expansion holocène de *D. rotundatus* en Europe selon une direction sud-ouest/nord-est.

La confrontation des données malacologiques avec l'enregistrement pollinique renforce la cohérence de l'enregistrement paléoenvironnemental (fig. 7). Dans le carottage 1 l'échantillonnage palynologique débute dans l'argile noire et s'étend sur divers niveaux de tufs fins organiques au delà de l'apparition de *D. rotundatus*. Les cortèges de l'argile noire montrent une végétation ouverte (de type toundra arctique avec *Artemisia*) avec des arbres pionniers (*Juniperus*) attribuable au Tardiglaciaire. Pendant le dépôt de la tourbe et le début

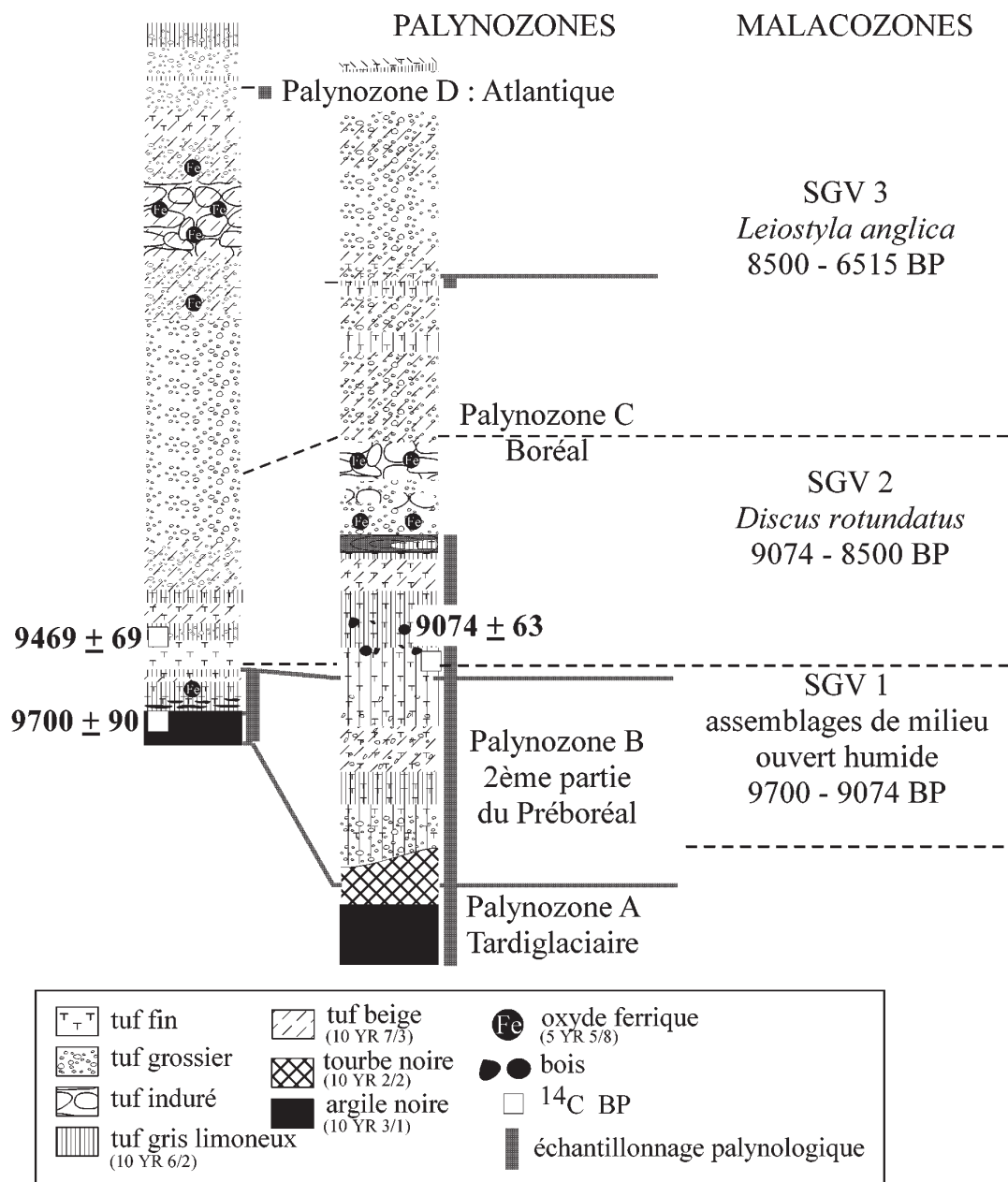


Fig. 7 : Comparaisons des biozonations malacologique et palynologique à la base de la séquence de Saint-Germain-le-Vasson.
Fig. 7: Comparison of malacological and palynological biozones in the lower part of Saint-Germain-le-Vasson sequence.

de la formation du tuf, le paysage est plus fermé. La faible proportion de *Pinus* (moins de 40 %) et la diffusion régionale de *Corylus* permettent une attribution à la deuxième partie du Préboréal. Enfin, le passage au Boréal, marqué par le développement de *Corylus* est en correspondance stricte avec l'apparition de *D. rotundatus*. L'attribution chronologique tirée des données polliniques renforce la fiabilité de la date de 9074 ± 63 obtenue sur le carottage 1 à la base de la palynozone C. Sur le carottage 2 l'échantillonnage palynologique couvre un intervalle qui précède l'apparition de *D. rotundatus*, les spectres obtenus sont en accord avec les résultats du carottage 1 et indiquent un âge plus ancien pour ces dépôts, attribués au Préboréal.

CONCLUSION

La séquence de Saint-Germain-le-Vasson est déjà une référence importante pour documenter l'évolution des environnements au Postglaciaire à travers la diffusion des malacofaunes et apporter des éléments de comparaison et d'interprétation pour d'autres séries (Lespez *et al.* ce volume). Le tuf, dont la formation s'étend sur toute la première moitié de l'Holocène, livre des successions malacologiques qui n'enregistrent pas de coupure majeure, climatique ou anthropique, durant cette période. De fait, l'assèchement progressif du milieu, perçue dans la partie supérieure de la formation, puis la cessation du tuf sont les

possibles conséquences soit d'une variation des conditions climatiques, soit de l'ouverture générale des paysages provoquée par les activités agro-pastorales des sociétés humaines.

A une échelle locale, des hiatus sont cependant mis en évidence. Le sommet du dépôt carbonaté n'est pas équivalent en termes de malacocénoses entre la coupe principale, plus complète, et le carottage 1. Cette discontinuité peut être due soit à une irrégularité des processus de formation du tuf, soit à une érosion. A la base du dépôt, la tourbe noire apparaît également développée de manière ponctuelle. Son absence dans le carottage 2 pourrait être interprétée comme résultant d'une érosion. Les données palynologiques ne sont pas déterminantes par rapport à cette évaluation. En revanche la composition des spectres polliniques de la zone SGV-B, caractérisés par des taux peu élevés de *Pinus* et l'occurrence régulière de *Corylus*, souligne une autre interruption correspondant au début du Préboréal.

Enfin la confrontation directe des données malacologiques et palynologiques permet pour la première fois d'établir une correspondance étroite entre *Discus rotundatus* et l'essor de *Corylus* liant ainsi l'apparition de cette espèce au développement du couvert forestier et corroborant les premiers résultats obtenus dans la Somme. La multiplication des études pluridisciplinaires sur ce type de dépôt doit permettre à moyen terme de poser des repères biostratigraphiques et paléoenvironnementaux précis pour mieux caractériser les variations du milieu naturel au Postglaciaire.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Professeur C. Pareyn et J.P. Laudridou qui ont beaucoup facilité l'accès au terrain ainsi que le propriétaire de la ferme des Massinots Mr J. Tocheport pour son accueil favorable. Cet article a bénéficié de la relecture attentive de M. Clet et T. Meijer.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CLET-PELLERIN M., DUPEUPLE P.-A., HELLUIN M., LEFEBVRE D., PELLERIN J., BREBION P., LAURIAT-RAGE A., LAUTRIDOU J.-P. & RIOULT M., 1987 - Les Formations marines et continentales du Pléistocène récent dans la région d'Asnelles-Saint-Côme-de-Fresné (Calvados). *Bulletin du Centre de Géomorphologie de Caen*, **32**, 71-98.
- CLET M., OZOUF J.-C., DAVY M. & COUTARD J.-P., 1990 - Le Tuf de Cricqueboeuf (Calvados, France). *Bulletin du Centre de Géomorphologie de Caen*, **38**, 179-188.
- CLET M. & OZOUF J.-C., 1990 - Le Tuf de Saint-Jean-d'Asnières (Eure, France). *Bulletin du Centre de Géomorphologie de Caen*, **38**, 189-198.
- COUR P., 1974 - Nouvelles techniques de détection des flux et des retombées polliniques : étude de la sédimentation des pollens et des spores à la surface du sol. *Pollen et Spores*, **16** (1), 103-141.
- ELHAI H., 1959 - Analyse pollinique de deux tourbières normandes. *Pollen et Spores*, Vol. I, 59-76.
- ELHAI H., 1963 - *La Normandie occidentale entre la Seine et le golfe normand-breton*. Imp. Bière, Bordeaux, 624 p.
- ELHAI H., 1968 - *Biogéographie*. Ed. A. Colin, 406 p.
- ELHAI H., LARSONNEUR C., DENEFFLE M. & HUAULT M.F., 1969 - Dépôts tardiglaciaires et postglaciaires sur la côte du Calvados. *Bulletin de l'Association française pour l'Etude du Quaternaire*, **2**, 93-104.
- FAEGRI K. & IVERSEN J., 1989 - *Textbook of pollen analysis*. IV^e édition by K. Faegri, P. Emiljalund, K. Krzywinski, Ltd J. Wiley et Sons, Chichester, New-York, Brisbane, Toronto, Singapore, 328 p.
- FALKNER G., RIPKEN T. & FALKNER M., 2002 - *Mollusques continentaux de France, liste de référence annotée et bibliographie*. Muséum National d'Histoire Naturelle, Collection Patrimoines Naturels 52, Paris, 350 p.
- GAUTHIER A., 1995 - Résultats palynologiques de séquences holocènes du Bassin Parisien : histoire de la végétation et action de l'homme. *Palynosciences*, **3**, 3-17.
- GOODFRIEND G.A. & HOOD D.G., 1983 - Carbon isotope analysis of land snail shells: implications for carbon sources and radiocarbon dating. *Radiocarbon* **25**, 810-830.
- HOEK W., 1997 - *Atlas to palaeogeography of lateglacial vegetations*. Nederlandse Geografische Studies, 231, Amsterdam, 165 p.
- KERNEY M.P., PREECE R.C. & TURNER C., 1980 - Molluscan and plant biostratigraphy of some Late Devensian and Flandrian deposits in Kent. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B* **291**, 1-43.
- LIMONDIN N., 1995 - Late-glacial and Holocene malacofaunas from archaeological sites in the Somme Valley (North France). *Journal of Archaeological Science*, **22**, 683-698.
- LIMONDIN-LOZOUET N., 1997 - Les successions malacologiques du Tardiglaciaire et du début de l'Holocène dans la vallée de la Somme. In : JP Fagnart, A Thévenin (eds), *Le Tardiglaciaire en Europe du Nord-Ouest*, Editions du CTHS, Paris, 39-46.
- LIMONDIN-LOZOUET N., 2002 - Impact des oscillations climatiques du Tardiglaciaire sur l'évolution des malacofaunes de fond de vallée en Europe du Nord-Ouest. In : H Richard, A Vignot (eds), *Equilibres et ruptures dans les écosystèmes depuis 20 000 ans en Europe de l'Ouest*, Presses Universitaires Franc-Comtoises, Besançon, 45-51.
- LIMONDIN-LOZOUET N. & ANTOINE P., 2001 - Palaeoenvironmental changes inferred from malacofaunas in the Lateglacial and Early Holocene fluvial sequence at Conty (Northern France). *Boreas*, **30**, 148-164.
- LIMONDIN-LOZOUET N. & PREECE R.C., 2004 - Molluscan successions from the Holocene tufa of St Germain-le-Vasson, Normandy (France) and their biogeographical significance. *Journal of Quaternary Science*, **19** (1), 55-71.
- LIMONDIN-LOZOUET N., BRIDAULT A., LEROYER C., PONEL P., ANTOINE P., CHAUSSE C., MUNAUT A.-V. & PASTRE J.-F., 2002 - Evolution des écosystèmes de fond de vallée en France septentrionale au cours du Tardiglaciaire : l'apport des indicateurs biologiques. In J.-P. Bravard et M. Magny Ed., *Variations paléohydrologiques en France depuis 15000 ans*, Ed. Errance, 45-62.
- LESPEZ L., CLET-PELLERIN M., LIMONDIN-LOZOUET N., FONTUGNE M. & PASTRE J.-F., 2005 - Discontinuités longitudinales des dynamiques sédimentaires des petites vallées de l'Ouest du Bassin Parisien : potentiel pour les analyses multiparamètres des dynamiques paléoenvironnementales holocènes (l'exemple de la vallée de la Mue, Calvados). *Quaternaire*, ce volume.
- LOŽEK V., 1964 - *Quartärmollusken der Tschechoslowakei*. Rozprawy Ústředního Ústavu Geologického, **31**, Praha, 374 p.
- LOŽEK V. & CÍLEK V., 1995 - Late Weichselian-Holocene sediments and soils in mid-European calcareous areas. *Anthropozoikum*, **22**, 87-112.
- MEYRICK R.A., 2000 - Holocene molluscan faunal history and environmental change from a tufa at Diredall, Luxembourg. *Bulletin de la Société Préhistorique Luxembourgeoise*, **22**, 55-75.
- MEYRICK R.A., 2001 - The development of terrestrial mollusc faunas in the "Rheinland region" (western Germany and Luxembourg) during the Lateglacial and Holocene. *Quaternary Science Reviews*, **20**, 1667-1675.

- ORTH P., 2003** - *Evolution et variabilité morphosédimentaire d'un bassin-versant élémentaire au Tardi et au Postglaciaire : l'exemple du bassin-versant de la Beuvronne (Bassin parisien)*. Thèse de doctorat, Université Paris1-La Sorbonne, 237 p.
- ORTH P., PASTRE J.F., GAUTHIER A., LIMONDIN-LOZOUET N. & KUNESCH S., 2004** - Les Enregistrements morphosédimentaires et biostratigraphiques des fonds de vallée du bassin-versant de la Beuvronne (Bassin parisien) : perception et impacts des changements climato-anthropiques à l'Holocène. *Quaternaire*, **15** (3), 285-298.
- OZENDA P., 1964** - *Biogéographie végétale*. Ed. Doin, 374 p.
- OZENDA P., 1982** - *Les Végétaux dans la biosphère*. Ed. Doin, 431 p.
- PAREYN C., 1989** - Tuf des Massinots, commune de Saint-Germain-le-Vasson (Calvados). *Bulletin du Centre de Géomorphologie de Caen*, **37**, Entrée 18b (non paginé).
- PREECE R.C., 1991** - Mapping snails in time : The prospect of elucidating the historical biogeography of the European malacofauna. *Proceedings of the Xth International Malacological Congress, Tübingen 1989*, 447-479.
- PREECE R.C., 1997** - The spatial response of non-marine Mollusca to past climate changes. *Past and future rapid environmental changes: the spatial and evolutionary responses of terrestrial biota* (eds B. Huntley et al.), NATO ASI Series **47**, 163-177.
- PREECE R.C., 1998** - Chapter 3: Mollusca. In RC Preece, DR Bridgland (eds), *Late Quaternary environmental change in North-west Europe: excavations at Holywell Coombe, south-east England*. Chapman & Hall, London, 158-212.
- PREECE R.C. & DAY S.P., 1994** - Comparison of Post-glacial molluscan and vegetational successions from a radiocarbon-dated tufa sequence in Oxfordshire. *Journal of Biogeography*, **21**, 463-478.
- PREECE R.C. & BRIDGLAND D.R., 1999** - Holywell Coombe, Folkestone: a 13,000 year history of an English chalkland valley. *Quaternary Science Reviews*, **18**, 1075-1125.
- PUISSEUR J.J., 1976** - *Mollusques continentaux quaternaires de Bourgogne*. Mémoires Géologiques de l'Université de Dijon 3, Doin, Paris, 241 p.
- YATES T.J.S., SPIRO B.F. & VITA-FINZI C., 2002** - Stable isotope variability and the selection of terrestrial mollusc samples for ¹⁴C dating. *Quaternary International*, **87**, 87-100.
- ŽÁK K., LOŽEK V., KADLEC J., HLADÍKOVÁ J. & CÍLEK V., 2002** - Climate-induced changes in Holocene calcareous tufa formations, Bohemian Karst, Czech Republic. *Quaternary International*, **91**, 137-152.