

William E. BANKS,  
Thierry AUBRY,  
Francesco D'ERRICO,  
João ZILHÃO,  
Andrés LIRA-NORIEGA  
et A. Townsend PETERSON

# *Paléoenvironnements et adaptations humaines au Dernier Maximum Glaciaire : le cas du Badegoulien*

## **Résumé :**

*Avec l'avancée de nos connaissances sur la variabilité climatique de la dernière période glaciaire en Europe, une meilleure précision des simulations paléoclimatiques et le développement d'algorithmes prédictifs, il est aujourd'hui possible d'aborder sur de nouvelles bases la relation entre environnement et culture au Paléolithique supérieur. Cette étude expose les résultats de l'application de la modélisation de niches éco-culturelles (Eco-Cultural Niche Modeling) au Badegoulien (culture archéologique de la fin du Dernier Maximum Glaciaire). L'application de deux architectures prédictives – Genetic Algorithm for Rule-Set Prediction (GARP) et Maximum Entropy (Maxent) – à partir des données archéologiques, paléoclimatiques et géographiques, nous a permis de reconstituer la niche écologique propre à cette culture. Les résultats obtenus montrent que les deux territoires définis à partir de la circulation des matières premières lithiques au Badegoulien correspondent à des conditions environnementales légèrement distinctes mais qui appartiennent à la même niche écologique.*

## **Mots-clés :**

*Badegoulien, France, Dernier Maximum Glaciaire, Modélisation des niches éco-culturelles, Matières premières lithiques.*

## **Abstract:**

*This study details an application of Eco-Cultural Niche Modeling (ECNM) aimed at examining the ecological context of the Badegoulian archaeological culture during the middle and later part of the Last Glacial Maximum in France, using two modeling architectures – the Genetic Algorithm for Rule-Set Prediction (GARP) and Maximum Entropy (Maxent). We reconstructed the ecological niche of the Badegoulian and also assessed whether eco-cultural variability existed within the technocomplex. We identified two broad but distinct territories within the Badegoulian based on lithic raw material circulation and used randomization-based tools to compare the eco-cultural niches estimated for these two territories, taking into account the use or non-use of conditions within the dispersal range of the human populations in question.*

*In order to examine patterns of eco-cultural niche similarity, we used ENMTool's (Warren et al., 2008 and 2010) niche overlap measures and the associated background similarity test. The overlap measures compare two maps (in this case, the eco-cultural niche reconstructions for the two Badegoulian territories) and measure the similarity between them. The background similarity test then evaluates whether the observed degree of*

similarity between the two maps is greater than would be expected by chance. We defined a background area for each of the Badegoulian territories based on a generalization of lithic raw material transport within the Badegoulian. This was accomplished by establishing a buffer with a radius of 175 km centered on clusters of recorded archaeological sites within each territory. When creating these buffers, we also kept intact the boundary between the northern and southern territories since there are no known instances of lithic raw material circulation between the two.

The predicted geographic range of the ecological niche reconstructed for the Badegoulian technocomplex as a whole covers much of present-day France, extending north into southern Belgium and south into the northern third of the Iberian Peninsula, although the known distribution of the Badegoulian does not extend into either of the two regions. The eco-cultural niche reconstructions for the two lithic raw material circulation networks show an overlap in the southern portion of the present-day region of Poitou-Charentes, the western part of the Limousin region, and southwards along the western margin of the Massif Central. The background similarity tests indicate that these two Badegoulian territories are interpredictive and thus occupy the same ecological niche. However, the northern territory is associated with ecological conditions that are slightly cooler and more humid than those of the southern territory.

We propose that the identified Badegoulian lithic raw material circulation networks reflect distinct social territories associated with particular conditions within a single ecological niche. The relationship between these territories and ecological factors has interesting implications, considering that they share a common lithic technology. We argue that the trend towards territoriality observed in the Upper Solutrean (Banks et al., 2009) carries over into the Badegoulian, during which time territories become more distinct, even if the distinction is not readily apparent in terms of stone tool types.

This study illustrates the utility of combining ecological niche reconstructions with archaeological data to identify and evaluate diachronic trends in cultural continuity for situations in which such patterns may be missed when the focus is solely on lithic technology and typology.

**Keywords:**

*Badegoulian, France, Last Glacial Maximum, Eco-cultural niche modeling, Lithic raw materials.*

---

## INTRODUCTION

---

La modélisation des niches éco-culturelles (*Eco-Cultural Niche Modeling*, ECNM) est une approche qui permet d'établir la nature des liens complexes entre systèmes culturels et naturels et de comprendre les dynamiques écologiques pouvant influencer sur les adaptations et la démographie des populations de chasseurs-cueilleurs préhistoriques (Banks et al., 2008b et 2009). Elle applique à des données archéologiques, chronologiques, géographiques et paléoclimatiques des algorithmes prédictifs, utilisés en bioinformatique (Peterson, 2003) avec pour objectif de reconstituer les niches écologiques occupées par des populations de chasseurs-cueilleurs du passé et d'identifier les facteurs environnementaux qui les définissaient.

Une niche écologique représente la somme des variables environnementales nécessaires pour qu'une population reste viable et ne soit pas contrainte à migrer (Hutchinson, 1957). Pareillement, une niche

éco-culturelle peut être décrite comme l'ensemble des conditions environnementales (la niche écologique) dans lesquelles opère un système culturel donné (Banks et al., 2008b). En appliquant cette approche, nous considérons qu'un système adaptatif humain peut être assimilé, dans une certaine mesure, à l'adaptation d'une espèce opérant dans un environnement donné. Les outils de l'ECNM permettent d'analyser les liens entre systèmes adaptatifs et niches écologiques exploitées. On pourrait opposer à cette démarche l'hypothèse qu'un technocomplexe – défini ici comme la combinaison structurée des systèmes techniques partagés et transmis par une population culturellement cohésive – a pu présenter un tel degré de flexibilité dans sa relation avec l'environnement du passé, que toute démarche visant à établir un rapport entre "nature" et "culture" serait vaine. L'intérêt de l'ECNM réside justement dans la possibilité de tester une telle hypothèse et de vérifier, de façon quantifiée, si une correspondance existe, ou non, entre un système adaptatif et des contraintes écologiques données. L'ECNM a permis de proposer des hypothèses sur la nature des interactions entre les

dernières populations néanderthaliennes et les premiers hommes anatomiquement modernes qui ont colonisé la péninsule Ibérique (Banks *et al.*, 2008a). Il a également été utilisé pour reconstituer les niches éco-culturelles, identifier les territoires potentiels et explorer l'influence de l'environnement sur la géographie culturelle des populations du Dernier Maximum Glaciaire (Banks *et al.*, 2008b et 2009).

Appliqué au Solutréen supérieur, l'ECNM s'est attaché à évaluer si les différentes armatures lithiques caractéristiques de cette période correspondent à des niches écologiques distinctes ou à l'expression d'une géographie culturelle, indépendante de contraintes écologiques (Banks *et al.*, 2009). Cette étude a conclu que la régionalisation des armatures du Solutréen supérieur correspond aux différences écologiques entre ces territoires. Cette régionalisation résulterait alors d'une diversification culturelle des populations vivant préalablement dans cette région, suite à une amélioration relative des conditions climatiques.

L'objectif de cet article est d'étendre l'application de l'ECNM au Badegoulien. Du fait d'une moindre diversification régionale des vestiges lithiques par rapport au Solutréen supérieur, nous nous sommes tout d'abord attachés à l'identification de la niche éco-culturelle globale de ce technocomplexe. Ensuite, nous avons évalué si des différences significatives en termes de contraintes écologiques existaient entre les unités géographiques identifiées par la circulation des matières premières lithiques.

## LE BADEGOULIEN

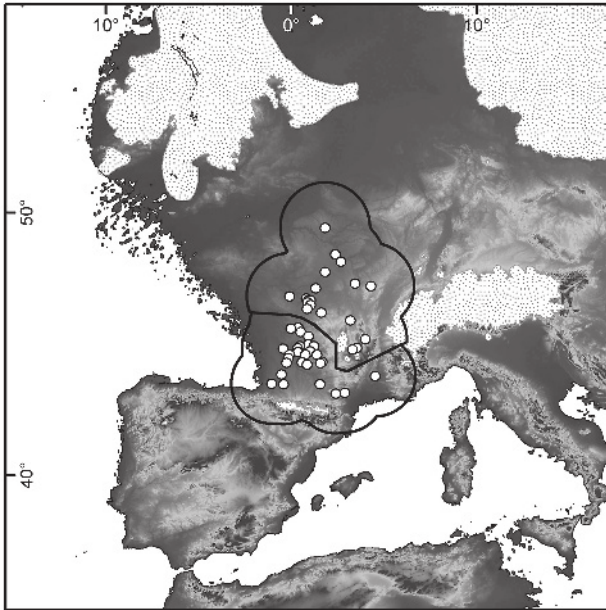
Le Badegoulien a fait l'objet de plusieurs travaux de synthèse (*e.g.*, Cheynier 1939 et 1951 ; Vignard 1965 ; Allain et Fritsch, 1967 ; Fourloubey, 1992 ; Cretin, 2000 et 2007 ; Bodu *et al.*, 2007 ; Ducasse, 2010). Ces auteurs constatent que ce technocomplexe constitue une entité culturelle caractérisée par une rupture relative par rapport aux chaînes opératoires de production des outillages lithiques du Solutréen (Aubry, 1991 ; Aubry *et al.*, 2004, 2009) et du Magdalénien initial (Fourloubey, 1992). Les séries du Badegoulien sont caractérisées par une plus grande diversité intersites de la production lithique qui peut se manifester par une forte proportion de pièces esquillées, une production d'éclats et une grande variété des modes de production de lamelles (grattoirs carénés, tranches d'éclat, nucléus de type «pièce de la Bertonne»). La raclette semble le seul outil lithique qui soit spécifique au Badegoulien et qui soit limité dans l'espace et dans le temps. La retouche caractéristique de cet outil résulte probablement de l'utilisation emmanchée d'éclats bruts qui permettent de façonner et d'appointer des esquilles de bois de renne débitées par percussion (Rigaud, 2004), technique bien distincte du façonnage au burin de baguettes obtenues par double rainurage au Magdalénien (Allain *et al.*, 1974).

Le Badegoulien a souvent été considéré comme un phénomène français (Sonneville-Bordes, 1989). Néanmoins, sur la base d'une analyse typologique de listes

d'outils retouchés des séries du site de La Riera, Bosselin et Djindjian (1999) ont proposé la réattribution au Badegoulien de séries lithiques des Cantabres décrites par d'autres comme «Solutréen en voie de désolutréanisation». Leurs arguments ont été réfutés par Straus et Clark (2000) en faisant remarquer la présence de pièces de typologie solutréenne et de leurs déchets de production dans les niveaux concernés. L'attribution au Badegoulien des niveaux qui surmontent les occupations solutréo-gravettiennes du Parpalló, datées autour de 16000 <sup>14</sup>C BP (Aura Tortosa, 2007), se fonde principalement sur l'existence d'éclats à retouche inverse. Ce type d'outil existe aussi dans les séries contemporaines du début du Magdalénien au Portugal (Zilhão, 1997) et ne correspond en rien aux raclettes des séries françaises. De même, plusieurs sites du sud de l'Allemagne (Terberger et Street, 2002) ont aussi été attribués au Badegoulien sur la base de dates <sup>14</sup>C, mais la description des industries lithiques, qui présentent un outillage peu caractéristique et manquent de raclettes, ne permet pas de trancher.

Du point de vue chronologique, un degré d'incertitude existe sur la durée du Badegoulien du fait de plusieurs datations conventionnelles, possédant des marges d'erreur importantes, qui ne correspondent pas aux âges obtenus pour les mêmes couches par spectrométrie de masse par accélérateur (d'Errico *et al.*, 2011 ; voir aussi Cretin, 2007). Si l'on ne considère que les âges SMA, le Badegoulien se place dans l'intervalle 22000-20000 cal. BP, au milieu du Dernier Maximum Glaciaire (LGM). Dans cette étude, le LGM correspond à l'intervalle 23000-19000 cal. BP, située entre les événements de Heinrich 2 et 1 et pour laquelle différents traceurs climatiques marins indiquent une période caractérisée par un volume de glace élevé et une variabilité climatique réduite (Mix *et al.*, 2001). La fin du LGM s'est produite vers 19000 cal. BP (Clark *et al.*, 2009) et l'on constate que c'est après cette date que les industries badegouliennes disparaissent.

La simplicité et la forte variabilité intersites de l'outillage lithique rendent difficile l'identification de tendances régionales au sein du Badegoulien. La présence de pointes à cran de type méditerranéen dans des sites méridionaux, tels que la Grotte de Pégourie (Séronie-Vivien, 1995) et le Cuzoul de Vers (Ducasse, 2010), est le seul indice d'une éventuelle régionalisation. En revanche, il est possible de définir deux espaces géographiques distincts d'après les sources de silex employées et leurs axes de circulation (fig. 1). En comparaison avec le Solutréen et le Magdalénien initial, l'approvisionnement badegoulien est majoritairement régional et souvent alluvial (Aubry, 1991). Le silex provenant de régions plus lointaines est souvent présent en faible pourcentage et représenté sous forme de lames brutes ou d'outils. Les déplacements de silex identifient deux territoires distincts. Dans le territoire septentrional, outre un approvisionnement essentiellement local, on constate la circulation de silex provenant (a) des craies du Turonien inférieur du Berry, (b) du Turonien supérieur de Touraine et des calcaires oolithiques de l'Infralias de la vallée de la Vienne (< 100 km :



**Fig. 1** – Carte de l'Europe occidentale avec localisation des sites badegouliens présentés dans le tableau 1. Sont également indiquées les lignes de côte de 21 000 cal. BP, les limites des glaciers et de la calotte fénno-scandinave d'après Ehlers et Gibbard (2004) et les limites des territoires badegouliens basées sur la circulation des matières premières.

**Fig. 1** – Physical map of Western Europe showing the locations of Badegoulian sites listed in table 1. Also indicated are the coastline for 21 000 cal. BP, the spatial extent of glaciers and the Fenno-Scandinavian ice sheet (Ehlers and Gibbard, 2004), and the limits of the Badegoulian territories based on lithic raw material circulation.

Aubry, 1991; Aubry *et al.*, 2007) et (c) sur le site d'Oisy, du Sénonien (*sensu lato*; < 50 km) et du Tertiaire du centre du Bassin parisien (ca 150 km : Bodu et Senée, 2001; Bodu, 2008). Dans le territoire méridional, les matières premières allochtones proviennent du Sénonien (*sensu lato*), du Maastrichtien de la région de Bergerac, du Turonien du Fumélois et du Maastrichtien du sud de l'Aquitaine (Gaussen, 1980; Morala, 1993; Fourloubey, 1998; Cretin, 2000; Ducasse, 2010). Actuellement, on ne connaît aucune circulation de ces matières premières entre les deux territoires, la seule exception étant la présence de deux fragments de lames en silex du Bergeracois dans la couche C du site du Silo au Grand-Pressigny (situé dans le territoire du Nord; Primault, 2003, p. 347). Cependant, il faut noter que cette série n'est pas datée et représente un possible mélange avec une composante laminaire datant de la phase finale du Magdalénien.

Une exception aux distances et modalités de déplacements du silex dans les deux territoires concerne les séries badegouliennes du Massif central, où, outre l'utilisation du quartz local, les silex proviennent systématiquement de sources localisées dans les basses vallées du Cher et de la Creuse, distantes de plus de 200 km (Bracco, 1992).

Puisque l'approvisionnement badegoulien est essentiellement local et moins exigeant que celui du Solutréen, si des groupes s'étaient déplacés régulièrement entre les deux régions, on devrait constater une zone de chevauchement graduel des approvisionnements

dans les sites de Charente et du Poitou qui se situent à leur interface. Or, les données archéologiques montrent que ce n'est pas le cas. Dans ce contexte, nous proposons l'hypothèse selon laquelle ces deux systèmes de circulation exclusifs représentent des territoires culturels distincts.

La question ciblée par notre étude est la suivante : cette division territoriale est-elle liée à l'exploitation de deux niches écologiques différentes ? Si les deux territoires badegouliens sont le reflet de l'exploitation de niches écologiques particulières, on s'attendrait à ce que l'expression géographique de chaque niche prédite corresponde au territoire d'approvisionnement, sans aucune superposition entre les deux. La relation entre territoires et contraintes écologiques peut avoir dans ce cas des implications intéressantes en considérant que ces populations partagent une industrie lithique semblable. Ces deux territoires sont-ils le reflet d'entités culturelles distinctes et, si oui, quelles sont les dynamiques sociales sous-jacentes à leur mise en place et à leur persistance au cours du LGM ?

## MATÉRIAUX ET MÉTHODES

Pour évaluer le lien culture-environnement au Badegoulien, nous avons estimé les niches éco-culturelles avec les logiciels *Genetic Algorithm for Rule-Set Prediction* (GARP : Stockwell et Peters, 1999) et *Maximum Entropy* (Maxent : Phillips *et al.*, 2004 et 2006). Ces logiciels sont généralement utilisés pour reconstituer la distribution d'une espèce, prévoir l'effet d'un changement climatique sur sa distribution, comprendre le rôle joué par l'écologie dans l'évolution, et prédire l'expansion potentielle d'espèces invasives (Peterson, 2003; Araújo et Rahbek, 2006; Kozak et Wiens, 2006; Peterson *et al.*, 2007). Pour reconstituer une niche éco-culturelle, ces deux algorithmes utilisent les coordonnées géographiques des sites archéologiques attribués à un technocomplexe particulier ou à un événement climatique ciblé, ainsi que des couches SIG de données géographiques et paléoclimatiques, ces dernières dérivées de simulations paléoclimatiques à haute résolution.

## Données archéologiques

Les données considérées sont les coordonnées géographiques des sites où des niveaux archéologiques badegouliens sont reconnus (tabl. 1). Comme exposé ci-dessus, les sites allemands (Wiesbaden Igstadt, Florian-Seidl-Strasse) et espagnols (La Riera, Rascaño), contemporains du Badegoulien mais dont l'industrie n'est pas typiquement badegoulienne sont exclus de cette étude, de même que Parpalló, localisé sur la côte méditerranéenne espagnole, où certains niveaux attribués au Badegoulien datent de trois millénaires plus tard. L'attribution au Badegoulien de trois sites répertoriés dans notre base de données (Les Battants, Rond du Barry et La Jaubertie) peut être mise en question. Cependant, l'attribution originale au Badegoulien pour

Site	Long.	Lat.	Commune	Département	Niveau / Cauche	Référence(s)
Badegoule	1.22	45.13	Lardin-Saint-Lazare	Dordogne	Inf./Sup.	Cheyrier, 1949
Balette	-0.21	44.74	Bellebat	Gironde		Cretin <i>et al.</i> , 2007
Ballancourt	2.38	48.52	Ballancourt-sur-Esonne	Seine-et-Oise		Delarue et Vignard, 1964
Battants (Les)*	3.40	45.17	Blassac	Haute-Loire		Bracco, 1992
Beauregard	-0.26	44.49	Mazerat	Gironde		Lenoir, 2000
Bois des Beauregards	2.69	48.26	Nemours	Seine-et-Marne		Vacher et Vignard, 1964
Bertome	-0.44	45.04	Peujard	Gironde		Lenoir, 2000
Birac	-0.15	44.67	Castelviel	Gironde		Lenoir, 2000
Bize	2.88	43.32	Bize-Minervois	Aude	petite grotte	Sacchi, 1968
Blot	3.30	45.00	Cerzat	Haute-Loire	13	Delporte, 1976
Bordeneuve	0.59	44.51	Beaugas	Lot-et-Garonne		Ferillo, 1995
Breuil	0.45	45.08	Neuvic	Dordogne		Gaussen, 1980
Buisson Pignier	0.93	46.85	Prouilly-sur-Claise	Indre-et-Loire		Aubry <i>et al.</i> , 2004
Cabarnes	-0.53	44.04	Brocas	Landes		Gellibert <i>et al.</i> , 2001
Camparnaud	4.52	43.97	Vers-Pont-du-Gard	Gard		Bazile, 1977
Cassagnos	0.86	44.43	Trentels	Lot-et-Garonne	9, 10	Le Tensorer, 1981
Casseroles	0.38	44.90	Les Fyziès-de-Tayac	Dordogne	4-6	Detrain <i>et al.</i> , 1991
Castelnau-Tursan	-0.41	43.66	Castelnau-Tursan	Landes		Merlet, 2005
Châtenet	0.36	45.05	Saint-Front-de-Pradoux	Dordogne		Gaussen et Moissat, 1985
Contree Viallet	3.20	46.10	Gannat	Allier	3 sommet	Vernet, 1995
Cottier	4.00	45.40	Retournac	Haute-Loire	II	Virmont, 1976
Croix de Bagnoux (La)	1.33	47.29	Marcuil-sur-Cher	Loir-et-Cher		Kildea, 2008
Croix de Fer	0.47	45.13	Saint-Germain-du-Salembre	Dordogne		Gaussen, 1980
Cuzoul	1.57	44.48	Vers	Lot	29	Clottes et Giraud, 1996
Fritsch	1.04	46.68	Poulligny-Saint-Pierre	Indre	5b	Allain et Fritsch, 1967
Grand Moulin	-0.16	44.75	Lugasson	Gironde		Lenoir, 2000
Graulassou	0.51	45.10	Neuvic	Dordogne		Gaussen, 1980
Houleau	-0.09	44.81	Sainte-Florence	Gironde		Lenoir, 2000
Jean Blancs/Jamblandes	0.77	44.81	Bayac	Dordogne	2	Cleyet-Merle, 1992
Jaubertie (La)**	0.49	45.10	Neuvic	Dordogne		Fourloubey, 1992
Lachaud	0.92	45.51	Terrasson	Dordogne	3 et 4	Cheyrier, 1965
Lassac	2.40	43.29	Salleles-Cabardès	Aude		Sacchi, 1968
Laugerie Haute (Fst)	1.01	44.93	Les Fyziès-de-Tayac	Dordogne	18, 20	Bordes, 1958
Maitreaux (Les)	0.95	46.82	Bossay-sur-Claise	Indre-et-Loire	C2 sommet	Aubry <i>et al.</i> , 2007
Maubin	1.55	43.65	Beaupuy	Lot-et-Garonne		Le Tensorer, 1981
Malignière (La)	1.62	46.39	Crozant	Creuse		Trotignon <i>et al.</i> , 1984
Millerie (La)	1.05	46.85	Azay-le-Ferron	Indre-et-Loire		Aubry <i>et al.</i> , 2007
Mont-St-Aubin (Le)	3.44	47.47	Oisy	Nievre		Bodu et Sénéce, 2001
Paignon à Montgaudier	0.50	45.67	Montbron	Charente		Djindjian, 2003
Parrain (Ouest et Nord)	0.38	45.06	Saint-Front-de-Pradoux	Dordogne		Gaussen <i>et al.</i> , 1993
Pégourie	0.90	45.20	Caniac du Causse	Lot	8, 9	Séronie-Vivien, 1989
Petit Cloup Barrat	1.64	44.51	Cabrereys	Lot	8a1	Castel <i>et al.</i> , 2006
Peyragues (Les)	1.67	44.53	Orniac	Lot	5b	Allard, 1992
Piège (Le)	1.39	44.80	Fajoles	Lot	C-D-E	Champagne et Espitalié,
Placard	-0.03	45.80	Vilhonneur	Charente	CRL Brèche]	Roche, 1971
Plateau Parrain	0.37	45.05	Saint-Front-de-Pradoux	Dordogne		Gaussen <i>et al.</i> , 1993
Pluche (La)	0.87	46.78	Yzeures-sur-Creuse	Indre-et-Loire		Joannès et Cordier, 1957
Poron des Cueches	4.31	47.37	Vie-sous-Thil	Cote-d'Or		Mouton et Joffroy, 1957
Pourquey	-0.14	44.66	Castelviel	Gironde		Lenoir, 2000
Pyramide (La)	1.19	47.26	Cerc-la-Ronde	Indre-et-Loire		Cleyet-Merle et Lété, 1985
Ragout	0.42	45.68	Vilhonneur	Charente		Balout, 1958
Renardières (Les)	0.37	45.83	Les Pins	Charente	1013	Dujardin, 2001
Rivière (La)	2.44	43.25	Malves-en-Minervois	Aude		Sacchi, 1986
Roche (La)	3.54	45.06	Tavernat	Haute-Loire		Bracco, 1994
Roches (Les)	0.72	46.94	Ahillly	Indre-et-Loire		Bordes et Fitte, 1950
Rond du Barry*	3.86	45.07	Polignac	Haute-Loire	F2	Bayle des Hermens, 1974
Rouquette (La)	4.48	43.95	Collias	Gard		Bazile et Boccaccio, 2007
Rozel (Le)	1.83	49.47	Goullancourt	Oise		Seuvec et Verague, 1984
Sablons	-0.38	45.07	Marsas	Gironde		Cretin <i>et al.</i> , 2007
Saint-Fiacre	0.96	46.83	Bossay-sur-Claise	Indre-et-Loire		Cordier et Thiennet, 1965
Saint-Mesmin	1.83	47.89	Saint-Mesmin	Loiret		Nonel, 1937
Seyresse	-1.06	43.68	Seyresse	Landes		Lenoir, 1989
Silo (Le)	0.80	46.92	Grand-Pressigny	Indre-et-Loire		Cordier et Berthouin, 1953
Solvieux	0.39	45.06	Saint-Louis-en-l'Isle	Dordogne	34	Gaussen, 1980
Station de Burin	0.50	45.10	Neuvic	Dordogne		Gaussen, 1980
Taillis du Coteau	0.85	46.53	Antigny	Vienne	Vd	Primaud <i>et al.</i> , 2007
Tannerie	-0.10	47.00	Lussac-les-Châteaux	Vienne	Terrasse	Pradel, 1950
Varenes (Les)	0.92	46.84	Prouilly-sur-Claise	Indre-et-Loire		Aubry <i>et al.</i> , 2007

**Tabl. 1** – Sites badegouliens utilisés pour reconstituer les niches éco-culturelles : \* attribution au Badegoulien incertaine ; \*\* attribution au Badegoulien incertaine [attribué au Magdalénien ancien par Fourloubey (1992)].

**Table 1** – Badegoulian sites used to reconstruct eco-cultural niches: \* uncertain attribution to Badegoulian; \*\* uncertain attribution to Badegoulian [attributed to Lower Magdalénien by Fourloubey (1992)].

les deux premiers n'a toujours pas été clairement réfutée et celle du dernier reste controversée (Cretin *et al.*, 2007 : p. 719). Dans ce contexte, en considérant que notre méthode pour recalculer un seuil de prédiction permet d'éviter que l'inclusion de ces trois sites ne produise un résultat biaisé, nous les avons donc inclus dans l'étude.

### Données environnementales

Elles incluent des données géographiques et une simulation climatique à haute résolution pour le LGM. Les premières sont l'altitude, la pente, l'exposition et un indice de drainage. Ces couches d'informations sont dérivées des données ETOPO1 (Amante et Eakins, 2009) et ETOPO2 (ETOPO2v2). Elles sont représentées par un quadrillage de 4 km × 4 km et la valeur indiquée correspond à la moyenne de chacune des variables géographiques. Les limites des côtes européennes pendant le LGM ont été reconstituées en baissant le niveau de la mer de 120 m (Lambeck et Chappell, 2001).

Concernant les données paléoclimatiques, nous avons utilisé une simulation à haute résolution qui cible le LGM. Elle est dérivée d'un modèle général de circulation atmosphérique avec une grille adaptée à l'Europe (résolution de l'ordre de 50 km) élaboré au Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (Gif-sur-Yvette, France). La simulation atmosphérique suit le protocole PMIP2 (Braconnot *et al.*, 2007) et utilise les paramètres orbitaux et les concentrations de gaz à effet de serre établis pour 21 000 cal. BP (Berger, 1978 ; Raynaud *et al.*, 1993). Le volume et la limite de la calotte de glace sont basés sur les reconstitutions d'ICE-5G (Peltier, 2004). Pour définir les caractéristiques de la surface de l'océan, nous avons utilisé les reconstitutions les plus récentes de GLAMAP (Paul et Schäfer-Neth, 2003).

### Reconstitution des niches éco-culturelles

Tout d'abord, GARP échantillonne les données d'occurrence d'une façon aléatoire pour créer une population d'entraînement et une population test. L'algorithme affine dans un premier temps les règles de prédiction – qui sont basées sur les paramètres environnementaux partagés – en les appliquant à la population d'entraînement (Stockwell et Peters, 1999). La performance de ces règles est ensuite évaluée en utilisant la population test. Ce processus est ainsi répété plusieurs centaines de fois jusqu'à obtention d'une prédiction optimale. Celle-ci représente une séquence de règles qui définit la niche ciblée dans un espace multidimensionnel. La niche obtenue est ensuite projetée sur une carte pour obtenir sa distribution géographique potentielle (Peterson, 2003). Les spécifications que nous avons utilisées sont décrites en détail ailleurs (Banks *et al.*, 2008a et 2009).

Dans Maxent, les coordonnées géographiques sont utilisées pour mettre en place une distribution de

probabilité de l'entropie maximale par pixel à travers la région géographique ciblée (Phillips *et al.*, 2006). Cette distribution estimée doit être en accord avec les paramètres environnementaux associés aux localités où l'espèce est présente. Les prédictions réalisées avec Maxent emploient les paramètres prédéfinis du logiciel.

### Évaluation des niches éco-culturelles

La prolifération de techniques pour reconstituer des niches écologiques et pour estimer la distribution d'une espèce a donné lieu à un débat concernant l'évaluation statistique de ces modèles (Araújo et Guisan, 2006 ; Warren *et al.*, 2008). Nous utilisons plusieurs méthodes pour évaluer la pertinence des niches éco-culturelles produites par les deux systèmes utilisés.

D'abord, il est important de déterminer si GARP et Maxent produisent des niches éco-culturelles équivalentes. Pour cela, nous avons employé une technique qui compare spatialement les prédictions pixel par pixel. Il s'agit d'une analyse statistique zonale, calculée par l'extension « Spatial Analyst » dans ArcGIS® 9 (Papeş et Gaubert, 2007).

Warren *et al.* (2008) décrivent de nouvelles méthodes pour mesurer le degré de similarité entre modèles écologiques. Ces outils sont disponibles dans le logiciel ENMTools (Warren *et al.*, 2010). ENMTools utilise Maxent pour créer des modèles écologiques qui sont analysés ensuite avec les outils du logiciel. Dans notre cas, deux tests statistiques ont été effectués : une analyse de superposition (*niche overlap test*) et une analyse de similarité de fond (*background similarity test*). La première mesure le degré de similarité écologique, pas nécessairement géographique, entre différentes reconstitutions. La deuxième évalue si les modèles écologiques dérivant de différentes populations avec des distributions géographiques distinctes ou partiellement superposées diffèrent de ce que l'on attendrait du fait du simple hasard.

On peut introduire des résultats de GARP dans ENMTools, mais les modifications nécessaires pour cela sont particulièrement contraignantes. Nous avons donc décidé de ne pas le faire, et de valider chaque modèle GARP par le biais de sa comparaison statistique avec le modèle Maxent correspondant : s'il n'y a pas de différence, il est alors légitime de conclure que les résultats du test par ENMTools d'un modèle Maxent sont aussi valables pour le modèle GARP équivalent (c'est-à-dire, si ENMTools montre une relation entre les résultats provenant de Maxent, alors cette relation existe aussi pour les prédictions réalisées avec GARP).

## RÉSULTATS

La distribution géographique de la niche éco-culturelle reconstituée pour l'ensemble du Badegoulien couvre une grande partie de la France, la portion méridionale de la Belgique et le tiers nord de la péninsule

Ibérique (fig. 2A et B). Les modèles produits par GARP et par Maxent sont semblables. Les différences résident dans le fait que Maxent prédit une extension plus limitée vers le nord de l'Espagne et une absence le long de la côte Atlantique, exposée à l'époque par la baisse du niveau marin. On constate aussi la tendance de Maxent à prédire des territoires potentiels plus réduits que ceux de GARP.

Les analyses statistiques zonales démontrent que les modèles produits par GARP et Maxent ne sont pas significativement différents. Les différences de distribution sont dues à des faibles différences dans les paramètres écologiques : des écarts minimes de ces paramètres peuvent se traduire par des différences sensibles de l'extension géographique de la niche potentielle. Par conséquent, la validation par ENMTools des prédictions Maxent entérine aussi les résultats obtenus avec GARP.

Les niches éco-culturelles obtenues pour chaque région définie sur la base de l'approvisionnement en matières premières lithiques (nord et sud) apparaissent géographiquement distinctes (fig. 2C vs 2E et 2D vs 2F). La seule zone où l'on observe une légère superposition entre les deux niches se situe dans les vallées de la Vienne et de la Creuse. Cette superposition est due au fait que la prédiction Maxent du territoire méridional s'étend au-delà des sites les plus septentrionaux de ce groupe pour couvrir, en marge, une région qui, par les matières premières lithiques employées, appartiendrait au territoire du Nord (fig. 3D). Cette faible superposition n'est pas vérifiée dans la prédiction du territoire Nord (fig. 3B). Le contraire s'observe dans les modèles GARP : les sites les plus septentrionaux du territoire du Sud sont prédits par la sous-niche écologique du Nord (fig. 3A) et la prédiction pour le territoire du Sud ne prédit aucun site appartenant au territoire du Nord (fig. 3C).

La zone de superposition suit l'isotherme de 3° C de température moyenne annuelle (fig. 4A) et correspond à la limite entre le bassin de la Loire et celui de la Dordogne. La sous-niche septentrionale occupe l'intervalle de température moyenne entre 0° et 3° C tandis que celle du Sud se situe entre 3° C et 5° C. On constate aussi que dans la sous-niche du Nord les conditions sont légèrement plus humides. La superposition plus importante observée dans les prédictions de Maxent se situe sur la bande délimitée par les isothermes entre 0° C et 4° C (fig. 4B).

Les analyses statistiques effectuées avec ENMTools montrent que les différences géographiques entre les niches éco-culturelles des deux territoires, évidentes sur les cartes (fig. 3A vs 3C, 3B vs 3D), ne sont cependant pas significatives d'un point de vue écologique. La mesure de superposition (*niche overlap*) donne les résultats statistique- $I = 0.417$  et statistique- $D = 0.168$ . Cette mesure peut varier entre 0 (aucune superposition) et 1 (superposition complète). Quand elle est comparée aux résultats des *pseudo-répliques* effectuées par les analyses de similarité de fond (*background similarity tests*; Nord vs Sud, Sud vs Nord), on constate que, statistiquement, les différences entre les deux niches éco-culturelles ne sont pas significatives (fig. 5).

## DISCUSSION

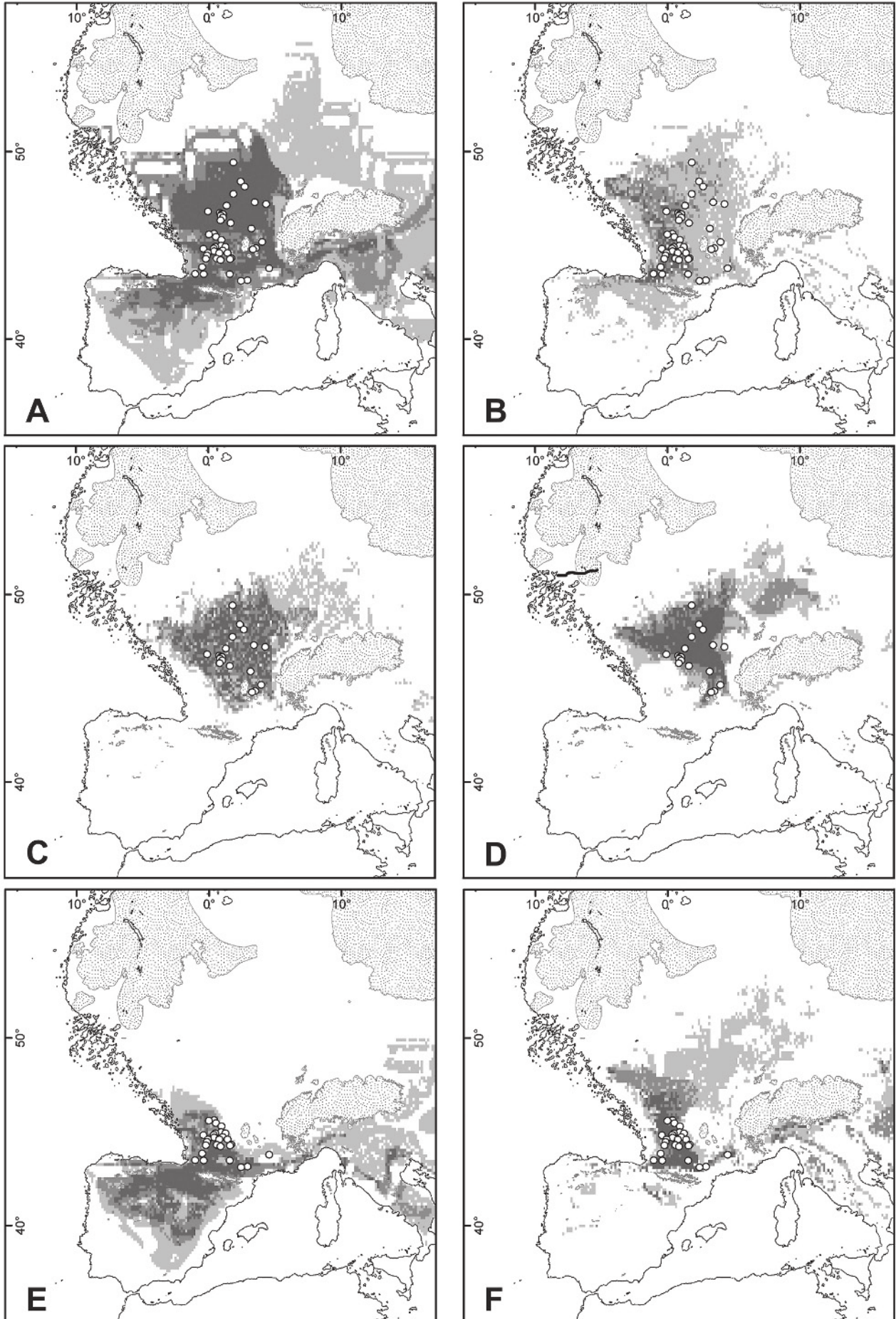
Les résultats obtenus permettent d'identifier l'enveloppe climatique au sein de laquelle le Badegoulien s'est développé et d'établir que la température apparaît comme le facteur déterminant dans la définition de sa niche éco-culturelle.

Ces résultats montrent également que les deux espaces géographiques définis, au sein du Badegoulien, par la circulation des matières premières lithiques sont légèrement distincts du point de vue de l'environnement mais que ces différences ne sont pas suffisamment marquées pour identifier des niches éco-culturelles distinctes. En théorie, la tendance observée pourrait être interprétée comme le reflet d'une exploitation saisonnière de deux régions par un seul et même groupe humain. Cependant, cette hypothèse ne peut pas être retenue car, au contraire de ce que l'on observe au Solutréen et au Magdalénien (Langlais, 2007 ; Aubry *et al.*, 2009), aucune circulation de matières premières ne s'observe entre les deux territoires badegouliens. En outre, et même si dans certaines sous-régions (Massif central) les occupations semblent se concentrer sur certaines saisons, les données fauniques (*e.g.*, Castel, 2003) montrent que les deux territoires possèdent des indices d'occupation tout au long de l'année. On peut donc rejeter en toute confiance l'idée que la niche éco-culturelle méridionale correspond à un territoire d'automne/hiver et celle du Nord à un territoire de printemps/été : une utilisation saisonnière par un seul et même groupe humain de deux zones d'une seule et même niche écologique est une hypothèse qui ne peut pas être retenue.

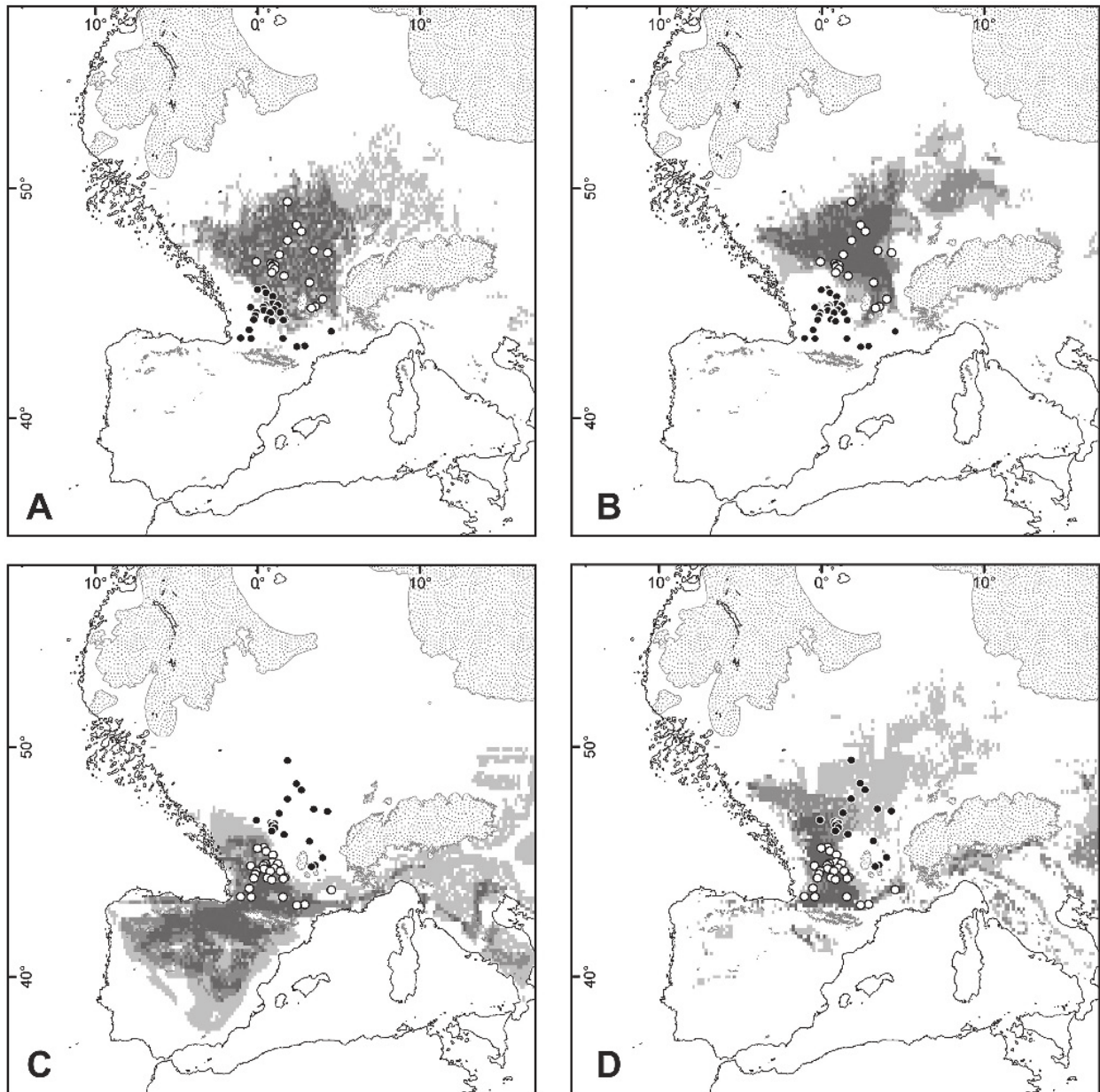
L'originalité du Badegoulien par rapport à d'autres technocomplexes ayant fait l'objet d'une étude éco-culturelle (Banks *et al.*, 2009) réside dans le fait que, pour celui-ci, deux territoires culturels distincts se côtoient à l'intérieur d'une seule niche écologique. Deux sous-populations ont exploité des régions légèrement différentes sur le plan écologique sans que ces différences aient eu des conséquences visibles sur leur outillage lithique. Quelle peut être la raison d'un tel phénomène ?

Nous proposons l'hypothèse que malgré les nettes différences de gestion et de fabrication de l'industrie lithique, il résulte d'une continuité entre les populations du Solutréen supérieur et celles du Badegoulien. Il est possible que la tendance à la régionalisation observée au sein du Solutréen supérieur (Banks *et al.*, 2009) soit restée active et se soit peut-être même accrue au Badegoulien. En effet, une circulation régulière de matières premières lithiques entre ces deux régions est attestée à l'ouest du Massif central au Solutréen (Aubry *et al.*, 2009) mais disparaît au Badegoulien. Il est difficile pour l'instant de saisir les implications d'ordre social et culturel de ce processus.

Le fait que les industries lithiques ne se différencient pas sensiblement au sein des deux territoires badegouliens n'implique pas nécessairement une homogénéité culturelle et ne contredit pas l'existence





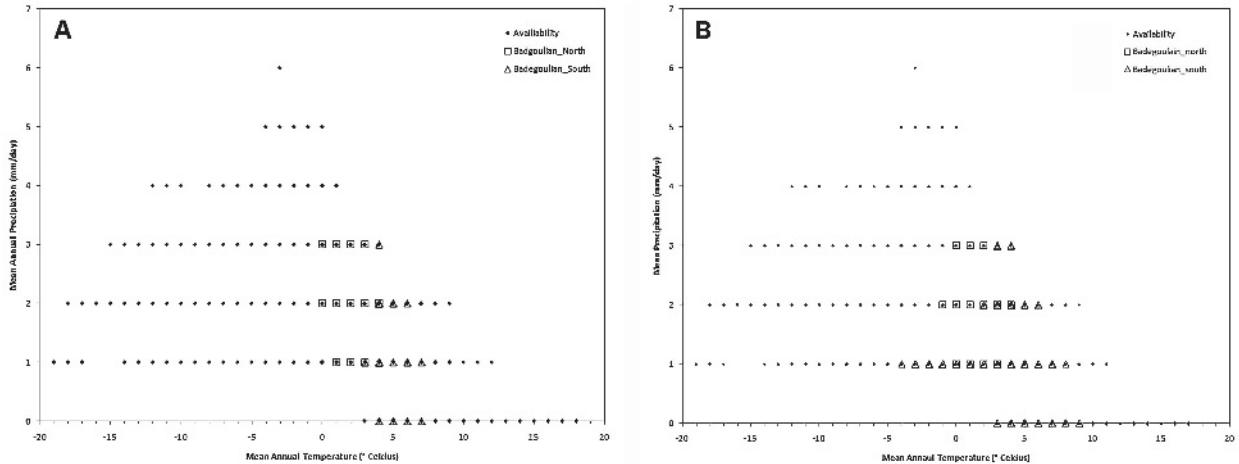


**Fig. 3** – Sous-niches éco-culturelles pour les territoires badegouliens nord et sud indiquant les sites utilisés pour les reconstituer. Dans chaque cas, les sites appartenant à l'autre territoire sont aussi représentés, mais ils n'ont pas été utilisés dans la reconstitution. Les sites archéologiques utilisés pour reconstituer la niche écologique d'un territoire sont figurés par des cercles blancs, ceux de l'autre territoire par des cercles noirs : A) prédiction GARP du territoire du Nord ; B) prédiction Maxent du territoire du Nord ; C) prédiction GARP du territoire du Sud ; D) prédiction Maxent du territoire du Sud. Limites des glaciers et de la calotte fenno-scandinave d'après Ehlers et Gibbard (2004).

**Fig. 3** – Eco-cultural niche reconstructions for the northern and southern Badegoulian territories indicating the sites used to predict the niche. In each case, the sites belonging to the other territory, but not used in the prediction, are also depicted. The archaeological sites used to reconstruct a territory's ecological niche are indicated by white circles, and those of the other territory are indicated by black circles : A) GARP prediction for the northern territory ; B) Maxent prediction for the northern territory ; C) GARP prediction for the southern territory ; D) Maxent prediction for the southern territory. The spatial extent of glaciers and the Fenno-Scandinavian ice sheet are derived from Ehlers and Gibbard (2004).

**Fig. 2 (à gauche)** – Reconstitutions de la niche éco-culturelle badegoulienne : A) prédiction GARP pour l'ensemble du Badegoulien ; B) prédiction Maxent pour l'ensemble du Badegoulien ; C) prédiction GARP pour le territoire du Nord ; D) prédiction Maxent pour le territoire du Nord ; E) prédiction GARP pour le territoire du Sud ; F) prédiction Maxent pour le territoire du Sud. Dans les prédictions réalisées par GARP est figurée en rouge la zone pour laquelle tous les modèles prévoient une présence, en rose une présence prédite par 6 à 9 modèles sur 10 et en gris une présence prédite par 1 à 5 modèles sur 10. Dans les prédictions réalisées par Maxent, les limites de la niche sont établies par le niveau de probabilité le plus bas qui inclut tous les sites archéologiques. Ces seuils sont : pour B :  $P = 0,17$  ; pour D :  $P = 0,35$  ; et pour F :  $P = 0,07$ . Les couleurs varient entre clair et foncé, c'est à dire, respectivement, entre basse et haute probabilité. Limites des glaciers et de la calotte fenno-scandinave d'après Ehlers et Gibbard (2004).

**Fig. 2 (on left)** – Badegoulian eco-cultural niche reconstructions: A) GARP prediction for the Badegoulian in its entirety ; B) Maxent prediction for the Badegoulian in its entirety ; C) GARP prediction for the northern territory ; D) Maxent prediction for the northern territory ; E) GARP prediction for the southern territory ; F) Maxent prediction for the southern territory. For the GARP predictions, grid squares for which all ten models predict the presence of suitable conditions are indicated in red, grid squares with 6-9 models in agreement are depicted in pink, and grid squares with 1-5 of 10 models in agreement are indicated in grey. For the Maxent predictions, the limits of the eco-cultural niche are defined by the lowest level of predictive probability that includes all sites (taking into consideration our estimation of E). These thresholds are as follows: B)  $P = 0.17$ , D)  $P = 0.35$ , F)  $P = 0.07$ . Colors vary between light and dark, corresponding to low and high probability, respectively. The spatial extent of glaciers and the Fenno-Scandinavian ice sheet are derived from Ehlers and Gibbard (2004).

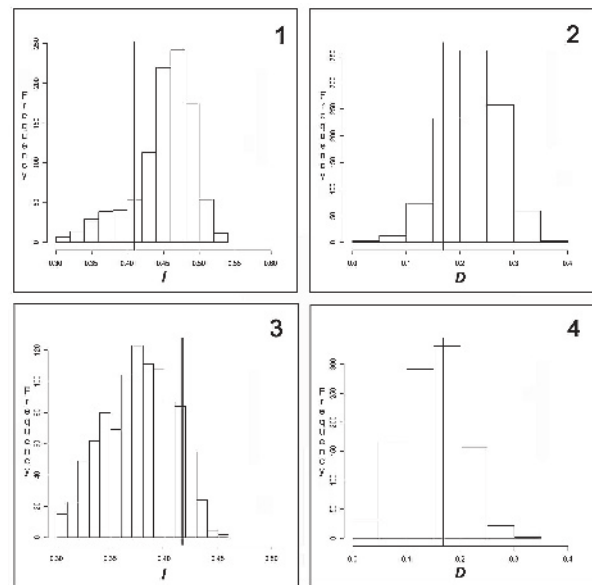


**Fig. 4** – Diagramme de dispersion des sous-niches éco-culturelles des deux territoires badegouliens par rapport à la température moyenne annuelle (° Celsius) et les précipitations moyennes annuelles (mm/jour) : A) prédictions de GARP; B) prédictions de Maxent.  
**Fig. 4** – Plots of the eco-cultural niches for the northern and southern Badegoulian territories with respect to mean annual temperature (° Celsius) and mean annual precipitation (mm/day): A) GARP predictions; B) Maxent predictions.

de territoires sociaux distincts. En effet, les sites badegouliens sont attribués à ce technocomplexe sur la base de chaînes opératoires relativement simples. Il est raisonnable de penser que les fonctions des outils caractéristiques du Badegoulien étaient les mêmes dans les deux territoires identifiés. Cela pourrait ne pas être le cas pour nombre de techniques et autres comportements culturels (symbolique, langue, etc.) ayant laissé des traces archéologiques plus fugaces.

L'analyse de la culture matérielle de sociétés traditionnelles indique que des différences entre sous-groupes occupant des territoires distincts, mais appartenant au même ethno-linguistique sont souvent exprimées par des traits vestimentaires ou stylistiques (voir DeMallie et Sturtevant dir., 2001). Selon les techniques et les matières premières utilisées, ces traits ont parfois une faible visibilité archéologique. Il est fort possible, à la lumière de ce constat, que des différences entre ces deux zones du Badegoulien seront mises en évidence par l'accumulation des données ou leur analyse plus systématique et qu'elles apparaîtront dans le domaine symbolique (parures, art mobilier, style et décoration des armes de chasses en matière dure animale).

Il est aussi possible que l'approfondissement des études sur la saisonnalité et la circulation des matières premières lithiques apporte un complément significatif à cette recherche. Il est intéressant à ce propos de remarquer qu'au sein du territoire septentrional, des parcours saisonniers sont systématiquement attestés entre les basses vallées de la Creuse, du Cher, de la Loire et dans le Massif central. Des parcours comparables pourraient aussi exister entre le centre et la bordure méridionale du Bassin parisien, comme l'attestent les silex tertiaires du site d'Oisy (Bodu, 2008). Les données sur la circulation des matières premières lithiques semblent indiquer une plus faible mobilité dans le territoire méridional. Cette différence est à



**Fig. 5** – Histogrammes des analyses de similarité de fond (*background similarity tests*) sur les pseudo-répliques : 1) Nord vs Sud statistique I; 2) Nord vs Sud statistique D; 3) Sud vs Nord statistique I; 4) Sud vs Nord statistique D. La ligne noire indique la mesure réelle de superposition : (statistique  $I = 0,417$ ; statistique  $D = 0,168$ ). Nord vs Sud,  $P_I = 0,171$ ,  $P_D = 0,160$ ; Sud vs Nord,  $P_I = 0,890$ ,  $P_D = 0,622$ .  
**Fig. 5** – Histograms of background test replicates : 1) North vs South Background I-statistic ; 2) North vs South Background D-statistic ; 3) South vs North Background I-statistic ; 4) South vs North Background D-statistic. Black line indicates calculated overlap value ( $I = 0.417$ ;  $D = 0.168$ ). North vs South,  $P_I = 0.171$ ,  $P_D = 0.160$ ; South vs North,  $P_I = 0.890$ ,  $P_D = 0.622$ .

présent le seul indice permettant d'entrevoir une différence dans le mode d'exploitation des deux zones identifiées au sein de la niche éco-culturelle du Badegoulien.

Pour mieux comprendre la dimension diachronique de cette territorialité, il serait utile d'évaluer si le

partage de la niche badegoulienne se poursuit au sein du Magdalénien initial, culture associée à une amélioration climatique relative entre le LGM et l'évènement Heinrich 1. Si une continuité est vérifiée entre le Solutréen supérieur et le Magdalénien dans l'utilisation de ces territoires, quels mécanismes faudrait-il alors invoquer pour expliquer les forts changements que l'on observe entre eux sur le plan des techniques ? ■

**Remerciements :** les auteurs remercient Catherine Cretin, Olivier Ferullo et deux rapporteurs anonymes pour leurs remarques constructives.

Cette recherche a été financée par un contrat de l'Institut Écologie et Environnement du CNRS accordé à W. Banks et une Advanced Grant du Conseil Européen de la Recherche (FP7/2007/2013/ERC Grant TRACSYMBOLS n° 249587) attribuée à F. D'Errico et C. Henshilwood.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALLAIN J., FRITSCH R. (1967) – Le Badegoulien de l'abri Fritsch aux Roches de Pouligny-Saint-Pierre (Indre), *BSPF. Études et travaux*, 64, 1, p. 83-94.
- ALLAIN J., FRITSCH R., RIGAUD A., TROTIGNON F. (1974) – Le débitage du bois de renne dans les niveaux à raclettes du Badegoulien de l'abri Fritsch et sa signification, in H. Camps-Fabrer (dir.), *Premier colloque international sur l'industrie osseuse dans la Préhistoire (Sénanque, 1974)*, Aix-en Provence, Éd. de l'Université de Provence, p. 67-74.
- ALLARD M. (1992) – Les Magdaléniens de l'abri des Peyrugues, à Orniac (Lot). Leur culture et leurs relations avec le milieu, in J.-P. Rigaud, H. Laville et B. Vandermeersch (dir.), *Le peuplement magdalénien. Paléogéographie physique et humaine*, Actes du colloque (Chancelade, 1988), Paris, Éd. du CTHS (Documents préhistoriques 2), p. 377-385.
- AMANTE Ch., EAKINS B.W. (2009) – *ETOPO1 1 Arc-Minute Global Relief Model: Procedures, Data Sources and Analysis*, Boulder, U.S. Dept. of Commerce – National Oceanic and Atmospheric Administration – National Environmental Satellite, Data, and Information Service – National Geophysical Data Center, Marine Geology and Geophysics Division (NOAA Technical Memorandum NESDIS NGDC 24), 19 p.
- ARAÚJO M.B., GUISAN A. (2006) – Five (or so) Challenges for Species Distribution Modelling, *Journal of Biogeography*, 33, p. 1677-1688.
- ARAÚJO M.B., RAHBK C. (2006) – How Does Climate Change Affect Biodiversity, *Science*, 313, p. 1396-1397.
- AUBRY T. (1991) – *L'exploitation des ressources en matières premières lithiques dans les gisements solutréens et badegouliens du bassin versant de la Creuse (France)*, thèse de doctorat, université de Bordeaux 1, Talence, 327 p.
- AUBRY T., ALMEIDA M., CHEHMANA L., THIENNET H., WALTER B. (2007) – De la fin du Solutréen au Magdalénien moyen dans les vallées de la Claise et de la Creuse, *BSPF*, 104, 4, p. 699-714.
- AUBRY T., WALTER B., ALMEIDA M., LIARD M., NEVES M.J. (2004) – Approche fonctionnelle des sites dits d'atelier : l'exemple des occupations solutréennes et badegouliennes de Maîtresaux (Indre-et-Loire, France), in P. Bodu et C. Constantin (dir.), *Approches fonctionnelles en Préhistoire, Actes du 25<sup>e</sup> Congrès préhistorique de France (Nanterre, 2000)*, Paris, Société préhistorique française, p. 249-263.
- AUBRY T., ALMEIDA M., MANGADO LLACH J., PELEGRIN J., PEYROUSE J.-B., NEVES M.J., WALTER B. (2009) – Les grandes feuilles de laurier solutréennes : données intrinsèques et contexte de découverte, in S. Bonnardin et al. (dir.), *Du matériel au spirituel : réalités archéologiques et historiques des "dépôts" de la Préhistoire à nos jours, Actes des 29<sup>es</sup> Rencontres internationales d'archéologie et d'histoire (Antibes, 2008)*, Antibes, Éd. APDCA, p. 47-59.
- AURA TORTOSA J.E. (2007) – Badegouliens et Magdaléniens du versant méditerranéen espagnol, *BSPF*, 104, 4, p. 809-824.
- BALOUT L. (1958) – L'Abri André Ragout au Bois-du-Roc (Vilhonneur, Charente), *BSPF*, 55, 10, p. 599-627.
- BANKS W.E., D'ERRICO F., PETERSON A.T., KAGEYAMA M., SIMA A., SÁNCHEZ-GOÑI M.F. (2008a) – Neanderthal Extinction by Competitive Exclusion, *PLoS ONE*, 3, 12, p. 3972.
- BANKS W.E., ZILHÃO J., D'ERRICO F., KAGEYAMA M., SIMA A., RONCHITELLI A. (2009) – Investigating Links between Ecology and Bifacial Tool Types in Western Europe during the Last Glacial Maximum, *Journal of Archaeological Science*, 36, p. 2853-2867.
- BANKS W.E., D'ERRICO F., PETERSON A.T., VANHAEREN M., KAGEYAMA M., SELPULCHRE P., RAMSTEIN G., JOST A., LUNT D. (2008b) – Human Ecological Niches and Ranges during the LGM in Europe Derived from an Application of Eco-Cultural Niche Modeling, *Journal of Archaeological Science*, 35, p. 481-491.
- BAYLE DES HERMENS R. (1974) – Note préliminaire sur le Magdalénien ancien de la couche F2 de la grotte du Rond-de-Barry, *L'Anthropologie*, 78, p. 17-36.
- BAZILE F. (1977) – Le Magdalénien ancien de Camparnaud à Vers-Pont-du-Gard (Gard), *Bulletin de la Société d'étude des sciences naturelles de Nîmes*, 55, p. 47-64.
- BAZILE F., BOCCACCIO G. (2007) – Du Solutréen supérieur au Magdalénien en Languedoc rhodanien : ruptures et continuités, *BSPF*, 104, 4, p. 787-796.
- BERGER A. (1978) – Long-Term Variations of Caloric Solar Radiation Resulting from the Earth's Orbital Elements, *Quaternary Research*, 9, p. 139-167.
- BODU P. (2008) – *Le gisement badegoulien du Mont-Saint-Aubin (Oisy, Nièvre)*, Document final de synthèse de fouille programmée (autorisation trisannuelle 2006-2008), Dijon, Service régional de l'Archéologie, 157 p.
- BODU P., SENÉE A. (2001) – Le gisement « badegoulien » du Mont-St-Aubin à Oisy (Nièvre - 58), *Archéologie en Haut-Nivernais, Vaux d'Yonne Archéologie*, 19, p. 3-59.
- BODU P., CHEHMANA L., DEBOUT G. (2007) – Le Badegoulien de la moitié nord de la France : un état des connaissances, *BSPF*, 104, 4, p. 661-679.
- BORDES F. (1958) – Nouvelles fouilles à Laugerie-Haute est. Premiers résultats, *L'Anthropologie*, 62, p. 205-244.
- BORDES F., FITTE P. (1950) – Un abri solutréen à Abilly (Indre-et-Loire). Note préliminaire, *BSPF*, 47, 3-4, p. 146-153.
- BOSELIN B., DJINDJIAN F. (1999) – Une révision de la séquence de la Riera (Asturies) et la question du Badegoulien cantabrique, *BSPF*, 96, 2, p. 153-173.
- BRACCO J.-P. (1992) – *Le Paléolithique supérieur du Velay et de ses abords. Recherches sur la dynamique des peuplements et l'occupation du sol dans un milieu volcanique de moyenne montagne*, thèse de doctorat, université de Provence, Aix-Marseille I-Marseille, 229 p.

- BRACCO J.-P. (1994) – Colonisation et peuplement en moyenne montagne volcanique au Würm récent : le campement badegoulien de la Roche à Tavernat (Massif Central), *BSPF*, 91, 2, p. 113-118.
- BRACONNOT P., OTTO-BLIESNER B., HARRISON S., JOUSSAUME S., PETERSCHMITT J.-Y. et collab. (2007) – Results of PMIP2 Coupled Simulations of the Mid-Holocene and Last Glacial Maximum. Part 1: Experiments and Large-Scale Features, *Climate of the Past*, 3, p. 261-277.
- CASTEL J.-Ch. (2003) – Économie de chasse et d'exploitation de l'animal au Cuzoul de Vers (Lot) au Solutréen et au Badegoulien, *BSPF*, 100, 1, p. 41-65.
- CASTEL J.-Ch., CHAUVIÈRE F.-X., L'HOMME X., CAMUS H. (2006) – Un nouveau gisement du Paléolithique supérieur récent : le Petit Cloup Barrat (Cabrerets, Lot, France), *BSPF*, 103, 2, p. 263-273.
- CHAMPAGNE F., ESPITALIÉ R. (1981) – *Le Piage, site Préhistorique du Lot*, Paris, Société préhistorique française (Mémoire 15), 206 p.
- CHEYNIER A. (1939) – Le Magdalénien primitif de Badegoule. Niveaux à raclettes, *BSPF*, 36, 9, p. 354-396.
- CHEYNIER A. (1949) – *Badegoule : station solutréenne et proto-magdalénienne*, Paris, Masson (Archives de l'Institut de paléontologie humaine 23), 230 p.
- CHEYNIER A. (1951) – Les industries protomagdaléniennes, *BSPF*, 48, 3-4, p. 189-192.
- CHEYNIER A. (1965) – *L'Abri Lachaud à Terrasson (Dordogne)*, Paris, Presses universitaires de France (Préhistoire 16), 118 p.
- CLARK P.U., DYKE A.S., SHAKUN J.D., CARLSON A.E., CLARK J., et al. (2009) – The Last Glacial Maximum, *Science*, 325, p. 710-714.
- CLEYET-MERLE J.-J. (1992) – Le Magdalénien dans la vallée de la Couze et ses origines d'après les fouilles des Jamblancs, in J.-Ph. Rigaud, H. Laville et B. Vandermeersch (dir.), *Le peuplement magdalénien. Paléogéographie physique et humaine, Actes du colloque (Chancelade, 1988)*, Paris, Éd. du CTHS (Documents préhistoriques 2), p. 223-234.
- CLEYET-MERLE J.-J., LÉTÉ J. (1985) – Contribution à l'étude du Paléolithique moyen et supérieur de la vallée du Cher : la station de la Pyramide à Céré-la-Ronde, *BSPF*, 82, 6, p. 181-189.
- CLOTTE J., GIRAUD J.-P. (1996) – Solutréens et Badegouliens au Cuzoul de Vers (Lot), in J.-P. Mohen (dir.), *La vie préhistorique*, Dijon, Éd. Faton, p. 256-261.
- CORDIER G., BERTHOVIN F. (1953) – Une industrie à burins transversaux au Grand-Pressigny (Indre-et-Loire), *BSPF*, 50, 9-10, p. 497-504.
- CORDIER G., THIENNET H. (1965) – La station proto-magdalénienne de Saint-Fiacre, commune de Bossay-sur-Claise, in *Actes du 16<sup>e</sup> Congrès préhistorique de France (Principauté de Monaco, 1959)*, Paris, Société préhistorique française, p. 448-481.
- CRETIN C. (2000) – *Tradition et variabilité dans le comportement technique : le cas du Badegoulien et du Magdalénien en Périgord*, thèse de doctorat, université de Paris I, 451 p.
- CRETIN C. (2007) – « Arrêt sur » le Badegoulien : historique, état de la question et perspectives, in J. Évin (dir.), « *Des idées d'hier...* », vol. I d'Un siècle de construction du discours scientifique en Préhistoire, Actes du 26<sup>e</sup> Congrès préhistorique de France (Avignon-Bonnieux, 2004), Paris, Société préhistorique française, p. 367-378.
- CRETIN C., FERULLO O., FOURLOUBEY Ch., LENOIR M., MORALA A. (2007) – Le Badegoulien du nord de l'Aquitaine : de nouveaux moyens de lecture, *BSPF*, 104, 4, p. 715-734.
- DELARUE R., VIGNARD É. (1964) – Le gisement composite de Ballancourt-sur-Essonne (Seine-et-Oise), *BSPF. Études et travaux*, 61, 2, p. 289-299.
- DELPORTE H. (1976) – Les civilisations du Paléolithique supérieur en Auvergne, in H. de Lumley (dir.), *Les civilisations paléolithiques et mésolithiques de la France*, tome I de *La Préhistoire française*, vol. 2, Paris, Éd. du CNRS, p. 1297-1304.
- DeMALLIE R.J., STURTEVANT W.C. (dir.) (2001) – *Handbook of North American Plains Indians*, tome XIII: *Plains*, Washington D.C., Smithsonian Institution, 2 vol., 2036 p.
- D'ERRICO F., BANKS W.E., VANHAEREN M., LAROULANDIE V., LANGLAIS M. (2011) – PACEA Geo-Referenced Radiocarbon Database, *PaleoAnthropology*, 2011, p. 1-12.
- DETRAIN L., KERVAZO B., AUBRY T., BOURGUIGNON L., GUADELLI J.-L., MARCON V., TEILLET P. (1991) – Agrandissement du musée national de préhistoire des Eyzies : résultats préliminaires des fouilles de sauvetage, *Paléo*, 3, p. 75-91.
- DJINDJIAN F. (2003) – Hypothèses de peuplement paléolithique entre 18 500 et 16 000 BP en Aquitaine et en Languedoc, in E. Ladier (dir.), *Les pointes à cran dans les industries lithiques du Paléolithique supérieur récent. De l'oscillation de Lascaux à l'oscillation de Bolling, Actes de la table ronde (Montauban, 2002)*, Montauban, Ville de Montauban-Direction régionale des Affaires culturelles (*Préhistoire du Sud-Ouest*, suppl. 6), p. 29-46.
- DUCASSE S. (2010) – *La "parenthèse" badegoulienne : fondements et statut d'une discordance industrielle au travers de l'analyse techno-économique de plusieurs ensembles lithiques méridionaux du Dernier Maximum Glaciaire*, thèse de doctorat, université de Toulouse 2 – Le Mirail, 442 p.
- DUJARDIN V. (2001) – La grotte des Renardières (Les Pins, Charente), niveaux paléolithiques et épipaléolithiques, *Bulletin de liaison et d'information de l'Association des Archéologues de Poitou-Charentes*, 30, p. 30-51.
- EHLERS J., GIBBARD P.L. (dir.) (2004) – *Quaternary Glaciations – Extent and Chronology. Part I: Europe*, Amsterdam, Elsevier (Developments in Quaternary Science 2), 488 p.
- FERULLO O. (1995) – *Essai d'approche économique de l'industrie lithique de Bordeneuve (Beaugas, Lot-et-Garonne)*, mémoire de DEA, université de Bordeaux 1, Talence, 97 p.
- FOURLOUBEY Ch. (1992) – *La Jaubertie II, un nouveau site Magdalénien dans la moyenne vallée de l'Isle. Étude de l'industrie lithique*, mémoire de DEA, université de Bordeaux 1, Talence, 78 p.
- FOURLOUBEY Ch. (1998) – Badegoulien et premiers temps du Magdalénien : un essai de clarification à l'aide d'un exemple, la Vallée de l'Isle en Périgord, *Paléo*, 10, p. 185-209.
- GAUSSEN J. (1980) – *Le Paléolithique supérieur de plein air en Périgord, secteur Mussidan/Saint-Astier, moyenne vallée de l'Isle*, Paris, Éd. du CNRS (*Gallia Préhistoire*, suppl. 14), 300 p.
- GAUSSEN J., MOISSAT J.-Cl. (1985) – Lacaud : habitat magdalénien ancien de plein air (vallée de l'Isle en Périgord), *BSPF*, 82, 10-12, p. 350-376.
- GAUSSEN J., JOYEL S., HESAUT B. (1993) – Parrain Ouest : station magdalénienne de plein air, *Paléo*, 5, p. 209-237.
- GELLIBERT B., MERLET J.-Cl., FERRIER C., LEGIGAN P. (2001) – Le gisement badegoulien de Cabannes (commune de Brocas-les-Forges, Landes), *Archéologie des Pyrénées occidentales et des Landes*, 20, p. 81-104.
- HUTCHINSON G.E. (1957) – *Concluding Remarks, Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 22, p. 415-427.
- JOANNÈS P., CORDIER G. (1957) – La station proto-magdalénienne de la Pluche, commune d'Yzeures-sur-Creuse (Indre-et-Loire), *BSPF*, 54, 1-2, p. 82-93.
- KILDEA F. (2008) – « *La Croix de Bagneux* » à Mareuil-sur-Cher (Loir-et-Cher), un site paléolithique à occupations multiples dans la vallée du Cher, Rapport final d'opération, INRAP Centre-Île-de-France, Orléans, Service régional de l'Archéologie, 643 p.
- KOZAK K.H., WIENS J.J. (2006) – Does Niche Conservatism Promote Speciation? A Case Study in North American Salamanders, *Evolution*, 60, p. 2604-2621.

- LAMBECK K., CHAPPELL J. (2001) – Sea Level Change Through the Last Glacial Cycle, *Science*, 292, p. 679-686.
- LANGLAIS M. (2007) – *Dynamiques culturelles des sociétés magdaléniennes dans leurs cadres environnementaux : enquête sur 7000 ans d'évolution de leurs industries lithiques entre Rhône et Èbre*, thèse de doctorat, université de Toulouse 2-Le Mirail/universitat de Barcelona, 548 p.
- LENOIR M. (1989) – Le Magdalénien de l'Aquitaine occidentale, in J.-P. Mohen (dir.), *Le temps de la Préhistoire, Actes du 23<sup>e</sup> Congrès préhistorique de France (Paris, 1989)*, Paris, Société préhistorique française – Dijon, Éd. Faton, vol. I, p. 323-325.
- LENOIR M. (2000) – La Préhistoire ancienne en Gironde : apport des recherches récentes, *Gallia Préhistoire*, 42, p. 57-84.
- LE TENSORER J.-M. (1981) – *Le Paléolithique de l'Agenais*, Paris, Éd. du CNRS (Cahiers du Quaternaire 3), 526 p.
- MERLET J.-Cl. (2005) – Le Badegoulien et le Magdalénien ancien dans le bassin de l'Adour : un état de la question, *Archéologie des Pyrénées occidentales et des Landes*, 24, p. 103-118.
- MIX A.C., BARD É., SCHNEIDER R. (2001) – Environmental Processes of the Ice Age: Land, Oceans, and Glaciers (EPILOG), *Quaternary Science Reviews*, 20, p. 627-657.
- MORALA A. (1993) – Technologie lithique du Magdalénien ancien de l'Abri Casserole, *Paléo*, 5, p. 193-208.
- MOUTON P., JOFFROY R. (1957) – Le Poron des Cuèches (Côte-d'Or), *L'Anthropologie*, 61, p. 1-27.
- NOUEL A. (1937) – Une station préhistorique à La Chapelle-Saint-Mesmin, *BSPF*, 34, 9, p. 379-387.
- PAPEŞ M., GAUBERT P. (2007) – Modelling Ecological Niches from Low Numbers of Occurrences: Assessment of the Conservation Status of Poorly Known Viverrids (Mammalia, Carnivora) Across Two Continents, *Diversity and Distributions*, 13, p. 890-902.
- PAUL A., SCHÄFER-NETH C. (2003) – Modeling the Water Masses of the Atlantic Ocean at the Last Glacial Maximum, *Paleoceanography*, 18, p. 1058, doi :10.1029/2002PA000783.
- PELTIER W.R. (2004) – Global Glacial Isostasy and the Surface of the Ice-Age Earth : the ICE-5G (VM2) Model and GRACE, *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 32, p. 111-149.
- PETERSON A.T. (2003) – Predicting the Geography of Species' Invasions via Ecological Niche Modeling, *Quarterly Review of Biology*, 78, p. 419-433.
- PETERSON A.T., PAPEŞ M., EATON M. (2007) – Transferability and Model Evaluation in Ecological Niche Modeling: a Comparison of GARP and Maxent, *Ecography*, 30, p. 550-560.
- PHILLIPS S.J., DUDÍK M., SCHAPIRE R.E. (2004) – A Maximum Entropy Approach to Species Distribution Modeling, *Proceedings of the 21<sup>st</sup> International Conference on Machine Learning (Banff, Canada, 2004)*, New York, Association for Computing Machinery Press, p. 655-662.
- PHILLIPS S.J., ANDERSON R.P., SCHAPIRE R.E. (2006) – Maximum Entropy Modeling of Species Geographic Distributions, *Ecological Modelling*, 190, p. 231-259.
- PRADEL L. (1950) – Le Solutréen supérieur de la grotte de la Tannerie, commune de Lussac-les-Châteaux (Vienne), *BSPF*, 47, 9-10, p. 465-471.
- PRIMAULT J. (2003) – *Exploitation et diffusion des silex de la région du Grand-Pressigny au Paléolithique*, thèse de doctorat, université de Paris X – Nanterre, 358 p.
- PRIMAULT J., BROU L., GABILLEAU J., LANGLAIS M. et al. (2007) – La grotte du Taillis des Coteaux à Antigny (Vienne) : intérêts d'une séquence originale à la structuration des premiers temps du Magdalénien, *BSPF*, 104, 4, p. 743-758.
- RAYNAUD D., JOUZEL J., BARNOLA J.M., CHAPPELLAZ J., DELMAS R.J., LORIEU Cl. (1993) – The Ice Record of Greenhouse Gases, *Science*, 259, p. 926-934.
- RIGAUDA A. (2004) – Transformation du bois de renne au Badegoulien. L'exemple de l'Abri Fritsch (Indre, France), in D. Ramseyer (dir.), *Matières et techniques*, Paris Société préhistorique Française, (Fiches de la Commission de nomenclature sur l'industrie de l'os préhistorique. Cahier 11), p. 75-78.
- ROCHE J. (1971) – Stratigraphie de la grotte du Placard (Fouilles 1958-1968), *Bulletins et mémoires de la Société archéologique et historique de la Charente*, p. 253-259.
- SACCHI D. (1968) – Données nouvelles sur le Paléolithique supérieur du département de l'Aude, *Atacina*, 3, p. 3-32.
- SACCHI D. (1986) – *Le Paléolithique supérieur du Languedoc occidental et du Roussillon*, Paris, Éd. du CNRS (*Gallia Préhistoire*, suppl. 21), 284 p.
- SCUVÉE F., VERAGUE J. (1984) – *Un site du Paléolithique supérieur en Basse-Normandie, l'abri-sous-roche de la Pointe du Rozel (Manche). Étude archéologique et géomorphologique*, Cherbourg, Éd. LITTUS-CEHP, 150 p.
- SÉRONIE-VIVIEN M.-R. (1989) – Un habitat en grotte : la grotte de Pégouré (Caniac-du-Causse, Lot). Périgordien – Badegoulien – Azilien – Âge du Bronze, *BSPF*, 86, 10-12, p. 363-369.
- SÉRONIE-VIVIEN M.-R. (1995) – *La grotte de Pégouré (Caniac-du-Causse, Lot), Périgordien, Badegoulien, Azilien, Âge du bronze*, Cressenssac, Préhistoire quercinoise (suppl. 2), 334 p.
- SONNEVILLE-BORDES D. de (1989) – Préface, *Bulletin de la Société préhistorique Ariège-Pyrénées*, 44, p. 5-17.
- STOCKWELL D.R.B., PETERS D.P. (1999) – The GARP Modelling System : Problems and Solutions to Automated Spatial Prediction, *International Journal of Geographic Information Systems*, 13, p. 143-158.
- STRAUS L.G., CLARK G.A. (2000) – La grotte de la Riera (Asturies) et la question du Solutréen cantabrique (et ibérique), *BSPF*, 97, 1, p. 129-132.
- TERBERGER T., STREET M. (2002) – Hiatus or Continuity? New Results for the Question of Pleniglacial Settlement in Central Europe, *Antiquity*, 76, p. 691-698.
- TROTIGNON F., POULAIN T., LEROI-GOURHAN Arl. (1984) – *Études sur l'Abri Fritsch (Indre)*, Paris, Éd. du CNRS (*Gallia Préhistoire*, suppl. 19), 122 p.
- VACHER G., VIGNARD É. (1964) – Le Protomagdalénien I à raclettes des « Ronces » dans les Gros Monts de Nemours, *BSPF. Études et travaux*, 61, n° h.s., p. 32-44.
- VERNET G. (1995) – *Habitat du Paléolithique supérieur, Gannat « La Contrée Viallet »*, Rapport final d'opération, AFAN Rhône-Alpes Auvergne, Clermont-Ferrand, Service régional de l'Archéologie, 115 p.
- VIGNARD É. (1965) – Le Badegoulien, *BSPF. Comptes rendus des séances mensuelles*, 62, 8, p. 262-263.
- VIRMONT J. (1976) – La grotte de Cottier à Returnac. Étude préhistorique, *Nouvelles archives du Muséum d'histoire naturelle de Lyon*, 14, p. 5-18.
- WARREN D.L., GLOR R.E., TURELLI M. (2008) – Environmental Niche Equivalency Versus Conservatism: Quantitative Approaches to Niche Evolution, *Evolution*, 62, p. 2868-2883.
- WARREN D.L., GLOR R.E., TURELLI M. (2010) – ENMTools: a Toolbox for Comparative Studies of Environmental Niche models, *Ecography*, 33, p. 607-611.
- ZILHÃO J. (1997) – *O Paleolítico Superior da Estremadura portuguesa*, Lisbonne, Éd. Colibri, 2 vol., 1160 p.

**William E. BANKS**

UMR 5199-PACEA, Université Bordeaux 1, CNRS  
Préhistoire, Paléoenvironnement, Patrimoine  
Bâtiment B18, avenue des Facultés, F-33405 Talence et  
Biodiversity Institute, University of Kansas, 1345 Jayhawk Blvd, Dyche Hall  
Lawrence KS 66045-7562 - USA  
w.banks@pacea.u-bordeaux1.fr

**Thierry AUBRY**

Parque arqueológico e Museu do Côa, IGESPAR, I.P.  
Ministério da Cultura de Portugal  
Rua do Museu, 5150-610 Vila Nova de Foz Côa - Portugal  
thaubry@sapo.pt

**Francesco D'ERRICO**

UMR 5199-PACEA, Université Bordeaux 1, CNRS  
Préhistoire, Paléoenvironnement, Patrimoine  
Bâtiment B18, avenue des Facultés - F-33405 Talence et  
Dept of Archaeology, History, Cultural and Religions Studies,  
University of Bergen, Øysteinsgate 3, 5007 Bergen Norway  
f.derrico@pacea.u-bordeaux1.fr

**João ZILHÃO**

Professeur de Recherche ICREA  
Universitat de Barcelona, Facultat de Geografia i Història  
Dept. de Prehistòria, Història Antiga i Arqueologia,  
C. Montalegre 6, 08001 Barcelona - Espagne  
joao.zilhao@ub.edu

**Andrés LIRA-NORIEGA**

Biodiversity Institute, University of Kansas  
1345 Jayhawk Blvd, Dyche Hall, Lawrence KS 66045-7562 - USA  
alira@ku.edu

**A. Townsend PETERSON**

Biodiversity Institute, University of Kansas  
1345 Jayhawk Blvd, Dyche Hall, Lawrence KS 66045-7562 - USA  
town@ku.edu

---