



**HAL**  
open science

# Trajectoires technologiques et dynamiques de niches éco-culturelles du Gravettien moyen au Gravettien récent en France

Anaïs Vignoles

► **To cite this version:**

Anaïs Vignoles. Trajectoires technologiques et dynamiques de niches éco-culturelles du Gravettien moyen au Gravettien récent en France. Environnement et Société. Université de Bordeaux, 2021. Français. NNT: 2021BORD0299 . tel-03572164

**HAL Id: tel-03572164**

**<https://theses.hal.science/tel-03572164>**

Submitted on 14 Feb 2022

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

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

THÈSE PRÉSENTÉE  
POUR OBTENIR LE GRADE DE  
**DOCTEUR DE**  
**L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX**

ÉCOLE DOCTORALE N° 304 : SCIENCES ET ENVIRONNEMENTS  
SPÉCIALITÉ PRÉHISTOIRE

Par Anaïs Luíza VIGNOLES

---

***Trajectoires technologiques et dynamiques de niches éco-culturelles  
du Gravettien moyen au Gravettien récent en France***

---

Sous la direction de William E. Banks  
et l'encadrement de Laurent Klaric

Thèse soutenue le 6 décembre 2021

Membres du jury

Pierre Noiret, professeur, Université de Liège

Andrew Townsend Peterson, professeur, Université du Kansas

Pierre Antoine, directeur de recherche, CNRS - UMR 8591 LGP

Nejma Goutas, chargée de recherche, CNRS - UMR 7041 ArScAn

Pierre Sepulchre, chargé de recherche, CNRS - UMR 8212 LSCE

William E. Banks, directeur de recherche, CNRS - UMR 5199 PACEA

Laurent Klaric, chargé de recherche, CNRS - UMR 7055 Prétech

Rapporteur

Rapporteur

Examineur

Examinatrice

Examineur

Directeur

Invité







# Trajectoires technologiques et dynamiques de niches éco-culturelles du Gravettien moyen et récent en France

## Résumé

L'un des enjeux majeurs de l'archéologie préhistorique est la définition des processus culturels à l'origine de la variabilité dans la culture matérielle des chasseurs-cueilleurs du passé. Dans cette thèse, nous proposons d'identifier certains des mécanismes à l'origine des trajectoires technologiques lithiques observées au Gravettien moyen – caractérisé par le Noaillien et le Rayssien (32-28.75 ka cal. BP) – et au Gravettien récent (28.75-26.5 ka cal. BP) en France et dans ses marges. Les unités archéologiques caractéristiques de ces périodes présentent une répartition géographique différente. Des changements technologiques majeurs sont chronologiquement associés à des périodes de forte instabilité climatique – telles que l'événement de Heinrich 3 (HE3) au Gravettien moyen, ou l'adoucissement climatique lié à l'interstade du Groënland 4 (GI 4) au Gravettien récent. Toutefois, la réalité d'une éventuelle relation causale entre variabilité technologique et écologique nécessite d'être testée plus précisément par le biais d'une approche quantitative et interdisciplinaire, visant à mieux mettre en relation des données archéologiques et environnementales.

Dans cette optique, nous avons mis en place une approche intégrant l'étude typo-technologique de trois collections archéologiques – le niveau 10/11 de l'Abri du Facteur à Tursac, le gisement archéologique des Jambes à Périgueux et la séquence gravettienne du Flageolet I à Bézénac – et la modélisation de niches éco-culturelles, pour explorer les relations culture-environnement à différentes échelles. Nos résultats indiquent que les ruptures typo-technologiques observées sont concomitantes du changement des niches éco-culturelles dans des dimensions tant environnementales que géographiques. À partir de ces résultats, nous proposons l'action de trois mécanismes ayant pu influencer sur ces trajectoires culturelles.

- Au Gravettien moyen, la différenciation typo-technologique entre l'aire pyrénéo-cantabrique (Noaillien) et les territoires au nord de la Garonne (Noaillien et Rayssien) pourrait s'expliquer par les spécificités environnementales de chaque territoire, ainsi que par une probable spécialisation de la chasse au nord de la Garonne.

- La généralisation de la méthode du Raysse au nord de la Garonne semble liée à un isolement démographique à mettre en relation avec des conditions inhospitalières dans le couloir de la Garonne et le désert périglaciaire des Landes. Dans ce contexte, des changements dans les modes de transmission ont pu favoriser la sélection de cette méthode au dépend d'autres pour la fabrication d'éléments d'armatures.

- La disparition de la méthode du Raysse et le retour à des schémas de production de pointes à dos plus souples durant le Gravettien récent suggère un changement dans les normes entourant la fabrication d'éléments d'armatures, en lien avec une réorganisation territoriale des ressources liée à l'adoucissement du climat du GI 4.

Ce scénario interprétatif met en évidence le rôle certes prépondérant de facteurs environnementaux, mais surtout leurs interactions avec des facteurs sociaux (*e.g.*, stratégies de subsistance, organisation territoriale et technologique) dans la définition des mécanismes à l'origine des trajectoires technologiques et culturelles au Gravettien moyen et récent.

## Mots-clés

Gravettien moyen ; Gravettien récent ; modélisation de niches éco-culturelles ; relations culture-environnement ; Paléolithique supérieur ; typo-technologie lithique

# Technological trajectories and eco-cultural niche dynamics during the Middle and Recent Gravettian in France

## Abstract

One of the main goals of prehistoric archaeology is the delineation of cultural processes behind the patterns of variability in past hunter-gatherers' material culture. In this thesis, we identify mechanisms implicated in lithic technological trajectories during the Middle Gravettian – characterized by the Noaillian and the Rayssian typo-technological complexes (32-28.75 ka cal. BP) – and the Recent Gravettian (28.75-26.5 ka cal. BP) in France and its margins. The archaeological units characterizing these periods have differing geographic distributions. Moreover, major technological changes are chronologically associated with periods of high climatic instability – such as Heinrich Event 3 (HE3) during the Middle Gravettian, or climate warming linked to Greenland Interstadial 4 (GI 4) during the Recent Gravettian. However, the reality of a causal link between technological and ecological variability needs to be evaluated via a quantitative and interdisciplinary approach aimed at better integrating archaeological and environmental data.

In this vein, we apply an approach integrating the typo-technological study of three archaeological assemblages – level 10/11 of the Abri du Facteur in Tursac, the archaeological site of Les Jambes in Périgueux and the Gravettian sequence of Flageolet I in Bézénac – and eco-cultural niche modeling methods to explore culture-environment relationships at different scales. Our results indicate that typo-technological changes are associated with changes in eco-cultural niches in both environmental and geographic dimensions. Building on these results, we propose the role of three mechanisms behind these cultural trajectories.

- During the Middle Gravettian, the typo-technological distinction between the Pyreneo-Cantabria region (Noaillian) and the territories situated north of the Garonne River (Noaillian and Rayssian) can be explained by each territories' environmental specificities, combined with a probable specialization of hunting practices in the north.

- The generalization of the Raysse method north of the Garonne river appears to be related to a demographic isolation in conjunction with inhospitable conditions in the Garonne river corridor and the Landes periglacial desert. In this context, a modification of the modes of cultural transmission could have favored the selection of this method for the manufacturing of armature bladelets.

- The disappearance of the Raysse method and the revival of less rigid reduction sequences for the production of backed bladelets suggests a lessening of norms related to armature manufacture, that could be related to a territorial reorganization of resources brought about by climate warming during the GI 4.

This interpretive scenario demonstrates the influential role of environmental factors and their interaction with social factors (*e.g.*, subsistence strategies, territorial and technological organization) in the delineation of mechanisms involved in the technological and cultural trajectories of the Middle and Recent Gravettian.

## Key words

Middle Gravettian ; Recent Gravettian ; eco-cultural niche modeling ; lithic industries ; culture-environment relationships ; France ; Upper Palaeolithic ; lithic typo-technology



# •Remerciements

*À travers ces quelques lignes, je tiens à exprimer ma sincère gratitude envers toutes les personnes qui, de près ou de loin, m'ont permis d'aller au bout de ce travail de recherche.*

Je me souviens parfaitement de l'instant exact où j'ai décidé de devenir préhistorienne. C'était un soir, au gîte "Les Cigales" en 2013, au cours de mon premier chantier de fouille sur le site du Piage. Je souhaite remercier de tout coeur les personnes qui, au cours de ce chantier, ont provoqué cette étincelle en moi.

Mes plus profonds remerciements vont à mes directeurs de thèse, William Banks et Laurent Klaric. Merci infiniment de votre soutien, de votre confiance, de m'avoir laissé de l'autonomie dans mon travail. Je pense que votre encadrement a joué pour beaucoup dans mon épanouissement scientifique et dans la qualité de mon travail. Will, thank you so much for having accepted to be my advisor for my masters five years ago, and then my PhD. Since day one, you always made sure that I made this project my own and you always made me feel like a young colleague more than a student. I could always go to you for help and questions. Thank you so much for helping me overcome my fears and blocks. I will always remember « the Three Rules », they were so helpful in the last few days ! Laurent, merci de ta confiance, d'avoir accepté d'encadrer la partie « étude de matériel » de cette thèse et de ton intérêt pour mon approche du registre archéologique. Malgré la distance, tu as toujours été disponible pour répondre à mes interrogations sur le matériel et pour discuter des aspects scientifiques de ma thèse, et plus largement de ma future carrière dans la recherche (vive WhatsApp !).

Je remercie ensuite les personnes qui ont accepté de juger ce travail. Tout d'abord, merci à Pierre Noiret et à A. Townsend Peterson d'avoir accepté de rapporter cette thèse. Je remercie ensuite les examinateurs : Nejma Goutas, Pierre Sepulchre et Pierre Antoine.

Merci également aux membres de mon Comité de Suivi de Thèse pour leurs conseils et les discussions qui m'ont permis d'affiner ma problématique et ma démarche analytique et méthodologiques : Maria-Fernanda Sanchez-Goñi et Nejma Goutas.

Ce travail n'aurait pu se faire sans le soutien financier et/ou administratif de différentes institutions. Je remercie la Région Nouvelle-Aquitaine d'avoir financé mon salaire et mes missions *via* le projet « GravettoNiches » (W.E. Banks dir.). Merci ensuite à l'école doctorale « Sciences et Environnement » de l'Université de Bordeaux, et en particulier à Frédéric Garabétian et Brigitte Bordes pour votre réactivité, votre soutien administratif. Merci également à Jacques Jaubert, responsable de la spécialité « Préhistoire ». Merci enfin à Anne Delagnes pour m'avoir accueillie dans les locaux du laboratoire PACEA, ainsi que toute l'équipe

de gestion administrative et financière : Catherine Morel-Chevillet, Nathalie Kellay, Regine Wortmann, Tiphaine Monribot, Émilien Guilbon et Audrey Laborde. Je souhaite également remercier Pierre Allard, directeur du laboratoire Prétech, pour m'avoir accueilli au sein de cette UMR lors de mes séjours parisiens. I finally thank Town Peterson and Jorge Soberón for welcoming me at the KU Biodiversity Institute. My stay there was an awesome opportunity to learn about niche modeling and build new collaborations.

Le travail que je présente ici n'aurait pu aboutir sans la consultation de différentes collections archéologiques. Pour me l'avoir permis, merci à Jean-Jacques Cleyet-Merle, ancien conservateur du Musée Nationale de Préhistoire (que je remercie tout particulièrement pour m'avoir autorisée à revenir dès le premier jour de déconfinement – 11 mai 2020) et Nathalie Fourment, sa nouvelle conservatrice ; à Francis Couturas, directeur adjoint du Musée d'Art et d'Archéologie du Périgord et Véronique Merlin-Langlade, sa conservatrice ; à Catherine Schwab, conservatrice du Musée des Antiquités Nationales ; et à Vincent Mistrot, conservateur du Musée d'Aquitaine. Merci également à Malvina Baumann et Laurent Klaric pour m'avoir confié l'étude du matériel lithique de la Terrasse inférieure du Fourneau du Diable en Master, puis de m'avoir intégrée à l'équipe de fouille à partir de 2020 ; Laurent Klaric pour l'accès à une partie du matériel de la Picardie ; et Fiona Kildéa pour la Croix-de-Bagneux. Enfin, je remercie vivement Jean-Philippe Rigaud pour sa disponibilité, son intérêt et sa participation à mon étude sur la collection gravettienne du Flageolet I, votre aide fut précieuse pour mieux l'appréhender. De même, je remercie Michel Lenoir pour nos nombreuses discussions autour des collections des Artigaux et de l'Abri Lespaux.

Comment ne pas remercier ici Dominique Armand, sans qui une bonne partie de ces études n'aurait pu se faire ? Domi, merci infiniment pour tout : pour ton aide lors du transfert de la collection des Jambes à PACEA, pour toutes les discussions sur la conservation des collections et tes conseils, et surtout pour ta bonne humeur, ton humour, ton amitié.

À tous les autres personnels des musées où j'ai eu la chance de séjourner, merci pour votre accueil. Au Musée d'Art et d'Archéologie du Périgord, je remercie en particulier Isabelle Malheyre, Myriam Grenier ; merci également aux deux stagiaires (j'ai oublié votre prénom, pardonnez-moi!) qui m'ont aidée à conditionner la collection lors de mon premier séjour, et à Louise et Sarah pour la super visite de Vésuna ! Mon séjour au château de François I<sup>er</sup> à Saint-Germain-en-Laye fut exceptionnel non seulement en raison du cadre (un magnifique château de la Renaissance), mais surtout grâce à l'accueil et au soutien de son personnel : merci à Marie-Sylvie Larguèze et Delphine Peschard pour l'accueil en salle de collection. Merci aussi à Corinne Jouys-Barbelin et Soline Morinière pour l'accès aux archives de M. Del-



porte. Merci à Grégoire Meylan pour l'accueil en bibliothèque. Et enfin, merci aux collègues du midi, qui ont rendu cette pause d'autant plus appréciable dans mes journées de travail : Charel, Soline, Yann (MAN!), Fanny, Corinne, Grégoire, Solenn, Aymeric et Sol – j'en oublie sûrement ! Enfin, que serait une thèse sur des collections périgourdines sans un séjour dans la capitale de la Préhistoire, les Eyzies-de-Tayac ? Merci infiniment à Catherine Cretin, Stéphane Madelaine, Pauline Rolland, Peggy Jacquement, Bernard Nicolas pour avoir tout fait pour faciliter mon étude et mon séjour – et en particulier au déconfinement ! Merci également à tout le personnel de sécurité du musée ; à Brigitte, bénévole du musée, qui m'a aidée à faire ces satanées confrontations d'attributions sur mes derniers jours d'étude ; à Alexandre Michel et Ginevra Gottardi pour m'avoir confié vos bases de données relatives au Flageolet I ; à tous les chercheurs et amis avec qui j'ai pu me détendre le midi ou le soir autour d'un verre : Nat, Julie, Morgane, Giulia, Erwan, Micka, Domi, Luc et Calvin, Bruno, Solange, Priscilla, Alexandre, Jean-Pierre Chadelle, Thibaut Morala.

Je réserve ici une place toutes spéciales aux camarades de PACEA ayant partagé cette expérience de la thèse avec moi (tout ou partie). À mes *senpai* déjà docteurs : Camille, Marion, Mathieu, Lysianna et Armance, merci pour nos discussions et pour votre soutien émotionnel ! À mes camarades de « promotion » : Flora, Quentin, Aline, Erwan, Monica, Eliza, Laura, Ana et Jack, merci pour tout. Sans vous, l'aventure n'aurait pas été aussi folle ! Je fais un spécial dédicace aux membres du Multi-Lithician Show, Aline, Erwan et Quentin. Erwan et Quentin, je vous remercie tout particulièrement du fond du cœur : on s'est bien marrés cette année ! Vous prendrez bien une part de gâteau, non ?

Merci à mes camarades doctorants de l'ED : Alex (Ayoun), Violette (Gazal), Charlotte, Marion, Anaïs, Etienne, Marie, Camille, Lucie, Tania, Pablo, Domitille, et j'en oublie sûrement... La journée de la Science, l'orga des journées de l'ED, la soirée gyoza, notre réseau de soutien-memes sur Discord, tout cela était très *fun* ! Merci aussi aux camarades de la FSAB et pour cette riche expérience d'organisation de la Journée des Doctorants : Martin, Tiffany, Dante, Wendy et Quentin.

Merci enfin aux camarades doctorants (ou déjà-docteurs!) d'autres contrées que j'ai croisé au fil de mon périple: Natacha Caurette (la colloc' de rêve aux Eyzies!), Daria Sivacheva (copine de directeur!), Elise Cormarèche (notre collaboration ne fait que commencer!), Joan Fullola, Nathan Vandermaelen (la coïncidence au Q12!), Timothée Libois, Justin Coppe, Julie Bachellerie, Giulia Gallo et j'en oublie sûrement aussi.

I also have a special thought for my friends and colleagues from KU : Marlon and Daniel (thank you so much for your help everytime I needed), Roberta and Danielcito, Lucas, Fernando, Uzma, Laura, Claudia, Ali, Mok and – again – I'm probably forgetting someone. Anyways, I thank you so much for your warm welcome, I hope we'll meet again soon !

À mes collègues post-doctorants, je souhaite vous dire grand merci : Solène, Natacha, Nicolas, Antho, Africa, Anna, Diego, Maïté, Daniel, Daniela, Cori (*team ENM de PACEA !*), Luc, Léna, Laura. Luc, je te remercie tout particulièrement pour ta bienveillance (si si) et pour m'avoir permis de dépoussiérer le dolmen votif de Domi à Tourtoirac !

Je remercie à présent les membres de PACEA qui m'ont accompagnée et aidée tout au long de mon doctorat. Merci aux lithiciens : Erwan, Quentin, Sylvain, Jean-Phi, Solène, Mathieu, Raphaël, Antho, pour votre disponibilité lorsque j'avais une question bête à vous poser sur du matériel. Merci à Pascal Bertran et Arnaud Lenoble, pour toutes mes questions en paléoenvironnements, géomorphologie, géoarchéologie. Merci à Arnaud Caillo, pour m'avoir aidée à développer mon modèle de base de données : notre rencontre m'a vraiment ouvert sur tout un monde ! Frédéric Santos, merci pour tes conseils *open access* et R. Merci également à Francesco d'Errico pour nos discussions sur le Gravettien en Italie et vos conseils bibliographiques. Je remercie également Myriam Boudadi-Maligne de m'avoir partagé des informations sur Maldidier et Jean-Baptiste Mallye de m'avoir aidé en début de thèse avec mes projections spatiales. Pour votre aide dans mes recherches bibliographiques, merci à Isabelle Esqurial. Je remercie ensuite Jacques Jaubert et Marie-France Deguilloux pour m'avoir donné l'occasion d'enseigner en Master Biogéosciences ; merci aussi à Frédéric Sellet, pour m'avoir invitée à faire une présentation au *Graduate seminar* du département d'Anthropologie de KU. D'un point de vue plus matériel, merci à Arnaud Robin et Jordann Ragot pour le soutien informatique (cet ordinateur m'en aura fait baver jusqu'au bout !). Merci aussi à Eric pour ta disponibilité sans faille en cas de problème technique ! Enfin, merci aux personnes que j'ai croisées, avec qui j'ai partagé une discussion, un repas, une pause café : Alain (*alias Palock !*), Caro, Véro (merci pour les blettes trop bonnes du jardin !), Catherine Ferrier, Laure, Priscilla, Solange, Bruno, Tiphaine Morin, Nicolas le M3, Mylène, Pauline (camarade de Licence !), Cécile, les M2, Sébastien. J'ai une pensée toute particulière pour Amélie (l'étudiante de rêve et autre membre de la *team ENM!*), Antoine (merci pour tout ton soutien) et Lila (ça fait un petit bout de temps qu'on se suit mine de rien !).

Je souhaite remercier maintenant tous les chercheurs que j'ai eu l'occasion de croiser et dont la rencontre m'a permis d'avancer dans mon cursus et ma réflexion. Merci en tout premier lieu à Malvina Baumann pour ta confiance et pour m'avoir proposé d'intégrer

l'équipe du Fourneau. Je remercie ensuite les chercheurs du projet Hadoc, Camille Contoux la première. Camille, merci de m'avoir proposé cette collaboration sur la niche des premiers hominidés il y a déjà 3 ans et demi, et pour ton amitié. Le versant "données paléoclimatiques" de ma thèse a beaucoup bénéficié de tes conseils. À ce sujet, je remercie aussi Masa Kageyama, Mathieu Vrac, Pierre Sepulchre et Gilles Ramstein pour vos conseils, votre aide, vos relectures. En parallèle, je remercie pour mes formations disciplinaires : les formateurs du stage de Technologie lithique à Pincevent : Jacques Pelegrin, Pierre Allard, Pierre Bodu, Miguel Biard et Laurent ; ainsi que les 52 enseignants du cours en ligne "ENM 2020" coordonné par Town Peterson. Merci enfin à Jessica Lacarrière, Olivier Moine, Michel Brenet, Christian Lepers, Jean-Pierre Chadelle, Alexandre Michel, Thibaut Morala, Mickaël Baillet, Cédric Sarrazin, Morgane de Parthenay, Vincent Delvigne, Damien Pesesse, les participants des journées Climat et Impact 2018, du World of Gravettian Hunters 2019 et du Q12 2020 avec qui j'ai pu échanger, pour nos diverses discussions.

Merci à mes relecteurs et relectrices, pour leur chasse aux coquilles et leurs suggestions bienvenues : Will et Laurent, Nejma Goutas, Arnaud Caillo, Pierre Sepulchre, Alex Stemmelen, Remi, Sam, Erwan, Quentin, Sixtine et Audrey. Merci aussi à Simon Talaga, tu m'as bien aidée pour la programmation de mes scripts "données environnementales" !

Je remercie aussi les différentes personnes qui m'ont hébergée lors de mes nombreuses missions : Jean-Michel et Irène Voiry à Trélissac ; Gérard, Martine et Yohann Poilane à la Borie de Sireuil (le gîte de rêves pour passer le confinement !), et Serge et Brigitte Maury qui m'ont mis en contact avec eux ; Fabian et Clémence à Levallois (j'ai au moins pu vous faire profiter de mes *skills* sur Gimp...).

Enfin, à tous mes ami.es dont l'indulgence et le soutien m'ont aidée à tenir bon : So Hee-*unni*, Lise et Lucien (l'atelier Kimchi et Bibimbap fut un franc succès !), Charlotte, Kévin, Alex et Carla, Benjamin et Elo, Gab et Babette, Alex et Alice, Chloé et Armand, Adri et Camille, Thomas et Tiphaine, Clément et Manon, Simon, Charlie. Merci à Martin, Petre et Léo, amis de Belgique, vous avez rendu mes petites visites à Louvain encore plus qualitatives ! Merci aux membres des "Squelettes gras" : papa, Pierre, Philippe, François, Gilles et Philippe, les répèts étaient toujours l'occasion de me défouler ! Merci à mon parrain Sylvain et ma marraine Marie-Pierre pour les moments de pause autour d'un café. Merci enfin à mes amies "Athéna" : Audrey, Célia et Anne-Sixtine. Sixtine, merci pour tout, pour ton amitié et tes paroles rassurantes... Merci aussi à ma filleule Aliénor et à ta joie d'enfant qui fait relativiser !

À la famille Dolbeau, merci pour votre soutien. Les repas chez Odette étaient toujours splendides ! Merci donc à Odette, Valérie, Sophie et Fabian. Merci Lisette pour les après-midi-café et matinées-marché. Merci enfin à Flora et Jean-Michel, votre soutien a beaucoup compté pour moi.

À ma famille enfin, merci, je vous dois tant : ma fratrie, Fanny (en fait, Togo n'a jamais mis les pieds aux US) et Remi (mais pourquoi t'es méchant ?!), et mes parents, Gérard Vignoles et Vânia Galli-Vignoles. C'est avant tout grâce à vous que j'en suis là, vous m'avez toujours poussée à suivre ma passion et à me dépasser. Merci pour les tout derniers jours à la maison, je n'aurai pu le faire sans vous. Et les animaux ne sont pas en reste, Pamplemousse et Goya, merci pour vos câlins qui réconfortent.

Samuel, je ne saurais te remercier suffisamment au regard de tout ce que tu as fait pour moi, depuis le début. Ton soutien inconditionnel, tes paroles rassurantes (même si tu penses qu'elles ne fonctionnent pas toujours...), ta patience dans les moments les plus difficiles et ta tendresse m'ont permis d'aller au bout de ce travail. À moi de te rendre la pareille maintenant !

*À tout ceux que j'oublie... merci merci merci !*



*Mais lentamente porém evoluíram os costumes, os hábitos dos homens.*

*Assim acontece sempre, em todas as sociedades.*

*Plus lentement, cependant, ont évolué les coutumes, les habitudes des hommes.*

*Cela se passe toujours ainsi, dans toutes les sociétés.*

Gabriela, cravo e canela,

Jorge Amado



# Sommaire général

VOLUME I : Texte principal.....p. 1

VOLUME II : Études de collections anciennes.....p. 391

VOLUME III : Annexes..... p. 611

(sauf mention contraire, les dessins et illustrations sont de l'auteur)



THÈSE PRÉSENTÉE  
POUR OBTENIR LE GRADE DE  
**DOCTEUR DE**  
**L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX**

ÉCOLE DOCTORALE N° 304 : SCIENCES ET ENVIRONNEMENTS  
SPÉCIALITÉ PRÉHISTOIRE

Par Anaïs Luíza VIGNOLES

---

***Trajectoires technologiques et dynamiques de niches éco-culturelles  
du Gravettien moyen au Gravettien récent en France***

---

Sous la direction de William E. Banks  
et l'encadrement de Laurent Klaric

Thèse soutenue le 6 décembre 2021

Volume I : Texte principal.

Membres du jury

Pierre Noiret, professeur, Université de Liège

Andrew Townsend Peterson, professeur, Université du Kansas

Pierre Antoine, directeur de recherche, CNRS - UMR 8591 LGP

Nejma Goutas, chargée de recherche, CNRS - UMR 7041 ArScAn

Pierre Sepulchre, chargé de recherche, CNRS - UMR 8212 LSCE

William E. Banks, directeur de recherche, CNRS - UMR 5199 PACEA

Laurent Klaric, chargé de recherche, CNRS - UMR 7055 Prétech

Rapporteur

Rapporteur

Examineur

Examinatrice

Examineur

Directeur

Invité



# Sommaire

• Introduction.....	11
<b>Le « Gravettien » : entre techno-complexe unitaire et mosaïque culturelle.....</b>	<b>15</b>
<b>Le cas du Gravettien moyen et récent en France.....</b>	<b>19</b>
1. Le « Noaillien » et le « Rayssien » : deux unités archéologiques du Gravettien moyen.....	19
1.1. État de l'art : historique et hypothèses.....	19
1.1.1. Au XX <sup>ème</sup> siècle : des hypothèses reposant sur la typologie des industries lithiques et les analyses statistiques du registre archéologique.....	19
a. Premières hypothèses fonctionnelles.....	19
b. L'apport des fouilles d'Hallam L. Movius à l'abri Pataud (Dordogne).....	20
c. Dans les années 1990 : un nouveau modèle basé sur une approche statistique des niveaux gravettiens du Sud-Ouest français.....	22
1.1.2. À partir des années 2000 : nouvelles hypothèses s'ancrant dans l'approche technologique des industries lithiques.....	23
a. Renouveau des connaissances sur le Rayssien dans le Bassin Parisien : hypothèse de ruptures.....	23
b. Réexamen de la couche 4 de l'abri Pataud : hypothèse de continuités.....	25
c. Travaux de synthèse sur le « Noaillien » : difficultés de définitions.....	26
d. Nouvelles données sur le Noaillien des Landes et du piémont pyrénéen.....	27
e. Persistance de l'hypothèse fonctionnelle.....	29
1.1.3. Se décentrer du Sud-Ouest de la France et du Bassin parisien : le Gravettien moyen dans les régions adjacentes.....	30
a. Le Pays Basque espagnol.....	31
b. La Provence et l'Italie tyrrhénienne.....	33
1.1.4. Bilan.....	35
1.2. Cadre géographique et chronologique.....	36
1.2.1. Répartition géographique.....	36
1.2.2. Chronologie.....	38
2. La succession Gravettien moyen-Gravettien récent.....	41
2.1. Bref historique des travaux sur le Gravettien récent.....	41
2.2. La succession Gravettien moyen/Gravettien récent : cadre culturel et chronogéographique.....	45
3. Contexte environnemental.....	47
<b>Problématique.....</b>	<b>52</b>
• Partie I • Cadre théorique et méthodologique.....	59
<b>Chapitre 1 : Proposition d'un cadre théorique.....</b>	<b>61</b>
1. Préambule : que nous dit le registre archéologique des modes de vie et de l'organisation sociale des populations du passé ?.....	62

2. Décrire la variabilité du registre archéologique : la taxonomie culturelle.....	64
2.1. Généralités.....	64
2.2. La taxonomie culturelle du Gravettien : un débat toujours d'actualité.....	65
2.3. Unités analytiques du Gravettien moyen et récent employées dans ce travail....	67
2.3.1. <i>Le choix du registre lithique comme fondement de nos unités analytiques....</i>	67
2.3.2. <i>Au cœur du Gravettien moyen : variabilité synchronique du registre archéologique gravettien.....</i>	69
a. Noaillien.....	71
b. Rayssien.....	74
c. Pistes typo-technologiques à explorer.....	75
2.3.3. <i>Du Gravettien moyen au Gravettien récent : variabilité diachronique du registre archéologique gravettien.....</i>	79
3. Proposer des mécanismes à l'origine de la variabilité du registre archéologique .....	83
3.1. Définition.....	83
3.2. Échelle d'analyse.....	84
4. Synthèse.....	85

**Chapitre 2 : Comment appréhender la variabilité spatio-temporelle du registre archéologiques par le biais des industries lithiques et de la modélisation de niches écologiques?..... 87**

1. Concept de niche écologique et terminologie.....	87
1.1. <i>Niche as requirements</i> versus <i>niche as impacts</i> .....	87
1.2. Formalisation du concept de niche écologique.....	89
1.3. Relations entre niche écologique et distribution géographique.....	93
1.4. Que modélise-t-on en ENM ?.....	95
2. Transfert théorique à l'archéologie.....	97

**Chapitre 3 : Éviter le « *Garbage-in, garbage-out* » : comment bien choisir les données à l'origine de la modélisation ?..... 101**

1. Données environnementales.....	101
1.1. Considérations générales.....	101
1.2. Types de données et sources.....	103
1.2.1. <i>Variables climatiques</i> .....	103
1.2.2. <i>Variables géomorphologiques</i> .....	105
2. Données d'occurrences.....	106
2.1. Comment en arrive-t-on à observer une occurrence archéologique ?.....	106
2.2. Caractéristiques d'une donnée d'occurrence.....	109
2.2.1. <i>Localité géographique</i> .....	109
2.2.2. <i>Attribution archéologique</i> .....	110
2.2.3. <i>Temporalité</i> .....	110
2.3. Comment limiter les biais inhérents aux données d'occurrences archéologiques ?.....	113
2.3.1. <i>Recensement bibliographique critique</i> .....	113

2.3.2. Retour sur les collections anciennes.....	116
<b>Chapitre 4 : Le processus de modélisation.....</b>	<b>119</b>
1. Algorithmes prédictifs pour la modélisation de niches.....	119
1.1. Présentation des algorithmes utilisés dans ce travail.....	119
1.1.1. Modéliser la niche dans l'espace environnemental : l'ellipsoïde.....	119
1.1.2. Modéliser la projection géographique de la niche : l'algorithme Maxent....	120
1.2. Mise en forme des données.....	122
1.2.1. Aire de calibration.....	122
1.2.2. Limiter l'impact des biais spatiaux inhérents aux données d'occurrences....	124
2. Maxent : comment choisir le « bon » modèle ?.....	125
2.1. Principe de l'évaluation.....	125
2.2. Optimisation des paramètres.....	126
2.2.1. Sélection de modèles valables.....	127
2.2.2. Création du modèle final.....	129
3. Analyses post-modélisation.....	132
3.1. Transferts.....	132
3.2. Comparaisons.....	134
3.2.1. Comparaisons dans l'espace environnemental.....	134
3.2.2. Comparaisons dans l'espace géographique.....	136
4. Synthèse de la méthodologie.....	137
•Partie 2 •Données environnementales et données d'occurrences archéologiques.....	141
<b>Chapitre 1 : Modélisation de l'espace environnemental.....</b>	<b>143</b>
1. Présentation des jeux de données utilisés pour modéliser l'espace environnemental.....	143
1.1. Variables climatiques.....	143
1.1.1. Les simulations issues du modèle HadCM3.....	143
a. Les simulations calculées à l'équilibre.....	144
b. Les simulations transitoires.....	145
1.1.2. Les variables climatiques utilisées dans ce travail.....	146
1.2. Variables topographiques.....	149
2. Descente d'échelle statistique par modélisation GAM.....	152
2.1. Modélisation GAM : principe et méthodologie.....	152
2.1.1. Principe général.....	152
2.1.2. Prédicteurs et prédicteurs.....	153
2.1.3. Calibration et sélection du meilleur modèle.....	155
2.1.4. Prédiction sur les données à basse résolution.....	156
2.2. Résultats et discussion.....	156
2.2.1. Simulations à l'équilibre.....	156
a. Température.....	158
b. Précipitation.....	159

c. Discussion.....	161
2.2.2. Simulations transitoires.....	162
a. Température.....	164
b. Précipitation.....	167
c. Discussion.....	168
3. Synthèse.....	169
<b>Chapitre 2 : Données d'occurrences archéologiques.....</b>	<b>171</b>
1. Présentation de l'inventaire bibliographique des sites du Gravettien moyen et récent.....	171
1.1. La base de données « sites gravettiens ».....	171
1.2. Sources.....	175
2. Choix des données d'occurrences.....	177
2.1. Quelques informations générales sur la qualité des informations recueillies..	177
2.2. Gravettien moyen.....	192
2.2.1. Identification bibliographique des faciès du Gravettien moyen.....	192
a. Noaillien.....	192
b. Rayssien.....	196
2.2.2. Modalités d'association des fossiles directeurs du Noaillien et du Rayssien.	200
2.3. Gravettien récent.....	204
3. Conclusions.....	208
3.1. Variabilité typo-technologique du Gravettien moyen : quelques pistes à explorer	208
3.2. Représentativité des données d'occurrences.....	212
•Partie 3 •Dynamiques de niches eco-culturelles.....	215
<b>Chapitre 1 : Estimation des niches éco-culturelles : description des analyses.</b>	<b>217</b>
1. Axes de recherche.....	217
1.1. Impact du choix des simulations climatiques sur la variabilité des modèles..	217
1.2. Dynamiques de niches sur Gravettien moyen au Gravettien récent.....	218
2. Préparation des données.....	220
2.1. Données d'occurrences.....	220
2.2. Données environnementales.....	222
2.2.1. Hypothèse « M ».....	222
2.2.2. Réduction dimensionnelle.....	226
3. Modèles de niche : paramétrage et comparaisons.....	227
3.1. Ellipsoïdes.....	227
3.2. Maxent.....	228
<b>Chapitre 2 : Résultats.....</b>	<b>233</b>
1. Variabilité liée à l'emploi de plusieurs jeux de données paléoclimatiques.....	233
1.1. Comparaison des moyennes de climatologies transitoires.....	233

1.1.1. Espace géographique : algorithme Maxent.....	233
1.1.2. Espace environnemental : ellipsoïdes de volume minimal.....	235
1.2. Comparaisons intra-modèle HadCM3 / inter-simulations.....	236
1.2.1. Espace géographique : algorithme Maxent.....	236
1.2.2. Espace environnemental : ellipsoïdes de volume minimal.....	239
1.3. Comparaison inter-modèles : HadCM3 vs. LMDZ-5a.....	239
1.3.1. Espace géographique : algorithme Maxent.....	245
a. Cas n°1.....	245
b. Cas n°2.....	245
c. Cas n°3.....	247
1.3.2. Espace environnemental : ellipsoïdes de volume minimal.....	247
1.4. Implications pour la suite des analyses.....	249
2. Dynamiques de niches au cœur du Gravettien moyen.....	250
2.1. Scénario 1 : Noaillien pyrénéo-cantabrique vs. Gravettien moyen septentrional .....	250
2.1.1. Espace géographique : algorithme Maxent.....	250
a. Simulations à l'équilibre.....	250
b. Simulations transitoires.....	252
2.1.2. Espace environnemental.....	255
2.2. Scénario 2 : Noaillien vs. Rayssien.....	257
2.2.1. Espace géographique.....	257
a. Simulations à l'équilibre.....	257
b. Simulations transitoires.....	258
2.2.2. Espace environnemental.....	260
3. Dynamiques de niches du Gravettien moyen au Gravettien récent.....	262
3.1. Scénario 1 : Noaillien pyrénéo-cantabrique / Gravettien moyen septentrional vs. Gravettien récent <i>sensu lato</i> .....	262
3.1.1. Espace géographique.....	262
a. Expression géographique de la niche éco-culturelle du Gravettien récent.....	262
b. Comparaison avec le Noaillien pyrénéo-cantabrique.....	263
c. Comparaison avec le Gravettien moyen septentrional.....	264
3.1.2. Espace environnemental.....	267
3.2. Scénario 2 : Noaillien / Rayssien vs. Gravettien récent <i>sensu lato</i> .....	269
3.2.1. Espace géographique.....	269
a. Comparaison avec le Noaillien.....	269
b. Comparaison avec le Rayssien.....	270
3.2.2. Espace environnemental.....	270
<b>Chapitre 3 : Discussion.....</b>	<b>273</b>
1. Au sein du Gravettien moyen : quels facteurs à l'origine de la variabilité typo- technologique synchronique du registre archéologique ?.....	273
1.1. Synthèse.....	273
1.2. Propositions d'interprétation.....	275

1.2.1. <i>Le rôle de l'environnement dans la différenciation typo-technologique de deux régions connexes</i> .....	276
1.2.2. <i>La question de l'émergence du Rayssien</i> .....	282
1.2.3. <i>Diffusion du concept de « burin de Noailles » : quel lien avec l'environnement ?</i> .....	288
2. <i>Du Gravettien moyen au Gravettien récent à l'aune d'une amélioration des conditions climatiques : quels mécanismes à l'origine de mutations du système technique lithique ?</i> .....	292
2.1. <i>Synthèse</i> .....	292
2.2. <i>Propositions d'interprétation</i> .....	293
2.2.1. <i>Une réorganisation territoriale et culturelle influencée par l'adoucissement climatique au GI 4</i> .....	294
2.2.2. <i>Mécanismes de disparition de la méthode du Raysse</i> .....	297
3. <i>Synthèse des mécanismes moteurs de trajectoires culturelles du Gravettien moyen au Gravettien récent en France</i> .....	300
• <i>Conclusions, perspectives</i> .....	307
1. <i>Contributions théoriques, méthodologiques et interprétatives</i> .....	310
1.1. <i>Contributions théoriques</i> .....	310
1.2. <i>Contributions méthodologiques</i> .....	312
1.3. <i>Contributions interprétatives</i> .....	314
2. <i>Perspectives</i> .....	317
• <i>Bibliographie</i> .....	321
<i>Index des Figures</i> .....	379
<i>Index des Tableaux</i> .....	388







# •INTRODUCTION



Le registre archéologique est une opportunité unique pour l'anthropologue cherchant à étudier l'évolution des cultures du passé. Contrairement au registre ethnographique, il permet d'appréhender la variabilité des comportements humains à de larges échelles temporelles et géographiques (Wobst, 1978). Cette opportunité est permise par sa nature même : l'enregistrement, dans des contextes sédimentaires, de la culture matérielle des différents groupes humains qui se sont succédés en certains lieux pendant plusieurs dizaines de millénaires. Bien qu'étant le témoin incomplet des activités de ces hommes et femmes – car toutes, qu'elles soient alimentaires ou symboliques, ne laissent pas nécessairement de trace matérielle – le registre archéologique nous permet d'aborder des questions touchant non seulement à la reconstruction de l'Histoire et des modes de vies des populations du passé, mais également aux trajectoires de processus culturels (*sensu* Binford, 1962)<sup>1</sup> à l'origine de cette variabilité (*e.g.*, Binford, 1968, p. 80-81 ; Rozoy, 1997 ; Valentin, 2008 ; d'Errico et Banks, 2013). C'est autour de ce dernier objectif que s'articule l'ensemble de notre travail doctoral.

Cette étude propose d'enquêter sur les processus et mécanismes (*sensu* d'Errico et Banks, 2013)<sup>2</sup> à l'origine de la variabilité chrono-géographique du registre archéologique lithique appartenant au Gravettien, techno-complexe (*sensu* Clarke, 1968)<sup>3</sup> du début du Paléolithique supérieur, s'étendant sur près de huit millénaires à l'échelle du continent européen. Malgré certains critères unificateurs, de nombreux auteurs ont souligné l'importante variabilité chrono-régionale du Gravettien du point de vue des industries lithiques et osseuses (*e.g.*, Klaric, 2003, 2010 ; Goutas, 2004 ; Klaric *et al.*, 2009 ; Pesesse, 2013 a et b ; Noiret, 2013 ; Bicho *et al.*, 2013 ; Reynolds, 2014 ; Bradtmöller *et al.*, 2015 ; Polanská, 2018 ; Paris, 2020 ; Cormarèche, 2020). Notre travail cherche à examiner le rôle de l'environnement dans l'établissement de cette variabilité, à travers la caractérisation des industries lithiques, témoins privilégiés et centraux des activités passées, et du contexte

---

1 Binford définit un processus comme « *l'opération et la modification structurelle de systèmes* » (Binford, 1962, p. 217).

2 Ces auteurs définissent un mécanisme comme « *une constellation de facteurs et composantes qui, par le biais de leur interaction les uns avec les autres, stimule la trajectoire d'un système* » (d'Errico et Banks, 2013, p. S374).

3 Clarke utilise le terme de techno-complexe pour désigner « *une sorte de gros complexe d'artefacts comme étant le vecteur de points de vue socioculturels, technologiques, économiques et environnementaux particuliers.* » (Clarke, 1968, p. 328).

## •Introduction

---

environnemental associé à différentes traditions<sup>4</sup>, par le biais de la modélisation de niches éco-culturelles.

---

4 Le concept de « tradition » comporte plusieurs définitions proposées dans la littérature (*e.g.*, Willey et Phillips, 1958, p. 37 ; Leroi-Gourhan, 1965, p. 11 ; Binford, 1965, p. 208 ; Valentin, 2008, p. 67), mais est systématiquement associé à une notion de continuité temporelle et/ou de transmission de caractères typologiques, techniques, sociaux ou comportementaux.

## **LE « GRAVETTIEN » : ENTRE TECHNO-COMPLEXE UNITAIRE ET MOSAÏQUE CULTURELLE**

---

Le Gravettien est probablement l'un des techno-complexes du Paléolithique supérieur dont la définition et les subdivisions internes sont les plus débattues. Ce terme est utilisé pour qualifier des industries datées entre 34 et 26 ka cal. BP environ, depuis le Portugal jusqu'à la vallée du Don, en Russie (Otte, 2013). Son individualisation dans le Sud-Ouest de la France au cours du XX<sup>ème</sup> siècle est le fruit d'un siècle de travaux, faisant l'objet de nombreux débats (pour un historique détaillé, voir par ex. Klaric, 2003). Si dans les années 1910 Henri Breuil classe les industries à pointes de la Gravette dans « l'Aurignacien moyen et supérieur » (Breuil, 1913), ce n'est qu'avec Denis Peyrony que celles-ci forment une subdivision à part entière, le « Périgordien supérieur » (Peyrony, 1933, 1936). Pour l'auteur, cette unité archéologique est phylogénétiquement liée au « Périgordien inférieur » (actuel Châtelperronien) en raison d'un apparentement typologique entre les pointes de Châtelperron et les pointes de la Gravette.

Ce modèle du peuplement du Sud-Ouest de la France, dans lequel Aurignacien et Périgordien signent le passage de deux populations anthropologiquement distinctes partageant le même territoire au fil du temps, est très tôt contesté par Dorothy Garrod (1938). Celle-ci soulève l'insuffisance des données stratigraphiques étayant la contemporanéité de l'Aurignacien et du Périgordien, ainsi que la filiation du Périgordien par rapport au Châtelperronien. Elle propose alors déjà le terme de Gravettien pour dénommer cette « *Gravette-Font-Robert industry* » (*ibid.*). Ses hypothèses sont rejointes par d'autres auteurs dans la seconde moitié du XX<sup>ème</sup> siècle (*e.g.*, Delporte, 1954, 1957 ; Cheynier, 1960). Suite à la fouille de nombreux gisements, aujourd'hui de « référence » pour le « Périgordien » – citons par exemple La Gravette à Bayac (Dordogne ; Lacorre, 1960), l'Abri Pataud (Movius, 1975 ; Bricker *et al.*, 1995) et Laugerie-Haute Est aux Eyzies-de-Tayac-Sireuil (Dordogne ; Bordes, 1958), ainsi que le Cirque de la Patrie près de Nemours (Seine-et-Marne ; Cheynier, 1962) – l'accumulation des données de terrain démontre largement l'existence d'un important hiatus chronologique entre « Périgordien inférieur » et « supérieur », invalidant de fait le modèle Peyrony. En parallèle, les subdivisions internes du « Périgordien supérieur » font l'objet de nombreux débats, notamment à partir de gisements périgourds (*e.g.*, de Sonneville-Bordes, 1966 ; Bordes et de Sonneville-Bordes,

1966 ; Bordes, 1968a, p. 69 ; Laville et Rigaud, 1973 ; Delporte, 1983, 1991 ; David, 1985 ; Rigaud, 1988). Il faut attendre les années 1990 pour que l'on renonce définitivement au modèle de D. Peyrony, ce qui conduit d'ailleurs à l'abandon du terme de « Périgordien » au profit de « Gravettien » (Demars et Laurent, 1989 ; Bosselin et Djindjian, 1994 ; Pesesse, 2018).

Depuis les années 2000, les études typo-technologiques principalement focalisées sur les industries lithiques en silex (*e.g.*, Lucas, 2000 ; Klaric, 2003 ; Foucher, 2004 ; Pottier, 2005 ; Digan, 2006 ; Simonet, 2009a ; Pesesse, 2013b ; Touzé, 2019 ; Paris, 2020 ; Cormarèche, 2020), et dans une moindre mesure, les industries osseuses (*e.g.*, San Juan-Foucher et Vercoutère, 2003 ; Goutas, 2004), ont contribué à préciser ses subdivisions et de mieux les caractériser, faisant émerger en France des traditions chrono-régionales plus ou moins cohérentes. D'autre part, des campagnes récentes de datations <sup>14</sup>C permettent aujourd'hui de rediscuter de ces subdivisions d'un point de vue chronologique (*e.g.*, Foucher *et al.*, 2011 ; Banks *et al.*, 2019 ; Douka *et al.*, 2020).

Le Gravettien a longtemps été considéré comme un techno-complexe unitaire présentant certains traits caractéristiques (de la Peña-Alonso, 2011, 2012). Ainsi, les armatures à dos de type « pointe de la Gravette » (de Sonnevile-Bordes, 1980, p.97 ; Pesesse, 2013a), une unité graphique et stylistique dans les représentations pariétales et l'art mobilier, parmi lesquelles les fameuses « Vénus » (Féruglio *et al.*, 2011, 2020 ; Jaubert et Féruglio, 2013 ; Iakovleva, 2013 ; Garate *et al.*, 2020), ou encore l'abondance d'inhumations en comparaison avec les autres périodes du Paléolithique supérieur (Henry-Gambier, 2008, 2013) sont des critères présents tout au long de ses huit millénaires de chronologie sur de nombreux sites à travers l'Europe (Figure 0.1).



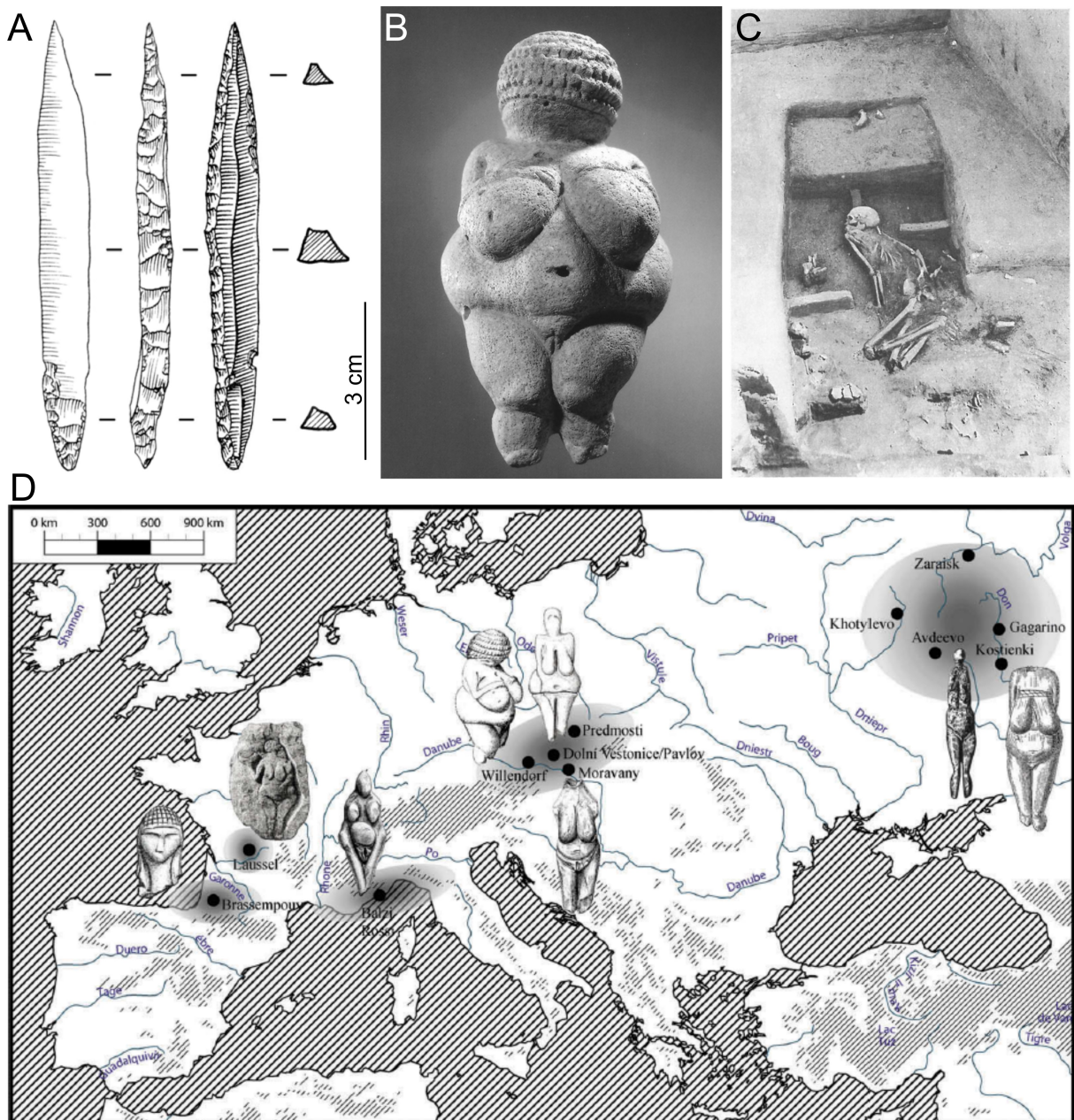


Figure 0.1: Illustration des trois principaux critères habituellement mis en avant pour justifier du caractère unitaire du Gravettien à l'échelle de l'Europe. **A.** Pointe de la Gravette de type Vachons, Isturitz, France (Simonet, 2009a). **B.** Représentation figurative féminine sous forme d'une sculpture ronde-bosse à Willendorf, Autriche (Iakovleva, 2013). **C.** Sépulture DV XVI à Dolni Vestonice, République Tchèque (Svoboda et Vlcek, 1991). **D.** Carte de répartition des représentations figuratives féminines de Vénus en Europe au Gravettien (Simonet, 2017)

Cependant, cette apparente unité est contrebalancée par une importante diversité culturelle chrono-régionale, et ce principalement d'un point de vue des industries lithiques et osseuses (Klaric, 2003 ; Otte et Noiret, 2007 ; de la Peña-Alonso, 2011 ; Klaric *et al.*, 2009 ; Pesesse, 2013a, b ; Noiret, 2013 ; Goutas, 2004, 2013a ; de las Heras *et al.*, 2013 [dir.] ; Wojtal *et al.*, 2015 [dir.]). Notamment, de nombreux sites datés de la même période

présentent l'absence totale d'armatures de type Gravette (*e.g.*, Morala, 2011 ; Klaric *et al.*, 2011, 2018), qui est généralement le critère majeur d'attribution d'un niveau au Gravettien. En Europe de l'Ouest, cette diversité fait l'objet de nombreuses hypothèses, mais les préhistoriens peinent à trouver un consensus en raison des données disparates qui sont à leur disposition. En effet, la plupart des sites du Gravettien ont été fouillés et étudiés anciennement selon des méthodes datées ne permettant pas toujours d'évaluer pleinement certaines hypothèses (de la Peña-Alonso, 2011 ; Pesesse, 2017). La recherche de facteurs à l'origine de cette variabilité à des échelles régionales à continentales – qu'ils soient culturels, environnementaux, géologiques, méthodologiques ou liés à la façon dont nous classifions culturellement les ensembles archéologique – nous permettrait d'aller plus loin dans la compréhension de ce techno-complexe polymorphe.

## **LE CAS DU GRAVETTIEN MOYEN ET RÉCENT EN FRANCE**

---

Le cas des industries lithiques du Gravettien moyen et récent en France est un exemple parlant de variabilité spatio-temporelle culturelle du registre archéologique. Ces deux subdivisions du Gravettien sont en effet marquées par une individualisation historique complexe et par des données disparates, conduisant à une diversité d'hypothèses quant à l'explication de la variabilité observée. Ces hypothèses et interprétations se fondent principalement sur le registre lithique, et plus particulièrement sur une approche typologique, et parfois technologique, des vestiges en silex.

### **1. Le « Noaillien » et le « Rayssien » : deux unités archéologiques du Gravettien moyen**

#### **1.1. État de l'art : historique et hypothèses**

##### ***1.1.1. Au XX<sup>ème</sup> siècle : des hypothèses reposant sur la typologie des industries lithiques et les analyses statistiques du registre archéologique***

###### *a. Premières hypothèses fonctionnelles*

Le Gravettien moyen a été progressivement individualisé dans la deuxième moitié du XX<sup>ème</sup> siècle par une série de travaux historiques portant principalement sur des gisements du Sud-Ouest français. Dans le modèle de D. Peyrony, il correspond globalement au « Périgordien Vc », dont le type emblématique dans les années 1950 est le burin de Noailles (Bardon et Bouyssonies, 1903 ; Tixier, 1958 ; Figure 0.2, A.). Suite à la fouille des abris du Facteur et de la Rochette en Dordogne, ainsi qu'à l'afflux de données acquises avec des méthodes de fouille plus minutieuses de l'époque (*e.g.*, tamisage du sédiment, relevé spatial d'une partie des objets...), Henri Delporte est l'un des premiers à proposer une hypothèse d'interprétation de la variabilité inter-site des assemblages typologiques du « Périgordien V » (Delporte, 1957, 1968, 1983, 1991). En comparant l'abondance relative des burins de Noailles et pointes de la Gravette dans plusieurs séries, il propose que cette variation soit liée à différentes activités effectuées sur chaque site.

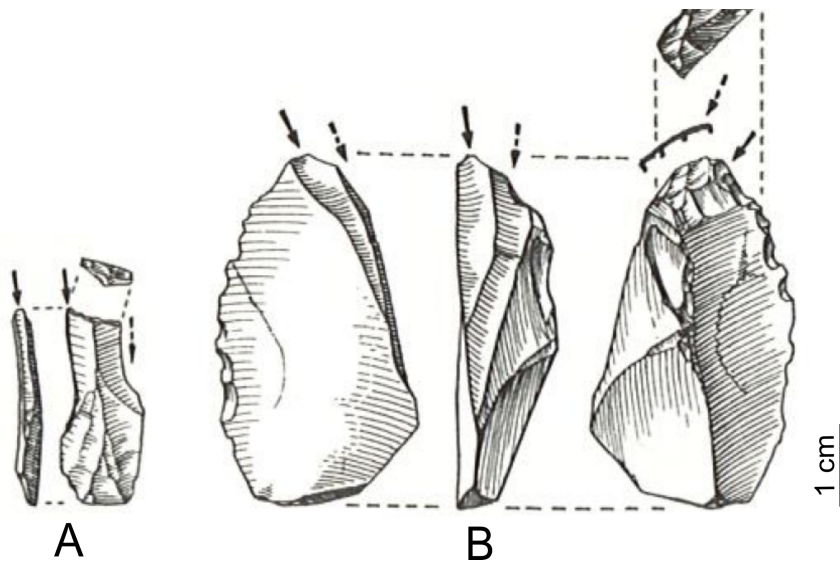


Figure 0.2: Fossiles directeurs typologiques du Gravettien moyen. A. Burin de Noailles (Abri Pataud, couche 4:lower ; David, 1985, p. 42). B. Burin du Raysse (Abri Pataud, couche 4:upper ; David, 1985, p. 104).

Plus tard, Jean-Philippe Rigaud reprend l'hypothèse de H. Delporte (Laville et Rigaud, 1973 ; Rigaud, 1981, 1982, 1988) en intégrant dans les calculs d'abondance relative la catégorie des « burins du Raysse », formellement découverte et décrite dans les années 1950-1960 (Pradel, 1953, 1965 ; Couchard et de Sonneville-Bordes, 1960 ; Movius et David, 1970 ; Figure 0.2, B.). Cet auteur s'appuie principalement sur la fouille de l'abri du Flageolet I à Bézénac (Dordogne ; Rigaud, 1981, 1982). Il propose également un premier regard sur les datations disponibles à l'époque, et souligne leur répartition chronologique large. L'argument repose sur des corrélations chronostratigraphiques entre sites fondées sur les travaux d'Henri Laville, amenant ces deux auteurs à avancer l'hypothèse de leur possible contemporanéité (Laville et Rigaud, 1973).

#### *b. L'apport des fouilles d'Hallam L. Movius à l'abri Pataud (Dordogne)*

Dans les années 1980, Nicholas David propose une vision radicalement différente de celle de H. Delporte et J.-Ph. Rigaud à partir de son étude des industries lithiques de la couche 4 de l'Abri Pataud (David, 1985). En utilisant la méthode de l'analyse quantitative par classes et de l'analyse d'attributs de l'outillage retouché, il pose l'hypothèse d'une tradition « noaillienne » indépendante du Périgordien. Ce qu'il nomme le « Noaillien » est donc défini par des caractéristiques typologiques originales : une plus grande proportion de burins par rapport à celle des grattoirs, une plus grande proportion de burins sur troncature par rapport à celle des burins dièdres, ainsi que l'apparition de nouveaux types

de burins comme les burins de Noailles ou les burins à modification tertiaire (parmi lesquels les burins-pointes et les burins du Raysse ; Movius et David, 1970). L'association de ces derniers types avec les pièces à dos de type Gravette résulte selon lui de contacts entre des populations « noailliennes » et « périgordiennes ».

D'autre part, N. David observe au sein du « Noaillien » une évolution entre « Noaillien ancien » (couche 4:lower) et « Noaillien récent » (couche 4:upper). Elle se traduit par la progressive généralisation des burins du Raysse par rapport aux burins de Noailles entre les subdivisions *lower* et *upper* (avec un niveau intermédiaire, la couche 4:middle, contenant la même proportion de burins de Noailles et du Raysse) ainsi que par des changements technologiques, à savoir l'apparition de la technique de la « modification tertiaire du biseau » (*ibid.*) et l'observation qualitative d'un plus grand raffinement dans la qualité des lames (*ibid.*, p. 215). Ce changement résulte selon lui d'une évolution culturelle interne aux populations « noailliennes ».

À partir de son inventaire exhaustif des sites « noailliens » en France et ailleurs (Italie, Espagne, Belgique), N. David remarque cependant que l'existence de ces deux « phases » n'est pas globale à la répartition géographique des sites. Notamment, le « Noaillien récent » défini à Pataud ne se développe pas dans le piémont pyrénéen et le Pays Basque espagnol (*ibid.*, p. 304). En effet, il souligne des différences importantes dans la typologie des industries lithiques avec les régions plus septentrionales. D'après lui, cette région aurait bénéficié d'une « *topographie favorisant l'isolation et une économie moins dépendante du renne comme proie principale* » (*ibid.*, p. 329). N. David évoque également une hypothèse pour expliquer « *l'apparition d'un faciès noaillien visiblement récent et très spécialisé à Arcy-sur-Cure* », dans l'Yonne. Selon lui, cette occupation ne reflète pas un campement saisonnier des populations habitant dans le nord du Bassin aquitain, mais serait plutôt la conséquence d'une divergence avec le « Noaillien récent » périgourdin puis d'une migration vers le nord.

Ces hypothèses quasi « ethnographiques » peuvent sembler spéculatives à ce stade et s'inscrivent dans le contexte scientifique de l'époque, dans lequel les mouvements de populations sont souvent invoqués pour expliquer l'apparition de nouvelles traditions lithiques. Elles s'appuient néanmoins sur l'observation intéressante de possibles événements de régionalisation au sein du « Noaillien ».

c. *Dans les années 1990 : un nouveau modèle basé sur une approche statistique des niveaux gravettiens du Sud-Ouest français*

Dans les années 1990, François Djindjian et Bruno Bosselin proposent un nouveau cadre chronologique du Périgordien/Gravettien à partir de l'analyse factorielle par correspondance et la classification ascendante hiérarchique de 89 niveaux gravettiens du Sud-Ouest français (Bosselin et Djindjian, 1994). Leur analyse aboutit à l'établissement de sept faciès chronologiques, définis par la typologie des industries lithiques. Le « Noaillien » de N. David est ainsi subdivisé en deux phases : le « Noaillien » (*sensu stricto*), caractérisé par la présence des burins de Noailles, et le « Rayssien », caractérisé par la présence de burins du Raysse. D'après les auteurs, ces deux unités archéologiques sont typologiquement très semblables, si ce n'est pour la présence des deux fossiles directeurs sus-mentionnés. L'hypothèse proposée pour expliquer ce changement est celle d'une évolution technologique de la production lamellaire. Cependant, il faut relever le caractère quelque peu artificiel de leurs subdivisions, fondées uniquement sur des données bibliographiques et sur des données radiométriques ne prenant pas en compte l'incertitude liée à la mesure (Klaric, 2003). D'autre part, l'affirmation selon laquelle le burin de Noailles serait un nucléus à lamelle n'est appuyé par aucun argument ni aucune étude (Klaric, 2003, p. 274). Elle semble d'ailleurs hautement improbable étant donné le microlithisme des chutes de burins de Noailles (largeur inférieure à 2 mm ; Djindjian, 1977) et le fait qu'aucune de ces chutes ne soit retouchée en vue d'une utilisation comme élément d'armature. La fonction « nucléus à lamelles » du burin du Raysse n'est pas non plus démontrée par leur étude.

Enfin, dans un ouvrage de synthèse, F. Djindjian souligne la différence de répartition géographique des deux unités archéologiques (Djindjian *et al.*, 1999), observation reprenant la proposition de N. David (1985) selon laquelle le Rayssien est plus septentrional et plus géographiquement restreint que le Noaillien. Les auteurs de l'ouvrage interprètent, eux-aussi, cette observation comme une adaptation à des contextes environnementaux différents ; ils évoquent également l'idée d'une probable contemporanéité du Rayssien au nord et du Noaillien au sud (Djindjian *et al.*, p. 185), mais encore une fois, aucun argument ne vient étayer ces hypothèses.

### **1.1.2. À partir des années 2000 : nouvelles hypothèses s’ancrant dans l’approche technologique des industries lithiques**

#### *a. Renouveau des connaissances sur le Rayssien dans le Bassin Parisien : hypothèse de ruptures*

Ce n’est qu’à partir des années 2000 que ces deux unités archéologiques, et principalement le Rayssien, font l’objet de nouvelles études. Les travaux (Klaric *et al.*, 2002) et thèse de Laurent Klaric (2003) viennent en effet renouveler les connaissances en adoptant une approche technologique des industries lithiques du Gravettien moyen et récent. À partir de l’étude du matériel provenant d’un sondage sur le site de plein-air de la Picardie en Indre-et-Loire, il démontre la fonction « nucléus à lamelles » des burins du Raysse (une hypothèse déjà proposée par Le Mignot, 2000 et de manière concomitante par Lucas, 2002). Cette démonstration s’appuie sur la mise en évidence d’un nouveau type de lamelles à retouche marginale, la lamelle de la Picardie, interprétée comme un élément d’armature et dont le support est issu des burins du Raysse (que nous nommerons dorénavant « burins-nucléus du Raysse » ; Klaric *et al.*, 2002). La méthode de débitage décrite par L. Klaric à la Picardie – dénommée la méthode du Raysse – est très rigide, car comportant un enchaînement de gestes et de séquences de préparation/extraction extrêmement normés (Klaric, 2017). L’objectif premier est l’obtention de lamelles peu épaisses, pointues et légèrement dissymétriques vers la droite<sup>5</sup>, ce qui implique que le support obtenu ne requiert que peu de transformation (retouche) pour aboutir au produit final : la lamelle de la Picardie (Klaric *et al.*, 2002). Les autres sous-produits lamellaires sont par défaut nommés « lamelles du Raysse » (Pottier, 2006). Ce nouveau type d’armature n’est pas associé à d’autres types d’armatures à dos du Gravettien (*e.g.*, pointes de la Gravette, microgravettes) à la Picardie (Klaric, 2003 ; Klaric *et al.*, 2011, 2018). Enfin, L. Klaric souligne un fort parallélisme conceptuel entre le débitage lamellaire et laminaire, avec dans ce dernier l’emploi de procédés typiques de la méthode du Raysse, comme le « facettage latéralisé oblique » se retrouvant sur les nucléus et le talon des supports, ou encore la progression semi-tournante et latéralisée du débitage. Suite à cette découverte, la cohérence de la méthode du Raysse et l’association systématique des burins-nucléus du Raysse avec les autres éléments de la méthode (lamelles du Raysse et lamelles de la Picardie) a été mise

---

5 Nous renvoyons le lecteur à l’Annexe 1 pour une précision sur la latéralisation des différents types de vestiges lithiques étudiés dans notre thèse (outils, nucléus *etc.*)



en évidence sur de nombreux sites français (la Grotte du Renne ; Klaric, 2003 et 2008 ; le Taillis des Coteaux, la grotte Maldidier ; Klaric, 2017 ; Solvieux ; Klaric, 2003, 2017 ; l'Abri Pataud ; Pottier, 2006 ; l'abri du Flageolet I ; Lucas, 2002 ; Gottardi, 2011 ; les Fieux ; Guillermin, 2006 ; la Grotte des Morts ; Sarrazin, 2017 ; la grotte du Raysse, Bassaler-Nord ; Touzé, 2011a ; le Fourneau-du Diable ; Vignoles *et al.*, 2019 ; Plasenn-al-Lomm ; Le Mignot, 2000 ; Sarrazin, 2018)<sup>6</sup>. En outre, l'inventaire bibliographique critique réalisé par L. Klaric (2003 et actualisé en 2017) a permis de dresser une carte plus fidèle de la répartition géographique des sites rayssiens. Ceux-ci sont situés principalement dans le nord du Bassin Aquitain et le sud du Bassin parisien, avec deux sites isolés dans l'Yonne et en Bretagne (Klaric, 2003 ; Touzé, 2013 ; Klaric, 2017). Des différences existent d'un site à l'autre dans l'application de la méthode du Raysse, mais elles sont mineures et restent imputables au support sélectionné, à l'accessibilité à des matières premières de bonne qualité, aux degrés de savoir-faire et aux aléas du débitage (Klaric *et al.*, 2009 ; Klaric, 2017, 2018a).

L. Klaric, dans sa thèse, se penche ensuite sur la comparaison de cette unité archéologique *a priori* très homogène du point de vue des industries lithiques avec ce qui le précède et ce qui le suit. Il propose donc une comparaison globale du système technique du Rayssien décrit à la Picardie et à la Grotte du Renne à Arcy-sur-Cure (Yonne), avec celui du Noaillien de Brassempouy (Landes) et du Gravettien récent du Cirque de la Patrie (Seine-et-Marne) et du Blot (Haute-Loire). Il en conclut une rupture forte entre Noaillien et Rayssien, et entre Rayssien et Gravettien récent (Klaric *et al.*, sous presse). Par ailleurs, il souligne que l'association de la méthode du Raysse avec des armatures à dos gravettiennes classiques sur de nombreux sites est douteuse (*e.g.*, de la Grotte du Renne ou l'Abri Pataud ; Klaric, 2007a) en raison du contexte stratigraphique souvent perturbé des abris sous-roche (*e.g.*, Bordes, 2000, 2002 ; Texier, 2000, 2009). Il propose donc une nouvelle hypothèse, selon laquelle le Rayssien « *pourrait appartenir à une tradition originale qui ne fabriquerait ni pointe à dos abrupt, ni burins de Noailles et qui s'avérerait alors distincte de la lignée gravettienne, tout du moins d'un point de vue typo-technologique* » (Klaric, 2003, p. 246). Cette hypothèse le conduit à imaginer un scénario dans lequel Noaillien et Rayssien auraient pu constituer deux lignées en partie parallèles ; le Noaillien évoluerait vers le Rayssien au nord de la

---

6 Contrairement à Cédric Sarrazin (2018), nous n'incluons pas le site de Chamvres dans corpus de sites Rayssien, en raison de l'absence des produits de la méthode du Raysse (lamelles du Raysse et de la Picardie) et du « facettage latéralisé oblique » sur les burins du Raysse. Nous rejoignons donc l'avis de L. Klaric (2013) de ne pas statuer avec certitude sur l'attribution chronoculturelle à un faciès ou une phase particulière du Gravettien (Rayssien ou Gravettien récent, en raison de la datation à 23 170 ± 230 BP ; *ibid.* ; Touzé, 2019).



Garonne, tandis qu'il perdurerait au sud (Klaric, 2007a). Malheureusement, de nombreuses incertitudes subsistent dans ce modèle en raison d'un manque cruel de données. En particulier, la région du Périgord – région-clé dans ces questionnements, car c'est là que les deux unités archéologiques sont présentes sur les mêmes sites et parfois au sein des mêmes niveaux – a été très peu examinée du point de vue des relations entre Noaillien et Rayssien (Klaric, 2003, p. 393 ; voir néanmoins Pottier, 2005 ; Gottardi, 2011).

### *b. Réexamen de la couche 4 de l'abri Pataud : hypothèse de continuités*

Ces hypothèses ne sont pas forcément partagées par l'ensemble des spécialistes de la période. En effet, des travaux ultérieurs mettent en avant des arguments en faveur d'une plus grande homogénéité culturelle du Gravettien moyen.

Dans sa thèse de doctorat portant sur les industries lithiques de la couche 4 de l'Abri Pataud, Christophe Pottier propose une comparaison typo-technologique des subdivisions *lower*, *middle*, et *upper* de la couche 4 (Pottier, 2005). Il met en avant leur homogénéité typo-technologique, ce qui le pousse à rejeter l'idée d'une rupture conceptuelle profonde entre Noaillien et Rayssien. D'autre part, il considère l'association burins de Noailles/méthode du Raysse comme fiable, étant donné que ses tests de validation stratigraphique (projections spatiales, rapprochements de certains types de matières premières, raccords de fragments de lames) – bien que limités – ne montrent peu ou pas de mélanges entre subdivisions. Il interprète donc la disparition graduelle des burins de Noailles en parallèle de la généralisation de la méthode du Raysse comme un remplacement progressif des premiers par des outils de même fonction, sans que ceux-ci ne soient mis en évidence. Il reprend également l'hypothèse de F. Djindjian en proposant des facteurs explicatifs environnementaux à l'origine de ce changement :

*« Ces nouvelles techniques pourraient être liées à une pression environnementale, ce qui expliquerait leur absence dans des industries à burins de Noailles dominants, tels que Isturitz ou Brassempouy. Par la suite, des groupes ayant la maîtrise de la méthode du Raysse remontent vers des régions plus septentrionales à la faveur de changements climatiques, d'où des gisements tels que la Picardie ou Plasenn-Al-Lomm. » (ibid. p. 349).*

Cette proposition reste purement déclarative à ce stade, puisqu'aucun argumentaire n'est déployé pour l'appuyer.

Ces propositions comportent quelques faiblesses, notamment parce qu'elles reposent principalement sur une interprétation discutable de la stratigraphie de l'Abri

Pataud, à savoir les subdivisions internes de la couche 4 définie par H. L. Movius. Or il faut savoir que ces subdivisions correspondent en réalité à des regroupements *a posteriori* de lentilles et niveaux identifiés à la fouille. De plus, de nombreux processus post-dépositionnels susceptibles d'avoir perturbé le matériel et occasionné des mélanges ont été mis en évidence dans cette séquence (*e.g.*, terriers de rongeurs, blocs effondrés, ruissellement, solifluxion, installations humaines ; Bricker *et al.*, 1995 ; Agsous, 2008 ; Klaric, 2007a ; Vignoles *et al.*, 2019). D'autre part, le mécanisme mis en avant pour expliquer le changement typo-technologique entre Noaillien et Rayssien est insuffisamment argumenté et relève encore une fois d'une proposition déclarative.

c. *Travaux de synthèse sur le « Noaillien » : difficultés de définitions*

C'est ensuite Olivier Touzé qui s'intéresse au « Noaillien » (*sensu David*) dans son mémoire de Master (Touzé, 2011b, 2013). Il y propose une révision bibliographique critique de l'ensemble des sites à burins de Noailles et/ou à pointes d'Isturitz (un fossile directeur d'industrie osseuse traditionnellement attribué au Noaillien *sensu stricto.* ; de Sonneville-Bordes, 1971, Goutas, 2004, 2008 ; mais dont l'exclusivité chrono-culturelle est aujourd'hui débattue ; Goutas, 2013b ; Figure 0.3) et reprend celle de L. Klaric pour les sites rayssiens. Cet inventaire renouvelé lui permet de discuter des territoires dessinés par ces trois fossiles directeurs. Si les sites à burins-nucléus du Raysse sont géographiquement restreints au nord de l'Aquitaine et au sud du bassin Parisien, les sites à burins de Noailles couvrent un territoire plus vaste, incluant les régions au sud de la Loire dans l'Ouest de la France, ainsi que les Pyrénées, le Pays Basque espagnol et tout le long de la côte tyrrhénienne en Provence et en Italie. Les pointes d'Isturitz, quant à elles, dessinent une troisième aire de répartition, différente de celles du Noaillien *sensu stricto* et du Rayssien.

Ces observations le conduisent à proposer un « système interprétatif ouvert » (Touzé, 2011b, p. 110), en individualisant une « entité noaillienne » composée de différents « faciès » définis en fonction de l'objet d'étude (par exemple, les industries lithiques) et de la méthode d'étude (par exemple, l'approche



Figure 0.3: Pointe à aménagement de type Isturitz classique (Grotte du Trilobite, Arcy-sur-Cure ; Goutas, 2013b)

typologique). Dans ce cadre interprétatif, « Noaillien » et « Rayssien » ne sont pas directement comparables, étant donné qu'ils ne sont pas définis par la même méthode d'étude : le Noaillien est un faciès typologique tandis que le Rayssien est un faciès technologique. Cependant, l'emploi du concept de faciès permet à l'auteur de les interpréter comme étant différentes options typo- et/ou technologiques employées ou non par différents groupes ayant vécu dans un cadre chrono-géographique commun (correspondant à celui de « l'entité noaillienne » ; Touzé, 2011b, 2013). Le travail d'O. Touzé souligne ainsi un vide crucial de la recherche sur le Gravettien moyen : les modalités de débitage lamino-lamellaire associées aux burins de Noailles sont encore trop peu décrites dans les différentes régions où ceux-ci sont présents pour que l'on puisse se risquer à comparer le « Noaillien » dans son intégralité au Rayssien.

### *d. Nouvelles données sur le Noaillien des Landes et du piémont pyrénéen*

En parallèle de ces travaux portant plutôt sur des sites au nord de la Garonne, le Noaillien de l'aire pyrénéo-cantabrique fait l'objet d'un renouveau des connaissances dans les années 2000 (San Juan Foucher et Vercoutère, 2003 ; Foucher 2004, 2013, 2015 ; Foucher *et al.*, 2008, 2011, 2012, Goutas et Simonet, 2009 ; Simonet, 2009a, b, 2011a, 2012, 2017, Lacarrière *et al.*, 2011 ; San Juan-Foucher, 2011 ; Lacarrière, 2015 ; Calvo *et al.*, 2019). Suite à la reprise d'études archéozoologiques, typo-technologiques des industries lithiques et des industries osseuses sur quelques sites du Gravettien pyrénéen (*e.g.*, Isturitz, Gargas, Brassempouy, Tercis, Mugurdia Sur, Aitzbitarte III *etc.*), plusieurs auteurs soulignent la cohérence chrono-régionale du Gravettien entre les Hautes-Pyrénées, les Landes et le Pays-Basque (Foucher, 2013 ; Simonet, 2017). Plusieurs comportements sont similaires d'un site à l'autre, tant du point de vue de la typo-technologie (lithique et osseuse) que des stratégies de chasse ou l'exploitation des matières premières. En effet, le faciès à burins de Noailles semble être l'unique faciès du Gravettien présent dans les Landes/Pyrénées (Foucher *et al.*, 2008) – bien que certaines séries puissent faire l'objet d'interprétations plus équivoques, avec une possible attribution au Gravettien récent (*e.g.*, Tercis ; Simonet, 2009a, b, 2017). Cet état de fait pourrait être dû à l'ancienneté de la plupart des fouilles effectuées dans la région, dont les méthodes peu minutieuses auraient contribué à masquer des variations typo-technologiques chronologiques fines (*ibid.*).

Malgré tout, Aurélien Simonet souligne la complémentarité des fonctions de sites noailliens à l'échelle du territoire (Simonet, 2017), au sein duquel plusieurs sites spécialisés (*e.g.*, Tarté, Gatzarria) gravitent autour de grands sites d'agrégation (*e.g.*, Isturitz, Brassempouy). Il propose un modèle d'organisation territorial semi-sédentaire (Figure 0.4). Le territoire dessiné par l'exploitation des matières premières est plutôt local, bien qu'une proportion relativement importante (25 à 30%) provienne de sources plus lointaines (Périgord, Landes, nord de l'Espagne et côte méditerranéenne française ; Foucher *et al.*, 2008 ; Foucher, 2015 ; Calvo et Arrizabalaga, 2020). Concernant les stratégies de chasses, celles-ci semblent indiquer une certaine souplesse dans le choix des proies, étant donné que le spectre de chasse est assez diversifié tant au sein d'un site que d'un site à l'autre, contrairement à la région du Périgord où le spectre est principalement focalisé sur le renne (Lacarrière, 2015). Cette différence est malgré tout difficilement interprétable en termes de choix culturels, étant donné qu'elle pourrait tout autant être due à une diversité de proies variable entre ces deux régions (*ibid.*, p. 347).

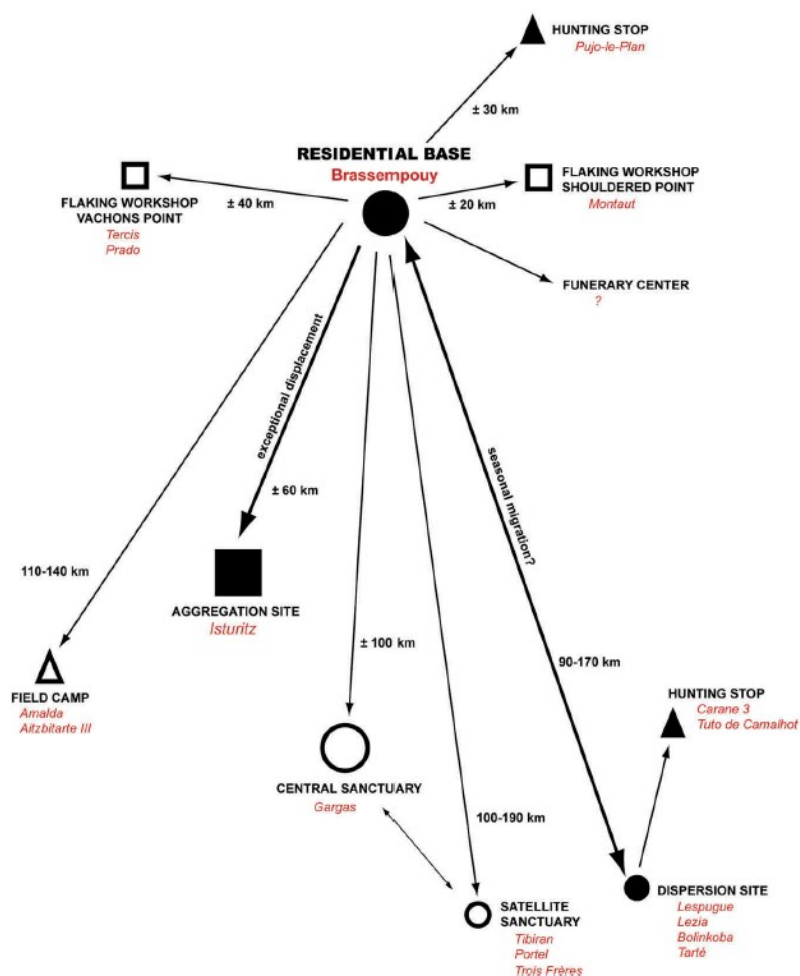


Figure 0.4: Modèle d'occupation du piémont pyrénéen au Gravettien à burins de Noailles (Simonet, 2017).

Enfin, les datations récentes de la grotte de Gargas à Aventignan (Hautes-Pyrénées) montrent que le Gravettien à burins de Noailles s'étale sur une longue période de temps, couvrant à peu près l'ensemble du Gravettien moyen – Noaillien et Rayssien – au nord de la Garonne (Foucher *et al.*, 2011 ; Banks *et al.*, 2019). Ces données appuient donc l'hypothèse d'une bifurcation chrono-culturelle au Gravettien moyen entre les territoires au sud et au nord de la Garonne.

*e. Persistance de l'hypothèse fonctionnelle*

Enfin, l'hypothèse fonctionnelle avancée par J.-Ph. Rigaud dans les années 1980 est toujours défendue par cet auteur (Rigaud, 2008, 2011). D'après lui, l'association de fossiles directeurs gravettiens et de burins du Raysse/de Noailles est valide sur de nombreux sites: au Flageolet I – où le contrôle stratigraphique à la fouille est de qualité – ou encore à Solvieux, dans la vallée de l'Isle (*ibid.*). La question de la fonction des sites est également

soulevée par André Morala (2011), à partir de la série du Callan (Lot-et-Garonne). Cette dernière présente une proportion spectaculaire de burins de Noailles par rapport au reste de l'outillage. D'autre part, les éléments d'armatures gravettiens classiques (Gravettes, microgravettes, microlithes à dos divers...) sont absents, ainsi que d'autres fossiles directeurs comme les pointes de la Font-Robert ou les burins-nucléus du Raysse. Cette configuration particulière conduit l'auteur à interpréter le faciès Noaillien comme étant purement fonctionnel et partie intégrante des industries du Gravettien moyen, considérées ici comme culturellement homogènes (*ibid.*, p. 354-355).

Du fait du renouvellement des données technologiques depuis les années 2000, cette hypothèse purement fonctionnelle nous semble difficile à défendre aujourd'hui pour expliquer en totalité cette variabilité. En effet, la comparaison des systèmes techniques associés aux burins-nucléus du Raysse à la Picardie et aux burins de Noailles à Brassempouy montre une rupture notable dans les modes de productions lamino-lamellaires, *a minima* entre le sud du Bassin parisien et les Landes (Klaric, 2003, 2008). Or, si ces fossiles directeurs représentaient des activités spécialisées pratiquées par des groupes homogènes d'un point de vue de leurs industries lithiques, il serait logique de postuler que le système technique associé à ces fossiles directeurs soit *grosso modo* similaire entre chaque site. On pourrait également s'attendre à ce que les deux unités archéologiques aient une répartition géographique plus ou moins semblable. Cependant, la méthode du Raysse n'existe pas dans les sites situés au sud de la Garonne tandis que les burins de Noailles sont absents au nord de la Loire. D'autre part, la validité des associations de fossiles directeurs est encore un sujet débattu, étant donné le manque d'études se concentrant sur ce point précis. Il est néanmoins possible que la spécialisation des activités joue un rôle non-négligeable dans la variabilité des assemblages, notamment concernant les burins de Noailles, qui peuvent être très abondants (ou rares !) sur certains sites (*e.g.*, Delporte, 1968 ; Morala, 2011).

### **1.1.3. Se décentrer du Sud-Ouest de la France et du Bassin parisien : le Gravettien moyen dans les régions adjacentes**

Après cet historique détaillé focalisé sur les sites français, il nous semble important de proposer un court panorama des travaux portant sur les régions adjacentes dans lesquelles des sites à burins de Noailles sont également présents, à savoir l'Espagne et l'Italie.

a. *Le Pays Basque espagnol*

En Espagne, la chronologie du Paléolithique supérieur – et *a fortiori* du Périgordien/Gravettien – s’est principalement construite en référence à des modèles établis pour d’autres régions européennes (de la Peña-Alonso, 2011). Le modèle d’évolution culturelle proposé par H. Breuil y est rapidement adopté au début du XX<sup>ème</sup> siècle. Le modèle de D. Peyrony s’y exporte également dans les années 1950-1960, en parallèle de celui de D. Garrod (1938). Dans les années 1970, les principaux sites et séquences d’Espagne sont revisités à l’aune de la typologie statistique, suivant tantôt la méthode de Jean Perrot et Denise de Sonneville-Bordes (1954, 1956a, b), tantôt celle de Georges Laplace (1966). C’est dans ce contexte que M.R.C. McCollough (1971 ; d’après de la Peña-Alonso, 2011, p. 37) définit le faciès typologique du « Noaillien » en Cantabrie, idée développée plus tard par N. David dans sa thèse sur l’Abri Pataud (David, 1985). D’après le premier, ce faciès correspondrait à la manifestation matérielle d’une ethnie composée de quelques groupes de chasseurs-cueilleurs, dont le territoire était centré sur les Pyrénées (autour de sites tels que Gargas, Isturitz ou Bolinkoba) et qui possédaient des implantations satellites dans la région basco-navarraise. Enfin, dans les années 1990, la thèse d’Alvaro Arrizabalaga (1995 ; d’après de la Peña-Alonso, 2011, p. 39) permet de définir trois phases au sein du Gravettien grâce à l’analyse typologique et statistique de plusieurs sites des Cantabres. En effet, celui-ci remarque que le modèle français de la chronologie du Gravettien ne semble pas s’appliquer à la région. De plus, par le biais d’une étude de typologie analytique laplacienne, A. Arrizabalaga confirme la cohérence morpho-typologique du burin de Noailles. Il réfute alors sa qualité de fossile directeur exclusif du Gravettien – tout du moins pour cette région de l’Europe – étant donné sa présence dans des contextes solutréens, voire magdaléniens. (de la Peña-Alonso, 2011)

De fait, l’analyse historiographique des études portant sur le Gravettien espagnol met en évidence un problème majeur quant à l’identification de ce techno-complexe dans la péninsule : celui-ci a en effet fait majoritairement l’objet d’hypothèses proposées pour d’autres régions européennes (*e.g.*, le Sud-Ouest de la France) puis plaquées sur le registre archéologique espagnol (de la Peña-Alonso, 2009, 2011). D’ailleurs, le travail doctoral de Paloma de la Peña-Alonso met en évidence les spécificités du Gravettien péninsulaire. Dans ce cadre, l’analyse technologique de la séquence gravettienne d’Aitzbitarte III montre des similarités avec d’autres sites de la zone pyrénéo-cantabrique, tels que Mugurdia Sur

(Navarre) ou Isturitz (Pyrénées-Atlantiques ; *ibid.*). En revanche, le burin de Noailles apparaît comme un fossile directeur plus ambiguë chrono-culturellement que dans le Sud-Ouest de la France (Bradtmöller *et al.*, 2015, p. 250), car pouvant être associés à d'autres techno-complexes que le Gravettien (Aurignacien ou Solutréen) – bien que la nature de ces associations, culturelles ou taphonomiques, ne soit pas clairement établie. Cette ambiguïté fait écho aux difficultés rencontrées pour dégager une séquence culturelle présentant des phases typo-technologiques assez bien caractérisées, comme dans le Sud-Ouest de la France. La variabilité des industries lithiques est plutôt décrite comme « *système non-hiérarchique* » (*ibid.*, p. 247). Elle ne semble pas s'ordonner chronologiquement, mais dépendrait plutôt du contexte environnemental, en particulier l'accès aux matières premières de bonne qualité, mais également la nécessité de s'adapter à une multitude de « *circonstances géomorphologiques, hydrologiques et climatiques* » (*ibid.*, p. 256) auxquelles se superpose l'instabilité climatique du début du Dernier Maximum Glaciaire (abrév. LGM ; voir aussi Arrizabalaga *et al.*, 2020). De plus, certaines datations de contextes à Noailles – bien que potentiellement sujettes à des contaminations de matériel plus récent ou ancien (situation probablement courante dans les sites de la région, *cf.* Marin-Arroyo *et al.*, 2018) – sont contemporaines du Gravettien ancien (par ex. à Aitzbitarte III ; *ibid.*, p. 13 ; Arrizabalaga *et al.*, 2020) ou récent du Sud-Ouest de la France (par ex. à Amalda ; Simonet, 2009a, p. 244). D'autre part, la diversité des approches – induite par la coexistence des méthodologies de D. de Sonneville-Bordes et de G. Laplace – implique une production de données parfois difficilement comparables avec les publications françaises (voir le recensement critique de P. de la Peña-Alonso ; 2011).

Ces différentes difficultés – ambiguïté chrono-culturelle du burin de Noailles et manque de données technologiques et chronologiques certifiant la contemporanéité des sites avec les sites français (en particulier dans les régions centrales et occidentales des Cantabres) – nous amènent à considérer le registre archéologique espagnol avec précaution. Néanmoins, le pays Basque espagnol est une région mieux documentée et les études des industries lithiques montrent des similarités avec les sites basques français (*e.g.*, de la Rasilla Vives et Straus, 2004 ; Simonet, 2009a ; de la Peña-Alonso, 2011 ; Bradtmöller *et al.*, 2015 ; Arrizabalaga *et al.*, 2020). La présence de matériaux siliceux provenant du versant nord des Pyrénées dans les sites espagnols (Arrizabalaga *et al.*, 2020, p. 58 ; Calvo et Arrizabalaga, 2020) et vice-versa (Foucher, 2004 ; Foucher *et al.*, 2008 ; Simonet, 2009a)



appuie davantage l'idée que les Pyrénées occidentales constituaient une région homogène culturellement au Gravettien.

*b. La Provence et l'Italie tyrrhénienne*

La Provence et la côte ouest italienne ont également livré de nombreux sites à burins de Noailles (Onoratini, 1982 ; Palma di Cesnola 1993 ; Gambassini, 2007 ; Bazile, 2007 ; Touzé, 2013 ; Onoratini *et al.*, 1999, 2010 ; Santaniello, 2016). Du côté français, trois grandes phases du Gravettien ont été mises en évidence à partir de l'étude typologique des industries (Onoratini, 1982 ; Onoratini et Combier, 1998 ; Onoratini *et al.*, 1999, 2010) : un Gravettien ancien riche en pièces à dos, un Gravettien moyen à burins de Noailles et un Gravettien « supérieur ». À cette phase succède le proto-Arézien, riche en pointes à dos et en pointes aréziennes, interprété comme une industrie transitionnelle entre le Gravettien et l'Épigravettien liguro-provençal (phase ancienne : Arézien). Ce type de pièce est néanmoins présent dès le Gravettien ancien liguro-provençal. Cette séquence chrono-culturelle se distingue donc fortement de celle, classique, définie dans le nord de l'Aquitaine. Gérard Onoratini (1982) explique cette différence par des facteurs environnementaux, notamment au niveau de la faune chassée : « *la Provence au Paléolithique supérieur [...] nous montre deux zones écologiques différentes. À l'Ouest, il y a du renne. À l'Est, la faune est différente, et l'évolution des industries l'est aussi profondément. Peut-on parler d'influence impérative naturelle ?* » (*ibid.*, p. 193). Une autre différence majeure est l'absence de la méthode du Raysse à l'est de la vallée du Rhône (Bazile, 2007), à l'exception quelques faux-amis de burins-nucléus du Raysse à la Grotte du Marronnier et à la Station du Gratadis (*cf.* Klaric, 2003). Ce modèle, principalement établi par les travaux de G. Onoratini (1982), s'est construit dans le cadre de la méthode statistique bordienne, et depuis, très peu de données technologiques ont été apportées sur les séries provençales françaises (Bazile, 2007 ; voir néanmoins Santaniello, 2016). En outre, la succession chronologique proposée par Onoratini et collaborateurs s'appuie le plus souvent sur des comparaisons typologiques à longue distance et n'est que très peu étoffée par des datations <sup>14</sup>C, rares pour les sites de la région (Bazile, 2007). Si la découverte récente du site des prés de Laure permet aujourd'hui de rediscuter de la fin de la séquence gravettienne dans le Vivarais (site attribué au Gravettien final ou au début de l'Épigravettien ancien ; Porraz *et al.*, 2014 ; Tomasso *et al.*, 2018), le Gravettien moyen reste encore assez mal connu d'un point de vue chronologique

et technologique (voir cependant l'étude des armatures de type Gravette du niveau G de la Grotte des Enfants par A. Simonet ; 2010).

En Italie, en revanche, l'histoire de la recherche sur le Gravettien s'ancre dans la typologie analytique de G. Laplace (Laplace, 1966 ; Palma di Cesnola 1993), ce qui rend les données collectées sur les industries lithiques parfois difficilement comparables avec ce qui est fait de l'autre côté de la frontière (Mussi, 2002). Actuellement, deux phases sont proposées : le Gravettien ancien (« *Gravettiano antico* ») et le Gravettien évolué (« *Gravettiano evoluto* »), qui comprend deux faciès régionalisés (Santaniello, 2016). Dans les sites de la côte adriatique, les burins de Noailles sont absents tandis qu'ils sont présents, parfois en grand nombre, sur la côte tyrrhénienne. Récemment, le travail doctoral de Fabio Santaniello (2016) a apporté des données nouvelles sur le Gravettien de l'arc liguro-provençal, par le biais d'une analyse typo-technologique de dix séries, dont trois principales (Riparo Mochi, Grotte des Enfants et Bilancino). Sur des bases typo-technologiques et chronologiques, l'auteur propose que le Gravettien à burins de Noailles provienne du Sud-Ouest de la France. D'autre part, pour les sites du Nord de l'Italie occidentale, le territoire d'approvisionnement en matières premières semble circonscrit à l'arc liguro-provençal (Riparo Mochi, Grotte des Enfants), tandis qu'aucun contact n'a été mis en évidence entre celle-ci et la Toscane (Bilancino ; Aranguren *et al.*, 2015). La fin du Noaillien est caractérisée par la disparition progressive des burins de Noailles, sans changements majeurs dans le reste de l'industrie.

Ce court état de l'art permet de réaliser que la recherche ne s'est finalement que très peu intéressée au Noaillien dans ces régions, pourtant « riches » en sites. Ce biais est probablement dû à une focalisation de la recherche sur les périodes qui l'encadrent, telles que la transition Paléolithique moyen-supérieur (*e.g.*, Falcucci *et al.*, 2021) ou les techno-complexes contemporains du LGM (*e.g.*, Montoya, 2004 ; Tomasso, 2014). D'autre part, le burin de Noailles est souvent considéré comme un critère unificateur des ensembles, mais les études technologiques (Simonet, 2010 ; Santaniello, 2016 ; Santaniello et Grimaldi, 2019) concernent encore trop peu de sites pour dégager une vision de la chronologie culturelle régionale comparable avec la zone pyrénéo-cantabrique ou le nord de l'Aquitaine. De plus, une régionalisation territoriale au sein du Noaillien italien est suggérée par les études pétro-archéologiques, qui soulignent des différences de territoires d'approvisionnement entre l'arc liguro-provençal et la Toscane. La connaissance

technologique du registre noaillien du sud-est français et d'Italie et sa chronologie restent des sujets à approfondir afin d'atteindre le même degré d'inférence que pour les autres régions du Noaillien.

### **1.1.4. Bilan**

Ce bref historique de la recherche nous permet de dégager une diversité d'hypothèses cherchant à expliquer la variabilité typo-technologique du Gravettien moyen. Cette diversité d'interprétations semble être liée à une pluralité d'approches théoriques et méthodologiques des industries lithiques (notamment : typologique vs. technologique, typologie bordienne vs. laplacienne), à la comparaison de deux unités archéologiques inégalement définies – donc, de fait, difficilement comparables terme à terme (« Noaillien » vs. « Rayssien ») – ainsi qu'à des désaccords quant à l'interprétation de certaines observations (notamment : le remplacement progressif d'une unité archéologique par l'autre à Pataud et au Flageolet I ou bien l'association des fossiles directeurs au sein de même couches archéologiques). Seul l'apport de nouvelles données sur les industries lithiques et leur contexte stratigraphique et de découverte pourra permettre à la recherche d'avancer vers un consensus plus satisfaisant.

Ce manque est renforcé par une littérature très inégale, que ce soit entre régions, entre le Noaillien et le Rayssien, ou même au sein de chaque unité archéologique. Si la méthode lamellaire du Raysse est bien décrite sur de nombreux gisements couvrant la majorité de sa répartition géographique, la composante laminaire associée – pourtant incluse dans le Rayssien selon L. Klaric – n'est que rarement considérée (voir cependant Gottardi, 2011). Le Noaillien, en revanche, n'a fait l'objet que d'études ponctuelles dans la partie nord de sa distribution géographique (Lucas, 2000 ; Pottier, 2005, Kildea et Lang, 2011 ; Morala, 2011 ; Kildea *et al.*, 2013), les études récentes s'étant principalement focalisées sur les Landes et le piedmont pyrénéen (Foucher, 2004 ; Foucher *et al.*, 2008 ; Simonet, 2009a, 2017 ; de la Peña-Alonso, 2011). Ce sont les données issues de ces dernières qui sont les plus facilement comparables avec les études technologiques de gisements rayssiens du Centre de la France et du Sud du Bassin parisien, en raison de la méthodologie employée par les auteurs (approche technologique).

En Espagne et en Italie, l'approche typo-technologique employée diffère parfois de l'approche française (*e.g.*, Mussi, 2001), compliquant ainsi les comparaisons entre régions,

qui peuvent par ailleurs être très éloignées géographiquement (par ex. les sites à l'est de la Vallée du Rhône par rapport au reste de la distribution géographique du Noaillien).

De plus, notre état de l'art montre qu'il n'y a que peu (ou pas) de travaux récents cherchant à expliquer la diffusion du concept du burin de Noailles de façon globale. En effet, la plupart des travaux sont restés focalisés sur des régions circonscrites. Les hypothèses actuelles se basent majoritairement sur des comparaisons typologiques ou des datations peu fiables, car réalisées anciennement et n'ayant pas fait l'objet d'une révision critique (cf. § 1.2.2). Seuls les travaux de A. Simonet (2009a) et P. de la Peña-Alonso (2011) proposent des comparaisons typo-technologiques entre sites français et espagnols – malheureusement circonscrites à l'aire pyrénéo-cantabrique. Concernant l'arc liguro-provençal, la thèse de F. Santaniello (2016) compare également des sites français aux sites italiens de cette région, mais les comparaisons avec les autres régions du Noaillien se basent sur la seule présence de burins de Noailles dans les ensembles. Des comparaisons technologiques terme à terme, ainsi que des datations récentes, manquent encore pour réellement tester les possibles relations entre ces régions et l'aire principale de répartition des burins de Noailles.

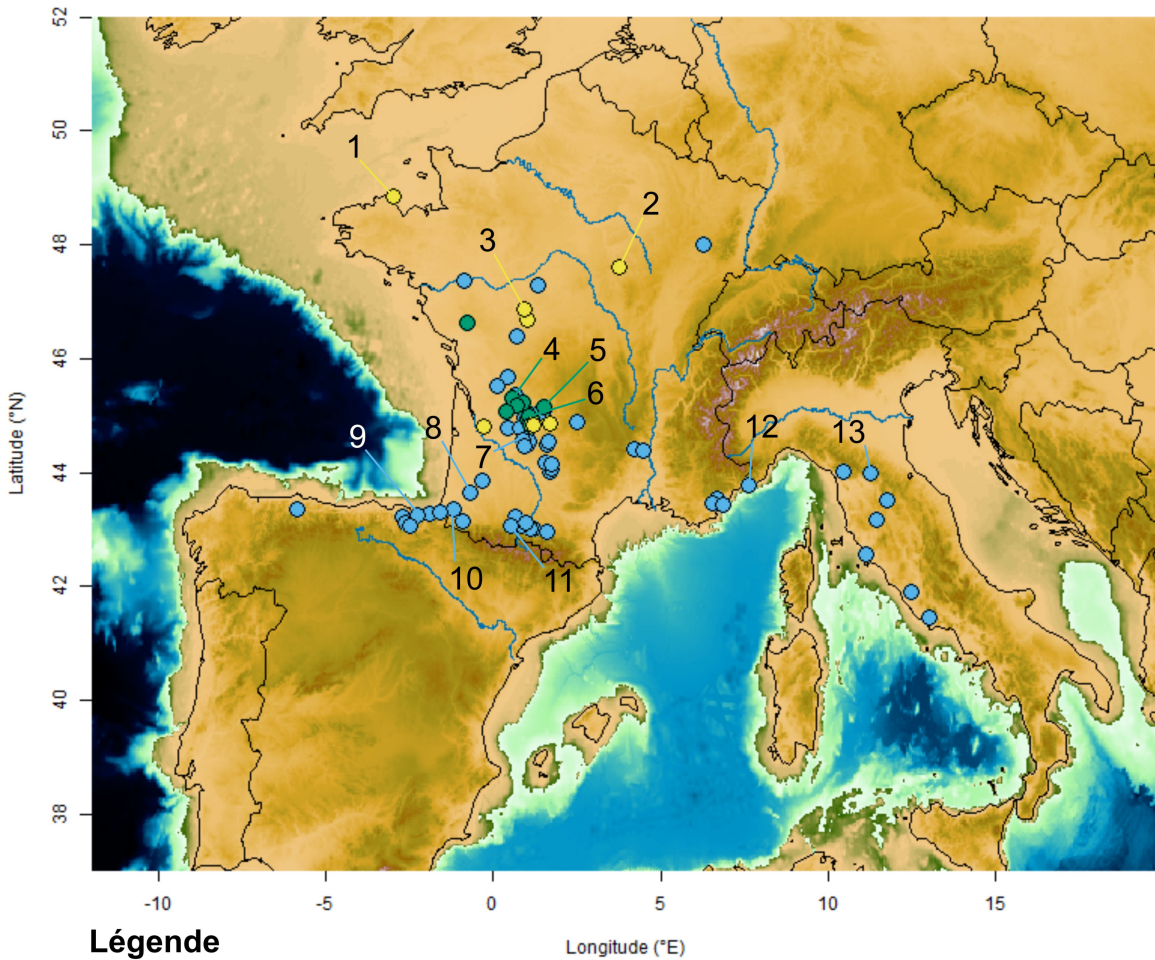
## **1.2. Cadre géographique et chronologique**

### **1.2.1. Répartition géographique**

Géographiquement, les territoires des deux unités archéologiques ne se recoupent que partiellement (Figure 0.5). Le Noaillien est présent du sud de la Loire aux Pyrénées cantabriques ainsi qu'à l'est de la vallée du Rhône et en Italie, le long de la côte tyrrhénienne (Touzé, 2013), bien qu'une présence isolée soit signalée dans les Vosges (Hans, 1997). Le Rayssien en revanche, comporte une répartition géographique plus restreinte et septentrionale, centrée sur le Nord de l'Aquitaine et le sud du Bassin Parisien, avec une présence plus sporadique en Bourgogne et en Bretagne (Touzé, 2013 ; Klaric, 2017). Des occurrences sont également évoquées en Belgique (grotte de Spy et Goyet ; Otte, 1976 cité par Touzé, 2011a p. 30), mais les pièces avancées comme étant des burins du Raysse sont en réalité de faux amis et ne peuvent être considérées comme valides (*ibid.*, Klaric, 2003). De tels faux-amis sont également attestés dans les Pyrénées et dans le sud-est de la France (*ibid.*). Ainsi, l'absence de la méthode du Raysse au sud de la Garonne suggère donc une différence de trajectoire culturelle entre le piedmont pyrénéen, caractérisées uniquement

par le Noaillien à l'échelle du Gravettien moyen, et les régions au nord de la Garonne, où le Noaillien et le Rayssien ont tous les deux fait partie des industries lithiques employées par les populations (David, 1985 ; Klaric, 2017 ; Banks *et al.*, 2019 ; Vignoles *et al.*, 2021). Pour le Noaillien, une certaine continuité culturelle est souvent admise entre les sites français et espagnols, étant donné leur proximité géographique, les territoires dessinés par les matières premières et certaines similarités typo-technologiques (notamment la présence de burins de Noailles ou le style des armatures à dos ; Foucher *et al.*, 2008 ; Simonet, 2009a ; de la Peña-Alonso, 2011 ; Bradtmöller *et al.*, 2015 ; Calvo et Arrizabalaga, 2020 ; Arrizabalaga *et al.*, 2020).

La question d'une différence de trajectoires culturelles peut également être posée pour les régions à l'est de la vallée du Rhône. Malgré la présence de burins de Noailles, parfois en grande quantité, sur de nombreux gisements en Provence et en Italie, de nombreuses différences typo-technologiques ont été soulignées – parmi lesquelles la principale est l'absence notable de la méthode du Raysse (Onoratini et Combier, 1998 ; Bazile, 2007 ; Gambassini, 2007 ; Onoratini *et al.*, 1999, 2010 ; Santaniello, 2016). Par ailleurs, le territoire d'approvisionnement dessiné par les matières premières à Riparo Mochi et à Bilancino couvre l'arc liguro-provençal sans dépasser la vallée du Rhône à l'ouest (Santaniello et Grimaldi, 2019).



**Légende**

- Sites à burins de Noailles
- Sites à burins de Noailles et burins-nucléus du Raysse
- Sites à burins-nucléus du Raysse

Figure 0.5: Répartition géographique des sites à burins de Noailles et à burins du Raysse (d'après Touzé, 2013 ; Klaric, 2017 ; Vignoles et al., 2019). Principaux sites cités dans le texte : 1. Plasenn al Lomm ; 2. Grotte du Renne ; 3. La Picardie ; 4. Solvieux, gisement des Jambes ; 5. Bassaler-Nord, Grotte du Raysse, Grotte des Morts ; 6. Abri du Facteur, Abri Pataud, Abri du Flageolet I ; 7. Le Callan ; 8. Brassempouy ; 9. Aitzbitarte III ; 10. Isturitz ; 11. Gargas ; 12. Grotte des Enfants, Riparo Mochi ; 13. Bilancino.

### 1.2.2. Chronologie

Le Gravettien moyen est, d'après les données récentes (Banks *et al.*, 2019), situé entre *ca.* 32 et 28.5 ka cal. BP en France (Figure 0.6). Cependant, la relation chronologique du Noaillien et du Rayssien est pour l'instant difficile à cerner. Sur les rares sites stratifiés

du Bassin aquitain, le développement du Noaillien est toujours antérieur à celui du Rayssien<sup>7</sup> (par ex. l'Abri Pataud et le Flageolet I ; David, 1985 ; Rigaud, 1982 ; Klaric, 2003). Reste que la majorité des sites sur lesquels les deux unités archéologiques sont présents les voient associés au sein des mêmes couches (Klaric, 2003 ; Touzé, 2011b). L'interprétation de ces associations est encore débattue. Certains les considèrent comme fiables (Touzé, 2011b ; Rigaud, 2008, 2011 ; Rigaud *et al.*, 2016), tandis que d'autres y voient le résultat de mélanges post-dépositionnels, de palimpsestes d'occupation (Klaric, 2007, 2008) ou liés à des méthodes de fouille trop peu précises (Vignoles *et al.*, 2019).

L'analyse des datations <sup>14</sup>C disponibles pour la période révèle un important chevauchement chronologique entre les deux unités archéologiques (Klaric, 2003, 2007 ; Touzé, 2011b, 2013). Comme l'ont souligné ces deux auteurs, ces datations sont toutes anciennes et relèvent de méthodes peu précises car requérant une masse importante de matériel « *bulk* » à dater – incluant donc mécaniquement des contaminants susceptibles de rajeunir la mesure (voir cependant les nouvelles dates effectuées par Douka *et al.*, 2020). D'autre part, même mesurée avec des méthodes récentes et plus précises (comme la datation AMS avec pré-traitement ultra-filtration ou la datation sur acide aminé ; Higham *et al.*, 2006 ; Marom *et al.*, 2012), la date peut se révéler fautive en raison d'une erreur d'appréciation stratigraphique au moment de l'échantillonnage ou d'intrusions de matériels plus anciens ou plus récents *via* des processus taphonomiques (Banks, 2015). Enfin, étant donné que sur la plupart des sites datés dans la région de « chevauchement », les deux unités archéologiques sont associées au sein de mêmes couches, il semble raisonnable de poser un certain doute sur l'attribution chrono-culturelle exclusive de la grande majorité des mesures radiocarbones (Banks *et al.*, 2019). En revanche, si l'on compare les datations récentes de deux régions présentant des trajectoires culturelles différentes à l'échelle du Gravettien moyen – à savoir le piedmont pyrénéen, exclusivement « noaillien » vs. les territoires au nord de la Garonne, marqués par le développement de la méthode du Raysse – il est intéressant de noter qu'elles présentent une chronologie parallèle, étant donné que le Noaillien pyrénéen couvre la même période de temps que l'ensemble du Gravettien moyen

---

7 À l'exception du site de plein-air des Jambes (Dordogne ; Célérier, 1967), dans lequel les burins de Noailles sont décrits comme étant stratigraphiquement au-dessus des burins du Raysse. Nous verrons dans le chapitre 2 du Volume II que cette configuration ne peut être considérée comme valide. Cette configuration est également décrite au Taillis des Coteaux, dont le niveau VIb à rares burins de Noailles est stratigraphiquement au-dessus des niveaux VIe et VIg à burins du Raysse (Primault, 2003, p. 259-260). Ce cas particulier n'est malheureusement pas discuté par l'auteur et en l'absence d'informations complémentaires, il n'est pas possible de statuer sur la validité de cette inversion.

## •Introduction

(*sensu lato*) au nord de la Garonne (*ibid.*). Cependant, cette hypothèse repose encore sur un trop faible nombre de dates et d'études archéologiques. Ce modèle chronologique préliminaire est en cours d'enrichissement avec des mesures plus récentes et dans des contextes récemment révisés dans le cadre des projets LabEx « IMPACT » et du projet Région Nouvelle-Aquitaine « GravettoNiches » (Banks [dir.]).

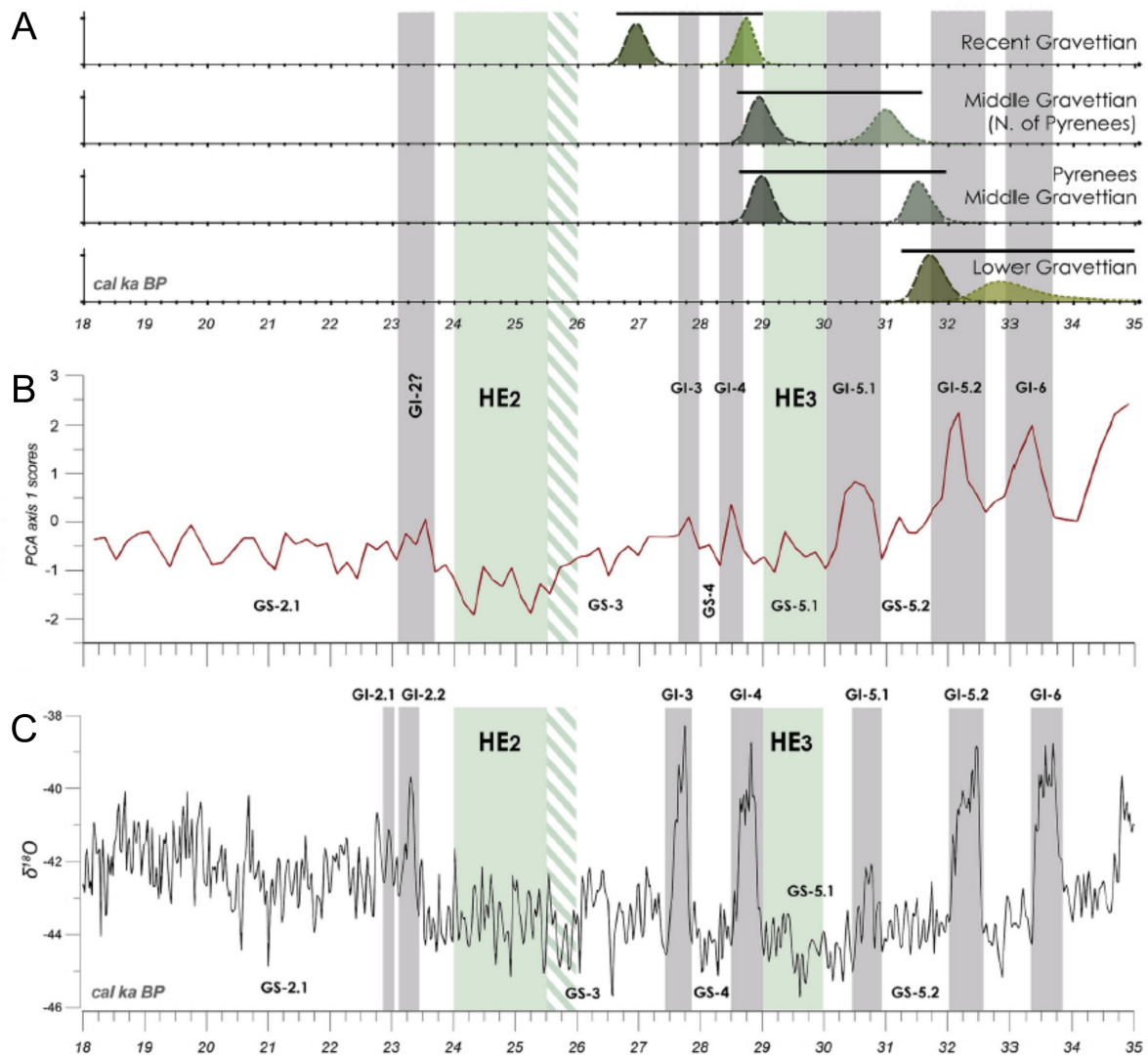


Figure 0.6: Corrélation des phases chrono-culturelles avec la variabilité climatique millénaire (d'après Banks et al., 2019, modifié). **A.** Intervalles chronologiques identifiés par le modèle bayésien d'âge (logiciel Chronomodel, Lanos et Philippe, 2017) pour le Gravettien moyen et récent. **B.** Scores de l'axe 1 de l'analyse en composantes principales (ACP) issus de l'étude pollinique de la carotte de Bergsee (Duprat-Oualid et al., 2017). **C.** Enregistrement du  $\delta^{18}O$  au cours du temps dans la carotte de glace NGRIP (Rasmussen et al., 2014) et mise en évidence des stades et inter-stades du Groënland (GS et GI respectivement) ainsi que des événements de Heinrich (HE).

En outre, la chronologie des régions adjacentes est encore difficile à cerner. Dans les contextes espagnols, les burins de Noailles sont présents dans des niveaux contemporains



de l'Aurignacien récent français jusqu'au Solutréen (de la Peña-Alonso, 2011, p. 681 ; Bradtmöller *et al.*, 2015). De même, les burins de Noailles en Italie sont associés à des dates plus récentes qu'en France (Touzé, 2013). Ces différences chronologiques entre le sud-ouest français et l'aire pyrénéo-cantabrique/l'Italie tyrrhénienne, ainsi que les différences typo-technologiques avec la séquence périgourdine dite classique (notamment l'absence de certaines unités archéologiques, comme le Rayssien ou le Gravettien ancien à pointes de la Font-Robert), semblent indiquer des trajectoires culturelles différentes entre ces trois régions. Si la multiplication des études chronologiques récentes semble indiquer une certaine contemporanéité entre le Gravettien moyen au nord de la Garonne et le Gravettien à burins de Noailles dans les Pyrénées occidentales (*e.g.*, Banks *et al.*, 2019 ; Bradtmöller *et al.*, 2015 ; Arrizabalaga *et al.*, 2020), la situation est moins claire pour le versant provençal et italien, dont les datations sont plus anciennes et les révisions typo-technologiques plus rares (voir cependant Simonet, 2010 ; Santaniello, 2016).

## **2. La succession Gravettien moyen-Gravettien récent**

Le regain d'intérêt pour le Gravettien moyen au début des années 2000 s'accompagne d'une réflexion portant sur la période qui le succède, le Gravettien récent (Klaric, 1999, 2000, 2003). Avant de nous pencher sur la transition, intéressons-nous à l'historique de cette subdivision du Gravettien.

### **2.1. Bref historique des travaux sur le Gravettien récent**

Le Gravettien récent est peut-être l'une des phases du Gravettien français ayant été le moins investie par la recherche. Elle a en effet une histoire relativement chaotique. Dans le modèle Peyrony, le Gravettien récent correspond au Périgordien III (Peyrony, 1936). Il se situe donc avant le Périgordien IV (actuel Gravettien ancien). Il faut attendre la fouille de l'abri Pataud par H. L. Movius (Movius, 1975) et de Laugerie-Haute Est par François Bordes (Bordes, 1958) – permettant la corrélation typologique du niveau B-B' de Laugerie avec le niveau 3 de Pataud – pour que la position stratigraphique de cette unité archéologique soit corrigée. Elle est en effet postérieure au Périgordien V à burins de Noailles d'après la séquence de Pataud, et est alors rebaptisée « Périgordien VI ». Celui-ci est décrit par D. de Sonneville-Bordes (1966, p. 12-13) comme un niveau riche en pointes de la Gravette et éléments à dos et pauvre en burins. Elle propose d'attribuer d'autres gisements du Sud-

Ouest (les Vachons et Isturitz) à cette unité archéologique peu caractéristique, mais sans certitude. Cette hypothèse est également posée pour les sites de plein air du Bergeracois (Corbiac, Rabier).

Le caractère récent du « Périgordien VI » est également proposé par le Dr André Cheynier suite à la fouille de l'habitat central du Cirque de la Patrie (Cheynier, 1962). Il y met en évidence des caractéristiques qu'il considère comme évoluées par rapport aux autres phases du « Gravétien<sup>8</sup> ». Notamment, il considère que la retouche abrupte, employée par exemple pour former le dos des pointes de la Gravette, atteint ici un haut niveau de maîtrise de la part des préhistoriques. De plus, il décrit deux types d'outils, les « coutelas » et les « grattoirs-coupoirs », comme relevant, d'après lui, exclusivement de cette nouvelle unité archéologique. Ces types se retrouvent dans le niveau B-B' de Laugerie, ce qui avait déjà été souligné par Raoul Daniel (1937).

Dans les années 1990, le modèle de B. Bosselin et F. Djindjian (1994) rebaptise les industries du Gravettien récent en « Laugérien », postérieur aux unités archéologiques du Gravettien moyen et en rupture typologique avec ceux-ci (*ibid.* ; Bosselin, 1996). Cette rupture avait déjà été avancée par N. David à l'Abri Pataud, et était pour lui une autre preuve de l'indépendance de la « tradition noaillienne » par rapport au Périgordien VI (David *in* Bricker, 1995, p. 131). Les auteurs distinguent par ailleurs deux phases au sein du Laugérien en fonction de la proportion relative de burins sur troncature par rapport aux burins dièdres. Ils interprètent cette évolution comme un processus progressif conduisant au « Protomagdalénien » (actuel Gravettien final).

Dans les années 2000, quelques études typo-technologiques ponctuelles ont permis d'avoir une meilleure connaissance du Gravettien récent, et plus particulièrement des modalités de débitage lamino-lamellaires. Ainsi, les travaux de L. Klaric au Blot (Haute-Loire) et à Mainz-Lisenberg à Mayence (Rhénanie) (Klaric, 1999, 2000), puis au Cirque de la Patrie (Klaric, 2003) ont permis de documenter certaines modalités de débitage – principalement lamellaires sur burins-nucléus – associées à cette phase du Gravettien. Ces trois sites présentent des similitudes du point de vue de la production d'armatures, bien que les sites du Blot et de Mainz soient plus proches entre eux et présentent des différences

---

8 Le Dr A. Cheynier est l'un des défenseurs de l'utilisation du terme « Gravétien » en référence au site éponyme du techno-complexe. Il rejette le modèle Peyrony en considérant les industries gravettiennes comme postérieures à l'Aurignacien et n'ayant aucun lien de filiation avec le Châtelperronien (Cheynier, 1962).

avec l'habitat central du Cirque. Les supports de pointes/micropointe de la Gravette peuvent s'inscrire dans plusieurs types de schémas opératoires mis en évidence à partir de l'approche technologique des « burins polyédriques » et des « lames aménagées par technique de Kostienki ». Ces derniers sont alors interprétés comme des nucléus à lamelles.

La caractérisation typo-technologique de l'habitat central, couche 1, du Cirque de la Patrie a servi de référence pour l'attribution au Gravettien récent de plusieurs séries examinées dans le cadre du Projet Collectif de Recherche « La Paléolithique supérieur ancien au centre et au sud du Bassin parisien. Des systèmes techniques aux comportements » (P. Bodu [dir.] 1999-2005 ; voir la synthèse in Klaric, 2013). Ainsi, une demi-douzaine de sites sont évoqués dans le Bassin parisien et ses marges (La Croix de Bagneux, locus 11-14 ; Kildea et Lang, 2011 ; la Pente-des-Brosses ; Schmider et Senée, 1983 ; et Mancy<sup>9</sup> ; Chehmana *et al.*, 2008 ; ainsi que, de façon plus incertaine, la grotte du Renne et du Trilobite ; Klaric, 2003 ; Hault-le-Roc ; Nouel, 1936 ; Malay-le-Petit ; Soriano et Pollarollo, 2011 ; et Mézières-lez-Cléry ; Le Licon et Jesset, 1996). La présence possible de deux faciès au sein du Gravettien récent est avancée en distinguant deux groupes de sites : des sites aux caractéristiques proches de l'habitat central, couche 1, du Cirque de la patrie, et des sites plutôt similaires aux séries « évoluées » du Bergeracois (*e.g.*, Corbiac, Rabier ; Bordes, 1968b ; Morala, 1990 ; Lorin 1996 ; Soriano, 1998). Cette hypothèse rejoint des observations plus anciennes à Mainz-Lisenberg (Hahn, 1969, p. 85), qui est considérée par J. Hahn comme un intermédiaire entre Périgordien VI et Protomagdalénien (*i.e.*, Gravettien récent et Gravettien final).

L'hypothèse de la présence de deux faciès dans le Gravettien récent est appuyée par la fouille de l'Abri des Peyrugues (Lot ; Allard, 2011). Celle-ci met en évidence la présence de deux niveaux clairement distincts (C20 et C22 ; *cf.* les travaux de P. Guillermin in Klaric *et al.*, 2009). Les deux couches sont caractérisées par des comportements typo-technologiques proches, caractéristiques du Gravettien récent (obtention de supports d'armatures à partir de « burins polyédriques », abondance des Gravettes et microgravettes). Cependant, de subtiles différences existent : en C20, le cortège d'armatures ne compte plus de grandes pointes de la Gravette mais est plus diversifié, et le débitage lamellaire sur « burins polyédriques » constitue une norme, tandis qu'en C22, celui-ci n'est qu'une des deux solutions principales. De plus, les deux ensembles présentent des comportements

---

<sup>9</sup> Ces deux dernières séries étaient présumées magdaléniennes avant leur datation et leur réévaluation récente à la lueur de la technologie.

d'approvisionnement en matières premières siliceuses différents. De même, le fractionnement de la chaîne opératoire n'intervient pas au même niveau. Ces différences de stratégies d'exploitation des matières siliceuses, couplées à la distinction stratigraphique nette des deux niveaux, sont interprétées comme résultant d'une évolution culturelle, avec la disparition progressive des pointes à dos de grand gabarit au profit d'une diversification des microlithes à dos (*ibid.*).

Ces hypothèses sont reprises et complétées par Elise Cormarèche dans sa thèse de doctorat (Cormarèche, 2020). Cette dernière présente une réflexion sur les facteurs de variabilité typo-technologique du Gravettien récent à partir de l'étude des éléments d'armatures et leurs modes de production sur quatre sites français : les niveaux EG-VIa et EG-VIb au Taillis-de-Coteaux, les ensembles G1 et G2 au Blot, les couches 20, 20a et 22 des Peyrugues et la couche 3 de l'Abri Pataud. En conclusion, l'autrice propose également de distinguer deux groupes d'ensembles archéologiques : le premier – rapproché du Cirque de la Patrie et de la Croix-de-Bagneux – regroupe la couche 3 de l'Abri Pataud et la couche 22 de l'Abri des Peyrugues, et est caractérisé par la présence de pointes à dos et lamelles à dos de dimensions diverses. Leurs supports sont majoritairement issus d'une production sur bloc plutôt que sur lame ou éclat (burins-nucléus). Le second groupe est constitué des ensembles G1 et G2 du Blot et rapprochés de Mainz-Lisenberg. Ici c'est le débitage sur lame ou éclat qui est dominant et les supports de pièces à dos peuvent aussi provenir du débitage laminaire. La proportion de pointes à dos est plus faible par rapport aux lamelles à dos, et les pièces à dos présentent des dimensions plus graciles et normées. Ces observations étayaient l'hypothèse d'une chronologie interne, mais qui, d'après l'autrice, reste encore à étoffe. Celle-ci met en avant la difficulté de rattacher les séries du Taillis-des-Coteaux à l'un ou l'autre des groupes. D'autre part, elle souligne la faiblesse numérique de sites pouvant pour l'instant s'intégrer dans le second groupe (*ibid.*, p. 361).

En parallèle, les travaux de Clément Paris (2020) sur les dynamiques de peuplement dans le Nord de la France au Gravettien ont également alimenté la réflexion. Dans sa thèse de doctorat, ce chercheur propose la caractérisation typo-technologique de plusieurs gisements des loess. À partir de celle-ci, trois phases du Gravettien sont identifiées dans la région : le Maisiérien, le Gravettien ancien évolué et le Gravettien récent-final. Cette dernière est caractérisée par un débitage au percuteur tendre organique de grandes lames à éperon et par un débitage lamellaire sur éclat ou lams. Les pièces à dos sont constituées de

lamelles à dos et de microgravettes globalement de petites dimensions, ce qui rappelle le deuxième groupe mis en évidence par E. Cormarèche au Blot et aux Peyrugues. D'après cet auteur, les différences typo-technologiques de ces industries avec celles de type Cirque de la Patrie sont suffisamment importantes pour indiquer une rupture majeure au sein du Gravettien récent, d'autant qu'elles se manifestent au sein de territoires sensiblement identiques. Les industries du Gravettien récent-final seraient par ailleurs plus proches de celles appartenant au Gravettien final. Les données chronologiques tendent néanmoins à nuancer cette hypothèse, donnant des intervalles chronologiques proches pour les deux groupes de sites (*ibid.*).

## **2.2. La succession Gravettien moyen/Gravettien récent : cadre culturel et chrono-géographique**

Le contraste entre Gravettien moyen et récent est relativement net à plusieurs égards. D'une part, les auteurs du XX<sup>ème</sup> siècle s'accordaient déjà à dire qu'il y avait une rupture typologique nette entre le « Noaillien récent »/« Rayssien » et le « Périgordien VI »/« Laugérien ». Les critères propres au Gravettien récent étaient principalement l'abondance de pointes de Gravettes et microgravettes, mais également la présence de certains types discrets et encore peu caractérisés d'un point de vue chrono-culturel (par ex. les « coutelas » ou les « coups » d'A. Cheynier ; 1962 ; Klaric, 2013). Néanmoins, cette unité archéologique ne semble pas tout à fait homogène (Hahn, 1969 ; Bordes, 1968a ; Morala, 1990 ; Lorin 1996 ; Soriano, 1998 ; Klaric *et al.*, 2009 ; Klaric, 2013 ; Cormarèche, 2020 ; Paris, 2020), notamment d'un point de vue de la typologie des armatures, qui montre des différences entre ensembles archéologiques (Cormarèche, 2020). Les études technologiques ont contribué à appuyer cette hypothèse par la mise en évidence diverses modalités de débitages laminaires, qui s'axent autour de la recherche de produits rectilignes et étroits sous la forme de lames obtenues à partir de nucléus très cintrés (industries de type Cirque) ou de grandes lames à éperon débitées au percuteur tendre (industries de type récent-final). Cette diversité est également visible dans les débitages lamellaires, tantôt obtenues à partir de burins de forme polyédrique ou de lames « aménagées par technique Kostienki », tantôt issues d'un débitage sur bloc (Bordes, 1969 ; Klaric, 1999, 2003, 2013 ; Chehmana *et al.*, 2008 ; Klaric *et al.*, 2009 ; Soriano et Pollarolo, 2011 ; Kildea et Lang, 2011 ; Pasty *et al.*, 2013 ; Paris, 2020 ; Cormarèche, 2020). Ces comportements sont en nette

rupture avec le Rayssien. En revanche, des similarités avec le système technique décrit dans le Noaillien pyrénéen sont à noter (Klaric, 2003, 2008). Cependant, la validation définitive de cette chronologie interne repose encore sur un faible nombre de sites étudiés. En effet, l'attribution d'un niveau ou d'un site au Gravettien récent (qu'il soit de type Cirque ou de type récent-final) ne repose pas sur l'identification d'un fossile directeur typologique, comme c'est le cas pour le Noaillien, ni sur la mise en évidence d'un comportement technique typé, comme pour le Rayssien, car cette unité archéologique « *se définit davantage sur l'absence de marqueurs caractéristiques des autres phases que sur la présence d'éléments diagnostics* » (Cormarèche, 2020, p. 9), soit une attribution « par défaut » (Pasty *et al.*, 2013). C'est même souvent l'utilisation d'arguments de chronologie relative ou absolue qui permettent de conforter cette attribution aux niveaux considérés (*e.g.*, la couche 1 de Roc de Combe ; Bordes et Labrot, 1967).

D'autre part, si les deux unités archéologiques du Gravettien moyen sont relativement restreintes géographiquement en France, avec des extensions dans le Nord-Ouest de l'Espagne et le long de la côte tyrrhénienne en Italie pour le Noaillien, les gisements attribués au Gravettien récent *sensu lato* dépassent largement ces frontières vers le nord, avec par exemple le site de Mainz-Lisenberg en Allemagne (Klaric *et al.*, 2009 ; Figure 0.7). En outre, des discontinuités chrono-culturelles existent au sein de la séquence gravettienne dans le nord de la France par rapport à celle – classique – observée en Périgord, car plusieurs phases en sont absentes, comme le Gravettien moyen ou le Gravettien récent de type Cirque de la Patrie (Paris, 2020). En corrélant les occupations avec la séquence chronostratigraphique régionale et les données paléoenvironnementales (*e. g.*, Antoine *et al.*, 2016 ; Moine *et al.*, 2017), l'auteur émet l'hypothèse que ces absences soient liées à la dynamique du peuplement de la région : les groupes auraient profité de phases d'amélioration climatique pour s'y installer tandis qu'ils l'auraient désertée lors de phases de péjoration climatique. Ainsi, se pose la question de facteurs environnementaux influençant la répartition géographique des groupes humains employant ces différentes industries lithiques. Le remplacement des industries du Gravettien moyen – en particulier le Rayssien au nord de la Garonne – par celles du Gravettien récent seraient-elles concomitantes d'un changement de relation à l'environnement ?

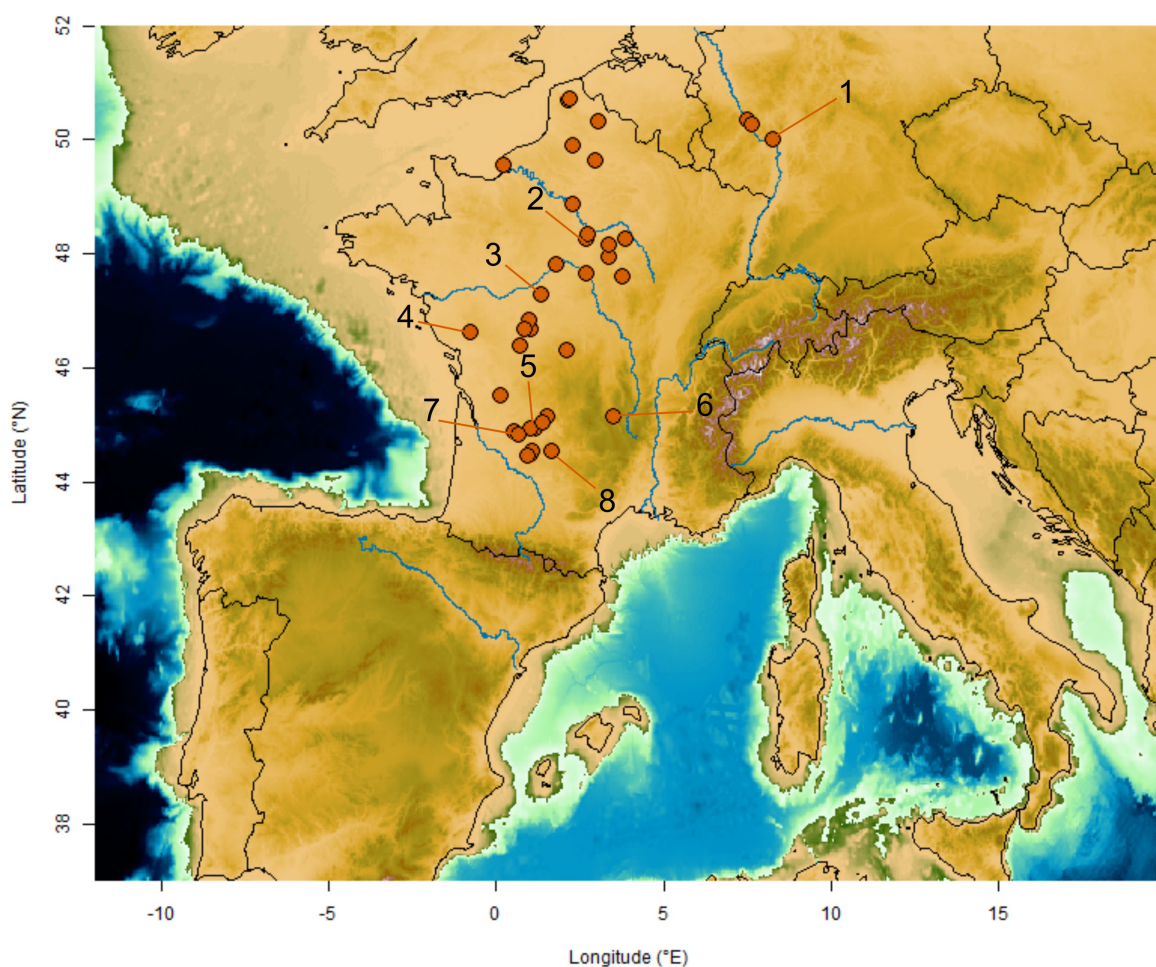


Figure 0.7: Répartition géographique du Gravettien récent sensu lato (d'après Klaric, 2013 ; Cormarèche, 2020 ; Paris, 2020). Principaux sites cités dans le texte : 1. Mainz-Lisenberg ; 2. Le Cirque de la Patrie ; 3. La Croix-de-Bagneux ; 4. Le Taillis-des-Coteaux ; 5. Abri Pataud, Laugerie Haute-Est ; 6. Le Blot ; 7. Corbiac, Rabier ; 8. Abri des Peyrugues.

### 3. Contexte environnemental

Le contexte environnemental du Paléolithique supérieur en Europe est marqué par une forte variabilité climatique millénaire et sous-millénaire, dite de « Dansgaard-Oeschger », mise en évidence à partir de carottes de glace prélevées dans la calotte glaciaire du Groenland (Dansgaard *et al.*, 1993). Les proxies de la température atmosphérique ( $\delta^{18}\text{O}$ ) et de concentration de poussières dans l'atmosphère (concentration en ions calciques) mesurés tout au long de ces carottes montrent en effet l'alternance rapide entre des événements froids et secs, appelés des stadiaires du Groenland (abrév. GS), et des moments d'amélioration climatique, les interstadias du Groenland (abrév. GI), au cours du dernier cycle glaciaire (Wolff *et al.*, 2010 ; Rasmussen *et al.*, 2014). Ce cycle se retrouve dans des carottes marines du Nord de l'Atlantique (*e.g.*, Bond *et al.*, 1993 ; Sánchez-Goñi *et al.*, 2008,

2009 ; Fletcher *et al.*, 2010 ; Harrisson et Sánchez-Goñi, 2010) et des carottes lacustres européennes (*e.g.*, Blaauw *et al.*, 2010 ; Fletcher *et al.*, 2010 ; Harrisson et Sánchez-Goñi, 2010 ; Duprat-Oualid *et al.*, 2017), et semble plus ou moins synchrone entre ces trois régions. La variabilité de Dansgaard-Oeschger enregistrée dans les carottes marines du Nord de l'Atlantique est ponctuée par des couches de sédiments riches en IRD (*Ice-Rafted Debris* ou débris charriés par la glace) et pauvres en foraminifères, appelés « événements de Heinrich » (abrév. HE ; Heinrich, 1988 ; Bond *et al.*, 1992 ; Hemming, 2004 ; Andrews et Voelker, 2018). Ces événements sont parfaitement corrélés avec des stadiers du Groënland extrêmement froids et secs (Bond *et al.*, 1993). Le dépôt de ces couches serait lié à d'importantes débâcles d'iceberg provenant majoritairement du détroit de Hudson en Amérique du Nord et témoigneraient donc du détachement d'une grande partie des calottes glaciaires de l'hémisphère nord ainsi que d'eaux de surface des océans très froides (Bond *et al.*, 1992).

L'instabilité climatique du dernier cycle glaciaire n'est pas sans conséquences sur les écosystèmes terrestres en Europe et de nombreuses études ont montré son impact sur la végétation (*e.g.*, Harrisson et Sánchez-Goñi, 2010 ; Duprat-Oualid *et al.*, 2017), les populations animales (*e.g.*, Delpech *et al.*, 2000 ; Discamps *et al.*, 2011 ; Royer *et al.*, 2016) et les paysages (*e.g.*, Bruxelles et Jarry, 2011, 2012 ; Bertran *et al.*, 2013 ; Andrieux *et al.*, 2016 ; Antoine *et al.*, 2016 ; Moine *et al.*, 2017 ; Üjvári *et al.*, 2017). Or, les populations de chasseurs-cueilleurs du Paléolithique supérieur européen évoluaient au sein de ce milieu changeant. Ces fluctuations auront certainement eu un impact plus ou moins significatif sur leurs adaptations culturelles et leur organisation au sein d'un territoire (*e.g.*, Discamps *et al.*, 2011 ; Bruxelles et Jarry, 2011, 2012 ; Bertran *et al.*, 2013 ; Antoine *et al.*, 2016 ; Paris, 2020). Cependant, afin de replacer une unité archéologique dans son contexte environnemental et climatique, il est nécessaire de la corrélérer avec le bon événement climatique (Banks, 2015).

D'après les dernières études chronologiques sur la période, le Gravettien moyen débute quelque part entre la fin du GI 5.2 et le début du GS 5.2 et se termine entre la fin du GS 5.1 et le GI 4 (Banks *et al.*, 2019). Les conditions environnementales de cette période d'environ 3 300 ans correspondent majoritairement à des épisodes froids et secs, le GS 5.2 et le GS 5.1, séparés par une légère amélioration climatique entre 31 et 30 ka cal. BP (GI 5.1 ; Figure 0.6). Le GS 5.1 est marqué par HE3 (Harrisson et Sánchez-Goñi, 2010 ; Rasmussen *et*



*al.*, 2014). En conséquence, le territoire correspondant aujourd'hui à la France est marqué par des paysages plus ouverts, caractérisés par des environnements de semi-déserts, steppes ou prairie-steppes. Ces conditions sont inférées à partir de l'accumulation rapide de loess dans certaines régions françaises (Antoine *et al.* 2016 ; Bosq, 2020) ainsi qu'une diminution des taxons caractéristiques des forêts boréales au profit des graminées et espèces steppiques dans les diagrammes polliniques (Sánchez-Goñi *et al.*, 2008 ; Duprat-Qualid *et al.*, 2017 ; Badino *et al.*, 2020). Les données fauniques indiquent également des environnements ouverts et froids dans le sud-ouest de la France, de par l'importance de prendre le renne dans les ensembles osseux par rapport au Gravettien ancien (Delpech et Texier, 2007 ; Fontana, sous presse) et la présence d'autres espèces caractéristiques de ces milieux (Bovins, Cheval, Bouquetin... ; Delpech et Texier, 2007) Cependant, certaines régions pourraient constituer des refuges avec la présence d'îlots boisés, comme semble l'indiquer l'identification sporadique d'espèces forestières dans plusieurs assemblages du Gravettien moyen périgourdin (Lacarrière, 2015).

Le Gravettien récent quant à lui commence entre la fin du GS 5.1 et le début du GI 4 vers 28.75 ka cal. BP, ce qui place le passage du Gravettien moyen au Gravettien récent dans une période de forte variabilité climatique – puisque l'on passe d'une phase particulièrement froide et sèche à des conditions plus clémentes (Banks *et al.*, 2019 ; Figure 0.6). Cette période transitionnelle est suivie par un court stadiaire (GS 4) et un court interstadaire (GI 3). Les conditions se dégradent ensuite au cours du GS 3 ; la fin du Gravettien récent est pour l'instant fixée en plein cœur de ce stadiaire, aux alentours de 26.5 ka cal. BP. Les améliorations des conditions climatiques du GI 4 et GI 3 a très probablement eu un impact sur le peuplement de certains territoires, notamment dans le nord de la France (Paris, 2020). Dans cette région, les occupations du Gravettien récent ou récent/final sont systématiquement associées à des niveaux de gleys de toundra ou à des horizons pédologiques, ce qui signe une certaine stabilité des sols à travers le développement d'un couvert végétal abondant par rapport aux moments d'accumulations de loess sous- et sus-jacentes (Antoine *et al.*, 2016 ; Moine *et al.*, 2017). Dans ces régions, l'absence de restes de faune dans les loess par rapport aux niveaux de type gleys de toundra appuie l'hypothèse de conditions plus favorables à l'implantation de populations animales pendant les interstades (Antoine *et al.*, 2016). Les discontinuités chrono-culturelles observées dans la séquence gravettienne pourraient alors être liées à la dynamique du peuplement de la région : les

## •Introduction

---

groupes auraient en effet profité de phases d'amélioration climatique pour s'y installer tandis qu'ils l'auraient désertée lors de phases de péjoration climatique (typiquement, le HE3 pendant lequel le Gravettien moyen était présent dans les régions plus méridionales ; Paris, 2020).

Plus au sud, les données climatiques sont plus difficiles à inférer en raison du peu de données disponibles pour le Gravettien récent (Lacarrière, 2015). Néanmoins, la prédominance du renne dans les assemblages ainsi que d'autres ongulés caractéristiques de milieux froids, steppiques et déboisés (Delpech et Texier, 2007) permet de supposer l'importance de la toundra dans le paysage, mais cette hypothèse nécessite confirmation, étant basée sur très peu de données (Lacarrière, 2015, p. 349).



## PROBLÉMATIQUE

---

Les différences de répartition géographique entre le Noaillien, le Rayssien et le Gravettien récent, ainsi que la corrélation du remplacement du Gravettien moyen par le Gravettien récent avec le début du GI 4, nous offrent une opportunité pour déterminer quels facteurs (écologiques, culturels, taphonomiques) peuvent conduire à une telle variabilité typo-technologique, qui reflète dans une certaine mesure une forme de variabilité culturelle. Mais l'observation de corrélations entre des changements typo-technologiques, changements de répartition géographiques et changements environnementaux, qu'elles soient positives ou négatives, se révèle insuffisante pour aborder la question des mécanismes sous-jacents. En effet, la corrélation entre deux observations ne permet pas à elle seule d'établir une relation de causalité entre elles. Elle nécessite la mise en place d'une stratégie analytique adaptée au questionnement et permettant de tester effectivement l'hypothèse de cette relation de causalité.

Dans ce cadre, la modélisation de niches écologiques (en anglais : « *Ecological Niche Modeling* », abrégé. ENM) appliquée au registre archéologique est une approche permettant de tester des hypothèses concernant les relations entre répartition géographique d'adaptations culturelles et contexte environnemental. ENM regroupe une palette diversifiée de méthodologies visant à reconstituer la niche écologique occupée par une population partageant une partie ou la totalité de sa culture matérielle, ainsi qu'à identifier l'aire de répartition géographique de ces conditions (*i.e.*, sa niche ; Peterson *et al.*, 2011 ; Banks, 2017). Les données à la base de ces reconstitutions sont d'une part les données d'occurrence de l'unité archéologique étudiée (*i.e.*, les sites archéologiques où les traits appartenant à cette unité ont été rapportés) et d'autre part les simulations paléo-environnementales (*i.e.*, climatiques, de végétation...) de haute résolution qui estiment les conditions environnementales, sous la forme couches rasterisées<sup>10</sup> pour chaque variable environnementale (*e.g.*, température, précipitation...). Ces données sont ensuite traitées par un ou des algorithmes d'architecture prédictive pour, dans un premier temps, identifier les ensembles de conditions environnementales associées aux points d'occurrence ainsi que les relations entre ces paramètres, puis dans un second temps, identifier les zones où ces

---

<sup>10</sup> Un raster est une carte de données spatiales organisées sous la forme de pixels. À chaque pixel sont attribués des coordonnées spatiales et une valeur attributive.

mêmes conditions ou ces mêmes relations, sont présentes dans la région étudiée. Ces modèles peuvent ensuite être comparés quantitativement afin de déterminer leur degré de similarité. Cette méthodologie s'est montrée efficace pour examiner les relations des chasseurs-cueilleurs du passé à leur environnement, à la fois synchroniquement et diachroniquement (*e.g.*, Banks *et al.*, 2006, 2008, 2009, 2011, 2013, 2021 ; Antunes, 2015 ; Kondo *et al.*, 2015 ; d'Errico *et al.*, 2017 ; Giampoudakis *et al.*, 2017 ; Whitford, 2019 ; Antunes *et al.*, 2020 ; Vidal-Cordasco et Nuevo-Lopez, 2021 ; Vignoles *et al.*, 2021). Ces analyses permettent de mettre en évidence la nature d'une partie des facteurs composant les mécanismes à l'origine de motifs de variabilité dans le registre archéologique. À titre d'exemple, la comparaison des niches écologiques associées à deux unités archéologiques définies par leurs industries lithiques permet d'évaluer si ces différences culturelles résultent en partie de facteurs écologiques. Si leurs niches écologiques sont identiques, on peut poser l'hypothèse que des facteurs culturels ont joué un plus grand rôle dans la différenciation typo-technologique des assemblages. Si elles sont différentes, il est possible de postuler que des facteurs à la fois écologiques et culturels étaient à l'œuvre. Ce type de résultat peut nous diriger vers de nouvelles hypothèses à tester dans le registre archéologique afin de préciser la nature et le poids de chaque facteur.

Ce type d'analyses nécessite un important travail théorique et documentaire en amont. Il est en effet essentiel que les concepts et méthodologies mobilisées pour créer ces modèles soient maîtrisés et clairement explicités (Banks, 2015, p.3). De plus, les données servant à créer ces modèles (ici : les données d'occurrences des unités archéologiques considérées et les données environnementales) doivent être suffisamment robustes et fiables compte tenu des connaissances actuelles, pour limiter l'effet « *garbage in, garbage out* »<sup>11</sup> parfois constaté en modélisation, quelle qu'elle soit (Peterson *et al.*, 2011). La justesse d'interprétation est conditionnée en premier lieu par la façon dont les unités archéologiques examinées sont définies par les préhistoriens : leurs définitions doivent être *a minima* équivalentes et comparables. L'autre principale difficulté est que les occurrences géographiques de ces unités sont principalement recueillies dans la littérature, une approche qui comporte de nombreux biais, notamment dans le cas de fouilles et études anciennes. Il est donc primordial, en amont de ce type de modélisations, de mener une

---

11 Cette expression désigne le fait que des modèles basés sur des données fausses ou peu fiables donneront des résultats moins proches de la réalité (traduction : « déchets à l'entrée, déchet à la sortie »).

réflexion critique sur ces données et d'éventuellement apporter des informations d'ordre typo-technologique complémentaires qui permettront de préciser un tel recensement. Ces nouvelles données peuvent également alimenter une réflexion plus générale sur la variabilité des industries lithiques et contribuer aux hypothèses posées précédemment.

L'objectif de ce travail doctoral est de **proposer des mécanismes sous-jacents aux différentes trajectoires culturelles au sein de ce que l'on définit actuellement comme le Gravettien moyen, et entre cette dernière phase et le Gravettien récent *sensu lato*.**

Pour répondre à cette question, nous préférons dans un premier temps nous concentrer sur les sites situés dans le territoire français métropolitain, tout en étant consciente que ses frontières sont purement administratives et arbitraires, et ne recouvrent pas une quelconque réalité territoriale propre au Gravettien moyen et récent. Ce choix se justifie plutôt par la difficulté de concilier les approches typo-technologiques française, italienne et espagnole, ainsi que par l'absence d'un cadre chronologique construit en commun et suffisamment consensuel entre les différentes régions géographiques qui se situent dans ces trois pays. Nous serons néanmoins ponctuellement amenée à inclure des sites espagnols et allemands dans nos corpus, sur la base de similarités typo-technologiques claires avec des sites français situés dans la même zone géographique (*e.g.*, certains sites noailliens du versant sud des Pyrénées ou des sites allemands attribués au Gravettien récent). En revanche, le sud-est de la France et l'Italie ne seront que peu intégrés à notre étude, étant donné le manque de données typo-technologiques et chronologiques récentes à une échelle suffisamment large pour considérer ces régions au même titre que le Nord de l'Aquitaine, le Nord de la France ou l'aire pyrénéo-cantabrique.

Notre problématique soulève à son tour plusieurs questions auxquelles nous tâcherons de répondre tout au long de notre travail :

- ***Peut-on aller plus loin dans la comparaison du Noaillien et du Rayssien du point de vue de leurs niches éco-culturelles en précisant leurs définitions dans la région de leur recouvrement géographique ? Le système technique associé aux burins de Noailles au nord de la Garonne est-il, comme pour les sites noailliens pyrénéens, en rupture avec le Rayssien ?***
- ***La différence de trajectoire régionale entre le nord et le sud de la vallée de la Garonne au Gravettien moyen est-elle liée à une différence entre les***

*environnements exploités par les populations ? Y a-t-il un changement de niche éco-culturelle associé à l'apparition de la méthode du Raysse au nord de la Garonne ?*

- *Quelle(s) dynamique(s) de niches éco-culturelles accompagne(nt)-elle(s) le passage entre Gravettien moyen et Gravettien récent ? Que dit(sent)-elle(s) de l'adaptation et de la résilience des populations de chasseurs-cueilleurs à la variabilité climatique millénaire ?*

Dans la première partie de notre argumentaire, nous poserons les bases d'un **cadre théorique et méthodologique** nous permettant d'aborder notre problématique du point de vue d'une archéologue : nous expliciterons clairement la définition des unités archéologiques étudiées ainsi que la façon dont elles doivent être interprétées. Nous aborderons ensuite le concept de mécanisme en archéologie, qui sera à la base de notre cadre interprétatif. Nous présenterons ensuite notre méthodologie plus concrètement, combinant étude des industries lithiques et modélisation de niches écologiques.

La deuxième partie sera consacrée à la **présentation des données** que nous emploierons dans nos modélisations. Nous commencerons par exposer les sources et les traitements des données paléoenvironnementales employées. Ensuite, nous proposerons une réflexion autour de l'estimation de la répartition géographique des différentes unités archéologiques, à partir d'un inventaire bibliographique qui se veut exhaustif. Cet inventaire nous permettra d'aboutir à une typologie des sites en fonction de différents critères. Cette synthèse mettra également en évidence différentes limites de cette estimation que nous devons prendre en considération dans la suite de notre travail.

Les réflexions et choix méthodologiques présentés dans ces deux premières parties s'appuieront en grande partie sur **différentes études de collections anciennes** provenant de sites nord-aquitains – une région-clé pour nos questionnements – que nous avons menées dans une approche taphonomique et typo-technologique. Ces études ont concerné trois gisements que nous avons analysés avec deux objectifs principaux :

- 1 **Préciser la définition du faciès « noaillien » en Périgord**, à partir de l'examen typo-technologique d'une collection supposée purement noaillienne : la couche 10/11 de l'abri du Facteur à Tursac (Delporte, 1968) ;

- 2 **Préciser les modalités d'association du Noaillien et du Rayssien en Périgord**, à partir de l'étude historiographique, taphonomique et typo-technologique de deux collections : d'une part, le gisement de plein-air des Jambes à Périgueux (couches 2 et 3), où la présence de marqueurs noailliens se situent stratigraphiquement au-dessus de marqueurs rayssiens (Célérier, 1967), et d'autre part, la séquence du Flageolet I à Bézénac (couches I-III, IV, V et VI), où, comme à l'abri Pataud, l'on observe un remplacement graduel du Noaillien par le Rayssien (Rigaud, 1982 ; Rigaud *et al.*, 2016).

Afin de rendre la lecture du manuscrit plus fluide, ces études ont été regroupées au sein d'un deuxième volume indépendant du premier, auquel nous nous référerons tout au long de notre argumentaire. À l'instar d'autres mémoires de doctorat qui ont employé cette architecture (*e.g.*, Goutas, 2004), ces études ne doivent pas être considérées comme des annexes, mais comme véritablement la base de notre travail de définition des unités archéologiques du Gravettien moyen, ainsi qu'un appui fondamental pour la discussion des dynamiques de niches éco-culturelles analysées.

La troisième partie traitera des **dynamiques de niches au sein du Gravettien moyen et entre le Gravettien moyen et le Gravettien récent**. Nous y produirons des modèles de niches robustes par la prise en compte de plusieurs facteurs de variabilité des modèles, puis nous effectuerons des comparaisons quantitatives à la fois environnementales et géographiques. Nous terminerons par une **discussion** des relations entre variabilité des industries lithiques et environnement à partir de la littérature et de nos propres travaux, en intégrant dynamiques de niches, technologie lithique et osseuse, chronologie, environnements, comportement de subsistance et mobilité. La mise en perspective de ces différentes données nous permettra de **proposer des facteurs et mécanismes** pouvant être à l'origine de la variabilité du registre archéologique, tant **d'un point de vue synchronique au Gravettien moyen** – par la comparaison d'unités archéologiques potentiellement contemporaines – que **d'un point de vue diachronique entre le Gravettien moyen et le Gravettien récent** – par l'analyse d'un changement technologique majeur corrélé avec une phase d'amélioration climatique au GI 4.







**•PARTIE I**  
**•CADRE THÉORIQUE ET**  
**MÉTHODOLOGIQUE**



## CHAPITRE 1 : PROPOSITION D'UN CADRE THÉORIQUE

---

Dans cette thèse, nous cherchons à identifier des facteurs à l'origine de la variabilité du registre archéologique du Gravettien moyen et récent français. Proposer une réponse rigoureuse à cette problématique nécessite au préalable de la contextualiser au sein d'un cadre théorique explicite en précisant la définition de concepts-clés.

La première clarification théorique que nous proposons concerne la façon dont les entités archéologiques que nous étudierons par la suite sont définies et ce qu'elles reflètent (ou sont sensées refléter) de l'organisation des chasseurs-cueilleurs du Gravettien. Cette étape est primordiale, car elle permet de structurer le registre archéologique en catégories *a priori* comparables, et de faire émerger des motifs de variabilité à différentes échelles spatio-temporelles. La façon dont on définit ces catégories conditionnera en grande partie nos hypothèses pour interpréter la variabilité entre et au sein des catégories (*e.g.*, Clarke, 1973 ; Binford [dir.], 1977, p. 2 ; Reynolds et Riede, 2019). En conséquence, la taxonomie culturelle est fondamentale en archéologie, comme le montre l'abondante littérature sur le sujet (*e.g.*, Steward, 1942 ; Willey et Phillips, 1958 ; Binford, 1965 ; Clarke, 1968, 1973 ; Riede, 2011 ; Pesesse, 2019 ; Reynolds et Riede, 2019 ; Ivanovaité *et al.*, 2020 ; Reynolds, 2020 ; Riede *et al.*, 2020). Quelle que soit l'approche taxonomique privilégiée, celle-ci doit être clairement explicitée afin d'éviter tout malentendu théorique et/ou terminologique et de garantir la transparence du raisonnement (*e.g.*, Clarke, 1968, p. 249 ; Reynolds, 2020).

Nous aborderons également la notion de mécanismes (*e.g.*, Machamer *et al.*, 2000 ; Kuorikoski, 2009 ; d'Errico et Banks, 2013) et proposerons un cadre interprétatif pour mettre en relation les entités archéologiques étudiées avec une diversité de facteurs. Ce concept de mécanisme nous permettra de proposer des interprétations de la variabilité du registre archéologique en termes processuels.

## **1. Préambule : que nous dit le registre archéologique des modes de vie et de l'organisation sociale des populations du passé ?**

Nous envisageons un groupe de chasseurs-cueilleurs, tel que ceux ayant pu exister à la Préhistoire, comme un collectif humain interagissant au sein et avec son environnement<sup>1</sup>. Ces interactions peuvent prendre diverses formes matérielles ou immatérielles – par exemple, des techniques permettant l'acquisition de nourriture (*e.g.*, Leroi-Gourhan, 1945), ou encore l'instauration de rapports de personne à personne avec des êtres non-humains (au sens où les plantes, les animaux etc, sont considérés comme des personnes au même titre que les humains *e.g.*, Descola, 2019). Ces activités constituent les facettes d'un système culturel dynamique (Binford, 1962, 1965 ; Clarke, 1968), caractérisé par les interactions de ces facettes entre elles et avec l'environnement. Dans ce cadre, l'environnement n'est pas seulement un décor au sein duquel le groupe évolue et auquel il doit s'adapter ; il est partie intégrante du système culturel au sens où le groupe est constamment en relation avec lui. Le système culturel peut se modifier pour s'adapter à des changements dans l'environnement ; mais, au sein d'un environnement stable, un changement dans la relation du groupe à l'environnement peut également entraîner des mutations au sein d'un système culture. Cette relation à l'environnement est donc profondément culturelle, mais n'est pas le seul moteur de modifications au sein d'un système culturel. Des interactions internes entre sous-systèmes peuvent également conduire à des mutations importantes, sans rapport avec les dynamiques environnementales extérieures ou avec les dynamiques système culturel-environnement.

Le dynamisme de ce système s'oppose au statisme du registre archéologique (Binford, 1977). En effet, ce dernier est composé uniquement de restes matériels s'étant conservés dans le sédiment depuis leur abandon. Les comportements et interactions à l'origine des motifs que l'on observe font donc nécessairement l'objet d'une induction (Salmon, 1976), qui peut d'ailleurs faire appel à des analogies avec le registre ethnographique (Ascher, 1961 ; Binford, 1965, 1978, 1981). Cette relation entre le système passé dynamique et le registre archéologique tel qu'il existe au présent est alors ce qui nous

---

1 Nous désignons sous le terme d'« environnement » à la fois l'environnement physique du groupe (comprenant la géographie, le climat par exemple) et les ressources qu'il utilise pour ses activités (végétales, minérales ou animales).

permet de proposer des hypothèses sur des processus culturels – c'est-à-dire les interactions entre facettes du système culturel – et des moteurs de changements et de différences ou similarités entre systèmes culturels (Binford, 1977, 1981 ; Raab et Goodyear, 1984 ; Trigger, 1995).

Le registre archéologique ne reflète pas l'intégralité de ce système et de ces interactions, en raison non seulement de la conservation partielle de ses constituants, mais également de sa résolution intrinsèquement grossière d'un point de vue spatio-temporel. Celui-ci permet néanmoins d'observer son organisation à une plus grande échelle temporelle et géographique (Clarke, 1973 ; Binford, 1981 ; Wobst, 1987 ; Perreault, 2019). Pour le Paléolithique européen, les unités ou cultures archéologiques – définies par la répartition spatiale et temporelle de types d'objets (Willey et Phillips, 1958) – sont en général basées sur la culture matérielle, et principalement sur le registre lithique (silex ; Clarke, 1968, p. 246 ; Leclerc et Tarrête *in* Leroi-Gourhan [dir.], 1994, p. 295), en raison de la meilleure conservation de ces vestiges dans le sol. Elles ne sont donc pas synonymes d'ethnies ou de peuples (Leclerc et Tarrête *in* Leroi-Gourhan [dir.], 1994, p. 295 et 386), étant donné que certains traits de la culture matérielle peuvent être partagés par une population plus large ou plus restreinte, sans que nous ne puissions le déterminer. Nous précisons donc qu'il n'est pas question ici d'amalgamer les cultures matérielles archéologiques que nous définirons par la suite avec un peuple ou une ethnie (*e.g.*, Willey et Phillips, 1958 ; Reynolds, 2020 ; Klaric *et al.*, sous presse).

Enfin, il faut rappeler que les classifications – qu'elles soient typologiques (Ford et Steward 1954) ou technologiques (Pesesse, 2019) – employées par les préhistoriens pour définir des unités archéologiques ne sont pas nécessairement émiques, c'est-à-dire qu'elles ne reflètent pas (ou que partiellement) une intériorisation des types par les chasseurs-cueilleurs qui les ont employés. Elles sont plus probablement le fruit d'un point de vue étique, c'est-à-dire extérieur au système culturel qui a fabriqué et employé ces types. Ainsi, l'objet archéologique peut être considéré comme un « être hybride » (*ibid.*), à la fois issu d'un système culturel passé et réinterprété par les préhistoriens.

## 2. Décrire la variabilité du registre archéologique : la taxonomie culturelle

### 2.1. Généralités

Pour définir nos unités taxonomiques au Gravettien, nous partirons de la définition d'unité archéologique proposée par Willey et Phillips (1958) :

Une unité archéologique est une unité analytique « possédant des traits suffisamment caractéristiques pour la distinguer de toutes les autres unités conçues de façon similaire, qu'elles appartiennent à la même ou à d'autres cultures ou civilisations, spatialement limitée à l'ordre de grandeur d'une localité ou région et chronologiquement limitée à un intervalle de temps relativement bref. » (Willey et Phillips, 1958, p. 22 ; traduction personnelle).

Une unité archéologique est donc déterminée par trois caractéristiques : le contenu archéologique, l'espace et le temps. Ainsi, on peut définir plusieurs types d'unités archéologiques en fonction de la résolution du registre archéologique étudié, de leurs limites spatio-temporelles, du nombre de traits les composant, et surtout, de l'interprétation qu'elles impliquent de la portion du registre archéologique concernée. Par exemple, l'unité du « techno-complexe » (*sensu* Clarke, 1968, p. 328) ne sous-entend pas les mêmes processus culturels ni les mêmes contours spatio-temporels que le terme de « tradition » (*sensu* Willey et Phillips, 1958, p. 37) ou que le terme de « système cohésif adaptatif » (*sensu* d'Errico et Banks, 2013, p. S374). Clarke définit un techno-complexe, comme « un complexe d'artefacts étant le vecteur de points de vue socioculturels, technologiques, économiques et environnementaux particuliers » (Clarke, 1968, p. 328). Il s'agit d'une méta-entité archéologique aux contours chrono-géographiques assez vagues et partageant des types ou familles de types polythétiques. La définition de tradition est plus précise car elle concerne plutôt la persistance temporelle de traits culturels (ayant plutôt trait à un ou des schémas opératoires) par le biais de la transmission d'une génération à l'autre (*cf.* Willey et Phillips, 1958, p. 37 ; Binford, 1965, p. 208 ; Leroi-Gourhan, 1965, p. 11 ; Valentin, 2008, p. 67). Elle renvoie donc à des groupes de chasseurs-cueilleurs partageant des façons de faire et assurant leur transmission d'une génération à l'autre sur un temps suffisamment long pour qu'elles soient détectées dans le registre archéologique. Le terme de « système cohésif adaptatif » est encore plus précis, puisqu'il caractérise une unité



archéologique par « *des connaissances partagées et transmises reflétées par un ensemble de traits culturels identifiables qu'une population utilise pour opérer à la fois dans un contexte culturel et environnemental* » (d'Errico et Banks, 2013, p. S374). Ce concept est également plus flexible, puisqu'il permet d'intégrer différents aspects de la culture matérielle dans la définition d'un système cohésif adaptatif (*e.g.*, types d'outils lithiques et/ou osseux, schémas opératoires, types de parure *etc.*). Ainsi, une ou des traditions peuvent composer un système cohésif adaptatif. Plusieurs systèmes cohésifs adaptatifs partageant des « *complexes polythétiques de familles de types* » (Clarke, 1968, p. 328) constituent un techno-complexe.

Enfin, il faut être conscient des limites théoriques de ces unités. Il ne faut pas les considérer comme des qualifications définitives et des catégories fermées, mais bien comme des définitions de travail nous permettant d'inférer des comportements et des processus culturels. Elles sont donc susceptibles d'évoluer sous l'influence de nouvelles découvertes, méthodologies et approches (Reynolds, 2020 ; Klaric *et al.*, sous presse).

### **2.2. La taxonomie culturelle du Gravettien : un débat toujours d'actualité**

Le Gravettien est une unité archéologique culturelle du Paléolithique supérieur européen dont les subdivisions taxonomiques et leur interprétation par les préhistoriens sont encore largement discutées (*e.g.*, de la Peña-Alonso, 2009, 2011, 2012 ; Noiret, 2013 ; Pesesse, 2013a, 2017 ; Touzé, 2013 ; Klaric *et al.*, sous presse). Le terme de « Gravettien » regroupe des ensembles archéologiques très diversifiés sur la base de quelques rares critères jugés fédérateurs, comme la présence de pointes et micro-pointes de la Gravette, les conventions stylistiques des représentations figuratives pariétales (en France et Espagne) et mobilières (*cf.* statuettes féminines appelées « Vénus »), ou les pratiques funéraires (*e.g.*, Klaric, 2010 ; Pesesse, 2017). Ces critères ne sont d'ailleurs pas présents dans tous les sites<sup>2</sup>. En fonction des auteurs, le Gravettien est tour à tour considéré comme « *une civilisation au plein sens du terme* » (Otte, 2013, p. 8) ; comme un techno-complexe *sensu* Clarke (1968) subdivisé en entités culturelles plus petites « *mieux définies et circonscrites* » pouvant

---

2 Il n'est pas étonnant que les représentations figuratives et témoins de pratiques funéraires soient rares vis-à-vis du nombre de sites attribués au Gravettien. En revanche, il est plus étonnant (mais assez fréquent) de se heurter à des sites dépourvus de pointes de la Gravette, mais attribués au Gravettien de par leur chronologie ou la présence d'autres fossiles directeurs (*e.g.*, le Callan ; Morala, 2011 ; la Picardie ; Klaric *et al.*, 2011, 2018 ; Pesesse, 2017).

présenter des convergences techniques ou symboliques (Klaric *et al.*, sous presse) ; comme « un ensemble culturel, « dans lequel on peut distinguer des faciès régionaux [...], certains étalés sur plusieurs stades évolutifs » (Noiret, 2013, p. 30) ; ou encore comme « un cadre analytique artificiel » qui découle de l'historique complexe de cette notion (de la Peña-Alonso, 2012 ; Pesesse, 2017, p. 109).

Nous concernant, nous rejoignons l'avis de Klaric et collaborateurs, en considérant le Gravettien comme un techno-complexe *sensu* Clarke (1968). En effet, cette définition prend en compte la diversité chrono-géographique des adaptations (industries lithiques, osseuses, stratégies de subsistance), tout en soulignant la présence de critères trans-régionaux appartenant aux mêmes grandes familles générales de « types » (Clarke, 1968, p. 330), à savoir les pointes à dos, le style des représentations figuratives et les pratiques funéraires.

Ainsi, le fait que la désignation taxonomique du Gravettien et de ses subdivisions reste floue et fluctue en fonction des auteurs soulève la question de la comparabilité de ces unités archéologiques dans le cadre d'études inter-régionales et/ou diachroniques (Touzé, 2013 ; Pesesse, 2017 ; Reynolds et Riede, 2019). Notamment, la sériation du Gravettien en Europe occidentale est majoritairement basée sur la présence de « fossiles directeurs » principalement lithiques, c'est-à-dire des types d'outils utilisés comme marqueurs chronologiques et culturels (Noiret, 2013 ; Pesesse, 2013a, 2017). Or ces types peuvent renvoyer à des réalités très différentes : par exemple, en Europe de l'Ouest, le burin de Noailles est un outil (Calvo *et al.*, 2019) tandis qu'il a été démontré que les « burins » du Raysse sont des nucléus à lamelles (Klaric *et al.*, 2002). Les faciès caractérisés par ces fossiles directeurs sont donc difficilement comparables (Touzé, 2013). Afin d'effectuer une comparaison entre unités archéologiques, il est primordial que celles-ci soient définies dans les mêmes termes ; c'est-à-dire que l'on puisse poser une interprétation similaire de ce qu'elles reflètent des sociétés passées.

## **2.3. Unités analytiques du Gravettien moyen et récent employées dans ce travail**

### ***2.3.1. Le choix du registre lithique comme fondement de nos unités analytiques***

Dans ce travail, nous faisons le choix de nous restreindre au registre lithique uniquement. Celui-ci comporte plusieurs aspects pratiques pour répondre à notre problématique. Les objets en pierre sont en effet ceux qui se conservent le mieux dans le sol. Depuis les premiers temps de la discipline, la recherche s'est fondée sur eux pour établir des unités archéologiques, ce qui signifie qu'ils sont les objets les plus étudiés en Préhistoire comparativement aux industries en os ou même aux restes fauniques. Enfin, les vestiges en pierre taillée sont abondants dans les collections, étant donné que les préhistoriens les ont souvent préférentiellement échantillonnés. Au sein des industries lithiques, nous nous focaliserons sur les vestiges en matières silicifiées, car ce sont les mieux étudiés et les plus employés dans la définition d'unités archéologiques au Gravettien.

Par ailleurs, les adaptations techniques constituent une fenêtre privilégiée pour aborder la question de la relation des groupes humains avec leur environnement. L'outil est en effet une interface entre l'humain et son environnement, car il s'inscrit dans la majorité des activités techniques permettant de résoudre des « *problèmes fondamentaux* » (Tixier, 2012, p. 40 ; Leroi-Gourhan, 1965), comme l'acquisition de nourriture ou la confection de vêtements. La création d'outils passe par la mise en œuvre de chaînes opératoires diverses, qui sont les « *enchaînements des opérations mentales et des gestes techniques visant à satisfaire un besoin (immédiat ou non), selon un projet qui préexiste* » (Perlès, 1987, p. 23). Le concept de chaîne opératoire tel qu'il est employé dans l'approche technologique française des industries lithiques (*e.g.*, Perlès, 1987 ; Pigeot, 1987 ; Pelegrin *et al.*, 1988 ; Boëda *et al.*, 1990 ; Pelegrin, 1990, 1993 ; Boëda, 1991 ; Sellet, 1993 ; Tixier, 1995) donne une connotation culturelle très forte aux outils et à leur mode de fabrication en recherchant l'*intention* du « tailleur »<sup>3</sup> (Perlès, 2016). Le choix d'une stratégie de production par rapport

---

3 Cette notion d'intention est parfois vivement critiquée (*e.g.*, Bar-Yosef et Van Peer, 2009 ; Pesesse, 2019) comme se plaçant d'un point de vue émiqque sans prendre en compte la subjectivité de l'observateur.

à une autre est généralement expliqué par des facteurs culturels, sans que ceux-ci ne soient réellement explicites.

L'approche américaine de la technologie lithique s'appuie sur un concept similaire à celui de « chaîne opératoire » : le concept de « *reduction sequence* » (Shott, 2003). Ses objectifs et méthodes sont néanmoins différents : par exemple, les courants de la « *Technological Organization* » (e.g., Bleed, 1986, Shott, 1986, 1996 ; Bamforth et Bleed, 2008 ; McCall, 2012 ; Spry et Stern, 2016 ; Robinson et Sellet [dir.], 2018) et de la « *Behavioral Archaeology* » (e.g., Binford, 1981 ; Schiffer, 2004 ; Bird et O'Connell, 2006 ; Bleed, 2008) emploient des notions de contraintes et d'optimisation comme prépondérants pour expliquer la variabilité technologique observée, et s'appuient sur des données quantitatives plutôt que qualitatives pour décrire des *reduction sequences* (Perlès, 2016). Le choix d'une stratégie est interprété comme un « *compromis entre différents besoins, différents objectifs, différentes contraintes* » (ibid., p. 226) se fondant sur ses coûts et bénéfices au sein du contexte analysé. Les deux approches ne sont pas nécessairement contradictoires. Ainsi, il semble tout à fait rationnel que des stratégies plus efficaces dans un contexte (environnemental et/ou culturel) donné soient privilégiées par rapport à d'autres, plus coûteuses vis-à-vis des bénéfices qu'elles procurent (e.g., le style et le mode de fabrication de skis en bois chez les Iugan Khanty ; Jordan, 2015). Cependant, dans des contextes environnementaux similaires et/ou proches géographiquement, l'histoire culturelle d'un collectif humain peut l'amener à développer des stratégies différentes pour des raisons qui ne sont pas nécessairement fondées sur une balance coûts/bénéfices – qui seront néanmoins tout à fait adaptées aux contraintes culturelles et environnementales auxquelles elles doivent faire face. Ainsi, l'emploi de telle ou telle stratégie résulte à la fois d'une réponse adaptative à des contraintes environnementales et de la trajectoire historique culturelle du collectif (Perlès, 1987 ; Tixier, 2012).

Nous n'opterons pas pour une approche véritablement systémique des chaînes opératoires lithiques. En effet, une chaîne opératoire est caractérisée par quatre grandes étapes : l'acquisition du matériau, la fabrication d'un outil à partir du bloc (que ce soit par débitage, par façonnage ou les deux), son utilisation puis son abandon (e.g., Sellet, 1993, p. 108). Nous nous focaliserons uniquement sur l'étape de fabrication et mettrons l'accent sur i) les outils retouchés définis par des caractères typo-techniques (et non fonctionnels) et ii) sur les grands traits des méthodes de fabrication des lames et lamelles. Ces dernières sont

souvent employées comme supports d'outils au Paléolithique supérieur et constituent un objet d'étude qui a largement été privilégié par les spécialistes de la période en France ces 20 dernières années (*e.g.*, Bon, 2000 ; Bordes, 2002 ; Klaric, 2003 ; Langlais 2007, 2020 ; Ducasse, 2010 ; Pesesse, 2013b ; Sécher, 2017 ; Paris, 2020 ; Cormarèche, 2020). Nous ne nous intéresserons donc ni à l'acquisition des matières premières, ni à leur gestion au sein de la chaîne opératoire, ni à la fonction des outils.

Si ces choix peuvent sembler restrictifs, ils nous permettent d'élargir notre champ d'action et de comparaison en intégrant davantage de séries archéologiques. En effet, nous pourrions plus facilement rassembler des informations et observations typo-technologiques que fonctionnelles ou pétroarchéologiques, étant donné que ces deux dernières approches sont des spécialités à part-entière, longues d'apprentissage, et qu'elles ont été moins systématiquement mises en œuvre à l'échelle de l'histoire de la discipline. Ces données sont néanmoins importantes dans l'étude des systèmes culturels passés, et pourront – en fonction de la richesse de la littérature – nous permettre parfois d'affiner la définition de certaines unités archéologiques.

### ***2.3.2. Au cœur du Gravettien moyen : variabilité synchronique du registre archéologique gravettien***

Comme nous l'avons abordé en introduction (*cf.* Introduction, § 1), le Gravettien moyen est traditionnellement divisé en deux unités archéologiques, le Noaillien et le Rayssien (Touzé, 2013). Leur interprétation culturelle reste débattue en raison de données encore parcellaires rendant difficile l'analyse de leurs relations technologiques et chronologiques. Elles sont tantôt qualifiées de « faciès culturels » appartenant à « l'entité noaillienne » (Touzé, 2013), tantôt de « faciès d'activités » (Morala, 2011) ; ces deux hypothèses sont contestées par Klaric et collaborateurs (sous presse) qui envisagent le Rayssien comme un véritable tradition technique, au sens où un ensemble de savoir-faire techniques s'est maintenu au sein d'une population et d'un territoire délimité sur un laps de temps suffisamment long pour être détecté dans le registre archéologique. Si la nature des activités joue certainement un rôle dans l'établissement de la variabilité du registre archéologique du Gravettien moyen (Morala, 2011), elle n'est plus réellement considérée comme un facteur prépondérant pour expliquer la présence de ces deux unités archéologiques (*cf.* Introduction, § 1.1.2.e.). Les désaccords se cristallisent aujourd'hui

plutôt sur l'interprétation des associations des marqueurs noailliens et rayssiens au sein des ensembles archéologiques nord-aquitains. Lorsque les associations sont considérées comme valides stratigraphiquement, le Noaillien et le Rayssien sont interprétés comme deux faciès lithiques pouvant être combinés au sein d'un même système (Touzé, 2013). En revanche, lorsqu'elles sont considérées comme le fruit de mélanges ultérieurs, le Noaillien et le Rayssien sont interprétés comme deux systèmes distincts et mutuellement exclusifs – tout du moins à un moment donné de leur histoire (Klaric, 2003, 2008).

Suite à notre examen bibliographique et direct de plusieurs collections noailliennes et/ou rayssiennes (*cf.* Volume I, partie 2, chapitre 2 et Volume II), notre avis sur la question reste encore partagé. L'ancienneté de la grande majorité ces collections ne permet pas de déterminer si ces associations sont culturelles ou taphonomiques. Ainsi, le scénario postulant la coexistence du Noaillien et du Rayssien au sein d'un même système ne peut être définitivement rejeté. Cette question se pose par exemple pour les séries du niveau 10/11 de l'Abri du Facteur et des couches 2 et 3 des Jambes. En effet, ces sites présentent des caractéristiques mixtes entre le Rayssien et le Noaillien (pyrénéo-cantabrique) au niveau des débitages lamellaires au Facteur (Volume II, chapitre 1) et des débitages laminaires aux Jambes (Volume II, chapitre 2). Cette deuxième configuration se reproduit très probablement dans la couche V du Flageolet (Gottardi, 2011) et la couche 6-M de Solvieux (Klaric, 2003). Ces associations peuvent être interprétées de façon cohérente culturellement, mais l'analyse historiographique et taphonomique des ensembles ne permet pas d'exclure un mélange lié à des facteurs post-dépositionnels ou liés aux méthodes de fouilles.

D'autre part, des arguments en faveur d'une distinction culturelle profonde entre le Noaillien et le Rayssien peuvent être avancés. En premier lieu, la lamelle de la Picardie (caractéristique du Rayssien) et la pointe/micropointe de la Gravette (associée aux burins de Noailles dans les sites de l'aire pyrénéo-cantabrique) représentent deux conceptions radicalement différentes de l'élément d'armature. La morphologie de la première est préconçue dès l'étape de production du support tandis que la deuxième se matérialise lors de la transformation du support par une retouche intense du bord (Klaric, 2003, 2008). La rigidité conceptuelle et opératoire de la méthode du Raysse se retrouve dans les débitages laminaires, tandis que les modalités de débitages lamino-lamellaires noailliens (pyrénéo-cantabriques) sont beaucoup plus souples. Cette souplesse opératoire se retrouve d'ailleurs

dans des séries « purement » noailliennes (ou presque), comme la Croix de Bagneux (Kildéa *et al.*, 2005, Kildéa et Lang, 2011) et dans le niveau 10/11 du Facteur (Volume II, chapitre 1). Avec cet angle de vue, les caractéristiques mixtes observées sur les débitages laminaires aux Jambes ou dans la couche V du Flageolet s'expliquent difficilement en dehors d'un mélange taphonomique : pourquoi emploierait-on deux modalités opératoires, l'une extrêmement normée et l'autre caractérisée par sa souplesse, ayant les mêmes objectifs de production, à savoir des lames plus ou moins rectilignes, pour y façonner des outils ?

Suite à cette discussion, deux scénarios archéologiques seront explorés dans la suite de notre travail, tantôt en ne posant pas d'hypothèse sur l'association du Noaillien et du Rayssien et donc en les regroupant au sein d'un même ensemble au nord de la Garonne (scénario 1), tantôt en considérant le Noaillien et le Rayssien comme profondément distincts culturellement (scénario 2). Nous présentons dans les paragraphes suivants les caractéristiques du Noaillien et du Rayssien, ainsi que de quelques éléments typologiques dont l'association à l'une, l'autre ou à ces deux unités archéologiques reste encore incertaine.

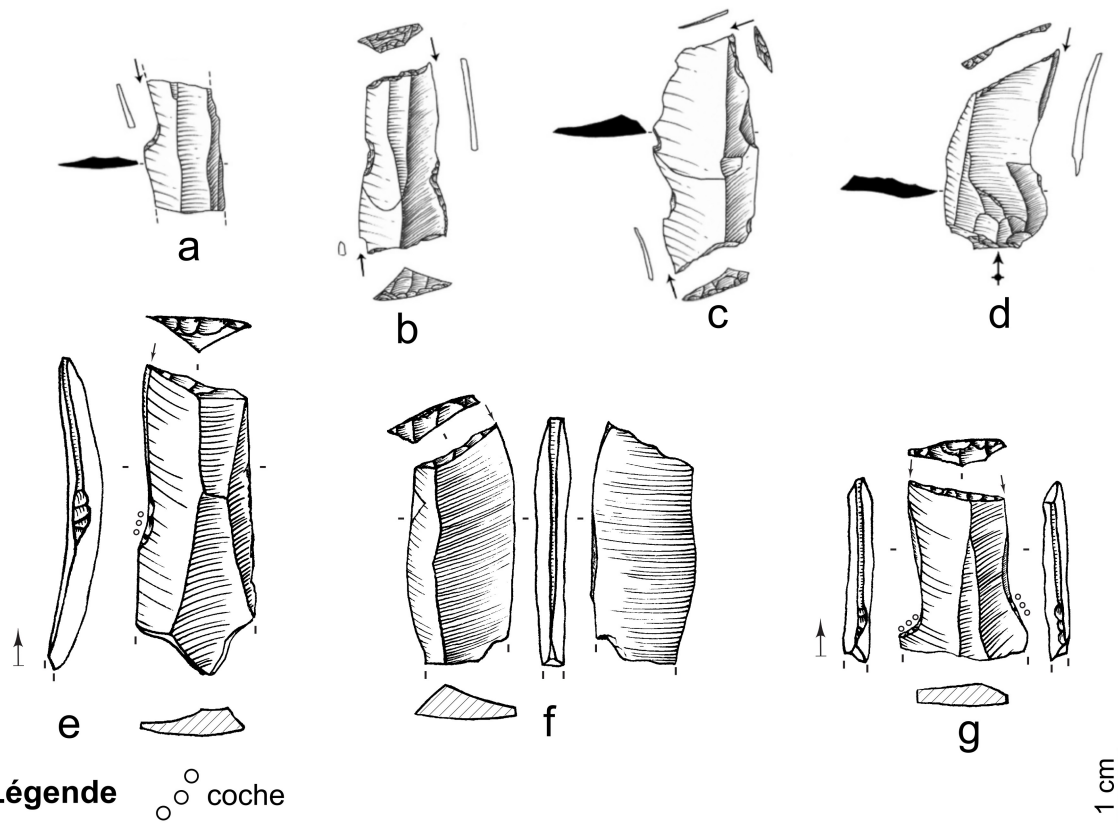
### *a. Noaillien*

Le Noaillien est majoritairement défini sur une base typologique. Il se caractérise par la présence de **burins de Noailles (Figure I.1.1)**. Le burin de Noailles<sup>4</sup> est un type morpho-technique obtenu par la « technique Noailles » (Tixier, 1958 ; Aranguren *et al.*, 2006). Une chute de burin extrêmement fine (largeur inférieure à 2 mm ; Delporte, 1968 ; Djindjian, 1977) est détachée à partir d'une troncature et est arrêtée par une coche. Nous devons ici souligner l'importante variabilité dont fait l'objet ce type. Si les caractéristiques morpho-techniques des supports de burins de Noailles sont variées (*e.g.*, Tixier, 1958), les pièces concernées par la « technique Noailles » (*i.e.*, la réalisation d'une chute de burin très fine) ne portent pas forcément tous les critères diagnostiques que nous venons d'exposer. De nombreux exemplaires ne présentent pas de coche et/ou de troncature et peuvent côtoyer les burins de Noailles typiques au sein des collections (*e.g.*, Tixier, 1958 ; Delporte, 1968 ; Alaux, 1971 ; Djindjian, 1977 ; Vignoles *et al.*, 2019 ; Volume II, chapitre 1). D'autre part, ce type d'outil fait visiblement l'objet d'une importante variabilité fonctionnelle, suggérée par les multiples usages identifiés par des études tracéologiques récentes (*e.g.*, Aranguren *et al.*,

---

4 *cf.* Annexe 1 pour une définition formelle de ce type

2006 ; Kildéa et Lang, 2011 ; Calvo *et al.*, 2019). Enfin, la répartition chronologique du burin de Noailles semble varier fortement selon les régions considérées (*cf.* Introduction, § 1.2.2.).



**Légende** ○ coche  
Figure I.1.1: Burins de Noailles à Isturitz (Calvo *et al.*, 2019) et au Fourneau du Diable (Vignoles *et al.*, 2019). **a.** Burin de Noailles atypique (absence de troncature) ; **b. à e., g.** Burins de Noailles typiques (présence de troncature et de coche d'arrêt) ; **f.** Burin de Noailles atypique (absence de coche).

Le(s) système(s) technique(s) associé(s) aux burins de Noailles est(sont) encore inégalement connu(s) à l'échelle de l'aire de répartition géographique de ce type. Les études technologiques récentes dans la région pyrénéo-cantabrique (Klaric, 2003 ; Foucher, 2004 ; Simonet, 2009a ; de la Peña-Alonso, 2011) montrent que les modalités de débitages lamino-lamellaires identifiées sur plusieurs sites de cette région reposent sur les mêmes principes fondamentaux. Ces débitages sont de tendance unipolaire, avec utilisation occasionnelle d'un plan de frappe opposé pour l'entretien de la table, et sont plus rarement strictement bipolaires. Néanmoins, les nucléus laminaires présentent souvent deux plans de frappes opposés-décalés, qui correspondent à l'implantation de deux tables successives et sécantes (Figure I.1.2). Ce procédé permet une sorte d'auto-entretien des convexités du nucléus. Le recintrage peut également se faire par extraction de produits laminaires débordants de chaque côté de la table, qui est alors étroite et cintrée (*ibid.*). Concernant les débitages



lamellaires, l'hypothèse actuelle est la présence à la fois d'un continuum entre débitage de grands et de petits gabarits et de plus rares productions autonomes sur tranche d'éclat (Klaric, 2003 ; Simonet, 2009a).

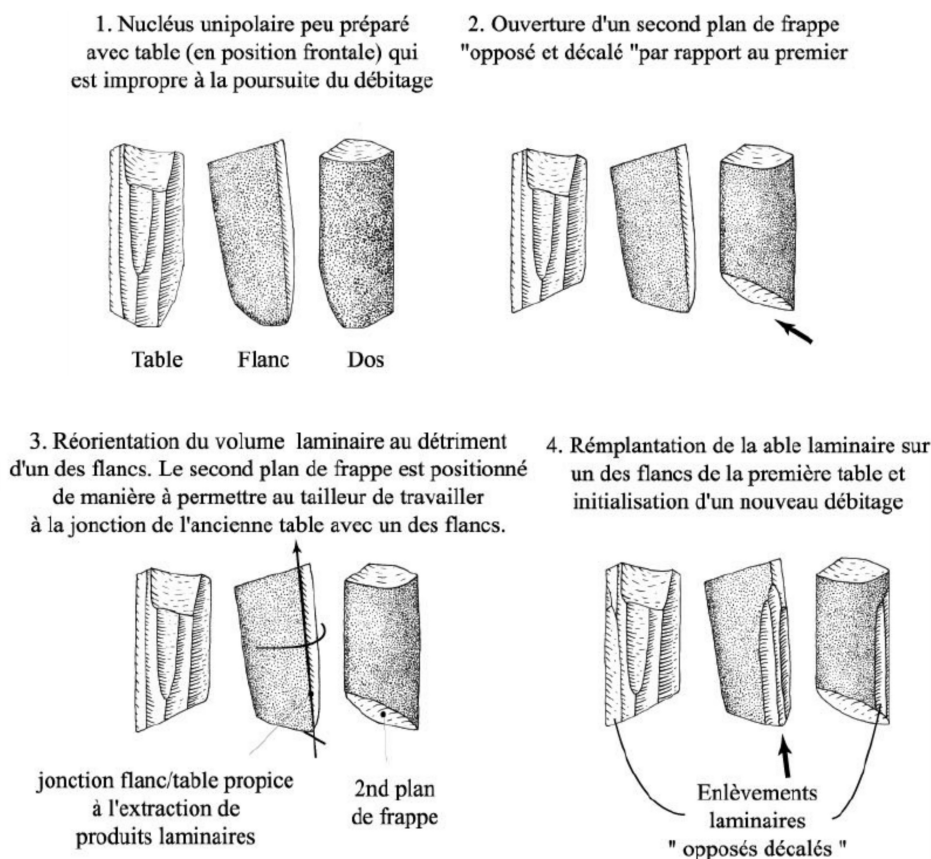


Figure 1.1.2: Schéma de débitage unipolaire "opposé-décalé" mis en évidence à Brassempouy (Klaric, 2003, modifié)

Au nord de la Garonne, les reconstitutions de chaînes opératoires de débitages lamino-lamellaires sont plus rares et concernent généralement des ensembles présentant des marqueurs noailliens et rayssiens. Ainsi, les reconstitutions proposées par G. Lucas (2000) au Flageolet et C. Pottier (2005) à Pataud restent très générales à l'échelle des séquences analysées (voir Introduction, § 1). Des travaux plus détaillés sur la couche V du Flageolet (Gottardi, 2011) et les couches 2 et 3 aux Jambes (Volume II, chapitre 2) ont néanmoins mis en évidence la présence de modalités semblables à celles décrites dans les Pyrénées, bien qu'elles y soient associées à des caractéristiques rayssiennes. En revanche, ces mêmes modalités « noailliennes » ont également été décrites dans des ensembles « purement » noailliens (ou presque), à la Croix-de-Bagneux, en Loir-et-Cher (Kildéa et Lang, 2011) et au Facteur (niveau 10/11, voir Volume II, chapitre 1). Il semblerait donc que

les burins de Noailles soient associés à un schéma opératoire de production de lames et lamelles assez homogène entre l'aire pyrénéo-cantabrique et le nord de la Garonne.

*b. Rayssien*

Le Rayssien bénéficie d'une définition mieux circonscrite que le Noaillien, puisqu'elle repose à la fois sur des critères typologiques et technologiques. Il est caractérisé par une méthode de débitage lamellaire appelée « **méthode du Raysse** » (Figure I.1.3, A.), qui consiste à obtenir des supports morphologiquement normés pour la production de « **lamelles de la Picardie** », à partir de burins-nucléus du Raysse<sup>5</sup>. Cette méthode et les éléments techniques qui lui sont rattachés (lamelles-support retouchées et brutes, et burins-nucléus) sont principalement diagnostiqués par un développement particulier du débitage, car latéralisé à gauche et progressant de gauche à droite, et par l'utilisation d'un procédé spécifique de préparation du plan de frappe pour le détachement des lamelles, le « facettage latéralisé oblique » (Klaric *et al.*, 2002 ; Klaric, 2017). Le type de la lamelle de la Picardie est, en outre, caractérisé par la retouche marginale du bord droit de la lamelle-support. Ces éléments ont été identifiés dans de nombreuses collections et présagent donc de l'unité conceptuelle des groupes à l'échelle de la répartition géographique du Rayssien (Klaric *et al.*, sous presse, cf. Introduction § 1).

De plus, L. Klaric a mis en évidence à la Picardie et à la Grotte du Renne la présence d'une modalité du débitage laminaire particulière, car présentant certains parallèles conceptuels avec la méthode du Raysse (Klaric, 2003, 2008 ; Figure I.1.3, B.). Cette modalité a également été reconnue dans la couche V du Flageolet I (Gottardi, 2011), à Solvieux (Klaric, 2003) et aux Jambes (Volume II, chapitre 2). Cependant, les relations exactes entre méthode du Raysse lamellaire et modalité laminaire « rayssienne » sont encore difficiles à cerner, puisque ce dernier aspect est rarement décrit dans les études récentes (Klaric *et al.*, sous presse). Il est cependant à noter qu'elle n'a pas été identifiée – en tout cas pas de manière claire – dans des collections dans lesquelles les marqueurs rayssiens sont rares, telles que le niveau 10/11 du Facteur (Volume II, chapitre 1) ou la Terrasse Inférieure du Fourneau du Diable (Vignoles, *et al.*, 2019).

---

5 Nous renvoyons le lecteur à l'Annexe 1 pour une définition plus formelle de ces différents éléments diagnostiques.

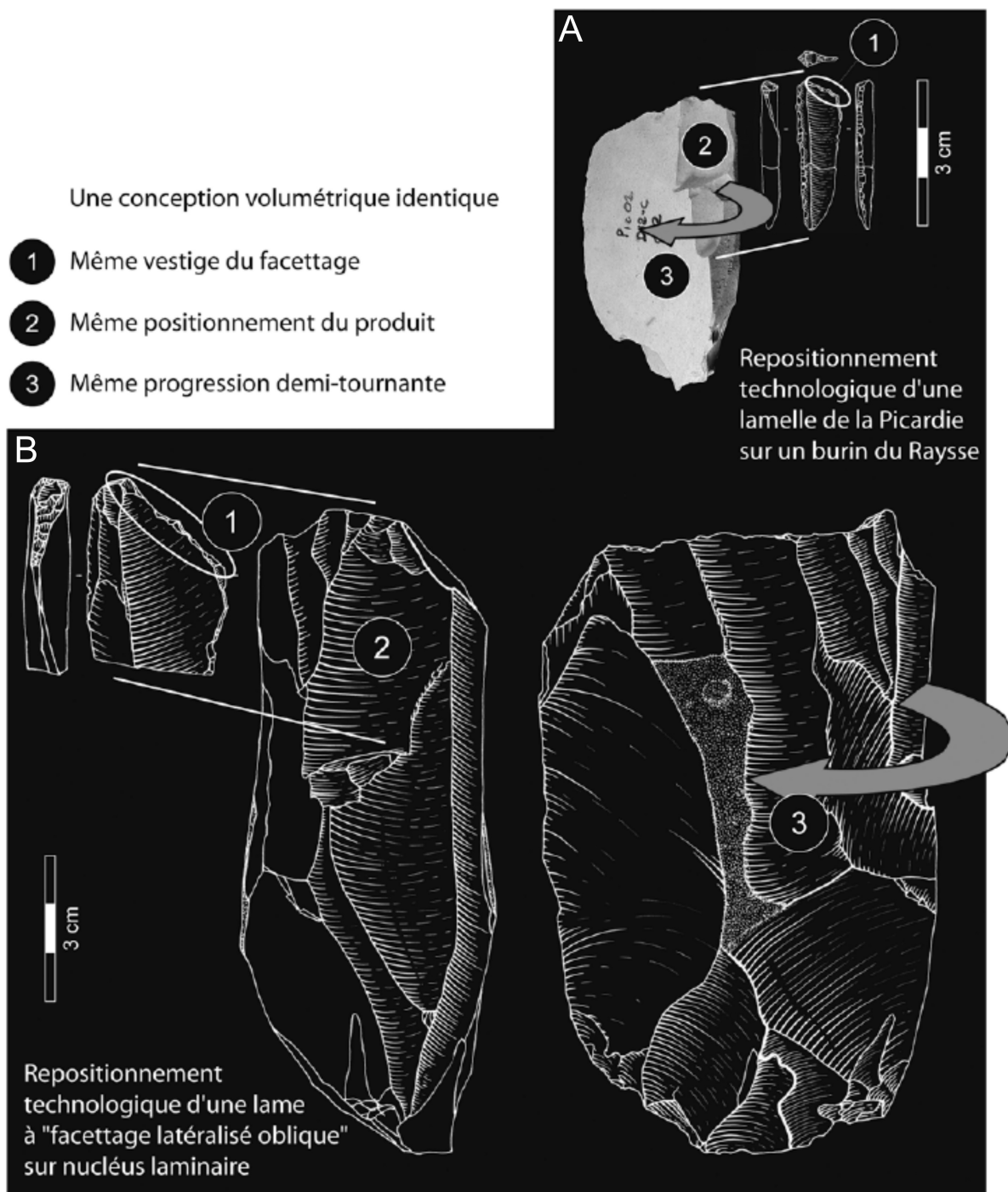


Figure I.1.3: Illustration des schémas de production lamino-lamellaires rayssiens. A. Méthode du Raysse ; B. Débitage laminaire rayssien. (Klaric, 2008, modifié)

c. Pistes typo-technologiques à explorer

Deux autres catégories d'artefacts sont encore discutées quant à leur association préférentielle à l'un ou l'autre des unités analytiques du Gravettien moyen. Il s'agit d'une

part des pointes de la Gravette de type « Vachons » (Simonet, 2011b), et d'autre part de la famille des burins « à modification tertiaire » (Movius et David, 1970)<sup>6</sup>.

Les pointes de la Gravette et microgravettes sont plutôt considérées comme des fossiles directeurs ubiquistes du Gravettien (Noiret, 2013). Cependant, cette catégorie typologique comporte des variations, à la fois morphologiques, dimensionnelles et techniques, qui parfois peuvent correspondre à des différences chrono-culturelles (comme par exemple la pointe de Tursac ou les Gravettes à dos fins du Gravettien ancien ; Pesesse, 2013b). C'est très certainement le cas de la **pointe des Vachons** (de Sonnevile-Bordes et Perrot, 1956b ; Simonet, 2009a, 2011b), un sous-type de la pointe de la Gravette caractérisé par sa symétrie longitudinale, sa morphologie lancéolée ainsi que ses aménagements (souvent inverses) très soignés de la pointe et/ou de la base. Sa reconnaissance dans plusieurs séries riches en burins de Noailles (comme Isturitz, Laroux ou Lespaux ; Simonet, 2011b ; et peut-être au Fourneau du Diable ; Vignoles *et al.*, 2019) en fait un possible fossile directeur du Noaillien (Simonet, 2011b). Néanmoins, cette hypothèse reste discutée à l'heure actuelle, en raison de l'ancienneté des fouilles menées sur les sites dans lesquels ce type est associé aux burins de Noailles.

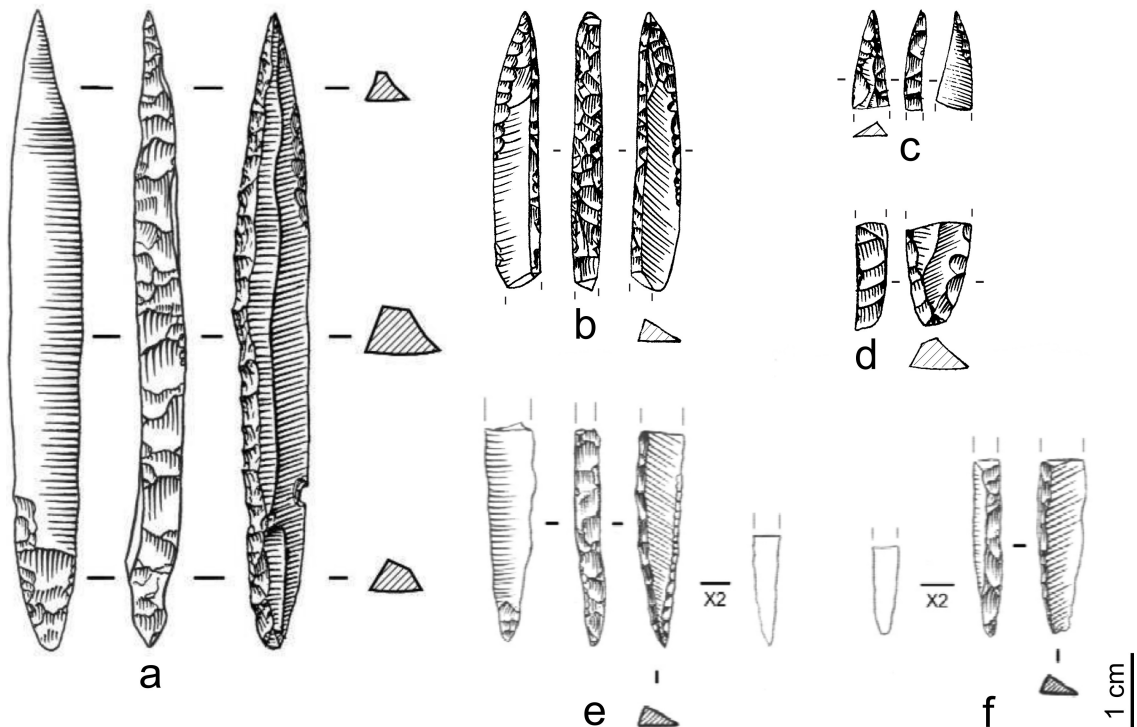


Figure I.1.4: La "pointe des Vachons". a., e. à f. Isturitz, niveau IV/F3 (Simonet, 2009a, 2011b) ; b. à d. Fourneau du Diable, sondage 2 (Vignoles et al., 2019)

6 La description formelle de ces deux types est disponible en Annexe 1.

La famille des burins à modification tertiaire est également une catégorie d'outils dont l'attribution à un faciès particulier du Gravettien moyen reste floue. Cette famille a été définie par Movius et David (1970) suite au travail de N. David sur la couche 4 de l'Abri Pataud, et plus généralement sur les séries « noailliennes » (*sensu* David, donc incluant le Noaillien et le Rayssien tel que définis plus haut ; David, 1985). Initialement, les burins-nucléus du Raysse faisaient partie intégrante des burins à modification tertiaire – cette technique de réfection du biseau correspond alors au « facettage latéralisé oblique » (Klaric *et al.*, 2002). Cependant, Movius et David mettent en évidence la présence d'un autre type ne se rapportant pas à des burins-nucléus : le **burin-pointe** (Figure I.1.5). Il s'agit d'un burin portant une modification tertiaire du biseau – c'est à dire une retouche réduisant son épaisseur – qui l'oblitére, lui conférant un aspect de pointe (Movius et David, 1970). Depuis sa description, cette catégorie n'a quasiment pas été investie par la recherche (voir cependant Sarrazin, 2018), de sorte que son association exclusive à l'un et/ou à l'autre des faciès du Gravettien moyen n'est pas claire. Nous proposons donc de rattacher ce type à la phase du Gravettien moyen générique, en attendant une révision taxonomique de cette catégorie de burins.

Évoquons ici aussi une catégorie de burins dont la validité typologique et l'attribution chrono-culturelles ne sont pas encore démontrés à l'heure actuelle : il s'agit de burins sur troncature oblique présentant un coup de burin très courbe et débordant sur la face supérieure du support (Figure I.1.6). Le coup de burin est fréquemment latéralisé sur le bord gauche du support, qui est généralement épais. Dénommées « **burin-bec** » par L. Klaric et collaborateurs (2018), des pièces de ce genre ont été identifiées dans plusieurs séries du Gravettien moyen, comme à la Picardie, à Laussel, aux Jambes et au Facteur par Laurent Klaric et nous-même (Figure I.1.6). Une étude typologique plus approfondie est néanmoins nécessaire avant de valider formellement ce type et de le rattacher au Gravettien moyen.

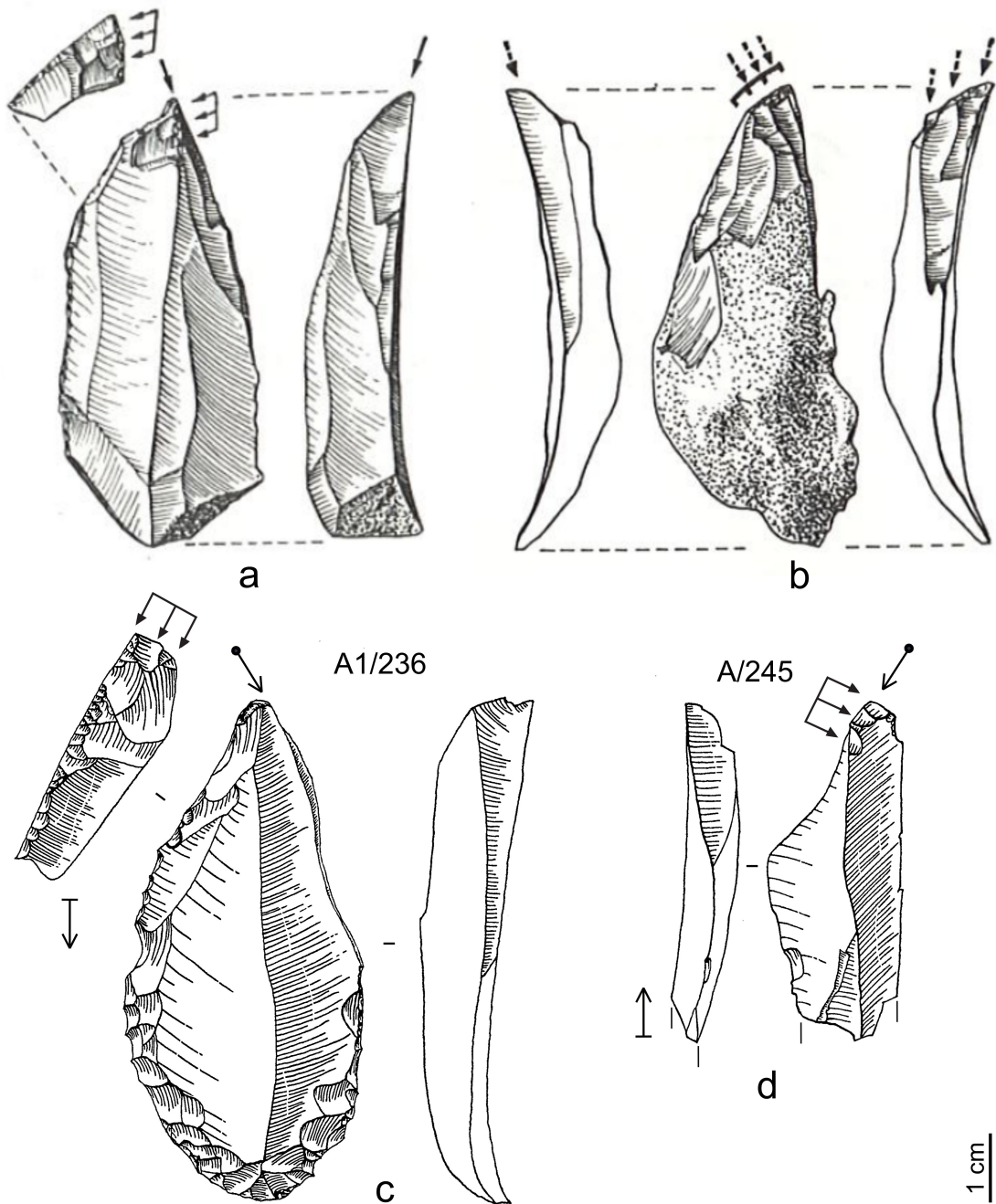


Figure I.1.5: Burins-pointes mis au jour en contexte noaillien et/ou rayssien dans le nord de l'Aquitaine. a. Abri Pataud, couche 4:lower ; b. Abri Pataud, couche 4:upper (David, 1985) ; c. et d. Les Jambes, couche 3.

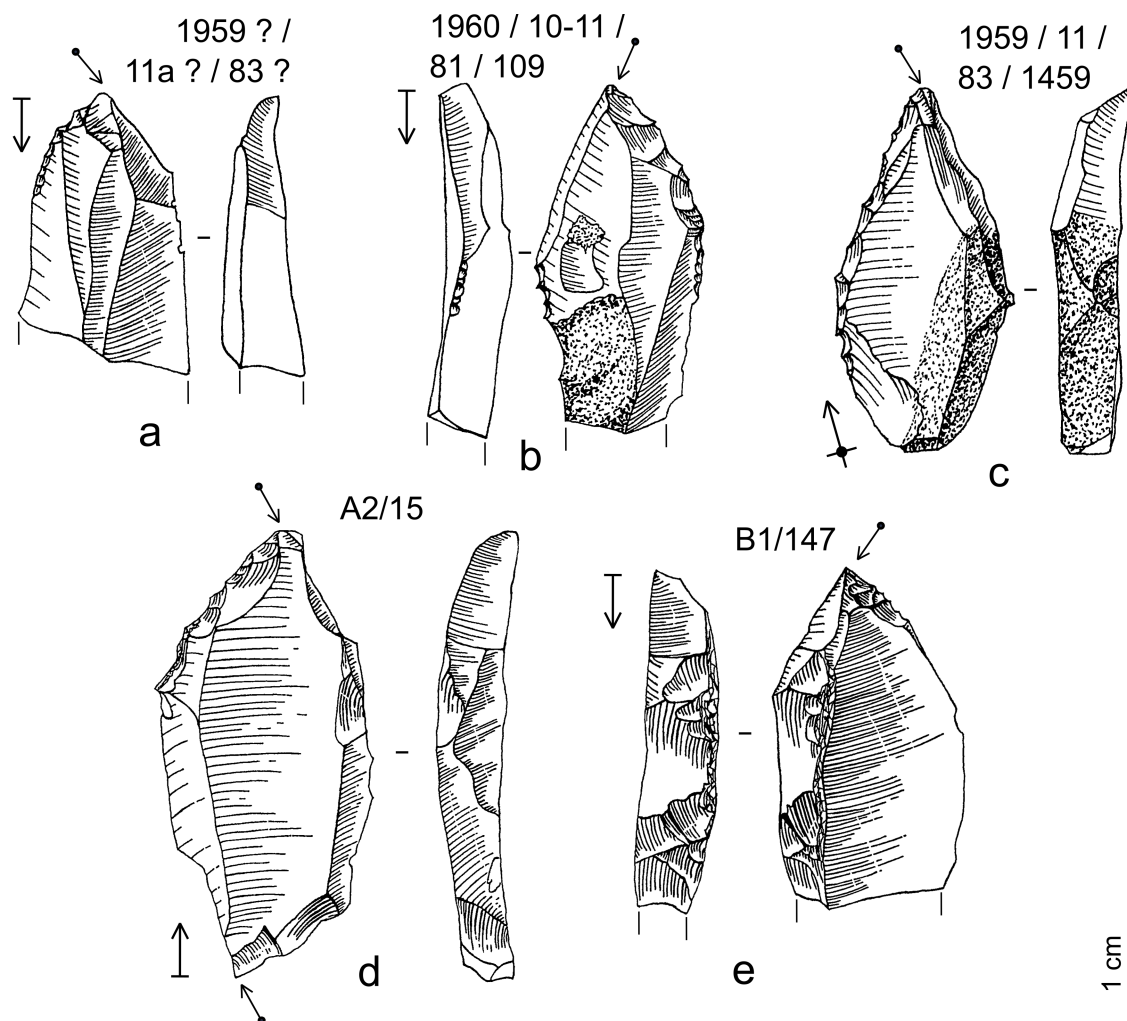


Figure I.1.6: "Burins-becs" mis au jour dans le niveau 10/11 de l'Abri du Facteur (a., b. et c.) et dans les couches 2 (d.) et 3 (e.) des Jambes.

### 2.3.3. Du Gravettien moyen au Gravettien récent : variabilité diachronique du registre archéologique gravettien

De par l'historique complexe du Gravettien récent (voir Introduction, § 2.), il est plus difficile de déterminer des caractéristiques typo-technologiques qui lui sont exclusives. En effet, les critères d'attribution d'une collection à cette unité archéologique sont flous dans la littérature (Cormarèche, 2020). Ce sont d'ailleurs souvent des arguments de stratigraphie, de chronologie relative ou radiométrique (*e.g.*, Briqueterie Dupray ; Paris, 2020 ; la couche 1 de Roc de Combe ; Bordes et Labrot, 1967), ou encore le caractère « évolué » des industries<sup>7</sup> qui permettent de rattacher un site ou un niveau archéologique au Gravettien récent, tant la plupart de ses caractéristiques sont ubiquistes.

<sup>7</sup> Une qualification ne reposant généralement pas sur des critères objectivés dans l'argumentaire ; *e.g.*, Corbiac ; Bordes, 1968b, 1969 ; de Sonneville-Bordes, 1966

Les caractères typologiques sont l'abondance de pointes de la Gravette, microgravettes et lamelles à dos (*e.g.*, Figure I.1.7, a. à g.), ainsi que, de façon plus marginale, la présence de deux types d'outils retouchés, les « coutelas » et les « grattoirs-coupoirs » (Cheynier, 1962 ; Klaric, 2013). Ces types sont cependant rarement mis en avant dans les publications. Nous pourrions rajouter à ces critères typologiques la possibilité de sous-types de pointes de la Gravette exclusifs de cette phase chronologique (pointes à dos anguleux de type Corbiac et pointes étroites à dos rectiligne et à bord opposé convexe ; Simonet, 2011b, fig. 19). De plus, les lamelles à dos simples ou tronquées sont souvent présentes dans les séries attribuées au Gravettien récent (Soriano, 1998 ; Klaric *et al.*, 2009 ; Kildea et Lang, 2011 ; Cormarèche, 2020). Cependant, nous avons également pu en rencontrer dans des séries rattachées au Gravettien moyen, voire ancien (*e.g.*, Fourneau du Diable ; Vignoles *et al.*, 2019 ; Flageolet couche VI ; Volume II, chapitre 3). Elles constituent également la majorité des corpus de pièces à dos au Gravettien final (Guillermin, 2011). Ces types ne constituent donc pas un marqueur chronoculturel exclusif du Gravettien récent, bien qu'ils puissent être fréquents dans les séries – voire même plus fréquents que les pièces à dos de type Gravette (*e.g.*, Cormarèche, 2020).

Les caractéristiques technologiques du Gravettien récent sont principalement axées sur les débitages laminaires et lamellaires. Deux modalités sont communément mises en avant : i) le débitage lamellaire sur bloc ou dans la continuité du débitage laminaire, et ii) le débitage lamellaire sur éclat ou lame, qui inclut les burins-nucléus polyédriques et, de façon plus discrète, les lames à aménagement de type Kostienki (Klaric, 1999, 2000, 2003 ; Klaric *et al.*, 2009 ; Klaric *et al.*, 2015 ; Paris, 2020 ; Cormarèche, 2020 ; *e.g.*, Figure I.1.7, h. et i.). Dans une partie des sites, le débitage laminaire est tourné vers la production de lames rectilignes et étroites au percuteur tendre minéral, obtenues à partir de nucléus cintrés pouvant fréquemment recourir à un plan de frappe opposé (Klaric, 2003 ; Klaric *et al.*, 2009 ; Kildea et Lang, 2011 ; Cormarèche, 2020 ; Figure I.1.8). Dans le nord de la France, C. Paris (2020) met en évidence l'emploi d'un débitage légèrement différent : celui-ci consiste en la production de grandes lames à éperon détachées à l'aide d'un percuteur tendre organique, à partir de nucléus très préparés en amont. Ces différences nettes dans les productions lithiques conduisent cet auteur à définir deux potentielles sous-phases du Gravettien récent, dont la proximité chronologique et géographique limite l'interprétation culturelle (*cf.* Introduction, § 2). Ces sous-phases sont également proposées par E.



Cormarèche (2020) à partir de l'analyse comparée des schémas de production de pièces à dos. Malgré tout, certains sites datés de la tranche chronologique du Gravettien récent trouvent difficilement leur place dans ce schéma, comme le Taillis des Coteaux (*ibid.*).

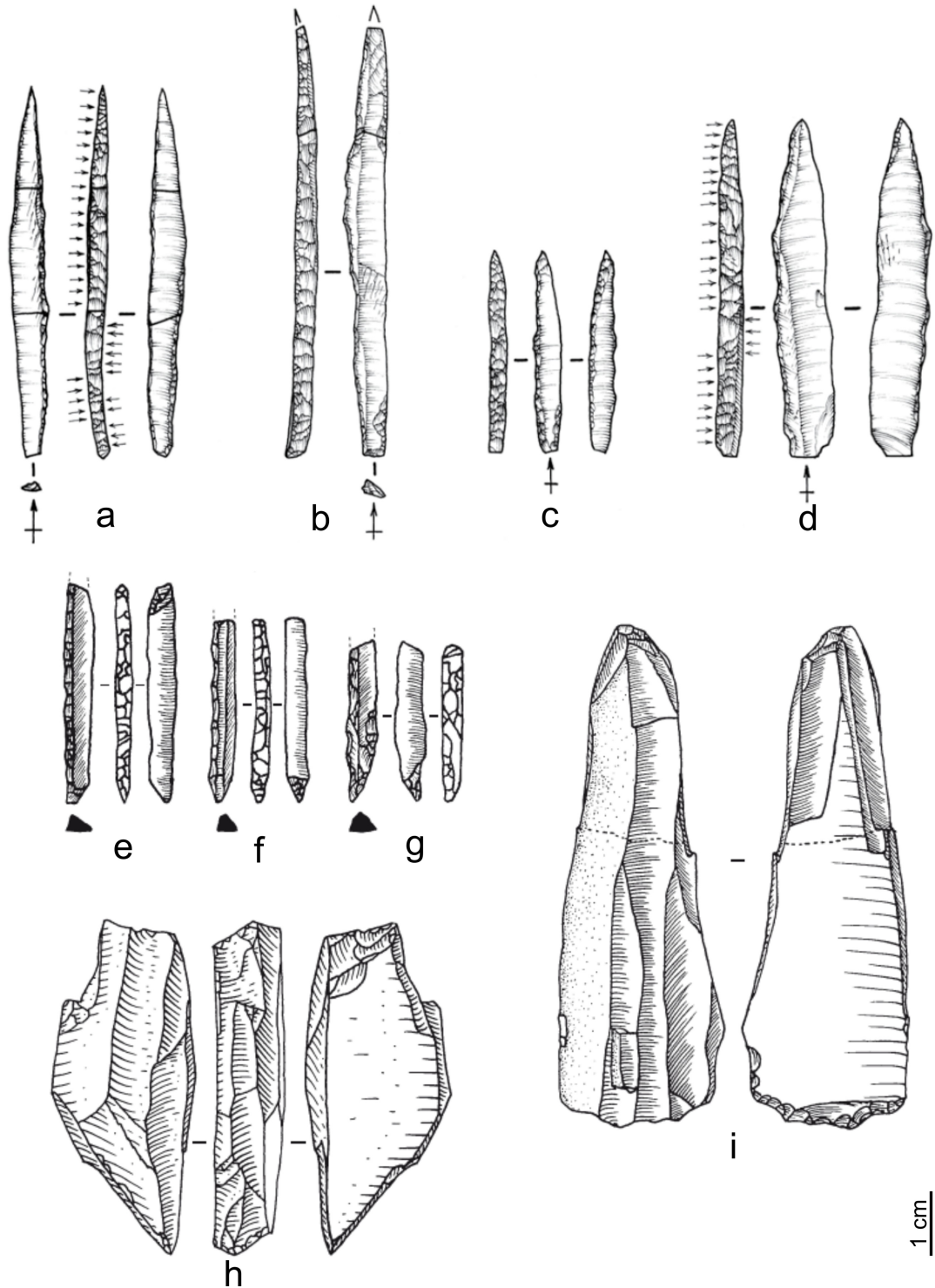


Figure I.1.7: Quelques caractères du Gravettien récent sensu lato. **a. à d.** Pièces à dos, la Croix-de-Bagneux, locus 11-14 (Kildéa et al., 2005) ; **e. à g.** Microgravettes de l'ensemble moyen du Blot (Klaric et al., 2009) ; **h. à i.** Burins-nucléus polyédriques de l'ensemble moyen du Blot (Klaric et al., 2009).



Figure I.1.8: Exemple de nucléus bipolaire à plans de frappe très inclinés et à table cintrée. La Croix-de-Bagneux, locus 11-14 (Kildéa et al., 2005).

### 3. Proposer des mécanismes à l'origine de la variabilité du registre archéologique

Une fois nos unités archéologiques définies, nous nous trouvons face à un registre archéologique structuré, dans le sens où des ensembles archéologiques<sup>8</sup> sont rattachés à l'une (ou plusieurs) de ces unités. Cette étape descriptive du registre archéologique fait émerger des motifs de variabilité à différentes échelles spatio-temporelles. Puisque nous nous sommes proposée de définir des mécanismes à l'origine de la variabilité du registre archéologique appartenant au Gravettien moyen et récent (*cf.* Introduction : problématique), il nous faut désormais préciser ce que nous entendons par « mécanismes », à savoir leurs potentiels constituants, ainsi que l'échelle d'analyse à laquelle nous comptons les identifier.

#### 3.1. Définition

D'après d'Errico et Banks (2013, p. S374), un mécanisme est défini par « *une constellation de facteurs et composantes qui, par le biais de leur interaction les uns avec les autres, stimule la trajectoire d'un système* »<sup>9</sup>. La notion de système est au cœur de cette définition ; or comme nous l'avons vu précédemment, nous considérons que l'organisation sociale des chasseurs-cueilleurs du passé s'apparente à un système composé de plusieurs facettes culturelles interagissant entre elles et avec l'environnement. Lorsque l'on s'intéresse à identifier des mécanismes, on cherche en réalité à décrire et comprendre les *dynamiques* de ces systèmes culturels passés (*ibid.*). Ces dynamiques peuvent être décrites par le biais de deux aspects : d'une part, les composantes causales ou **facteurs** qui constituent le mécanisme, et d'autre part, les **interactions** entre composantes, qui auront aussi un rôle important dans l'action du mécanisme sur le système (Kuorikoski, 2009 ; d'Errico et Banks, 2013 ; Figure I.1.9).

Cette approche permet de ne pas recourir à un modèle mono-causal, qui peut parfois être trop simpliste, car n'identifiant qu'une seule cause à l'origine d'un phénomène. Elle permet de rendre compte de plusieurs facteurs ayant pu jouer un rôle dans l'évolution d'une trajectoire culturelle ou dans la mise en place d'un motif (*pattern*) dans le registre

---

8 *i.e.*, des collections d'artefacts situées spatialement et/ou stratigraphiquement et recueillies par un même fouilleur.

9 Traduction personnelle.

archéologique (Figure I.1.9). Ainsi, la définition d'un mécanisme s'adapte à chaque situation analysée et permet de plus facilement comparer des régions ou des trajectoires culturelles différentes. Le fait de décomposer les mécanismes en facteurs et interactions revêt un intérêt heuristique certain pour déceler un ou des facteurs ayant pu jouer un rôle structurant dans la différenciation culturelle de deux régions (*e.g.*, Figure I.1.9). Cette approche permet, par exemple, de soulever des interrogations telles que : les mêmes types de trajectoires culturelles sont-ils provoqués par l'interaction entre les mêmes facteurs ? Différentes combinaisons de facteurs peuvent-elles conduire à la même situation ? Ou encore, une même combinaison de facteurs peut-elle conduire à deux situations différentes ?

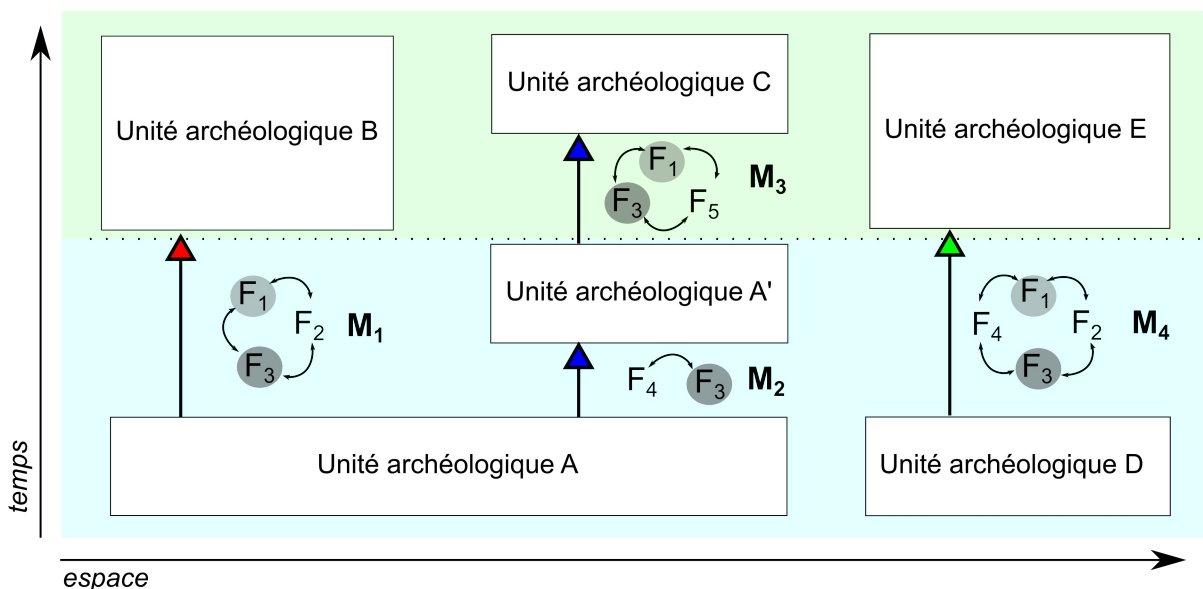


Figure I.1.9: Illustration du concept de mécanismes pour un exemple fictif. Le schéma présente trois trajectoires culturelles régionales (flèches de couleur) au sein d'un contexte environnemental marqué par une période froide (fond bleu ciel) et une période plus douce (fond vert clair). Chaque évolution au sein d'une trajectoire est impulsée par un mécanisme (**M**), composé de différents facteurs (**F**) en interaction (flèches courbes). Les facteurs grisés représentent des facteurs fréquemment en jeu dans les changements culturels observés.

### 3.2. Échelle d'analyse

Les mécanismes sont également conditionnés par l'échelle à laquelle nous définissons leurs facteurs constitutifs. En effet, le registre archéologique est affecté par un phénomène de « moyennage » temporel et spatial des comportements humains (*time- and space-averaging*; *e.g.*, Olszewski, 1999 ; Lyman, 2003 ; Perreault, 2019). Nous aurons par conséquent du mal à distinguer les facteurs composant des mécanismes très locaux temporellement et/ou spatialement car l'analyse des données archéologiques va

généralement sous-évaluer certains facteurs d'ordre culturel par rapport à des facteurs taphonomiques à l'origine du mélange ou de la disparition de certaines données (*e.g.*, Perreault, 2019 ; Bertran *et al.*, 2019 ; Rezek *et al.*, 2020). Les mécanismes que nous recherchons doivent correspondre à une résolution au moins égale ou inférieure à la résolution spatio-temporelle des données (*e.g.*, Lyman, 2003 ; Perreault, 2019).

Pour s'extraire de ce problème de sous-évaluation, il convient donc de se focaliser sur des mécanismes composés de facteurs se déployant à une échelle spatio-temporelle correspondant à la résolution de nos unités archéologiques prédéfinies, et donc plus ou moins grossière (Perreault, 2019). Ces facteurs qui, par leur interaction, vont faire émerger des motifs de variabilité et constituer des mécanismes, peuvent être de deux grands types :

- les **facteurs culturels**, qui correspondent aux choix des groupes humains dans l'organisation de leurs activités au sein d'un territoire et en lien avec leur environnement (*e.g.*, Perlès, 1987 ; Tixier, 2012) ;
- les **facteurs taphonomiques** provoquant un mélange ou une perte de données, qui peuvent être d'origine naturelle, comme les processus de formation des sites ; *e.g.*, Bertran *et al.*, 2019, ou résulter du fonctionnement de la recherche en archéologie (par exemple, la façon dont le registre archéologique est échantillonné ; Rezek *et al.*, 2020). Ces facteurs peuvent avoir un rôle non-négligeable dans la construction de motifs dans le registre archéologique (*cf.* Volume I, partie 1, chapitre 3, § 2.1). Il est donc important de les prendre en compte dans la définition de mécanismes, pour éviter d'interpréter les motifs comme purement issus de facteurs culturels.

L'échelle analytique à laquelle nous nous plaçons dans ce travail concerne majoritairement la variabilité macro-régionale du registre archéologique. En effet, ce sont les facteurs à l'origine des différences de répartition spatiale entre les unités archéologiques précédemment définies qui intéressent notre problématique. Ceux-ci sont majoritairement liés au mode d'occupation du territoire et, plus concrètement, aux milieux avec lesquels les groupes humains unis par certaines traditions sont en interaction.

## 4. Synthèse

Dans ce chapitre, nous avons défini un cadre théorique général nous permettant de proposer des hypothèses quant aux facteurs et mécanismes à l'origine de la variabilité du

registre archéologique du Gravettien moyen et récent. Nous avons en premier lieu clarifié un certain nombre de postulats qui régissent notre approche des vestiges archéologiques. Nous avons ensuite proposé une définition des unités archéologiques étudiées dans cette thèse, à savoir le Noaillien et le Rayssien ainsi que le Gravettien récent.

À partir de l'état de l'art présenté en introduction ainsi que de nos propres observations du registre archéologique du Gravettien moyen (voir Volume II), nous proposons par la suite d'explorer deux scénarios taxonomiques. Pour le premier, Noaillien et Rayssien sont considérés comme impossibles à distinguer d'un point de vue chronologique. Nous comparons alors deux régions voisines présentant des trajectoires culturelles différentes : l'aire pyrénéo-cantabrique est caractérisée par le Noaillien, tandis qu'au nord de la Garonne, Noaillien et Rayssien sont présents (ou pas) dans les ensembles archéologiques. Le second scénario pose des hypothèses chronologiques et culturelles plus fortes. Il distingue en effet le Noaillien et le Rayssien comme deux unités fondamentalement différentes du point de vue de leurs industries lithiques et se succédant au nord de la Garonne (à partir de la stratigraphie de Pataud ; cf. Introduction, § 1). C'est donc l'intégralité du Noaillien du sud-ouest européen qui est comparé au Rayssien. Nous examinerons également la façon dont ces deux scénarios s'articulent avec le Gravettien récent *sensu lato*.

Nous avons ensuite proposé une définition du terme de « mécanismes ». L'identification d'un mécanisme passe par la définition de facteurs (culturels et taphonomiques) dont l'interaction stimule les trajectoires culturelles examinées. Pour expliquer la variabilité macro-régionale du registre archéologique du Gravettien moyen et récent, nous proposerons des hypothèses quand à ces facteurs et leurs interactions. À cette échelle, les facteurs recherchés sont ceux qui influencent la répartition géographique des systèmes cohésifs adaptatifs étudiés, en particulier le mode de relation à l'environnement qui conduit à occuper certains milieux plutôt que d'autres. Cette relation entre répartition géographique d'unités archéologiques et environnement peut être explorée par le biais de la modélisation de niches éco-culturelles. Dans le prochain chapitre, nous présenterons le concept de niches écologiques ainsi que la façon dont celui-ci peut être appliqué aux cultures matérielles des populations du passé.

## CHAPITRE 2 : COMMENT APPRÉHENDER LA VARIABILITÉ SPATIO-TEMPORELLE DU REGISTRE ARCHÉOLOGIQUE PAR LE BIAIS DES INDUSTRIES LITHIQUES ET DE LA MODÉLISATION DE NICHES ÉCOLOGIQUES?

---

### 1. Concept de niche écologique et terminologie

#### 1.1. *Niche as requirements versus niche as impacts*<sup>1</sup>

La première définition du concept de niche est communément attribuée au zoologue américain Joseph Grinnell, dans un article portant sur « les relations de niche du moqueur de Californie »<sup>2</sup> (Grinnell, 1917 ; Chase et Leibold, 2003 ; Figure I.2.1). Dans cette publication, l'auteur met en relation la distribution géographique particulière du moqueur de Californie (*Toxostoma redivivum*), avec sa « niche », qu'il définit comme **l'expression géographique de ses prérequis environnementaux** (en anglais, « requirements »), telles que ses tolérances physiologiques ou ses habitudes alimentaires. Cette définition se focalise donc sur l'impact de l'environnement sur une espèce donnée, et plus particulièrement sur sa répartition géographique.



Figure I.2.1: Spécimen de *Toxostoma redivivum* (source : <http://sandiegobirdspot.com>)

L'écologue anglais Charles Elton, considéré comme l'un des pionniers de l'écologie des populations et communautés, propose une vision de la « niche » assez différente de celle de Grinnell, qu'il définit comme **le rôle fonctionnel d'un animal au sein de la chaîne trophique** (Elton, 1927). Cette définition se concentre alors sur l'impact d'un organisme sur son environnement, par exemple par le biais de la consommation de ressources ou de la compétition avec d'autres organismes (« *food and enemies* »).

---

1 « Niche comme prérequis *versus* niche comme impact ».

2 Titre original : "The Niche-relationships of the California Thrasher".

Cette double signification du mot « niche » – « *niche as requirements* versus *niche as impacts* » – est probablement à l'origine d'une confusion autour de ce concept, qui provoque d'importantes controverses épistémologiques dans la seconde moitié du XX<sup>ème</sup> siècle, allant jusqu'à son quasi abandon dans la recherche en écologie (*e.g.*, Whittaker *et al.*, 1973 ; Chase et Leibold, 2003 ; Pocheville, 2015). Il faut attendre les années 2000 pour qu'un cadre théorique réconciliant ces deux aspects du concept soit proposé (Chase et Leibold, 2003 ; Peterson *et al.*, 2011).

La définition d'une niche proposée par Chase et Leibold (2003) s'appuie à la fois sur l'intégration des prérequis environnementaux de l'espèce, représentées par les variables non interactives (*e.g.*, le climat, la topographie...), et sur les interactions de cette espèce avec l'environnement (*e.g.*, la consommation de ressources). Cette dernière composante est en effet fondamentale puisqu'à une échelle locale, les espèces consomment des ressources et interagissent entre elles. Un tel modèle doit donc représenter un espace environnemental comportant une composante statique (prérequis) et une composante dynamique (interactions). Cela signifie que l'environnement change constamment suivant l'impact que l'espèce a sur lui. Or, ceci est peu compatible avec la modélisation de niches à grande échelle, telle qu'employée pour traiter la question des distributions biogéographiques (Araújo et Guisan, 2006 ; Peterson *et al.*, 2011). D'une part, les modèles de niches sont essentiellement statiques et explorent des corrélations à un instant *t*, ce qui rend les mécanismes de rétroaction difficiles à évaluer (Araújo et Guisan, 2006). D'autre part, ces interactions sont difficiles à mesurer empiriquement ou à détecter pour de grandes échelles de temps et d'espace, puisqu'elles se manifestent de façon très locale avec parfois d'importants changements sur de faibles distances (Araújo et Guisan, 2006 ; Soberón, 2007 ; Peterson *et al.*, 2011).

Il est possible de contourner ce problème en définissant deux grandes classes de niches en fonction du type de variables utilisées pour les modéliser : la niche **Grinellienne**, définie par des variables non-interactives, et la niche **Eltonienne**, définie par les variables interactives (Soberón, 2007). Ces deux classes de niches ne se manifestent pas à la même échelle géographique de par la résolution à laquelle les deux types de variables sont mesurées. L'estimation des variables non interactives (ou scénopoétiques) concerne des échelles régionales à macro-régionales, voire mondiales, tandis que les variables interactives sont mesurées à une échelle locale (Araújo et Guisan, 2006 ; Soberón, 2007 ;



Peterson *et al.*, 2011). Dans ce contexte, Jorge Soberón (2007) propose l'**hypothèse du bruit Eltonien** (en anglais : « *Eltonian Noise Hypothesis* »). Celle-ci s'appuie sur l'observation de l'effet généralement limité ou peu significatif des interactions biotiques sur la distribution d'une espèce à de grandes échelles spatiales, et propose donc de ne pas les prendre en compte dans la reconstitution de niches dans le cadre de questionnements sur la distribution macro-géographique d'une espèce.

Dans ce travail, nos questionnements concernent des échelles géographiques macro-régionales. Nous nous focaliserons donc sur les niches de classe grinellienne, modélisées à partir des variables scénopoétiques uniquement, en nous plaçant dans l'hypothèse du bruit Eltonien (en référence à Peterson *et al.*, 2011).

## 1.2. Formalisation du concept de niche écologique

L'une des principales avancées dans la définition de niche écologique est le fruit du travail de l'écologue anglais G. Evelyn Hutchinson qui proposa une approche plus mathématique du concept (Hutchinson, 1957). Il proposa de définir une niche comme « *un hypervolume de n-dimensions [...], au sein duquel chaque point correspond à un état de l'environnement qui permettrait à l'espèce [...] d'exister indéfiniment.* » (*ibid.* p. 416). Elle s'exprime dans l'espace  $n$ -dimensionnel des niches  $\mathbf{N}$ , dont chaque dimension correspond à une variable environnementale. Cette définition correspond à la **niche fondamentale** ( $\mathbf{N}_F$ ), qui, en théorie, définit les propriétés écologiques intrinsèques de l'espèce considérée en l'absence d'interactions, à partir de variables scénopoétiques (également appelées abiotiques). Ces dernières sont typiquement les variables climatiques ou géographiques (Peterson *et al.*, 2011).

G. E. Hutchinson précise également que cet hypervolume ne serait pas une façon de « binariser » l'espace environnemental entre les points où l'espèce a la même probabilité d'exister, qui matérialiseraient  $\mathbf{N}_F$  (valeur sélective<sup>3</sup> = 1), et les points où l'espèce n'a aucune probabilité d'exister, et qui sont donc en dehors de  $\mathbf{N}_F$  (valeur sélective = 0). Il faudrait plutôt penser la niche comme un gradient de la valeur sélective d'une espèce au sein de  $\mathbf{N}$ . Autrement dit, la population considérée a une plus grande probabilité de persistance dans

---

3 En biologie, la valeur sélective décrit la capacité d'une espèce à se reproduire et à transmettre son génotype à la génération suivante.

certaines zones de sa niche que dans d'autres (Hutchinson, 1957). L'hypothèse la plus communément admise de nos jours est que la niche fondamentale prend la forme d'un objet convexe, comme un polyèdre ou un ellipsoïde (*e.g.*, Qiao *et al.*, 2016 ; Figure I.2.2, A.). Cette supposition repose sur l'idée que le bord de  $N_F$  doit être de forme convexe, car la tolérance physiologique d'une espèce est considérée comme étant unimodale par nature (Angilletta, 2009 ; Drake, 2015 ; Jiménez *et al.*, 2019 ; Soberón et Peterson, 2020 ; Figure I.2.2, B.). Autrement dit, si un individu peut tolérer deux valeurs d'une variable environnementales, alors il va également tolérer toutes les valeurs intermédiaires. Cependant, des travaux récents remettent en partie en cause cette hypothèse, notamment dans le cas d'espèces annuelles vivant dans un environnement fortement marqué par la saisonnalité ou dans le cas d'espèces migratrices (Nakazawa *et al.*, 2004 ; Soberón et Peterson, 2020 ; Ingenloff 2020).

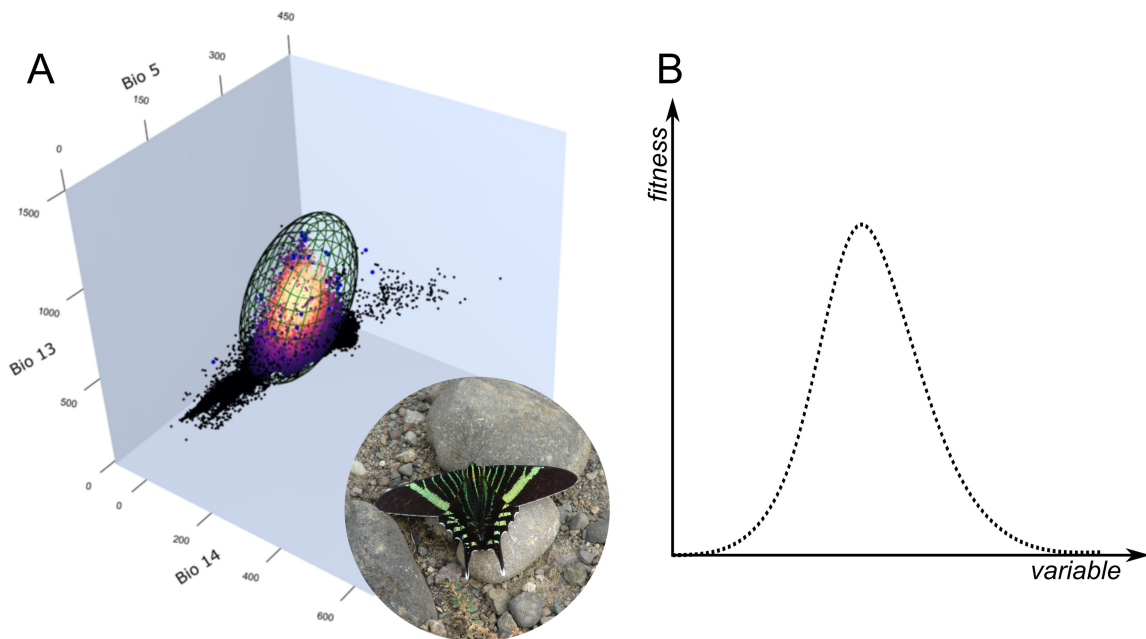


Figure I.2.2: A. Modèle de la niche du phalène *Urania fulgens* (source photo : [www.butterfliesandmoths.org](http://www.butterfliesandmoths.org) ; occurrence 530489 observée le 23 mars 2011) sous la forme d'un ellipsoïde dans l'espace environnemental (Nuñez-Penichet *et al.*, 2021). B. représentation schématique de la tolérance physiologique unimodale d'un individu à une variable environnementale.

Enfin, un autre point particulièrement important soulevé par G. E. Hutchinson est la temporalité de son modèle : un organisme peut en effet « changer » de niche, par exemple entre sa forme juvénile et sa forme adulte (Grubb, 1977 ; Soberón et Arroyo-Peña, 2017) ou dans le cadre d'un cycle saisonnier/migratoire (*e.g.*, Soberón et Peterson, 2020 ; Ingenloff 2020). Il faut donc considérer un modèle de niche comme un modèle statique valable à un

## Chapitre 2 : Comment appréhender la variabilité spatio-temporelle du registre archéologiques par le biais des industries lithiques et de la modélisation de niches écologiques?

---

instant  $t$  (Hutchinson, 1957, p. 417). Cela implique un certain nombre de précautions pour le choix des données à l'origine de la modélisation, que nous détaillerons plus tard.

En s'appuyant principalement sur les travaux de V. Volterra (1926) et G.F. Gause (1934), G. E. Hutchinson inclut dans son modèle une composante biotique qui rend compte de la possibilité de compétition entre deux espèces pour les mêmes portions de l'espace environnemental à une localité donnée. Il formule donc le **principe de Volterra-Gause**, selon lequel l'occurrence de deux espèces au sein d'une même localité signifie qu'elles doivent forcément occuper des niches écologiques différentes, sans quoi il y a compétition et, *in fine*, disparition de l'une des deux espèces à la localité considérée. Ce principe implique la définition d'un autre type de niche : **la niche réalisée ( $N_R$ )**, qui, hypothétiquement, est une réduction de  $N_F$  par les interactions de compétition avec d'autres espèces (Hutchinson, 1957).

Si l'on considère l'**espace géographique ( $G$ )**, il est admis que chaque point présent dans l'**espace environnemental ( $E$ )**<sup>4</sup> correspond à une ou plusieurs localités dans  $G$  (Figure I.2.3 ; Hutchinson, 1957 ; Peterson et Soberón, 2012). Ces environnements présents dans  $G$  sont notés  $\eta^{-1}(E)$ . À l'inverse, il est possible d'identifier les régions de  $E$  correspondant à une ou plusieurs localités dans  $G$ , notées  $\eta(G_i)$ . Ce principe est appelé la **dualité de Hutchinson**, et a des conséquences théoriques et pratiques cruciales (Colwell et Rangel, 2009). En effet, il implique que la niche s'exprime à la fois dans l'espace environnemental et dans l'espace géographique, et donc que ces deux espaces sont intimement liés. Mais cette relation n'est pas réciproque. De façon logique, une seule combinaison de variables environnementales  $p(E)$  peut correspondre à une localité  $p(G)$ , puisque cette dernière est unique dans  $G$ . En revanche, plusieurs localités  $p_i(G)$  peuvent comporter la même combinaison de variables environnementales  $p(E)$  ; autrement dit, les mêmes conditions environnementales peuvent être présentes à différentes localités géographiques. La conséquence de cette relation non-réciproque est qu'un hypervolume continu dans  $N$  peut correspondre à plusieurs zones discontinues dans  $G$ , et vice-versa (Figure I.2.3). C'est pourquoi il est primordial de prendre en compte ces deux espaces à la

---

4 Bien que G. E. Hutchinson utilise la notation  $B$  et  $N$  pour désigner le biotope et l'espace des niches, nous emploierons plutôt les abréviations  $G$  pour espace géographique et  $E$  pour espace environnemental dans la suite de ce texte, en référence à un article récent de clarification théorique (Peterson et Soberón, 2012)

fois, **G** et **E**, lorsque l'on cherche à aborder la question des distributions biogéographiques en relation avec les niches écologiques (Peterson *et al.*, 2011).

La relation entre les deux types de niches de G. E. Hutchinson peut s'écrire en termes mathématiques selon l'inégalité suivante (Soberón et Arroyo-Peña, 2017) :

$$N_F \supseteq N_R$$

Cette inégalité prédit que les combinaisons de variables environnementales correspondant aux localités où l'espèce est présente (**N<sub>R</sub>**) sont contenues dans l'hypervolume de **N<sub>F</sub>**, ce qui se vérifie, ou pas, empiriquement (voir discussion Soberón et Arroyo-Peña, 2017).

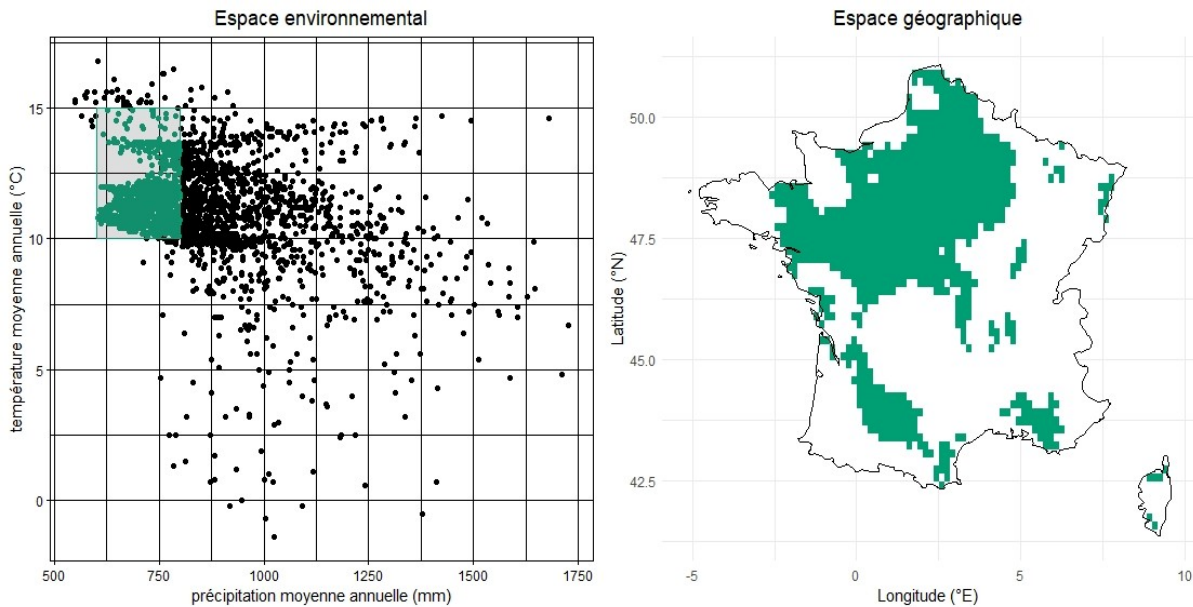


Figure I.2.3: Illustration de la dualité de Hutchinson dans le cas simplifié d'une espèce virtuelle et d'un espace environnemental simplifié, dont les deux variables sont la température moyenne annuelle et la précipitation moyenne annuelle. Dans l'espace environnemental, le nuage de points représente les combinaisons de températures et précipitations disponibles en France de nos jours (1979-2013), d'après les simulations issues du modèle CHELSA (résolution spatiale : 10 arc min. ; Karger *et al.*, 2017). Le rectangle vert représente la niche de l'espèce virtuelle. Les localités correspondant à ces conditions favorables sont représentées dans l'espace géographiques sous la forme de pixels verts. Il est intéressant de noter ici que certaines conditions environnementales incluses dans la niche n'existent pas en France actuellement (zones grises contenue dans le rectangle vert).

Or, il est possible que des combinaisons de variables présentes dans **N<sub>F</sub>** n'existent pas dans une zone et à un instant donnés (Hutchinson, 1957 ; Pulliam, 2000 ; Jackson et Overpeck, 2000 ; Soberón et Peterson, 2011 ; Figure I.2.3). C'est pourquoi Jackson et Overpeck (2000) ont formalisé l'idée de « niche potentielle », aussi nommée « niche

## Chapitre 2 : Comment appréhender la variabilité spatio-temporelle du registre archéologiques par le biais des industries lithiques et de la modélisation de niches écologiques?

---

disponible » (Green, 1971) ou « niche fondamentale existante<sup>5</sup> », annotée  $\mathbf{N}_F^*$  (Peterson *et al.*, 2011, Peterson et Soberón, 2012). Elle se définit par l'intersection entre  $\mathbf{N}_F$  et l'espace environnemental disponible à l'espèce considérée, soit en termes mathématiques :

$$N_F'^{*} = N_F \cap E$$

En d'autres termes,  $\mathbf{N}_F^*$  correspond à l'ensemble des combinaisons de variables qui existent dans la région et la période de temps considérée et qui coïncident avec les exigences écologiques de l'espèce. Ce troisième type de niche peut être ajouté à l'inégalité de Hutchinson de la façon suivante :

$$N_F \supseteq N_F'^{*}(t) = N_F \cap \eta(M, t) \supseteq N_R(t)$$

Cette inégalité se lit : la *niche fondamentale* contient la *niche fondamentale existante* – qui est l'intersection entre la *niche fondamentale* et l'ensemble des *combinaisons* de variables environnementales *disponibles à un instant t dans une région M* –, qui contient la *niche réalisée*. (Soberón et Peterson, 2011 ; Peterson et Soberón, 2012 ). Elle établit un lien explicite entre niche écologique et répartition géographique puisque, par définition,  $\mathbf{N}_F$  est avant tout définie dans l'espace environnemental, alors que  $\mathbf{N}_F^*$  et  $\mathbf{N}_R$  sont définies à partir des occurrences géographiques de l'espèce considérée. Il convient maintenant de décrire plus précisément cette relation entre niches écologiques et répartitions géographiques.

### 1.3. Relations entre niche écologique et distribution géographique

Considérons le diagramme de **BAM** (Biotique, Abiotique, Mobilité, Figure I.2.4) proposé par Soberón et Peterson (2005, 2012), qui délimite un cadre théorique pour réfléchir aux facteurs influençant la distribution géographique d'une espèce.

La projection de  $\mathbf{N}_F$  dans l'espace géographique  $\mathbf{G}$ , c'est-à-dire les localités géographiques présentant des conditions environnementales présentes dans  $\mathbf{N}_F$ , identifie les endroits où l'espèce pourrait rencontrer des conditions scénopoétiques favorables (**A**). La distribution géographique de l'espèce peut également être réduite par les interactions biotiques (**B**). Cependant, si nous nous plaçons dans l'hypothèse du bruit Eltonien, ce facteur est peu limitant. Enfin, le dernier facteur est l'accessibilité potentielle de l'espèce à ces conditions favorables sur une période de temps pertinente (**M** ; Pulliam, 2000). Ces

---

5 Nous emploierons ce terme dans la suite du texte.

dernières peuvent en effet être trop éloignées de l'aire de répartition de la population source ou séparées de celle-ci par une barrière géographique, comme un océan ou une chaîne de montagne. L'intersection de **A** et **B** est l'aire de distribution potentielle ( $G_P$ ), qui est l'expression géographique de  $N_R$ . L'intersection de  $G_P$  avec **M** définit l'aire de distribution occupée ( $G_O$ ), qui est l'expression géographique de  $N_F^*$ . Enfin, la zone de  $G_P$  qui n'est pas occupée est appelée l'aire de distribution envahissable ( $G_I$ ), c'est-à-dire que les conditions sont favorables et que l'espèce n'y pas encore accès, mais qu'elle peut potentiellement y survivre (Tableau I.2.1).

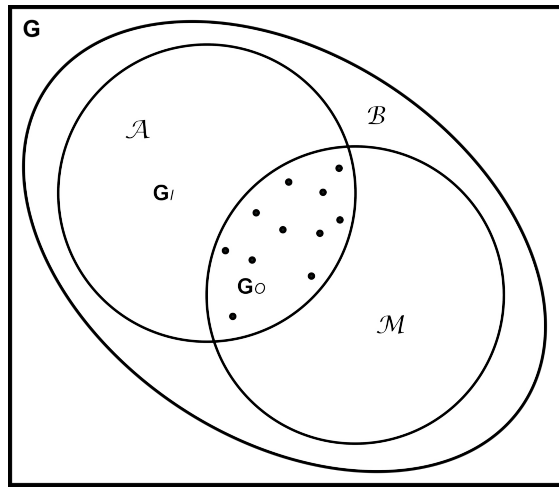


Figure I.2.4: Diagramme de **BAM** illustrant les facteurs influençant la distribution macro-géographique d'une espèce dans le cas de l'hypothèse du bruit Eltonien (d'après Soberón et Peterson, 2005, 2012, modifié). Les cercles représentent les différents facteurs et les points noirs représentent la distribution géographique de l'espèce. **G** : espace géographique ; **A** : variables scénopoétiques ; **B** : interactions biotiques ; **M** : zones géographiques accessibles à l'espèce ;  $G_O$  : aire de distribution occupée ;  $G_I$  : aire de distribution potentiellement envahissable.

Dans ce cadre, il est possible d'établir au moins quatre configurations du diagramme de **BAM** (Peterson *et al.*, 2011 ; Saupe *et al.*, 2012 ; Figure I.2.5) : i) la configuration classique, dans laquelle **A** et **M** se recoupent partiellement ; ii) la configuration de Hutchinson, dans laquelle le principal facteur limitant sont les conditions favorables, soit **M** englobe **A** ; iii) la configuration de Wallace, dans laquelle le principal facteur limitant est l'accès aux conditions favorables, soit **A** englobe **M** ; et enfin, iv) la configuration de superposition, dans laquelle **A** et **M** se superposent parfaitement. Le choix d'une configuration parmi ces quatre-là peut avoir un impact significatif sur le résultat de la modélisation de la niche (Saupe *et al.*, 2012). En effet, une étude a montré que les modèles sont les plus performants dans la configuration classique et celle de Hutchinson (*ibid.*) ; il conviendra donc de se placer dans l'une ou l'autre de ces hypothèses.

## Chapitre 2 : Comment appréhender la variabilité spatio-temporelle du registre archéologiques par le biais des industries lithiques et de la modélisation de niches écologiques?

Tableau I.2.1: Récapitulatif des différents types de distributions géographiques et leurs niches grinnelliennes correspondantes (Peterson et al., 2011, table 3.1, p. 30, modifié).

Aires de distribution		Niches grinnelliennes	
Symbole	Nom	Symbole	Nom
$G_p$	Aire de distribution potentielle	$N_F^*$	Niche fondamentale existante
$G_i$	Aire de distribution envahissable	$N_I$	Niche envahissable
$G_o$	Aire de distribution occupée	$N_F$	Niche occupée

Il faut noter ici l'importance que prend **M** comme facteur contraignant de la distribution géographique d'une espèce, en plus de la présence de conditions favorables. Il sera donc capital d'en donner une estimation fiable pour la bonne conduite d'une modélisation de niche. Elle doit correspondre à une réalité biogéographique plutôt qu'à des frontières administratives ; ses limites dépendent des capacités dispersives de l'espèce et sont par exemple matérialisées par des barrières géographiques naturelles, telles que la présence d'une chaîne de montagne, d'un océan ou d'une rivière (Pulliam, 2000 ; Barve *et al.*, 2011).

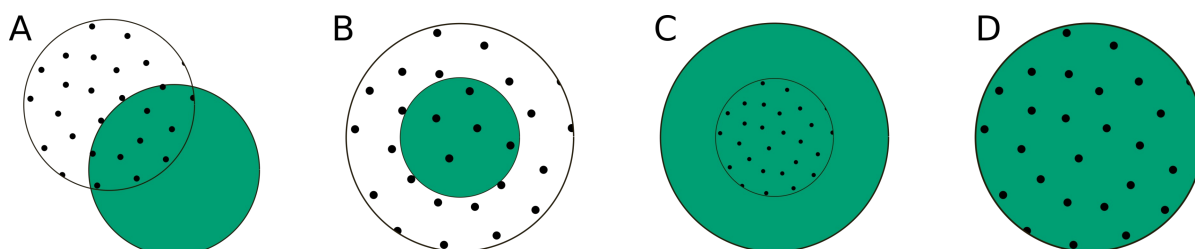


Figure I.2.5: Quatre scénarios théoriques du diagramme de **BAM** (d'après Saupe et al., 2012, modifié). Le cercle vert représente les conditions scénopoétiques favorables (A) ; le cercle rempli de points représente l'aire accessible à l'espèce (M). **A.** Configuration classique. **B.** Configuration de Hutchinson. **C.** Configuration de Wallace. **D.** Configuration de superposition.

### 1.4. Que modélise-t-on en ENM ?

La modélisation de niches écologiques grinnelliennes s'appuie sur deux grands types de données : d'une part, les localités géographiques où l'espèce considérée a été observée, et d'autre part, les conditions environnementales présentes dans l'aire géographique accessible à l'espèce. À partir de ces données, l'objectif est de déterminer, dans chaque pixel de la région étudiée, la probabilité d'occurrence en fonction des conditions environnementales présentes dans ce pixel. En d'autres termes, nous créons un modèle

pour la fonction qui décrit la relation entre les variables environnementales et les occurrences de l'espèce (*i.e.*, la niche ; Peterson *et al.*, 2011). Pour cela, nous employons un ou des algorithmes d'architecture prédictive qui établissent des règles décrivant la relation entre différentes variables ou paramètres, puis qui utilisent ces règles pour reconstruire la niche. Afin d'interpréter correctement les modèles résultants, il est primordial de déterminer le ou les types de niches –  $\mathbf{N}_F$ ,  $\mathbf{N}_F^*$  ou  $\mathbf{N}_R$  – qui peuvent potentiellement correspondre à ces données de sortie.

La nature des données utilisées (données d'occurrences et variables environnementales) réduit d'ores et déjà la possibilité de modéliser tous les types de niches que nous avons présentés précédemment. En effet, ces données sont avant tout géographiques. Or, nous avons vu que la niche fondamentale est définie en premier lieu dans l'espace environnemental, et que dans l'espace géographique, elle peut être réduite par au moins deux types de facteurs : les interactions avec d'autres espèces et l'aire géographique accessible à l'espèce. Cela signifie que la niche fondamentale ne peut être estimée à partir de données géographiques, étant donné que la distribution géographique de l'espèce ne correspond pas nécessairement à  $\mathbf{A}$  (Figure I.2.4). Elle doit être avant tout définie à partir de données expérimentales visant à déterminer les conditions limites tolérées par les individus (Soberón et Arroyo-Peña, 2017). La niche modélisée se situe plus probablement quelque part entre la niche fondamentale existante et la niche réalisée en fonction de l'algorithme et des données utilisés.

La nature de la démarche conditionne également l'interprétation des cartes de répartition issues des modélisations. En effet, celles-ci sont parfois interprétées comme des estimations de la distribution géographique de l'espèce. Or, la modélisation de niches ne permet pas d'estimer la répartition de l'espèce, mais plutôt d'identifier des localités où les conditions environnementales sont similaires à celles présentes dans les localités où l'espèce est présente. Les cartes de sortie sont des projections géographiques d'une niche définie à partir de la répartition géographique connue d'une espèce (Peterson *et al.*, 2011 ; Araújo et Peterson, 2012 ; Warren, 2012). Nous devons donc rester prudents dans leur interprétation et il est nécessaire d'évaluer au maximum tous les biais pouvant influencer leur aspect de sortie. Avant de nous pencher sur la démarche de modélisation en tant que telle, il convient d'évoquer la pertinence du transfert de cette méthodologie aux données archéologiques.



## 2. Transfert théorique à l'archéologie

L'utilisation de la modélisation de niches écologiques en archéologie nécessite une certaine précaution quant aux transferts théoriques qu'elle implique. En effet, dans le cas des systèmes cohésifs adaptatifs (cf. Volume I, partie 1, chapitre 1), la modélisation ne se concentre pas sur une espèce, mais sur un ensemble de critères archéologiques considérés comme étant le reflet d'une population plus ou moins cohérente d'un point de vue culturel (Banks *et al.*, 2006). En utilisant la localisation des sites archéologiques appartenant au même système cohésif adaptatif à la place des localités d'occurrence d'une espèce, nous estimons les conditions environnementales avec lesquelles les groupes relevant de ce système sont en interaction plutôt que sa niche au sens de ses exigences écologiques. Cette clarification est importante car elle permet de nous extraire d'une vision environnementalo-déterministe : chaque système n'est pas inféodé à une « niche », en dehors de laquelle il disparaîtrait, comme c'est le cas pour la définition de la niche d'une espèce. L'enveloppe de conditions environnementales modélisée doit plutôt être considérée comme un attribut de ce système, et l'emploi du terme de niche écologique pour la désigner relève finalement plutôt d'un abus de langage. Le terme de « niche éco-culturelle » (abrév. ECNM) a été proposé pour désigner l'application de la modélisation de niches écologiques registre archéologique (Banks *et al.*, 2006, 2011 ; d'Errico et Banks, 2013 ; Antunes, 2015). Ce terme rend compte de l'aspect interactif qui peut exister entre l'environnement et les adaptations culturelles des groupes de chasseurs-cueilleurs : il permet de prendre en compte à la fois les facteurs environnementaux et culturels qui ont pu influencer la distribution géographique d'un système cohésif adaptatif ainsi que sa trajectoire diachronique.

Le principal intérêt de proposer des estimations de niches associées à des systèmes cohésifs adaptatifs (au sens des conditions environnementales avec lesquelles les groupes partageant un partie de leur culture matérielle sont en interaction) est de pouvoir évaluer le rôle de l'environnement sur les adaptations des chasseurs-cueilleurs et leur répartition géographique (Banks *et al.*, 2006 ; d'Errico et Banks, 2013). En effet, la modélisation de niches écologiques permet d'identifier et de quantifier les différents facteurs environnementaux associés à un système, *i.e.*, sa niche éco-culturelle. Cette niche, définie dans l'espace environnemental **E**, peut ensuite être transférée dans les conditions

environnementales d'une phase climatique ultérieure (Warren *et al.*, 2008 ; Banks *et al.*, 2013 ; d'Errico *et al.*, 2017). Ce modèle de transfert peut alors être comparée avec la niche associée au système cohésif adaptatif (qu'il soit similaire ou différent) présent à cette autre période de temps, afin d'évaluer leur degré de similarité. La comparaison de modèles de niches doit se faire à la fois dans l'espace géographique et environnemental.

Cette approche est particulièrement bien adaptée à l'analyse de trajectoires culturelles macro-régionales, car elle définit en premier lieu des conditions de départ et de terminaison à comparer dans le cadre d'un changement ou d'une stase climatique (d'Errico et Banks, 2013). De nombreux scénarios peuvent alors être envisagés (Figure I.2.6). Entre les conditions de départ et de terminaison, la niche de la population peut se contracter, s'étendre, ou bien rester la même au cours d'un changement climatique ; cette dynamique peut s'accompagner, ou non, d'une réorganisation plus ou moins poussée du système culturel. L'analyse de ces scénarios permet ensuite de déterminer si des changements culturels ont pu se faire en lien avec l'évolution de facteurs environnementaux, ou si ceux-ci sont indépendants (*ibid.*, p. 382). D'autre part, la dynamique de niche peut se révéler indépendante de la dynamique géographique de la population. Comme nous l'avons vu dans la section 1.2, la relation entre espace environnemental et espace géographique n'est pas réciproque, et une conservation de niche dans l'espace environnemental peut donc se matérialiser par une expansion ou une diminution de sa distribution géographique, et vice-versa (*e.g.*, Banks *et al.*, 2021).

Outre la perspective diachronique que nous venons d'aborder, l'analyse des dynamiques de niches peut également s'envisager de façon synchronique, en comparant des régions distinctes d'un point de vue archéologique (*e.g.*, Banks *et al.*, 2009, 2011 ; Vignoles *et al.*, 2021). En effet, la niche d'un système définie dans une région donnée peut être projetée dans une autre région. Ce type d'analyse permet de mettre en évidence la présence de potentielles barrières culturelles ou physiques et d'évaluer leur rôle ainsi que celui de l'environnement dans la différenciation archéologique de deux régions.

Chapitre 2 : Comment appréhender la variabilité spatio-temporelle du registre archéologiques par le biais des industries lithiques et de la modélisation de niches écologiques?

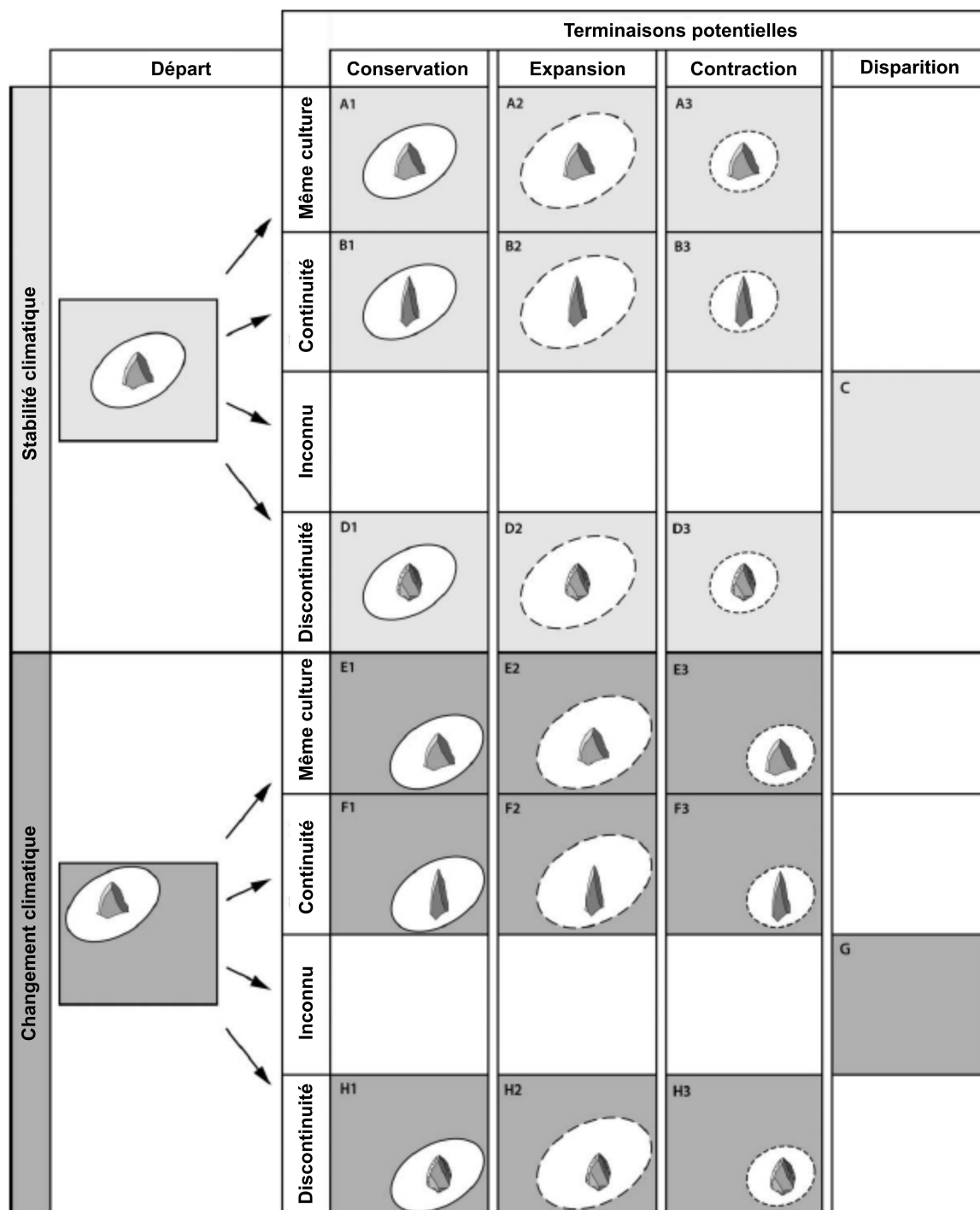


Figure I.2.6: Scénarios théoriques de possibles dynamiques de niche d'un système cohésif adaptatif dans l'espace environnemental, entre des conditions de départ et de terminaison en contexte de stabilité climatique (A à D) ou de changement climatique (E à H). Les colonnes présentent quatre possibilités de terminaison (conservation de niche, expansion de niche, contraction de niche ou disparition de l'unité archéologique). Les scénarios A et E représentent un cas dans lequel la culture matérielle ne change pas entre les conditions de départ et de terminaison. Les scénarios B et F illustrent un changement dans la culture matérielle marqué par des continuités tandis que les scénarios D et H illustrent un changement abrupt. Enfin, dans les scénarios C et G, le système disparaît ou devient invisible archéologiquement, suite à une contraction de niche extrême ou à la migration de la population. (Figure et légende issues de d'Errico et Banks, 2013, traduction personnelle)

Cependant, la qualité de l'interprétation de trajectoires de niches dépend avant tout de la qualité des modèles utilisés dans les comparaisons. Or, ceux-ci sont conditionnés par trois principaux facteurs : les données servant à créer le modèle, le choix de l'algorithme et sa paramétrisation, et enfin la méthode de comparaison. Les prochains chapitres seront consacrés à ces questions : dans le premier, nous verrons comment limiter l'effet « *garbage-in, garbage-out* » en évoquant quelques grands principes devant nous guider dans le choix des données environnementales et d'occurrences. Dans le second, nous détaillerons les différentes étapes de la modélisation à proprement parler, depuis le choix de l'aire de calibration jusqu'à la comparaison statistique des modèles, en passant par le choix de l'algorithme et la calibration des paramètres.

## **CHAPITRE 3 : ÉVITER LE « GARBAGE-IN, GARBAGE-OUT » : COMMENT BIEN CHOISIR LES DONNÉES À L'ORIGINE DE LA MODÉLISATION ?**

---

Après avoir présenté conceptuellement notre approche pour analyser la variabilité du registre archéologique par la modélisation de niches écologiques, nous aborderons dans ce troisième chapitre les considérations et éléments à prendre en compte dans le choix des données environnementales et d'occurrences archéologiques. Cette étape nécessite une attention toute particulière car ce sont les données d'entrée du modèle qui conditionneront en grande partie les modèles finaux.

### **1. Données environnementales**

#### **1.1. Considérations générales**

Les données environnementales utilisées en ENM sont des cartes raster de différentes variables pertinentes pour décrire l'environnement de l'espèce ou population considérée. Le choix des variables environnementales comporte trois aspects essentiels.

En premier lieu, **il est nécessaire de sélectionner des variables susceptibles d'avoir une influence sur la répartition géographique de l'espèce considérée** (Peterson *et al.*, 2011). Dans le cadre de l'ECNM, on isole des variables ayant vraisemblablement influencé la structuration des activités des chasseurs-cueilleurs au sein du paysage et doivent donc représenter les conditions abiotiques générales dans la région considérée. Cependant, comme nous l'avons vu dans le premier chapitre, les variables environnementales ne sont pas mesurées ou détectées aux mêmes échelles spatiales et temporelles en fonction de leur type (Pearson et Dawson, 2003 ; Araújo et Guisan, 2006 ; Soberón, 2007). Dans le cadre d'une étude régionale à macro-régionale, les variables pertinentes sont les variables climatiques et géomorphologiques (Pearson et Dawson, 2003).

La présence de certaines espèces animales joue certainement un rôle important dans le système de mobilité et d'organisation territoriale des chasseurs-cueilleurs et il est donc normal de questionner leur pertinence dans le cadre de l'ECNM (Banks, 2017). Comme nous l'avons vu plus tôt, ce type de variable biotique est difficile à estimer aux échelles géographiques et chronologiques qui nous intéressent. En effet, il serait nécessaire de

modéliser la présence des espèces considérées sur un territoire donné, par le biais de la modélisation de la distribution d'espèces (*Species Distribution Modeling*, abrégé. SDM). Ce type de modèle est complexe à obtenir pour des périodes anciennes car il nécessite des données de présence et d'absence de l'espèce sur une grande partie de la région étudiée (Peterson et Soberón, 2012). Or pour le Paléolithique, la plupart des données sur le biotope animal provient des sites archéologiques, ce qui comporte un biais majeur : la saisonnalité de l'occupation et les stratégies de chasse influencent certainement le type d'espèce et leur représentativité au sein de l'environnement, puisque reflétant en partie les choix du groupe humain (*e.g.*, Castel *et al.*, 2014). D'autre part, les sites paléontologiques sans modification par l'homme comme certains avens-pièges (*e.g.*, Coumont et Castel, 2007 ; Coumont, 2008 ; Castel *et al.*, 2012 ; Uzunidis *et al.*, 2016) – des sites *a priori* exempts du biais de représentativité puisqu'échantillonnant aléatoirement les individus dans l'environnement – sont trop peu nombreux (Brugal *et al.*, 2006) pour que l'on puisse les utiliser comme données d'occurrences. Un dernier problème est la prise en compte des relations de prédation comme variable. Elle nécessite d'utiliser un modèle dynamique tenant compte de l'influence de la prédation humaine sur les populations animales en fonction du temps. Cela n'est pas encore faisable dans le cadre de modélisations à grandes échelles géographiques. En revanche, ces données peuvent se révéler précieuses en amont de la modélisation – pour choisir des données d'occurrences – ou en aval de celle-ci – pour interpréter les estimations de niches.

Ensuite, **il est important de prendre en compte la dimensionnalité de l'environnement modélisé**, c'est-à-dire le nombre de variables employées. Il est préconisé d'utiliser un nombre restreint de variables non ou peu corrélées. L'utilisation d'une grande quantité de variables rend le modèle plus complexe et peut entraîner une trop grande adéquation entre le modèle de niche et les données d'occurrences – *overfitting* en anglais (Peterson *et al.*, 2011, p. 87) – ce qui peut masquer certains aspects écologiques de la niche modélisée. D'autre part, la trop grande complexité d'un modèle de niche diminue la qualité des modèles (*e.g.*, Warren et Seifert, 2011 ; Cobos *et al.*, 2019a), et donc nos possibilités d'effectuer des analyses postérieures, tel que le transfert à une autre région ou une autre période de temps (Peterson et Nakazawa, 2007). En outre, l'utilisation de variables hautement corrélées entraîne d'autres désagréments, tels que la production de modèles trop complexes ou encore l'impossibilité d'utiliser certains types d'algorithmes (*ibid.* ;

Guisan et Zimmerman, 2000). Enfin techniquement, utiliser un trop grand nombre de variables augmente automatiquement le temps de calcul et de calibration des modèles, une contrainte purement matérielle mais non négligeable dans la conduite d'un projet inscrit dans un temps limité. Il existe de nombreuses propositions afin de sélectionner les meilleures variables pour un modèle de niche donné, en fonction des objectifs de l'étude (voir Cobos *et al.*, 2019b pour une revue de la littérature).

Enfin, **le dernier élément à prendre en compte est la résolution spatiale et temporelle des variables employées**. Celles-ci doivent impérativement correspondre à la résolution des données d'occurrences, au risque de produire un modèle de niche incohérent d'un point de vue spatio-temporel (Peterson *et al.*, 2011, p. 91). Si les cartes de données environnementales présentent une résolution trop grossière (*i.e.*, des pixels trop larges) par rapport à l'échelle à laquelle se manifeste le phénomène étudié, il sera nécessaire de réaliser une descente d'échelle statistique afin d'augmenter la résolution. Pour ce faire, plusieurs méthodes existent, des plus simples – comme l'interpolation avec le plus proche voisin – aux plus complexes – comme la descente d'échelle par modélisation GAM (*Generalized Additive Model* ; *e.g.*, Vrac *et al.*, 2007 ; Antunes, 2015 ; Latombe *et al.*, 2018).

## 1.2. Types de données et sources

### 1.2.1. Variables climatiques

Les variables climatiques que nous avons choisi d'utiliser sont issues de modèles climatiques qui simulent le climat global. Ces modèles sont construits à partir d'un modèle de la Terre, avec son atmosphère et ses océans. Ils utilisent des calculs mathématiques décrivant les processus d'action, réaction et rétroaction entre ces différentes composantes pour simuler des variables climatiques, telles que la température ou la précipitation.

Les **Modèles de Circulation Générale** (*General Circulation Model*, abrégé. GCM) sont des modèles peu complexes qui essaient de reproduire le climat à partir d'un modèle mathématique de la circulation générale de l'atmosphère (*Atmosphere General Circulation Model*, abrégé. AGCM) ou de l'océan (*Ocean General Circulation Model*, abrégé. OGCM) ou des deux couplés (AOGCM). Plusieurs modèles de ce type existent et sont développés par différents laboratoires/équipes/instituts, tels que le HadCM3 du Met Office Hadley Center

(Royaume-Uni ; Singarayer et Valdes, 2010 ; Valdes *et al.*, 2017) ou l'IPSL-CM6 de l'Institut Pierre-Simon Laplace (France ; Boucher *et al.*, 2020). Il existe des modèles plus complexes, les **Modèles de Système Terrestre** (*Earth System Models*, abrégé. ESM), car intégrant un plus grand nombre de processus, notamment terrestres. De par leur plus grande complexité, ils requièrent une force de calcul supérieure à celle des GCM. Un juste milieu peut être trouvé avec les **Modèles de Système Terrestre de Complexité Intermédiaire** (*Earth System Models of Intermediate Complexity*, abrégé. ESMIC ; Claussen *et al.*, 2002), tel que LOVECLIM ou iLOVECLIM (Goosse *et al.*, 2010 ; Roche *et al.*, 2014).

À partir de ces modèles, deux grands types de simulations peuvent être conduites :

- **Les simulations « à l'équilibre »** : le principe est que l'on force le modèle général avec des conditions limites – telles que les paramètres orbitaux, les concentrations de gaz à effet de serre ou le volume des glaces aux pôles – correspondant à un instant  $t$  – par exemple, le LGM – puis on laisse le système s'équilibrer avec ces valeurs. Ce temps d'adaptation aux conditions limites est le *spin-up*. Il se situe généralement autour de 1 000 ans ;
- **Les simulations « transitoires »** : sur une période de temps données (par exemple, sur 1 000 ans), le modèle simule le climat en continu en fonction de l'évolution des différents paramètres (gaz à effet de serre *etc.*) au cours du temps. Ce type de simulation est encore peu courante, étant donné la nécessité d'une puissance et d'un temps de calcul beaucoup plus important, mais permet de retracer plus finement l'évolution du climat.

Ces simulations proposent généralement de reconstruire la température et la précipitation, ainsi que d'autres variables comme le couvert nuageux ou neigeux, l'humidité relative de l'air ou l'intensité et la direction des vents. Celles-ci doivent ensuite être confrontées aux observations de terrain et corrigées en fonction du décalage entre simulation et réalité (*e.g.*, Kageyama *et al.*, 2005 ; Hoogakker *et al.*, 2016 ; Armstrong *et al.*, 2019 ; Beyer *et al.*, 2020a).

Cette diversité de modèles et de types de simulation est un facteur de variabilité fort en ENM (Peterson et Nakazawa, 2008 ; Cobos *et al.*, 2019a). C'est pourquoi il est nécessaire, si possible, d'évaluer cette variabilité en utilisant plusieurs types de modèles et de simulations à l'origine des modèles de niches.



### 1.2.2. Variables géomorphologiques

Les variables géomorphologiques sont particulièrement pertinentes en ECNM, car la géographie physique a certainement une forte influence sur les déplacements des groupes dans le paysage. Ainsi, des environnements accidentés, comme les zones montagneuses, ne pourront être appréhendés de la même manière par les populations passées que de grandes étendues plates. La topographie joue donc probablement un rôle non-négligeable dans la définition d'une niche éco-culturelle.

Les **variables topographiques** sont issues de Modèles Numériques de Terrain (abrév. MNT) qui représentent l'élévation du sol de façon continue. Ces modèles sont calculés à partir de mesures de l'élévation par des satellites à intervalles plus ou moins grands en fonction de la résolution voulue. Ces mesures sont ensuite interpolées afin d'obtenir une carte continue de l'élévation. Comme les GCM, plusieurs MNT existent en fonction des outils de mesure et de l'échelle d'analyse.

L'élévation en elle-même n'est généralement pas une variable pertinente en ENM de par son importante corrélation avec la température. L'utilisation de variables corrélées n'a pas nécessairement de conséquences majeures sur les modèles (en tout cas, avec l'algorithme Maxent ; Feng *et al.*, 2019). Cependant, la corrélation entre température et élévation n'est pas constante et diffère dans l'espace (notamment par rapport à la latitude) et dans le temps (Peterson *et al.*, 2011, p. 85). Cela est problématique lorsque l'on cherche à transférer le modèle à une autre région ou une autre période de temps. Il est plutôt recommandé d'utiliser des variables géomorphologiques calculées à partir de l'élévation, mais qui sont indépendantes des variables climatiques. Par exemple, des indicateurs topographiques (*e.g.*, Amatulli *et al.*, 2018, 2019) tels que la rugosité du terrain (*roughness*), l'exposition (*aspect*), ou des variables hydrologiques, comme l'accumulation de fluides (*flow accumulation*), sont intéressantes dans le cas des populations de chasseurs-cueilleurs, étant donné l'importance de la topographie et de l'accès à la ressource-eau dans la structuration spatiale de leurs activités.

## 2. Données d'occurrences

### 2.1. Comment en arrive-t-on à observer une occurrence archéologique ?

Les données d'occurrences permettent de rendre compte de la répartition géographique de l'unité archéologique étudiée. Elles se caractérisent par l'observation de la présence ou de l'absence d'un taxon (ou dans notre cas, d'une unité archéologique) dans une localité géographique donnée et à un moment donné. Cette observation est soumise à plusieurs types de facteurs dont il faut être conscient lorsque l'on tente d'estimer la répartition géographique d'une unité (Peterson *et al.*, 2011, p. 63), que nous proposons de classer comme suit pour les données d'occurrences archéologiques :

- Les **facteurs biologiques** concernent la valeur sélective des groupes humains considérés, c'est-à-dire leur niche écologique au sens strict du terme. Ces facteurs sont négligeables dans le cas d'*Homo sapiens*, car cette espèce est présente partout sur le globe et dans tous les environnements. Nous pouvons donc les laisser de côté dans le cadre de notre étude ;
- Les **facteurs culturels** auront eu une plus grande influence sur notre observation de la présence/absence d'une unité archéologique dans une localité donnée. Il s'agit du choix des groupes de chasseurs-cueilleurs du passé de s'installer dans un lieu donné. C'est en partie l'importance de ces facteurs qu'il nous intéresse de mettre en évidence dans le cadre de l'ECNM. C'est pourquoi le jeu de données d'occurrences devra s'affranchir au maximum des autres facteurs pouvant brouiller ce signal, à savoir principalement ce que nous appellerons les facteurs taphonomiques ;
- Les **facteurs taphonomiques** sont, de façon générale, les facteurs créant une distorsion de la répartition géographique réelle d'une unité archéologique. Il s'agit donc de tous les facteurs et événements qui auront permis ou non aux vestiges associés à une unité d'être conservés, puis reconnus par les préhistoriens (Binford, 1981 ; Perreault, 2019) à l'échelle régionale à macro-régionale. Le premier type de facteurs le plus évident est la conservation différentielle des sites selon les perturbations bio-physico-chimiques post-dépositionnelles qu'ils ont subi (Texier, 2000, 2009 ; Bertran *et al.*, 2019), pouvant détruire à jamais les indices matériels de

la présence d'une unité. En effet, si une unité est caractérisée par de très petits objets, un site initialement lié à celui-ci et affecté par le ruissellement ne comportera sans doute plus d'objets permettant son identification aujourd'hui (Texier, 2000 ; Couchoud, 2003 ; Lenoble, 2003). On peut également citer la probabilité de découverte d'un site en fonction de sa visibilité dans le paysage (Schiffer *et al.*, 1978 ; Perreault, 2019, p. 84). Typiquement, les dépôts de grottes et d'abris sous-roche ont plus de chance d'être découverts étant donné le faible taux de sédimentation dans ces milieux, et donc la proximité des vestiges avec le sol. À l'inverse, les sites conservés dans des dépôts de loess seront plus difficilement découverts en raison de l'accumulation rapide de plusieurs mètres, voire dizaines de mètres, de sédiment au-dessus des vestiges, ce qui les rend invisibles depuis la surface. L'abondance d'une unité dans une région et l'accessibilité physique des sites aura également une influence sur la probabilité de découverte (Schiffer *et al.*, 1978). Enfin, l'étendue spatio-temporelle d'une unité archéologique conditionne son échantillonnage : plus une unité a une durée de vie courte et une répartition géographique limitée, moins elle aura de chance d'être échantillonnée (à l'instar des espèces paléontologiques ; Signor et Lipps, 1982).

D'autres types de facteurs peuvent se révéler plus difficiles à appréhender, notamment tous ceux liés aux biais de la recherche. Par exemple, des régions de vide archéologique ne correspondent pas forcément à de réelles absences de sites ou un problème de conservation, mais peuvent être le fruit d'un désintéressement de la recherche (*e.g.*, Angevin *et al.*, 2018). À l'inverse, la surreprésentation de la présence d'un faciès dans une zone peut en partie refléter un plus fort investissement de la recherche par rapport aux régions adjacentes. Ensuite, la méthode d'étude du matériel, la qualité de l'observation et son état de publication pourront fortement influencer la reconnaissance d'une unité sur un site donné dans la littérature. Ces facteurs comprennent par exemple la sélection de certains types d'objets à la fouille (*e.g.*, Lacarrière *et al.*, 2011, p. 70 ; Dibble *et al.*, 2018 ; Vignoles *et al.*, 2019 ; Noiret *et al.*, sous presse) ou le manque d'informations publiées permettant d'être certains de la présence de ladite unité (*e.g.*, Klaric, 2003).

Si l'on trace un arbre de probabilité regroupant ces différents facteurs (Figure I.3.1), il est possible de classer les observations d'occurrence en quatre catégories : i) les vraies présences et ii) les vraies absences, qui sont des données fiables qui nous intéressent, ainsi que iii) les fausses présences et iv) les fausses absences, qui sont donc des erreurs d'identification susceptibles de nous donner une image erronée de la répartition géographique d'une unité (Peterson *et al.*, 2011, p.64 ; Antunes, 2015, p.62-63). La Figure I.3.1 permet de comparer la fiabilité d'une occurrence d'absence ou de présence. Tout d'abord, il est très peu probable d'arriver à une vraie présence (dans cet exemple, 2 possibilités sur 23), de même que d'arriver à une vraie absence (4 possibilités sur 23). Il est en revanche plus probable d'observer une fausse présence qu'une vraie (3 possibilités sur 23), ce qui signifie que les occurrences de présence comportent un biais inhérent lié à des erreurs d'identification dans les séries archéologiques (estimée à 3 chances sur 5). La

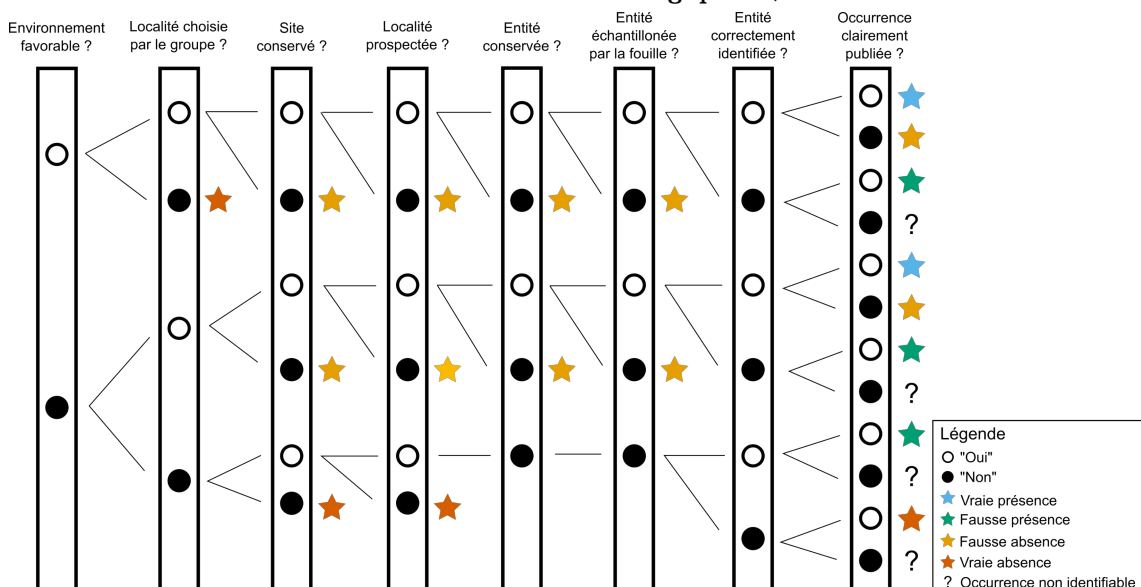


Figure I.3.1: Arbre de probabilités d'observation d'une présence ou d'une absence archéologique. Chaque barre verticale correspond à une question concernant les différents facteurs influençant la découverte de l'occurrence. Les deux premiers facteurs concernent le groupe archéologique et son établissement ou non dans une localité. Les deux suivants font référence aux processus taphonomiques naturels. Les quatre derniers facteurs relèvent de biais la recherche et de l'archéologue. Les cercles vides et pleins symbolisent la réponse "oui" ou "non" à chacune des questions. Les étoiles représentent la nature de l'occurrence : vraie ou fausse présence, vraie ou fausse absence. Les points d'interrogation signifient qu'il n'est pas possible de statuer sur la nature de l'occurrence (d'après Peterson *et al.* (2011), fig.5.1 et Antunes (2015), fig.2.5, modifiées).

probabilité d'observer une fausse absence est, elle, beaucoup plus élevée (10 possibilités sur 23) et est liée à tous les facteurs taphonomiques qui vont impacter l'occurrence. Il est donc plus probable d'observer une fausse absence qu'une vraie (10 chances sur 14). Enfin, la non-publication de collections peut entraîner une sous-estimation des occurrences

totales, puisque l'on a aucun moyen de savoir que cette occurrence existe, que ce soit une présence ou une absence.

L'analyse de cet arbre de probabilité permet de souligner deux aspects importants : premièrement, il est moins probable d'observer une présence qu'une absence, et deuxièmement, il est plus facile de se tromper sur une absence que sur une présence. Les données de présence sont donc plus fiables en termes de probabilités que les données d'absence, ce qui signifie que **la part de présence d'une unité archéologique au sein de sa distribution géographique pourra être plus fiablement estimée que les zones d'absence**. Les données d'occurrence archéologique sont donc qualifiées de données de présence-uniquement (*presence-only*) et il sera nécessaire de le prendre en compte dans le choix de l'algorithme prédictif (*cf.* Volume I, partie 1, chapitre 4).

## 2.2. Caractéristiques d'une donnée d'occurrence

Une donnée d'occurrence est composée de trois informations essentielles : son attribution archéologique, sa localité géographique et sa temporalité. Ces trois éléments comportent chacun des biais dont il faut être conscient afin de limiter leur impact sur l'estimation de la répartition géographique de l'unité archéologique considérée.

### 2.2.1. *Localité géographique*

La localité géographique replace la présence de l'unité archéologique dans l'espace. Elle est constituée des coordonnées géographiques du site dans lequel cette unité archéologique a été identifiée. La résolution spatiale de ces coordonnées doit être en adéquation avec la résolution des variables environnementales qui servent à modéliser l'espace environnemental. En effet, si la résolution des variables est de 10 km, alors l'incertitude associée à la localisation du site ne peut être supérieure à cette valeur ; sans quoi il sera remplacé dans le mauvais pixel et donc associé aux mauvaises valeurs des variables environnementales. Cependant, les coordonnées précises des sites peuvent être parfois difficile à obtenir, car elles ne sont que rarement publiées. En fonction de la résolution des variables, il est possible de réduire la résolution spatiale des données d'occurrences en utilisant les coordonnées géographiques de la commune dans laquelle est

situé le site. Cette approximation n'aura pas d'impact sur le modèle *in fine*, et permettra de gagner un temps précieux dans la récolte des données d'occurrences.

### 2.2.2. Attribution archéologique

L'attribution archéologique permet de rattacher un site à la définition de l'unité archéologique étudiée. Elle est conditionnée par de nombreux facteurs, déjà évoqués dans la section 2.1. Elle nécessite que l'on s'appuie sur une définition cette unité qui doit être clairement explicitée en amont du recensement d'occurrences (*cf.* Volume I, partie 1, chapitre 1). Les sources peuvent être la bibliographie publiée, les rapports d'opération archéologiques, les bases de données nationales comme la Base Patriarche (Chaillou et Thomas, 2007) ou encore le bouche à oreille et la consultation personnelle de collections. Chacune d'entre elles comporte des biais évidents : les sites peuvent en effet être très inégalement publiés, ce qui signifie qu'une recherche bibliographique seule ne permettra pas d'accéder à toutes les informations nécessaires à l'attribution archéologique de certains sites. Les rapports d'opération, quant à eux, sont plus difficilement accessibles, et peuvent également comporter des informations inégales en fonction des contributions des différents auteurs. Les bases de données nationales sont généralement assez peu précises quant à l'attribution archéologique et ne contiennent pas assez d'informations pour l'évaluer. Enfin, les échanges informels peuvent permettre de découvrir des localités peu connues, mais reposent malheureusement sur des informations non contrôlées par les pairs. De plus, une localité recensée par le bouche à oreille n'est que peu reproductible si quelqu'un tente de reproduire le jeu de données d'occurrences. Pour terminer, la consultation personnelle de toutes les collections associées à une unité archéologique n'est pas faisable à moins de bénéficier de beaucoup de temps et de moyens humains. Il est donc primordial de recouper au maximum ces différentes sources. Nous verrons plus en détail dans la section 2.3 comment tenter de limiter les biais du recensement bibliographique des données d'occurrences archéologiques.

### 2.2.3. Temporalité

La temporalité permet d'indiquer l'intervalle de temps à laquelle l'attribution archéologique d'une localité est associée. En archéologie, cette information fait généralement l'objet d'hypothèses fortes en raison de la qualité intrinsèque du registre

### Chapitre 3 : Éviter le « Garbage-in, garbage-out » : comment bien choisir les données à l'origine de la modélisation ?

---

archéologique et des limites des méthodes de datation utilisées (nous nous concentrerons ici sur la datation  $^{14}\text{C}$  étant donné qu'elle est la principale méthode de datation pour les occupations gravettiennes en Europe de l'Ouest).

En tout premier lieu, les ensembles archéologiques constituant une occurrence ne peuvent tous être associés à une datation radiométrique. En effet, il est nécessaire pour cela que des éléments datables (*e.g.*, os, charbon) soient conservés et contiennent suffisamment d'atomes de carbone pour la mesure. D'autre part, même quand ces éléments sont présents, il n'est pas forcément pertinent de les dater. Puisque l'on a rarement l'occasion de dater directement un marqueur chronoculturel de l'unité archéologique étudiée (par exemple, l'écrasante majorité des fossiles directeurs du Gravettien sont à l'heure actuelle des outils en silex – non datables par  $^{14}\text{C}$ ), il faut donc que l'élément daté soit en étroite association archéologique avec les marqueurs chronoculturels en question (Banks, 2015). Cette évaluation n'est pas toujours possible dans le cas de fouilles anciennes, qui ont généralement une faible résolution stratigraphique et/ou qui n'ont pas conservé le positionnement absolu des objets dans le gisement (coordonnées spatiales). Ces ensembles-là restent, pour l'heure, indatables, en particulier si y ont été identifiés des mélanges indubitables entre unités archéologiques.

Par ailleurs, les dates associées à des ensembles archéologiques ne sont pas forcément toutes fiables et il est nécessaire de porter un regard critique afin de pouvoir justifier de leur pertinence (*e.g.*, *ibid.*, Higham *et al.*, 2009 ; Banks *et al.*, 2019). En effet, ces données font l'objet d'une inégalité de publication, notamment des informations importantes pour les évaluer (*e.g.*, pourcentage de collagène, de carbone, ratio de nitrogène...). D'autre part, la méthode de datation au  $^{14}\text{C}$  a évolué depuis ses premières applications, ce qui complique la comparaison de dates faites anciennement avec celles réalisées récemment (*e.g.*, Higham *et al.*, 2009). S'il était autrefois nécessaire de faire la mesure à partir de plusieurs centaines de grammes d'ossements – ce qui incluait mécaniquement beaucoup de contaminants –, les méthodes les plus récentes permettent de dater des atomes de carbones constitutifs de certains acides aminés contenus dans un seul ossement (Marom *et al.*, 2012 ; Bourrillon *et al.*, 2018) – mesure qui sera donc moins sujette aux contaminations.

Au final, ces différentes limites du registre archéologique et des méthodes de datation nous obligent à nous reposer sur deux hypothèses, pour l'instant difficiles à dépasser : tout d'abord, nous devons partir du principe que **les dates associées de façon fiable à une unité archéologique sur une partie des sites où elle a été identifiée sont représentatives de sa durée d'existence sur tous les sites** (Banks *et al.*, 2006). Cet axiome est probablement une approximation de la durée d'existence réelle d'une unité archéologique puisque l'on n'est pas sûr que l'échantillon de dates soit représentatif, en particulier lorsque certaines régions ou certains sites concentrent plus de mesures par rapport à d'autres. D'autre part, les dates comportent une incertitude souvent bien plus importante que le temps nécessaire à une innovation pour se généraliser. Cela signifie qu'il est très malaisé de dater l'apparition ou l'abandon d'une innovation avec précision. La deuxième hypothèse est que l'on considère que **la répartition géographique de l'unité archéologique est peu ou prou identique tout au long de la période de temps concernée**. C'est une autre approximation : il existe des groupes de chasseurs-cueilleurs sub-actuels ayant des territoires, et même une organisation sociale, différents en fonction des saisons (pour des exemples, voir Fougère, 2011). À plus grande échelle temporelle, la probabilité qu'un groupe de chasseurs-cueilleurs délaisse une région particulière pendant plusieurs décennies avant de la réoccuper ne doit pas être écartée. Ces variations temporelles – qualifiées de « temps moyen » par B. Valentin (2008) – sont complexes à percevoir pour les périodes anciennes et l'estimation de la répartition géographique d'une unité archéologique sur plusieurs millénaires aboutit nécessairement à un résultat moyenné, qui masque *in fine* une partie de la variabilité passée (*time-averaging* ; cf. Perreault, 2019).

La résolution temporelle des données d'occurrence, à l'instar de la résolution spatiale et « chrono-culturelle », va influencer le choix des données environnementales, puisque celles-ci doivent être de même résolution. La mise en cohérence de la résolution des données d'occurrences et environnementales conditionnera ensuite la résolution spatiale et temporelle de l'interprétation des modèles.



## **2.3. Comment limiter les biais inhérents aux données d'occurrences archéologiques ?**

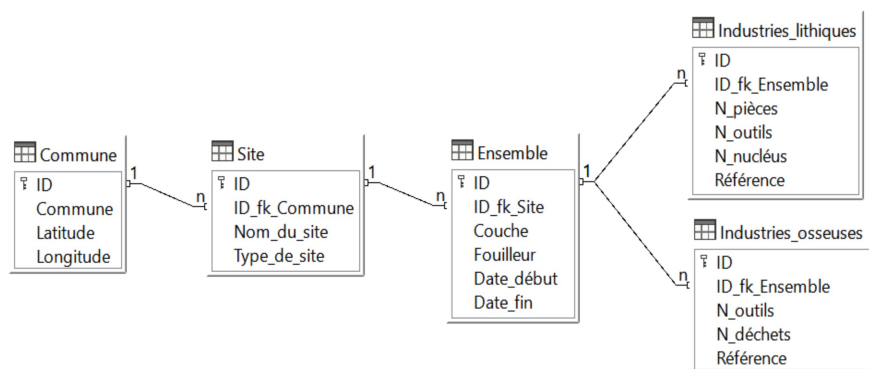
### *2.3.1. Recensement bibliographique critique*

La qualité inégale de la bibliographie est un biais systématique dans l'estimation de la répartition géographique d'une unité archéologique donnée. Ce biais réside tout d'abord dans le fait que la signification d'un terme peut varier substantiellement d'un auteur à l'autre et que cette signification n'est pas systématiquement précisée dans les articles (*cf.* Klaric, 2003 ; Touzé, 2019). Il est donc souvent nécessaire de « faire confiance » à la détermination de l'auteur de la présence d'une unité archéologique donnée, sans forcément connaître ses critères d'attributions (*e.g.*, les burins de Noailles de la Grotte de la Verpillère ; Floss *et al.*, 2013). De même, il est nécessaire de se fier à l'expérience de l'auteur dans la reconnaissance de types d'outils caractéristiques si celui-ci ne fournit pas de référence à une définition claire ou de dessins du matériel. Ensuite, les objectifs et problématique traités dans un article, ainsi que la méthodologie employée, peuvent influencer le degré d'informations qui seront présentés par rapport à l'unité archéologique qui nous intéresse. Partons d'un exemple fictif : un site comprend deux couches associées aux unités archéologiques A et B respectivement. Un article proposant une étude détaillée du matériel se focalise sur l'unité B, or notre étude de niche porte sur l'unité A. Il est donc probable que l'unité A ne fasse l'objet que d'une mention rapide (« il y a une couche associée à A sur ce site ») et l'article ne permettra pas d'évaluer pleinement cette attribution par référence à une définition claire ou à des illustrations (par ex., l'abri Casserole ; Aubry *et al.*, 1995). Entre cette situation et un article décrivant parfaitement tous les éléments permettant d'attribuer un site à une unité archéologique, tous les intermédiaires sont possibles (*cf.* Volume I, partie 2, chapitre 2).

Afin de prendre en compte et d'évaluer au mieux l'impact de la publication de données sur la représentativité du recensement, nous proposons d'établir une hiérarchisation des données d'occurrences en fonction de leur degré de fiabilité, d'après une analyse détaillée et critique de la bibliographie. Pour cela, la construction d'une base de données relationnelle (Codd, 1970) paraît être un outil adapté. Ce type de base permet de mettre en relation plusieurs tables contenant des types d'observations différents, mais

connexes. Les tables sont composées de colonnes correspondant à un attribut, c'est-à-dire la caractéristique d'un objet. Les données de chaque table sont des lignes appelées « enregistrements ». Les tables sont connectées par le biais de « clés », c'est-à-dire un identifiant unique (généralement un nombre indépendant des données contenues dans la table) qui est donné à chaque enregistrement (cela peut être une séquence de 0 à  $n$ ). L'identifiant d'un enregistrement est appelé « clé primaire ». Pour relier des tables, il est nécessaire de créer un second champ dans la table  $x+1$ , appelé « clé étrangère » (*foreign key* en anglais), qui contiendra la clé primaire de l'enregistrement de la table  $x$ . Les enregistrements de la table  $x+1$  seront ainsi associés à l'enregistrement de la table  $x$  correspondant à la clé étrangère indiquée (Figure I.3.2). La structuration en tables reliées permet ensuite d'exécuter des « requêtes » afin de sélectionner et de recombinaer les informations issues des différentes tables au sein d'un même tableau (Figure I.3.2). Nous avons opté pour un logiciel libre utilisant le langage SQL pour permettre une meilleure reproductibilité et pérennité de notre travail : LibreOffice Base<sup>1</sup>.

A



B

Commune	Nom_du_site	Type_de_site	Couche	Fouilleur	N_outils	Référence
Les Eyzies-de-Tayac	Abri du Poisson	abri sous-roche	niveau D	Peyrony	?	de Sonnevile-Bordes, 1960
Les Eyzies-de-Tayac	Grotte d'Oreille d'Enfer	grotte	?	Pradel	111	David, 1985
Les Eyzies-de-Tayac	Grotte d'Oreille d'Enfer	grotte	?	Pradel	155	Pradel, 1959
Miers	Les Fieux	site de plein-air	couche E	Champagne et al.	805	Guillermin, 2006
Miers	Les Fieux	site de plein-air	couche F	Champagne et al.	135	Guillermin, 2006

Figure I.3.2: Exemple de base de données relationnelle. A. Description des relations entre différentes tables. Chaque table comporte une clé primaire (icône clé). Les clés secondaires contiennent l'abréviation "fk" pour foreign key dans leur titre. Les relations entre la table  $n$  et la table  $n+1$  sont indiquées par des liens 1 -> n. B. Exemple du résultat d'une requête recoupant les informations données par différentes tables

Cette structure en tables reliées comporte plusieurs avantages majeurs :

- Tout d'abord, elle permet de centraliser toutes les informations disponibles dans la littérature pour une localité donnée tout en les classifiant en fonction de ce qu'elles

1 Version 7.0.1.2 (x64).

- apportent à notre analyse de la fiabilité de l'occurrence. Ainsi, nous pouvons retracer la source des différentes informations qui, combinées, vont influencer notre jugement de l'occurrence. Elle nous permet alors une plus grande transparence en exposant indépendamment les différentes informations disponibles, puis, dans un second temps, les critères qui nous conduisent à retenir ou rejeter une occurrence ;
- Deuxièmement, hiérarchiser les informations par localité permet d'identifier plus facilement les points communs et divergences entre localités et collections. Cette analyse peut donc nous amener plus loin que le simple constat de présence/absence d'une unité archéologique à telle ou telle localité : elle pourrait potentiellement nous conduire à identifier des facteurs de la variabilité du registre archéologique, notamment liés au fonctionnement de la recherche ;
  - Enfin, ces bases sont caractérisées par une structure souple qui nous permet notamment de rajouter de nouvelles tables pour chaque type d'informations. Ainsi, si dans ce travail nous nous bornerons aux informations portant sur les collections en silex et sur leur contexte, rien n'empêche à l'avenir de rajouter des tables concernant d'autres types de vestiges ou d'analyses, comme les restes humains, l'industrie osseuse, les datations, les données de subsistance *etc.* Au sein d'un collectif de recherche, ce type de base peut se révéler être un outil extrêmement puissant pour croiser les données récoltées et produites par différents spécialistes.

Malgré ce travail critique, il est tout à fait possible que le jeu de données d'occurrences final comporte des erreurs d'attribution. Celles-ci peuvent provenir de décalages entre la publication – qui est généralement une version synthétisée, lissée et interprétée des données brutes – et la réalité de la collection ou du terrain (*e.g.*, Bordes, 2002 ; Dibble *et al.*, 2006, 2009, 2018 ; Lacarrière *et al.*, 2011 ; Gravina et Discamps, 2015 ; Ducasse *et al.*, 2017 ; Vignoles *et al.*, 2019). C'est pourquoi il est primordial en complément de ce travail bibliographique, de se confronter aux données de terrain, de revenir sur des collections anciennes qui n'ont pas été étudiées avec des méthodes récentes, afin de compléter les informations publiées et de les mettre en perspectives.

### 2.3.2. *Retour sur les collections anciennes*

Ce recensement critique de la bibliographie permet dans un second temps d'identifier des sites-clés fouillés anciennement, dont l'étude permettrait à la fois d'aller plus loin dans la définition d'unités archéologiques et d'améliorer leur statut de fiabilité.

Dans le cas de collections anciennes, deux aspects méritent une attention détaillée :

- La **vérification de la présence d'une unité archéologique** qui n'est pas clairement attestée dans la bibliographie, mais pour laquelle nous avons des doutes. Cet objectif permettra tout simplement de corriger la qualification d'une occurrence si la littérature publiée comporte une erreur. Cet aspect nécessite une approche relativement simple à mettre en œuvre, à savoir un diagnostic typo-technologique classique à partir de définitions clairement établies en amont (*cf.* Annexe 1). L'identification d'une unité ne nécessite pas forcément un contexte stratigraphique bien caractérisé, étant donné que l'information apportée sera de l'ordre de la présence/absence de l'unité à telle localité. En ce sens, cette approche peut très bien s'appliquer à des collections anciennes ne comportant que peu d'informations contextuelles, à condition que le lieu de collecte soit localisé *a minima* dans une commune précise ;
- La **précision de la fiabilité des ensembles définis à la fouille** que les publications ne permettent pas d'évaluer pleinement. L'apport de connaissances dans ce sens permet d'affiner la définition des unités archéologiques en déterminant une partie des facteurs pouvant entraîner l'association de caractéristiques de la culture matérielle au sein d'un même ensemble. Cet objectif est atteint par une approche véritablement historiographique de la collection, dans laquelle nous essayons de reconstituer l'histoire de la collection depuis sa fouille jusqu'à l'étude. Cela comporte d'une part l'examen des archives pour reconstituer les méthodes et le déroulement de la fouille, mais également la documentation du traitement post-fouille, notamment le conditionnement et le rangement des vestiges excavés (*e.g.*, Bordes, 2002 ; Klaric, 2003 ; Dibble *et al.*, 2009 ; Ducasse *et al.*, 2017 ; Klaric, 2018b). D'autre part et lorsque cela est possible, une analyse taphonomique de l'archéostratigraphie, par le biais de projections spatiales et raccords d'intérêt stratigraphique (*e.g.*, Texier, 2000 ; Bordes, 2002 ; Dibble *et al.*, 2009) permet de vérifier l'interprétation du

### Chapitre 3 : Éviter le « Garbage-in, garbage-out » : comment bien choisir les données à l'origine de la modélisation ?

---

fouilleur sur le terrain. Ces informations sont ensuite confrontées à une étude typotechnologique, permettant de correctement interpréter les vestiges au sein de chaque ensemble.

Cette approche ponctuelle et assez générale des collections comporte un intérêt majeur dans des approches beaucoup plus globales du registre archéologique telles que la modélisation de niches. Elle permet au chercheur de prendre conscience lui-même du décalage majeur qui peut exister entre publication et réalité, et donc d'affiner ses critères bibliographiques pour mieux identifier les sources de biais dans son estimation de la répartition géographique d'une unité. Cette expérience du matériel peut également permettre de nuancer et préciser la définition d'unités archéologiques, et d'aboutir à un protocole expérimental plus juste d'un point de vue archéologique.



### 1. Algorithmes prédictifs pour la modélisation de niches

#### 1.1. Présentation des algorithmes utilisés dans ce travail

##### 1.1.1. Modéliser la niche dans l'espace environnemental : l'ellipsoïde

Étant donné que les niches écologiques sont définies avant tout dans l'espace environnemental (*cf.* Volume I, partie 1, chapitre 2), il est important de pouvoir les visualiser et les comparer directement dans un espace dont les dimensions sont environnementales. Comme nous l'avons vu précédemment,  $\mathbf{N}_F$  devrait théoriquement prendre une forme convexe. Le type d'objet le plus couramment utilisé pour la modéliser est l'**ellipsoïde** (*e.g.*, Van Aelst et Rousseeuw, 2009 ; Escobar *et al.*, 2014, 2017 ; Qiao *et al.*, 2016 ; Jiménez *et al.*, 2019 ; Soberón et Peterson, 2020 ; Banks *et al.*, 2021 ; Nuñez-Penichet *et al.*, 2021 ; *cf.* Volume I, partie 1, chapitre 2, Figure I.4.2). Il s'agit en effet d'un objet simple à modéliser et à quantifier. Un ellipsoïde comporte deux paramètres : le centroïde et la matrice de covariance (Jiménez *et al.*, 2019). La simplicité du modèle permet à la fois de réduire les hypothèses quant à la paramétrage (contrairement à Maxent par exemple, *cf.* § 1.1.2), et d'effectuer facilement des analyses comparatives du volume ou de la position des niches dans l'espace environnemental (Nuñez-Penichet *et al.*, 2021, p. 4).

Dans ce travail, nous nous intéresserons à l'**ellipsoïde de volume minimal** (en anglais, « *Minimum Volume Ellipsoid* », abrégé. MVE ; Van Aelst et Rousseeuw, 2009) qui permet d'ajuster le centroïde et la matrice de covariance à une proportion définie des observations, au lieu de toutes les inclure dans le modèle (*ibid.*). Nous verrons dans la section 2.2.2 pour quelle raison cette fonctionnalité est utile. Le modèle que nous utiliserons, implémenté dans le package R `ellipsenm`<sup>1</sup>, se base sur le calcul de la distance de Mahalanobis<sup>2</sup> entre le centroïde et chaque combinaison de variables environnementales. Il permet ainsi de déterminer les limites de l'ellipsoïde qui séparent les zones favorables des zones non-favorables (Farber et Kadmon, 2003 ; Etherington, 2019 ; Nuñez-Penichet *et al.*, 2021, p. 4).

---

<sup>1</sup> <https://github.com/marloncobos/ellipsenm/>.

<sup>2</sup> La distance de Mahalanobis (Mahalanobis, 1936) est une méthode statistique permettant de mesurer la distance entre un point et le centre d'une distribution normale multivariée (Etherington, 2019).

*In fine*, la niche modélisée pourra être interprétée comme  $\mathbf{N}_F$  ou  $\mathbf{N}_F^*$  en fonction des données de départ, puisque la construction de l'ellipsoïde repose sur l'hypothèse que la réponse sélective d'une espèce à une variable écologique est unimodale. Cette hypothèse ne fonctionne pas pour  $\mathbf{N}_R$ , puisque cette dernière est influencée par de nombreux autres facteurs (telles que les interactions biotiques et l'accessibilité aux conditions favorables ; Soberón et Peterson, 2020). Dans le cas d'un ellipsoïde modélisé à partir de données de présence-seule, il est plus probable que la niche soit proche de  $\mathbf{N}_F^*$ , étant donné que la répartition géographique de l'espèce ne reflète pas forcément  $\mathbf{G}_A$  (cf. diagramme de BAM ; Volume I, partie 1, chapitre 2, Figure I.4.4).

### 1.1.2. **Modéliser la projection géographique de la niche : l'algorithme**

#### **Maxent**

« Maxent » est le nom d'un algorithme utilisant le principe d'entropie maximale (Phillips *et al.*, 2006, 2017 ; Phillips et Dudik, 2008), c'est-à-dire que « *la distribution de probabilité estimée doit être en accord avec ce qui est connu [...], mais doit éviter les suppositions qui ne sont pas compatibles avec les données.* » (Peterson *et al.*, 2011, p. 109 ; traduction personnelle). C'est aujourd'hui l'algorithme le plus utilisé en ENM, en raison de ses bonnes performances comparativement à d'autres (*e.g.*, Phillips *et al.*, 2006 ; Elith *et al.*, 2006 ; Hernandez *et al.*, 2006). Il est adapté aux données d'occurrences de type présence-seule, mais emploie des informations sur la variation de l'environnement (dénommé « *background* ») autour des points d'occurrences dans la construction du modèle. Concrètement, Maxent va établir une relation entre l'occurrence d'une présence et la densité des variables environnementales qui lui est associée, tout en prenant en compte la densité des variables environnementales associées à des pixels sélectionnés aléatoirement dans la zone étudiée (points de *background*). Il en résulte une **distribution de probabilité**, qui est ensuite transformée pour représenter la **probabilité de présence de conditions adéquates**<sup>3</sup> (transformation logarithmique ; Peterson *et al.*, 2011 ; p. 109), soit des conditions proches des valeurs moyennes observées pour les points d'occurrences (Elith *et al.*, 2011). En termes de statistiques, Maxent va estimer le ratio entre la densité conditionnelle des variables environnementales au niveau des points de présence  $f_1(\mathbf{z})$ , et la densité marginale (*i.e.*, non conditionnelle) des variables environnementales au niveau des

---

3 En anglais, « *suitability* », que nous traduirons dans ce travail par « favorabilité ».



points de *background*  $f(\mathbf{z})$ . Parmi toutes les formules de  $f_1(\mathbf{z})$  possibles, Maxent choisi celle qui est la plus proche de  $f(\mathbf{z})$ , selon le principe d'entropie maximale (*ibid.*, p. 47). *In fine*, la fonction doit coller au maximum avec les données de présence tout apportant le moins d'information possible sur le reste de l'aire prise en compte.

En réalité, Maxent calibre le modèle final non pas à partir des variables environnementales brutes, mais à partir de **transformations de ces variables, appelées fonctions (*features*)**. Cette fonctionnalité permet à Maxent de modéliser des relations complexes entre les données de présence et la densité des variables environnementales. Il existe cinq classes de *features* : *linear*, *quadratic*, *product*, *threshold* et *hinge* (Phillips *et al.*, 2006, 2017). Une *linear feature* correspond à la variable continue en elle-même. Le carré de cette variable constitue la *quadratic feature*. *Product* est le produit de deux variables. *Threshold* consiste à attribuer la valeur de 1 si  $f$  est au-dessus d'une certaine valeur, autrement 0. *Hinge* est similaire à *threshold*, mais utilise une fonction linéaire au lieu d'une fonction en escalier. Le choix des types et du nombre de *features* utilisés nécessite un travail de réglage par l'utilisateur car les paramètres par défaut sont souvent inadaptés (*e.g.*, Anderson et Gonzalez, 2011 ; Elith *et al.*, 2011 ; Warren et Seifert, 2011 ; Merow *et al.*, 2013 ; Shcheglovitova et Anderson, 2013 ; Muscarella *et al.*, 2014 ; Cobos *et al.*, 2019a ; Vignali *et al.*, 2020). De plus, une trop grande complexité du modèle entraîne parfois une trop grande adéquation entre le modèle et les données (*overfitting*), ce qui empêche toute tentative ultérieure de généralisation (*e.g.*, Peterson *et al.*, 2007 ; Elith *et al.*, 2010). Nous verrons dans la section 2.2 comment prévenir ce problème en optimisant le réglage de l'algorithme.

Outre l'utilisation des *features*, Maxent va imposer des contraintes au modèle lui permettant de tenir compte des données d'occurrences tout en évitant l'*overfitting* : le modèle doit correspondre aux données mais également conserver la capacité de généraliser, notamment dans l'objectif de transférer le modèle à une autre période ou une autre zone géographique. Il s'agit d'une part de lisser la distribution afin de limiter l'*overfitting*, et d'autre part d'éliminer un certain nombre de *features* qui complexifieraient le modèle à outrance. Cette étape est contrôlée par un **multiplicateur de régularisation L1<sup>4</sup>**, dont le choix nécessite lui aussi une étape d'optimisation, la valeur par défaut n'étant pas toujours adéquate (*e.g.*, Elith *et al.*, 2011 ; Warren et Seifert, 2011 ; Warren *et al.*, 2014 ; Merow *et al.*,

---

4 Parfois appelé « multiplicateur  $\beta$  ».

2013 ; Shcheglovitova et Anderson, 2013 ; Muscarella *et al.*, 2014 ; Radosavljevic et Anderson, 2014 ; Cobos *et al.*, 2019a ; Vignali *et al.*, 2020).

Pour terminer, la niche modélisée par l'algorithme Maxent et sa projection géographique se situera quelque part entre  $\mathbf{N}_R$  et  $\mathbf{N}_F^*$  en fonction de la configuration du diagramme de BAM dans laquelle on se situe (Volume I, partie 1, chapitre 2, Figure I.2.5). Le premier type de niche sera approché dans la configuration de superposition : le modèle de sortie pourra être interprété comme une carte de probabilité d'occurrence (Peterson *et al.*, 2011, p. 109), puisque dans ce cas  $\mathbf{G}_A$  équivaut à  $\mathbf{G}_O$ . Dans les configurations classiques et de Hutchinson, il est possible, mais plus délicat d'estimer  $\mathbf{N}_R$ , et donc  $\mathbf{G}_O$ , car cela nécessite d'autres données (*e.g.*, données de dispersion, vraies données d'absence ; Peterson et Soberón, 2012). Il est donc plus probable que le modèle de sortie soit proche de  $\mathbf{N}_F^*$ , étant donné qu'il représenterait plutôt la probabilité de présence de conditions adéquates, *alias* favorabilité.

## 1.2. Mise en forme des données

L'utilisation de ces deux algorithmes nécessite la mise en forme plus ou moins poussée des données d'entrée afin de pouvoir modéliser des niches écologiquement cohérentes. Dans cette partie, nous verrons l'importance de définir une aire de calibration en se basant sur des hypothèses biogéographiques ainsi que des traitements des données d'occurrences permettant de limiter l'impact des biais spatiaux sur le modèle.

### 1.2.1. Aire de calibration

Nous avons vu que l'algorithme Maxent nécessite la référence au *background* de la distribution des points d'occurrence, c'est-à-dire à la gamme environnementale disponible à proximité des points d'occurrences, afin que l'algorithme soit capable de discriminer les environnements adéquats des environnements non-adéquats. Or, définir une zone pour laquelle cette comparaison est pertinente s'avère délicat. En effet, la taille de cette zone influence grandement la qualité de la modélisation (VanDerWal *et al.*, 2009 ; Anderson et Raza, 2010 ; Barve *et al.*, 2011). Si l'aire de calibration est trop petite, la performance du modèle est réduite également. Lorsqu'elle est trop étendue, les statistiques d'évaluation sont exagérément bonnes, parce que l'étendue de la prédiction sera beaucoup plus importante. Pour le formuler autrement, il y a plus de chances que les points servant à

tester la capacité prédictive du modèle soient prédits correctement, sans pour autant que la réponse des variables soit biologiquement cohérente (VanDerWal *et al.*, 2009). Pour ces raisons, il est conseillé de choisir une aire de calibration de taille intermédiaire. D'autre part, il a été démontré que les performances des modèles Maxent sont augmentées lorsque l'aire de calibration est définie en fonction du paysage accessible à l'espèce considérée, plutôt que de façon arbitraire (Anderson et Raza, 2010 ; Barve *et al.*, 2011). Il est donc recommandé de faire coïncider cette aire avec **M**, en référence au diagramme de **BAM** (Volume I, partie 1, chapitre 2, Figure I.4.4) : les informations de *background* dans cette zone seront *a priori* significatives puisqu'elles représenteront la gamme environnementale accessible à l'espèce (Barve *et al.*, 2011 ; Peterson *et al.*, 2011, p. 126). Ainsi, la comparaison que le modèle fera entre les environnements associés aux points d'occurrence vs. ceux associés aux points de *background* n'en sera que plus juste.

La définition de **M** doit reposer sur des hypothèses biogéographiques claires (*ibid.*). Elle doit prendre en compte la capacité dispersive de l'espèce considérée, ainsi que la présence de barrières naturelles empêchant l'accès des individus à des conditions favorables. Dans le cas d'unités archéologiques, l'hypothèse de **M** concerne la définition d'un territoire au sein duquel les populations employant une culture matérielle ont vécu et se sont, de fait, confrontées à diverses conditions environnementales. La notion de territoire est ambiguë en raison de sa forte polysémie (*e.g.*, Goval, 2012 ; Delvigne, 2016) et il convient alors de toujours préciser sa définition lorsque l'on prétend le caractériser pour des populations préhistoriques. À l'instar de E. Vaissié (2021), nous définirons un territoire comme « *l'espace géographique au sein duquel toute société exprime [une partie de] son identité culturelle à travers la relation à son environnement* » (*ibid.*, p. 107). Cette acception, issue de la discipline de la géographie culturelle, peut aisément être appliquée en Préhistoire. Il est en effet possible de considérer que la culture matérielle – tout du moins les adaptations techniques – partagée par une population fait partie de son identité culturelle, et que celle-ci s'inscrit nécessairement dans un espace géographique et en lien avec son environnement (*cf.* Volume I, partie 1 chapitre 1). Puisque notre échelle d'analyse est relativement large tant spatialement (échelle régionale à macro-régionale) que temporellement (à l'échelle de plusieurs centaines d'années), la définition des territoires que nous utiliserons pour représenter **M** devra y être adapté. Nous proposons de les qualifier de « **territoires culturels** », c'est-à-dire l'espace géographique occupé par une

population partageant une partie de sa culture matérielle sur un temps plus ou moins long (pluri-centenaire à pluri-millénaire). L'hypothèse quant à ce territoire devra faire référence à la fois à des capacités dispersives – *alias* la possibilité physique d'occuper un espace donné – et à des caractéristiques culturelles – *alias* la culture matérielle, mais aussi les déplacements et échanges que l'on peut tracer *via* l'approvisionnement en matières premières siliceuses notamment. Par exemple, le territoire culturel du Rayssien est délimité par les sites dans lesquels la méthode du Raysse a été identifiée, mais également par les régions ayant pu entretenir des relations avec les groupes partageant cette adaptation technique – en partie identifiables à travers la circulation des matériaux siliceux. Ce territoire peut être agrémenté de régions alors exondées (plateau continental) et restreint par la présence de glaciers.

Une fois les limites de **M** explicitement définies, il convient d'en masquer les cartes de données environnementales, afin de n'utiliser, dans le processus de calibration, que les combinaisons de variables potentiellement accessibles dans cette zone aux populations caractérisées par l'unité archéologique étudiée.

### *1.2.2. Limiter l'impact des biais spatiaux inhérents aux données d'occurrences*

Comme nous l'avons vu dans le chapitre 3 de la partie 1 (Volume I), les données d'occurrences comportent dans la majorité des cas des biais spatiaux inhérents liés à l'historique des recherches, la conservation différentielle des sites et des vestiges et à la publication inégale des découvertes. En conséquence, la répartition géographique des points d'occurrence risque d'être spatialement auto-corrélées : c'est-à-dire que des agrégats artificiels se forment dans les régions les mieux prospectées et étudiées, ne reflétant pas une réalité préhistorique de la répartition des sites. L'agrégation de points d'occurrence risque de provoquer un sur-échantillonnage des conditions environnementales dans une région donnée, et par la suite l'*overfitting* du modèle à ce biais environnemental.

Pour limiter ces biais, le procédé de raréfaction spatiale (en anglais, *spatial thinning*) est le plus communément utilisé et recommandé (*e.g.*, Anderson et Gonzalez, 2011 ; Boria *et al.*, 2014). Il s'agit d'éliminer les occurrences trop proches en fonction d'une distance choisie par l'utilisateur. Par exemple, la raréfaction spatiale à 20 km de distance aura pour

objectif d'éliminer les occurrences de sorte à ce que la distance minimale entre chacune soit de 20 km.

## 2. Maxent : comment choisir le « bon » modèle ?

### 2.1. Principe de l'évaluation

L'évaluation est une étape-clé dans la modélisation de niches par le biais d'algorithmes prédictifs tels que Maxent. C'est au cours de cette phase que l'on va déterminer si un modèle est robuste. Pour cela, il est nécessaire de quantifier deux aspects principaux :

- La **performance** d'un modèle désigne sa capacité à atteindre un objectif précis dans l'absolu. Dans le cas de l'ENM, il s'agit de vérifier si le modèle prédit correctement des données d'occurrence indépendantes du jeu de données utilisé pour la calibration. Ce type de données est rarement disponible, et *a fortiori* impossible à obtenir pour des unités archéologiques. Plus généralement, on procède à un partitionnement du jeu de données d'occurrence initial afin de créer deux jeux de données supposés indépendants (Fielding et Bell, 1997). Le but de cette manœuvre est tout d'abord de calibrer le modèle à partir de points de calibration (*model training* en anglais), puis de vérifier que les points de test sont correctement prédits par le modèle (*model testing*). Cette évaluation s'effectue par le biais de statistiques permettant de rendre compte de la capacité prédictive du modèle (*i.e.*, sa capacité à prédire les points de test à partir des points de calibration), que nous détaillerons dans la section 2.2. Il est primordial que les points de test et de calibration soient suffisamment éloignés spatialement (donc potentiellement écologiquement) afin de ne pas artificiellement gonfler les mesures de performance. En d'autres termes, il ne faut pas que les points de test se situent dans les mêmes pixels que les points de calibration, mais dans le cas de données spatialement auto-corrélées, il est nécessaire d'augmenter encore la distance entre points d'occurrence (*cf.* § 1.2.2). Plusieurs méthodes de partitionnement existent et sont plus ou moins adaptées à des situations précises (Peterson *et al.*, 2011 ; Shcheglovitova et Anderson, 2013 ; Muscarella *et al.*, 2014 ; Radosavljevic et Anderson, 2014 ; Roberts *et al.*, 2017 ; Valavi *et al.*, 2018). Par exemple, la méthode du *jackknife* ou *leave one-out* (Pearson

*et al.*, 2006 ; Shcheglovitova et Anderson, 2013), qui consiste à évaluer la performance de chaque modèle calibré à partir des  $(n - 1)$  points d'occurrence avec le  $n^{\text{ième}}$  point, est adaptée pour les très petits jeux de données ;

- Déterminer la **signification statistique** d'un modèle consiste à évaluer si sa performance est meilleure que ce à quoi l'on pourrait s'attendre dans le cadre de l'hypothèse nulle. En d'autres termes, il s'agit de tester statistiquement si les prédictions des points d'évaluation par le modèle ne sont pas aléatoires compte tenu des données de calibration et d'évaluation (Peterson *et al.*, 2011). De la même façon que pour la mesure de la performance, il existe plusieurs méthodes pour tester la signification statistique d'un modèle (*e.g.*, *ibid.*, Fielding et Bell, 1997 ; Peterson *et al.*, 2008), que nous détaillons dans la section 2.2.

Enfin, il faut également prêter une attention particulière à la possibilité d'**overfitting** du modèle, c'est-à-dire une trop grande adéquation entre le modèle et les données. Ce comportement du modèle peut en effet limiter sa capacité à généraliser dans d'autres périodes et dans d'autres zones géographiques, car celui-ci interprétera du bruit ou des biais comme faisant partie du motif recherché au lieu de ne pas les prendre en compte dans la formule (Peterson *et al.*, 2011 ; Merow *et al.*, 2014). Les causes de l'*overfitting* sont, comme nous l'avons vu, une trop grande aire de calibration par rapport à la répartition géographique de l'entité concernée (*cf.* § 1.2.1), mais également un paramétrage excessif (trop grande complexité du modèle) ou un trop faible nombre de d'occurrences. Dans le cadre de l'ENM, il est généralement préférable d'opter pour des modèles plus simples, car susceptibles de mieux refléter la réponse d'une espèce aux variables environnementales (Merow *et al.*, 2014). De même que pour la performance et la signification, plusieurs méthodes existent pour sélectionner les modèles en fonction de leur complexité (*e.g.*, *ibid.*, Warren et Seifert, 2011 ; Warren *et al.*, 2014 ; Muscarella *et al.*, 2014 ; ), que nous verrons dans la sous-partie 2.2.

## 2.2. Optimisation des paramètres

Il existe plusieurs protocoles d'optimisation des paramètres de Maxent (*e.g.*, Anderson et Gonzalez, 2011 ; Muscarella *et al.*, 2014 ; Radosavljevic et Anderson, 2014 ; Cobos *et al.*, 2019a), qui consistent tous à tester plusieurs combinaisons de paramètres et à comparer leurs performances *sensu lato*. Cette exploration permet de sélectionner la

meilleure solution en fonction de critères prédéfinis, généralement déterminés par des tests statistiques.

### 2.2.1. Sélection de modèles valables

Dans ce travail, nous suivrons le protocole présenté dans Cobos *et al.* (2019a) et implémenté dans le package R *kuenm* (*ibid.*). Il s'agit de créer un modèle pour toutes les combinaisons possibles des paramètres suivants : la *feature class*, le *regularization multiplier* et la combinaison des variables environnementales. Chaque modèle sera ensuite évalué au regard de sa performance, sa signification et sa complexité à l'aide de différents tests statistiques, et seules les combinaisons de paramètres atteignant des seuils de performance, signification et complexité préétablis seront retenues pour la création de modèles finaux.

La signification statistique des modèles est évaluée par le biais de **l'aire sous la courbe (Area under curve, abrégé. AUC) du Receiver Operating Characteristic** (abrégé. ROC ; *e.g.*, Fielding et Bell, 1997). Le ROC est une courbe illustrant la variation de la sensibilité du modèle (la proportion de présences connues correctement prédites, *i.e.*, 1 – taux de faux négatifs) en fonction de 1 – sa spécificité (la proportion d'absences connues prédites comme présentes, *i.e.*, taux de faux positifs). L'AUC du ROC est ensuite comparée à la courbe appartenant à un modèle non-informatif – dont l'AUC est égal à 0.5 – c'est-à-dire qu'il ne peut discriminer les vraies des fausses présences (Elith *et al.*, 2006 ; Peterson *et al.*, 2008 ; Figure I.4.1). Or, comme nous l'avons vu, les données de présence/absence sont rarement disponibles ; les données de présence-seul ne permettent pas de correctement mesurer 1 – la spécificité du modèle. Nous préférons donc utiliser l'approche du ROC modifiée par Peterson *et al.* (2008), qui i) s'adapte à l'approche présence/*background*, ii) se restreint au domaine prédit par l'algorithme sans se soucier des zones sujettes à l'extrapolation (en dehors de **M**), et iii) se restreint au domaine dans lequel le taux d'erreurs d'omissions (*E*) est suffisamment faible en fonction d'une valeur prédéfinie par l'utilisateur (Figure I.4.1). Ce **taux d'erreurs d'omissions *E*** est d'ailleurs retenu pour évaluer la performance du modèle, puisqu'il rend compte de la capacité du modèle à prédire la présence de conditions adéquates au niveau des points d'occurrence de test (Anderson *et al.*, 2003 ; Peterson *et al.*, 2008). Enfin, la complexité du modèle peut être évaluée par le biais du **critère d'information d'Akaike (Akaike information criteria) corrigé en fonction de la taille de l'échantillon** (abrégé. AIC<sub>c</sub> ; Akaike, 1974 ; Warren et Seifert, 2011 ;

Warren *et al.*, 2014). Cette métrique consiste en la standardisation des scores d'adéquation de telle sorte que la somme de ces scores dans l'espace géographique soit égale à 1, puis au calcul de la probabilité des données par rapport au modèle en opérant le produit des scores d'adéquation des pixels contenant une présence (*ibid.*). Ensuite, le choix des modèles suffisamment simples est fait de façon relative : chaque modèle se voit attribuer une valeur qui est la différence entre son  $AIC_c$  et l' $AIC_c$  le plus bas de l'ensemble des modèles considérés ( $\Delta_{AIC_c} = AIC_{c_i} - AIC_{c_{min}}$ ). Une limite acceptable est ensuite fixée par l'utilisateur, qui ne gardera que les modèles dont le  $\Delta_{AIC_c}$  est inférieur à une certaine valeur.

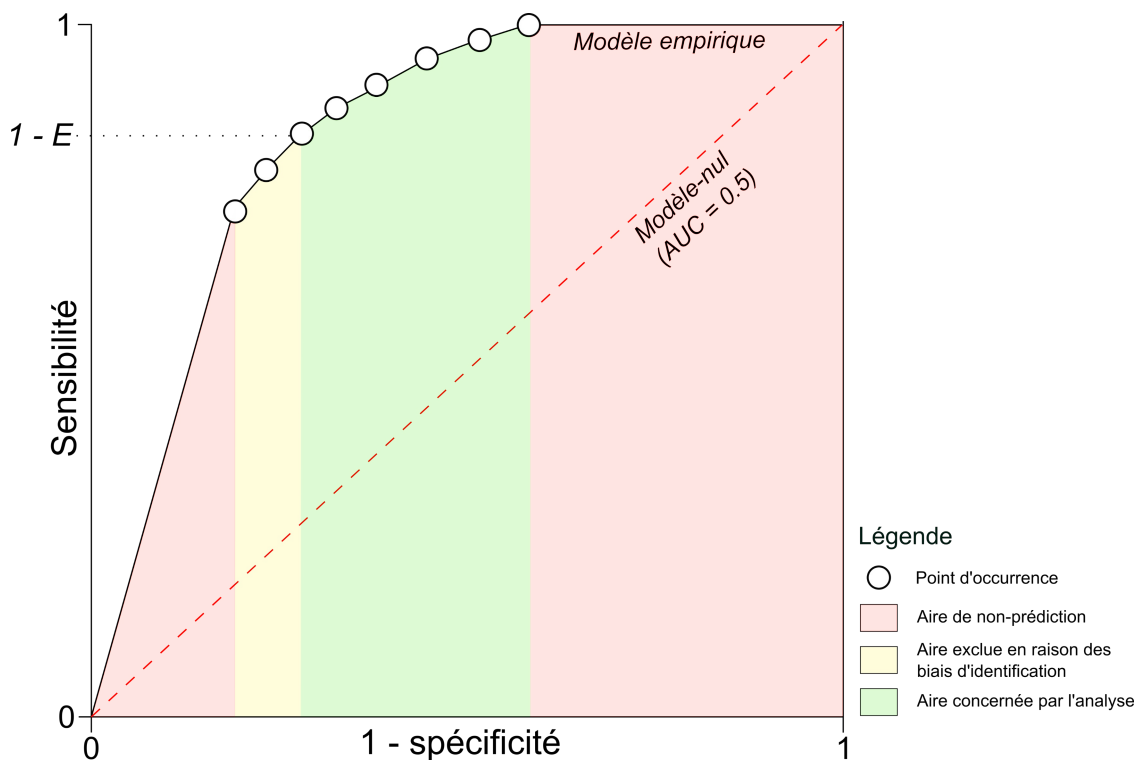


Figure I.4.1: Exemple de Receiver Operating Characteristic (ROC) d'une prédiction Maxent pour évaluer sa signification statistique. La droite en pointillés rouges représente le ROC d'un modèle-nul non informatif et a donc une aire sous la courbe (AUC) de 0,5. La courbe noire représente le ROC du modèle empirique. Les zones colorées représentent son AUC. Les points blancs constituent les données servant à créer le modèle empirique. Dans l'approche du ROC partiel proposé par Peterson et al. (2008), les aires de non-prédiction (c'est-à-dire en dehors des données de calibration) en rouge ne sont pas prises en compte dans le calcul de l'AUC. D'autre part, l'aire sous la courbe correspondant à une proportion d'erreurs d'identification dans les données de calibration (E) en jaune est également écartée du calcul (Figure modifiée d'après Peterson et al., 2011, fig. 9.4, p.175).

**Pour résumer**, il s'agira de créer  $n$  modèles d'après toutes les combinaisons de paramètres possibles (*features*, *regularization multiplier* et variables environnementales) puis de les évaluer un à un vis-à-vis de leur performance (via le taux d'erreur d'omission), leur signification (via l'AUC du ROC partiel) et leur complexité (via l' $AIC_c$  adapté à la taille de



l'échantillon). L'utilisateur définit à l'avance un seuil pour chaque métrique, et c'est ensuite la paramétrage des modèles ayant les valeurs d'AUC du ROC partiel les plus élevées (les plus significatifs), les valeurs du taux d'erreur d'omission les plus basses (les plus performants) et les valeurs du  $\Delta_{AICc}$  les plus basses (les moins complexes) qui seront sélectionnés.

### 2.2.2. Création du modèle final

Une fois les meilleures paramétrages déterminées par le protocole d'évaluation décrit dans la section 2.2.1, deux approches principales permettent à l'utilisateur d'aboutir à un modèle final qui sera employé dans la suite des analyses (transferts et comparaisons). D'un côté, certains défendent le choix du modèle obtenant les meilleures performances (*e.g.*, Qiao *et al.*, 2015). Cependant, cette approche comporte des biais, notamment liés à la difficulté de choisir un modèle parmi ceux ayant des performances égales ou similaires (Antunes, 2015). Il est donc souvent préconisé de créer un modèle de consensus de tous les modèles sélectionnés (*e.g.*, Antunes, 2015 ; Cobos *et al.*, 2019c). Plusieurs méthodes de consensus existent (Antunes, 2015), mais nous opterons dans notre travail pour **le calcul de la médiane** des modèles issus de paramétrages sélectionnés par le protocole d'évaluation. Ce choix permet non seulement de rendre compte de tous les paramétrages possibles pour un seul jeu de données, mais aussi d'accéder à une estimation de l'incertitude associée à ces différents paramétrages (Cobos *et al.*, 2019c). Identifier les sources d'incertitudes et leur localisation dans l'espace géographique est une précaution importante pour l'interprétation des modèles de niches et en vue d'analyses ultérieures (transferts et comparaisons, voir § 3 ; Peterson *et al.*, 2018).

Enfin, le modèle final nécessite un dernier traitement avant d'être interprété et analysé. Comme nous l'avons vu, les données d'occurrences peuvent comporter des erreurs d'identification qu'il est nécessaire de prendre en compte dans la calibration du modèle. Cette prise en compte se fait notamment au moment d'évaluer la performance du modèle *via* le taux d'erreur d'omission. Par exemple, supposons que le taux d'erreurs d'identifications au sein d'un corpus soit d'environ 5 %. Il est alors nécessaire de permettre au modèle de se « tromper » (c'est-à-dire, d'omettre une occurrence dans la prédiction) dans maximum 5 % des cas (Peterson *et al.*, 2008). La mise en place de ce seuil doit nécessairement se retrouver dans le modèle final, par le biais du **seuillage de la prédiction** (Antunes, 2015). Dans notre exemple, nous pouvons considérer que la prédiction se trompe

dans au moins 5 % des cas, et donc que 5 % des occurrences doivent se trouver en dehors des aires de favorabilité. De façon pratique, il s'agit de classer les occurrences en fonction de leur score de favorabilité, puis de retenir la valeur de favorabilité de la  $n^{\text{ième}}$  occurrence correspondant à 5 % du corpus. Tous les pixels dont le score de favorabilité est égal ou inférieur à cette valeur seront classés comme nuls (non adéquats). Cette méthode est dénommée le seuil de sensibilité fixe (*Fixed sensitivity*, Figure I.4.2 ; Peterson *et al.*, 2011, p. 119).

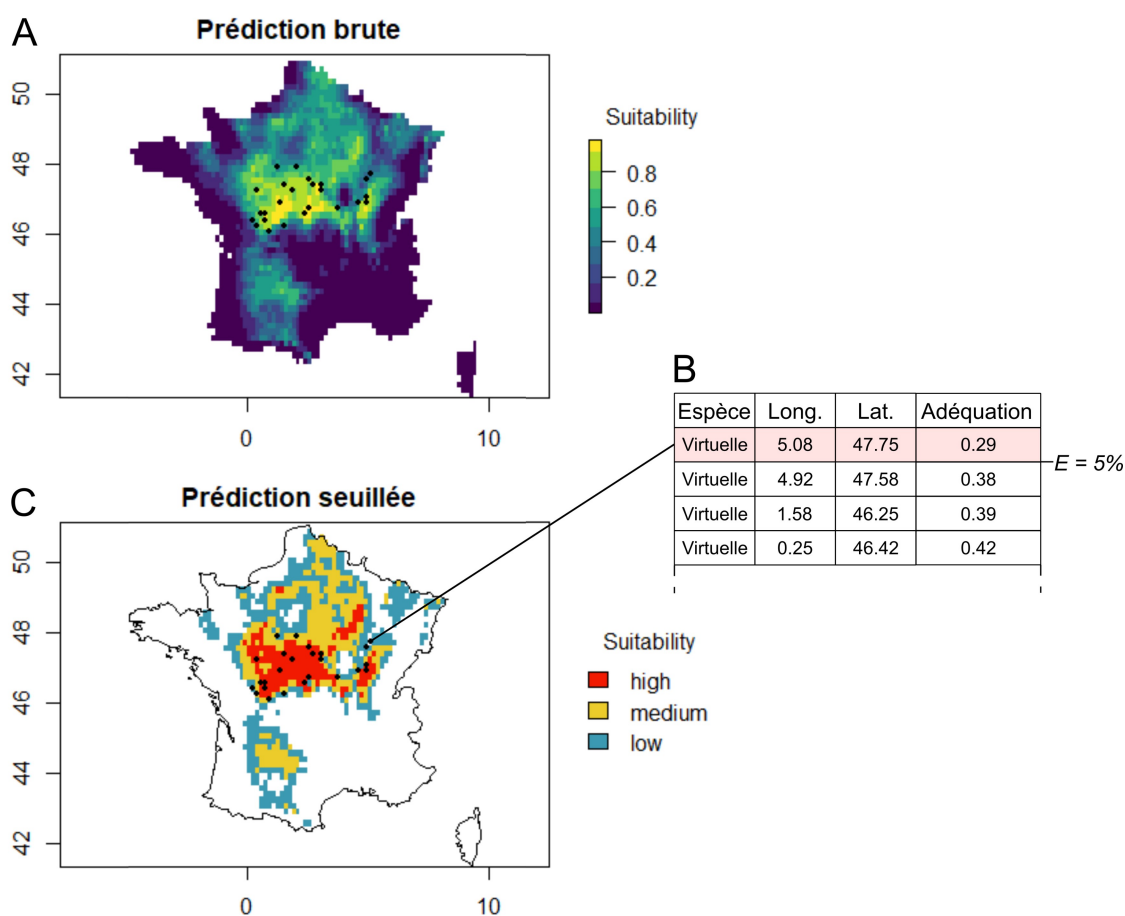


Figure I.4.2: Illustration du seuillage de prédiction avec la méthode du seuil de sensibilité fixe. Le modèle de niche Maxent présenté correspond à celui d'une espèce virtuelle pour laquelle nous avons créé des données d'occurrences aléatoires (au nombre de 25). Les variables environnementales utilisées pour représenter l'espace environnemental sont la température moyenne annuelle, la précipitation moyenne annuelle et la saisonnalité de la précipitation modélisées pour la France de nos jours (1979-2013 ; modèle CHELSA, résolution spatiale de 10 arc min. ; Karger et al., 2017). Nous avons employé le package R ENMTools (Warren et al., 2021) pour créer le modèle Maxent en utilisant les paramètres par défaut et en employant 20 % des données d'occurrences pour l'évaluation. Dans cet exemple, le seuil de sensibilité est fixé à  $E = 5\%$ . **A.** Prédiction « brute » à l'issue de la calibration : la favorabilité est présentée de manière continue. **B.** Quatre premières occurrences du jeu de données classées par favorabilité croissante. Les 5 % des occurrences associées aux plus faibles valeurs de favorabilité sont au nombre d'une seule ; sa valeur de favorabilité est de 0,29 et sera retenue comme seuil pour le reclassement de la prédiction. **C.** Prédiction seuillée : les pixels aux valeurs inférieures ou égales à 0,29 sont considérés comme non-adéquats (blancs) tandis que les valeurs supérieures sont divisées en faible/moyenne/haute favorabilité.

### 3. Analyses post-modélisation

#### 3.1. Transferts

Une fois le modèle calibré pour une région donnée, qui doit correspondre à **M** (voir § 1.2.1), il est souvent nécessaire de **projeter ce modèle dans d'autres contrées ou d'autres périodes**. Cette opération peut se révéler assez délicate en raison de la présence d'environnements inconnus à l'aire de calibration dans la nouvelle zone, ou dans la même zone mais sous un climat différent (*e.g.*, Randin *et al.*, 2006 ; Williams et Jackson, 2007 ; Williams *et al.*, 2007 ; Zurell *et al.*, 2012 ; Owens *et al.*, 2013 ; Peterson *et al.*, 2018). Ces conditions non-analogues peuvent être dues à la présence de nouvelles valeurs – par exemple, les valeurs de température moyenne annuelle varient entre 5°C et 10°C dans l'aire de calibration, tandis qu'elles varient entre 10°C et 20°C dans la zone où le modèle sera projeté (Williams *et al.*, 2007) – ou à la présence d'une nouvelle combinaison entre variables – par exemple, la combinaison de 5 °C de température moyenne annuelle avec 350 mm de précipitation moyenne annuelle existe dans la zone de projection mais pas dans la zone de calibration (Zurell *et al.*, 2012). Or, ces conditions n'ayant pas été prises en compte

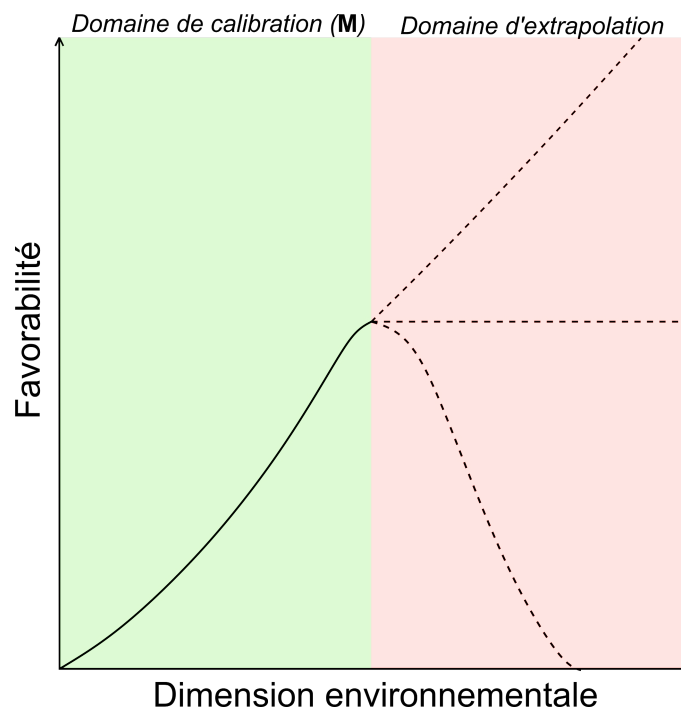


Figure I.4.3: Illustration du risque d'extrapolation de prédictions de niches hors de la gamme environnementale des données de calibration (domaine vert). En dehors de la gamme environnementale de calibration (i.e., non représentée dans la région **M**, domaine rouge), il n'est pas possible de vérifier si la courbe de réponse (en pointillés) va continuer à monter, rester constante ou redescendre. Il s'agit donc d'une courbe de réponse tronquée (Figure et légende modifiées d'après Peterson *et al.*, 2011, fig.7,6, p. 127).

dans la calibration du modèle, ce dernier sera obligé d'extrapoler lorsqu'il y sera confronté (Owens *et al.*, 2013 ; Peterson *et al.*, 2011). Les prédictions du modèle dans ces conditions nouvelles auront de grandes chances d'être hautement incertaines, car le comportement du modèle ne peut être vérifié ou anticipé au-delà des conditions de calibration (Figure I.4.3). Comme nous l'avons vu dans le chapitre 2 de la partie 1 (Volume I), la réponse d'un individu à la variation d'une variable environnementale peut être représentée comme une courbe unimodale (Volume I, partie 1, chapitre 2, Figure I.4.2). Or, lorsque cette courbe est tronquée en raison de l'absence d'une partie des valeurs de la variable environnementale dans l'aire de calibration, il est difficile de déterminer si elle va continuer à monter, rester constante ou redescendre (Figure I.4.3). La troncature des courbes de réponse est assez fréquente (Peterson *et al.*, 2011, 2018), ce qui est assez logique puisque la modélisation corrélative de niches ne permet d'accéder qu'à des portions de  $\mathbf{N}_F$  ( $\mathbf{N}_F^*$  ou  $\mathbf{N}_R$  en fonction des approches et données). Malheureusement, les approches corrélatives ne sont pas forcément idéales pour déterminer des relations mécanistiques entre occurrences et environnement, ce qui rend l'extrapolation en dehors de  $\mathbf{M}$  incertaine (Peterson *et al.*, 2011 ; Owens *et al.*, 2013).

Afin d'opérer un transfert limitant l'extrapolation du modèle, il est important d'évaluer la transférabilité du modèle à une autre zone ou une autre période de temps (Elith *et al.*, 2011 ; Zurell *et al.*, 2012 ; Owens *et al.*, 2013). Il s'agit de cartographier les conditions analogues (*i.e.*, similaires) à ce qui existe dans  $\mathbf{M}$  dans ce nouvel environnement. Nous utiliserons pour cela une métrique appelée **Mobility-Oriented Parity** (abrév. MOP) qui « *identifie les aires de stricte extrapolation et calcule la similarité environnementale entre les régions de calibration et de projection* » (Owens *et al.*, 2013, p. 13). Cette méthode se base sur le calcul de distances multivariées (*e.g.*, distance de Mahalanobis ; Mahalanobis, 1936 ; Etherington, 2019) entre les environnements associés aux points de la région de projection et une proportion (prédéfinie par l'utilisateur) des environnements associés aux points de la région de calibration. Cette proportion est généralement restreinte à une portion du nuage de points de  $\mathbf{M}$  proche du nuage de points correspondant à la région de projection (*ibid.*). La carte de répartition des environnements similaires et des zones d'extrapolation stricte issue du MOP pourra ensuite être utilisée pour masquer les prédictions de niches, afin d'identifier les valeurs de favorabilité relevant de l'extrapolation pure et simple.

## 3.2. Comparaisons

La comparaison des niches s'avère être une étape assez délicate dans le travail d'analyses post-modélisation. De nombreuses méthodes existent dans la littérature (*e.g.*, Levins, 1968 ; Warren *et al.*, 2008 ; Broennimann *et al.*, 2011 ; Rödder et Engler, 2011 ; Qiao *et al.*, 2016, 2017 ; Mammola, 2019 ; Nuñez-Penichet *et al.*, 2021) et se focalisent sur l'un de ces deux types de comparaison : la comparaison d'hypervolumes représentant des niches dans l'espace environnemental et la comparaison de modèles de niches projetés dans l'espace géographique (tels qu'un modèle réalisé avec Maxent par exemple ; Rödder et Engler, 2011 ; Warren *et al.*, 2008, 2021). Dans tous les cas, il est primordial de relativiser les comparaisons vis-à-vis des conditions environnementales accessibles, c'est-à-dire des environnements présents dans **M** (Warren *et al.*, 2008 ; Qiao *et al.*, 2017 ; Nuñez-Penichet *et al.*, 2021). En effet, si les environnements accessibles à l'une ou à l'autre des entités à comparer sont trop différents, il ne sera pas possible de les comparer puisqu'ils n'auront pas suffisamment de référence environnementale commune (*i.e.*, *background* trop différents).

### 3.2.1. Comparaisons dans l'espace environnemental

Nous choisissons de comparer les ellipsoïdes représentant des niches *via* le package R `ellipsenm`<sup>5</sup> (Banks *et al.*, 2021 ; Nuñez-Penichet *et al.*, 2021). Celui-ci permet en effet de comparer les ellipsoïdes par rapport au *background* environnemental de chaque modèle grâce à l'**indice de Jaccard** (*cf.* Mammola, 2019). Concrètement, seuls les environnements accessibles aux deux unités archéologiques (*i.e.*, les environnements présents dans le **M** de l'une et de l'autre unité) seront pris en compte dans la comparaison. L'indice de Jaccard est calculé comme suit (*ibid.*) :

$$J(A, B) = |A \cap B| / |A \cup B|$$

avec A et B, deux hypervolumes (ici, deux ellipsoïdes).

En d'autres termes, cette métrique mesure la proportion des points du *background* qui se situent au sein de l'intersection des ellipsoïdes. Ici, le *background* est constitué des environnements accessibles aux deux unités (Figure I.4.4 ; Banks *et al.*, 2021 ; Nuñez-Penichet *et al.*, 2021).

---

5 <https://github.com/marloncobos/ellipsenm/>.

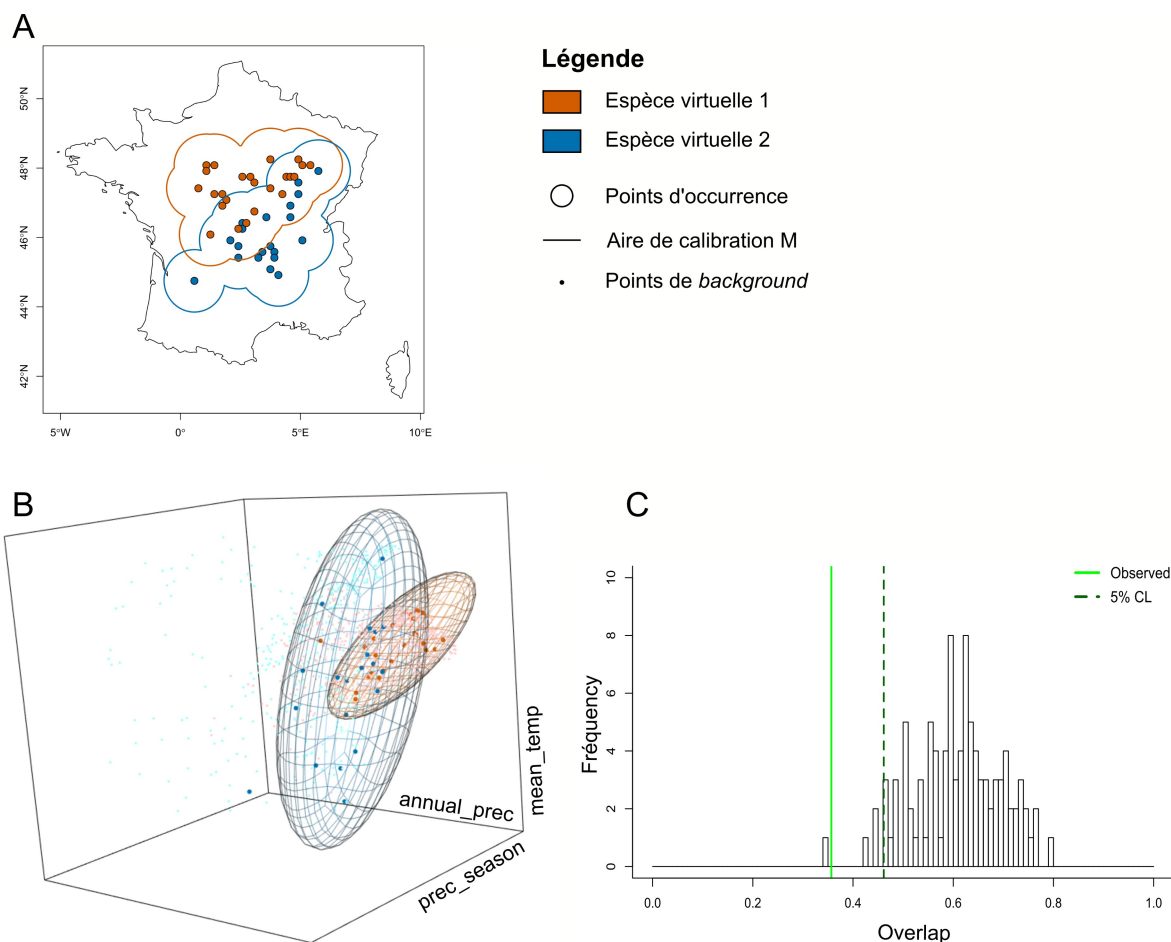


Figure I.4.4: Exemple de comparaison d'ellipsoïdes avec le package *ellipsenm*. Les niches sont modélisées pour deux espèces virtuelles créées à partir de données d'occurrences aléatoires : l'espèce virtuelle 1 en rouge est représentée par 25 occurrences, tandis que l'espèce virtuelle 2 en bleu est représentée par 20 occurrences. Les variables environnementales utilisées pour représenter l'espace environnemental sont la température moyenne annuelle, la précipitation moyenne annuelle et la saisonnalité de la précipitation modélisées pour la France de nos jours (1979-2013 ; modèle CHELSA, résolution spatiale de 10 arc min. ; Karger et al., 2017), réduites à l'aire accessible **M** de chaque espèce (nous avons fixé cet aire à des cercles de 100 km de rayon autour de chaque point d'occurrence). **A**. Présentation de la répartition géographique des données d'occurrences ainsi que des aires de calibrations **M**. **B**. Comparaison des ellipsoïdes de volume minimal pour chaque espèce en fonction de leur background. **C**. Test de signification de la valeur de recouvrement (background union overlap). Bien que l'appréciation visuelle du recouvrement observé en B. nous donne l'impression d'un recouvrement important, celui-ci reste assez faible au regard du recouvrement entre les backgrounds de chaque espèce ( $J = 0.35$ ). D'autre part, la comparaison de cette valeur avec une distribution de valeurs pour des modèles aléatoires nous permet de rejeter l'hypothèse-nulle ( $p = 0.01 < 0.05$ ) et de qualifier ce recouvrement de non-significatif.

Il est ensuite nécessaire de vérifier la **signification** de cette valeur afin de prendre en compte la différence de *background* à la calibration des deux modèles (voir par ex. Warren et al., 2008, 2021). Le package *ellipsenm* implémente un test de randomisation, qui consiste en la comparaison la valeur de  $J$  observée avec une distribution de valeurs de  $J$  calculées pour des paires d'ellipsoïdes créés à partir de données échantillonnées aléatoirement dans

le *background* de chaque entité (*i.e.*, des modèles aléatoires). Cette étape permet de tester l'hypothèse-nulle selon laquelle le recouvrement d'ellipsoïdes construits à partir des données empiriques est au moins similaire à celui d'ellipsoïdes générés à partir de données aléatoires échantillonnées dans le *background* (*ibid.*). Pour rejeter cette hypothèse, la valeur observée doit se situer en-dessous d'un seuil de signification défini par l'utilisateur, qui correspond à une proportion de la distribution nulle. Par exemple, si l'on choisit le seuil de 5 %, la valeur observée devra être plus faible que 95 % des valeurs de recouvrement issues de modèles aléatoires (Figure I.4.4).

### 3.2.2. Comparaisons dans l'espace géographique

Concernant les modèles Maxent, nous avons décidé de nous focaliser uniquement sur la comparaison de l'expression géographique des niches plutôt que leurs caractéristiques environnementales. En effet, nos modèles sont des modèles de consensus construits à partir de plusieurs *backgrounds* environnementaux à chaque fois, puisque notre processus d'évaluation prend en compte le choix des variables environnementales utilisées pour construire les modèles (voir § 2.2.1). Leur comparaison dans une optique environnementale (telle que proposée par exemple par Warren *et al.*, 2008, 2021) nécessiterait donc de choisir un paramétrage pour chaque unité archéologique à comparer de sorte à ce que les modèles soient construits à partir des mêmes variables environnementales (une approche adoptée par Vignoles *et al.* (2021) par exemple). Or, la sélection des paramétrages pourrait très bien conduire à ce que les meilleurs paramétrages des unités archéologiques à comparer ne comportent pas les mêmes combinaisons de variables environnementales. D'autre part, le choix d'un paramétrage unique va nécessairement masquer la variabilité des prédictions finales et ainsi apporter une confusion : en tant que lecteur, nous accéderions visuellement à deux modèles de consensus rendant chacun compte de plusieurs modèles, mais les résultats de leur comparaison statistique ne rendront compte que d'un seul modèle à chaque fois.

Nous emploierons plutôt l'approche utilisée par *eg.*, Banks *et al.* (2021), qui consiste en **la comparaison de prédictions binarisées**. Les modèles médians seuillés (*cf.* § 2.2.2) sont transformés en cartes binaires en attribuant une valeur positive aux pixels prédits favorables (1 ou 2) et 0 aux pixels prédits non-favorables. La soustraction de ces cartes binaires permet de repérer les zones pour lesquelles il y a une perte ou un gain de la



favorabilité d'un modèle par rapport à l'autre, ainsi que les zones pour lesquelles la favorabilité est restée constante (Tableau I.4.1).

*Tableau I.4.1: Comparaison de cartes de favorabilité binarisées. Les modèles 1 et 2 sont composés de pixels de valeur 2 et 1 respectivement pour les zones favorables, et 0 pour les zones non favorables. Le résultat de la soustraction du modèle 2 au modèle 1 est ensuite interprétable en termes de gain/perte/persistence de la favorabilité entre les deux prédictions.*

<b>Modèle 1</b>	<b>Modèle 2</b>	<b>Résultat de l'opération : modèle 1 - modèle 2</b>	<b>Interprétation</b>
0	1	-1	Perte de favorabilité
0	0	0	<i>Absence de données</i>
2	1	1	Persistence de la favorabilité
2	0	2	Gain de favorabilité

### 4. Synthèse de la méthodologie

L'approche que nous proposons de mener dans cette thèse consiste à examiner les relations entre variabilité typo-technologique des industries lithiques et l'environnement occupé par les groupes humains. Pour ce faire, nous employons la modélisation de niches éco-culturelles comme outil privilégié pour identifier des relations entre la distribution géographique d'unités archéologiques et des variables climatiques et topographiques. Les différentes étapes de ce processus sont résumés sous la forme d'un schéma synthétique, qui pourra servir de référence pour la lecture des prochains chapitres. Ceux-ci traiteront dans un premier temps de la collecte et du traitement des données environnementales (Figure I.4.5, 1.a) et d'occurrences (Figure I.4.5, 1.b) dans notre cas d'étude. Dans un deuxième temps, nous exposerons plus concrètement la configuration des modèles de niches créés au cours de cette étude, ainsi que les modèles eux-mêmes (Figure I.4.5, 2.).

## 1. Collecte et préparation des données

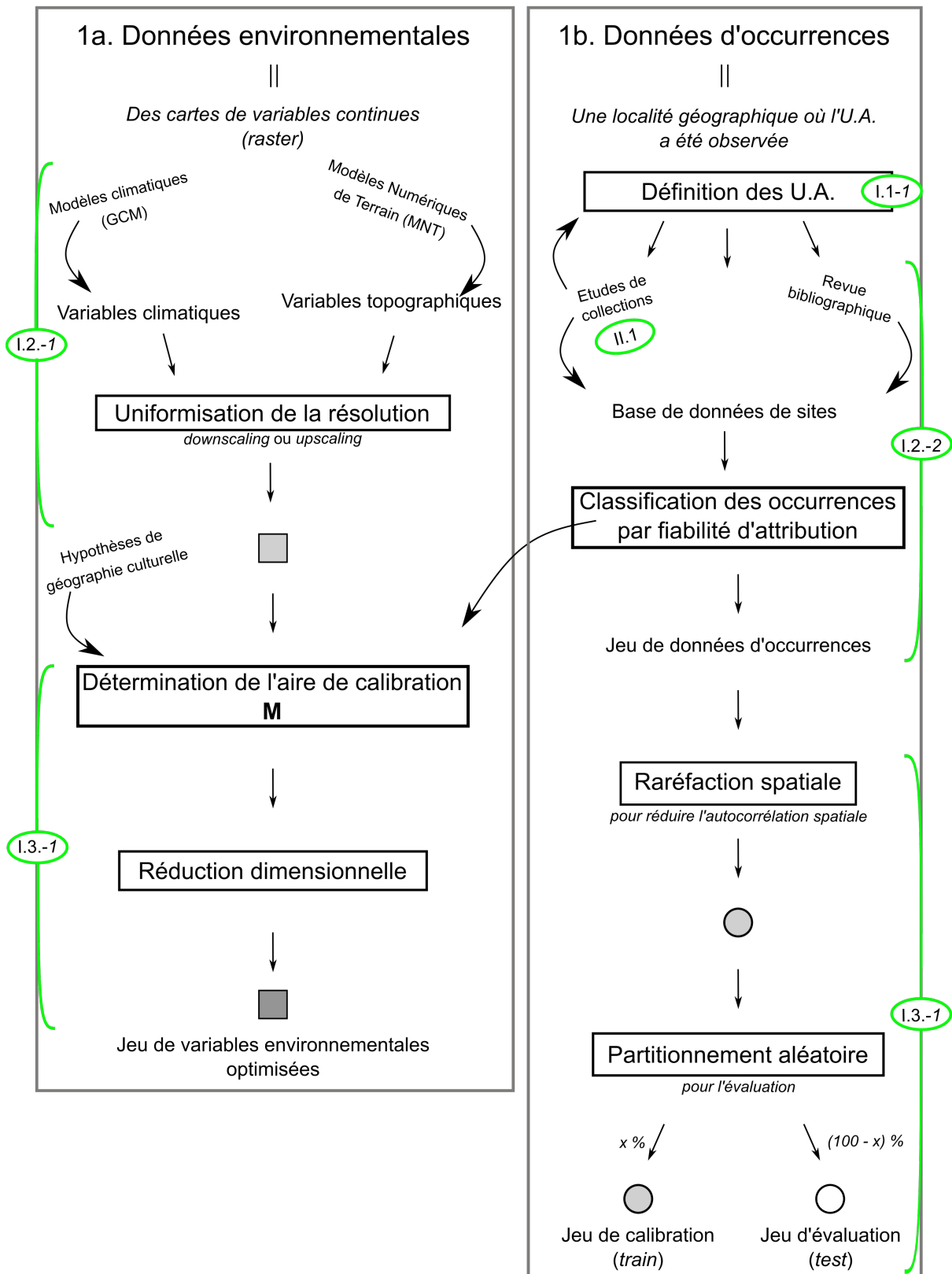
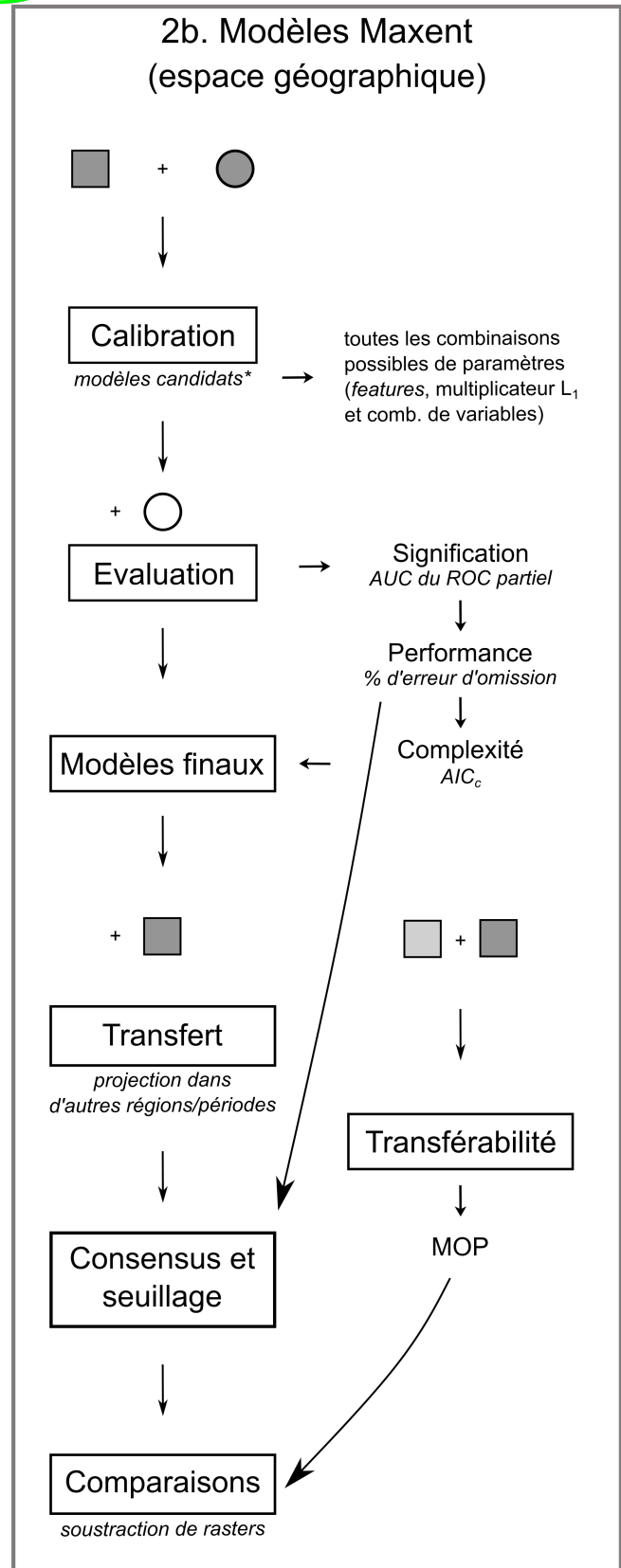
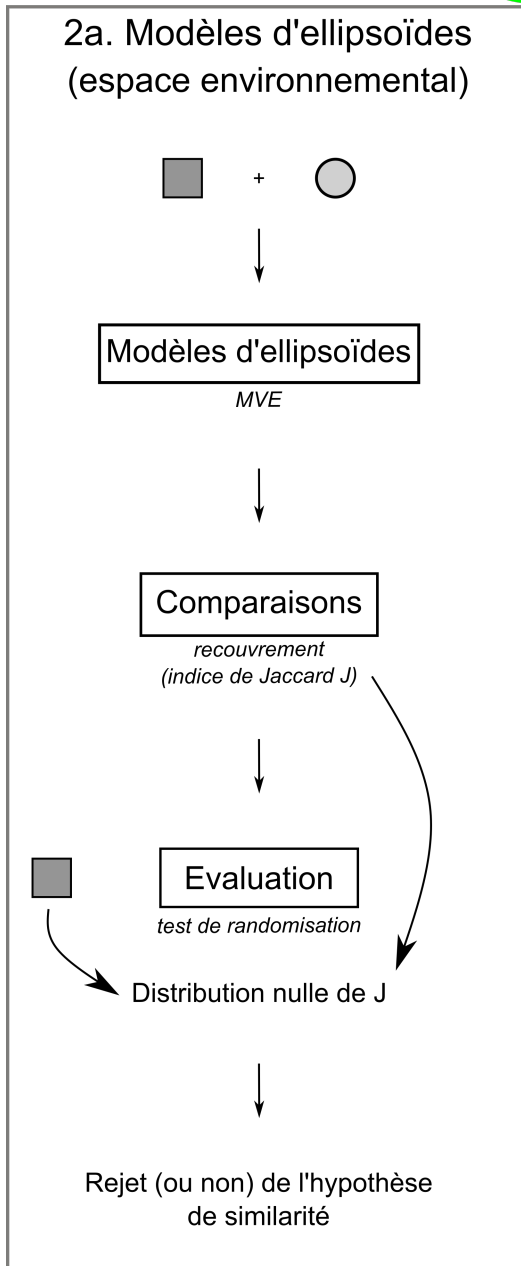


Figure I.4.5: Schéma synthétique de l'approche intégrée d'étude de mobilier archéologique et de modélisation de niches éco-culturelles employée dans cette thèse (page actuelle et suivante).

**2. Modélisation de niches** 1.3-1&2



**Rappel du plan de la thèse**

Partie I.1 : Cadre conceptuel et méthodologique

- chap. 1 & 2 : *Cadre théorique*
- chap. 3 & 4 : *Méthodologie générale*

Partie I.2 : Données

- chap. 1 : *Données environnementales*
- chap. 2 : *Données d'occurrences*

Partie I.3 : Dynamiques de niches

- chap. 1 : *Configuration des modèles*
- chap. 2 : *Résultats & discussion*

Partie II.1 : Etudes de collections anciennes

- chap. 1 : *Abri du Facteur*
- chap. 2 : *Gisement des Jambes*
- chap. 3 : *Abri du Flageolet I*



**•PARTIE 2**

**•DONNÉES ENVIRONNEMENTALES  
ET DONNÉES D'OCCURRENCES  
ARCHÉOLOGIQUES**



## **CHAPITRE 1 : MODÉLISATION DE L'ESPACE ENVIRONNEMENTAL**

---

Dans ce chapitre, nous présentons un modèle de l'espace environnemental des unités archéologiques étudiées. Comme nous l'avons abordé dans le chapitre 3 de la Partie 1 (Volume I), les variables environnementales employées pour la modélisation de niches doivent répondre à plusieurs prérequis : elles doivent être susceptibles d'avoir eu un impact sur la structuration des activités des chasseurs-cueilleurs employant les unités archéologiques étudiées. D'autre part, leur résolution temporelle et spatiale doit correspondre à celle des données d'occurrence. Dans les paragraphes suivants, nous présenterons tout d'abord les deux jeux de simulations issus du modèle climatique HadCM3 (Armstrong *et al.*, 2019 ; Beyer *et al.*, 2020a) ainsi que les variables topographiques (Amante et Eakins, 2009) que nous avons utilisés. La résolution des variables climatiques n'étant pas suffisante pour nos questionnements (*ca.* 50 km), nous avons procédé à une descente d'échelle statistique par modélisation GAM (*e.g.*, Vrac *et al.*, 2007 ; Levavasseur *et al.*, 2011 ; Antunes, 2015 ; Latombe *et al.*, 2018) afin d'atteindre une résolution de *ca.* 15 km, dont nous exposerons les détails dans un deuxième temps.

### **1. Présentation des jeux de données utilisés pour modéliser l'espace environnemental**

#### **1.1. Variables climatiques**

##### *1.1.1. Les simulations issues du modèle HadCM3*

Les deux jeux de variables climatiques que nous avons utilisé ont été simulées à partir d'un seul modèle climatique : HadCM3, développé dans les années 1990 par le *UK Hadley Center/Met Office* (Gordon *et al.*, 2000 ; Singarayer et Valdes, 2010 ; Valdes *et al.*, 2017). C'est un AOGCM : la composante atmosphérique a une résolution de 2.5°x3.75° tandis que la composante océanique correspond à un maillage de 1.25°x1.25° (Gordon *et al.*, 2000). C'est une résolution plutôt grossière par rapport à d'autres modèles récents (*e.g.*, le *Unified Model* du *Hadley Center* ; Valdes *et al.*, 2017 ; ou le modèle IPSL-CM6A-LR de l'institut Laplace ; Boucher *et al.*, 2020), mais ce petit inconvénient permet plusieurs avantages qui

nous intéressent. Tout d'abord, cette résolution plus faible permet une plus grande vitesse de calcul, et donc la production de simulations quasi-continues sur de longues périodes de temps (*e.g.*, Beyer *et al.*, 2020a). Cet aspect est particulièrement important dans notre cas : en effet, les reconstitutions du climat à haute résolution se focalisent plus généralement sur quelques périodes-clés du passé récent, notamment l'Holocène et le LGM (*e.g.*, les bases de données *paleoView* ; Fordham *et al.*, 2017 ; ou *CHELSA Climate* ; Karger *et al.*, 2017). Ainsi, très peu de jeux de données proposent des simulations pour les périodes de temps qui nous concernent, à savoir du GS 5.1 au GI 4. Ensuite, les simulations issues de HadCM3 – notamment celles produites par le laboratoire BRIDGE – sont toutes publiées en *open-access* ce qui nous permet d'y accéder facilement<sup>1</sup>. Cette multiplicité de simulations disponibles nous permet de comparer l'impact des sources de variables paléoclimatiques sur les modèles de niches. Bien qu'une comparaison inter-modèles eut été pertinente en complément de cette comparaison intra-modèle, nous n'avons malheureusement pas pu avoir accès à des simulations calculées par d'autres modèles climatiques. Dans les prochains paragraphes, nous présentons succinctement le mode de calcul des deux jeux de simulations paléoclimatiques utilisées dans notre étude.

a. *Les simulations calculées à l'équilibre*

Le premier jeu de données que nous employons, présenté par Beyer *et al.* (2020a), regroupe un ensemble de simulations à l'équilibre à haute résolution (0.5°x0.5°, soit des pixels de *ca.* 50 km de côté) couvrant la période de temps des derniers 120 000 ans. Elle reconstituent plusieurs variables climatiques et environnementales tous les 2 000 ans entre 120 000 et 22 000 ans BP, et tous les 1 000 ans entre 21 000 BP et l'ère moderne pré-industrielle (~1850). Les variables disponibles sont la température et précipitation moyenne pour les 12 mois de l'année, 17 variables bioclimatiques<sup>2</sup>, le couvert nuageux mensuel moyen, l'humidité relative, la vitesse du vent, ainsi que des reconstitutions des principaux biomes, de l'indice de surface foliaire et de la productivité primaire nette.

Les variables mensuelles ont été calculées à partir du modèle HadCM3 (Singarayer et Valdes, 2010 ; Valdes *et al.*, 2017) et possèdent donc une résolution de 3.75°x2.5° ; elles

---

1 <http://www.bridge.bristol.ac.uk/resources/simulations>

2 Il s'agit de variables dérivées des températures et précipitations mensuelles (appelées climatologies), qui représentent des tendances annuelles (*e.g.*, précipitation moyenne annuelle), la saisonnalité (*e.g.*, amplitude annuelle des températures) ainsi que des conditions extrêmes (*e.g.*, température moyenne du mois le plus froid, précipitation du mois le plus humide). Ces climatologies peuvent être calculées avec le package R *dismo* (fonction « *biovars* »).



représentent les conditions climatiques moyennées sur une période de 30 ans *post spin-up*<sup>3</sup>. Les données ont ensuite fait l'objet d'une descente d'échelle artificielle pour arriver à une résolution de 0.5°x0.5°, en utilisant la méthode Delta (*e.g.*, Beyer *et al.*, 2020b). En schématisant, celle-ci consiste dans un premier temps à obtenir un terme de correction en calculant la différence entre le climat moderne simulé à basse résolution et observé à haute résolution. Ce terme correctif est appliqué aux simulations à basse résolution sur toute la période concernée dans un second temps. Les reconstitutions de biomes, de la productivité primaire nette et de l'indice de surface foliaire ont ensuite été modélisés avec le modèle de végétation globale Biome4 (Kaplan *et al.*, 2003). Enfin, les variables ont fait l'objet d'une comparaison modèle-données empiriques, qui montre une bonne adéquation entre les valeurs modélisées et les valeurs observées en des localisations spécifiques.

### *b. Les simulations transitoires*

Le second jeu de données que nous avons employé, présenté par Armstrong *et al.* (2019), contient des simulations du climat de l'hémisphère nord à haute résolution (0.5°x0.5°) modélisées de façon continue entre 60 000 ans BP et l'actuel (~1950), de façon à incorporer la variabilité climatique millénaire et inter-annuelle. Les variables simulées sont la température, la précipitation, le rayonnement solaire à ondes courtes entrant, la température minimale, la profondeur de neige, le refroidissement éolien et le nombre de jours pluvieux, pour chaque mois entre l'actuel et 60 000 ans BP.

Cette série temporelle climatique a été générée à partir de 42 simulations à l'équilibre issues du modèle HadCM3b-M2.1 : il s'agit du modèle HadCM3 légèrement modifié par l'équipe de recherche BRISTOL du *Hadley Center* afin de corriger des *bugs* mineurs (n'ayant a priori pas d'impact majeur sur le climat simulé ; Valdes *et al.*, 2017). Ces simulations ont été conduites tous les 1 000 ans entre l'actuel et 22 000 ans BP, puis tous les 2000 ans entre 22 000 ans et 60 000 ans BP, en y appliquant des conditions limites correspondant à chaque période. Ces instantanés du climat ont ensuite été interpolés avec la méthode « *spline under tension* », qui consiste à créer une courbe lissée pour une variable entre deux simulations (Wessel et Bercovici, 1998). La variabilité climatique millénaire (*i.e.*, variabilité de Dansgaard-Oeschger ; Dansgaard *et al.*, 1993) a ensuite été modélisée en tentant de reproduire les variations dans la force de la circulation méridionale de renversement des

---

3 Le *spin-up* désigne le temps d'adaptation du modèle aux conditions limites. La période *post-spin-up* désigne donc la période après celle où le modèle trouve l'équilibre.

eaux de l'Atlantique (abrév. AMOC) par le biais de l'introduction d'eau douce dans l'Atlantique Nord. Ce processus est en effet considéré comme majeur dans l'établissement de la variabilité de Dansgaard-Oeschger (*ibid.*, Clark *et al.*, 2002 ; Elliot *et al.*, 2002). Ce forçage d'eau douce a été corrigé dans un deuxième temps, avec les courbes de températures déduites de l'étude de la carotte de glace du Groënland NGRIP (Kindler *et al.*, 2014). La variabilité ainsi simulée a été rajoutée aux simulations interpolées par tranche de 20 années (la résolution temporelle approximative de NGRIP). Ensuite, les simulations ont fait l'objet d'une descente d'échelle artificielle par interpolation bilinéaire et ont été corrigées en utilisant des variables actuelles à haute résolution (*e.g.*, le jeu de données du *Climatic Research Unit*, abrégé. CRU ; New *et al.*, 2002). Enfin, les simulations ont fait l'objet de comparaisons temporelles et spatiales avec les données empiriques, qui montrent une bonne adéquation entre les simulations et les observations.

### 1.1.2. Les variables climatiques utilisées dans ce travail

Afin de pouvoir au mieux comparer les modèles de niches calculés à partir de ces deux jeux de données climatiques, nous avons choisi de nous focaliser sur les variables qui leur sont communes. Il s'agit donc de variables dérivées de la température et de la précipitation mensuelles. Nous avons opté pour les climatologies représentant la tendance annuelle de température et précipitation, ainsi que pour celles donnant une indication sur les climats extrêmes au cours d'une année – à savoir la température du mois le plus froid, la température du mois le plus chaud, la précipitation du mois le plus sec et la précipitation du mois le plus humide (Tableau II.1.1 ; Figure II.1.1).

Nous avons tout d'abord extrait les variables de précipitation et température mensuelles correspondant aux périodes de temps qui nous intéressent. Nous avons opté pour deux périodes représentant d'une part les conditions climatiques au cœur du Gravettien moyen – à 30 ka BP – et d'autre part les conditions climatiques correspondant au début du GI 4 pour nous intéresser au remplacement du Gravettien moyen par le Gravettien récent – soit autour de 28.5 ka BP. Concernant le jeu de données à l'équilibre, étant donné sa résolution temporelle de 2000 ans entre chaque simulation, nous n'avons pu avoir accès qu'à la période de 30 ka BP. L'autre jeu de donnée étant composé de simulations transitoires, nous avons pu le « découper » très précisément autour de 30 ka BP et de 28.5 ka BP (Figure II.1.2). L'impact du mode de calcul des simulations sur les modèles de niches ne pourra donc

être évalué que pour les niches associées aux différentes unités archéologiques du Gravettien moyen à 30 ka BP.

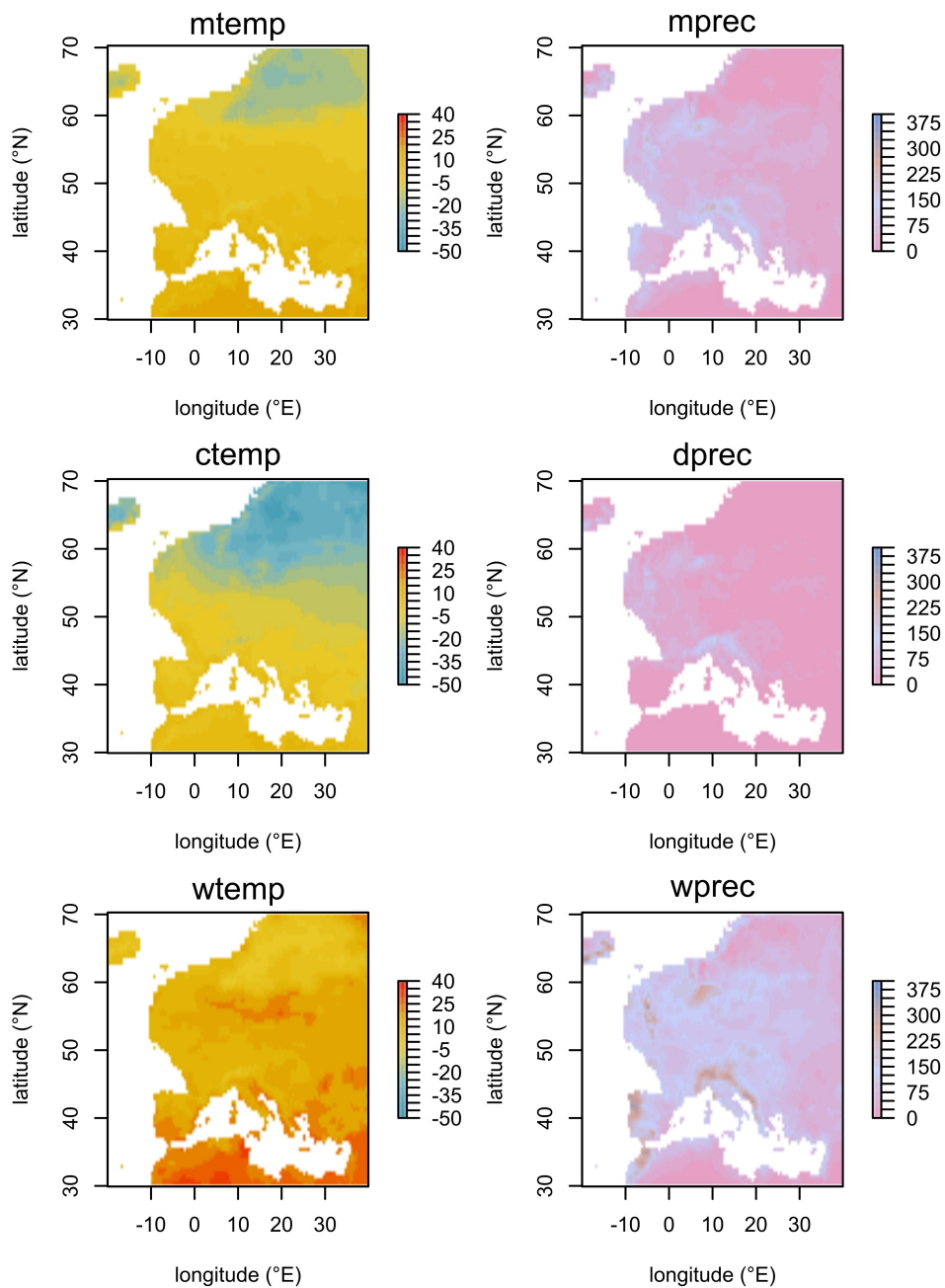


Figure II.1.1: Les six climatologies retenues pour modéliser le climat dans ce travail. Exemple du modèle HadCM3 à l'équilibre à 30 ka BP.

Tableau II.1.1: Présentation des climatologies employées pour la modélisation de niches écologiques. Les abréviations présentées sont celles utilisées dans les légendes de figures. Le mode de calcul des variables via le package R raster (Hijmans et van Etten, 2012) est également présenté.

<b>Climatologie</b>	<b>Abréviation</b>	<b>Calcul dans le package R raster</b>
Température moyenne annuelle (°C)	mtemp	mean(temp_jan, temp_feb,... temp_dec)
Précipitation moyenne annuelle (mm)	mprec	mean(prec_jan, prec_feb,... prec_dec)
Température du mois le plus chaud (°C)	wtemp	max(temp_jan, temp_feb,... temp_dec)
Température du mois le plus froid (°C)	ctemp	min(temp_jan, temp_feb,... temp_dec)
Précipitation du mois le plus humide (mm)	wprec	max(prec_jan, prec_feb,... prec_dec)
Précipitation du mois le plus sec (mm)	dprec	min(prec_jan, prec_feb,... prec_dec)

Cependant, il nous a semblé que la comparaison de simulations représentant le climat moyen autour de 30 ka BP – simulations à l’équilibre – avec des simulations représentant le climat au mois près – simulations transitoires – était peu pertinente. Afin de rendre ces climatologies plus comparables, nous avons plutôt travaillé avec des moyennes climatiques pluriannuelles calculées à partir des simulations transitoires (Figure II.1.2). Nous avons décidé de tester trois fourchettes temporelles afin d’évaluer la sensibilité des climatologies à l’établissement de moyennes pluriannuelles. Cette précaution nous permet de vérifier à quel point le choix de ce paramètre influence le résultat. Les fourchettes sont donc de 30 années, en miroir au temps de calcul *post spin-up* utilisé pour le modèle à l’équilibre, de 100 années et de 500 années. Ces moyennes pluriannuelles seront donc de fait plus comparables avec les climatologies issues des simulations à l’équilibre.

Cette étape d’extraction de températures et précipitations mensuelles, puis de calcul de climatologies a été réalisée dans R. Les rasters résultants ont ensuite été découpés pour ne garder que la région de l’Europe de l’Ouest et Centrale afin de diminuer le temps de calcul des étapes ultérieures.

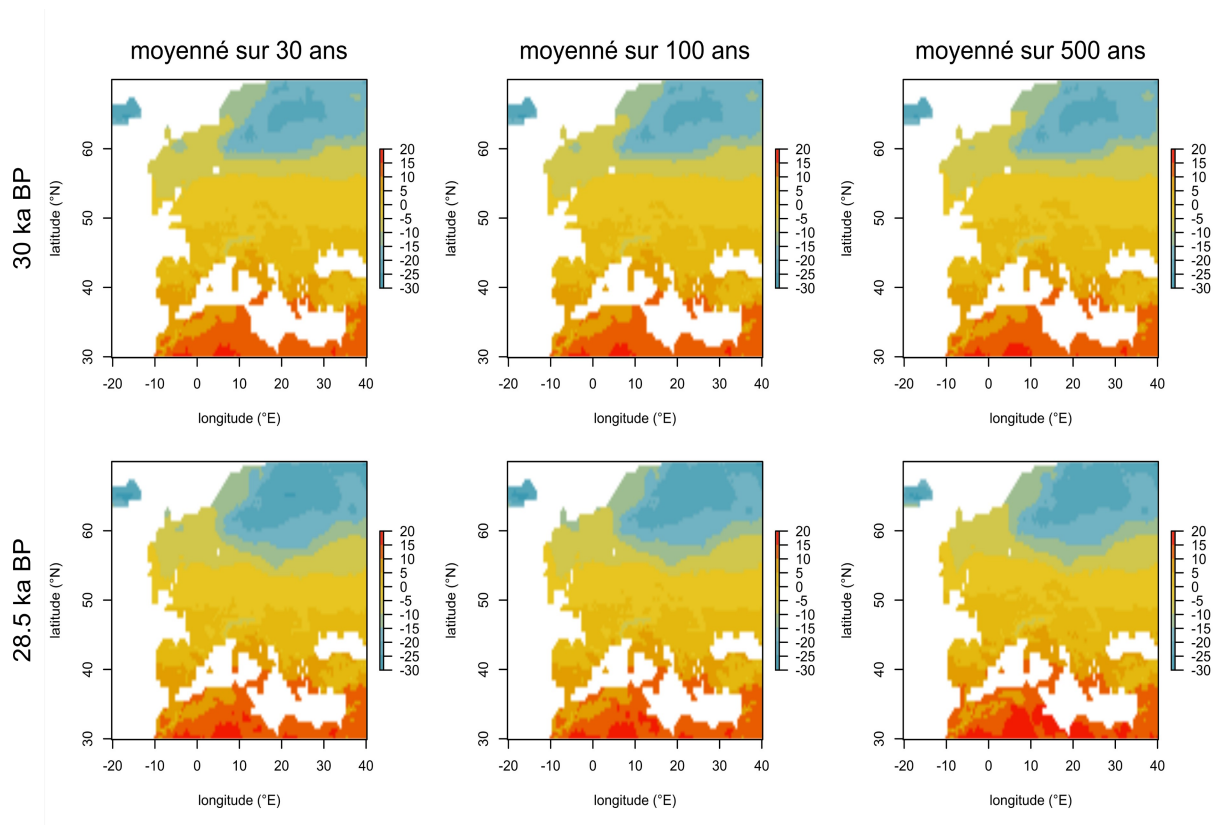


Figure II.1.2: Exemple d'une climatologie (température moyenne annuelle) issues des simulations transitoires moyennée sur trois périodes de temps (30 ans, 100 ans, 500 ans) autour des tranches chronologiques étudiées (30 ka BP pour le Gravettien moyen et 28.5 ka BP pour le Gravettien récent).

### 1.2. Variables topographiques

Les variables topographiques que nous avons employées proviennent du MNT ETOPO1 développé par le *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) Center (Amante et Eakins, 2009 ; Figure II.1.3A). Il s'agit d'un MNT représentant le relief mondial à une résolution de 1 arc-minute (environ 1.8 km) entre -90° et +90° en latitude et -180° et +180° en longitude. Il modélise à la fois la topographie des continents et la bathymétrie des océans à haute résolution sur l'ensemble de la planète. Le modèle est construit à partir de plusieurs modèles régionaux ou mondiaux topographiques et bathymétriques ayant été vérifiés, corrigés puis compilés. L'intégration de la bathymétrie et de la topographie au sein d'un même modèle était un critère important pour notre étude : en effet, le niveau des océans était plus bas que de nos jours aux abords des côtes françaises dans la tranche chronologique qui nous intéresse (autour de -90 m par rapport à l'actuel ; Siddall *et al.*, 2003). Il était donc nécessaire d'avoir accès au relief de zones aujourd'hui inondées et, de fait, reconstitué par des jeux de données de bathymétrie. Concrètement, nous avons reclassé

les pixels dont la valeur d'élévation était inférieure à -90 m en des pixels sans données (Figure II.1.3B).

Ensuite nous avons dégradé la résolution de ces variables afin d'atteindre la même résolution que celle des climatologies (ca. 50 km dans un premier temps, puis ca. 15 km après la descente d'échelle statistique ; cf. § 2 ; Figure II.1.3C). La méthode utilisée est le ré-échantillonnage par interpolation bilinéaire, c'est-à-dire que la valeur du pixel final sera pondéré par la valeur des quatre pixels situés en diagonale autour de lui (étape réalisée avec le package R raster ; Hijmans et van Etten, 2012).

Enfin, comme nous l'avons vu dans le chapitre 3 de la partie 1 (Volume I), l'élévation ne constitue généralement pas une variable pertinente dans le cadre de l'ENM. Il est plutôt préconisé d'utiliser des variables topographiques dérivées. Dans un deuxième temps, nous avons donc utilisé la fonction « terrain » implémentée dans le package R raster (Hijmans et van Etten, 2012) pour calculer la pente, l'exposition, la rugosité et l'index de rugosité du terrain (Figure II.1.3C). Le mode de calcul de ces variables est présenté dans le Tableau II.1.2.

Tableau II.1.2: Description des différentes variables dérivées de l'élévation calculées avec la fonction terrain du package R raster (Hijmans et van Etten, 2012). Les abréviations présentées sont celles utilisées dans les légendes de figures.

<b>Nom</b>	<b>Abréviation</b>	<b>Calcul dans le package R raster</b>
Pente	slope	Taux de changement d'élévation (algorithme présenté dans Horn, 1981)
Exposition	aspect	Orientation de la pente déterminant son exposition au soleil (algorithme présenté dans Horn, 1981)
Rugosité	roughness	Différence entre la valeur minimale et maximale d'une cellule et de ses 8 cellules voisines (Wilson <i>et al.</i> , 2007)
Index de Rugosité du Terrain TRI		Moyenne de la différence absolue entre la valeur d'une cellule et celle de ses 8 cellules voisines (Wilson <i>et al.</i> , 2007)

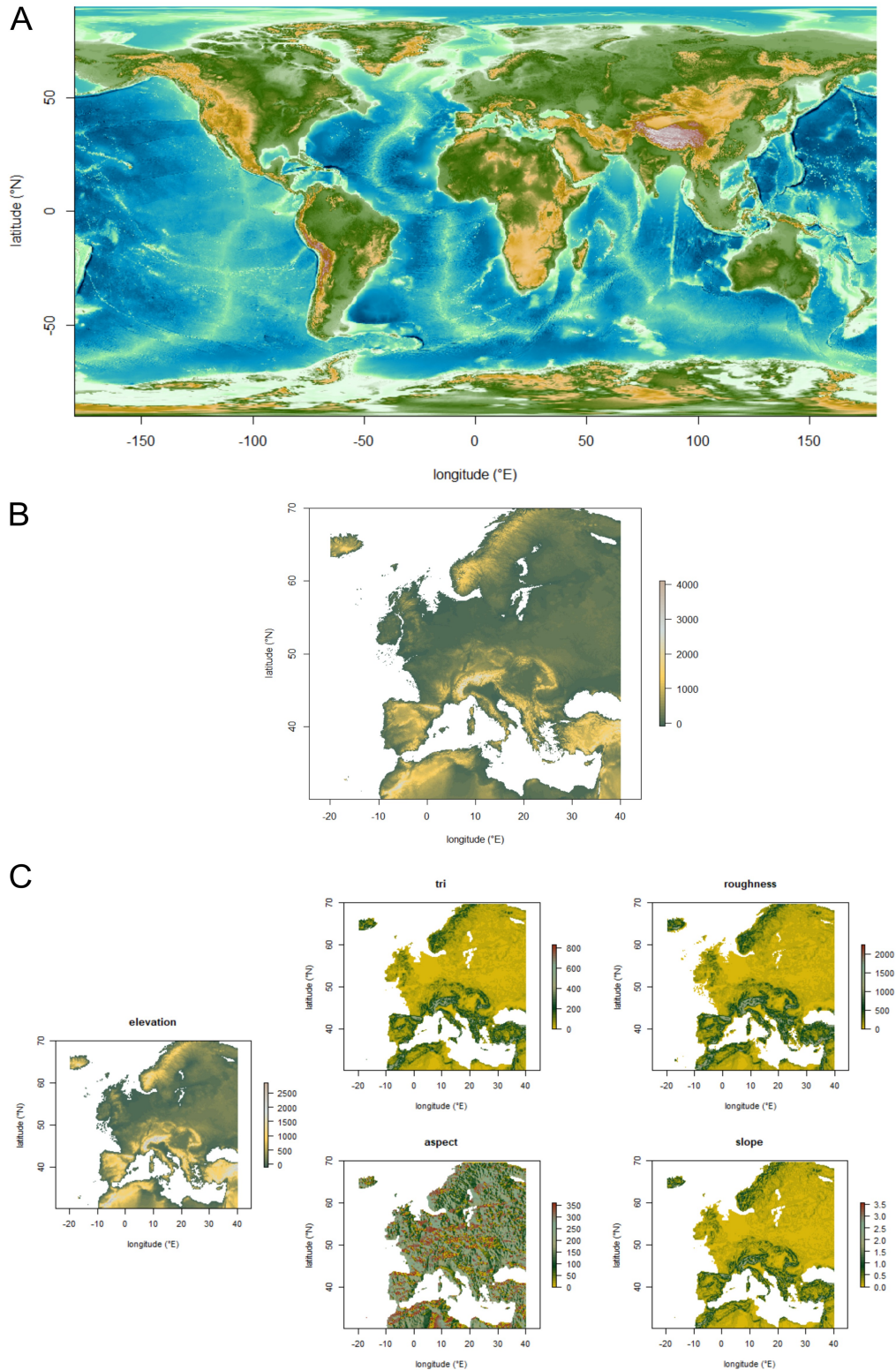


Figure II.1.3: Différentes étapes de la création de variables topographiques dérivées du MNT ETOPO1 (Amante et Eakins, 2009). A. Carte mondiale du relief du bedrock ETOPO1 (projection : WGS 84). B. Découpage autour de l'Europe et reclassement des valeurs inférieures à  $-90$  m. C. Dégradation de la résolution par interpolation bilinéaire puis calcul des quatre variables topographiques avec le package raster (Hijmans et van Etten, 2012).

## 2. Descente d’échelle statistique par modélisation GAM

### 2.1. Modélisation GAM : principe et méthodologie

#### 2.1.1. Principe général

La descente d’échelle statistique par modélisation GAM (*e.g.*, Vrac *et al.*, 2007 ; Levavasseur *et al.*, 2011 ; Latombe *et al.*, 2018 ; Figure II.1.4) consiste en la recherche de relations – linéaires ou non-linéaires – entre une variable expliquée (dénommée prédicteuse) et plusieurs variables explicatives (dénommées prédicteurs). Le modèle prend la forme d’une fonction de transfert qui, si appliquée à des données de basse résolution, permet d’inférer les valeurs et motifs spatiaux des données à haute résolution, en fonction de « prédicteurs », c’est-à-dire des variables qui expliquent le comportement local du climat. La méthode du GAM (Hastie et Tibshirani, 1990 ; Wood, 2017) est non-paramétrique, ce qui signifie que l’on n’impose pas un type de relation au modèle (Vrac *et al.*, 2007).

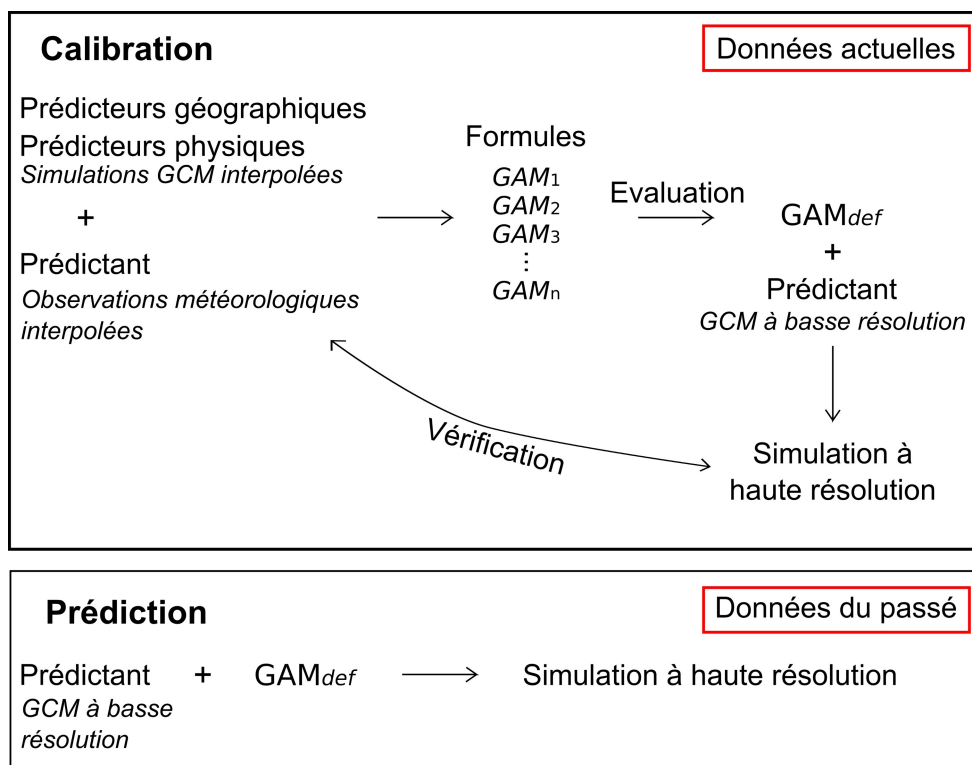


Figure II.1.4: Principe de la descente d’échelle statistique par modélisation GAM (d’après Antunes, 2015, Fig. 4.1, p. 96, modifié)



La modélisation GAM repose principalement sur le principe de stationnarité des biais présents dans les modèles climatiques (*e.g.*, Krinner et Flanner, 2018). En effet, des variables continues à haute résolution fiables ne sont pas disponibles pour des périodes anciennes en raison de la rareté spatiale des proxys climatique, tels que les carottes de sédiment ou de glace. La recherche des relations entre prédicteur et prédicteurs se fait donc généralement avec des données actuelles à haute résolution générées par interpolation entre enregistrements de stations météorologiques (*e.g.*, Vrac *et al.*, 2007 ; Levavasseur *et al.*, 2011 ; Antunes, 2015 ; Latombe *et al.*, 2018) et les simulations du climat actuel issues d'un modèle climatique (GCM) à basse résolution. La fonction de régression additive non-paramétrique est ensuite transférée au passé. Ce transfert repose donc sur l'hypothèse que les motifs de biais d'un modèle climatique sont stationnaires temporellement. Cette méthode permet d'augmenter la résolution d'une variable plus fidèlement que l'interpolation simple par exemple, puisqu'elle permet de reconstituer des phénomènes climatiques plus locaux, qui n'ont pas été captés par le modèle climatique, et ce, bien sûr, à condition que la fonction développée soit stationnaire au cours du temps (Vrac *et al.*, 2007). Un modèle GAM n'est donc valide que pour le GCM avec lequel il a été calibré.

Concrètement, la descente d'échelle par modélisation GAM consiste à établir une équation de type «  $\text{predictant} \sim s(\text{predicteur}_1) + s(\text{predicteur}_2) + \dots + s(\text{predicteur}_n)$  »<sup>4</sup>. Les prédicteurs sont des variables physiques (*e.g.*, température, précipitation...) et des variables géographiques (*e.g.*, élévation, pente...). Ils doivent être à la même résolution que le prédicteur pour la calibration du modèle. Plusieurs équations sont alors générées pour tester différentes combinaisons de prédicteurs. Cette étape de calibration nous permet de sélectionner le meilleur modèle (généralement le moins complexe) parmi toutes les possibilités. L'équation retenue est ensuite appliquée aux climatologies à basse résolution actuelles, nous permettant de vérifier la cohérence de la simulation à haute résolution par rapport aux observations météorologiques. Si l'équation donne des résultats satisfaisants, il est alors possible de l'appliquer aux climatologies du passé (Figure II.1.4).

### 2.1.2. Prédicteurs et prédicteurs

Les données de haute résolution employées pour calibrer le modèle GAM sont des climatologies moyennes mensuelles à une résolution de  $0.16^\circ$  (environ 16 km) du CRU (New

---

4 Le terme «  $\sim s(x)$  » symbolise la relation entre le prédicteur et le prédicteur  $x$  (Antunes, 2015, p. 97).

et al., 2002). Ces climatologies ont été reconstituées à l'échelle du globe en excluant l'Antarctique pour la période de janvier 1961 à décembre 1990, à partir de l'interpolation d'enregistrements de stations météorologiques. Parmi les climatologies disponibles, nous avons retenu **la température et la précipitation mensuelles**, qui constituent nos **prédicteurs**. Ce sont ces climatologies qui seront comparées aux simulations HadCM3 grossières modélisant le climat sub-actuel. Précisons ici que les données à haute résolution (CRU) et à basse résolution (HadCM3) qui seront comparées n'ont pas exactement la même fenêtre temporelle. En effet, comme nous l'avons vu dans les sections 1.1.1.a et 1.1.1.b, les simulations HadCM3 à l'équilibre s'arrêtent en 1850, tandis que les simulations HadCM3b transitoires ne dépassent pas l'année 1950. Cependant, les différences de température et précipitations entre la période de 1961-1990 et 1850/1950 sont négligeables au regard des incertitudes associées aux modèles du climat pour le passé et à la modélisation GAM. Des données de climatologies à résolution équivalente n'existent de toute façon pas pour la fin du XIX<sup>ème</sup> et le début du XX<sup>ème</sup>.

Les **prédicteurs géographiques** employés sont l'élévation, la pente et la rugosité (cf. section 1.2) pour nos deux prédicteurs. Les **prédicteurs climatiques** sont la température et l'humidité relative (uniquement pour les simulations à l'équilibre<sup>5</sup>) pour le prédicteur température, et la température, précipitation et humidité relative (uniquement pour les simulations à l'équilibre) pour le prédicteur précipitation. Ces derniers sont obtenus à partir de l'interpolation bilinéaire des simulations de températures, précipitations et humidité relative mensuelle issues de HadCM3 ou HadCM3b en fonction. Précisons ici que la précipitation nécessite d'être transformée en log en amont, en raison d'une hypothèse de gaussianité faite dans la modélisation GAM (Vrac et al., 2007). Précisons également que nous avons dû faire ce processus de calibration pour chaque jeu de simulations séparément (soit, les simulations à l'équilibre, puis les simulations transitoires pour chaque moyenne pluri-annuelle), puisque la calibration d'un modèle GAM est spécifique au GCM pour lequel il a été calibré. Au final, nous avons donc **4 à 6<sup>6</sup> prédicteurs géographiques et climatiques** à la résolution des simulations CRU (ca. 16 km) pour augmenter la résolution des prédicteurs températures et précipitations mensuelles pour chaque jeu de simulations (Tableau II.1.3).

---

5 L'humidité relative ne fait pas partie des variables calculées dans le jeu de simulations transitoires, cf. § 1.1.1.b.

6 En fonction des jeux de simulations et des prédicteurs.

Tableau II.1.3: Prédicteurs et prédicteurs utilisés pour la descente d'échelle par modélisation GAM

Prédicteur	Jeu de simulations	Prédicteurs climatiques	Prédicteurs géographiques
Température	À l'équilibre	Température, humidité relative	
	Transitoires	Température	
Log (précipitation)	À l'équilibre	Température, humidité relative, log (précipitation)	Élévation, pente, rugosité
	Transitoires	Température, log (précipitation)	

### 2.1.3. Calibration et sélection du meilleur modèle

Le modèle GAM pour chaque prédicteur et chaque jeu de simulations climatiques a été calibré avec le *package* R *mgcv* (Wood, 2017). Pour chaque prédicteur (température et précipitation), nous avons généré toutes les équations possibles à partir des combinaisons de prédicteurs climatiques et géographiques. Concernant le jeu de données à l'équilibre, 31 équations pour la température et 64 équations pour la précipitation ont été évalués. Concernant le jeu de données transitoires, seulement 15 équations ont été générées pour la température, et 31 pour la précipitation. Étant donné que les climatologies finales dont nous souhaitons augmenter la résolution présentent des tendances à la fois annuelles et saisonnières (température moyenne annuelle vs. température du mois le plus froid *etc.*), nous avons effectué la calibration sur les 12 mois de l'année, c'est-à-dire que nous avons utilisé toutes les valeurs mensuelles de température, humidité relative et précipitation au lieu de moyennes annuelles. Ainsi, la descente d'échelle des climatologies saisonnières et annuelles sera plus robuste car nous incluons une plus grande variabilité de valeurs dans l'étape de calibration.

Afin de sélectionner la meilleure équation GAM, nous avons comparé leurs performances *via* l'AIC (*cf.* Volume I, partie 1, chapitre 3 ; Akaike, 1974) en suivant la méthodologie de Latombe *et al.* (2018). Cette statistique mesure le bon ajustement relatif de chaque modèle aux données tout en pénalisant le nombre de paramètres, ce qui permet de diminuer le risque d'*overfitting*. Nous avons sélectionné l'équation avec l'AIC le plus bas (soit le modèle pour lequel le  $\Delta_{AIC} = AIC_i - AIC_{\min} = 0$ ), tout en vérifiant la signification du modèle par le biais du pourcentage de variance expliqué par les variables et la *p-value* de chaque variable.

#### 2.1.4. Prédiction sur les données à basse résolution

Le modèle retenu pour chaque prédicteur et chaque jeu de données est ensuite utilisé pour prédire les climatologies annuelles et saisonnières qui nous intéressent (*cf.* Tableau II.1.1). Nous avons tout d'abord prédit les climatologies sur les simulations transitoires et à l'équilibre sub-actuelles, afin de vérifier la pertinence du modèle de descente d'échelle. Pour cela, nous avons comparé les GCM à haute résolution issu du GAM avec les données CRU. Nous avons également fait cette comparaison avec les GCM à haute résolution issus d'une interpolation bilinéaire, afin d'évaluer la performance du GAM vis-à-vis d'une méthode *a priori* moins précise. Cette vérification visuelle nous a permis d'identifier des zones pour lesquelles la descente d'échelle par GAM n'est pas tout à fait conforme aux données CRU. Compte tenu des incertitudes liées au modèle ainsi qu'au décalage temporel entre les données CRU et les simulations sub-actuelles issues du GCM, nous avons considéré qu'un décalage de 2°C en température ou 20 mm en précipitation restait une erreur acceptable.

Une fois cette vérification terminée, nous avons appliqué le GAM sur les climatologies pour 30 ka BP (simulations à l'équilibre et transitoires) et pour 28.5 ka BP (simulations transitoires uniquement).

## 2.2. Résultats et discussion

### 2.2.1. Simulations à l'équilibre

La calibration du modèle a permis de déterminer les meilleurs prédicteurs pour la température et la précipitation (Tableau II.1.4). Pour la température, il s'agit de la température, l'humidité relative, l'élévation, la pente et la rugosité, qui expliquent 99,14 % de la variance. Concernant la précipitation, la calibration permet de retenir la température, la précipitation, l'humidité relative, l'élévation et la rugosité comme prédicteurs ; ceux-ci expliquent 92,04 % de la variance. Les *p-values* associées à ces prédicteurs sont toutes largement inférieures à 0.05.

## Chapitre 1 : Modélisation de l'espace environnemental

Tableau II.1.4: Sélection des modèles GAM de descente d'échelle pour la température et la précipitation issues des simulations à l'équilibre parmi toutes les combinaisons possibles de prédicteurs. Seuls les cinq modèles avec l'AIC le plus bas sont présentés. Abréviations : temp = température ; prec = précipitation ; rhum = humidité relative ; elev = élévation ; slope = pente ; rough = rugosité.

Modèle candidat	AIC	$\Delta_{AIC}$	$w_{AIC}$	Variance expliquée
<b>Température</b>				
Temp + rhum + elev + slope + rough	1327091.01	0	1	99.14
Temp + rhum	1428681.15	101590.14	0	99.08
Temp	1431406.45	104315.44	0	99.08
Temp + elev + slope	1337893.66	10802.65	0	99.12
Rhum + elev + slope + rough	3088300.31	1761209.3	0	71.20
<b>Précipitation</b>				
Temp + prec + rhum + elev + rough	-121346.19	0	1	92.04
Temp + rhum	880802.26	1002148.4	0	65.57
Rhum + elev + slope + rough	914857.96	1036204.1	0	57.75
Rhum + elev + slope	920685.44	1042031.6	0	57.26
Rhum + slope + rough	927235.50	1048581.6	0	56.69

Cependant, les courbes de régression associées aux modèles de température et précipitation (Figure II.1.5) nous indiquent qu'il y a beaucoup de résidus (*i.e.*, valeurs s'éloignant de la courbe). Cela signifie que le modèle GAM ne permet pas de reproduire exactement les données CRU à partir du GCM à résolution grossière. Il est donc nécessaire de vérifier visuellement les différentes cartes pour voir les zones où les écarts sont importants.

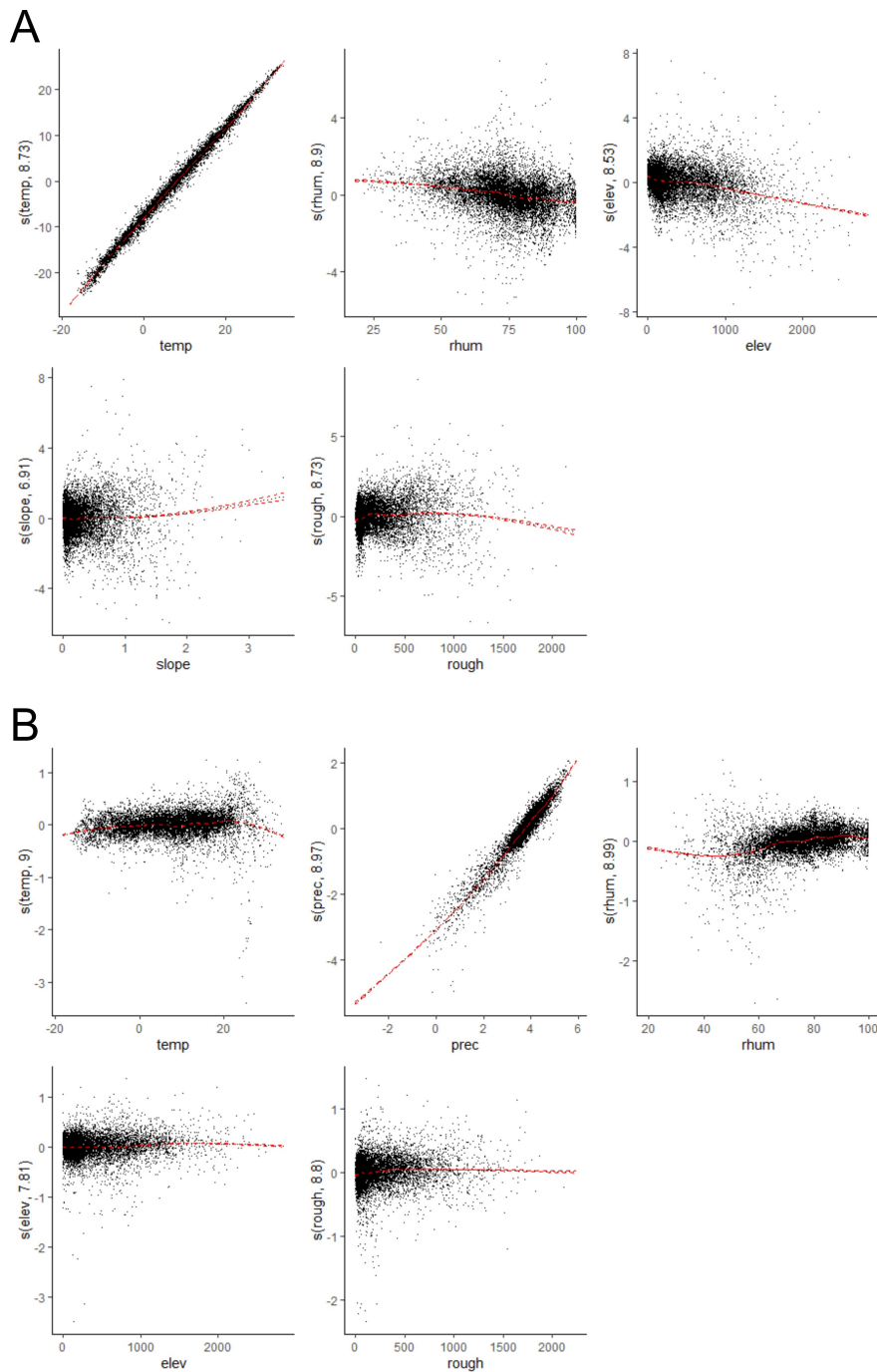


Figure II.1.5: Courbes de régression des modèles GAM sélectionnés pour la température (A) et la précipitation (B) issues des simulations à l'équilibre.

a. Température

Pour les trois climatologies sur lesquelles nous avons appliqué le GAM, les écarts de température entre les simulations GCM et les données CRU sont compris entre  $-2^{\circ}\text{C}$  et  $+2^{\circ}\text{C}$  pour la majorité des pixels de la zone d'étude, voire entre  $-1^{\circ}\text{C}$  et  $1^{\circ}\text{C}$  pour la température moyenne annuelle et la température du mois le plus chaud (Figure II.1.6). La sur-estimation

maximale de température du modèle GAM est de 7°C et sa sous-estimation maximale est de 8°C. Ces écarts sont dans les trois cas moins importants que pour l'interpolation bilinéaire, dont les valeurs de mauvaise estimation se situent entre -10°C et +8°C. Cependant, ces écarts ne présentent pas tout à fait les mêmes motifs spatiaux en fonction de la climatologie analysée. Ils semblent la plupart du temps se concentrer sur des points de reliefs, comme les Pyrénées, les Alpes ou la région des Balkans, et ce de façon plus importante pour la température du mois le plus chaud. Les températures sont également sur-estimées par la modélisation GAM dans le nord-est de l'Europe pour la température du mois le plus froid et la température du mois le plus chaud. Ces motifs spatiaux sont similaires pour l'interpolation bilinéaire et le modèle GAM (Figure II.1.6).

### *b. Précipitation*

La précipitation donne des différences plus importantes entre les données CRU et les climatologies obtenues à partir des simulations GCM avec le modèle GAM. Bien que, de la même façon que pour la température, la majorité des écarts se situent entre -20 mm et +20 mm – voire -10 et +10 mm pour la précipitation moyenne annuelle et la précipitation du mois le plus sec –, le modèle GAM peut sur-estimer les précipitations jusqu'à 90 mm et les sous-estimer de maximum 140 mm (Figure II.1.7). Cette fourchette reste moins étendue que celle de l'interpolation bilinéaire, dont les mauvaises estimations se situent entre -130 mm et +110 mm. La répartition spatiale des écarts est également similaire entre les deux simulations, bien que la carte produite par le GAM présente des zones moins étendues. Pour la précipitation moyenne annuelle et la précipitation du mois le plus sec, les écarts sont plus faibles et se situent principalement au niveau des grands reliefs, soit les Alpes et les Pyrénées. En revanche, la précipitation du mois le plus humide présente beaucoup plus de variabilité et des zones d'erreurs plus étendues (Figure II.1.7). Celles-ci se concentrent sur la côte Atlantique espagnole et portugaise, sur une partie de la côte méditerranéenne et adriatique, sur les grands reliefs ainsi qu'en Europe du Nord et de l'Est. Ces zones restent cependant plus réduite dans certains régions pour le modèle GAM, comme par exemple dans le Sud-Est de la France ou la Grande-Bretagne.

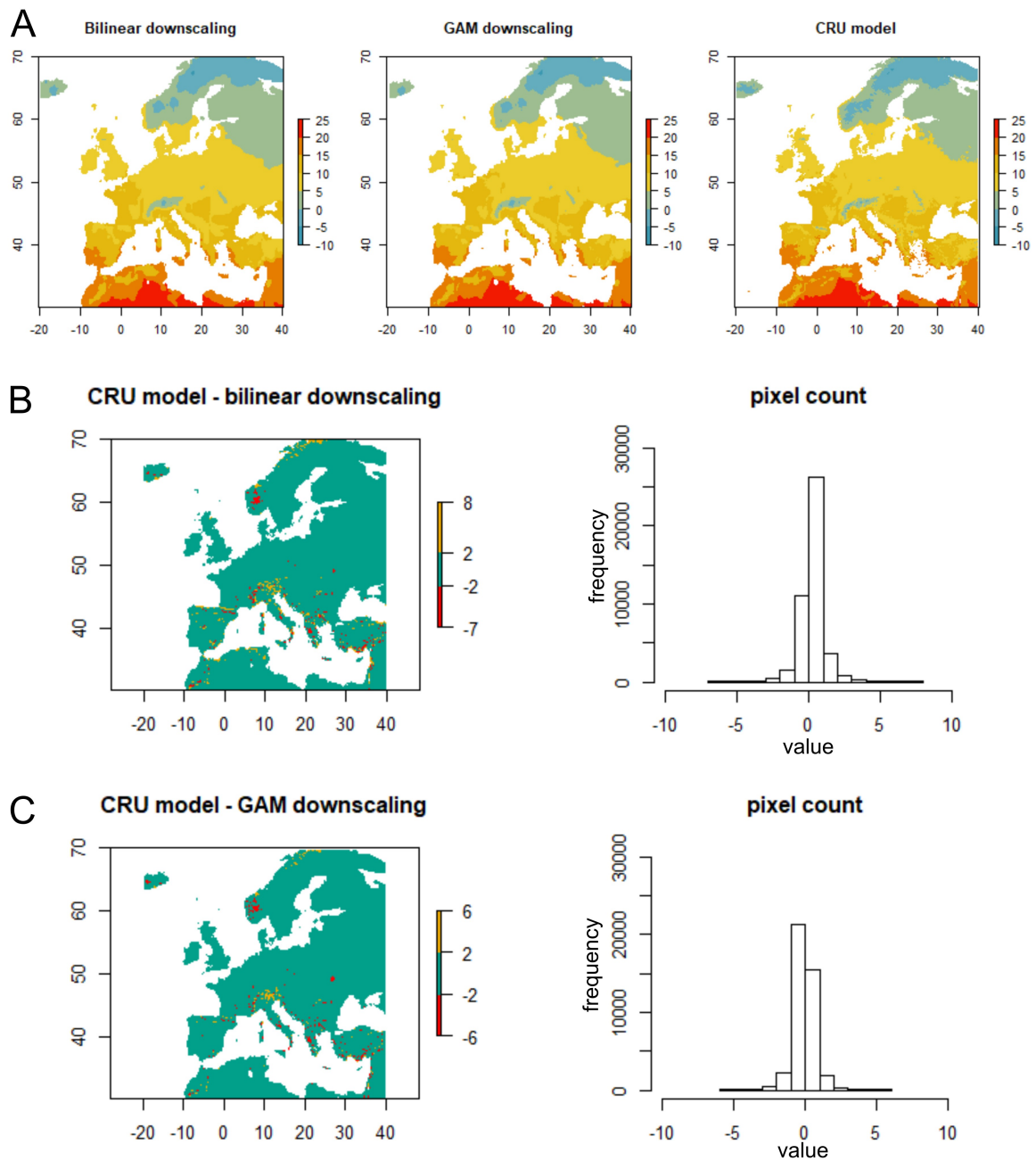


Figure II.1.6: Comparaison de deux méthodes de descente d'échelle avec les données à haute résolution du CRU. Exemple de la température moyenne annuelle issues des simulations à l'équilibre. **A.** Température moyenne annuelle à une résolution de 0.16° selon interpolation bilinéaire ou modélisation GAM et température moyenne annuelle du CRU. **B.** Différence entre les données CRU et l'interpolation bilinéaire du GCM. **C.** Différence entre les données CRU et le modèle GAM.



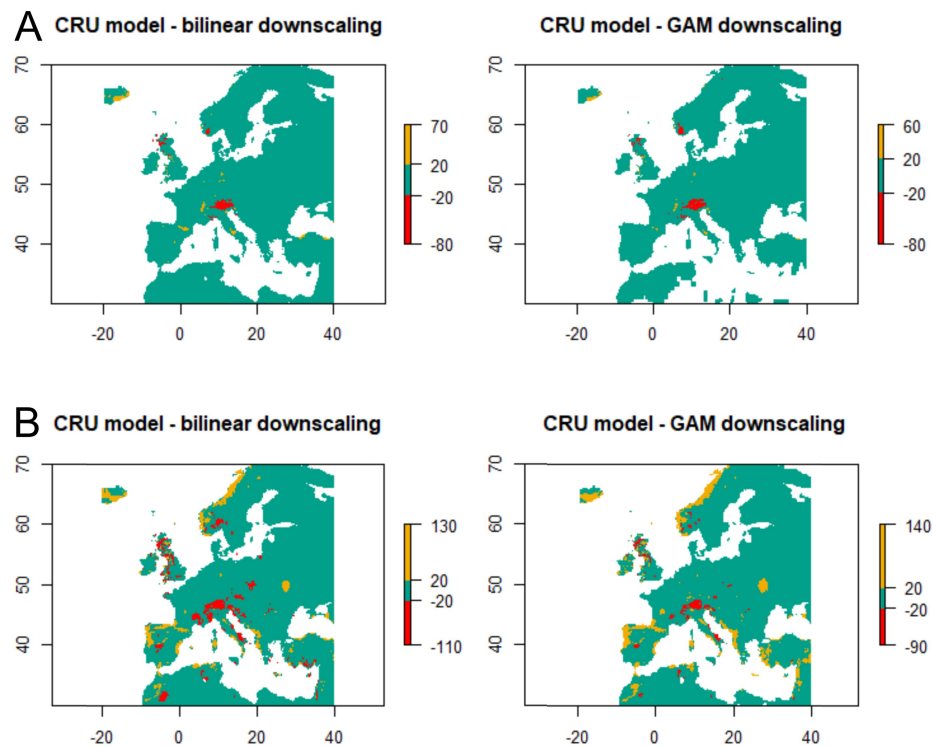


Figure II.1.7: Comparaison de deux techniques de descente d'échelle pour les climatologies de précipitation issues des simulations à l'équilibre. **A.** Précipitation du mois le plus sec. **B.** Précipitation du mois le plus humide.

c. Discussion

Au final, la descente d'échelle via le modèle GAM donne des résultats proches de ceux l'interpolation bilinéaire à la fois pour la température et précipitation. La répartition spatiale des sur- et sous-estimations de températures et précipitation sont similaires entre les deux méthodes. On remarquera cependant que le modèle GAM comporte globalement moins d'erreurs : en particulier, les sur- et sous-estimations de températures sont moins étendues spatialement, et sont également plus limitées en termes de valeurs. Dans l'ensemble, cette observation se retrouve pour les précipitations, sauf dans le cas de la précipitation du mois le plus humide, qui comprend de plus importantes sous-estimations par le GAM. Les résultats sont cependant à améliorer, peut-être par l'inclusion d'autres prédicteurs ou l'utilisation d'une autre méthode d'interpolation pour réduire la résolution des prédicteurs climatiques (*e.g.*, Latombe *et al.*, 2018).

En définitive, les écarts de températures supérieurs à 2°C et de précipitations supérieurs à 20 mm entre les simulations GCM et les données CRU sont situés principalement dans des régions qui n'intéressent que peu notre étude. Les plus hauts reliefs

(Pyrénées et Alpes) qui se situent dans notre région d'intérêt étaient à l'époque recouverts de glaciers, et ne constituent donc pas des espaces accessibles aux populations paléolithiques. De même, les régions d'Europe centrale, de l'Est et du Nord sont trop éloignées des sites auxquels nous nous intéresseront. La climatologie devant faire l'objet de plus de précautions dans notre région d'intérêt est la précipitation du mois le plus humide, dont les principaux écarts se situent dans le sud-sud-est de la France et le Pays Basque/Cantabres.

### 2.2.2. *Simulations transitoires*

La calibration du modèle nous conduit à retenir la température, l'élévation, la pente et la rugosité comme prédicteurs de la température pour les trois jeux de données. Concernant la précipitation, les mêmes prédicteurs ont été sélectionnés ainsi que la précipitation (Tableau II.1.5). Cependant, la variance expliquée par les prédicteurs est moins bonne que pour le modèle GAM développé pour les simulations à l'équilibre, puisque les prédicteurs sélectionnés n'expliquent qu'environ 82 % de la variance pour la température, et seulement 75 à 78 % pour la précipitation en fonction des jeux de données. Les *p-values* associée à ces prédicteurs sont toutefois largement inférieures à 0.05.

Cette moins bonne performance par rapport au GAM pour les simulations à l'équilibre se retrouve également dans l'analyse des courbes de régression (Figure II.1.8). Celles-ci présentent non seulement un grand nombre de résidus, mais dans le cas de la température, la corrélation semble assez mauvaise pour les prédicteurs géographiques. Ces tendances sont identiques pour les trois jeux de données. Il faut donc s'attendre à observer des différences assez importantes entre les données CRU et les climatologies GCM à haute résolution après prédiction du modèle GAM.

## Chapitre 1 : Modélisation de l'espace environnemental

Tableau II.1.5: Sélection des modèles GAM de descente d'échelle pour la température et la précipitation issues des simulations transitoires parmi toutes les combinaisons possibles de prédicteurs. Seuls les cinq modèles avec l'AIC le plus bas sont présentés. Abréviations : temp = température ; prec = précipitation ; rhum = humidité relative ; elev = élévation ; slope = pente ; rough = rugosité.

Modèle candidat	AIC	$\Delta_{AIC}$	$w_{AIC}$	Variance expliquée
<b>Climatologies moyennées sur 30 ans</b>				
<b>Température</b>				
Temp + elev + slope + rough	2817292.31	0	1	82.91
Temp + elev + rough	3850604.01	1033311.71	0	2.36
Rough	3877202.43	1059910.12	0	1.44
Elev	3934773.08	1117480.77	0	1.69
Temp + elev	2955667.40	138375.09	0	82.95
<b>Précipitation</b>				
Temp + prec + elev + slope + rough	629474.68	0	1	75.67
Temp + prec + elev + slope	630858.07	1383.39	4e-301	75.60
Temp + prec + elev + rough	652432.29	22957.61	0	75.38
Temp + prec + rough	656943.42	27468.74	0	75.16
Prec + elev + slope + rough	659349.05	29874.37	0	74.15
<b>Climatologies moyennées sur 100 ans</b>				
<b>Température</b>				
Temp + elev + slope + rough	2826285.29	0	1	82.60
Temp + slope	2827289.81	1004.52	7e-219	82.56
Elev + rough	3850604.01	1024318.72	0	2.36
Rough	3877202.43	1050917.14	0	1.44
Elev	3934773.08	1108487.79	0	1.69
<b>Précipitation</b>				
Temp + prec + elev + slope + rough	574205.82	0	1	78.4
Temp + prec + elev + slope	575365.55	1159.73	1e-252	78.43
Temp + prec + elev + rough	598486.74	24280.91	0	78.11
Prec + elev + slope + rough	602395.61	28189.79	0	77.22
Prec + elev + slope	604341.13	30135.31	0	77.13
<b>Climatologies moyennées sur 500 ans</b>				
<b>Température</b>				
Temp + elev + slope + rough	2818893.62	0	1	82.85
Elev + rough	3850604.01	1031710.39	0	2.36
Rough	3877202.43	1058308.81	0	1.44
Elev	3934773.08	1115879.46	0	1.69
Temp + elev	2957532.39	138638.77	0	82.89

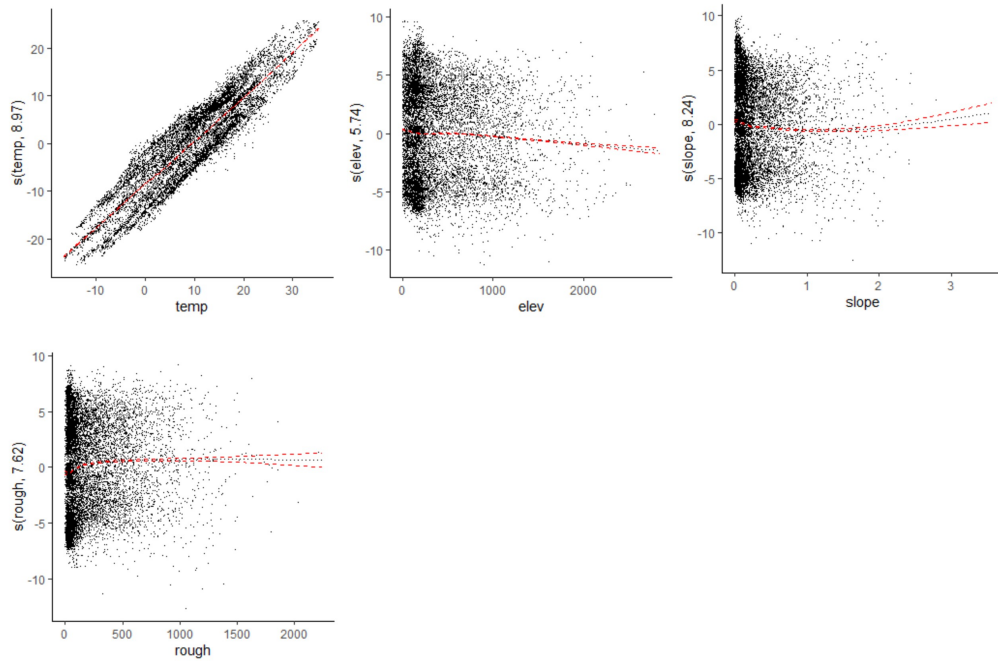
<b>Précipitation</b>				
Temp + prec + elev + slope + rough	602946.22	0	1	77.25
Temp + prec + elev + slope	603965.67	1019.45	4e-222	77.20
Temp + prec + elev + rough	626573.01	23626.78	0	76.92
Prec + elev + slope + rough	630565.86	27619.64	0	75.94
Temp + prec + rough	631489.71	28543.49	0	76.70

*a. Température*

Les résultats sont globalement moins bons que pour les simulations à l'équilibre. En effet, pour les trois jeux de climatologies issues des simulations transitoires, le modèle GAM a plus tendance à sur-estimer les températures par rapport aux données CRU, puisque les plus hautes valeurs de sur-estimation sont de 11°C pour la température du mois le plus froid, de 8°C pour la température moyenne annuelle et de -6°C pour la température du mois le plus chaud. GAM sous-estime également les températures jusqu'à maximum 7-8°C. Ces écarts restent tout de même plus faibles que dans le cas de l'interpolation bilinéaire, cette dernière présentant des écarts de -9°C à +13°C pour la température du mois le plus froid, et de -6°C à +9-10°C pour les deux autres climatologies (e.g., Figure II.1.9).

Ces écarts ne présentent pas tout à fait les mêmes motifs spatiaux en fonction de la climatologie analysée. De plus, nous observons une différence assez nette entre climatologies moyennées sur 30 ans et celles moyennées sur 100 ou 500 ans. Ces deux dernières présentent en effet beaucoup moins de pixels présentant des écarts de plus de 2°C avec les données CRU. Pour toutes les climatologies, les écarts trop importants sont généralement situés au niveau des reliefs tels que les Alpes, les Pyrénées ou les Balkans. Concernant la température moyenne annuelle, ces différences sont beaucoup moins étendues pour le modèle GAM que pour l'interpolation bilinéaire et ce dans le cas des trois jeux de données.

A



B

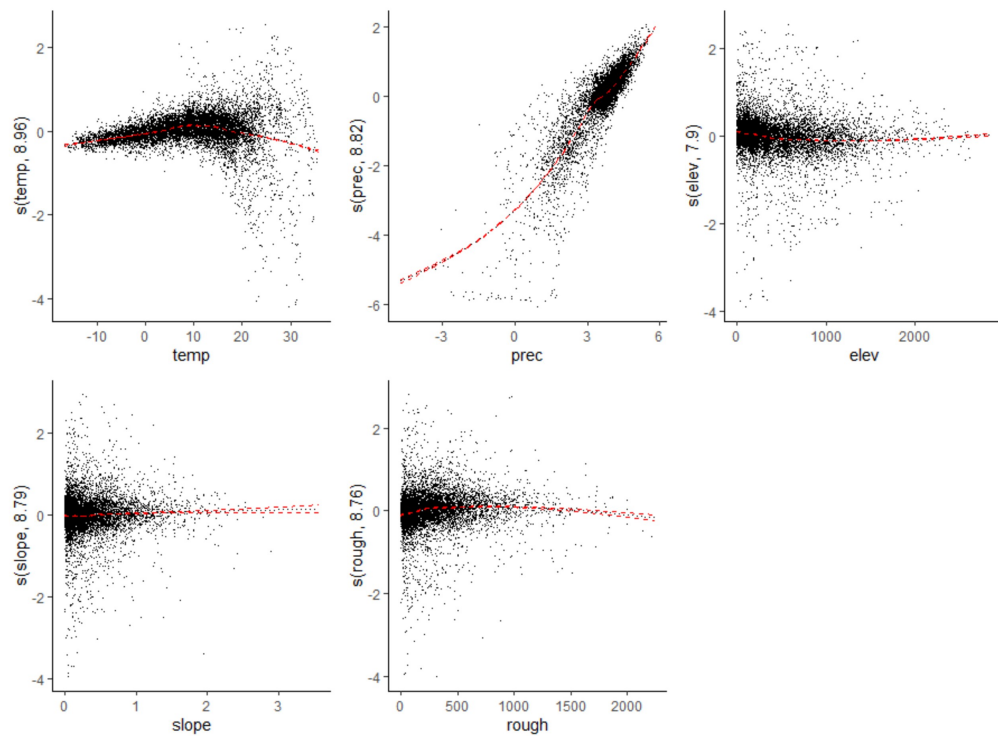
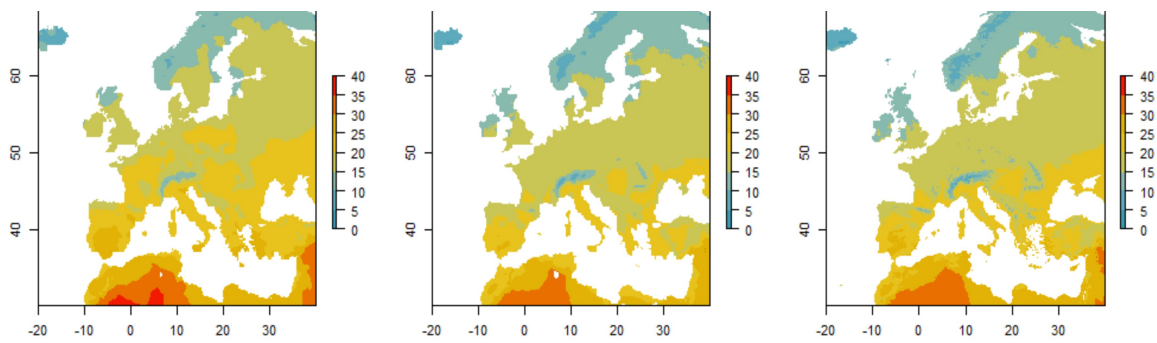
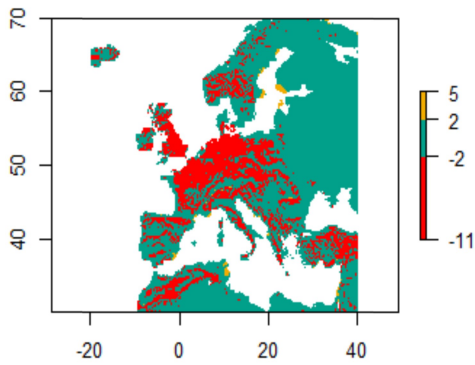


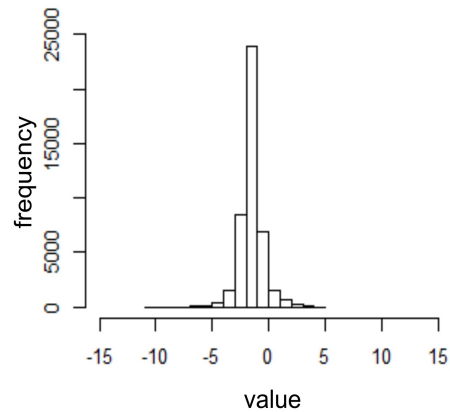
Figure II.1.8: Courbes de régression des modèles GAM sélectionnés pour la température (A) et la précipitation (B) issues des simulations transitoires. Exemple des simulations moyennées sur 100 ans.



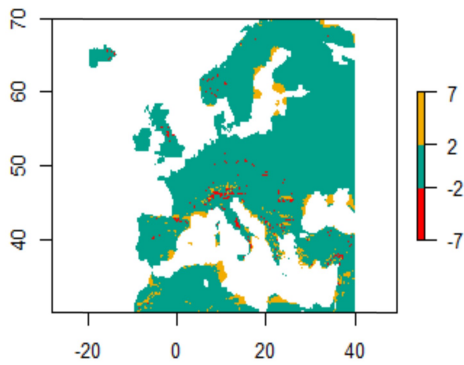
**B** CRU model - bilinear downscaling



pixel count



**C** CRU model - GAM downscaling



pixel count

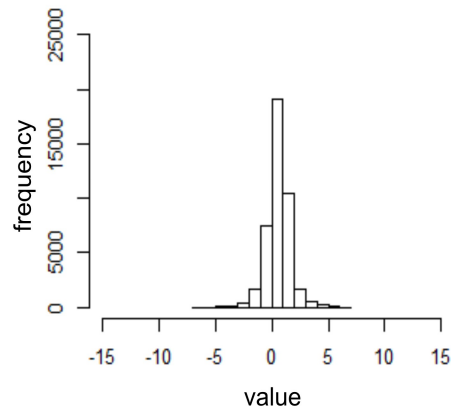


Figure II.1.9: Comparaison de deux méthodes de descente d'échelle avec les données à haute résolution du CRU. Exemple de la température du mois le plus chaud issues des simulations transitoires moyennées sur 30 ans. **A.** Température du mois le plus chaud à une résolution de 0.16° selon interpolation bilinéaire ou modélisation GAM et température du mois le plus chaud du CRU. **B.** Différence entre les données CRU et l'interpolation bilinéaire du GCM. **C.** Différence entre les données CRU et le modèle GAM.

Concernant la température du mois le plus froid, tous les modèles sur-estiment systématiquement les températures sur de larges aires, notamment la moitié sud de l'Italie, les reliefs des Alpes, Pyrénées, Balkans, la Grèce, la côte nord de la mer Caspienne ainsi que le pourtour de la mer Baltique et la Suède/Norvège. Ces écarts sont globalement moins

étendus pour le modèle GAM que pour l'interpolation bilinéaire, en tout cas en Europe de l'Ouest. Enfin, concernant la température du mois le plus chaud, les climatologies issues du modèle GAM présentent toujours moins de pixels avec des écarts supérieurs à 2°C, et ce principalement pour les simulations moyennées sur 30 ans. Le modèle a en revanche tendance à sous-estimer les températures, contrairement à l'interpolation bilinéaire qui les sur-estime. Ces écarts se répartissent sur les reliefs des Alpes et Pyrénées, sur les côtes méditerranéennes françaises, ainsi que sur la côte nord de la mer Caspienne et une partie des côtes de la mer Baltique (Figure II.1.9).

### *b. Précipitation*

Les résultats pour la précipitation sont également moins satisfaisants que dans le cas des simulations à l'équilibre. Les écarts de valeurs sont beaucoup plus importants, allant de -260 à +140 mm pour la moyenne sur 30 ans, de -300 à +150 mm pour la moyenne sur 100 ans, et de -270 à +140 mm pour la moyenne sur 500 ans, et ce notamment pour la précipitation du mois le plus humide (Figure II.1.10). Ces écarts sont généralement plus faibles dans le cas de l'interpolation bilinéaire, pour laquelle ils sont compris entre -110/120 mm et +280 mm. La répartition spatiale des écarts trop importants est également légèrement plus vaste pour GAM que pour l'interpolation bilinéaire, mais reste peu étendue dans l'absolu pour la précipitation moyenne annuelle et la précipitation du mois le plus sec. Elle se répartit sous la forme de petits îlots de surestimation en Europe Centrale, au niveau des Pyrénées, des Alpes, le long de côtes méditerranéennes françaises (uniquement pour la moyenne sur 30 ans) et en Grande-Bretagne, ainsi que quelques zones de sous-estimation sur les côtes nord de Norvège, sur la côte adriatique de la Grèce, et au centre et à la pointe sud de l'Italie. La répartition des écarts supérieurs à 20 mm pour précipitation du mois le plus humide est plus étendue, et ce principalement pour la moyenne sur 30 ans. Pour ce dernier, les zones de sur-estimation sont principalement situées sur les reliefs comme les Pyrénées, les Alpes et les Balkans, tandis que les zones de sous-estimation sont plutôt situées sur les zones côtières en Méditerranée, en Mer Baltique et en Mer du Nord. Quelques îlots de sur- et sous-estimations sont également présents en Europe Centrale et de l'Est. Pour les moyennes sur 100 et 500 ans, les pixels présentant des écarts de précipitation supérieurs à 20 mm sont beaucoup moins nombreux mais sont situés dans les mêmes zones que pour la moyenne sur 30 ans (Figure II.1.10).

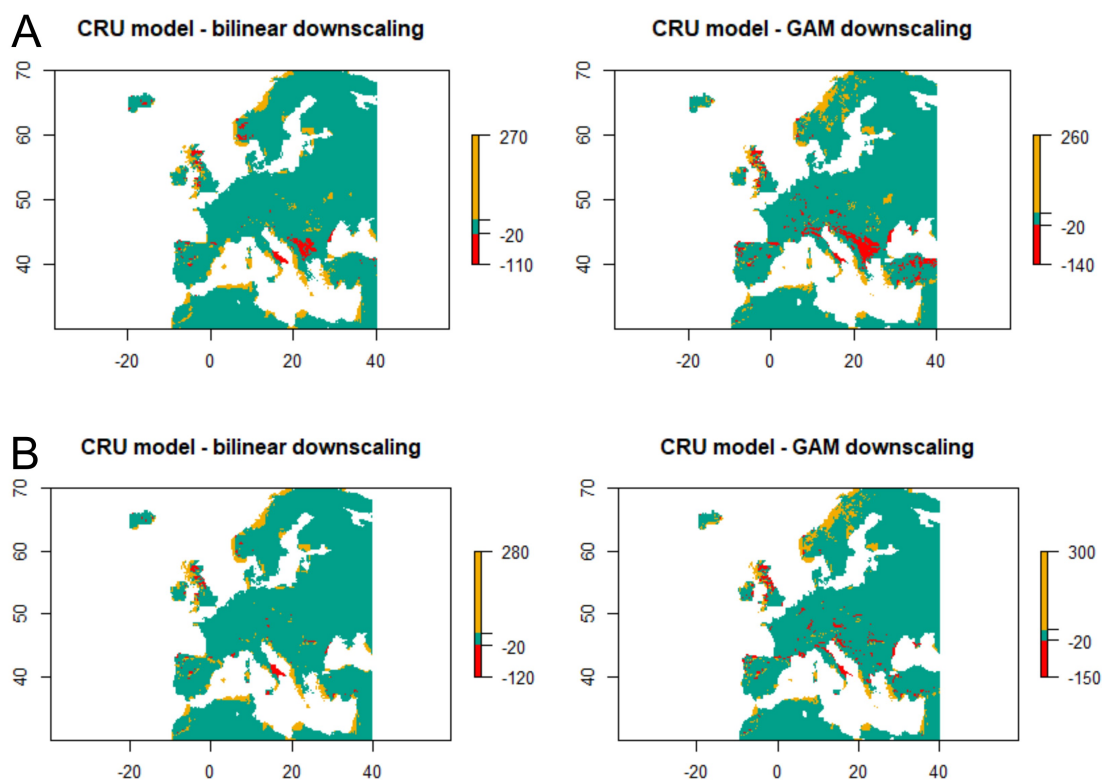


Figure II.1.10: Comparaison de deux techniques de descente d’échelle pour la précipitation du mois le plus humide issues des simulations transitoires. **A.** Descente d’échelle sur la climatologie moyennée sur 30 ans. **B.** Descente d’échelle sur la climatologie moyennée sur 100 ans.

### c. Discussion

La descente d’échelle par GAM donne des résultats plus mitigés pour les climatologies issues des simulations transitoires. Notre modélisation GAM apporte une amélioration à la descente d’échelle de la température par rapport à l’interpolation bilinéaire, bien qu’un plus grand nombre d’erreurs soient à déplorer pour la température du mois le plus froid. Concernant la précipitation, les résultats sont moins bons puisque les zones de sur- ou sous-estimations de plus de 20 mm sont plus nombreuses, bien que globalement peu étendues (sauf pour la précipitation du mois le plus humide). Ces problèmes sont peut-être dus au fait que nous n’avons utilisé que peu de prédicteurs et que nous n’avons pas inclus des prédicteurs liés au vent ou à la continentalité, puisque ceux-ci ne nous étaient pas disponibles lors de cette étape. Cette hypothèse expliquerait également la faible proportion de la variance expliquée par les prédicteurs. L’ajout de prédicteurs pourrait permettre une meilleure prédiction du modèle et une amélioration des estimations de température et précipitation au niveau des côtes par exemple.



Globalement, la descente d'échelle par GAM fonctionne mieux pour les simulations moyennées sur 100 ans et 500 ans que pour celles moyennées sur 30 ans, qui montrent plus d'erreurs. Cependant, à l'instar des simulations à l'équilibre, on remarquera que la plupart des zones concernées par une sur- ou sous-estimation sont généralement assez éloignées de notre zone d'étude (nord de l'Europe, Europe Centrale et de l'Est, Balkans) ou n'étaient pas accessibles en raison de la présence de glaciers (Alpes et Pyrénées). On notera néanmoins que les côtes françaises méditerranéennes font souvent l'objet d'une sous-estimation des températures ou une sur-estimation des précipitations. La moitié sud de l'Italie est également souvent touchée par des sur- et sous-estimations des précipitations ainsi que par des sur-estimations de températures. Ces régions devront donc faire l'objet d'une plus grande prudence d'interprétation de notre part.

### 3. Synthèse

En définitive, l'espace environnemental que nous emploierons pour la modélisation des niches éco-culturelles du Gravettien moyen et récent sera composé de 10 variables climatiques et géographiques. Les variables géographiques regroupent 4 variables topographiques pour un trait de côte à -90 m (Siddal *et al.*, 2003) : la pente, l'exposition, la rugosité et l'indice de rugosité (Hijmans et van Etten, 2012), calculées à partir du MNT ETOPO1 (Amante et Eakins, 2009). Les variables climatiques sont au nombre de 6 et permettent d'estimer les conditions moyennes annuelles de température et précipitation, ainsi que des conditions extrêmes saisonnières (températures du mois le plus chaud et du mois le plus froid, précipitations du mois le plus humide et du mois le plus sec). Ces climatologies ont été calculées à partir de simulations à l'équilibre issues du modèle HadCM3 (Beyer *et al.*, 2020a) ou de simulations transitoires moyennées sur trois tranches de temps (30 ans, 100 ans et 500 ans) issues du modèle HadCM3b (Armstrong *et al.*, 2019). Le climat reconstitué par ces climatologies correspond au GS 5.2 (*ca.* 30 ka BP) ou au début du GI 4 (*ca.* 28,5 ka BP) seulement pour les simulations transitoires. Les simulations étant disponibles à une résolution trop grossière pour notre échelle d'analyse (0.5°), nous avons tenté une descente d'échelle statistique par modélisation GAM (*e.g.*, Vrac *et al.*, 2007 ; Levavasseur *et al.*, 2011 ; Antunes, 2015 ; Latombe *et al.*, 2018) afin d'atteindre la résolution de 0.16°. Bien que cette opération donne des résultats imparfaits, puisqu'entraînant certainement des sur- et sous-estimations de température et précipitations notamment au

niveau des reliefs, elle reste néanmoins une option globalement plus juste qu'une méthode de descente d'échelle plus simple telle que l'interpolation bilinéaire. Elle constitue donc pour l'instant un compromis acceptable pour nous permettre de travailler à une échelle plus fine et adaptée à nos données d'occurrences.

## CHAPITRE 2 : DONNÉES D'OCCURRENCES ARCHÉOLOGIQUES

---

Dans ce chapitre, nous présentons notre inventaire bibliographique des sites attribués au Gravettien moyen et récent que nous avons structuré en base de données relationnelle. À partir des informations qualitatives recensées sur la typo-technologie des ensembles archéologiques et leur contexte de découverte, nous avons construit différents jeux de données d'occurrences correspondant aux différentes unités archéologiques définies dans le chapitre 1 de la partie 1 (Volume I).

### **1. Présentation de l'inventaire bibliographique des sites du Gravettien moyen et récent**

#### **1.1. La base de données « sites gravettiens »**

Notre inventaire bibliographique des sites du Gravettien moyen et récent s'est construit sous la forme d'une base de données relationnelle (*cf.* Volume I, partie 1, chapitre 3) que nous avons dénommé « sites gravettiens ». Notre objectif était de produire une liste aussi exhaustive que possible des sites potentiellement attribuables au Gravettien moyen et récent en France – et, dans une moindre mesure, dans les pays limitrophes (Allemagne, Espagne et Italie). Il est prévu, à terme, de mettre cette base de données à la disposition de la communauté des préhistoriens.

La base en elle-même comprend au total 21 tables permettant de recueillir différents types d'informations (Figure II.2.1). Les relations se polarisent autour de deux tables principalement : la table « site », qui concerne le site en tant que gisement archéologique, et la table « ensemble », qui concerne une collection d'artefacts repérée stratigraphiquement (*i.e.*, appartenance à une couche ou à un niveau) et/ou spatialement (*e.g.*, habitat central, locus 1 etc).

•Partie 2 •Données environnementales et données d'occurrences archéologiques

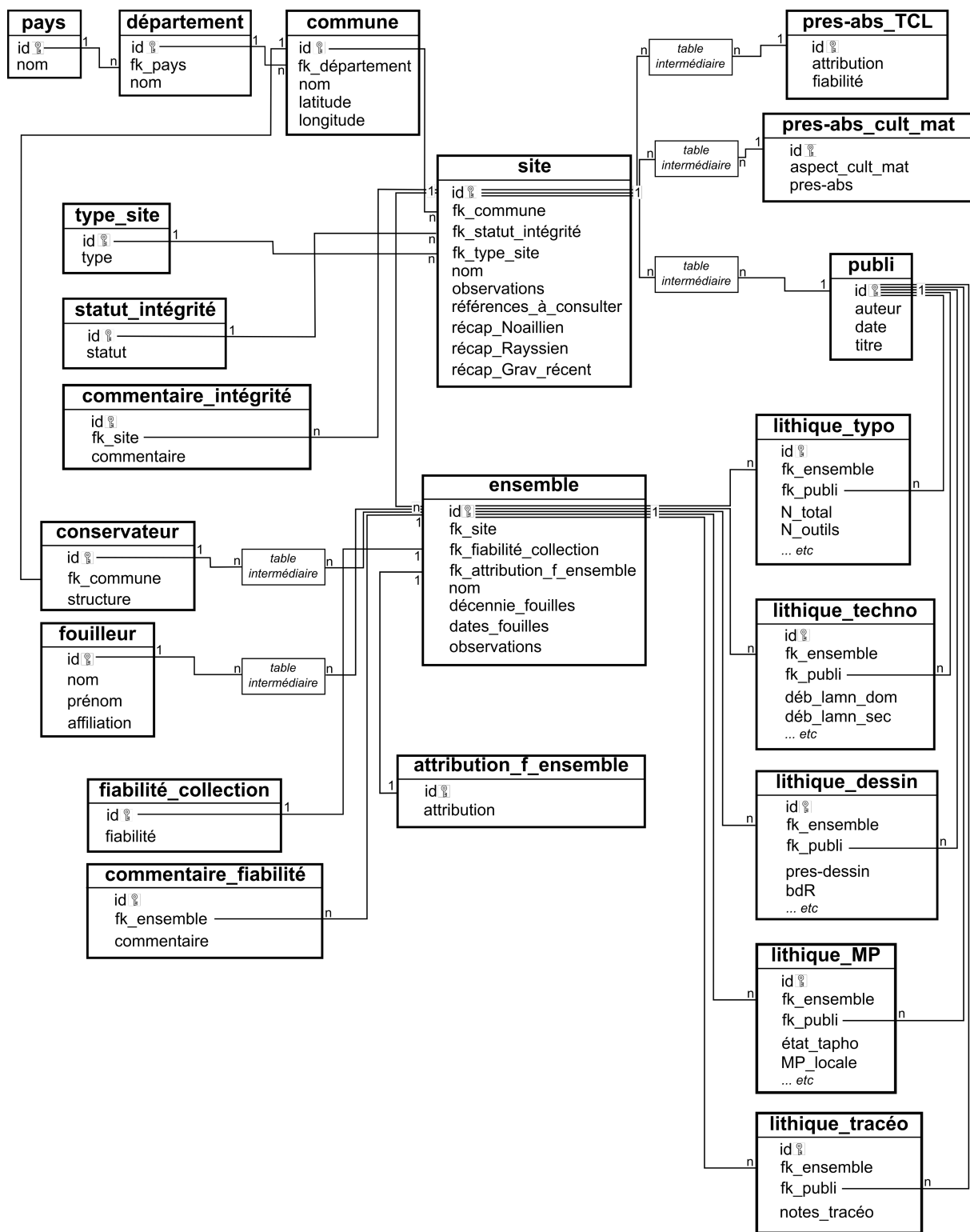


Figure II.2.1: Structure relationnelle de la base de données "sites gravettiens". Le symbole de clé indique la clé primaire de chaque table. La polarité des relations est indiquée par (1, n).

**À l'échelle du site**, nous avons associé des informations assez générales sur le gisement, telles que son type (*e.g.*, abri sous-roche, site de plein-air *etc.*), sa localisation géographique, son intégrité taphonomique générale, la présence de différents aspects de la culture matérielle (*e.g.*, industries lithiques, osseuses, faune, parure *etc.*) ainsi que les références consultées pour recueillir les différentes informations. Nous avons également associé au site des attributions chrono-culturelles concernant différentes phases du Paléolithique supérieur. Cette attribution reste indicative dans le cas des unités archéologiques ne concernant pas directement notre étude (*e.g.*, Aurignacien, Solutréen, Magdalénien...). Concernant le Gravettien moyen et récent, l'attribution chrono-culturelle se base sur les informations recueillies dans les autres tables et récapitulées dans la table « site », en référence aux définitions présentées dans le chapitre 1 de la partie 1 (Volume I). L'attribution d'une occurrence au Noaillien, au Rayssien ou au Gravettien récent est systématiquement associée à une évaluation de sa fiabilité, en fonction de critères qualitatifs définis dans le Tableau II.2.1. Étant donné la nature des données analysées (références bibliographiques) et l'aspect qualitatif et empirique de notre approche – qui ne repose pas sur des critères quantifiables – nous souhaitons préciser que cette grille doit avant tout être comprise comme un guide dans l'appréciation finale de la fiabilité de l'attribution.

**À l'échelle de l'ensemble archéologique**, des informations de plusieurs ordres ont été recueillies. Tout d'abord, nous avons compilé des informations historiques générales, telles que le fouilleur de l'ensemble, les dates de fouille, la dernière attribution chrono-culturelle en date de l'ensemble, ainsi qu'une évaluation qualitative de la fiabilité de la collection en tant qu'ensemble culturellement homogène. Ensuite, nous avons relevé plusieurs informations spécifiques aux collections de silex taillés au sein de cinq tables. Une première table recueille toutes les informations d'ordre typologiques, telles que la présence de tel ou tel type d'outil ou élément jugé chrono-culturellement significatif en l'état des connaissances. Dans une seconde table ont été consignées des informations technologiques sur les modalités de débitage lamino-lamellaires. Une troisième table nous a permis de recenser les illustrations des vestiges (photos ou dessins). Les deux dernières tables ont fait l'objet d'une attention moindre de notre part, car ne concernant pas directement nos problématiques ; elles recensent des informations sur la tracéologie des vestiges ou sur les types de matériaux siliceux employés. Ces cinq tableaux sont liées à au tableau « publi » afin de relier chaque information sur les industries en silex à une référence bibliographique.

## •Partie 2 •Données environnementales et données d'occurrences archéologiques

Tableau II.2.1: Présentation de la grille de fiabilité utilisée dans cette analyse bibliographique. Cinq degrés de fiabilité sont présentés ainsi que les critères bibliographiques associés. Les critères en italiques sont considérés comme un "bonus" augmentant la fiabilité de l'appréciation de la présence d'une unité archéologique, mais n'étant pas suffisants en eux-mêmes.

Degré de fiabilité	Critères bibliographiques
Oui ( <i>présence</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mention appuyée par une étude typo-technologique (dont décomptes typologiques, description des schémas opératoires) ou observation personnelle (A. Vignoles ou L. Klaric),</li> <li>• Présence de tous les éléments associés à chaque unité archéologique<sup>1</sup>,</li> <li>• <i>Illustrations des principaux fossiles directeurs (dessins ou photos).</i></li> </ul>
Suspecté	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mention de présence par plusieurs sources sans justification (illustration ou décompte) dans le texte,</li> <li>• Illustrations publiées évocatrices de fossiles directeurs,</li> <li>• Présence d'une partie seulement des fossiles directeurs associés à une unité archéologique.</li> </ul>
Insuffisant	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mention simple et sans justification dans le texte,</li> <li>• Très faible nombre de pièces pouvant de ce fait relever de simples convergences morphologiques,</li> <li>• Attribution reposant sur des arguments chronologiques (stratigraphiques ou radiométriques) uniquement,</li> <li>• <i>Contradiction entre différentes sources utilisant des définitions similaires.</i></li> </ul>
Peu probable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence d'éléments atypiques uniquement,</li> <li>• Sites fortement isolés géographiquement et comportant peu de matériel diagnostique,</li> <li>• Illustrations des fossiles directeurs peu convaincantes.</li> </ul>
Non ( <i>absence</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Convergences morphologiques claires,</li> <li>• Illustrations démontrant une erreur d'identification typologique de la part de l'auteur,</li> <li>• Absence manifeste d'une partie des éléments associés à une unité archéologique,</li> <li>• Absence de mention.</li> </ul>

Enfin, cette base de données ne doit pas être considérée comme la version définitive d'une revue exhaustive de la littérature. Nous l'avons construite et alimentée au fur et à mesure de notre réflexion, ce qui fait que certaines références restent à consulter ou que certaines rubriques sont moins exhaustivement renseignées (par exemple, l'affiliation institutionnelle des fouilleurs ou la présence-absence d'autres éléments de la culture matérielle ; Figure II.2.1). Cependant, nous avons estimé que cette version provisoire est suffisamment exhaustive pour pouvoir évaluer la fiabilité de chaque occurrence du Gravettien moyen et récent dans notre zone d'étude. La base pourra être améliorée et complétée à l'avenir afin de traiter d'autres problématiques, qui aujourd'hui dépassent largement le cadre de ce travail doctoral.

1 *e.g.*, pour l'identification du Rayssien, il est nécessaire que la source mette en évidence la présence des burins-nucléus du Raysse ainsi que de la composante lamellaire associées (lamelles du Raysse et/ou de la Picardie).

## 1.2. Sources

Nous avons alimenté cette base par l'examen systématique du plus grand nombre de références possible pour chaque site. Nous avons essayé dans la mesure du possible de remonter aux publications *princeps* et aux données primaires (tableaux de décompte, dessins...) afin de nous affranchir au maximum de l'interprétation des auteurs suivants. Afin de gagner du temps, nous avons pu nous appuyer sur les bibliographies critiques déjà réalisées par L. Klaric (2003, 2017), Pascal Foucher (2004), A. Simonet (2009a), P. de la Peña-Alonso (2011), O. Touzé (2011b, 2013) et F. Santaniello (2016) pour le Gravettien moyen et L. Klaric (2013), C. Paris (2020) et E. Cormarèche (2020) pour le Gravettien récent, qui nous ont servi de base à la recherche d'autres références. Nous avons aussi pu nous appuyer sur de nombreux travaux de synthèses plus anciens, tels que ceux de D. de Sonneville-Bordes (1960), J.-M. Le Tensorer (1981), J.-Ph. Rigaud (1982), G. Onoratini (1982), A. Morala (1984), N. David (1985), A. Palma di Cesnola (1993), G. Bosinski (1995), H. Bricker ([dir.] 1995) entre autres.

Enfin, nous avons nous-même consulté 9 collections<sup>2</sup> (Figure II.2.2, Tableau II.2.2) : la couche A (périgordienne) de la **Roque Saint-Christophe** (fouille D. Peyrony, années 1912-1913), l'**Abri du Facteur**, fouille E. Peyrony (1933) et la couche 10/11 fouillée par H. Delporte (1958-1960), les niveaux 2, 3 et la couche 4 de l'**Abri Lespaux** (fouille Cousté et Krtoliza, 1960-1966), les couches 2 et 3 du gisement des **Jambes** (fouille G. Célérier, 1963-1968), le site de plein-air des **Artigaux** (fouille de sauvetage menée par M. Lenoir dans les années 1970), les couches I-III à VI de l'Abri du **Flageolet I** (fouilles J.-Ph. Rigaud, 1968-1984), le sondage 2 de la Terrasse inférieure au **Fourneau du Diable** (fouilles M. Bauman, depuis 2014 ; Vignoles *et al.*, 2019) et la couche 6-M de **Solvieux** (fouille J. Sackett, 1967-1974). Les observations directes que nous avons pu y faire ont donc également été intégrées à la base.

---

2 Précisons ici que seules les collections de l'Abri du Facteur, des Jambes, du Flageolet I et du Fourneau du Diable ont fait l'objet d'une étude approfondie de notre part (*cf.* Volume II ; Vignoles *et al.*, 2019). Notre connaissance des autres séries citées est beaucoup plus limitée, reposant tout au plus sur quelques heures de consultation pour poser un premier diagnostic.



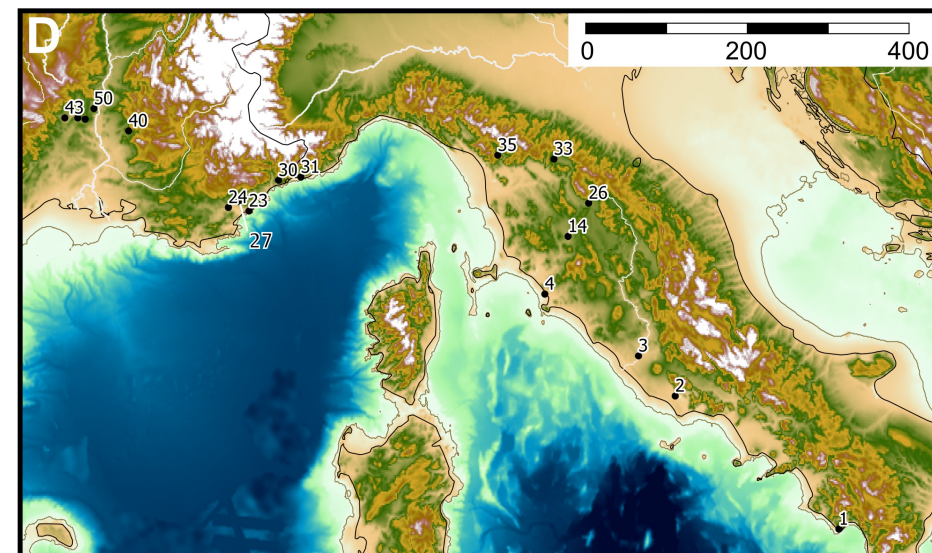
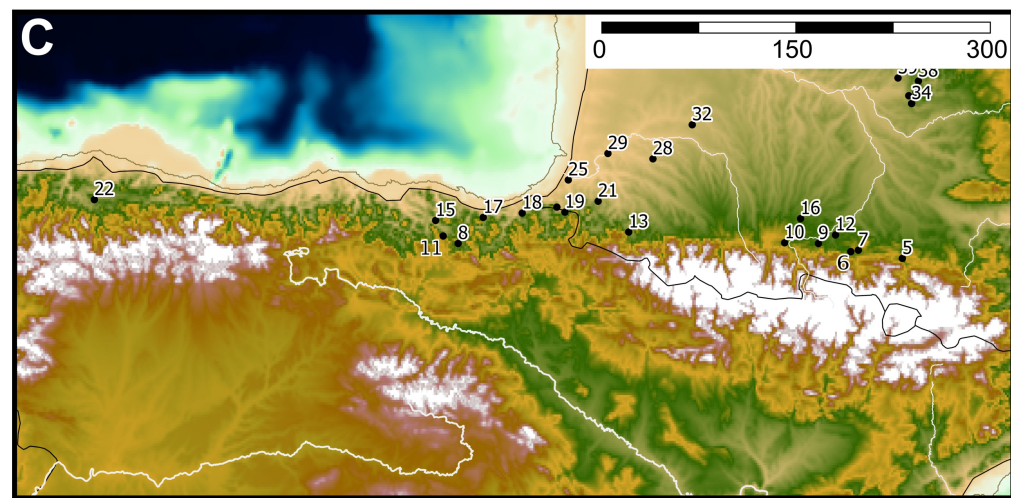
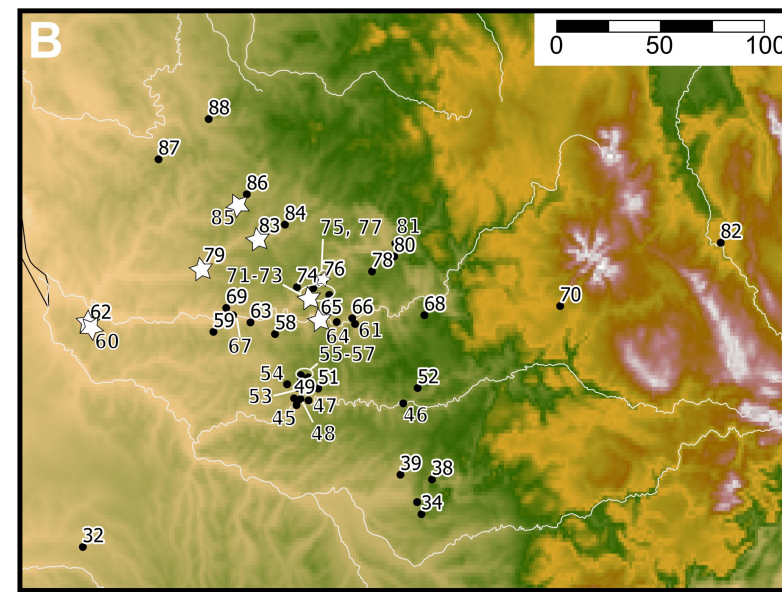
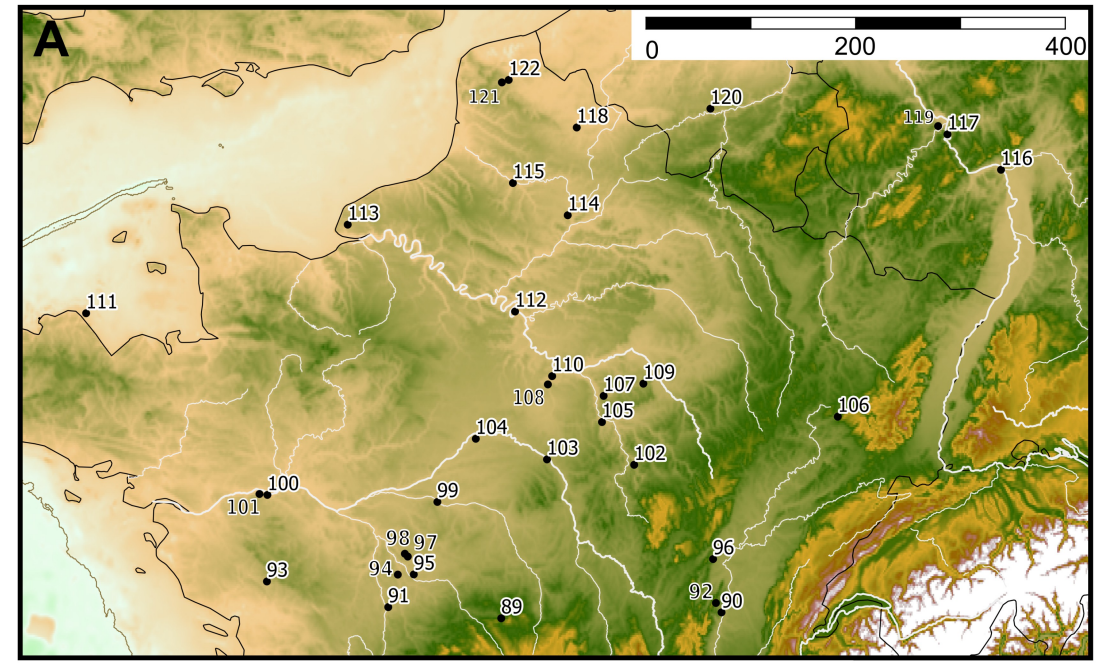
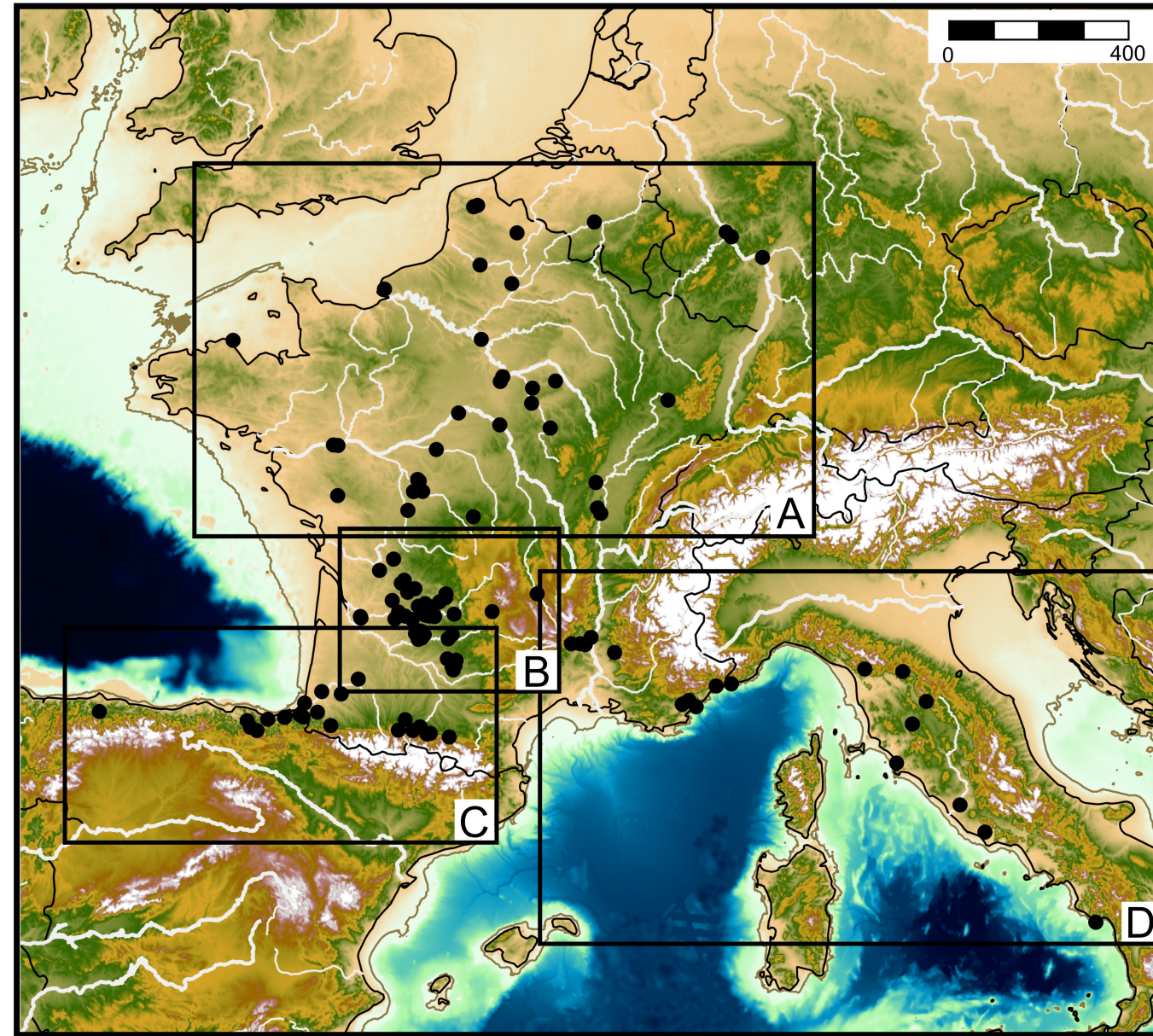


Figure II.2.2: Localisation des sites recensés dans la base de données "sites gravettiens". Les numéros de chaque localité correspondent à ceux présentés dans le Tableau II.2.2. Les étoiles sur la carte B représentent les collections que nous avons consultées.



*In fine*, ce sont 180 références qui ont été analysées dans la base. Leur date de parution s'échelonne entre 1910 et 2021, mais la plupart des références sont parues après les années 1950.

## **2. Choix des données d'occurrences**

### **2.1. Quelques informations générales sur la qualité des informations recueillies**

Au total, 164 sites et 244 ensembles ont été analysés (Figure II.2.2, Tableau II.2.2), situés principalement en France (139 sites, 232 ensembles), et de façon plus anecdotique entre Allemagne (4 sites, 4 ensembles), Belgique (1 site ; aucun ensemble), Espagne (7 sites, 5 ensembles) et Italie (12 sites, 3 ensembles).

Nous n'avons pu relever des informations typologiques et technologiques que pour un nombre plus restreint de sites et d'ensembles, soit parce que le site ne contenait aucun indice de nos unités archéologiques (*e.g.*, La Gravette), soit parce que la présence de l'une des unités était basée sur une mention sans aucune justification disponible dans la littérature (*e.g.*, la couche « Gravettien moyen » à l'abri Casserole), soit parce que ces données n'existaient pas ou n'étaient pas formellement publiées (*e.g.*, bouche à oreille). Ainsi, nous avons relevé des informations typologiques pour 141 sites et 182 ensembles, et des informations technologiques pour 63 sites et 83 ensembles. Cette disparité entre informations typologiques et technologiques s'explique largement par l'histoire de la discipline : d'après notre recensement, les références présentant des informations technologiques détaillées sur les débitages lamino-lamellaires des séries concernées par notre étude datent majoritairement des années 1990 aux années 2020, tandis que nous avons relevé des informations typologiques pour des références datant au plus tôt des années 1930, et jusque dans les années 2020 (Figure II.2.3). Ce déséquilibre constitue une première difficulté dans notre recensement, en particulier concernant l'identification du Rayssien et du Gravettien récent, dont les définitions reposent en grande partie sur des critères technologiques définis plus récemment.

Tableau II.2.2: Sites recensés dans la base de données "sites gravettiens" et leur degré de fiabilité (cf. Tableau II.2.1). **N.B.** : les numéros correspondent à une localité, i.e., la commune dans laquelle le site est situé. De plus, les coordonnées correspondent à celles de la commune. Les lignes grisées correspondent aux sites dont nous avons consulté les collections.

n°	pays	département	commune	nom site	latitude	longitude	Noaillien	Rayssien	Gravettien récent	références
1	Italie	Campanie	Marina Camerota	di Grotta della Cala	39.9999671	15.3744287	insuffisant	non	non	David, 1985 ; Palma di Cesnola, 1993
1	Italie	Campanie	Marina Camerota	di Grotta della Serratura	39.9999671	15.3744287	insuffisant	non	non	Hahn, 1969 ; Santaniello, 2016
2	Italie	Latium	Latina	Abri Blanc	41.4595261	13.0125912	insuffisant	non	non	Palma di Cesnola, 1993 ; Touzé, 2013
3	Italie	Latium	Roma	Castelmalmone	41.8933203	12.4829321	insuffisant	non	non	Palma di Cesnola, 1993 ; Touzé, 2013
4	Italie	Toscane	Talamone	Grotte de Golino	42.555179	11.131866	insuffisant	non	non	Palma di cesnola, 1993 ; Touzé, 2013
5	France	Ariège	Foix	La Carane-3	42.964127	1.605232	oui	non	non	David, 1985 ; Foucher et al., 1999, 2008 ; Foucher, 2004 ; Simonet, 2009a ; Touzé, 2013
6	France	Ariège	Saint-Jean-de-Verges	Tuto de Camalhot	43.01	1.13	oui	non	non	David, 1985 ; Foucher, 2004 ; Foucher et al., 2008 ; Simonet, 2009a ; Touzé, 2013
7	France	Ariège	Montesquieu-Avantès	Grotte d'Enlène	43.02	1.2	oui	non	non	Foucher, 2004 ; Foucher et al., 2008 ; Simonet, 2009a ; Touzé, 2013
8	Espagne	Gipuzkoa	Arrasate	Cueva de Lezetxiki	43.0648865	-2.4902081	insuffisant	non	non	Simonet, 2009a ; de la Peña-Alonso, 2011 ; Touzé, 2013
9	France	Haute-Garonne	Ganties	Bois de Touaa	43.0650868	0.8316964	oui	non	non	Clottes, 1985 ; Foucher et al., 2008 ; Touzé, 2013
10	France	Hautes-Pyrénées	Aventignan	Gargas	43.07	0.52	oui	non	non	David, 1985 ; San Juan-Foucher et Vercoutère, 2003 ; Foucher, 2004 ; Foucher et al., 2008, 2011 ; Simonet, 2009a ; Touzé, 2013
11	Espagne	Biscaye	Abadino	Bolinkoba	43.1155468	-2.6288523	oui	insuffisant	non	David, 1985 ; Simonet, 2009a ; de la Peña-Alonso, 2011 ; Touzé, 2013
12	France	Haute-Garonne	Cassagne	Tarté	43.122619	0.989226	oui	non	non	David, 1985 ; Foucher, 2004 ; Foucher et al., 2008 ; Simonet, 2009a ; Touzé, 2013
13	France	Pyrénées-Atlantiques	Ossas-Suhare	Gatzarria	43.142232	-0.917683	oui	non	non	David, 1985 ; Foucher et al., 2008 ; Simonet, 2009a ; Touzé, 2013
14	Italie	Toscane	Siena	Felceti	43.167112	11.467332	insuffisant	non	non	Touzé, 2013 ; Santaniello, 2016
14	Italie	Toscane	Siena	Monte Longo	43.167112	11.467332	insuffisant	non	non	Touzé, 2013 ; Santaniello, 2016
15	Espagne	Biscaye	Gautegig-Arteaga	Antolinako Koba	43.2204286	-2.6983868	insuffisant	non	non	Simonet, 2009a ; de la Peña-Alonso, 2011 ; Touzé, 2013

n°	pays	département	commune	nom site	latitude	longitude	Noaillien	Rayssien	Gravettien récent	références
16	France	Haute-Garonne	Lespugue	Grotte des Rideaux	43.232713	0.667059	oui	non	non	David, 1985 ; Foucher et al., 2008 ; Simonet, 2009a ; Touzé, 2013
17	Espagne	Gipuzkoa	Zestoa	Cueva Amalda	43.2407929	-2.2593466	oui	non	peu probable	Simonet, 2009a ; de la Peña-Alonso, 2011 ; Touzé, 2013
18	Espagne	Gipuzkoa	Errenteria	Aitzbitarte III	43.27	-1.9	oui	non	non	de la Peña-Alonso, 2011 ; Touzé, 2013
19	Espagne	Navarre	Urdax	Alkerdi	43.2761069	-1.5063405	peu probable	non	non	Cava et al., 2009 ; de la Peña-Alonso, 2011 ; Touzé, 2013
20	France	Pyrénées-Atlantiques	Sare	Lézia	43.31	-1.58	oui	non	non	David, 1985 ; Foucher et al., 2008 ; Simonet, 2009a ; Touzé, 2013
21	France	Pyrénées-Atlantiques	Saint-Martin-d'Arberoue	Isturitz	43.35	-1.2	oui	non	non	David, 1985 ; Goutas, 2008 ; Foucher et al., 2008 ; Simonet, 2009a ; Lacarrière et al., 2011 ; Touzé, 2013 ; Calvo et al., 2019
22	Espagne	Asturies	Oviedo	La Viña	43.360598	-5.844899	insuffisant	non	non	Foucher, 2004 ; Simonet, 2009a ; de la Peña-Alonso, 2011 ; Touzé, 2013
23	France	Var	Agay	Station Gratadis	43.435012	6.862944	oui	non	non	Onoratini, 1982 ; David, 1985 ; Touzé, 2013 ; Santaniello, 2016
23	France	Var	Agay	Station Maltemps	43.435012	6.862944	insuffisant	non	non	Onoratini, 1982 ; Touzé, 2013 ; Santaniello, 2016
24	France	Var	Le Muy	Station des Gachettes 1	43.472036	6.566575	insuffisant	non	non	Onoratini, 1982 ; Bazile, 2007 ; Onoratini et al., 2010 ; Touzé, 2013 ; Santaniello, 2016
24	France	Var	Le Muy	Station des Gachettes 2	43.472036	6.566575	insuffisant	non	non	Onoratini, 1982 ; Onoratini et Combier, 1999 ; Santaniello, 2016
25	France	Pyrénées-Atlantiques	Bayonne	Prissé	43.4929	-1.4748	non	non	peu probable	Colonge et al., 2015
26	Italie	Toscane	Arezzo	Laterina	43.517202	11.763879	insuffisant	non	non	Palma di Cesnola, Touzé, 2013
27	France	Var	Bagnols-en-Forêt	Grotte de la Bouverie	43.533498	6.708198	oui	non	non	Onoratini, 1982 ; David, 1985 ; Bazile, 2007 ; Touzé, 2013 ; Santaniello, 2016
28	France	Landes	Brassempouy	Brassempouy	43.63413	-0.694419	oui	non	non	Klaric, 2003 ; Simonet, 2009a, 2011a ; Touzé, 2013
29	France	Landes	Tercis-les-Bains	Tercis	43.6700592	-1.1095136	suspecté	non	peu probable	Simonet, 2009a et b ; Simonet, 2013
30	France	Alpes-Maritimes	Tourrette-Levens	La Baume Périgaud	43.7560157	7.29077768	non	non	non	Onoratini, 1982 ; Santaniello, 2016
31	Italie	Ligurie	Ventimiglia	Abri Mochi	43.78928	7.611887	oui	non	non	Palma di Cesnola, 1993 ; Touzé, 2013 ; Santaniello, 2016 ; Santaniello et Grimaldi, 2019, 2020

n°	pays	département	commune	nom site	latitude	longitude	Noaillien	Rayssien	Gravettien récent	références
31	Italie	Ligurie	Ventimiglia	Grotte des Enfants	43.78928	7.611887	oui	non	non	Simonet, 2010 ; Touzé, 2013
32	France	Landes	Pujo-le-Plan	Hin de Diou	43.8617	-0.3321	oui	non	non	Briand et al., 2009
33	Italie	Toscane	Banberino di Mugello	Bilancino	43.9781111	11.2631833	oui	non	non	Aranguren et Revedin, 2001 ; Aranguren et al., 2006, 2015 ; Touzé, 2013 ; Santaniello 2016
34	France	Tarn	Larroque	Grotte de Rouzet	44.003052	1.690561	insuffisant	insuffisant	non	Pajot, 1974 ; Foucher, 2004 ; Foucher et al., 2008, Touzé, 2013
35	Italie	Toscane	Lucca	Massaciuccoli	44.017614	10.453152	insuffisant	non	non	Touzé, 2013 ; Santaniello, 2016
36	France	Tarn-et-Garonne	Bruniquel	Grotte du Cuzoulet	44.05516	1.66464	insuffisant	non	non	Pajot, 1974
37	France	Tarn	Penne	Les Battuts	44.075	1.732	oui	suspecté	non	Alaux, 1967, 1969, 1971 ; David, 1985 ; Klaric, 2003 ; Touzé, 2013
38	France	Tarn-et-Garonne	Saint-Antonin-Noble-Val	Grotte du Nid-d'Aigle	44.1524	1.75329	insuffisant	non	non	Pajot, 1974 ; Touzé, 2013
39	France	Tarn-et-Garonne	Monteils	Côte de Trémoulayre	44.1729316	1.565065	oui	non	non	Pajot, 1974 ; Touzé, 2013
40	France	Vaucluse	Puymeras	Station de Bernucen	44.2699	5.12712	non	non	peu probable	Onoratini, 1982
41	France	Ardèche	Saint-Marcel-d'Ardèche	Grotte du Figuier	44.391688	4.501187	oui	non	non	Onoratini et Combier, 1999 ; Bazile, 2007 ; Bourges et al., 2012 ; Touzé, 2013
42	France	Ardèche	Saint-Remèze	Grotte du Marronnier	44.391688	4.501187	oui	non	non	Onoratini et Combier, 1999 ; Klaric, 2003 ; Bazile, 2007 ; Touzé, 2013
43	France	Ardèche	Casteljau	Abri des Pêcheurs	44.4044807	4.207273	suspecté	non	non	Lhomme, 1977 ; Bazile, 2007 ; Touzé, 2013
44	France	Ardèche	Vallon-Pont-d'Arc	Baou-de-la-Sello	44.4048	4.39289	insuffisant	non	non	Onoratini et Combier, 1999
45	France	Lot-et-Garonne	Saint-Vite-de-Dor	Station du Fresquet	44.470988	0.944483	oui	non	suspecté	Morala, 1984 ; Touzé, 2013
46	France	Lot	Saint-Géry	Abri de la Bergerie	44.4785	1.582	oui	non	non	Clottes et al., 1990 ; Touzé, 2013
47	France	Lot	Soturac	Abri du Couvert	44.491	1.016	oui	non	suspecté	Morala, 1984 ; Touzé, 2013
48	France	Lot-et-Garonne	Fumel	Le Mayne	44.4966624	0.9684626	non	non	suspecté	Morala, 2000

n°	pays	département	commune	nom site	latitude	longitude	Noaillien	Rayssien	Gravettien récent	références
49	France	Lot-et-Garonne	Monsempron-Libos	Las Pélénos	44.5	0.93	oui	insuffisant	non	Morala, 1984 ; Touzé, 2013
50	France	Ardèche	Saint-Thomé	Station du Bouzil	44.5005626	4.6263047	insuffisant	non	non	Onoratini et Combiér, 1999 ; Bazile, 2007
51	France	Lot-et-Garonne	Montcabrier	Le Roc de Cavart	44.541684	1.07365	oui	non	suspecté	Le Tensorer, 1981 ; Touzé, 2013
52	France	Lot	Orniac	Abri des Peyrugues	44.5442	1.668	insuffisant	insuffisant	oui	Klaric et al., 2009 ; Allard, 2011 ; Touzé, 2013 ; Cormarèche, 2020
53	France	Lot-et-Garonne	Cuzorn	Guiraudel	44.544907	0.94803	oui	non	non	Morala, 1984 ; Touzé, 2013
54	France	Lot-et-Garonne	Gavaudun	Abri Peyrony	44.560209	0.888257	oui	non	non	Le Tensorer, 1981 ; David, 1985 ; Touzé, 2013
54	France	Lot-et-Garonne	Gavaudun	Le Roc de Gavaudun	44.560209	0.888257	oui	suspecté	non	de Sonnevile-Bordes, 1960 ; Monméjean et al., 1964 ; Le Tensorer, 1981 ; Klaric, 2003 ; Touzé, 2013
54	France	Lot-et-Garonne	Gavaudun	Métayer	44.560209	0.888257	oui	insuffisant	non	Le Tensorer, 1981 ; David, 1985 ; Touzé, 2013
54	France	Lot-et-Garonne	Gavaudun	Plateau Baillard	44.560209	0.888257	oui	non	non	Le Tensorer, 1981 ; David, 1985 ; Touzé, 2013
54	France	Lot-et-Garonne	Gavaudun	Roquecave	44.560209	0.888257	oui	non	non	Le Tensorer, 1981 ; Touzé, 2013
55	France	Lot-et-Garonne	Saint-Front-sur-Lémance	Peutille	44.5760011	0.9710758	peu probable	non	non	Morala, 1984 ; Touzé, 2013
55	France	Lot-et-Garonne	Saint-Front-sur-Lémance	Plateau Cabrol	44.5760011	0.9710758	non	insuffisant	non	Turq, 1977 ; Bosselin et Djindjian, 1994
56	France	Lot-et-Garonne	Sauveterre-la-Lémance	Gisement du Château	44.5896	1.0146	insuffisant	non	non	Le Tensorer, 1974 ; Touzé, 2013
57	France	Lot-et-Garonne	Blanquefort-sur-Briolance	Le Callan	44.599	0.97	oui	non	non	Morala, 2011 ; Touzé, 2013
58	France	Dordogne	Saint-Avit Sénieur	Roc de Combe-Capelle	44.774	0.816	insuffisant	non	non	de Sonnevile-Bordes, 1960 ; David, 1985 ; Touzé, 2013
58	France	Dordogne	Saint-Avit Sénieur	Termo-Pialat	44.774	0.816	suspecté	non	non	de Sonnevile-Bordes, 1960 ; David, 1985 ; Touzé, 2013
59	France	Dordogne	Rouffignac-de-Sigoulès	Le Caillou	44.7833	0.448	oui	non	non	Boyer et al., 1984 ; Touzé, 2013

n°	pays	département	commune	nom site	latitude	longitude	Noaillien	Rayssien	Gravettien récent	références
60	France	Gironde	Camiac-et-Saint-Denis	Les Artigaux	44.795	-0.275	peu probable	oui	non	Lenoir, 1977 ; Klaric, 2003 ; Touzé, 2013 ; obs.pers.
61	France	Lot	Groléjac	Grotte de Péchialet	44.816741	1.294158	insuffisant	non	non	Breuil, 1927 ; David, 1985 ; Touzé, 2013
62	France	Gironde	Saint-Quentin-de-Baron	Abri Lespaux	44.818735	-0.286936	oui	oui	non	David, 1985 ; Krtoliza et Lenoir, 1998 ; Touzé, 2013 ; obs.pers.
63	France	Dordogne	Lanquais	Rabier	44.8234	0.6694	non	non	oui	Morala, 1990 ; Soriano, 1998 ; Lorin, 1996
64	France	Dordogne	La Roque-Gageac	Grotte Maldidier	44.825	1.184	insuffisant	oui	non	Rigaud, 1982 ; Boudadi et al., 2012 ; Klaric, 2017
65	France	Dordogne	Bézénac	Le Flageolet I	44.84	1.09	oui	oui	insuffisant	Rigaud, 1982 ; David, 1985 ; Kimball, 1989 ; Lucas, 2000 ; Michel, 2010 ; Gottardi, 2011 ; Touzé, 2013 ; Rigaud et al., 2016 ; Volume II, chapitre 3
66	France	Dordogne	Saint-Vincent de Paluel	Cantelouve	44.841033	1.276566	insuffisant	non	non	Tixier, 1958 ; David, 1985
67	France	Dordogne	Creysse	Canolle ferme	44.854	0.5655	non	insuffisant	insuffisant	Bourguignon et Ortega-Cordellat, 2012
68	France	Lot	Miers	Les Fieux	44.854	1.708	non	oui	non	Guillermin, 2006, 2008
69	France	Dordogne	Lembras	Corbiac	44.8847	0.5245	insuffisant	non	insuffisant	Bordes et de Sonnevill-Bordes, 1966 ; Bordes, 1968, 1969, 1970, Bordes et Crabtree, 1970
70	France	Dordogne	Vézac	Roc de Vézac	44.8931081	2.5189666	insuffisant	non	non	Rigaud, 1982 ; Aujoulat in Leroi-Gourhan, 1984 ; Touzé, 2013
71	France	Dordogne	Les Eyzies-de-Tayac	Abri Casserole	44.93	1.0299	insuffisant	non	insuffisant	Detrain et al., 1992 ; Aubry et al., 1995 ; Ducasse et al., 2020
71	France	Dordogne	Les Eyzies-de-Tayac	Abri du Poisson	44.93	1.0299	oui	non	non	de Sonnevill-Bordes, 1960 ; David, 1985 ; Touzé, 2013
71	France	Dordogne	Les Eyzies-de-Tayac	Abri Pataud	44.93	1.0299	oui	oui	oui	Movius et al., 1975 ; David, 1985 ; Bricker (dir.) 1995 ; Pottier, 2005 ; Nespoulet, 2008 ; Guillermin, 2011 ; Touzé, 2013 ; Cormarèche, 2020
71	France	Dordogne	Les Eyzies-de-Tayac	Grotte d'Oreille d'Enfer	44.93	1.0299	oui	insuffisant	non	Pradel, 1959 ; de Sonnevill-Bordes, 1960 ; David, 1985 ; Touzé, 2013
71	France	Dordogne	Les Eyzies-de-Tayac	Laugerie-Haute Est	44.93	1.0299	non	non	suspecté	Peyrony & Peyrony, 1938 ; Bordes, 1958 ; Bordes et de Sonnevill-Bordes, 1966

n°	pays	département	commune	nom site	latitude	longitude	Noaillien	Rayssien	Gravettien récent	références
72	France	Dordogne	Marquay	Grand-abri de Laussel	44.94	1.14	oui	oui	suspecté	Roussot, 1985 ; David, 1985 ; Touzé, 2013 ; Klaric, 2017 ; Klaric et al., 2019
72	France	Dordogne	Marquay	Masnaigre	44.94	1.14	oui	suspecté	non	David, 1985 ; Klaric, 2003 ; Touzé, 2013
73	France	Dordogne	Tursac	Abri Facteur du	44.969148	1.044908	oui	oui	non	Peyrony, 1934 ; Delporte, 1968 ; David, 1985 ; Touzé, 2013 ; Klaric, 2018 ; Volume II, chapitre 1
73	France	Dordogne	Tursac	Abri Pagès	44.969148	1.044908	oui	non	non	de Sonnevile-Bordes, 1960 ; David, 1985 ; Touzé, 2013
74	France	Dordogne	Savignac-de-Miremont	La Ferrassie	44.973	0.947	oui	non	non	de Sonnevile-Bordes, 1960 ; Delporte et Tuffreau, 1972-73 ; David, 1985
75	France	Dordogne	Peyzac-le-Moustier	Abri de Fongal	44.99	1.079	insuffisant	insuffisant	non	de Sonnevile-Bordes, 1960 ; David, 1985 ; Touzé, 2013
75	France	Dordogne	Peyzac-le-Moustier	La Roque Saint-Christophe	44.99	1.079	oui	oui	non	de Sonnevile-Bordes, 1960 ; David, 1985 ; Klaric, 2003 ; Touzé, 2013 ; obs. pers.
76	France	Dordogne	Sergeac	Abri des Merveilles	45.002	1.107	suspecté	non	non	Delage, 1936 ; de Sonnevile-Bordes, 1960 ; David, 1985
76	France	Dordogne	Sergeac	Abri Labattut	45.002	1.107	oui	insuffisant	non	de Sonnevile-Bordes, 1960 ; David, 1985 ; Touzé, 2013
77	France	Dordogne	Saint-Léon-sur-Vézère	Abri Sous-le-Roc	45.01	1.092	insuffisant	non	non	de Sonnevile-Bordes, 1960 ; David, 1985
77	France	Dordogne	Saint-Léon-sur-Vézère	La Rochette	45.01	1.092	oui	suspecté	non	de Sonnevile-Bordes, 1960 ; Delporte, 1962 ; David, 1985 ; Klaric, 2003 ; Touzé, 2013
78	France	Lot	Nadaillac	Roc de Combe	45.039381	1.3953819	oui	non	suspecté	Bordes et Labrot, 1967 ; David, 1985 ; Touzé, 2013
79	France	Dordogne	Saint-Louis-en-l'Isle	Solvieux	45.06	0.391	oui	oui	non	David, 1985 ; Sackett, 1999 ; Klaric, 2003 ; Touzé, 2013 ; obs.pers.
80	France	Corrèze	Noailles	"Grotte ""Chez Serre""	45.103	1.528	oui	non	non	David, 1985 ; Touzé, 2013
81	France	Corrèze	Brive-la-Gaillarde	Abri du Raysse	45.158	1.535	oui	oui	non	David, 1985 ; Klaric, 2003 ; Touzé, 2011 ; Touzé, 2013
81	France	Corrèze	Brive-la-Gaillarde	Bassaler-Nord	45.158	1.535	oui	oui	non	David, 1985 ; Touzé, 2011, 2013
81	France	Corrèze	Brive-la-Gaillarde	Grotte Bouyssonie	45.158	1.535	oui	oui	oui	Touzé, 2013 ; Klaric, 2017 ; Delvigne et al., 2020 ; Klaric in Pesesse et al., 2013-2018

n°	pays	département	commune	nom site	latitude	longitude	Noaillien	Rayssien	Gravettien récent	références
81	France	Corrèze	Brive-la-Gaillarde	Grotte de Champ	45.158	1.535	oui	insuffisant	non	Daniel, 1969 ; David, 1985 ; Touzé, 2013
81	France	Corrèze	Brive-la-Gaillarde	Grotte du Bos-del-Ser	45.158	1.535	insuffisant	insuffisant	non	David, 1985
81	France	Corrèze	Brive-la-Gaillarde	Grotte Lacoste	45.158	1.535	oui	insuffisant	non	Bouyssonies et Bardon, 1910 ; David, 1985 ; Touzé, 2013
81	France	Corrèze	Brive-la-Gaillarde	Grotte Thévenard	45.158	1.535	oui	insuffisant	non	David, 1985 ; Touzé, 2013
81	France	Corrèze	Brive-la-Gaillarde	La Font-Robert	45.158	1.535	oui	insuffisant	non	de Sonnevile-Bordes, 1960 ; David, 1985 ; Touzé, 2013
81	France	Corrèze	Brive-la-Gaillarde	Les Morts	45.158	1.535	oui	oui	non	Bouyssonies et Bardon, 1939 ; David, 1985 ; Klaric, 2003 ; Touzé, 2013 ; Sarrazin, 2017 ; de Parthenay et al., 2020
81	France	Corrèze	Brive-la-Gaillarde	Pré-Aubert	45.158	1.535	oui	suspecté	non	Demars, 1977 ; David, 1985 ; Klaric, 2003 ; Touzé, 2013
82	France	Haute-Loire	Cerzat	Le Blot	45.160909	3.478141	non	non	oui	Buisson, 1980 ; Klaric, 1999, 2000, 2003 ; Surmely et al., 2008 ; Guillermin, 2011 ; Delvigne, 2016 ; Cormarèche, 2020
83	France	Dordogne	Périgueux	Le Petit-Puyrousseau	45.185	0.721	oui	insuffisant	non	de Sonnevile-Bordes, 1960 ; Daniel, 1967 ; David, 1985 ; Goutas, 2008 ; Touzé, 2013
83	France	Dordogne	Périgueux	Les Jambes	45.185	0.721	suspecté	oui	non	Célérier et al., 1967 ; Célérier, 1967 ; David, 1985 ; Klaric, 2003 ; Touzé, 2013 ; E. Vaissié, obs. pers. ; Volmue II, chapitre 2
84	France	Dordogne	Sarliac-sur-l'Isle	Combe Saunière	45.237235	0.874854	oui	oui	non	Geneste et Plisson, 1986 ; Geneste et al., 1996 ; Ajas, 2009 ; Touzé, 2013 ; Klaric, 2017, obs. pers.
85	France	Dordogne	Bourdeilles	Gisement de la Chèvre	45.32	0.586	oui	insuffisant	non	de Sonnevile-Bordes, 1960 ; Arambourou et Jude, 1964 ; David, 1985 ; Touzé, 2013
85	France	Dordogne	Bourdeilles	Le Fourneau du Diable	45.32	0.586	oui	oui	non	de Sonnevile-Bordes, 1960 ; Touzé, 2013 ; Baumann et al., 2015, 2016, 2017, 2018 ; Klaric in Baumann et al., 2016 ; Klaric, 2017 ; Vignoles et al., 2019
86	France	Dordogne	Brantôme	Abri Durand-Ruel	45.365187	0.647394	oui	insuffisant	non	de Sonnevile-Bordes, 1960 ; Daniel et Schmider, 1972 ; David, 1985 ; Touzé, 2013
87	France	Charente	Voulgézac	Les Vachons	45.512136	0.120247	oui	suspecté	suspecté	David, 1985 ; Fontaine, 2006 ; Touzé, 2013



n°	pays	département	commune	nom site	latitude	longitude	Noaillien	Rayssien	Gravettien récent	références
88	France	Charente	Vilhonneur	Abri André Ragout	45.680649	0.419628	oui	insuffisant	non	Tixier, 1958 ; David, 1985 ; Touzé, 2013
88	France	Charente	Vilhonneur	Abri du Chasseur	45.680649	0.419628	oui	non	non	Tixier, 1958 ; David, 1985 ; Touzé, 2013
89	France	Creuse	Clugnat	Taillis du Clou	46.30839	2.1177	non	non	suspecté	Pasty et al., 2013
90	France	Saône-et-Loire	Sénnecé-lès-Mâcon	La Sénétrière	46.3584804	4.832463	insuffisant	non	non	Delporte, 1983 ; Digan et al., 2008
91	France	Vienne	Lussac-les-Châteaux	Abri Laroux	46.4032478	0.7251565	oui	suspecté	non	de Sonnevile-Bordes, 1960 ; David, 1985 ; Touzé, 2013
91	France	Vienne	Lussac-les-Châteaux	Les Plumettes	46.4032478	0.7251565	non	non	suspecté	Primault, 2003
92	France	Saône-et-Loire	Rizerolles	Azé-Camping de Rizerolles	46.438432	4.76335	insuffisant	non	non	Digan et al., 2008 ; Floss et Taller, 2011 ; Floss et al., 2013
93	France	Vienne	Antigny	Le Taillis des Coteaux	46.621337	-0.7696809	suspecté	oui	oui	Primault, 2003 ; Soler et al., 2007 ; Klaric, 2017 ; Cormarèche, 2020
94	France	Vienne	Saint-Pierre-de-Maillé	Les Cottés	46.679558	0.843335	insuffisant	non	insuffisant	Pradel, 1959 ; Primault, 2003
95	France	Indre	Pouligny-Saint-Pierre	abri Charbonnier à Roches	46.681	1.04	non	oui	insuffisant	Primault, 2003 ; Klaric, 2003 ; Touzé, 2013 ; Aubry et al., 2013 ; Delvigne, 2016
96	France	Saône-et-Loire	Mellecey	grotte de la Verpillière I	46.8112	4.7282	insuffisant	non	non	Floss et al., 2013 ; Dutkiewicz et Floss, 2015
97	France	Indre-et-Loire	Bossay-sur-Claise	Villejésus	46.8321259	0.9662267	non	non	insuffisant	Klaric, 2007 ; Aubry et al., 2014
98	France	Indre-et-Loire	Preuilly-sur-Claise	La Picardie	46.856	0.93	non	oui	non	Klaric, 2003 ; Klaric et al., 2011, 2018 ; Touzé, 2013 ; Delvigne et al., 2020
99	France	Loir-et-Cher	Mareuil-sur-Cher	La Croix-de-Bagneux	47.292	1.3306	oui	non	oui	Kildéa et Lang, 2011, 2013 ; Touzé, 2013
100	France	Maine-et-Loire	Chalonnnes-sur-Loire	Roc-en-Pail	47.3506	-0.763798	insuffisant	non	non	Allard et Gruet, 1976 ; Gruet, 1984 ; Hinguant et Monnier, 2013
101	France	Maine-et-Loire	La Pommeraye	La Martinière	47.358377	-0.861543	oui	suspecté	non	Allard, 1986 ; Klaric, 2003 ; Touzé, 2013 ; Hinguant et Monnier, 2013
102	France	Yonne	Arcy-sur-Cure	Grotte du Renne	47.602	3.756	non	oui	suspecté	Klaric, 2003 ; Touzé, 2013 ; Goutas, 2013
102	France	Yonne	Arcy-sur-Cure	Grotte du Trilobite	47.602	3.756	non	suspecté	non	David, 1985 ; Touzé, 2013 ; Goutas, 2013

n°	pays	département	commune	nom site	latitude	longitude	Noaillien	Rayssien	Gravettien récent	références
103	France	Loiret	Saint-Brisson-sur-Loire	Mancy	47.647	2.6815	non	non	oui	Chehmana et al., 2008 ; Klaric, 2013
104	France	Loiret	Mézières-lèz-Cléry	Mézières-lèz-Cléry	47.8184279	1.8039921	non	non	suspecté	Le Licon et Jesset, 1996
105	France	Yonne	Chamvres	Chamvres	47.9567149	3.3592426	non	peu probable	suspecté	Connet et Lhomme, 1992 ; Klaric, 2013
106	France	Vosges	Bains-les-Bains	Hautmougey	48.001416	6.26457	oui	non	non	Hans, 1997 ; Touzé, 2013
107	France	Yonne	Malay-le-Petit	Millon	48.172729	3.379284	non	non	oui	Klaric, 2013 ; Soriano et Pollarolo, 2011
108	France	Seine-et-Marne	Nemours	Le Cirque de la Patrie	48.267043	2.692611	non	non	oui	Cheynier, 1962 ; Klaric, 2003
109	France	Aube	Fontvannes	Fontvannes	48.273376	3.869022	non	non	suspecté	Klaric, 2003, 2013
110	France	Seine-et-Marne	Montigny-sur-Loing	Hault-le-Roc	48.3354	2.745	non	non	suspecté	Nouel, 1936 ; Klaric, 2013
110	France	Seine-et-Marne	Montigny-sur-Loing	Pente-des-Brosses	48.3354	2.745	non	non	suspecté	Boyer-Klein, 1983 ; Schmider et Sénée, 1983 ; Klaric, 2013
111	France	Côtes d'Armor	Île de Bréhat	Plasenn-al-Lomm	48.849	-2.998	non	oui	non	Le Mignot, 2000 ; Klaric, 2003 ; Touzé, 2013 ; Hinguant et Monnier, 2013 ; Sarrazin, 2018
112	Allemagne	Rhénanie	Sprendlingen	Sprendlingen	48.862725	2.287592	non	non	suspecté	Bosinski, 1995 ; Otte et Noiret, 2007
113	France	Seine-Maritime	Epouville	Briqueterie Dupray	49.5635663	0.2260209	non	non	suspecté	Guette-Marsac et al., 2009 ; Paris, 2020
114	France	Oise	Catigny	Catigny	49.6387203	2.9369971	non	non	oui	Paris, 2020
115	France	Somme	Renancourt-lès-Amiens	Amiens-Renancourt 1	49.896	2.2617	non	non	oui	Paris et al., 2013, 2017 ; Fagnart et al., 2013 ; Paris, 2020
116	Allemagne	Rhénanie	Mainz	Mainz-Lisenberg	50.0012314	8.2762513	non	non	oui	Hahn, 1969 ; Klaric, 2003
117	Allemagne	Rhénanie	Rhens	Rhens	50.281527	7.6162978	non	non	suspecté	Bosinski, 1995 ; Otte et Noiret, 2007
118	France	Pas-de-Calais	Corbehem	Rue de Gouy	50.3356	3.0481	non	non	suspecté	Fagnart et al., 2013 ; Paris, 2020
119	Allemagne	Rhénanie	Koblenz	Koblenz-Metternich	50.3466278	7.5012729	non	non	suspecté	Hahn, 1969 ; Conard et al. in Bosinski (dir.) 1995 ; Otte et Noiret, 2007
120	Belgique	Namur	Spy	Grottes de la Betche-aux-Roches	50.4832191	4.6953555	non	peu probable	non	Klaric, 2003

---

<b>n°</b>	<b>pays</b>	<b>département</b>	<b>commune</b>	<b>nom site</b>	<b>latitude</b>	<b>longitude</b>	<b>Noaillien</b>	<b>Rayssien</b>	<b>Gravettien récent</b>	<b>références</b>
121	France	Pas-de-Calais	Elnes	Briqueterie Coquempot	50.68952	2.12557	non	non	oui	Fagnart et al., 2013 ; Paris, 2020
122	France	Pas-de-Calais	Hallines	Maison Levert	50.7090497	2.2096796	non	non	oui	Fagnart, 1984 ; Paris, 2020

---

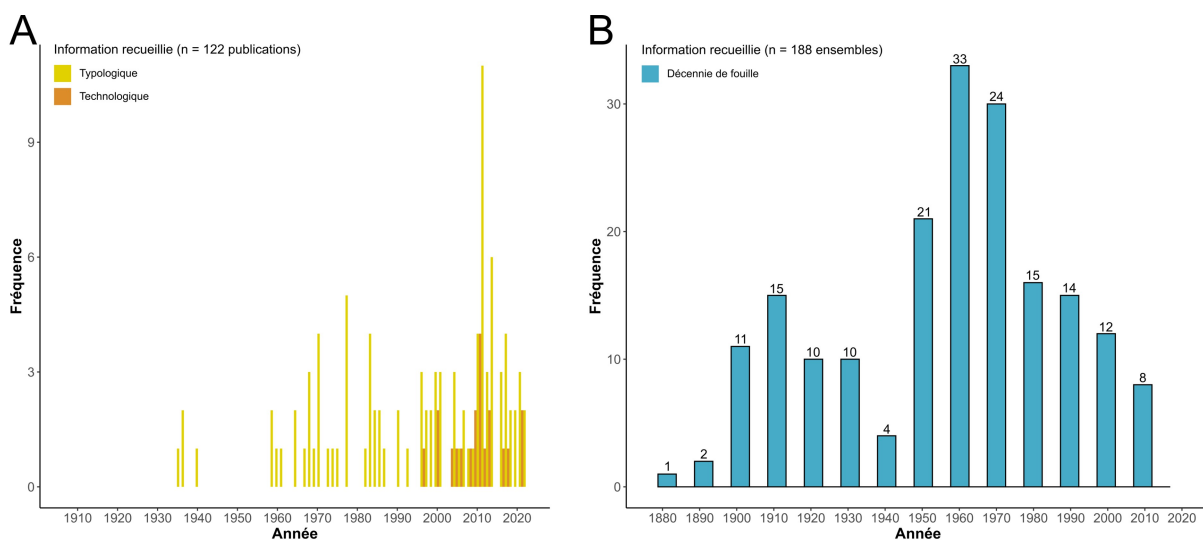


Figure II.2.3: Emprise chronologique de la base de données "sites gravettiens". **A.** Nombre de publications par années en fonction du type d'information recueilli (données typologiques vs. technologiques) **B.** Décennie de fouille des différents ensembles analysés.

La majorité des ensembles examinés ont été fouillés au cours de la seconde moitié du XX<sup>ème</sup> siècle (Figure II.2.3). En effet, sur les 188 ensembles pour lesquels nous avons pu identifier les dates approximatives de la fouille, 127 (67.5 %) ont fait l'objet de fouilles entre 1950 et 2020, dont 78 (41.5 %) entre 1950 et 1980. Notons tout de même qu'au moins 46 ensembles (24.5 %) ont été mis au jour entre 1900 et 1940, ce qui représente également une part non négligeable du corpus. Ces chiffres nous suggèrent qu'une part importante de ces séries comporteront des informations plus ou moins limitées concernant certains aspects contextuels. En effet, les méthodes de fouilles ont grandement évolué depuis la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle, ce qui a eu un impact plus ou moins important sur le type d'informations recueilli puis publié par les archéologues. Typiquement de nos jours, les archéologues de terrain s'efforcent de recueillir le maximum d'informations sur le contexte des vestiges, *via* notamment la prise de leur position spatiale (voire leur relevé photogrammétrique) et l'analyse du contexte géologique et des processus de mise en place des dépôts (par exemple, par la mesure des fabriques des objets allongés). D'autre part, ils visent l'exhaustivité de la récolte : tous les vestiges, y compris les esquilles, sont récoltés, qu'ils soient retouchés ou non (dans le cas du silex), par le biais de la cotation des pièces et du tamisage systématique du sédiment.

Cette approche de la fouille s'est progressivement mise en place au cours du XX<sup>ème</sup> siècle, évoluant en parallèle des problématiques des chercheurs qui nécessitaient des informations de plus en plus précises spatialement et stratigraphiquement au fur et à

mesure des avancées de la science. Ainsi, les collections anciennes (ici : pré-1950) comportent des biais liés aux méthodes de l'époque, qui ne sont plus adaptées aux problématiques actuelles. Par exemple, il était peu fréquent de ramasser exhaustivement tous les vestiges et de tamiser à l'eau le sédiment fouillé. Les chercheurs se concentraient plutôt sur des outils caractéristiques leur permettant notamment de construire dans les grandes lignes des successions chrono-culturelles régionales (*e.g.*, de Mortillet, 1883 ; Breuil, 1913 ; Goury, 1927 ; Peyrony, 1936). Les informations géoarchéologiques étaient également limitées et les pièces étaient rarement localisées finement dans le gisement. Ces biais se retrouvent notamment dans les collections fouillées par D. ou E. Peyrony que nous avons consultées. Pour la collection Peyrony de la Roque Saint-Christophe, les déchets de débitage n'ont quasiment pas été ramassés, à l'exception de quelques nucléus et fragments de lames, tandis que les outils sont sur-représentés dans la collection. Ce type de biais est bien illustré par la comparaison de collections fouillées anciennement et le contenu des déblais de ces fouilles ré-explorées lors d'opérations archéologiques récentes (*e.g.*, Isturitz ; Lacarrière *et al.*, 2011 ; La Ferrassie ; Dibble *et al.*, 2018 ; le Fourneau du Diable ; Vignoles *et al.*, 2019). D'autre part, les informations spatiales concernant les vestiges sont très sommaires, se résumant à l'attribution à une couche archéologique, parfois mal localisée dans le gisement. Enfin, certains choix liés à la conservation du matériel après la fouille – et notamment le regroupement d'ensembles distincts d'un point de vue stratigraphique ou spatial au sein de mêmes unités de rangement (bacs/caisses/sacs) – peuvent limiter la précision des informations que nous pourrions tirer de ces collections. Dans le cas de la Roque Saint-Christophe, D. Peyrony décida par exemple de rassembler *a posteriori* les différentes subdivisions géologiques observées dans la couche A en raison de leur similarité typologique (David, 1985). Pour les mêmes raisons, au Facteur, E. Peyrony regroupa ensemble, et sans distinction de marquage, le contenu des déblais de fouilleurs clandestins et les vestiges mis au jour dans des lambeaux de niveaux en place contre la paroi de l'abri (Peyrony, 1934 ; Volume II, chapitre 1).

Au cours de la deuxième moitié du XX<sup>ème</sup> siècle, les méthodes de fouilles actuelles se construisent petit à petit et le processus de fouille devient progressivement de mieux en mieux documenté, tant sur les sites de plein-air qu'en abri sous-roche (voir par exemple, les fouilles de André Leroi-Gourhan, H. Delporte, H. L. Movius, ou J.-Ph. Rigaud entre autres). La période allant des années 1950 à 1980 est cependant marquée par de fortes disparités liées aux expérimentations méthodologiques des différents fouilleurs. Pour prendre l'exemple des

quelques séries que nous avons eu l'occasion d'étudier, celles-ci sont loin d'avoir été récoltés par des méthodes homogènes d'un site à l'autre, et ce parfois à quelques années d'écart. Par exemple, le gisement des Jambes et l'Abri Lespaux ont tous les deux été fouillés au début des années 1960 (Célérier, 1967 ; Krtoliza et Lenoir, 1998). Les deux fouilles ont visiblement pris soin de recueillir tous les vestiges lithiques : le sédiment a été tamisé à sec aux Jambes (Célérier, 1967) et la collection de Lespaux contient une très grande quantité de déchets, parfois très petits (notamment des lamelles de la Picardie et des microlithes à dos, dont des nanogravettes). Cependant, pour cette dernière, la documentation du processus de fouille et de l'élaboration des ensembles archéologiques se résume aux informations présentées dans la publication. Nous n'avons trouvé trace, pour l'instant, d'aucun carnet de terrain permettant de retracer la chronologie des travaux. Aux Jambes, ces informations sont plus détaillées, puisqu'un rapport de fouille a été produit chaque année et qu'une partie des vestiges a été cotée, bien que ces relevés n'aient concerné que les outils et les « *objets intéressants* » d'après le fouilleur (*ibid.*, p. 54), soit au total 20 % de la collection (voir Volume II, chapitre 2).

La disparité d'informations contextuelles et la précision de la récolte peut également concerner une même fouille s'étant étalée sur plusieurs années. C'est typiquement le cas à l'abri du Facteur ou à l'abri du Flageolet I. Au Facteur, H. Delporte et son collaborateur M. Bellancourt expérimentent une nouvelle méthode de relevé non-cartésienne à partir de 1959. Il s'agit d'une méthode de relevé radial (*i.e.*, basée sur des angles et une distance, et non sur un repère orthonormé horizontal classique « x, y »), qui est selon eux plus « *pratique, rapide et précise* » (Delporte, 1968, p. 5-6 ; *cf.* correspondance Bellancourt/Delporte 27/12/1958 et 4/01/1959, consultée au Musée des Antiquités Nationales [abrév. MAN]). De plus, la cotation systématique des objets est abandonnée en 1959 au profit du relevé des « *pièces intéressantes, ainsi que les os déterminables* » uniquement (carnet de terrain d'H. Delporte, 1959, p. 7, consulté au MAN). Ces variations méthodologiques, doublées de difficultés liées à la configuration (dépôts complexes d'abri sous-roche) et à l'histoire du site (destruction de la partie centrale par des fouilleurs clandestins) compliquent l'interprétation globale des différents ensembles mis au jour dans ce gisement (Klaric, 2018b ; Volume II, chapitre 1). Au Flageolet I, le relevé systématique des objets supérieurs à 2 cm ainsi que les méthodes de projection stratigraphique mises en place au cours de la fouille ont été élaborés progressivement au fur et à mesure des expériences et collaborations de J.-Ph. Rigaud (Volume II, chapitre 3). De ce fait, la méthodologie de fouille

est inégale en fonction des années et des fouilleurs, et aboutit par exemple à une quantité non négligeable de pièces non cotées, parmi lesquelles des pièces chrono-culturellement significatives ont été reconnues. Un constat semblable est dressé pour les couches gravettiennes de la Grotte du Renne (Arcy-sur-Cure ; Klaric 2003). Sur les 78 raccords effectués par L. Klaric dans le cadre de son évaluation de l'intégrité des couches IV et V, 19 raccords concernent des pièces non marquées. En outre, la fouille dirigée par A. Leroi-Gourhan a vraisemblablement fait l'objet de fluctuations méthodologiques ; par exemple, le carroyage définitif n'a été fixé qu'en 1958, soit près de 10 ans après le début de la fouille. Il en résulte une attribution incertaine à un carré précis pour la majorité des pièces raccordées. D'après L. Klaric, seuls 23 raccords sont positionnés fiablement et *a minima* dans un carré (*ibid.*, p. 184).

Ces quelques observations très générales mettent d'ores et déjà en évidence différents types de biais qui limitent notre capacité à analyser le registre archéologique par une approche globale comme celle que nous proposons. D'une part, l'inégalité de publication et de types d'informations publiés peuvent conduire à masquer la présence de certaines unités archéologiques. Dans notre cas, l'identification du Rayssien et du Gravettien récent dans les sites sera particulièrement impactée par le plus faible nombre d'études technologiques publiées. Cette invisibilisation partielle peut également être la conséquence de méthodes de fouilles trop imprécises pour récolter des fossiles directeurs ou marqueurs techniques caractéristiques qui composent nos unités archéologiques. Typiquement, les lamelles de la Picardie ou certains burins de Noailles n'ont pas forcément été ramassés dans le cas de fouilles anciennes en raison de leurs dimensions trop petites (comme au Fourneau du Diable et vraisemblablement à la Roque Saint-Christophe). D'autre part, l'ancienneté des fouilles de la plupart des séries potentiellement attribuables au Gravettien moyen et/ou récent complique la discussion autour de problématiques nécessitant des informations spatiales et contextuelles précises, ces dernières n'étant que rarement détaillées dans les publications. Ce sera par exemple le cas de l'association des fossiles directeurs/marqueurs techniques caractéristiques du Noaillien et du Rayssien.

Nous présenterons à présent plus en détail l'élaboration de nos corpus d'occurrences pour le Noaillien, le Rayssien et le Gravettien récent. Nous exposerons succinctement les différents cas de figures qui nous ont conduit à conserver ou à rejeter les séries

archéologiques dans notre corpus, et renvoyons le lecteur à la base de données « sites gravettiens » pour un détail site par site et publication par publication.

## 2.2. Gravettien moyen

### 2.2.1. *Identification bibliographique des faciès du Gravettien moyen*

#### a. *Noaillien*

Notre recensement bibliographique des sites présumés noailliens s'est fortement appuyée sur le mémoire d'O. Touzé (2011b), bien que nous ne soyons pas parvenue à accéder à toutes les références de son recensement, et la thèse de N. David (1985). Il n'a donc concerné que 122 sites (Figure II.2.4) répartis entre la France (103), l'Espagne (7) et l'Italie (12). Au sein de ce corpus, **75 sites ont été jugés suffisamment documentés par la bibliographie pour être retenus** (selon les critères présentés dans le Tableau II.2.1). Pour 4 autres sites, la présence de Noaillien nous semble probable. Deux de ces séries – Tercis (Simonet, 2009b) et les Jambes (Célérier, 1967 ; Volume II chapitre 2) – présentent des caractères technologiques similaires à ce qui a été décrit dans d'autres séries à burins de Noailles, mais en l'absence du fossile directeur (ou quasi-absence aux Jambes), nous avons préféré les écarter. Les deux autres séries comportent des informations trop parcellaires pour que nous soyons sûre de leur attribution : au Taillis des Coteaux, il y aurait quelques pièces (Primault, 2003), mais nous n'avons retrouvé qu'une seule illustration probable d'un burin de Noailles (Cormarèche, 2020), sans plus d'informations. Concernant l'Abri des Pêcheurs, des dessins sont présentés dans Lhomme (1977) mais sont assez peu lisibles, notamment en raison de l'absence de représentation du profil.



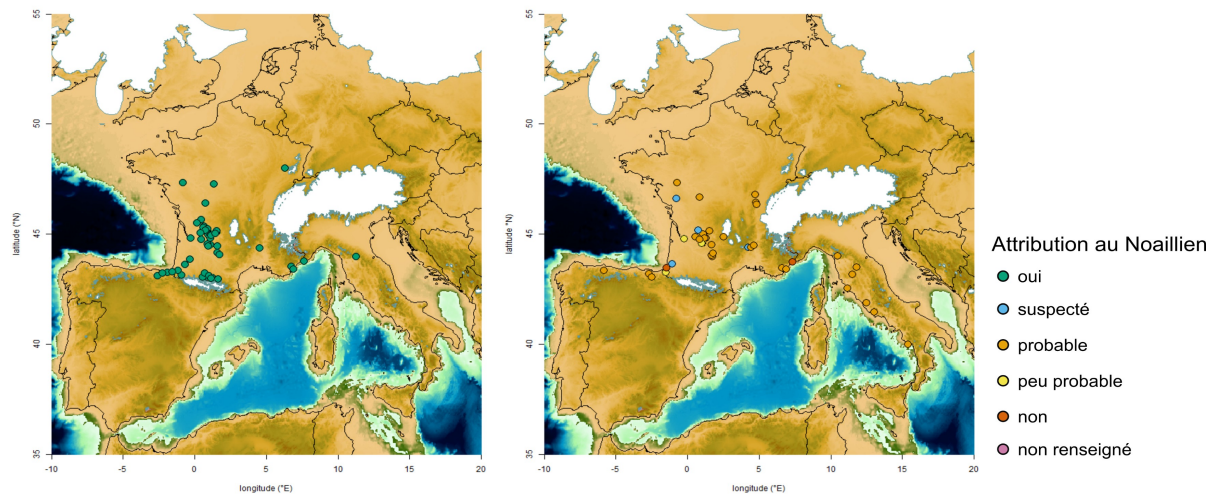


Figure II.2.4: Répartition géographique des sites à burins de Noailles en fonction de la grille de fiabilité présentée dans le Tableau II.2.1, d'après notre recensement bibliographique. La carte de gauche montre les sites retenus, celle de droite les sites rejetés.

Pour 39 sites, nous avons jugé les informations auxquelles nous avons eu accès insuffisantes pour une attribution certaine à ce faciès. Il s'agit la plupart du temps de mentions brèves sans plus de justifications, par exemple certains sites italiens comme Monte Longo, Felceti, Laterina, Castelmalmone, Grotta della Serratura, Grotte de Golino, Massciuccoli et l'Abri Blanc (Palma di Cesnola, 1993) ou espagnols comme Antolinako Koba (de la Peña-Alonso, 2011), Cueva de Lexetxiki (Simonet, 2009a) et La Viña (Foucher *et al.*, 2008). Pour ces séries extra-françaises, ce classement en série non retenue est très certainement liée à d'un manque d'exhaustivité de notre revue de la littérature, n'ayant pris en compte que très peu de références en espagnol ou italien. Cela marque une différence assez majeure avec le recensement de O. Touzé (2013), étant donné que peu de sites ont été retenus dans la péninsule italique. Cependant, le cas de mentions brèves sans justification a également concerné une vingtaine de sites français, comme Roc-en-Pail (Allard et Gruet, 1976), les Cottés (Primault, 2003), Cantelouve (Tixier, 1958), le Roc de Vézac (Rigaud, 1982), la Grotte de Péchialet (Breuil, 1927), la Grotte du Bos del Ser, le Roc de Combe-Capelle, l'Abri du Fongal (David, 1985), l'Abri Casserole (Aubry, *et al.* 1995), l'Abri des Merveilles (Delage, 1936), Termo-Pialat (de Sonnevile-Bordes, 1960), l'Abri des Peyrugues (Cormarèche, 2020), le gisement du Château (Le Tensorer, 1974), la Sénétrière (Delporte, 1983), la grotte de la Verpillère, Azé-Camping Rizerolles (Floss *et al.*, 2013), la Station du Bouzil, la Station des Gachettes 2 (Onoratini, 1982), le Baou-de-la-Sello (Onoratini et Combiér, 1998), la grotte du Rouzet, la grotte du Nid-d'Aigle et la grotte du Cuzoulet (Pajot, 1974). Concernant les autres séries, celles-ci présentent trop peu de pièces compte tenu de la totalité de l'outillage pour

que nous puissions être certains de cette attribution : c'est le cas de la grotte Maldidier (1 pièce d'après Abanozian, 2015), de Corbiac (1 pièce d'après Bordes et de Sonneville-Bordes, 1966), de l'Abri Sous-le-Roc (1 pièce d'après de Sonneville-Bordes, 1960), de la Station des Gachettes 1, de la Station du Maltemps (1 pièce dans chaque série d'après Santaniello, 2016) et de la Grotta della Calla, en Italie (1 pièce d'après David, 1985, et ce d'après déduction des catégories typologiques laplaciennes).

Par ailleurs, la présence du Noaillien sur trois autres sites nous semble peu probable compte tenu des informations présentées dans la littérature. Il s'agit tout d'abord de Peutille, dans lequel tous les burins de Noailles sont atypiques (Morala, 1984). Nous avons également écarté le gisement de plein-air des Artigaux en raison de l'atypicité des deux pièces assimilées à des burins de Noailles (Lenoir, 1977 ; obs. pers.). Enfin, le burin de Noailles présenté par Ana Cava *et al.* (2009 , Fig.21.2) à Alkerdi nous semble peu typique, n'ayant pas de coche d'arrêt ; d'autre part, ces auteurs ne font mention que de la présence de 2 burins de cette sorte, ce qui est peu comparé au nombre d'outils (plus de 70).

Deux derniers sites ont finalement été écartés du corpus : le site de Prissé est rapproché du Noaillien par ces auteurs en raison de similarités technologiques avec le site de Mugurdia Sur, mais ne comprends aucun type diagnostique du Gravettien (Colonge *et al.*, 2015). La série de la Baume-Périgaud, elle, ne comprend qu'un seul burin de Noailles atypique d'après Onoratini (1982).

La répartition géographique des sites en fonction de leur fiabilité d'attribution est légèrement différente entre les corpus d'occurrences retenues et rejetées (Figure II.2.4). Leur comparaison spatiale permet de mettre en évidence des régions dans lesquelles les burins de Noailles pourraient être présents en fonction des critères bibliographiques d'attribution retenus. Ainsi, nous n'avons eu accès qu'à une quantité insuffisante d'informations pour évaluer la présence de ce fossile directeur dans la péninsule italique. Cette importante quantité de sites rejetés au sein d'une même grande région ne sera pas nécessairement problématique dans la suite de notre travail, étant donné notre focalisation plutôt sur l'Ouest et le Nord de la France, ainsi que la péninsule ibérique. De même, si nous avons conservé les trois sites situés en Bourgogne, la répartition géographique du Noaillien tel que nous l'avons construite aurait pu comporter une meilleure continuité spatiale dans la moitié nord de la France entre les sites du Bassin parisien et Hautmougey, dans les Vosges. En revanche, dans le grand quart sud-ouest de la France, dans les Pyrénées et dans le sud-est

de la France, l'élimination de sites du corpus n'aura que peu d'impact sur la répartition géographique globale des points d'occurrence, et n'influencera donc que peu nos modélisations ultérieures.

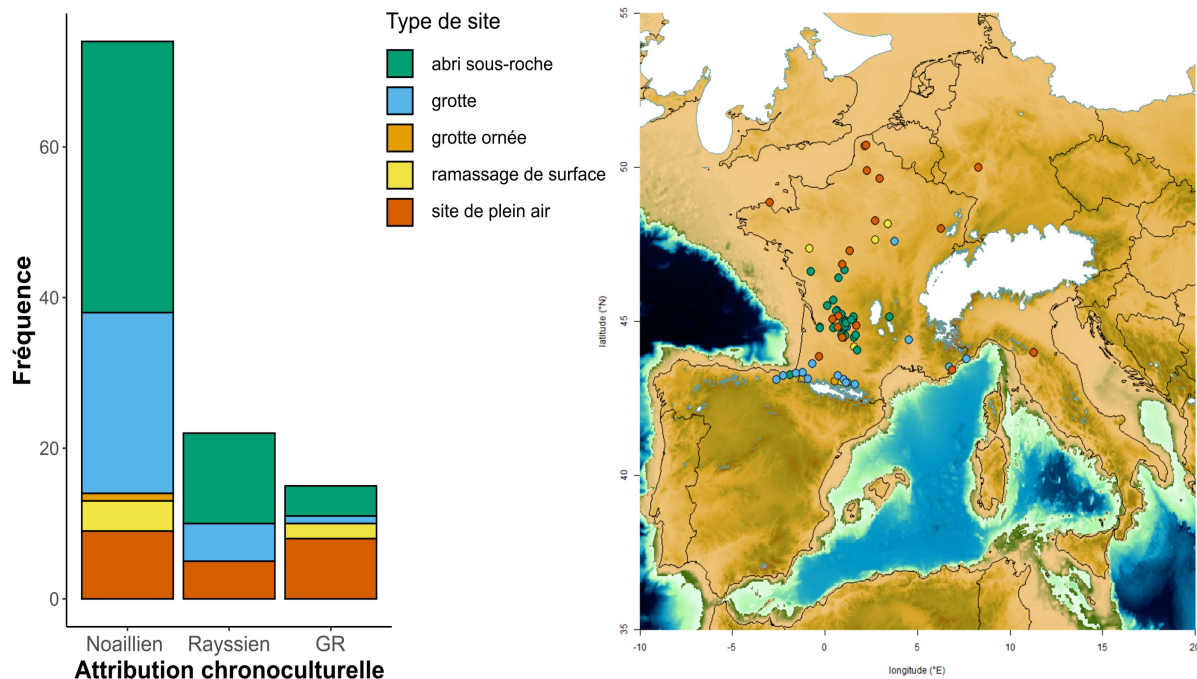


Figure II.2.5: Types de sites retenus en fonction de leur attribution chrono-culturelle et répartition géographique. La couleur des occurrences sur la carte correspond aux types de sites représentés dans l'histogramme à gauche.

Cet inventaire nous a permis de constater encore une fois la diversité des contextes dans lesquels nous retrouvons des burins de Noailles. Ainsi, les occurrences de sites sont principalement des abris sous-roche et grottes, et en plus petit nombre des sites de plein air. Cette disparité s'explique certainement par le fait que les sites noailliens que nous avons retenus se situent en majorité dans le nord de l'Aquitaine et dans la région des Pyrénées, qui sont des régions naturellement riches en abris et grottes (Figure II.2.5). D'autre part, si certains sites comportent une très grande quantité de Noailles, parfois jusqu'à 70 % de l'outillage (par ex. l'abri du Facteur ; Delporte, 1968 ; Volume II, chapitre 1 ; ou le Callan ; Morala, 2011), d'autres sont marqués par une présence plus discrète de ce fossile directeur, qui représente moins de 1 % de l'outillage, comme dans les différents abris des Vachons (David, 1985), à la Roque Saint-Christophe (de Sonneville-Bordes, 1960 ; David, 1985 ; obs. pers.) ou au Flageolet (Rigaud, 1982). Ces différences pourraient être liées dans certains cas à la sélection à la fouille des grandes pièces diagnostiques (comme au Fourneau du Diable ;

Vignoles *et al.*, 2019<sup>3</sup>), mais aussi probablement à des activités spécialisées (Aranguren et Revedin, 2001 ; Aranguren *et al.*, 2015 ; Morala, 2011). La présence d'une faible proportion de burins de Noailles dans certains ensembles peut également résulter de possibles contaminations par les niveaux sous- ou sus-jacents, comme ce pourrait être le cas pour le niveau 3 à Pataud, rattaché au Gravettien récent (Cormarèche, 2020), mais dans lequel deux burins de Noailles sont signalés (Bricker [dir.], 1995).

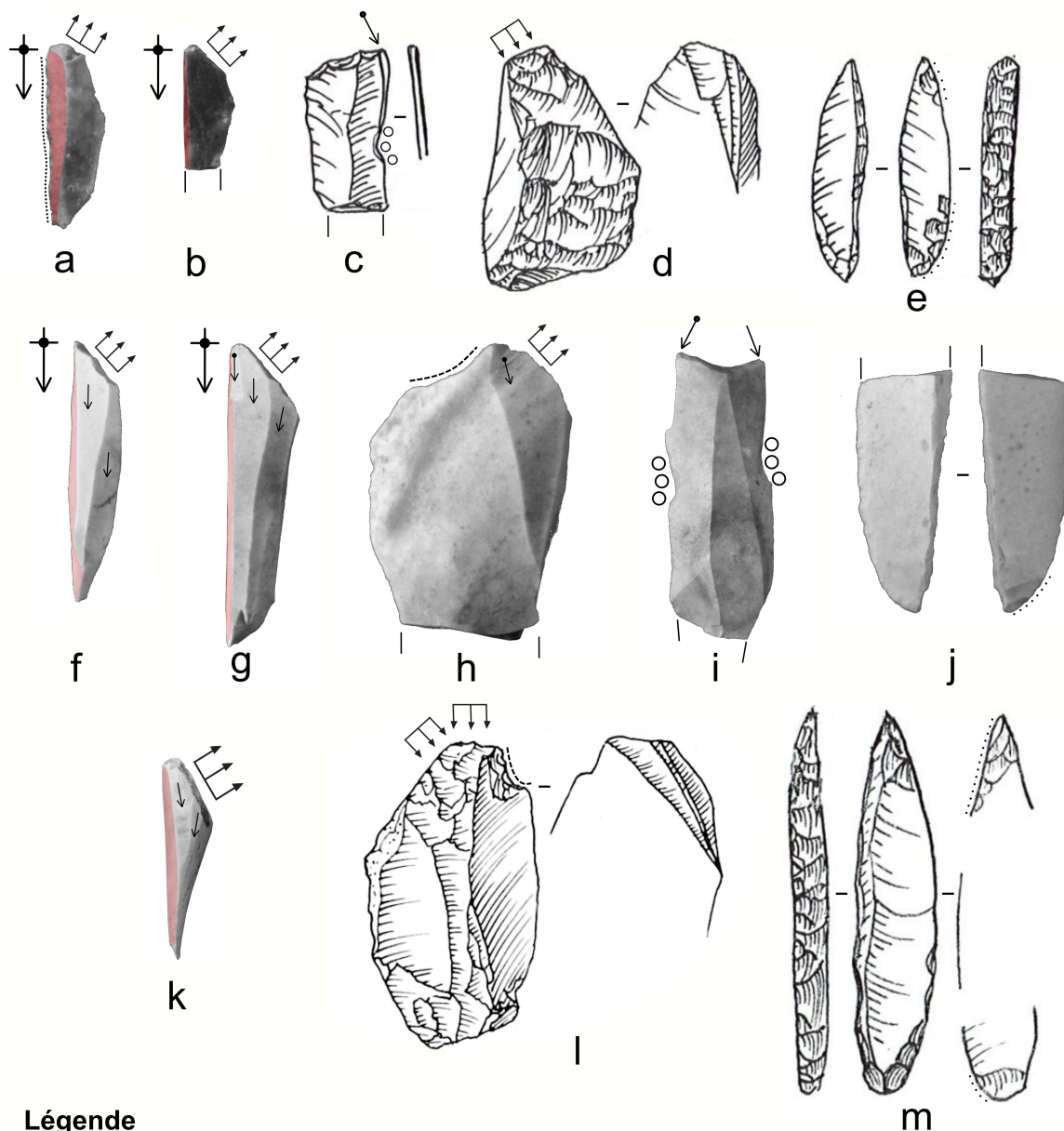
*b. Rayssien*

Notre inventaire des sites rayssiens reprend et complète celui de L. Klaric (2003, 2017) et a concerné 55 sites (Figure II.2.7) en France (53), Espagne (1) et Belgique (1). Nos critères bibliographiques ont néanmoins été un peu plus stricts pour retenir une occurrence, puisque nous avons recherché la présence à la fois des burins-nucléus du Raysse et de la composante lamellaire associée. **Nous n'avons donc retenu que 22 sites** situés en France. Ainsi, les sites pour lesquels seuls les burins du Raysse étaient présents, au nombre de 9, n'ont pas été retenus, malgré leur caractère typique dans les illustrations fournies par les auteurs. C'est le cas de l'abri Laroux, de la Grotte du Trilobite, de Masnaigne (David, 1985), de la Martinière (Allard, 1986), des Vachons (David, 1985 ; Fontaine, 2006), des Battuts (Alaux, 1967, 1969), de Pré-Aubert (Demars, 1977) et du Roc de Gavaudun (Monméjean *et al.*, 1964). Ces séries mériteraient un réexamen afin d'asseoir complètement leur attribution au Rayssien. Nous avons également laissé de côté le site de la Rochette, qui bien que comportant quelques burins du Raysse très typiques (Delporte, 1962), n'a pas livré de lamelles du Raysse ni de lamelles de la Picardie malgré une fouille soignée par H. Delporte (Klaric, 2003, p. 220). Quatre autres sites auraient dû techniquement faire partie de ce groupe avec présence « suspectée » de la méthode du Raysse si l'on n'avait tenu compte de la littérature publiée : les Jambes (Célérier, 1967), la Roque Saint-Christophe (David, 1985), l'abri du Facteur (Delporte, 1968), les Artigaux (Lenoir, 1977) et l'abri Lespoux (Krtoliza et Lenoir, 1998). Ces publications font en effet état de la présence de burins du Raysse et joignent à leurs décomptes des illustrations d'exemplaires typiques. En complément, nous avons pu nous-même confirmer la présence de lamelles du Raysse au sein de ces 5 séries (Figure II.2.6), ainsi que de lamelles de la Picardie (avérées et possibles), nous permettant d'inclure ces localités dans notre corpus d'occurrences du Rayssien.

---

3 C'est aussi probablement le cas à la Roque Saint-Christophe, où la demi-douzaine de burins de Noailles identifiés sont de grandes dimensions.

Les autres sites ont été écartés en l'absence d'informations détaillées sur la présence de burins-nucléus du Raysse. Il s'agit par exemple de l'abri André Ragout, de l'abri Labattut, de la Grotte d'Oreille d'Enfer, de la Grotte de Champ, de la Grotte de Bos del Ser, de la Grotte Thévénard, de la Grotte de Lacoste, de la Font-Robert, du Petit-Puyrousseau (David, 1985), de l'abri des Peyrugues (Klaric, 2003), de Las Péléños (Morala, 1984), de Métayer (Le Tensorer, 1981), de la Grotte du Rouzet (Foucher *et al.*, 2008), du gisement de la Chèvre (Arambourou et Jude, 1964 ; David, 1985), de Canolle-ferme (Bourguignon et Ortega-Cordellat, 2012) et de l'abri Durand-Ruel (Daniel et Schmider, 1972 ; David, 1985). Dans ces publications, la présence de burins du Raysse n'est que mentionnée et n'est pas appuyée par des dessins. L'abri de la Betche-aux-Roches à Spy, en Belgique, est également dans ce cas (Klaric, 2003). Son éloignement géographique de l'aire principale de répartition des burins-nucléus du Raysse, le faible nombre de pièces annoncé (1) ainsi que l'absence de dessin nous conduit à l'écarter du corpus. Par ailleurs, trois sites présentent des informations contradictoires en fonction de la source privilégiée : l'abri du Fongal est cité par N. David (1985) mais pas par D. Sonnevile-Bordes (1960). Bolinkoba, le seul site espagnol du recensement, a livré un burin du Raysse d'après N. David (1985), mais cette information n'a pas été confirmée par des travaux plus récents sur ce site (Klaric, 2003). Enfin, la présence de burins du Raysse au Plateau Cabrol est avancée par B. Bosselin et F. Djindjian (1994) sans appui bibliographique – l'article de Alain Turq (1977) ne fait d'ailleurs pas mention de leur présence sur le site. Trois sites ont été écartés en raison de la présence de probables « faux-amis » (Grotte du Marronnier, la Carane-3 et la Station du Gratadis ; cf. Klaric, 2003). Enfin, nous n'avons pas conservé le site de Chamvres dans le corpus : la présence de burins-nucléus du Raysse n'y est en effet pas consensuelle (Klaric, 2003, 2013, 2017 vs. Sarrazin, 2018). Si des burins multiples plans récoltés à Chamvres comportent bien des similitudes technologiques avec les burins-nucléus du Raysse (malgré l'absence de préparation par « facettage latéralisé oblique »), l'absence de lamelles de la Picardie et la datation  $^{14}\text{C}$  plus proche du Gravettien récent que du Gravettien moyen (Klaric, 2013) nous conduit à écarter cette occurrence pour le moment.



**Légende**

- ..... Aménagement inverse rasant
- Retouche directe marginale
- Surcreusement de la troncature
- ◊ Facettage latéralisé oblique
- Facettage latéralisé oblique
- Pan-revers

1 cm

Figure II.2.6: Fossiles directeurs et marqueurs techniques du Gravettien moyen identifiés à la Roque Saint-Christophe, à l'abri Lespoux et aux Artigaux. Abri Lespoux : a. Lamelle de la Picardie ; b. Lamelle du Raysse ; c. Burin de Noailles ; d. Burin-nucléus du Raysse (dessins issus de Krtoliza et Lenoir, 1998) ; e. et m. Pointe des Vachons. La Roque Saint-Christophe : f. à g. Lamelles du Raysse ; h. Burin-nucléus du Raysse ; i. Burin de Noailles double ; j. Possible pointe des Vachons. Les Artigaux : k. Lamelle du Raysse ; l. Burin-nucléus du Raysse. (dessin issu de Lenoir, 1977)



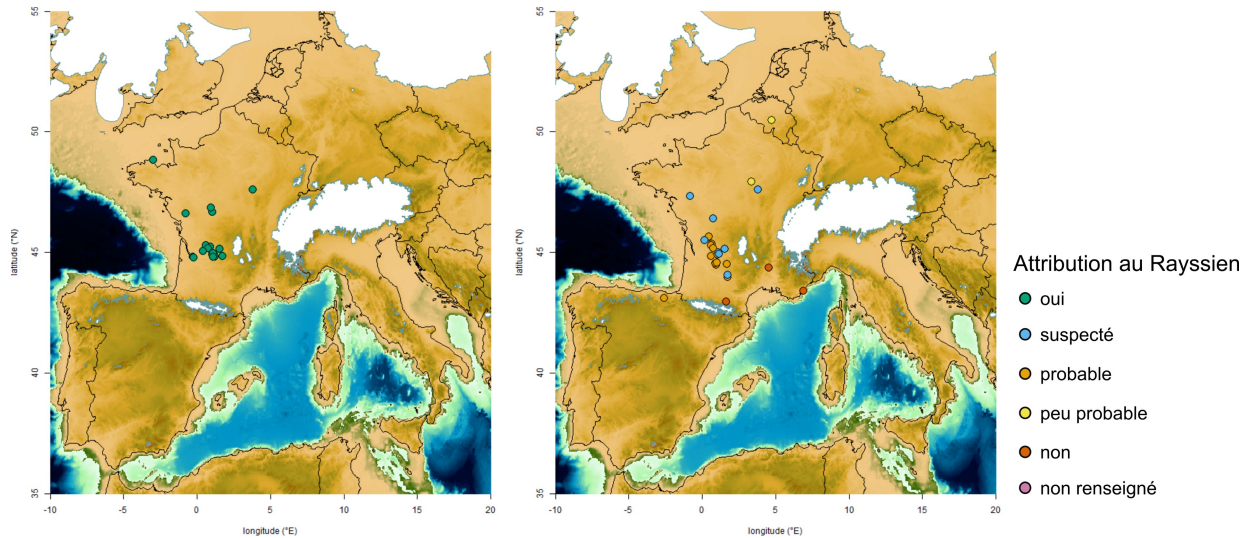


Figure II.2.7: Répartition géographique des sites dans lesquels la méthode du Raysse a été mise en évidence, en fonction de la grille de fiabilité présentée dans le Tableau II.2.1, d'après notre recensement bibliographique. La carte de gauche montre les sites retenus, celle de droite les sites rejetés.

De la même manière que pour le Noaillien, la plupart des sites rayssiens sont des grottes ou des abris sous-roche. Le corpus comporte pourtant une part non négligeable de sites de plein air (Figure II.2.5). On remarquera l'absence de ramassages de surface, ce qui est probablement dû aux critères bibliographiques que nous avons choisis (présence de burins-nucléus du Raysse et de la composante lamellaire). Ces proportions restent cohérentes avec la répartition géographique des sites, qui reste centrée sur nord de l'Aquitaine et le sud du Bassin parisien, avec deux occurrences isolées en Bretagne et dans l'Yonne. Cette aire est sensiblement plus restreinte que celle des sites rejetés. Les occurrences isolées en Espagne, dans les Pyrénées, en Ardèche, sur la côte méditerranéenne et en Belgique qui ont été écartés auraient pu avoir un impact sur la modélisation de niches ultérieures si nous les avions gardés. D'autre part, les occurrences présentes dans le Quercy et le Tarn sont toutes écartées du corpus définitif, ce qui crée un décalage avec les cartes proposées par O. Touzé (2013) et L. Klaric (2017), et propose une répartition géographique d'autant plus restreinte pour la méthode du Raysse. Un retour sur ces séries sera donc nécessaire à l'avenir pour valider sa présence dans ces régions.

À l'instar du Noaillien, nous avons pu observer différentes expressions du Rayssien en fonction des sites et séries analysés. En effet, certains sites comportent de très nombreux burins-nucléus du Raysse, lamelles du Raysse et de la Picardie très typiques – comme à la Picardie (Klaric *et al.*, 2011, 2018), à la Grotte du Renne (Klaric, 2008), à l'Abri Pataud (Pottier, 2005, 2006), au Flageolet I (Lucas, 2002 ; Gottardi, 2011 ; Volume II, chapitre 3), à

Solvieux (Klaric, 2003, 2017), aux Jambes (Volume II, chapitre 2) ou à la Roque Saint-Christophe par exemple – d'autres sites arborent une présence beaucoup plus discrète de la méthode (par ex. au Facteur ; Volume II, chapitre 1 ; au Fourneau du Diable ; Vignoles *et al.*, 2019 ; à Combe Saunière ; Klaric, obs. pers. ; aux Fieux ; Guillermin, 2008 ; à Lespaux), avec seulement quelques burins et lamelles du Raysse, et plus rarement des lamelles de la Picardie avérées (c'est-à-dire dont le support est identifié comme une lamelle du Raysse). Ces séries ne semblent d'ailleurs pas forcément contenir d'éléments du laminaire rayssien tel qu'il s'exprime à la Picardie (tout du moins au Facteur, au Fourneau, à la Roque et à Lespaux). Ces différences restent difficilement interprétables en raison du manque d'informations technologiques sur les débitages lamino-lamellaires d'un nombre suffisant de séries. Elles ne semblent néanmoins pas résulter de l'ancienneté des fouilles, tout du moins pas dans toutes les situations, puisque des séries mises au jour par des fouilles assez minutieuses font partie de cette catégorie (*e.g.*, Facteur). Des explications pourraient être à rechercher du côté de la fonction de site ou encore de l'importance ou la place que prend la méthode du Raysse au sein du système technique des groupes successifs l'ayant employée.

### **2.2.2. Modalités d'association des fossiles directeurs du Noaillien et du Rayssien**

D'après notre recensement, **13 sites font l'objet d'une association entre burins de Noailles et méthode du Raysse** au sein d'au moins un ensemble. Ils sont tous situés dans le nord du Bassin aquitain (principalement en Dordogne, mais aussi en Gironde et en Corrèze) : l'abri du Facteur (couche 10/11 et collection Peyrony ; Volume II, chapitre 1), l'abri Pataud (couche 4:lower/middle/upper ; Pottier, 2005, 2006), Combe Saunière (niveaux IVc et V ; Klaric, obs. pers.), Fourneau du Diable (collection Peyrony et sondage 2 de la Terrasse inférieure, fouilles Baumann ; Vignoles *et al.*, 2019), le Grand-Abri de Laussel (Klaric *et al.*, 2019), la Roque Saint-Christophe (collection Peyrony), le Flageolet 1 (couches I-III, IV, V, VI ; Lucas, 2002 ; Gottardi, 2011 ; Volume II, chapitre 3), Solvieux (couches 2-III, 3-B et 6-M ; Klaric, 2017), l'abri du Raysse (collection Pradel), Bassaler-Nord (niveau 4 ; Touzé, 2011), la Grotte des Morts (collections anciennes ; Sarrazin, 2017), la Grotte Bouyssonie (nappe 4 ; Klaric, obs. pers.) et l'abri Lespaux (niveau 3 et couche 4).

Les ensembles présentant ces associations sont tous problématiques à plusieurs égards. Tout d'abord, tous ces sites sont des abris sous-roche ou des grottes – à l'exception



de Solvieux – ce qui en font des gisements potentiellement impactés par un certain nombre de **phénomènes post-dépositionnels** ayant pu perturber les vestiges. Ces phénomènes ont notamment été mis en évidence à Pataud (voir Klaric, 2007 pour un rappel) où le niveau 4 a probablement été affecté par l'action du ruissellement, de blocs d'effondrement et de terriers de rongeurs (Bricker [dir.] 1995), ou encore par la solifluxion (Agsous, 2008, p. 173). De même, au Flageolet I, les niveaux gravettiens se situent dans l'unité stratigraphique 2, dont les dynamiques de dépôts comprennent des coulées de débris et coulées boueuses, ainsi que du ruissellement (Rigaud *et al.*, 2016) ayant pu affecter la position initiale des pièces. Ces déplacements sont notamment mis en évidence par les nombreux remontages et raccords effectués sur le matériel lithique et faunique, à la fois intra- et inter-couches (Michel, 2010 ; Volume II, chapitre 3). Ceux-ci semblent souvent orientés dans le sens de la pente au sein de partie plus denses en vestiges dans la stratigraphie (*e.g.*, couches I-III, IV, V vs. couches VI, VII). Certains raccords sont également verticaux, pouvant signer la présence de terriers dans la partie sud notamment (voir Volume II, chapitre 3, Figure 90) . À Bassaler Nord, l'occupation gravettienne était déjà partiellement détruite par des aménagements médiévaux lors de la fouille en 1954 par J. Couchard (Couchard et de Sonnevile-Bordes, 1960 ; Touzé, 2011a). De plus, le fouilleur indique avoir observé des pièces « *en position inclinée ou même verticale* » (Couchard et de Sonnevile-Bordes, 1960, p. 417) dans certaines parties du site, ce qui peut signaler l'action de processus ayant modifié la position initiale des pièces (comme le ruissellement, l'action de vers de terre ou encore des phénomènes liés au gel/dégel par exemple). À la Grotte Bouyssonie, les dépôts contenant la nappe 4 gravettienne ont été mis en place par ruissellement (Lenoble *in* Pesesse *et al.*, 2018). De plus, les marqueurs chrono-culturels gravettiens appartenant au Gravettien moyen et au Gravettien récent présentent une dispersion verticale relativement importante (Klaric *in* Pesesse *et al.*, 2018), ce qui laisse présager de mélanges entre occupations distinctes. À Solvieux, James Sackett soulève les nombreux processus taphonomiques ayant pu affecter la position initiale des vestiges : en fonction des zones, on retrouve donc des phénomènes tels que la solifluxion, la cryoturbation, le piétinement ou l'illuviation de certains dépôts archéologiques (Sackett, 1999, p. 26). Les trois couches contenant des burins de Noailles et du Raysse sont interprétées comme des nappes de palimpsestes ou de niveaux stratigraphiques mélangés (*ibid.*, p. 92 et 96).

D'autre part, la majeure partie de ces collections sont des **collections anciennes**, dont le conditionnement ne permet pas de retrouver la position des pièces au sein du

gisement ; **les ensembles sont donc en grande partie tributaires de l'interprétation de la stratigraphie et du site par les fouilleurs.** Pour les collections de la Grotte des Morts et du Raysse, les pièces sont rarement attribuées à un ensemble stratigraphique précis. Aux Morts, la collection est même composée de pièces issues de différentes fouilles, comme celles des abbés Bouyssonie dans les années 1920 mais également de récoltes de la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle par P. Lalande ou J. Soulingeas entre autres (Sarrazin, 2017). Au Raysse, les pièces ne sont que rarement marquées de leur provenance stratigraphique (Touzé, 2011a). Dans la collection Peyrony du Facteur, les pièces sont à peine marquées de la localité du site (« La Forêt ») et parfois d'une attribution chrono-culturelle (« P. V » pour Périgordien V). Dans tous les cas, E. Peyrony dit avoir regroupé le contenu des niveaux en place avec les déblais des fouilleurs clandestins qu'il avait tamisés (Peyrony, 1934), ce qui, à la lueur des travaux de Delporte (1968), constitue un ensemble totalement mélangé entre différentes phases du Gravettien. De même au Fourneau du Diable, dans la collection Peyrony, les pièces font l'objet de ce type de marquage sommaire, indiquant le site (« F. Diable »), la terrasse (« T. I. » ou « T. Inf. » pour Terrasse inférieure) ainsi qu'une attribution chrono-culturelle (« Per. IV », « P. V » pour Périgordien IV ou V, ou « Sol. S. » pour Solutréen supérieur par exemple ; Klaric et Dachary *in* Baumann *et al.*, 2016). À la Roque Saint-Christophe, une partie seulement des pièces sont marquées de leur attribution chrono-culturelle (« Per IV » pour Périgordien IV, l'attribution de D. Peyrony), mais nous ne savons pas si celle-ci désigne une unité stratigraphique ou l'interprétation ultérieure des pièces par D. Peyrony. Enfin, à Laussel, l'ancienneté de la fouille implique le recours à des méthodes de collecte expéditives par des ouvriers ainsi qu'une vision de la séquence chrono-culturelle du Paléolithique différente et moins précise que la vision actuelle. Ainsi, la collection Vésigné réexaminée dans le cadre du PCR « Laussel, une affaire classée ? » (Klaric [dir] ; Klaric *et al.*, 2019) est attribuée à l'« Aurignacien supérieur » (équivalent du Gravettien dans la séquence proposée par H. Breuil ; 1913) et regroupe des pièces attribuables à chacune des phases du Gravettien, ainsi qu'à l'Aurignacien et au Solutréen, voire au Moustérien (Klaric *et al.*, 2019, p. 56). Ces informations, trop sommaires, ne permettent pas de pleinement réévaluer les associations des marqueurs noailliens et rayssiens.

À Lespaux, les vestiges sont le plus souvent rattachés à un ensemble stratigraphique, mais les archives sont extrêmement limitées. Elles ne contiennent que quelques feuilles volantes rangées dans une boîte de cigarettes *Week-End*, sur lesquelles sont consignées quelques décomptes et deux schémas de coupes stratigraphiques non localisées dans le

gisement, ainsi qu'une photo du site (en début de fouille ou à la fin ?). Pour cette collection, nous sommes donc obligés de nous référer avec prudence à la lecture archéostratigraphique du fouilleur. Cette situation est similaire pour la couche 10/11 du Facteur (fouille Delporte), pour laquelle une grande partie des marqueurs du Rayssien ne sont pas marquées et ne peuvent être localisées *a minima* que dans la couche 10/11 au niveau du chantier J/K (voir Volume II chapitre 1). Par ailleurs, pour ce site, les carnets de fouilles avec les cotes des pièces marquées restent introuvables.

Enfin, à Pataud, les subdivisions *upper*, *middle* et *lower* du niveau 4 correspondraient plutôt à des regroupements de nappes de vestiges plus localisées sous la forme de lentilles (Movius, 1975), qui pourraient donc correspondre à plusieurs phases d'occupations distinctes (cf. Vignoles *et al.*, 2019). Or, des différences ont déjà été soulignées entre les lentilles *middle-1* et *middle-2* au sein de la subdivision *middle* (David *in* Bricker, 1995, p.106). Ainsi, la lentille *middle-1* serait à rapprocher de l'ensemble *lower* tandis que *middle-2* est plutôt similaire à l'ensemble *upper*. Il conviendrait alors de réaliser des projections plus fines, à l'échelle des lentilles, afin de mieux évaluer l'association des fossiles directeurs spatialement. Au Flageolet I, suite à notre analyse de la séquence gravettienne, nous proposons de distinguer deux principaux ensembles archéostratigraphiques homogènes chrono-culturellement : un ensemble Gravettien moyen présentant de nombreux éléments rayssiens et de rares éléments noailliens et pièces à dos gravettiennes ubiquistes – les couches I-III, IV et V – ainsi qu'un ensemble Gravettien ancien, riche en pièces à dos gravettiennes et comportant quelques fossiles directeurs de cette phase, ainsi que de rares éléments rayssiens – la couche VI et très probablement VII (voir Volume II, chapitre 3). Ces ensembles supposés d'après le contenu typo-technologique des couches initiales sont en partie confirmés par la projection sagittale des raccords de cassure. Concernant l'évaluation des associations en tant que telles, la projection spatiale des fossiles directeurs de chaque unité archéologique a permis de disqualifier la présence du Rayssien dans la couche VI, les rares éléments identifiés étant très probablement le fait de processus taphonomiques dans des zones localisées du site (*e.g.*, zone nord). Dans l'ensemble Gravettien moyen (*i.e.*, couches I-III à V), les conclusions sont plus délicates à tirer : burins de Noailles, éléments rayssiens et pointes à dos gravettiennes sont fréquemment situées au sein des mêmes concentrations de vestiges. Celles-ci semblent néanmoins se trouver dans des zones *a priori* perturbées ou de lecture stratigraphique plus difficile tandis que la partie sud, une distinction stratigraphique semble s'opérer entre les armatures à dos gravettiennes et les éléments du Gravettien

moyen. Cette observation gagnera à être étoffée par des analyses spatiales statistiques plus poussées. Un travail du même type sur l'archéostratigraphie de l'abri Pataud et de Solvieux pourra également contribuer à avancer sur la question.

En conclusion, pour toutes les collections ici présentées, il nous semble difficile de réellement pouvoir discerner de potentiels facteurs culturels d'autres processus ayant affecté ces vestiges et ayant pu conduire à leur association *in fine*.

### 2.3. Gravettien récent

Notre recensement des sites appartenant au Gravettien récent s'est fortement appuyée sur les travaux de L. Klaric (2013), C. Paris (2020) et E. Cormarèche (2020), et concerne 47 sites (Figure II.2.8) en France (42), Allemagne (4) et Espagne (1). L'identification du Gravettien récent dans la littérature a été plus difficile que pour les entités du Gravettien moyen en raison de ses caractéristiques technologiques plus floues et l'absence (pour le moment) de fossiles directeurs exclusifs de cette entité. Ainsi, **seuls 15 sites ont été retenus**, ayant fait l'objet d'une analyse technologique récente et éventuellement de datations radiocarbone. En réalité, une majorité du corpus analysé pourrait être attribué au Gravettien récent, mais les comportements techniques présents au sein d'au moins 21 séries nous semblent encore trop peu documentées pour valider complètement cette attribution. Plusieurs cas de figure existent. Certaines séries sont rapprochées du Cirque de la Patrie sur des critères typologiques (par exemple la présence de coutelas ou les proportions des différents types d'outils), comme la couche B-B' de Laugerie Haute-Est (Daniel, 1937 ; de Sonneville-Bordes, 1966), les niveaux 3 et 4 des Vachons (David, 1985) et Hault-le Roc (Nouel, 1936 ; Klaric, 2013). Si cette dernière série est en grande partie détruite (*ibid.*), les deux premières mériteraient une révision technologique pour confirmer ces similarités typologiques. Deux autres sites, Fontvannes et Chamvres (Klaric, 2013), ont livré des débitages proches de ceux du Cirque, mais la présence de burins-nucléus rapprochés de burins-nucléus du Raysse ainsi que de « becs » indiquent des différences qui sont aujourd'hui difficiles à interpréter. Le site de la rue du Gouy est également rapproché du Cirque, mais sur une base que nous jugeons trop ténue, à savoir l'utilisation exclusive de la percussion tendre minérale pour le détachement des lames (Fagnart *et al.*, 2013). Le ramassage de surface à la Taille du Clou a également livré quelques outils pouvant être rattachés au Gravettien récent, tels qu'un grattoir-coupoir et des pointes

de la Gravette (Pasty *et al.*, 2013). En l'état, il nous semble malheureusement prématuré de rattacher définitivement ce site au Gravettien récent, étant donné le côté mélangé de la série et la rareté des éléments diagnostiques. Aux Plumettes, Primault (2003) diagnostique également du Gravettien récent en référence à des critères typologiques, à savoir l'abondance de microgravettes et l'indice de burins supérieur à celui des grattoirs. À Roc de Combe, Bordes et Labrot (1967) attribuent la couche 1 au Gravettien récent sur les mêmes arguments typologiques, appuyés par le fait que cette couche soit postérieure à une couche attribuée au Gravettien moyen. Cette situation se reproduit à la Grotte du Renne, où des occupations du Gravettien récent sont suspectées de par l'abondance de pointes de la Gravette et microgravettes dans les couches IV et V, supposées incompatibles avec la présence de lamelles de la Picardie et burins-nucléus du Raysse (Klaric, 2007, 2008, 2013). Les datations  $^{14}\text{C}$  disponibles pour ces couches sont également contenues dans la tranche chronologique du Gravettien récent (Banks *et al.*, 2019 ; Banks et d'Errico, 2019). Ces arguments typologiques et de chronologie absolue ne sont malheureusement pas suffisants pour nous permettre d'attribuer sans ambiguïté ces séries au Gravettien récent, mais ouvrent autant de pistes à explorer lors d'une éventuelle révision technologique par la suite.

D'autres séries sont rapprochées de Corbiac, comme la Station du Fresquet (Morala, 1984) ou le Roc de Cavart (Le Tensorer, 1981). Ces séries sont qualifiées de « Périgordien évolué » ou « Périgordien VI évolué », sans que l'on ne sache à quoi fait référence le terme « évolué ». L'Abri du Couvert (Morala, 1984) est également dans ce cas de figure, avec la mention de coutelas – un type d'outil également présent au Cirque ou à Laugerie. Cependant, le manque d'informations technologiques sur le site de Corbiac nous conduit à l'écarter du corpus, ainsi que les sites qui s'en rapprochent. Ce cas de figure se répète à Mézières-lès-Cléry, qui est rapproché de Chamvres (Le Licon et Jesset, 1996). De même, le site de Sprendlingen est rapproché de Mainz-Lisenberg par G. Bosinski (1995), mais d'après L. Klaric (2003), des différences typo-technologiques existent entre ces deux séries et ce premier devrait être mieux caractérisé pour pouvoir s'assurer de son attribution au Gravettien récent.

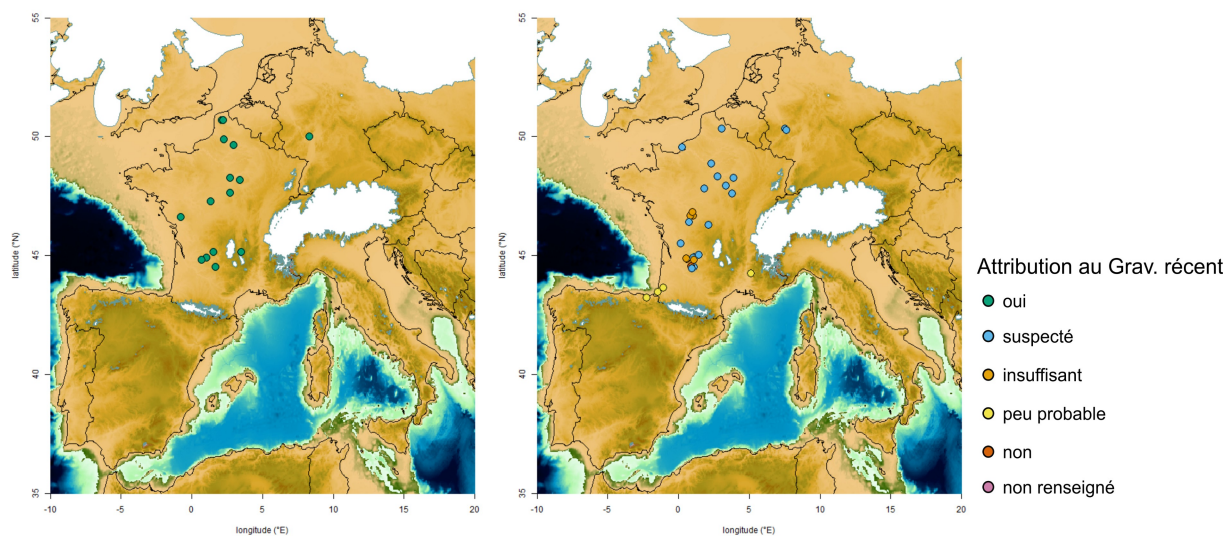


Figure II.2.8: Répartition géographique des sites attribués au Gravettien récent, en fonction de la grille de fiabilité présentée dans le Tableau II.2.1, d'après notre recensement bibliographique. La carte de gauche montre les sites retenus, celle de droite les sites rejetés.

Ensuite, de nombreuses séries font l'objet de suspicions de présence du Gravettien récent de part l'identification de burins polyédriques semblables aux burins-nucléus présents sur des sites comme le Blot ou Mainz-Lisenberg. Il s'agit par exemple de Rhens, Koblenz-Metternich (Hahn, 1969), du Mayne (Morala, 2000) et du Grand-Abri de Laussel (Klaric, obs. pers.). Enfin, l'attribution de la série de la Pente-de-Brosses au Gravettien récent repose principalement sur une datation radiocarbone autour de 22.5 ka BP (Klaric, 2013), et bien que les caractéristiques technologiques de l'assemblage ne soient pas incompatibles avec le Gravettien récent, l'argument reste cependant ténu en l'absence de pointes de la Gravette ou microgravettes (*ibid.*). Nous posons également un doute sur la Briqueterie Dupray (Paris, 2020) car malgré la position des artefacts au sein d'un niveau postérieur au sol de « Mesnil-Esnard » daté autour de 26 ka BP, cette série est technologiquement compatible à la fois avec l'Aurignacien (Guette-Marsac *et al.*, 2009) et le Gravettien récent (Paris, 2020) en l'absence d'outils diagnostiques.

Nous avons jugé que l'attribution au Gravettien récent de trois sites situés dans les Pyrénées peu probable en raison de leur éloignement géographique de l'aire de répartition principale de cette entité ainsi que l'absence d'argument typo-technologiques. Il s'agit du niveau V de la Cueva de Amalda, de par une datation contemporaine du Gravettien récent périgourdin, et de Tercis, de par l'absence de burins de Noailles (Simonet, 2009a). Ce dernier cas de figure se retrouve pour le Prissé (Colonge *et al.*, 2015) où aucun outil diagnostique n'a été mis au jour et l'attribution au Gravettien récent semble donc « par défaut ». Un dernier

site éloigné a également été écarté : la Station de Bernucen, rapprochée typologiquement de Corbiac et Laugerie par G. Onoratini (1982).

Enfin, 8 séries sont trop peu documentées dans la littérature pour que nous puissions les intégrer à notre corpus. Comme déjà évoqué, le site de Corbiac (Bordes, 1970) n'est que très peu documenté d'un point de vue typo-technologique et ne peut donc être validé selon nos critères bibliographiques. C'est également le cas de Canolle-ferme (Bourguignon et Ortega-Cordellat, 2012), attribué au Gravettien récent sans réel argument typo-technologique. La couche I-III au Flageolet I (Rigaud, 1982) et le niveau NA 10 b à l'abri Casserole (Aubry *et al.*, 1995) sont attribués au Gravettien récent de par leur position stratigraphique (postérieure à un niveau à Noailles, et antérieure à un niveau du « Protomagdalénien », alias Gravettien final pour Casserole). La première est également comparée par Rigaud (1982) à la couche 1 de Roc de Combe. Cependant, la collection de la couche I-III contient de nombreux fossiles caractéristiques du Gravettien moyen (voir Volume II, chapitre 3), et la position de la couche au sommet de la séquence en fait un ensemble particulièrement sensible aux perturbations post-dépositionnelles. Nous envisageons donc plutôt que cette couche fasse partie de l'ensemble « Gravettien moyen » constitué des couches IV et V (*ibid.*), ce qui complique les comparaisons typologiques proposées par Rigaud (1982). Concernant l'abri Casserole, les seules informations supplémentaires dont nous disposons sont la présence de « *burins divers et lamelles à dos tronquées* » (Aubry *et al.*, 1995, p. 297), ce qui reste compatible, mais insuffisant pour une attribution au Gravettien récent selon nos critères. De même, la couche 3 de l'abri Charbonnier à Roches est rapproché du Gravettien récent de par la présence de lamelles à dos tronquées par Damien Pesesse (2013a), ce qui ne constitue pas un argument suffisant pour notre recensement. À Villejésus, une attribution au Gravettien récent est proposée par Aubry *et al.* (2014), mais n'est pas confirmée par des travaux récents à cette localité (Klaric, 2007b), en raison de la faible quantité de matériel et la quasi-absence d'éléments diagnostiques (un seul fragment d'une possible pointe de la Gravette a été mise au jour). Pour terminer, la couche 2 de la grotte des Cottés est rattachée au Gravettien récent uniquement par sa datation autour de 23.5 ka BP (Primault, 2003), ce qui nous amène à l'écarter également.

Contrairement aux faciès du Gravettien moyen, la majorité des sites retenus pour le Gravettien récent sont des sites de plein-air, ce qui s'explique par l'extension géographique

plus septentrionale de cette unité archéologique (Figure II.2.5). De nombreux sites sont en effet situés dans les plaines loessiques du nord de la France tandis que moins de sites ont été retenus dans le nord du Bassin aquitain/sud du Bassin parisien. La répartition géographique des sites retenus comporte des différences assez importantes avec celle des sites rejetés (Figure II.2.8), ce qui est dû à notre prudence quant à l'inclusion de nombreux sites où la présence du Gravettien récent n'était que suspectée d'après nos critères. Notamment, certaines régions ne sont pas représentées par notre jeu de données, comme les Charentes ou le Centre de la France. Un vide est également perceptible entre les sites du nord du Bassin parisien et le Nord de la France. Nos critères bibliographiques auront donc eu une influence non-négligeable sur le jeu de données d'occurrences d'un point de vue de la représentation spatiale. Celui-ci gagnera donc à être amélioré *via* la révision technologique d'un certain nombre de séries, en se focalisant dans un premier temps sur des régions moins étudiées récemment (*e.g.*, Les Vachons, Sprendlingen).

### **3. Conclusions**

#### **3.1. Variabilité typo-technologique du Gravettien moyen : quelques pistes à explorer**

L'établissement de cet inventaire ainsi que l'étude de plusieurs séries archéologiques permettent, encore une fois, de souligner l'importante variabilité des séries rattachées au Gravettien moyen dans le nord de l'Aquitaine. Celles-ci présentent très souvent des caractéristiques mixtes entre la définition traditionnelle du Rayssien à partir du site de la Picardie, ou celle du Noaillien à partir des sites pyrénéens. Une importante diversité de cas de figure est ainsi observée, liée aux multiples facteurs probablement en jeu dans le processus de genèse des ensembles archéologiques. Cependant, les informations historiques et typo-technologiques récentes sont limitées pour une grande partie des collections archéologiques, ce qui ne permet pas d'avoir une vision claire de tous les cas de figures et des facteurs impliqués dans leur genèse. Ils peuvent en effet être liés à de nombreux processus taphonomiques, depuis des perturbations géologiques ou biologiques jusqu'aux biais liés aux méthodes de fouille, d'analyse et de publication, et ne pas résulter d'une réelle association au sein d'un système technique employé par les populations passées.



Néanmoins, dans le faible corpus de sites que nous avons eu l'occasion d'étudier et malgré les nombreux phénomènes taphonomiques ayant pu affecter les collections, nous proposons un début de classification en au moins deux groupes dans le nord de l'Aquitaine :

- des séries riches en burins de Noailles, aux débitages lamino-lamellaires correspondant à une modalité plutôt « noaillienne » (cf. Pyrénées ; Volume 1, partie 1, chapitre 1), mais avec une présence discrète de la méthode du Raysse et la quasi-absence d'éléments du laminaire rayssien : couche 10/11 de l'Abri du Facteur, et très probablement la Terrasse inférieure du Fourneau du Diable et la couche 3 à Lespaux ; la couche 4-*lower* à Pataud pourrait également s'intégrer dans ce schéma ;
- des séries où la méthode du Raysse est très clairement représentée, avec une abondance de burins-nucléus du Raysse/lamelles du Raysse/lamelles de la Picardie typiques, mais présentant des caractères mixtes au niveau du laminaire, avec une quasi-absence des burins de Noailles : les Jambes, l'ensemble « Gravettien moyen » (couches I-III à V) du Flageolet I (au moins en partie : cf. Gottardi, 2011), possiblement les Artigaux et Solvieux. La couche 4-*upper* à Pataud pourrait aussi y correspondre, mais les reconstitutions des débitages lamino-lamellaires par C. Pottier (2005) ne font pas état de la présence d'une modalité similaire au laminaire rayssien ;
- La collection Peyrony de la Roque Saint-Christophe est difficile à classer dans ces groupes, en raison de l'importante sélection à la fouille qui ne permet d'évaluer ni l'ampleur du Noaillien et du Rayssien sur le gisement, ni de rechercher des critères diagnostiques dans le débitage laminaire (quasi-absence de vestiges non retouchés). Ce cas de figure est malheureusement fréquent et concerne d'autres séries étudiées récemment, comme Bassaler-Nord, l'Abri du Raysse (Touzé, 2011a), la Grotte des Morts (Sarrazin, 2017) et le Grand Abri de Laussel (Klaric *et al.*, 2019). Celles-ci présentent en très grand nombre des burins de Noailles et éléments associés à la méthode du Raysse, mais une résolution stratigraphique trop faible pour nos questionnements.

Au sein des deux premiers groupes, les pièces à dos gravettiennes tiennent une place variable. Elles sont tantôt relativement nombreuses, comme aux Jambes, au Fourneau, au Flageolet I ou à Lespaux, tantôt quasi absentes, comme aux Artigaux et au Facteur. Il nous semble aujourd'hui difficile de statuer sur la signification de ces variations, en raison d'une

suspicion de mélanges possibles avec d'autres phases du Gravettien. Par exemple à Lespaux, les pointes à dos sont très diversifiées tant dimensionnellement que typologiquement mais des fossiles directeurs du Gravettien ancien (pointes de la Font-Robert et fléchettes) sont également présents dans les couches en question. Dans les séries que nous avons étudiées plus précisément (Jambes, Fourneau, Flageolet I, Facteur), il nous semble néanmoins possible de dégager au moins deux caractéristiques intéressantes. D'une part, les pièces à dos sont assez homogènes d'un point de vue dimensionnel et présentent de petits gabarits liés à un envahissement important du dos sur la largeur du support (Figure II.2.9). Ces caractères dimensionnels font écho aux cortèges de pièces à dos décrits à la Croix de Bagnaux (Kildéa *et al.*, 2005, p. 216) et à Pataud (Pottier, 2005, p. 243). D'autre part, la retouche inverse, rasante et soignée du bord opposé est fréquente, ce qui rappelle le sous-type des Vachons. La symétrie de la pointe à dos, visible sur certaines pièces (*e.g.*, au Fourneau, à Solvieux, à la Roque Saint-Christophe et à Lespaux ; *cf.* Figure II.2.6), corrobore à la définition de ce type de pièce à dos (Simonet, 2011b). Néanmoins, la sériation typo-technologique des pointes à dos gravettiennes reste un sujet de recherche à explorer pour appuyer et confirmer ces caractéristiques particulières du Gravettien moyen nord-aquitain pressenties ici (*ibid.*). Des études taphonomiques et technologiques des séries permettraient également d'avancer sur la possible compatibilité (ou incompatibilité) des pointes à dos avec les lamelles de la Picardie en tant qu'éléments d'armatures dans un même *tool-kit* et de rediscuter de la place de la méthode du Raysse au sein du (des) système(s) technique(s) du Gravettien moyen.

Ce dernier point bénéficierait également d'une étude plus poussée des modalités de débitages lamellaires sur tranche mis en évidence au Facteur et possiblement aux Jambes, et qui semblent tenir une place plus importante que dans les séries pyrénéennes (Klaric, 2003 ; Simonet, 2009a). Elles comportent visiblement un certain nombre de points communs avec la méthode du Raysse, en particulier la latéralisation à gauche de la table de débitage, mais s'en écartent par d'autres caractéristiques, comme la préparation du plan de frappe ou la progression du débitage. La place plus importante que prend cette modalité dans la collection du Facteur, par exemple, pourrait plaider pour une plus grande disjonction entre débitages laminaires et lamellaires dans le Noaillien au nord de l'Aquitaine, d'autant que des lamelles à retouche marginale distinctes des lamelles de la Picardie sont associées à ces débitages. Ce prémisses d'hypothèse nécessiterait des comparaisons plus poussées avec les modalités de débitages lamino-lamellaires d'autres sites, comme le Callan ou la Croix-de-

Bagneux. La collection de Lespaux pourrait également constituer une bonne candidate, en raison de l'apparente discrétion de la méthode du Raysse sur ce site en parallèle d'une abondance de burins de Noailles et de lamelles à retouches marginales (obs. pers).

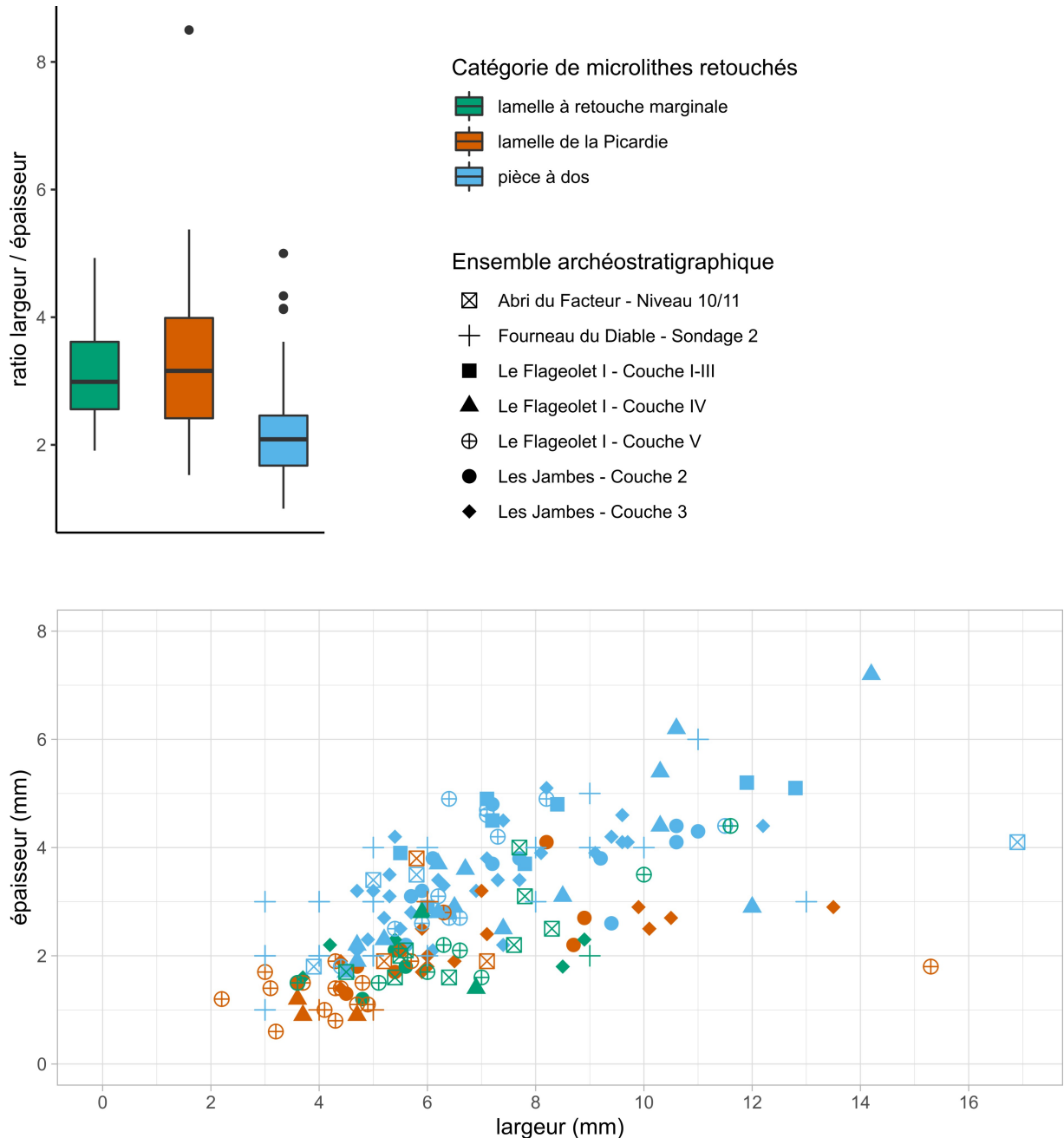


Figure II.2.9: Comparaison des dimensions des potentiels éléments d'armatures dans différents ensembles du Gravettien moyen dans le Nord de l'Aquitaine

Enfin, ces réflexions et la proposition de ces deux groupes de sites devra être davantage explorée par l'analyse comparée d'autres collections du Gravettien moyen présentant des indices de burins de Noailles et/ou du Raysse (présence suspectée d'après notre recensement bibliographique), en incluant la révision taphonomique des ensembles

pour identifier les potentiels facteurs autres que culturels en jeu dans leur genèse. Ce travail à l'échelle du Nord de l'Aquitaine pourrait permettre de confirmer ou d'infirmer l'hypothèse de ces deux groupes, ou encore d'en proposer de nouveaux.

### 3.2. Représentativité des données d'occurrences

En résumé, nous avons retenu au total 75 sites pour notre corpus du Noaillien, 22 sites pour le Rayssien et 15 sites pour le Gravettien récent. Il nous semble important ici de rappeler que la répartition géographique de chaque jeu de données d'occurrences peut présenter des différences plus ou moins importantes avec l'ensemble des sites pour lesquels une attribution à ladite unité archéologique était proposée dans la littérature. Ainsi, nos définitions et nos critères bibliographiques ont eu un impact plus ou moins important sur la représentativité spatiale de chaque unité archéologique.

Cette démarche nous semble toutefois plus prudente et susceptible de donner de meilleurs résultats. En effet, l'établissement de critères plus ou moins stricts a permis d'écarter de nombreux sites dont l'attribution ne repose sur aucun – ou presque – critères aujourd'hui employé pour la définition des unités archéologiques étudiées. Malgré la réduction drastique du nombre d'occurrence qu'elle engendre, **cette approche limite le « *garbage-in, garbage-out* » dans le processus de modélisation**, dans le sens où elle permet d'être quasi-certain.es de l'attribution chrono-culturelle des occurrences employées. Cela ne signifie pas que les occurrences écartées aujourd'hui ne pourront s'intégrer au corpus après un retour sur les collections. Notre consultation de diverses collections du Nord de l'Aquitaine nous a par exemple permis d'inclure certains sites au corpus d'occurrences du Rayssien (l'abri du Facteur, le Fourneau du Diable, la Roque Saint-Christophe, l'abri Lespaux et les Artigaux), d'en exclure certains du corpus du Noaillien (les Artigaux, les Jambes) et du corpus du Gravettien récent (le Flageolet I). Si ce travail est généralisé aux autres sites où la présence de ces unités n'est que « suspectée », elle pourra permettre d'enrichir les corpus. Ce mode opératoire plus qualitatif améliore significativement la qualité intrinsèque des modèles, qui se fondent alors sur une répartition géographique « *a minima* ». Cette estimation a moins de risques d'échantillonner des régions où la présence de l'unité résulte en fait d'une erreur d'identification ou liée à des indices trop ténus ou des arguments datés<sup>4</sup>.

---

4 Dans le sens où la définition de l'unité archéologique a évolué depuis le temps de la publication (*e.g.*, le Rayssien)

Enfin, cet inventaire est en perpétuelle construction et gagnera à être enrichi au fur et à mesure que de nouvelles références seront consultées/découvertes. Il sera notamment nécessaire d'améliorer la description bibliographique des sites italiens et du Sud-est de la France, régions pour lesquelles notre revue de la littérature est sans doute moins exhaustive que pour le reste de la France. De plus, l'estimation de sa répartition géographique du Gravettien récent pourra être améliorée par le biais de révisions de séries suspectées appartenir à cette unité archéologique et situées dans des régions en marge du cœur de sa distribution spatiale (*e.g.*, Charente, Allemagne).



**•PARTIE 3**

**•DYNAMIQUES DE NICHEs ECO-**  
**CULTURELLES**





## **CHAPITRE 1 : ESTIMATION DES NICHEs ÉCO-CULTURELLES : DESCRIPTION DES ANALYSES**

---

Dans ce chapitre, nous proposons de reprendre les étapes de la modélisation de niches éco-culturelles présentées dans la partie 1 (Volume 1, Figure I.4.5) et de décrire plus précisément nos choix méthodologiques vis-à-vis de nos données. Nous rappellerons tout d'abord nos deux principaux axes de recherche : i) l'évaluation de l'impact du choix des simulations climatiques sur la variabilité des modèles et des comparaisons, et ii) les dynamiques de niches éco-culturelles au Gravettien moyen et récent. Nous décrirons ensuite les différentes étapes permettant d'optimiser nos jeux de données. Enfin, nous exposerons la configuration des modèles et des comparaisons pour les deux algorithmes employés (MVE et Maxent).

### **1. Axes de recherche**

#### **1.1. Impact du choix des simulations climatiques sur la variabilité des modèles**

Dans un premier temps, étant donné la possibilité d'accéder à plusieurs jeux de simulations climatiques, nous avons cherché à évaluer l'impact de la source des variables paléoclimatiques sur la variabilité des niches éco-culturelles modélisées à partir de celles-ci. Pour cela, les modèles pour chaque unité archéologique et leurs comparaisons ont été réalisées à partir de 4 jeux de données climatiques (présentés dans la partie 2, chapitre 1 [volume I]) permettant des comparaisons à plusieurs échelles :

- Concernant les simulations transitoires issues du modèle HadCM3b (abrév. HadCM3b-trans), la comparaison des climatologies moyennées sur plusieurs tranches temporelles – 30 ans, 100 ans et 500 ans (Volume I, partie 2, chapitre 1, §1.1.1.b.) – permet de vérifier si le choix d'une période de moyennage impacte significativement les modèles de niches.
- La comparaison des niches modélisées à partir des simulations transitoires et calculées à l'équilibre (abrév. HadCM3-eq) issues du modèle HadCM3 permet de

mesurer l'impact du mode de calcul des variables au sein d'un même modèle climatique.

- Enfin, nous serons en mesure de discuter partiellement de la variabilité inter-modèles climatiques, par la comparaison de nos résultats de thèse avec ceux présentés dans Vignoles *et al.* (2021). Nous y avons en effet proposé une comparaison des niches écologiques associées au Gravettien moyen au nord de la Garonne et au Noaillien du piedmont pyrénéen/Landes, modélisées à partir de trois variables paléoclimatiques issues du modèle LMDZ5a<sup>1</sup> (Hourdin *et al.*, 2013).

## 1.2. Dynamiques de niches sur Gravettien moyen au Gravettien récent

Afin d'explorer les relations entre la répartition géographique des unités archéologiques du Gravettien moyen et récent et leur environnement, deux scénarios chrono-culturels sont envisagés (Volume I, partie 1, chapitre 1).

Le **premier scénario** ne pose pas d'*a priori* sur la co-occurrence du Noaillien et du Rayssien au sein des mêmes ensembles archéologiques. L'accent est mis sur la variabilité inter-régionale du registre archéologique du Gravettien moyen, c'est-à-dire que l'on compare deux régions présentant des caractéristiques archéologiques distinctes. D'une part, l'aire pyrénéo-cantabrique est caractérisée par un unique faciès archéologique – le Noaillien – que nous pouvons d'ailleurs considérer comme un système cohésif adaptatif, en raison de l'homogénéité typo-technologique des industries lithiques et osseuses, de la circulation des matériaux siliceux (Foucher *et al.*, 2008), de la complémentarité des fonctions de sites à l'échelle du territoire (Simonet, 2017) ainsi que des stratégies de chasse centrées sur un spectre spécifique large (Lacarrière, 2015). D'autre part, le territoire dessiné par la répartition de tous les sites du Gravettien moyen au nord de la Garonne est caractérisé par deux faciès – le Noaillien et le Rayssien – dont on ne suppose pas l'indépendance

---

1 Ces simulations ont été menées lors d'une expérience de sensibilité du modèle LMDZ5A à l'établissement de conditions limites par Masa Kageyama (Vignoles *et al.*, 2021). Elles représentent le climat européen à 32 ka, soit au début du GS 5.2. Ces simulations correspondent donc à des conditions stadières, présentes pendant la majorité de la durée chronologique du Noaillien et du Rayssien en France (GS 5.2 et 5.1 = 2.5 ka). Les paramètres du modèle correspondent au LGM pour les concentrations de gaz à effet de serre, le trait de côte et les configurations des glaciers, tandis que les paramètres orbitaux et les conditions limites initiales de température des eaux de surface et de glace océanique correspondent à 32 ka. Les variables retenues pour l'analyse étaient ctemp, wtemp et mprec à une résolution de 11.5 km.

chronologique et technologique (Touzé, 2013). De plus, les deux unités archéologiques – Noaillien pyrénéo-cantabrique et Gravettien moyen septentrional – présentent sensiblement la même extension chronologique (Banks *et al.*, 2019), ce qui en fait des trajectoires archéologiques au moins en partie parallèles. Par la comparaison de ces deux entités, nous comparons donc deux territoires présentant des caractéristiques probablement distinctes pouvant être à l'origine de leurs différences de trajectoires culturelles – et notamment l'apparition d'un système technique spécifique au nord de la Garonne : le Rayssien. Cette hypothèse est déjà en partie appuyée par notre étude préliminaire des niches éco-culturelles du Gravettien moyen issue de notre mémoire de Master (Vignoles *et al.*, 2021), qui a démontré une différence de niches significative.

Le **second scénario** pose une hypothèse culturelle plus forte sur l'interprétation des sous-unités archéologiques du Gravettien moyen, puisque l'on partira du principe que le Noaillien et le Rayssien sont strictement distincts d'un point de vue technologique au nord de la Garonne. Les similarités typo-technologiques observées entre le Noaillien pyrénéo-cantabrique et les sites noailliens « purs » (ou presque) au nord de la Garonne – soit le niveau 10/11 au Facteur (*cf.*, Volume II, chapitre 1) et la Croix-de-Bagneux (Kildea *et al.*, 2005 ; Kildea et Lang, 2011) – vont dans le sens d'une homogénéité typo-technologique du Noaillien dans son aire occidentale<sup>2</sup>. La comparaison du Noaillien dans son ensemble et du Rayssien paraît donc cohérente, puisqu'elle compare deux systèmes cohésifs adaptatifs définis uniquement par les caractéristiques typo-technologiques de leurs industries lithiques.

Enfin, nous prenons le parti de considérer le Gravettien récent comme une unique unité archéologique. À l'heure actuelle, au sein de notre corpus d'occurrences fiables (voir Volume I, partie 2, chapitre 2), trop peu de localités permettent de caractériser le Gravettien récent de type Cirque de la Patrie (4 occurrences : la Croix-de-Bagneux, le Cirque de la Patrie, l'Abri des Peyrugues et l'Abri Pataud ; d'après Klaric, 2013 ; Cormarèche, 2020) et rendent donc la modélisation de niche délicate, voire impossible. Le corpus de sites rattachés au Gravettien récent-final est légèrement plus fourni (9 occurrences : l'Abri des Peyrugues, Rabier, Amiens-Renancourt 1, Briqueterie Coquempot, Catigny, Maison Levert, Mancy, le Blot, Mainz-Lisenberg ; d'après Klaric, 2013 ; Cormarèche, 2020 ; Paris, 2020), mais trop d'incertitudes reposent encore sur sa position chronologique par rapport au

---

2 Cette hypothèse ne peut, pour l'instant, se vérifier pour les sites de l'arc liguro-provençal et italiens.

Gravettien récent de type Cirque. Ce sera donc le Gravettien récent *sensu lato* qui sera comparé tour à tour avec le Noaillien pyrénéo-cantabrique et le Gravettien moyen septentrional pour le scénario 1, et avec le Noaillien *sensu stricto* et le Rayssien pour le scénario 2.

D'un point de vue chronologique, les niches associées à ces différentes unités analytiques seront modélisées sur deux fenêtres temporelles. Pour le Gravettien moyen, elles seront placées à 30 ka, car c'est une période de forte instabilité climatique marquée par l'événement de Heinrich 3 (Harrison et Sánchez-Goñi, 2010 ; Rasmussen *et al.*, 2014). D'après une étude préliminaire de chronologie bayésienne (Banks *et al.*, *in prep.*), si l'on considère que le Noaillien et le Rayssien constituent deux phases qui se succèdent, la transition entre les deux phases se positionne autour de 30 ka (Banks, com. pers.), ce qui renforce le choix de cet intervalle. Pour le Gravettien récent, la niche sera modélisée au cœur du GI 4, soit à 28.5 ka.

## 2. Préparation des données

### 2.1. Données d'occurrences

Les jeux de données d'occurrences ont été construits d'après le recensement bibliographique présenté dans le chapitre 2 de la partie 2 (Volume I). Toutes les localités classées comme présence fiable du Noaillien, du Rayssien et/ou du Gravettien récent ont été retenues, puis combinées pour former 5 jeux de données représentant la répartition géographique de chaque unité archéologique étudiée : Noaillien pyrénéo-cantabrique et Gravettien moyen septentrional (scénario 1), Noaillien et Rayssien (scénario 2), ainsi que Gravettien récent *sensu lato* (scénario 1 et 2 ; Tableau III.1.1).

Les jeux de données d'occurrences ont ensuite fait l'objet d'une raréfaction spatiale afin de réduire leur autocorrélation spatiale (*cf.* Volume I, partie 2, chapitre 2), en particulier dans la région du Nord de l'Aquitaine – une région très riche en localités par rapport au reste de la répartition. La maille utilisée pour la raréfaction spatiale correspond au double de la résolution des variables environnementales, soit  $2 * 16.6512 \text{ km} = \mathbf{33.3024 \text{ km}}$ . Cette étape a été conduite via le *package* spThin (Aiello-Lammens *et al.*, 2015), dont la fonction « thin » permet de raréfier automatiquement un jeu de données selon la méthode du voisin le plus proche (Tableau III.1.1 ; Figure III.1.1, B.). Son algorithme va tout d'abord calculer la distance

entre chaque paire de points, puis identifier, pour chaque point, le nombre d'occurrences situées dans un rayon inférieur à la distance de raréfaction spatiale déterminée par l'utilisateur. Ensuite, le(s) point(s) présentant le plus grand nombre d'occurrences trop proches est/sont déterminé(s). L'un de ces points est supprimé aléatoirement. Ce processus est répété jusqu'à ce qu'aucune occurrence n'ait de voisin plus proche que la distance de raréfaction spatiale (*ibid.*, p. 542). L'étape de raréfaction spatiale a des conséquences plus ou moins importantes sur les jeux de données. Si certains sont peu impactés, comme le jeu de données du Gravettien récent *sensu lato* qui ne perd que deux occurrences au cours du processus, d'autres se verront fortement réduits, comme le jeu de données du Noaillien pyrénéo-cantabrique qui passe de 15 occurrences à seulement 8 après raréfaction spatiale. De façon générale, les jeux de données après raréfaction spatiale comportent peu d'occurrences (entre 8 et 21 localités).

Tableau III.1.1: Nombre d'occurrences composant les jeux de données initiaux, raréfiés spatialement, puis partitionnés aléatoirement selon une proportion de 80/20.

	Nombre d'occurrences			
	Jeu de donnée initial	Après raréfaction spatiale (ca. 33 km)	Après partitionnement aléatoire	
			Train data	Test data
<b>Noaillien pyrénéo-cantabrique</b>	15	8	6	2
<b>Gravettien moyen septentrional</b>	61	18	14	4
<b>Noaillien</b>	67	21	16	5
<b>Rayssien</b>	22	10	8	2
<b>Gravettien récent <i>sensu lato</i></b>	15	13	10	3

Enfin, les jeux de données raréfiés ont été partitionnés en données de calibration (*train data*) et d'évaluation (*test data* ; cf. Volume I, partie 2, chapitre 2 ; Tableau III.1.1 ; Figure III.1.1, C.). La méthode employée est le partitionnement aléatoire selon une proportion de 80/20, c'est-à-dire que 80 % des occurrences ont été utilisées pour la calibration du modèle, tandis que les 20 % restants ont servi à son évaluation. Le choix de cette proportion résulte d'un compromis entre le besoin d'évaluer les modèles avec un jeu de données pseudo-indépendant et le faible nombre d'occurrences. Employer une proportion d'occurrences plus élevée comme *test data* aurait posé problème dans le cas des très petits jeux de données (< 10 localités).

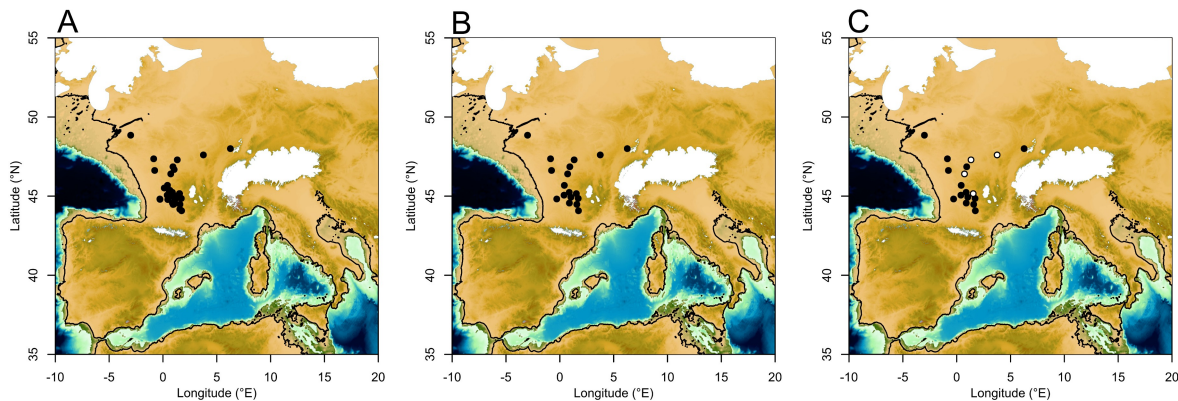


Figure III.1.1: Traitement des données d'occurrences, exemple du jeu de données du Gravettien moyen septentrional. **A.** Jeu de données initial (61 occurrences). **B.** Raréfaction spatiale selon une maille de ca. 33 km (18 occurrences). **C.** Partitionnement en données de calibration (train data ; points noirs) et d'évaluation (test data ; points blancs).

## 2.2. Données environnementales

### 2.2.1. Hypothèse « M »

La définition de l'aire de calibration (**M**) repose sur des hypothèses d'occupation du territoire par les populations étudiées (Peterson *et al.*, 2011 p. 135 ; Barve *et al.*, 2011 ; Volume I, partie 2, chapitre 3). Concernant les chasseurs-cueilleurs du Gravettien moyen et récent, trois principaux axiomes seront pris en compte :

- **La non-prise en compte des glaciers**, considérés comme zones inhospitalières : les variables climatiques et topographiques ont été tronquées au niveau des glaciers alpins et pyrénéens, dont la reconstitution au LGM a été proposée par Ehlers et Gibbard (2004). Celle-ci surestime probablement l'étendue des glaciers pour les périodes qui nous intéressent, puisqu'elles sont plus anciennes que le LGM à proprement parler. Cependant, nous considérons qu'elles constituent une bonne approximation des zones hospitalières liées à la présence de glaciers, étant donné que les plaines glaciaires situées à proximité de ceux-ci sont très probablement inhospitalière également.
- **La prise en compte des portions alors émergées du plateau continental** : tous les pixels situés dans la mer (< -90m) ont été écartés (Siddall *et al.*, 2003).
- **L'estimation de la distance maximale des déplacements/contacts** à partir de l'origine des matières premières : des cercles de rayon correspondant à la distance

maximale des déplacements/contacts ont été générés autour des localités employées comme données d'occurrences et ont servi de masque pour rogner les couches de variables environnementales. Cependant, les données pétro-archéologiques sont disparates suivant les contextes employés comme données d'occurrences. La distance maximale des déplacements/contacts est donc estimée à partir des données publiées relative à la présence de matériaux marqueurs<sup>3</sup> allochtones. La distance maximale entre un site et une source a ensuite été retenue pour chaque unité archéologique étudiée (Tableau III.1.2).

Nous avons retenu la distance de 220 km pour les différentes unités archéologiques du Gravettien moyen, et la distance de 270 km pour le Gravettien récent (Figure III.1.2).

Tableau III.1.2: Synthèse de la distance maximale d'approvisionnement en matière première au Gravettien moyen et récent (réalisé à partir de "req\_MP" de la base de données "sites gravettiens"). Note : ce Tableau III.1.ne reprend que les sites dans lesquels des matières premières provenant de sources situés à plus de 100 km ont été identifiées.

	Nom du site	Ensemble	Matériau marqueur le plus distant	Distance euclidienne (km)	Référence
Noaillien	Gargas	Salle I couche noire	Silex du Fumélois, silex de Gavaudun	170	Foucher (2004)
	Grotte d'Enlène	Couche 5a	Silex du Bergeracois	215	Foucher (2004)
		Couche 5	Silex du Bergeracois	215	Foucher (2004)
	Isturitz	Niveau IV	Silex du Fumelois	220	Simonet (2009)
	Tarté	Déblais	Silex du Fumelois, silex du Bergeracois	200	Foucher (2004)
	Tuto Camalhot	de Niveau Gravettien	Silex du Bergeracois	215	Foucher (2004)
Rayssien / Noaillien	Grotte Bouyssonie	Nappe 4	Silex du Turonien inférieur de la Vallée du Cher	210	Delvigne <i>et al.</i> (2020)
	Le Flageolet I	Couche V	Silex du Turonien inférieur de la Vallée du Cher et du Turonien supérieur du Grand-Pressigny, silex de Chalosse	220	Gottardi (2011)
Rayssien	Les Morts	Collections anciennes	Silex du Turonien inférieur de la Vallée du Cher et du Turonien supérieur du Grand-Pressigny	210	de Parthenay <i>et al.</i> (2020)
	Les Jambes	Couches 2 et 3	Silex du Turonien inférieur de la Vallée du Cher et du Turonien supérieur du Grand-Pressigny	220	E. Vaissié, obs. pers. (Figure III.1.3)

3 Sont caractérisées comme matériaux-marqueurs les matières dont la zone d'approvisionnement potentielle (en gîte primaire) est suffisamment réduite et dont les critères pétrographiques sont suffisamment particuliers pour éviter des confusions éventuelles avec des faciès plus ubiquistes (*e.g.*, silex du Bergeracois, silex du Grand-Pressigny...).

•Partie 3 •Dynamiques de niches eco-culturelles

	Grotte du Renne	Couche V	Silex du Turonien inférieur de la Vallée du Cher et du Turonien supérieur du Grand-Pressigny	220	Klaric (2003)
	La Picardie	Secteur Ouest	Silex des Charentes (région d'Angoulême)	180	Delvigne <i>et al.</i> (2020)
Gravettien récent	Le Blot	Ensemble supérieur	Silex du Turonien inférieur de la Vallée du Cher et du Turonien supérieur du Grand-Pressigny	270	Delvigne (2016)
		Ensemble inférieur	Silex du Turonien inférieur de la Vallée du Cher et du Turonien supérieur du Grand-Pressigny	270	Delvigne (2016)

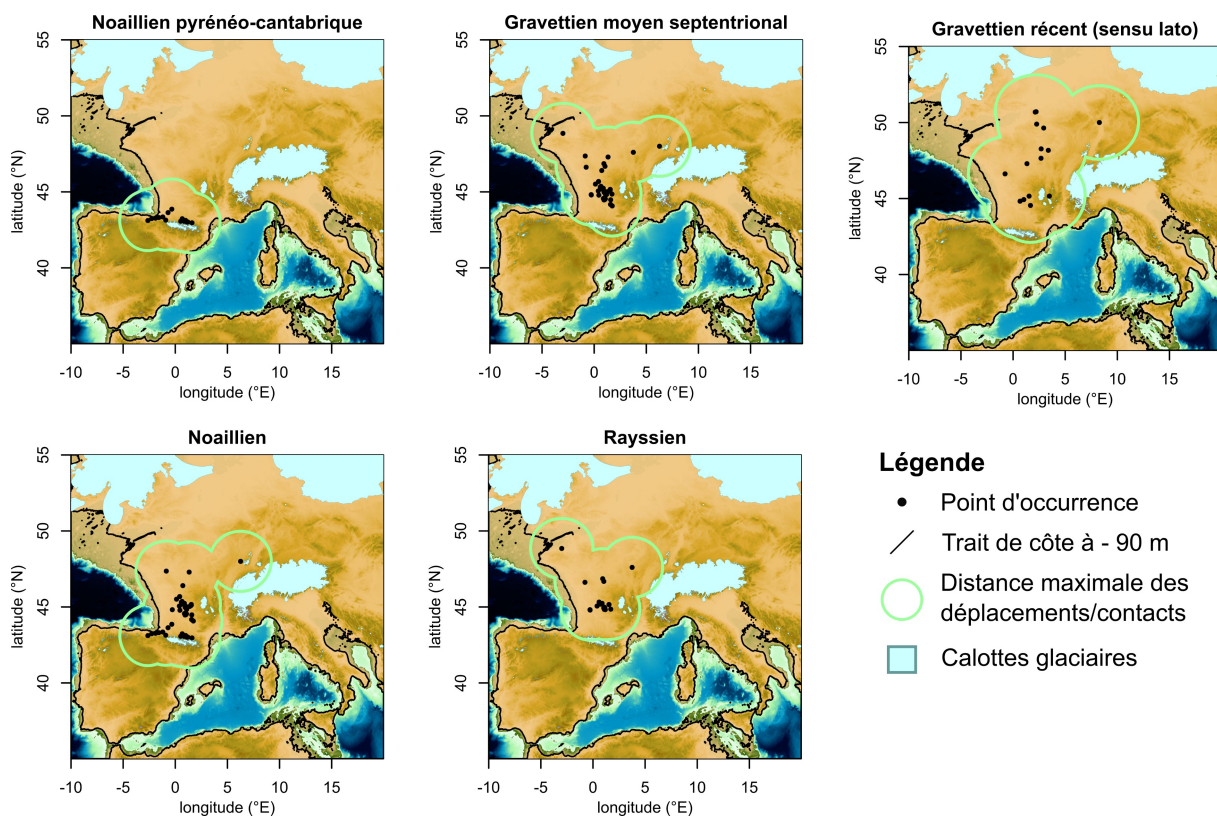


Figure III.1.2: Définition de l'aire de calibration M pour chaque unité archéologique étudiée, à partir des traits de côte à -90 m (Siddall et al., 2003), de l'extension maximale des calottes glaciaires au LGM (Ehlers et Gibbard, 2004) et de la distance maximale d'approvisionnement en matières premières siliceuses (cf. Tableau III.1.2).



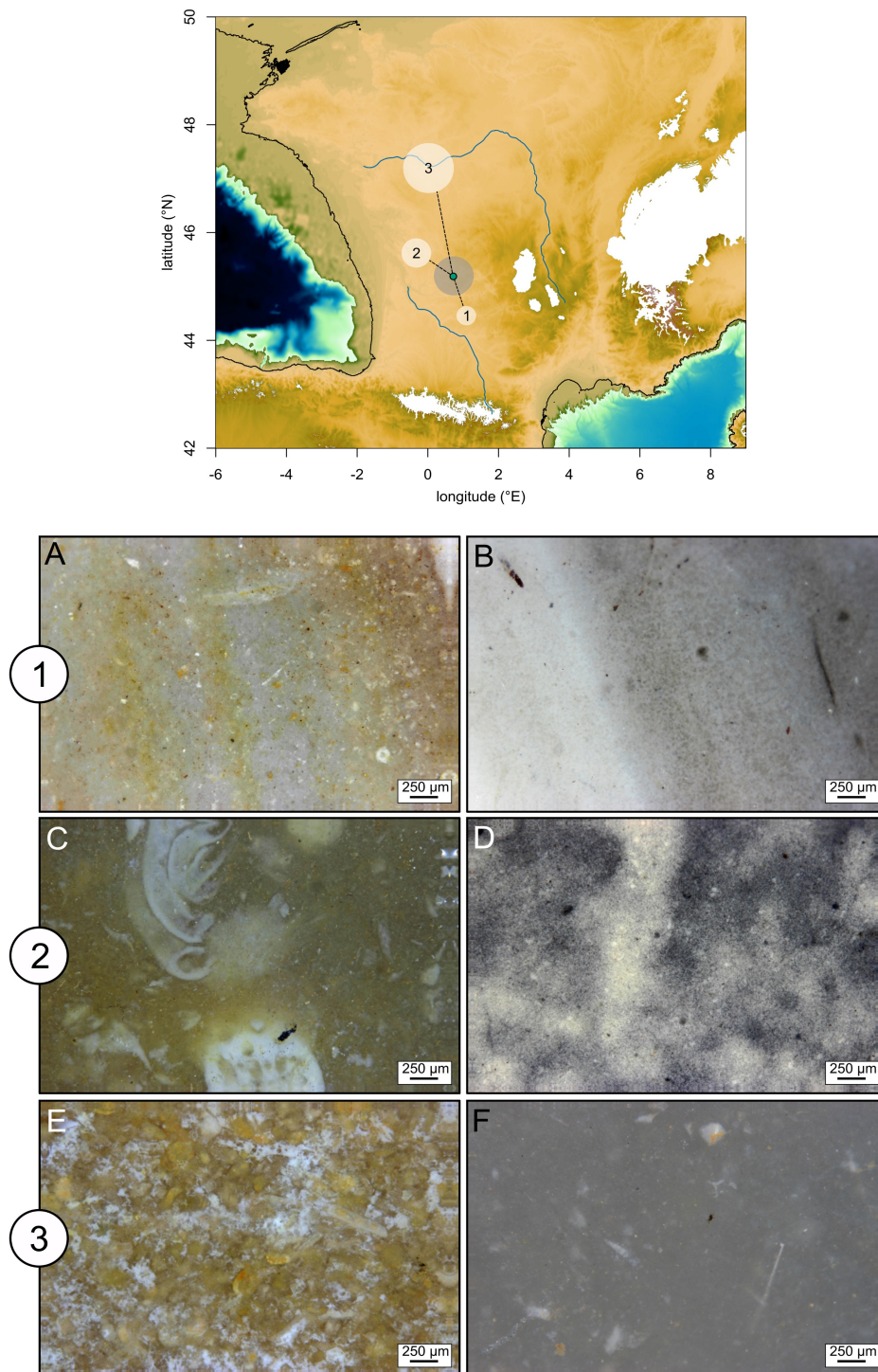


Figure III.1.3: Diagnostic qualitatif de la diversité de matières premières silicifiées présentes dans les couches 2 et 3 des Jambes (clichés et déterminations: E. Vaissié). **A.** Bergeracois (faciès zoné ; (Demars, 1998 ; Séronie-Vivien et Séronie-Vivien, 1987 ; Fernandes et al., 2012) ; **B.** Fumelois (Turq, 1977 ; Morala, 1984 ; Turq et Morala, 2013) ; **C.** Santonien des Charentes (Féblot-Augustins et al., 2010 ; Caux, 2015 ; E. Vaissié, thèse en cours) ; **D.** Silex « bleu des Vachons » (Bordes, 2002 ; Féblot-Augustins et al., 2010) ; **E.** Silex du Turonien supérieur dit « du Grand-Pressigny » (Primault, 2003 ; Delvigne et al., 2018) ; **F.** Turonien inférieur de la Vallée du Cher (Aubry, 1991 ; Delvigne et al., 2018)



Pour les niches Maxent, les variables présentant **un coefficient de corrélation supérieures à 0,75** au sein de chaque aire de calibration ont été écartées et les variables restantes ont été utilisées pour créer les modèles (Tableau III.1.3). Cette étape a été réalisée avec le *package* *ellipsenm*. Les matrices de corrélation ayant permis ce choix sont présentées en Annexe 2.

Tableau III.1.3: Variables présentant un coefficient de corrélation inférieur à 0.75 sélectionnées pour modéliser la niche Maxent en fonction de l'unité archéologique et du jeu de données environnemental considéré.

Unité archéologique	Jeu de données environnementales	Variables retenues d'après les matrices de corrélation	Nombre de combinaisons
Noaillien pyrénéo-cantabrique	HadCM3-eq	aspect, ctemp, dprec, TRI, wprec, wtemp	57
	HadCM3b-trans	aspect, ctemp, dprec, TRI	11
Gravettien moyen septentrional	HadCM3-eq	aspect, ctemp, dprec, TRI, wprec, wtemp	57
	HadCM3b-trans	aspect, ctemp, dprec, TRI, wprec, wtemp	57
Noaillien	HadCM3-eq	aspect, ctemp, dprec, TRI, wprec, wtemp	57
	HadCM3b-trans	aspect, ctemp, dprec, TRI, wtemp	26
Rayssien	HadCM3-eq	aspect, ctemp, dprec, TRI, wprec, wtemp	57
	HadCM3b-trans	aspect, ctemp, dprec, TRI, wprec, wtemp	57
Gravettien récent <i>sensu lato</i>	HadCM3b-trans	aspect, ctemp, dprec, mprec, TRI, wprec, wtemp	120

### 3. Modèles de niche : paramétrage et comparaisons

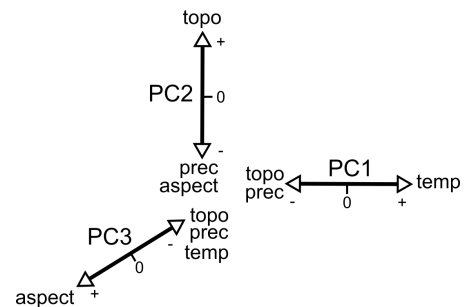
#### 3.1. Ellipsoïdes

Les modèles de niche sous forme d'ellipsoïdes ont été réalisées avec le *package* R *ellipsenm* (voir Banks *et al.*, 2021 ; Nuñez-Penichet *et al.*, 2021 ; Volume I, partie 1, chapitre 4). Les fonctions implémentées dans ce *package* permettent de déterminer le volume de chaque ellipsoïde, puis de mesurer leur degré de recouvrement par le biais de l'indice de Jaccard J (voir Volume I, partie 1, chapitre 4). Il est possible de mesurer ce recouvrement de deux façons : d'une part, la comparaison *full background overlap* est faite vis à vis d'un *background* constitué de 1 000 000 points qui remplissent l'espace environnementale contenant les deux ellipses. La seconde comparaison, appelée *background union overlap*, permet de mesurer ce recouvrement en prenant en compte les environnements accessibles

aux deux entités uniquement. La valeur empirique de J pour chaque paire d'unités archéologiques est comparée à la distribution de valeurs de J calculées pour 1 000 paires d'ellipsoïdes générés aléatoirement dans le *background* des unités archéologiques concernées. Pour que l'absence de recouvrement soit jugée significative, nous plaçons le seuil de signification (*p-value*) à 0.05 % de la distribution totale.

**Nota bene : comment interpréter les variations de niches dans l'espace environnemental sous forme d'ACP ?**

Étant donné que nous travaillons dans un espace environnemental sous la forme d'une ACP, les variations que nous y observerons ne peuvent se résumer à de simples combinaisons de valeurs environnementales. Chaque axe représente plutôt la



variation de la contribution des variables environnementales à la variabilité observée au sein de l'aire de calibration. Prenons l'exemple de l'ACP du Noaillien pyrénéo-cantabrique (simulations HadCM3b-trans moyennées sur 30 ans) ci-contre : l'axe CP1 dans les valeurs positives signifie que ce sont les variables de température qui influencent la variabilité de la niche dans l'espace environnemental. Dans les valeurs négatives, il s'agira des variables de précipitation et topographiques. Ainsi, si la niche est située plutôt dans les valeurs positives, on pourra conclure que ce sont plutôt les variables de température qui influencent la définition de la niche par rapport aux variables de précipitation et topographiques.

### 3.2. Maxent

Les modèles Maxent ont été calibrés à l'aide du *package* R *kuenm* (Cobos *et al.*, 2019a ; *cf.* Volume I, partie 1, chapitre 4). Ce *package* permet de créer et d'évaluer des modèles à partir de toutes les combinaisons possibles de paramètres – soit les *features*, le multiplicateur de régularisation  $\beta$  et les variables environnementales. Nous avons donc, pour chaque unité archéologique étudiée, créé et évalué les modèles issus de 16 valeurs de multiplicateur de régularisation (de 0.1 à 1 tous les 0,1 ; puis de 1 à 5 tous les 1 ; puis 8 et 10), 7 types de réponse dérivées de la combinaison des *features linear, quadratic et product*, ainsi que *x* groupes de prédicteurs environnementaux en fonction du nombre de variables retenues lors de la réduction dimensionnelle. Les *features threshold et hinge* ont été écartées car elles ont tendance à augmenter la complexité et l'*overfitting*.

Suite à l'évaluation de la signification statistique (*via* le ROC partiel ; Peterson *et al.*, 2008), de la performance (*via* le taux d'erreurs d'omission ; Anderson *et al.*, 2003 ; Peterson *et al.*, 2008) et de la complexité (*via* l'AICc ; Warren et Seifert, 2011) pour chaque combinaison de paramètres (*cf.* Volume I, partie 1, chapitre 4), nous avons retenu les modèles présentant un  $\Delta_{AICc}$ <sup>4</sup> inférieur à 2 parmi les modèles statistiquement significatifs et présentant un taux d'erreurs d'omission inférieur à  $E = 5 \%$  (Tableau III.1.4).

Les paramétrages retenus ont ensuite été utilisés pour créer les modèles finaux dans **M** à partir de toutes les données d'occurrences, en employant la sortie « *logistic* » (Philips et Dudík, 2008). Pour chaque paramétrage, 10 répliques ont été créés par *bootstrapping*. Les modèles ont ensuite été projetés sur l'Europe à 30 ka (pour les unités archéologiques du Gravettien moyen) et à 28.5 ka (pour toutes les unités archéologiques). Étant donné l'aspect tronqué des courbes de réponse, nous avons choisi de ne pas autoriser au modèle à extrapoler en dehors de conditions environnementales présentes dans l'aire de calibration **M**. Étant donné que plus d'un paramétrage a été sélectionné pour certaines unités archéologiques, nous avons créé un modèle de consensus entre tous les paramétrages *via* le calcul du modèle médian (Cobos *et al.*, 2019c). Afin de rendre compte de la variabilité des modèles induite par le paramétrage, une carte de la variabilité de favorabilité<sup>5</sup> (*range*) est fournie en complément. Les modèles consensus ont ensuite été seuillés selon la valeur minimale de favorabilité associée à un point d'occurrence (*fixed sensitivity* ; Peterson *et al.*, 2011, p. 119 ; Volume I, partie 1, chapitre 4). Pour les modèles des unités archéologiques du Gravettien moyen, nous avons tout d'abord défini les valeurs de seuil pour le modèle à 30 ka, puis nous les avons appliquées aux projections à 28.5 ka. Le risque d'extrapolation a été mesuré pour chaque modèle *via* le MOP seuillé à 10 % (Owens *et al.*, 2013 ; Volume I, partie 1, chapitre 4). Enfin, les modèles ont été comparés *via* une soustraction de raster (Volume I, partie 1, chapitre 4).

---

4  $\Delta_{AICc} = AICc_i - AICc_{min}$ , avec  $AICc_i$  l'AICc du  $i^{ème}$  modèle et  $AICc_{min}$  l'AICc le plus bas parmi tous les modèles significatifs et performants à moins de 5 % d'erreurs d'omission.

5 *i.e.*, la différence entre les valeurs maximales et minimales de favorabilité pour chaque pixel.

Tableau III.1.4: Récapitulatif du processus de calibration kuenm de sélection des paramétrages statistiquement significatifs, performants et les moins complexes.

	Nombre de modèles candidats		Résumé des paramétrages			Résultats de l'évaluation				
	Total	Sélectionnés	Variables	Features	Multiplicateur $\beta$	Ratio moyen	AUC	Taux d'erreurs d'omission	AICc	Nombre de paramètres
Noaillien pyrénéo-cantabrique	HadCM3 équilibre	6384	38	10 combinaisons (aspect, TRI, dprec, wprec, wtemp)	LP ; LQ ; LQP ; P ; Q ; QP	0.1 à 0.8	1.58 à 1.77	0	104.79 106.74	à 1 ; 2
	HadCM3b transitoire (30 ans)	1232	150	7 combinaisons (aspect, TRI, dprec, ctemp)	L ; LP ; LQ ; LQP ; Q ; QP	0.1 à 1 ; 2	1.79 à 1.85	0	97.55 99.52	à 1 ; 2
	HadCM3b transitoire (100 ans)	1232	13	1 combinaison (aspect, dprec)	L ; LP ; LQ ; LQP ; Q ; QP	0.1 à 0.5	1.79 à 1.82	0	101.02 102.2	à 2
	HadCM3b transitoire (500 ans)	1232	3	1 combinaison (aspect, dprec)	Q ; QP	0.1 ; 0.2	1.78 à 1.8	0	101.80 101.85	à 2
Gravettien moyen septentrional	HadCM3 équilibre	6384	1	1 combinaison (TRI, dprec, ctemp)	LQ	0.1	1.75	0	250.09	6
	HadCM3b transitoire (30 ans)	6384	2	1 combinaison (TRI, ctemp)	LQ ; LQP	0.1	1.62	0	254.11 255.77	; 4
	HadCM3b transitoire (100 ans)	6384	4	1 combinaison (TRI, ctemp, wtemp)	LQ ; QP	0.1 à 0.3	1.59 à 1.63	0	263.74 265.60	à 5 ; 6
	HadCM3b transitoire (500 ans)	6384	4	1 combinaison (TRI, ctemp, wtemp)	LQ ; QP	0.1 à 0.3	1.58 à 1.62	0	264.17 266.17	à 5 ; 6
Noaillien	HadCM3 équilibre	6384	14	7 combinaisons (aspect, TRI, dprec, wprec, ctemp, wtemp)	LQP ; QP	0.1 ; 0.3 à 0.6	1.84 à 1.90	0	301.68 303.66	à 4 ; 6
	HadCM3b transitoire (30 ans)	2912	66	8 combinaisons (aspect, TRI, dprec, ctemp, wtemp)	L ; LP ; LQ ; LQP ; QP	0.1 à 1 ; 2	1.74 à 1.78	0	300.80 302.79	à 1 ; 2

	HadCM3b transitoire (100 ans)	2912	9	1 combinaison (dprec, ctemp)	LQ ; LQP ; QP	0.1 ; 0.5 à 1	1.80 à 1.81	0	300.52 302.5	à 2
	HadCM3b transitoire (500 ans)	2912	2	1 combinaison (dprec, ctemp)	QP	0.1 ; 0.2	1.79	0	302.6 302.7	à 2
<b>Rayssien</b>	HadCM3 équilibre	6384	33	7 combinaisons (TRI, dprec, wprec, ctemp, wtemp)	LQ ; LQP ; QP	0.1 à 1	1.76 à 1.90	0	140.6 142.56	à 2 ; 3 ; 4
	HadCM3b transitoire (30 ans)	6384	4	2 combinaisons (TRI, dprec, wprec)	LQ ; QP	0.1 ; 0.2	1.88 à 1.89	0	143.26 144.45	à 3
	HadCM3b transitoire (100 ans)	6384	1	1 combinaison (TRI, wprec)	QP	0.1	1.88	0	141.53	2
	HadCM3b transitoire (500 ans)	6384	6	2 combinaisons (TRI, dprec, ctemp)	LQ ; QP	0.1 à 0.4	1.81 à 1.90	0	145.62 146.86	à 3
<b>Gravettien récent sensu lato</b>	HadCM3b transitoire (30 ans)	13440	173	19 combinaisons (aspect, TRI, dprec, mprec, wprec, wtemp)	L ; LQ ; LP ; LQP ; P ; Q ; QP	0.1 à 0.8	1.73 à 1.82	0	208.26 210.24	à 1 ; 2 ; 3
	HadCM3b transitoire (100 ans)	13440	200	19 combinaisons (aspect, TRI, dprec, mprec, wprec, wtemp)	L ; LQ ; LP ; LQP ; P ; Q ; QP	0.1 à 0.8	1.68 à 1.84	0	206.65 208.64	à 1 ; 2 ; 3
	HadCM3b transitoire (500 ans)	13440	28	4 combinaisons (aspect, dprec, mprec, wtemp)	L ; LP ; LQ ; LQP	0.1 à 0.5	1.75 à 1.83	0	207.93 209.74	à 2 ; 3





## CHAPITRE 2 : RÉSULTATS

---

Dans ce chapitre, nous présentons les résultats de nos analyses de niches écoculturelles selon les deux axes de recherche récapitulés dans le chapitre précédent. Afin de rendre la lecture moins fastidieuse, les résultats sont synthétisés pour chaque axe et chaque algorithme. Nous renvoyons le lecteur à l'Annexe 3 s'il/elle souhaite consulter l'ensemble des modèles produits au cours de ce travail.

### 1. Variabilité liée à l'emploi de plusieurs jeux de données paléoclimatiques

#### 1.1. Comparaison des moyennes de climatologies transitoires

##### 1.1.1. Espace géographique : algorithme Maxent

Les modèles de niches Maxent créés à partir des moyennes de climatologies transitoires sont plus ou moins variables en fonction de l'unité archéologique considérée (Figure III.2.1). L'étendue des prédictions varie en effet de plusieurs centaines de pixels en fonction des comparaisons. Les aires de divergence entre modèles sont généralement assez étendues, allant de 1002 pixels pour le Gravettien moyen septentrional à 3654 pixels pour le Gravettien récent. Les aires de coïncidence de favorabilité peuvent être assez réduites par rapport à l'étendue totale des prédictions (comme pour le Rayssien : 875 pixels sur 4391, soit 20 % de l'aire prédite) ou beaucoup plus étendue (comme pour le Gravettien moyen septentrional : 1550 pixels sur 2552, soit 61 % de l'aire prédite), démontrant ainsi une meilleure coïncidence entre les prédictions.

La répartition géographique des coïncidences de favorabilité permet de repérer les zones pour lesquelles le choix d'une moyenne de climatologies transitoires n'aura pas d'impact sur le modèle final :

- **Noaillien pyrénéo-cantabrique** : les trois modèles prédisent systématiquement des zones de favorabilité le long de la côte cantabrique, au nord des Pyrénées occidentales et centrales, ainsi que le long de la côte Atlantique jusque dans les Charentes. Des aires sont également présentes le long de la côte tyrrhénienne et dans le nord de l'Italie et à l'est des Alpes Dinariques. En revanche, la prédiction de

favorabilité est soumise à une plus grande variation entre modèle dans tout le sud-ouest et le sud de la France, à l'exception de la vallée et du delta du Rhône, qui présente une absence systématiquement. C'est également le cas du nord de l'Europe, au niveau de l'actuelle Belgique, des Pays-Bas et du nord de l'Allemagne, et plus sporadiquement dans le nord de l'Italie.

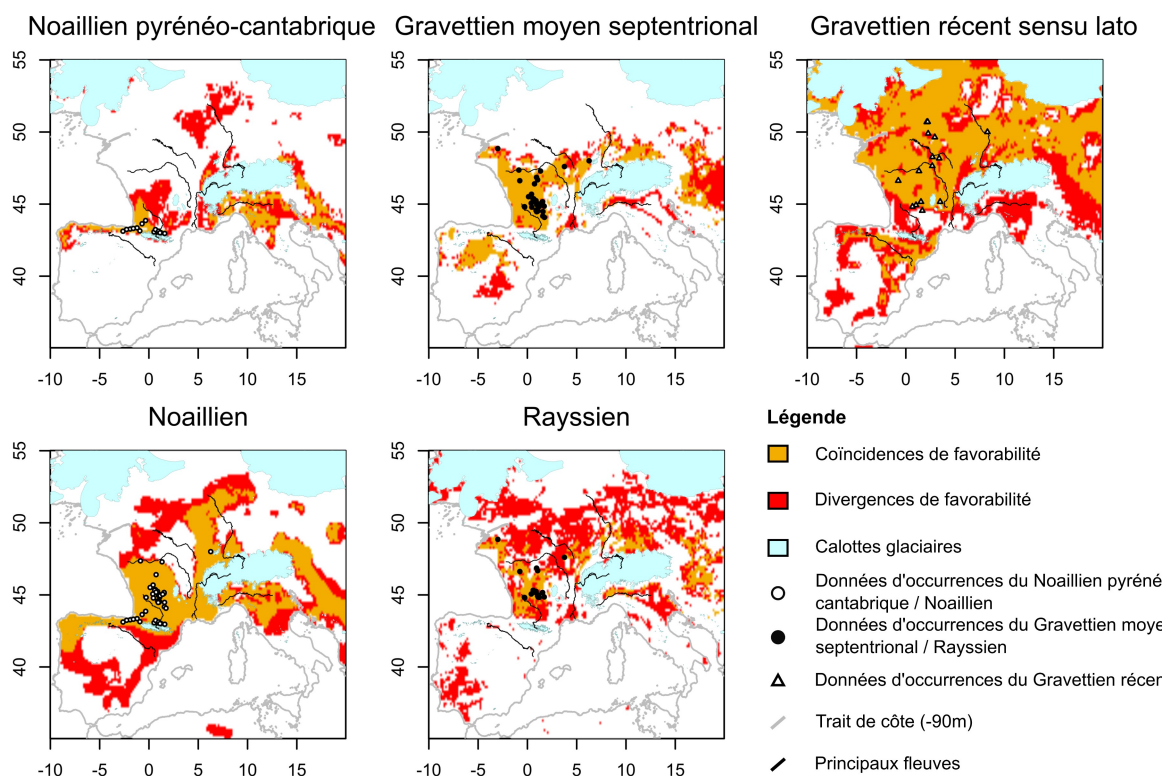


Figure III.2.1: Présentation des coïncidences et divergences de favorabilité entre trois séries de modèles Maxent produits à partir des simulations transitoires moyennées sur 30, 100 ou 500 ans.

- **Gravettien moyen septentrional** : les coïncidences de favorabilité couvrent une grande partie de la France, en incluant tout l'ouest, le sud-ouest (en excluant le piedmont pyrénéen) et le nord en dessous de 49°N. Une partie des plateaux nord-espagnols sont également concernés, ainsi que plus sporadiquement les régions au nord et à l'est des Alpes. Les aires de divergences se situent principalement dans le nord de l'Italie le long du Pô, à l'est des Alpes et dans les plateaux du sud-est espagnol. Il est à noter également que la favorabilité dans le delta du Rhône est soumise à variation entre modèles.
- **Noaillien** : les aires pour lesquelles la favorabilité est systématiquement prédite couvrent tout l'ouest de la France au sud de la Loire jusque dans les Pyrénées (nord et sud) et tout le long de la côte cantabrique jusqu'à la façade atlantique portugaise.

Les aires de favorabilité sont également présentes dans l'est de la France tout le long de la vallée du Rhône, et continuent vers le nord jusque l'actuelle Mer du Nord et vers l'Italie le long de la côte tyrrhénienne jusque dans le sud de l'actuelle Toscane. Des zones favorables sont également présentes à l'est des Alpes Dinariques.

- **Rayssien** : les aires systématiquement favorables sont rares et relativement éparses, et sont centrées sur le sud-ouest de la France, le centre et le nord-ouest, ainsi que dans le nord des Alpes de part et d'autre du Rhin et au nord-est des Alpes Dinariques. Les zones présentant des divergences de prédictions sont très étendues entre 44 et 53°N, ainsi que sur les plateaux espagnols et la côte sud-ouest de la péninsule ibérique.
- **Gravettien récent *sensu lato*** : les coïncidences de favorabilité sont très étendues et sont majoritairement situées au dessus 45°N dans tout l'Ouest de l'Europe, ainsi qu'au sud des Pyrénées sur la côte méditerranéenne et le long de la Vallée de l'Èbre. Les aires de divergences sont également très étendues, en particulier au sud de 45°N en Espagne et en Italie, et à l'est des Alpes Dinariques. Elles sont plus rares dans le nord, où elles forment des zones intermédiaires entre des régions de coïncidences de favorabilité et des régions de coïncidence de non-favorabilité.

### **1.1.2. Espace environnemental : ellipsoïdes de volume minimal**

La recouvrement (*overlap*) entre les modèles d'ellipsoïdes de niches créés à partir des moyennes de climatologies transitoires varie en fonction des unités archéologiques considérées (Figure III.2.2). Ainsi, la valeur de recouvrement  $J$  entre les niches issues des climatologies moyennes sur 30 ans et celles issues des climatologies moyennes sur 100 ans varie entre 0.65 et 0.93. Concernant la comparaison des niches issues des climatologies moyennes sur 30 ans avec celles sur 500 ans, cette valeur est généralement plus faible, allant de 0.33 à 0.89 (*e.g.*, Figure III.2.2, C.). Le recouvrement calculé à partir des environnements accessibles des unités archéologiques diffère toujours légèrement de celui calculé dans l'absolu. La comparaison de ces valeurs à une distribution aléatoire conduit systématiquement à ne pas rejeter l'hypothèse nulle selon laquelle les niches sont similaires ( $p > 0.05$ ). La valeur  $p$  excède néanmoins 0.95 pour le Noaillien pyrénéo-cantabrique, indiquant une similarité significative des ellipsoïdes (*e.g.*, Figure III.2.2, A.). En outre, le volume des ellipsoïdes est proche dans le cas du Noaillien pyrénéo-cantabrique, du

Gravettien moyen septentrional et du Gravettien récent, allant d'une différence de 1 à ca. 3 unités. La différence de volume est beaucoup plus importante pour le Noaillien et le Rayssien (e.g., Figure III.2.2, B.), pouvant aller de 3 unités pour le Rayssien (moy. 30 ans vs. moy. 500 ans) à près de 36 unités pour le Noaillien (moy. 30 ans vs. moy. 500 ans).

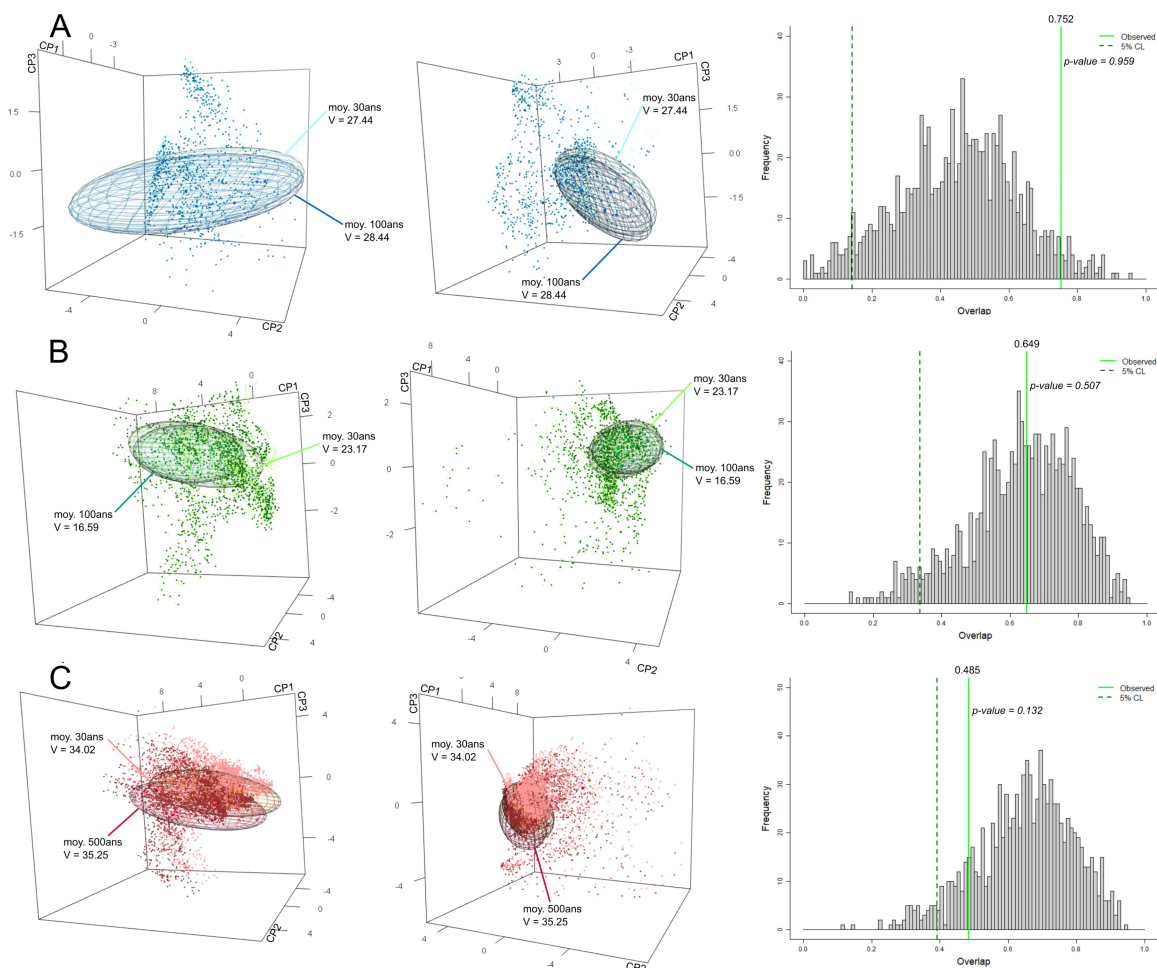


Figure III.2.2: Exemples de comparaisons d'ellipsoïdes modélisés à partir des simulations transitoires moyennées sur 30, 100 ou 500 ans. Résultats du test de signification de la valeur de recouvrement (background union overlap). **A.** Noaillien pyrénéo-cantabrique, comparaison des simulations transitoires moyennées sur 30 ans vs. 100 ans. **B.** Rayssien, comparaison des simulations transitoires moyennées sur 30 ans vs. 100 ans. **C.** Gravettien récent sensu lato, comparaison des simulations transitoires moyennées sur 30 ans vs. 500 ans.

## 1.2. Comparaisons intra-modèle HadCM3 / inter-simulations

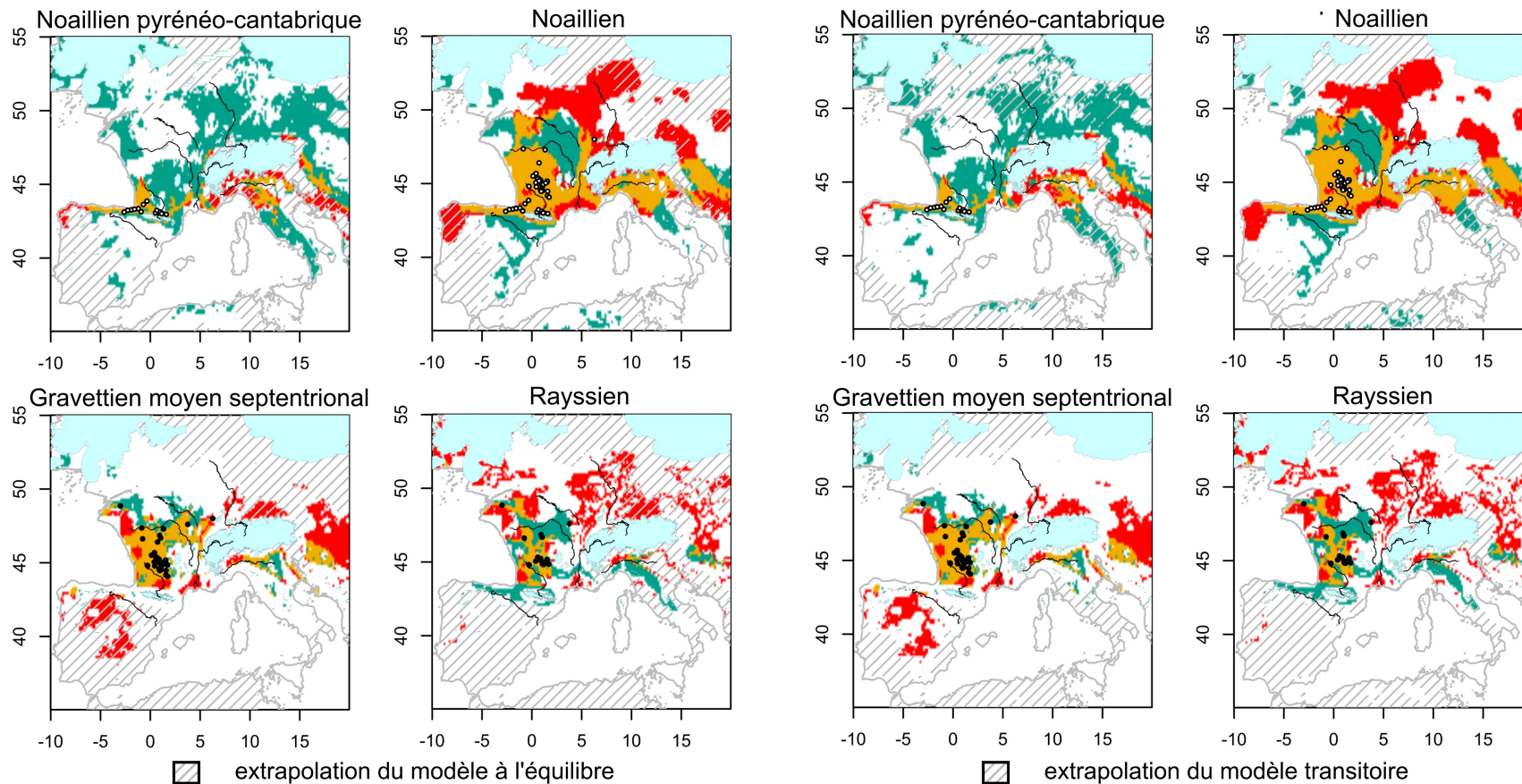
### 1.2.1. Espace géographique : algorithme Maxent

La comparaison des modèles de niches Maxent réalisés à partir des simulations HadCM3 à l'équilibre avec ceux réalisés à partir des simulations HadCM3b transitoires montre des variations assez conséquentes dans l'estimation et la répartition géographique

des zones de favorabilité (Figure III.2.3). L'étendue des zones prédites favorables est de façon générale plus faible pour les simulations à l'équilibre que pour les simulations transitoires, excepté pour le Noaillien pyrénéo-cantabrique, qui est beaucoup plus étendu (4681 pixels contre 954 / 2031 / 1252 pour chaque moyenne respectivement).

La répartition géographique des divergences entre modèles issus des simulations à l'équilibre vs. ceux issus des simulations transitoires montre des différences plus ou moins importantes en fonction des unités archéologiques considérées, qui résultent parfois en des tendances géographiques contradictoires :

- **Noaillien pyrénéo-cantabrique** : la comparaison des modèles montre une zone de divergence très étendue. Le modèle issu des simulations à l'équilibre comporte une zone de prédiction favorable presque 4 fois plus importante que celui issu des simulations transitoires, s'étendant à toute la côté tyrrhénienne italienne, au plateaux du sud-ouest de la péninsule ibérique, au centre et à l'est de la France et à quasiment tout le nord de l'Europe.
- **Gravettien moyen septentrional** : la comparaison des modèles montre peu de variabilité en fonction des simulations climatiques utilisées. Les quelques différences concernent des régions plutôt éloignées de la zone d'étude, comme le nord des Alpes et des Alpes Dinariques, les plateaux espagnols et le delta du Rhône.
- **Noaillien** : les modèles issus deux jeux de simulations prédisent une favorabilité significative au sud de la Loire ainsi que le long du Rhône. Elle s'étend le long de la côte cantabrique ainsi que dans l'arc liguro-provençal jusqu'au sud de l'actuelle Toscane. Des divergences sont à noter dans le nord de la France, entre la Loire et la Seine, et dans la vallée de l'Èbre, qui sont prédites par les simulations à l'équilibre et pas les simulations transitoires. À l'inverse, le modèle issu des simulations transitoires identifie des aires de favorabilité sur la façade atlantique ibérique (voir plus à l'intérieur des terres pour les simulations moyennées sur 500 ans), le long de la côte méditerranéenne française, dans le nord de l'Europe au niveau de la Belgique, des Pays Bas et en Allemagne ; l'est des Alpes est également concerné.



### Légende

- |  |  |
|--|--|
| <span style="color: teal;">■</span> modèle eq. > modèle trans.   | ○ Données d'occurrences du Noaillien pyrénéo-cantabrique / Noaillien |
| <span style="color: yellow;">■</span> modèle eq. = modèle trans. | ● Données d'occurrences du Gravettien moyen septentrional / Rayssien |
| <span style="color: red;">■</span> modèle eq. < modèle trans.    | ▨ Trait de côte (-90m)   |
| <span style="color: lightblue;">■</span> Calottes glaciaires     | — Principaux fleuves   |

Figure III.2.3: Comparaison des modèles issus des simulations à l'équilibre avec ceux issus des simulations transitoires (moyennées sur 30 ans). Mise en perspective des comparaisons avec les zones où les modèles présentent un risque d'extrapolation en dehors de conditions environnementales utilisées pour la calibration.



- **Rayssien** : les deux modèles présentent aussi des tendances assez contradictoires : alors que le modèle issu des simulations transitoires est très discontinu et concerne surtout les territoires français au nord des Pyrénées et le nord de l'Europe en général, celui issu des simulations à l'équilibre est beaucoup plus centré sur la France, avec une petite bande de favorabilité autour des Pyrénées et le long de la côte cantabrique, ainsi qu'entre la région du Tarn et le nord de l'Italie.

### 1.2.2. Espace environnemental : ellipsoïdes de volume minimal

La comparaison des ellipsoïdes de niches dans l'espace environnemental indique l'absence de recouvrement entre les environnements accessibles des deux niches (nombre de points de recouvrement = 0 ; Figure III.2.4). L'indice de recouvrement J est donc de 0 pour les comparaisons considérées. Les volumes des ellipsoïdes sont également très différents : l'écart entre deux modèles peut varier de 8 points (Rayssien) à plus de 40 points (Noaillien et Noaillien pyrénéo-cantabrique).

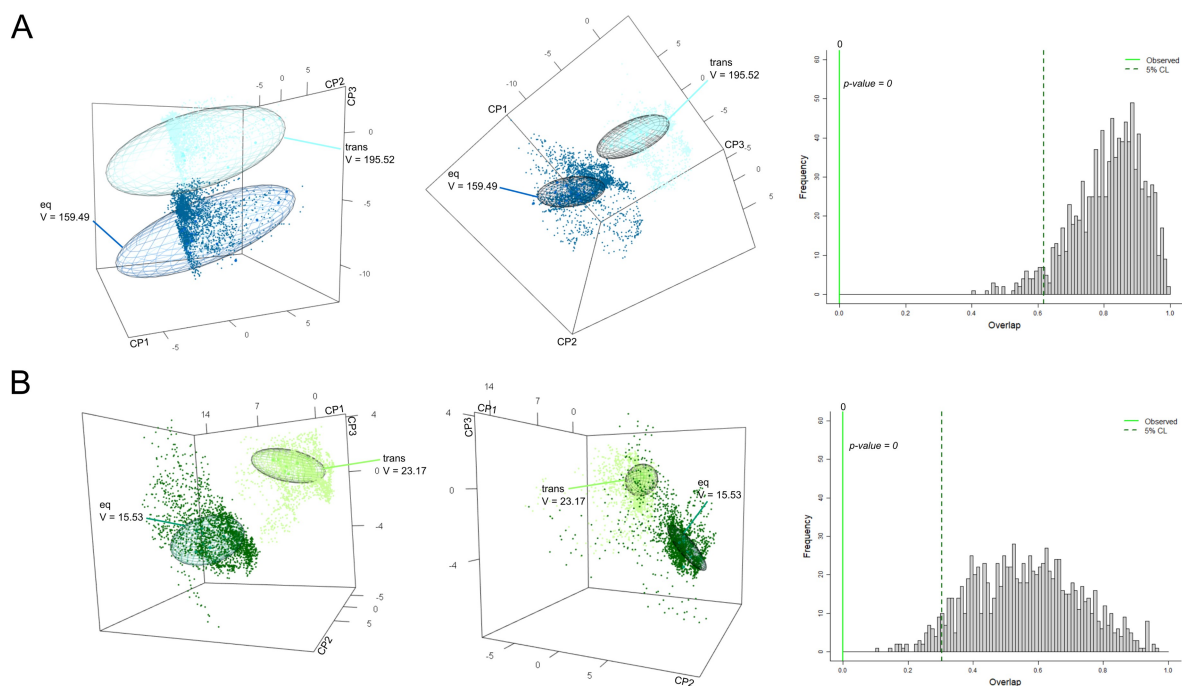


Figure III.2.4: Comparaisons des ellipsoïdes modélisés à partir des simulations à l'équilibre et de ceux modélisés à partir des simulations transitoires. **A.** Exemple du Noaillien. **B.** Exemple du Rayssien.

### 1.3. Comparaison inter-modèles : HadCM3 vs. LMDZ-5a

Au cours de notre processus de modélisation des niches éco-culturelles du Gravettien moyen septentrional et du Noaillien pyrénéo-cantabrique (scénario 1), nous avons pu constater des différences assez radicales avec les modèles produits dans le cadre de notre

mémoire de Master (Vignoles, 2018 ; Vignoles *et al.*, 2021 ; Figure III.2.5). Pour rappel, nous avons présenté dans cet article des prédictions de niches avec l'algorithme Maxent, dont les paramètres ont été choisis via le processus kuenm, ainsi que des modèles d'ellipsoïdes produits via l'algorithme de NicheA (Escobar *et al.*, 2014 ; Qiao *et al.*, 2016) et comparés avec l'indice de Jaccard. Les données d'occurrences sont sensiblement les mêmes que dans cette thèse ; en revanche, le *background* environnemental est composé de trois variables climatiques (ctemp, wtemp et mprec) à 32 ka et provenant d'un autre modèle climatique (LMDZ5-a, voir Volume 1, partie 3, chapitre 1, ndbp1). En outre, l'aire de calibration **M** est différente et n'a pas fait l'objet des mêmes hypothèses géographiques que dans la présente étude. Enfin, la même aire a été utilisée pour calibrer les deux modèles. Nos analyses avaient démontré une différence significative entre le Noaillien pyrénéo-cantabrique et le Gravettien moyen septentrional, ainsi qu'une enveloppe environnementale beaucoup plus étendue associée à cette dernière unité archéologique.

Or, les résultats issus du présent travail sont tout autres : si l'estimation de la niche Maxent pour le Gravettien moyen septentrional reste assez similaire dans les deux analyses, celle du Noaillien pyrénéo-cantabrique est beaucoup plus restreinte pour les modèles réalisés au cours de nos travaux actuels. D'autre part, les modèles d'ellipsoïdes montrent des tendances exactement inverses : dans nos résultats précédents, l'ellipsoïde du Gravettien moyen septentrional est beaucoup plus volumineux que celui du Noaillien pyrénéo-cantabrique. C'est le cas inverse qui se produit dans les résultats de cette thèse. Face à ce constat problématique, nous avons cherché les facteurs pouvant expliquer ces différences radicales. Nous avons donc exploré l'impact du choix du cadre chronologique (30 ka vs. 32 ka), le choix des variables (ACP ou variables utilisées dans l'article) et le choix de l'aire de calibration (aire de calibration commune ou séparée). Pour cela, nous avons répliqué les analyses de l'article en modélisant la niche du Noaillien pyrénéo-cantabrique et du Gravettien moyen septentrional à partir des données d'occurrences présentées dans le chapitre 1 de la partie 3 (Volume I) et des climatologies issues des simulations HadCM3 à l'équilibre et HadCM3b transitoires (moyennées sur 30 ans) selon trois configurations :



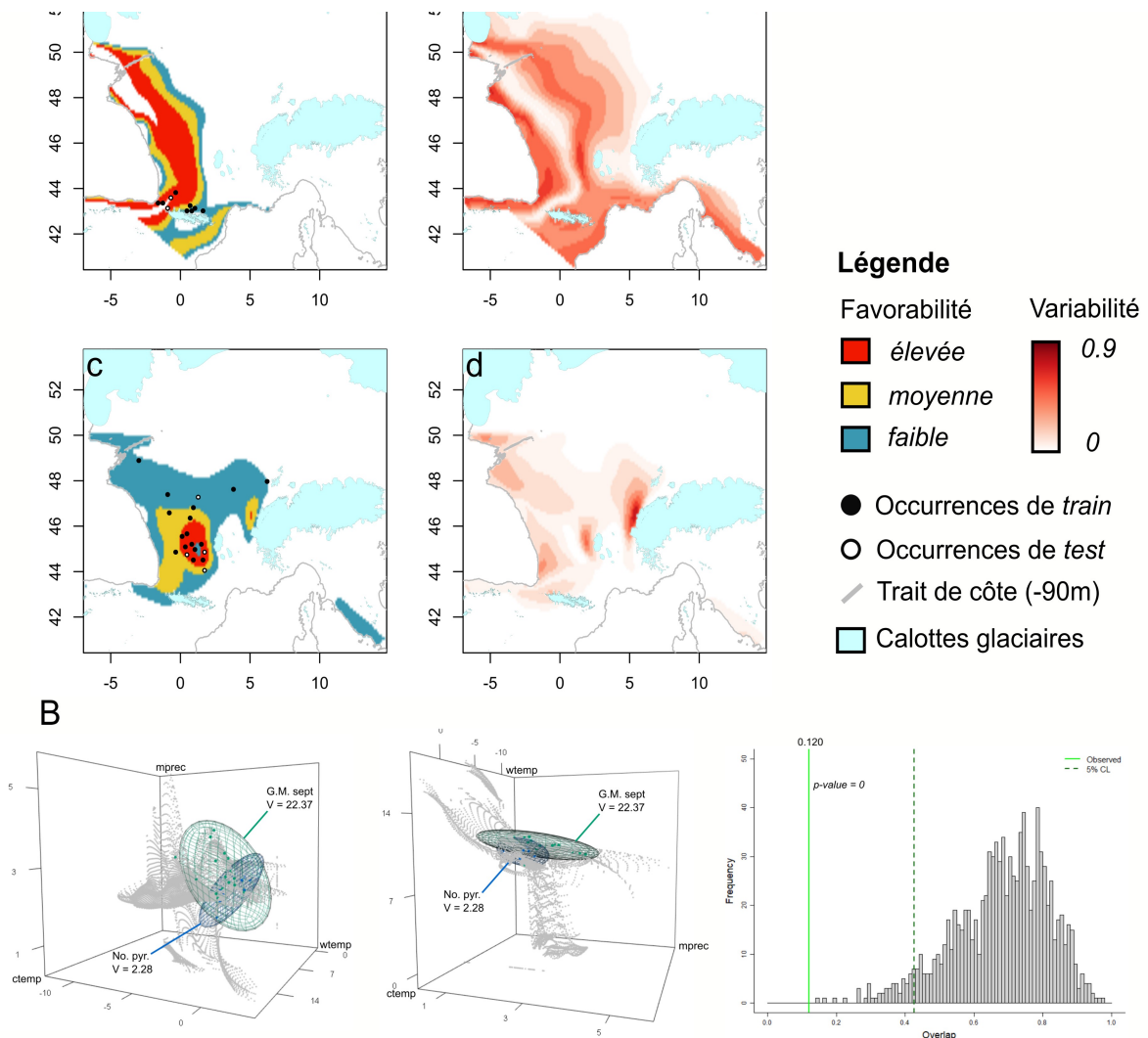


Figure III.2.5: Rappel des résultats obtenus dans le cadre de notre étude de Master comparant les niches écoculturelles du Gravettien moyen septentrional et du Noaillien pyrénéo-cantabrique. **A.** Reconstitution de la répartition géographique des niches Maxent ; **a. et b.** Noaillien pyrénéo-cantabrique. **c. et d.** Gravettien moyen septentrional ; **a. et c.** Modèles de consensus. **b. et d.** Variabilité liée au paramétrage. **B.** Reconstitution des ellipsoïdes de niches avec ellipsenm.

- **cas n°1** : à 30 ka, en employant les trois variables *ctemp*, *mprec* et *wtemp* et en gardant les aires de calibration présentées dans le chapitre 1 de la partie 3 (Volume I) ;
- **cas n°2** : à 30 ka, en employant les trois variables *ctemp*, *mprec* et *wtemp* et l'aire de calibration présentée dans l'article ;
- **cas n°3** : à 32 ka, en employant les trois variables *ctemp*, *mprec* et *wtemp* et l'aire de calibration présentée dans l'article.

La calibration des modèles Maxent suit les mêmes paramétrages que dans l'article (448 modèles candidats à partir de toutes les combinaisons possibles de 16 valeurs de

multiplicateur de régularisation, 7 types de réponse issus de la combinaison des *features linear, quadratic* et *product*, ainsi que 4 combinaisons des 3 variables environnementales *ctemp, wtemp* et *mprec* ; Tableau III.2.1). Les modèles statistiquement significatifs, performants et les moins complexes ont été résumés sous la forme d'un modèle consensus, qui a ensuite été seuillé (voir Volume I, partie 3, chapitre 1). La modélisation d'ellipsoïdes en revanche s'est faite *via* *ellipsenm* et non *Niche A*.

*Tableau III.2.1: Récapitulatif du processus de calibration kuenm dans le cadre de la recherche de facteurs de variabilité entre les modèles issus de Vignoles et al. (2021) et ceux de la présente étude.*

			Nombre de modèles candidats		Résumé des paramétrages			Résultats de l'évaluation			
			Total	Sélectionnés	Variables	Features	Multiplicateur L1	Ratio AUC moyen	Taux d'erreur d'omission	AICcs	Nombre de paramètres
Rappel résultats de l'article	Noaillien pyrénéo-cantabrique Gravettien moyen septentrional	LMDZ5a	448	45	3 combinaisons (ctemp, mprec, wtemp)	LQ ; LQP ; Q ; QP	0.1 à 0.9 ; 1 à 5	1.79 à 1.92	0	170.58 172.51	à 1 ; 2
		LMDZ5a	448	1	1 combinaison (ctemp, wtemp, mprec)	LQP	0.3	1.88	0	311.26	4
Cas n°1	Noaillien pyrénéo-cantabrique	HadCM3 équilibre	448	6	1 combinaison (wtemp, mprec)	P	0.1 à 0.6	1.61 à 1.72	0	109.83 110.75	à 1
		HadCM3b transitoire (30 ans)	448	1	1 combinaison (ctemp, mprec)	LQP	0.9	1.78 à 1.89	0	104.1	2
	Gravettien moyen septentrional	HadCM3 équilibre	448	29	3 combinaisons (ctemp, wtemp, mprec)	LQ ; Q	0.1 à 0.9 ; 1 à 5	1.67 à 1.81	0	265.20 267.18	à 1 ; 2
		HadCM3b transitoire (30 ans)	448	11	1 combinaison (ctemp, mprec)	P	0.1 à 0.9 ; 1 à 2	1.45 à 1.47	0	276.38 277.69	à 1
Cas n° 2	Noaillien pyrénéo-cantabrique	HadCM3 équilibre	448	1	1 combinaison (ctemp, mprec)	QP	0.1	1.83	0	131.2	3
		HadCM3b transitoire (30 ans)	448	18	1 combinaison (ctemp, wtemp)	L ; LQ ; Q	0.1 à 0.8	1.94 à 1.95	0	112.10 114.05	à 2
	Gravettien moyen septentrional	HadCM3 équilibre	448	25	3 combinaisons (ctemp, wtemp, mprec)	QP ; Q	0.4 à 0.9 ; 1 à 4	1.78 à 1.89	0	274.11 275.77	à 1 ; 2
		HadCM3b transitoire (30 ans)	448	15	4 combinaisons de (ctemp, wtemp, mprec)	LQ ; QP ; P	0.1 à 0.9 ; 1 à 4 ; 15	1.23 à 1.55	0	304.60 306.50	à 1 ; 2

<b>Cas n°3</b>	<b>Noaillien pyréno- cantabrique</b>	HadCM3 équilibre	448	35	3 combinaisons (ctemp, wtemp, mprec)	LQ ; LQP ; Q ; QP	0.1 à 0.9 ; 1 à 3	1.75 à 1.82	0	124.47 126.24	à 1 ; 2
		HadCM3b transitoire (30 ans)	448	27	2 combinaisons (ctemp, wtemp, mprec)	LQ ; LQP ; Q	0.1 à 0.9	1.92	0 1.95	0	113.72 115.63
	<b>Gravettien moyen septentrional</b>	HadCM3 équilibre	448	22	1 combinaison (mprec, wtemp)	L ; LQ ; LQP ; LP ; Q ; QP	0.5 à 0.9 ; 1 à 5	1.34 à 1.48	0	307.34 308.90	à 1
		HadCM3b transitoire (30 ans)	448	1	1 combinaison (ctemp, wtemp)	LQ ; QP ; P	0.1	1.77	0	270.16	4

### **1.3.1. Espace géographique : algorithme Maxent**

Dans les trois configurations explorées, les modèles de niche Maxent du Noaillien pyrénéo-cantabrique et du Gravettien moyen septentrional estimés à partir des simulations issues du modèle climatique HadCM3 sont plus ou moins différentes de ceux estimés à partir des simulations issues de LMDZ5a (Figure III.2.6).

#### *a. Cas n°1*

- **Noaillien pyrénéo-cantabrique** : l'estimation de niche employant les simulations HadCM3 est plus restreinte que celle de l'article, ce qui est imputable à la taille de l'aire de calibration, qui restreint le modèle à une zone de maximum 250 km autour des sites. L'estimation est globalement plus étendue vers l'est pour le modèle issu des simulations à l'équilibre, tandis qu'il est restreint au nord des Pyrénées et au sud-ouest de la France pour le modèle issu des simulations transitoires.
- **Gravettien moyen septentrional** : les estimations de niche modélisées dans le cas n°1 sont situées globalement dans la même aire géographique que le modèle de l'étude initiale. Les premières reproduisent la probabilité de présence de conditions favorables dans le centre, l'ouest et le nord-est de la France, ainsi que le flanc nord des Pyrénées. Néanmoins, elles montrent également des zones de favorabilité sur le versant est et sud de cette chaîne de montagne, à l'inverse du modèle de l'article. La continuité de probabilité entre le nord de l'Aquitaine et le piedmont pyrénéen est reproduite uniquement à partir des simulations à l'équilibre, tandis qu'une rupture spatiale peut être observée dans le cas des modèles issus des simulations transitoires.

#### *b. Cas n°2*

- **Noaillien pyrénéo-cantabrique** : le modèle de niche issu des simulations HadCM3 transitoires est assez similaire à celui présenté dans l'étude initiale, bien qu'il soit plus réduit et centré sur la façade Atlantique et la côte cantabrique. Il ne prédit pas la présence de conditions favorables dans le bassin Parisien et dans le nord-ouest de l'Europe en général ; de même la prédiction reste cantonnée aux Pyrénées et ne s'étire pas vers la côte méditerranéenne. Le modèle issu des simulations à l'équilibre prédit en revanche la présence de conditions favorables sur les mêmes régions que

celui de l'étude initiale, à l'exception du pourtour méditerranéen. La prédiction est néanmoins présente dans tout l'est de la France, depuis la Bourgogne jusqu'à la vallée du Rhône, reliant ainsi la grande zone de favorabilité franco-espagnole avec une zone moins étendue située dans le nord de l'Italie.

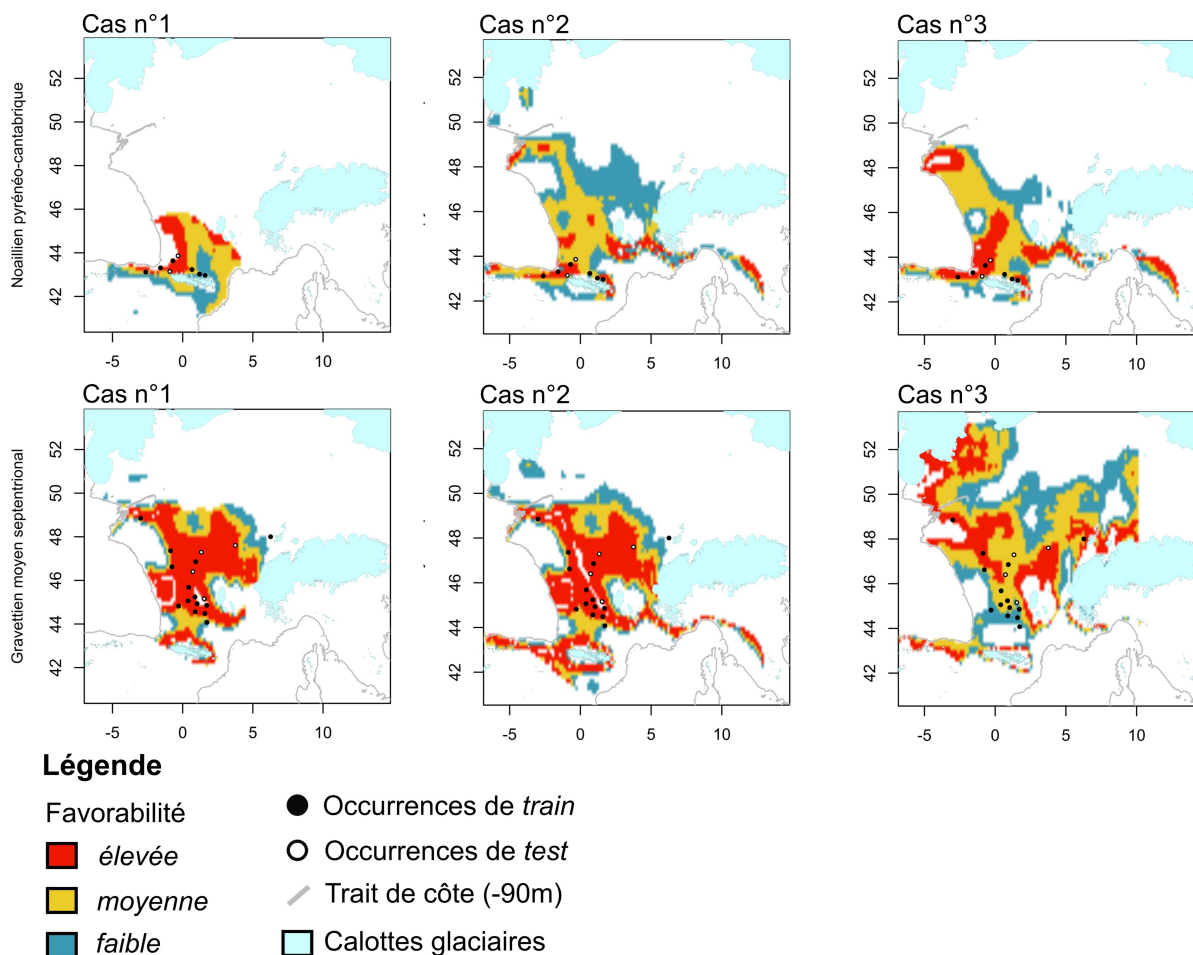


Figure III.2.6: Recherche des facteurs de variabilité entre les modèles Maxent issus de l'article et ceux présentés dans cette thèse. Exemple des modèles issus des simulations à l'équilibre. **Cas n°1** : utilisation des variables *ctemp*, *wtemp*, *mprec* à 30 ka. **Cas n°2** : utilisation des variables *ctemp*, *wtemp* et *mprec* avec l'aire de calibration de l'article à 30 ka. **Cas n°3** : utilisation des variables *ctemp*, *wtemp* et *mprec* avec l'aire de calibration de l'article à 32 ka.

- **Gravettien moyen septentrional** : les modèles proposés sont beaucoup plus étendus que le modèle de l'étude initiale. Ceux-ci sont peu ou prou identiques avec les modèles produits dans le cas n°1, mais s'étendent davantage vers le nord et le nord-est, ainsi que vers la côte cantabrique et le nord de l'Italie en passant par le sud-est de la Provence.

*c. Cas n°3*

- **Noaillien pyrénéo-cantabrique** : la répartition géographique de la prédiction à partir des simulations à l'équilibre reste assez similaire à celle de l'étude initiale. Toutefois, le pourtour méditerranéen ne présente pas de conditions favorables. Le nord-ouest de l'Italie est relié à l'aire de favorabilité principale (franco-espagnole) par une bande de prédiction passant par le sud-est de la Provence, la vallée du Rhône et le Massif Central. En revanche, la prédiction à partir des simulations transitoires est beaucoup plus restreinte et centrée sur la façade atlantique et le versant nord des Pyrénées occidentales et centrales.
- **Gravettien moyen septentrional** : la reconstitution de niche à partir des simulations à l'équilibre est beaucoup plus étendue que celle de l'étude initiale ; elle s'étend vers le nord, mais présente des zones d'absence de probabilité sur la façade Atlantique, au niveau de la Bretagne et du Centre de la France, ainsi qu'entre le nord de l'Aquitaine et le piedmont pyrénéen. À l'est, la prédiction contourne les hauteurs du Massif Central et des Alpes vers l'Italie. En outre, la prédiction est plus étendue le long de la côte cantabrique et sur le versant sud des Pyrénées. Le modèle basé sur les simulations transitoire présente une répartition géographique de favorabilité similaire, mais plus restreint, car il n'identifie pas de conditions favorables dans le nord de l'Europe.

### ***1.3.2. Espace environnemental : ellipsoïdes de volume minimal***

Les comparaisons d'ellipsoïdes de niche modélisés à partir des simulations issues de HadCM3 – qu'elles soient à l'équilibre ou transitoires – présentent toutes globalement les mêmes tendances : la niche du Noaillien pyrénéo-cantabrique a un volume plus grand que la niche du Gravettien moyen septentrional, à l'inverse des résultats de l'étude initiale. Cette différence de volume est plus importante dans le cas des simulations à l'équilibre que pour les transitoires. Cependant, le résultat du test de significativité du recouvrement entre niches diffère en fonction de l'aire de calibration utilisée. Lorsque c'est l'aire de calibration de l'article qui est utilisée, comme pour les analyses de l'article ainsi que les cas n° 2 et 3, les niches sont significativement différentes en prenant en compte les environnements accessibles aux unités archéologiques. À l'inverse, lorsque l'aire de calibration utilisée est

adaptée à chaque unité archéologique, le recouvrement des niches ne diffère pas de celui de deux niches générées aléatoirement à partir du *background*.

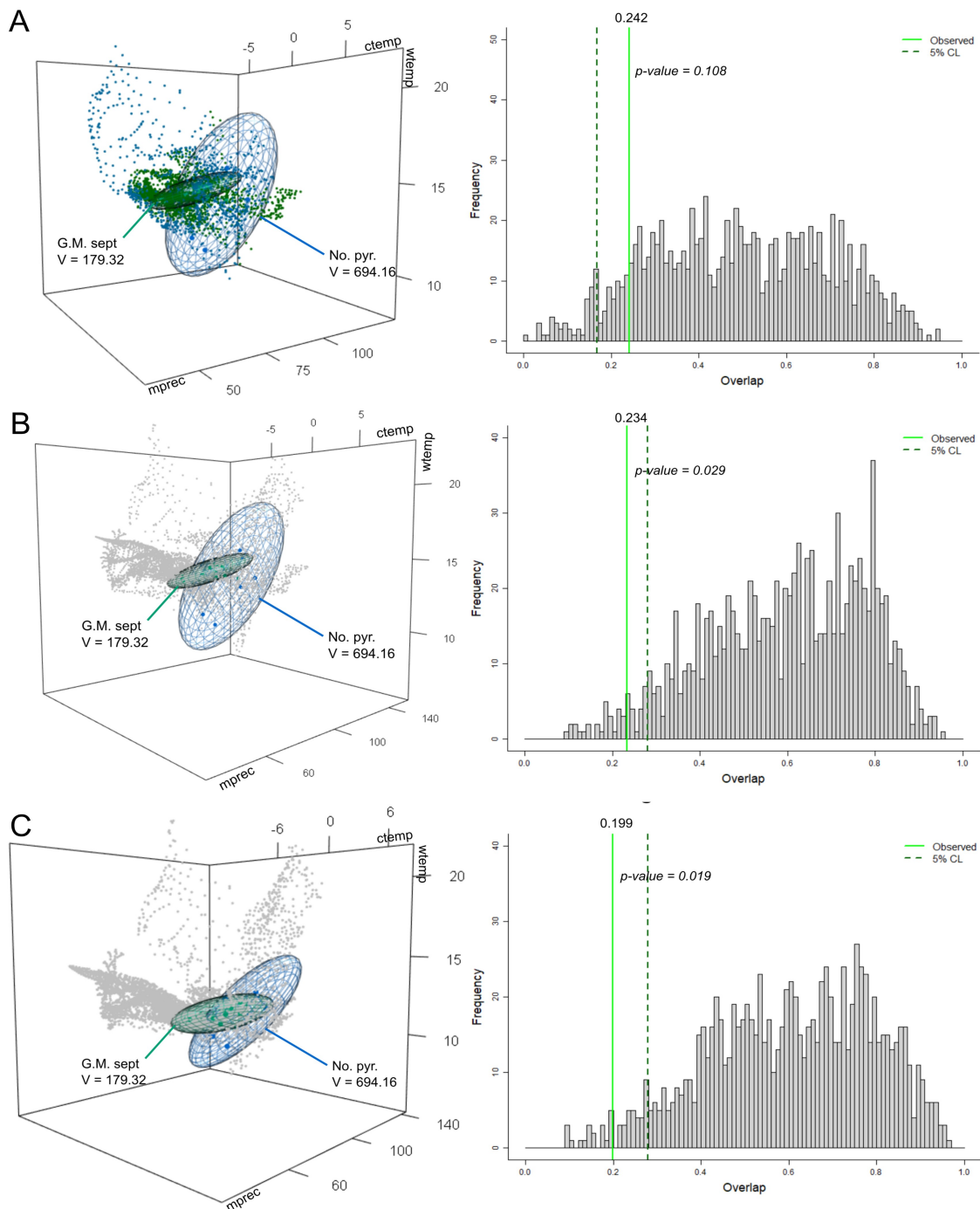


Figure III.2.7 : Recherche des facteurs de variabilité entre les modèles d'ellipsoïdes issus de l'article et ceux présentés dans cette thèse. Exemple des modèles issus des simulations à l'équilibre. **A. Cas n°1** : utilisation des variables *ctemp*, *wtemp*, *mprec* à 30 ka. **B. Cas n°2** : utilisation des variables *ctemp*, *wtemp* et *mprec* avec l'aire de calibration de l'article à 30 ka. **C. Cas n°3** : utilisation des variables *ctemp*, *wtemp* et *mprec* avec l'aire de calibration de l'article à 32 ka.



#### 1.4. Implications pour la suite des analyses

Les résultats présentés dans cette section montrent que le choix des variables environnementales à l'origine des modèles de niche Maxent et d'ellipsoïdes de niche peut avoir des conséquences non-négligeables sur les comparaisons de différentes unités archéologiques. Ainsi, les modèles de niche générés à partir des moyennes de climatologies transitoires restent globalement comparables en fonction des unités archéologiques analysées. En revanche, les niches issues des simulations à l'équilibre montrent parfois des tendances différentes, voire inverses en fonction des unités archéologiques considérées, et particulièrement dans le cas de Maxent. Enfin, des différences majeures sont observées entre les modèles basés sur les simulations issues de LMDZ5a et ceux produits à partir des simulations HadCM3. Ayant fait varier plusieurs paramètres pour comprendre l'origine de cette incohérence, nous proposons que ces différences soient dues aux tendances du climat reconstitué par chaque modèle climatique. Dans le cas de la comparaison des ellipsoïdes de niche, le *background* utilisé pour la comparaison joue – sans surprises (*e.g.*, Warren *et al.*, 2008 ; Nuñez-Penichet *et al.*, 2021) – un rôle majeur dans le degré de recouvrement entre ellipsoïdes et sa signification statistique.

Pour la suite des analyses et les interprétations des niches éco-culturelles, nous choisissons de nous focaliser sur les climatologies transitoires moyennées sur 30 ans, plutôt que sur 100 ou 500 ans ; en effet, celles-ci reconstituent le climat sur un laps de temps identique au temps *post spin-up* de simulations à l'équilibre. Étant donné les différences observées entre les deux jeux de simulations, nous décidons de réaliser toutes les comparaisons avec chaque jeu de climatologies, afin de vérifier si les tendances géographiques et les résultats des comparaisons sont robustes quel que soit le jeu de simulation choisi. Enfin, nous privilégierons les résultats issus de l'analyse des niches modélisées sur la base de climatologies issues de HadCM3 et rejetons ceux basés sur LMDZ5a. Les premières sont en effet mieux documentées et ont fait l'objet d'une vérification avec les données de terrain (Armstrong *et al.*, 2019 ; Beyer *et al.*, 2020b ; *cf.* Volume I, partie 2 chapitre 1 pour un résumé). De plus, elles sont méthodologiquement conçues pour être utilisées pour le type d'études proposées dans cette thèse (Armstrong *et al.*, 2019, p. 2 ; Beyer *et al.*, 2020b, p. 1), et sont donc plus adaptées que des simulations issues d'une expérience de sensibilité de modèle à l'établissement de conditions limites.

## 2. Dynamiques de niches au cœur du Gravettien moyen

### 2.1. Scénario 1 : Noaillien pyrénéo-cantabrique vs. Gravettien moyen septentrional

#### 2.1.1. Espace géographique : *algorithme Maxent*

##### a. *Simulations à l'équilibre*

Les modèles Maxent issus des simulations à l'équilibre présentent des différences assez nettes entre le Noaillien pyrénéo-cantabrique et le Gravettien moyen septentrional (Figure III.2.8 ; Figure III.2.9, A.). La niche de ce dernier est en effet beaucoup moins étendue (1419 pixels contre 4681 pour le Noaillien pyrénéo-cantabrique). Les modèles présentent également des caractéristiques différentes en termes de variabilité et de potentialité de projection à d'autres régions.

- **Noaillien pyrénéo-cantabrique (Figure III.2.8, A.)** : le modèle arbore des zones favorables couvrant toute la moitié sud de la France, à l'exception du delta du Rhône. La Bretagne présente une aire de prédiction assez étendue également. La zone de prédiction entoure les Pyrénées depuis la Méditerranée jusqu'à l'Atlantique, et s'étend sur la côte cantabrique. Elle est cependant peu étendue au sud des Pyrénées. À l'est, la prédiction couvre une bonne partie de l'Italie au niveau des Apennins jusqu'à la Méditerranée. L'arc liguro-provençal est néanmoins vide de prédiction ainsi que le piedmont sud des Alpes. Au nord et à l'est des Alpes en revanche, une zone de prédiction plus ou moins continue s'étend jusqu'à la calotte polaire. Le modèle présente une **variabilité importante** sur toute l'étendue de la carte, et en particulier dans la péninsule italique, la côte adriatique des Alpes dinariques et les plateaux du sud de l'Espagne. Les **possibilités de projection en Europe sont assez bonnes** car les conditions environnementales présentes sur une grande partie de la carte sont comparables avec ce qui est présent dans l'aire de calibration. Des conditions non-comparables sont cependant présentes le long de l'arc liguro-provençal ainsi que dans une grande partie ouest-sud-ouest de la péninsule ibérique et le piedmont sud des Alpes. La côte adriatique des Alpes dinariques est également exclue de l'aire de projection.

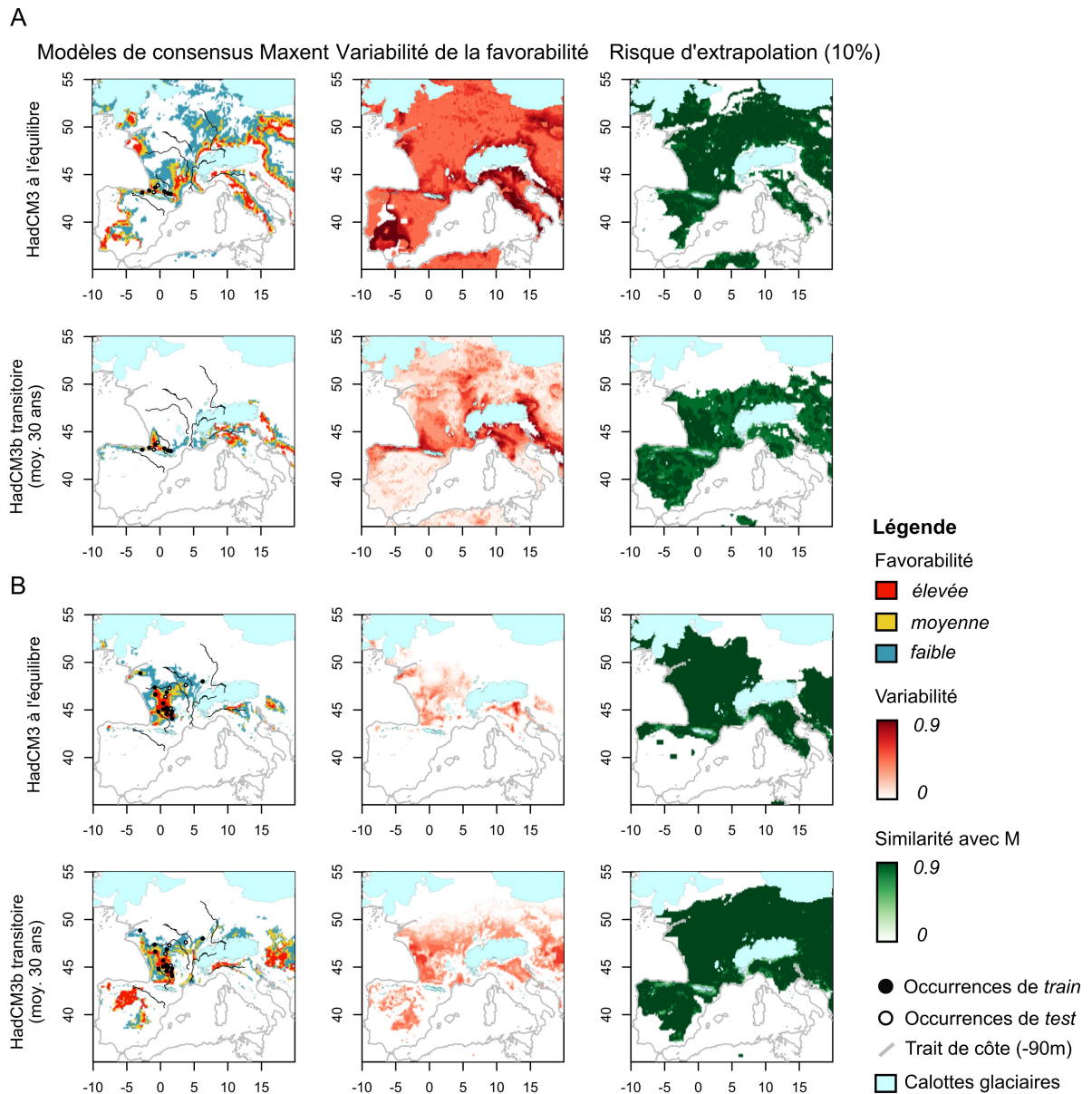


Figure III.2.8: Modèles de consensus de niches Maxent pour les unités archéologiques du scénario 1 à 30 ka. **A.** Noaillien pyrénéo-cantabrique. **B.** Gravettien moyen septentrional.

- **Gravettien moyen septentrional (Figure III.2.8, B.)** : la répartition géographique des conditions favorables est centrée sur le sud-ouest et le centre de la France. Elle est très peu étendue en Bretagne, située principalement au sud du fleuve Manche ; la prédiction s'étend vers l'est en Bourgogne jusqu'au Vosges, mais n'est en revanche pas présente dans le quart sud-est de la France. Deux petites zones de favorabilité peuvent être identifiées au sud des Alpes dans le nord de l'Italie et au nord des Alpes dinarique. La **variabilité du modèle est faible et peu étendue**, sa répartition géographique correspond peu ou prou à celle de la prédiction. Deux zones retraits sont néanmoins plus variables : le sud des Alpes en Italie et la côte nord bretonne. La

**projection du modèle à l'Europe présente de bonnes possibilités**, car l'aire présentant des conditions environnementales comparables à celles présentes dans l'aire de calibration couvre tout l'ouest de l'Europe à l'exception de la péninsule ibérique au sud de la vallée de l'Èbre et la pointe sud de la péninsule ibérique. Dans le nord-est de l'Europe, les conditions sont également incomparables avec l'aire de calibration.

La niche éco-culturelle du Gravettien moyen septentrional présente une **contraction géographique dans une zone plus restreinte et continue** par rapport à celle du Noaillien pyrénéo-cantabrique, avec laquelle elle partage néanmoins une grande partie de sa répartition géographique centrée sur le sud-ouest et de le centre de la France (Figure III.2.9, A.). La niche du Noaillien pyrénéo-cantabrique inclut des régions très larges dans le sud-est de la France, l'Italie, le nord-est et le centre de l'Europe, ainsi qu'autour des Pyrénées et le long de la côte cantabrique. Elle est en revanche quasiment absente dans le Bassin parisien et la Bourgogne, région occupée uniquement par la niche éco-culturelle du Gravettien moyen septentrional.

*b. Simulations transitoires*

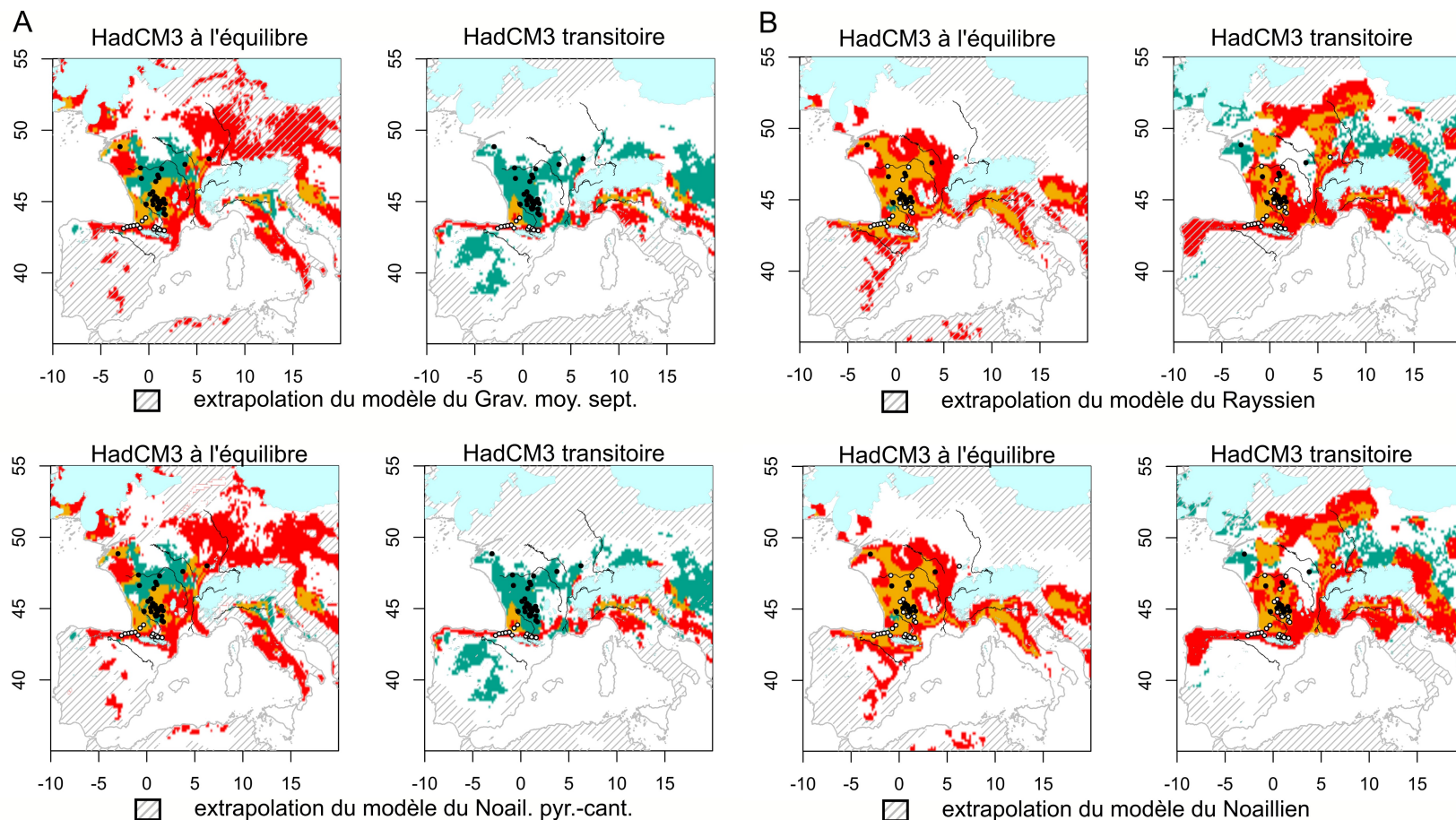
L'étendue des niches Maxent du Noaillien pyrénéo-cantabrique et du Gravettien moyen septentrional issues des simulations transitoires est plus comparable que dans le cas des simulations à l'équilibre (Figure III.2.8, Figure III.2.9, A.). L'on observe toutefois une expansion de l'expression géographique de la niche éco-culturelle du Gravettien moyen septentrional par rapport à celle du Noaillien pyrénéo-cantabrique (2164 vs. 954 pixels). La répartition géographique des zones favorables est en revanche très différente et présente peu de zones de recouvrement.

- **Noaillien pyrénéo-cantabrique (Figure III.2.8, A.):** la répartition géographique de la favorabilité identifiée par Maxent pour le Noaillien pyrénéo-cantabrique est très restreinte. Elle est principalement située sur le versant nord des Pyrénées centrales et occidentales, ainsi que le long de la côte cantabrique et landaise. Cette aire de favorabilité continue vers l'est jusqu'à la vallée du Rhône. L'aire liguro-provençale représente la deuxième zone riche en pixels favorables, qui se cantonnent à l'Italie du nord et à la côte méditerranéenne. Quelques aires sont également identifiées au niveau des Alpes dinariques. **Les modèles sont relativement peu variables** en

fonction des paramétrages ; les plus grands écarts présentent peu ou prou la même répartition que la favorabilité médiane. Elle est toutefois plus étendue autour du massif alpin et dans le sud de la France. **La transférabilité du modèle à l'Europe est bonne** car des conditions similaires à celles présentées dans l'aire de calibration se répartissent dans tout le sud-ouest de l'Europe et au nord jusqu'à environ 50°N. La moitié sud de l'Italie et le sud-ouest de la péninsule ibérique sont également exclues des zones de projection.

- **Gravettien moyen septentrional (Figure III.2.8, B.):** le modèle identifie des zones de favorabilité assez similaires à celles du modèle issu des simulations à l'équilibre. Celles-ci sont présentes dans tout l'ouest et le centre de la France, ainsi qu'à l'est jusque dans les Vosges. Elles sont absentes des Pyrénées et sud-est de la France, à l'exception du delta du Rhône. Des zones assez étendues se répartissent également sur les hauts plateaux espagnols ainsi que dans les Carpates et autour du massif Alpin. **Les modèles sont assez peu variables** et la répartition géographique des plus grands écarts suit peu ou prou celle de la favorabilité ; deux zones de plus forts écarts se situent dans l'ouest de la France et en Europe de l'Est. **Les possibilités de transfert sont plutôt étendues** car des conditions similaires à celles présentes dans l'aire de calibration existent dans toute l'Europe entre ca. 44 et 54 °N. À cela s'ajoutent une grande partie de la péninsule ibérique et la côte adriatique des Alpes dinariques.

La niche éco-culturelle du Gravettien moyen septentrional présente une **expansion géographique vers le nord** (et de façon plus limitée vers le sud) par rapport à celle du Noaillien pyrénéo-cantabrique (Figure III.2.9, A.) : elle présente des aires de répartition plus continues en majorité entre ca. 44 et 49°N, tandis que la deuxième est beaucoup plus discontinue et présente une répartition plus restreinte latitudinalement (autour de 44-45°N). L'aire de recouvrement entre les deux modèles est restreinte à la côte Atlantique jusqu'en Charente et les Landes. Les seuls sites situés dans une zone de coïncidence sont Brassempouy et Hin de Diou. Tous les autres sites se situent exclusivement dans l'expression géographique de leur niche éco-culturelle correspondante.



### Légende

- Gain de favorabilité
- Même favorabilité
- Perte de favorabilité
- Calottes glaciaires

- Données d'occurrences du Noaillien pyrénéo-cantabrique / Noaillien
- Données d'occurrences du Gravettien moyen septentrional / Rayssien
- Trait de côte (-90m)
- Principaux fleuves

Figure III.2.9: Comparaison des modèles de niche Maxent des unités archéologiques du Gravettien moyen à 30 ka. **A. Scénario 1 :** Gravettien moyen septentrional - Noaillien pyrénéo-cantabrique. **B. Scénario 2 :** Rayssien - Noaillien.

### **2.1.2. Espace environnemental**

La comparaison des niches éco-culturelles du Gravettien moyen septentrional et du Noaillien pyrénéo-cantabrique produit des résultats similaires entre les modèles issus des simulations à l'équilibre et ceux issus des simulations transitoires. La niche du Gravettien moyen septentrional est systématiquement moins volumineuse que celle du Noaillien pyrénéo-cantabrique (HadCM3-eq : G.M.sept. = 9.18, No. Pyr. = 61.31 ; HadCM3b-trans : G.M.sept. = 14.35, No. Pyr. = 27.44). De plus, le plus long axe d'allongement n'est pas situé dans le même plan environnemental : celui de la niche du Gravettien moyen septentrional est en effet parallèle à l'axe CP3 et se situe principalement dans les valeurs positives, ce qui d'après l'Analyse en composantes principales, indique une importance de l'exposition dans la définition de la niche. L'importance de la topographie est également suggérée par la position de la niche par rapport à la CP2 (valeurs positives) et à la CP1 (valeurs négatives). En revanche, l'axe de plus long allongement de la niche du Noaillien pyrénéo-cantabrique est parallèle au plan formé par CP1 et CP2 et couvre un intervalle étendue de valeurs négatives et positives, tandis que l'intervalle de valeurs du CP3 est réduite et négative. Cette observation indique donc, qu'en parallèle d'une contraction environnementale, l'exposition joue un rôle plus important dans la définition de la niche par rapport à la niche du Noaillien pyrénéo-cantabrique, qui est, elle, définie par les variables climatiques et topographiques.

Le recouvrement des deux niches est très faible dans l'absolu (HadCM3b-trans :  $J = 0.032$  ; HadCM3-eq :  $J = 0.069$ ) et celles-ci sont par ailleurs significativement différentes au regard d'une distribution aléatoire de modèles. En revanche, si l'on prend en compte les environnements accessibles aux unités archéologiques, le recouvrement reste faible dans le cas des simulations transitoires ( $J = 0.035$ ) mais est légèrement plus élevé pour les simulations à l'équilibre ( $J = 0.289$ ). La comparaison de ces valeurs avec celles associées à des modèles aléatoires simulés à partir du *background* ne permet pas de statuer sur l'interprétation de ce faible recouvrement ( $J$  non-significatif).

•Partie 3 •Dynamiques de niches éco-culturelles

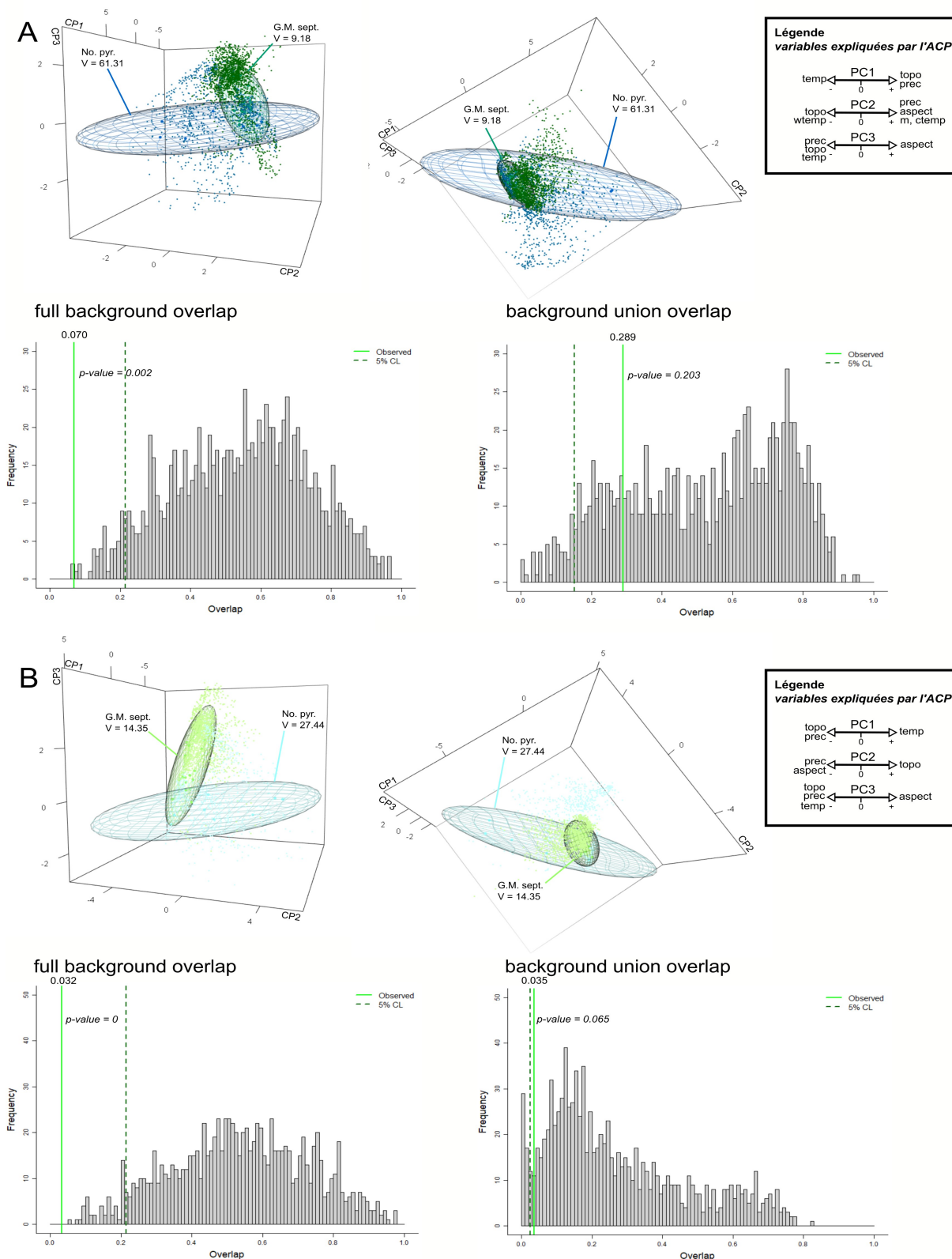


Figure III.2.10: Comparaison des ellipsoïdes de niches du Gravettien moyen septentrional et du Noaillien pyrénéo-cantabrique. **A.** Modèles issus des simulations à l'équilibre. **B.** Modèles issus des simulations transitoires.



## 2.2. Scénario 2 : Noaillien vs. Rayssien

### 2.2.1. Espace géographique

#### a. Simulations à l'équilibre

Les modèles de niches Maxent du Noaillien et du Rayssien issus des simulations à l'équilibre présentent de nombreuses similarités d'un point de vue de leur répartition géographique (Figure III.2.9, B., Figure III.2.11). La niche du Noaillien est plus étendue que celle du Rayssien (3439 contre 1417 pixels), mais la répartition géographique des hautes et moyennes valeurs de favorabilité sont très similaires.

- **Noaillien (Figure III.2.11, A.)** : la prédiction de zones de favorabilité est principalement contenue entre *ca.* 43 et 50°N, en France, dans le nord de l'Espagne et la moitié nord de l'Italie. Des zones de favorabilité sont également présentes de part et d'autre des Alpes dinariques. La côte méditerranéenne est néanmoins exempte de favorabilité, à l'exception d'une fine bande au niveau de la frontière franco-italienne, le long de l'arc liguro-provençal. La **variabilité des modèles en fonction des paramétrisations est assez peu importante** dans la plupart de l'aire de prédiction. Les valeurs les plus hautes concernent l'arc liguro-provençal ainsi que la péninsule ibérique et les Alpes dinariques. Une bande de forte favorabilité concerne également le versant nord des Pyrénées et la côte cantabrique. Les **possibilités de transfert sont importantes** car des conditions similaires à celles présentes dans l'aire de calibration sont présente sur la quasi-totalité de l'Europe, à l'exception de la moitié sud-ouest de la péninsule ibérique et du nord-ouest de l'Europe.
- **Rayssien (Figure III.2.11, B.)** : les zones de prédictions s'organisent sous la forme de bandes assez fines de favorabilité liées à aire principale située dans le nord du bassin aquitain, le bassin parisien et la Bourgogne. Ainsi, une bande de favorabilité rejoint le nord de la Bretagne, tandis qu'une autre contourne les Landes pour entourer les Pyrénées. Cette aire se prolonge le long de la côte cantabrique. Enfin, une dernière bande fine relie cette aire principale et une zone de forte favorabilité dans le nord de l'Italie, le long des Apennins, en traversant la vallée du Rhône entre les glaciers du Massif Central et des Alpes, puis le long de l'arc liguro-provençal. **La variabilité des modèles reprend peu ou prou la même répartition que pour le**

**Noaillien**, en étant moins étendue vers le nord et plus dans la péninsule ibérique. Les valeurs de variation sont néanmoins plus élevées en France et en Espagne, tandis qu'elles sont similaires dans le nord de l'Italie et au niveau des Alpes dinariques. Enfin, **la transférabilité du modèle offre des possibilités plus restreintes** dans la péninsule ibérique car les conditions similaires à celles présentes dans l'aire de calibration ne sont identifiées qu'au nord de l'Èbre. De même, dans la péninsule italique, les conditions comparables s'organisent le long de la chaîne des Apennins mais ne concernent que très peu la côte méditerranéenne.

La comparaison des modèles identifie une **large zone de coïncidence de favorabilité** qui correspond à la répartition de la niche éco-culturelle du Rayssien (à l'exception d'une petite zone sur les plateaux ibériques ; Figure III.2.9, B.). La perte de favorabilité du Rayssien par rapport au Noaillien s'organise tout autour de cette zone. Cette perte est néanmoins peu significative dans l'arc liguro-provençal et la péninsule italique, étant donné que les zones favorables au Noaillien se situent en majorité dans des régions d'extrapolation du modèle du Rayssien.

#### *b. Simulations transitoires*

La différence entre la répartition géographique des modèles du Noaillien et du Rayssien issus des simulations transitoires est beaucoup plus flagrante que pour les simulations à l'équilibre (Figure III.2.9, B., Figure III.2.11). La niche éco-culturelle du Noaillien est toujours plus étendue que celle du Rayssien (4224 contre 2 241 pixels) mais leur répartition géographique présente des différences beaucoup plus importantes.

- **Noaillien (Figure III.2.11, A.)** : la niche éco-culturelle du Noaillien est très étendue entre *ca.* 42 et 54°N. Elle couvre la moitié sud de la France, ainsi que le centre. La prédiction entoure les Pyrénées et s'étend le long de la côte cantabrique jusqu'au nord du Portugal. Plus au nord, la prédiction contourne une grande plage vide à l'est et au nord de la France. Des zones de prédictions sont présentes en Belgique et en remontant vers les calottes. Le nord de l'Italie fait également l'objet d'une prédiction favorable, ainsi que la chaîne des Alpes dinariques. **La variabilité des modèles en fonction de la paramétrisation est relativement faible**, sauf le long de la côte cantabrique et dans la moitié nord de l'Italie. Des zones sont également variables dans le nord de l'Europe. Concernant la **transférabilité** du modèle, celle-ci est

*possible dans toute l'Europe entre ca. 40 et 53°N*, à l'exception de la péninsule italique au sud 44°N, en raison de la présence de conditions similaires à ce qui est observé dans l'aire de calibration.

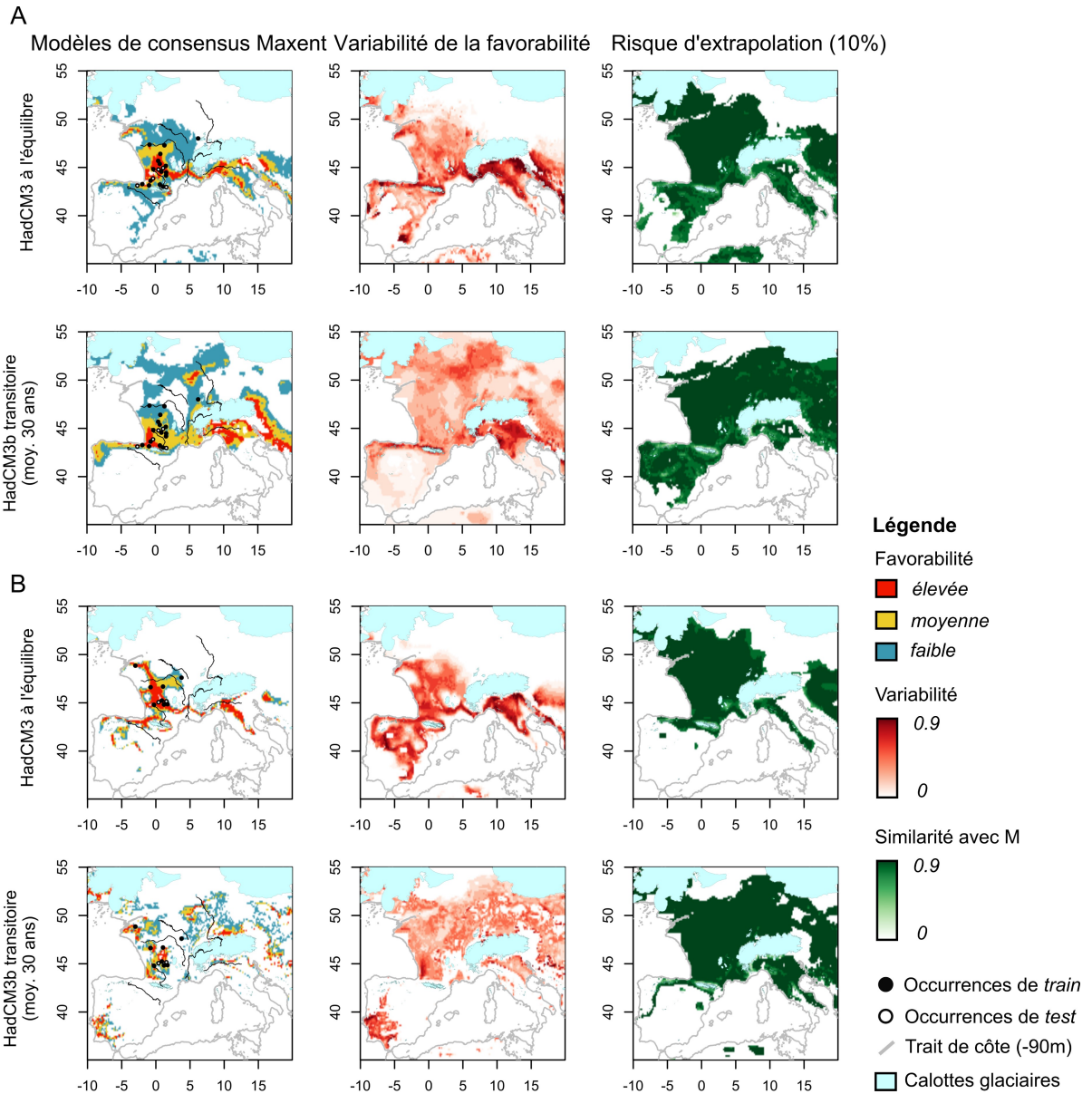


Figure III.2.11: Modèles de consensus de niches Maxent pour les unités archéologiques du scénario 2 à 30 ka. **A.** Noaillien. **B.** Rayssien.

- **Rayssien (Figure III.2.11, B.)** : la prédiction Maxent de la niche du Rayssien se présente sous la forme de nombreux petits îlots de favorabilité centrés sur le sud-ouest et le centre de la France, ainsi que dans le nord-ouest. Une large zone discontinue est également présente au nord et à l'est du massif Alpin et au sud-ouest de la péninsule ibérique. *La favorabilité varie peu en fonction de la*

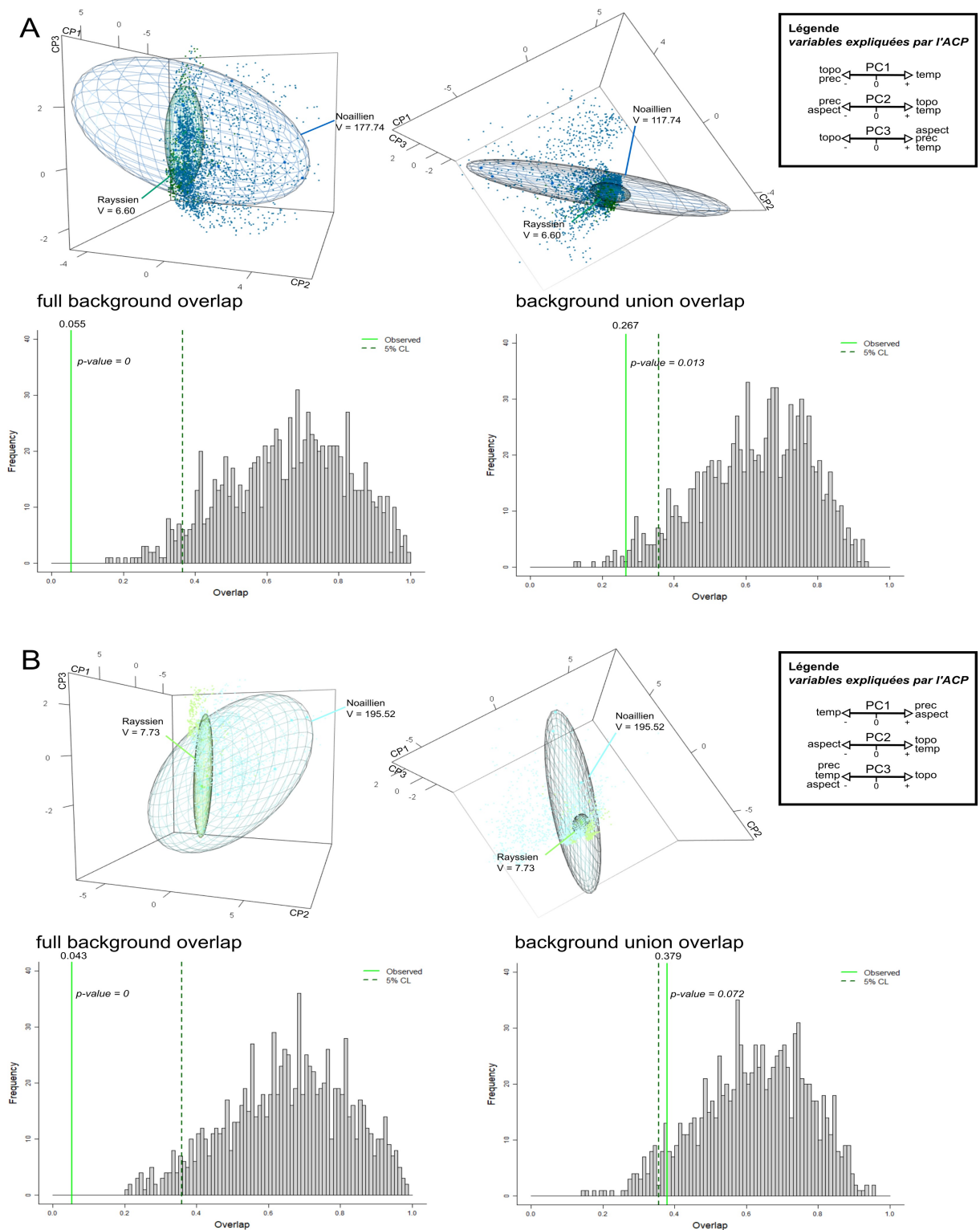
**paramétrisation** ; les plus fortes valeurs se situent le long de la côte landaise et dans le sud-ouest de la péninsule ibérique. Enfin, **la transférabilité du modèle est bonne entre ca. 43 et 55°N dans toutes l'Europe**. La péninsule ibérique ne présente quasiment pas de conditions environnementales comparables à celles de l'aire de calibration, à l'instar de la pointe de la péninsule italique.

La comparaison des deux modèles permet d'identifier **des zones plus ou moins discontinues de coïncidence de favorabilité** dans la moitié ouest de la France et vers les Vosges, la Belgique, les Pays Bas et le nord de l'Allemagne (Figure III.2.9, B.). À l'inverse des modèles issus des simulations à l'équilibre, les modèles ne prédisent pas tous les deux une continuité de favorabilité entre le sud-ouest de la France et le nord de l'Italie. En revanche, les deux modèles arborent une large portion vide dans le centre et l'est de la France.

### **2.2.2. Espace environnemental**

Les modèles d'ellipsoïdes obtenus à partir des simulations à l'équilibre et transitoires présentent des tendances similaires. Ainsi, la niche du Rayssien est systématiquement moins volumineuse que celle du Noaillien (HadCM3-eq : Rays. = 6.60, Noail. = 177.74 ; HadCM3b-trans : Rays. = 7.73, Noail. = 195.52). L'axe de plus long allongement de la niche du Rayssien opère une rotation plus ou moins marquée par rapport à celle du Noaillien, passant de l'horizontal (axes CP1 et CP2 pour le Noaillien) au vertical (axe CP3 pour le Rayssien). Cependant, les deux ellipsoïdes s'aplatissent selon le plan formé par CP2 et CP3. Ainsi, la niche du Rayssien pivote par rapport à celle du Noaillien en parallèle d'une contraction très importante (plus de 100 points d'écart entre les volumes respectifs du Noaillien et du Rayssien). Les variables impliquées dans cette rotation sont difficiles à interpréter. Néanmoins, il est à noter que le Noaillien comporte systématiquement un volume environnemental plus étendu que le Rayssien pour chacune des trois CP.

## Chapitre 2 : Résultats



Le recouvrement des ellipsoïdes est proche de 0 (HadCM3b-trans : 0.043 ; HadCM3-eq : 0.055) et les niches sont significativement différentes dans l'absolu. Ces valeurs sont plus élevées si l'on prend en compte les environnements accessibles aux unités archéologiques, allant de  $J = 0.267$  pour les modèles issus des simulations à l'équilibre, à  $J = 0.379$  pour les modèles issus des simulations transitoires. Pour ces derniers, la valeur de recouvrement n'est pas significative vis-à-vis de modèles aléatoires issus du *background* ; elle l'est en revanche pour les modèles issus des simulations à l'équilibre ( $p\text{-value} = 0.013 < 0.05$ ). Ce résultat indique que, dans ce cas, les niches sont significativement différentes au regard des environnements accessibles du Rayssien et du Noaillien.

### 3. Dynamiques de niches du Gravettien moyen au Gravettien récent

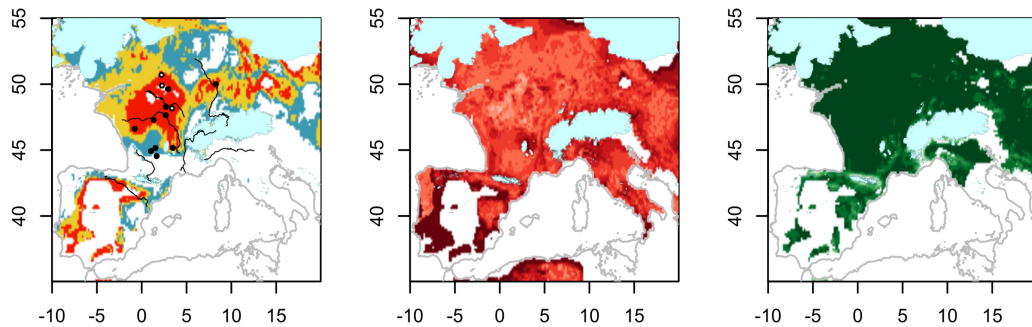
#### 3.1. Scénario 1 : Noaillien pyrénéo-cantabrique / Gravettien moyen septentrional vs. Gravettien récent *sensu lato*

##### 3.1.1. Espace géographique

###### a. Expression géographique de la niche éco-culturelle du Gravettien récent

La répartition géographique de la niche Maxent du **Gravettien récent *sensu lato*** est beaucoup plus étendue que celles des unités archéologiques du Gravettien moyen (Figure III.2.13). Elle comporte de très larges zones de favorabilité entre 45 et 55°N ainsi que, dans le nord-est, le nord et l'ouest de la péninsule ibérique. Des îlots d'absence de favorabilité sont à noter dans le nord de l'Europe et sur le versant nord du massif alpin. **Les modèles présentent une variabilité plutôt élevée** en fonction de la paramétrisation de l'algorithme, et ce sur la quasi-totalité de l'Europe (à l'exception du centre de la péninsule ibérique et la côte adriatique au niveau de l'actuelle Bosnie-Herzégovine). **La transférabilité du modèle est possible dans une grande partie de l'Europe**. Des conditions environnementales comparables à celles de l'aire de calibration sont cependant absentes d'une grande partie de la péninsule ibérique, des deux tiers sud de la péninsule italique ainsi que la côte adriatique en Europe centrale.

Modèles de consensus Maxent Variabilité de la favorabilité Risque d'extrapolation (10%)



**Légende**

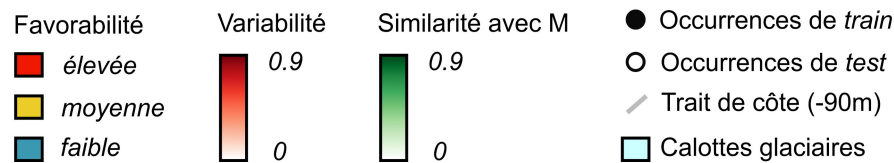


Figure III.2.13 : Modèles de consensus de niches Maxent pour le Gravettien récent à 28.5 ka.

*b. Comparaison avec le Noaillien pyrénéo-cantabrique*

L'expression géographique de la niche Maxent du **Noaillien pyrénéo-cantabrique** est plus réduite à 28.5 ka qu'à 30 ka (Figure III.2.14, A.). Elle présente à peu près la même répartition géographique que la prédiction à 30 ka. **La variabilité en fonction des paramétrisation est faible en général**, mais présente des valeurs plus élevées le long de la côte cantabrique, dans le quart sud-ouest de la France, puis dans le nord de l'Italie et les Alpes dinariques. Ces valeurs élevées de variabilité se situent principalement au niveau des zones de moyenne à forte favorabilité. Enfin, **le risque d'extrapolation est faible dans les zones prédites favorables** mais des conditions environnementales comparables à celles de l'aire de calibration sont absentes au nord de 46°N, dans le sud des péninsules ibérique et italique.

La comparaison de la niche du Noaillien pyrénéo-cantabrique à 28.5 ka avec celle du Gravettien récent *sensu lato* montre **une absence de recouvrement géographique** (Figure III.2.15). La majorité des pixels associés à un gain de favorabilité au Gravettien récent par rapport au Noaillien pyrénéo-cantabrique est situées au nord du 47°N, tandis que la majorité des pixels associés à une perte sont situés au sud du 45°N. Cette observation indique un déplacement de la favorabilité vers le nord au Gravettien récent, qui s'accompagne d'une **expansion géographique importante** (695 pixels pour le Noaillien pyrénéo-cantabrique vs. 5902 pour le Gravettien récent). La niche est vraisemblablement composée de conditions environnementales totalement absentes de l'aire de calibration du Noaillien pyrénéo-

cantabrique à 30 ka, puisque la quasi-totalité de la favorabilité du Gravettien récent se situe dans une grande aire d'extrapolation du modèle du Noaillien pyrénéo-cantabrique (ca. au nord de 46°N).

c. *Comparaison avec le Gravettien moyen septentrional*

La niche Maxent du **Gravettien moyen septentrional** est également caractérisée par une contraction géographique à 28.5 ka par rapport à 30 ka (Figure III.2.14, B.) : la prédiction couvre le grand quart sud-ouest de la France, ainsi que la zone centrale de la péninsule ibérique. Le delta du Rhône et le nord-est de l'Italie sont également prédits favorables. Les paramétrisations induisent **une variabilité assez faible** de la favorabilité, dont la répartition géographique correspond peu ou prou à celle de la prédiction. Enfin, **les possibilités de projection du modèle sont comprises entre ca. 40°N (péninsule ibérique) / 43°N (péninsule italique) et 49°N**. Le reste de la carte ne présente pas de conditions comparables à celles présentes dans l'aire de calibration.

Le modèle de niche du Gravettien moyen septentrional présente **une petite aire de recouvrement** avec celle du Gravettien récent dans le nord de l'Aquitaine et le Poitou-Charentes (Figure III.2.15). **L'expansion géographique de la niche du Gravettien est beaucoup plus importante** que celle du Gravettien moyen septentrional, en particulier dans la moitié nord de l'Europe et l'Est de la France. Ce gain de favorabilité n'est pas significatif au-delà de 49°N étant donné qu'y débute une zone importante d'extrapolation du modèle du Gravettien moyen septentrional. Dans la péninsule ibérique, les pertes de favorabilité se situent dans une zone d'extrapolation du modèle du Gravettien récent ; les gains dans cette région sont plus significatifs. Des pertes de favorabilité sont également observables dans le sud-ouest de la France au niveau du delta du Rhône ainsi que dans le nord-nord-est de l'Italie.



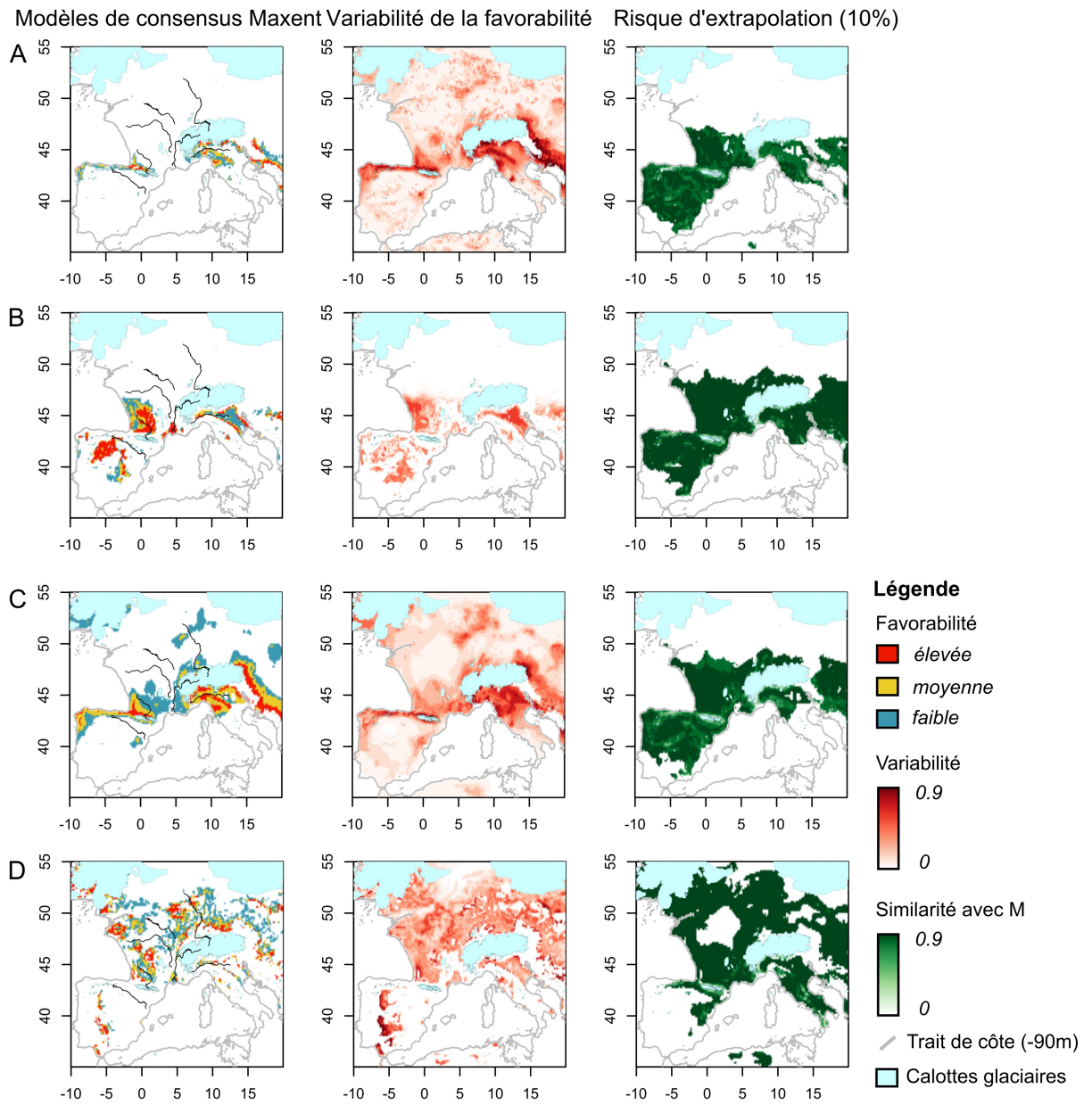
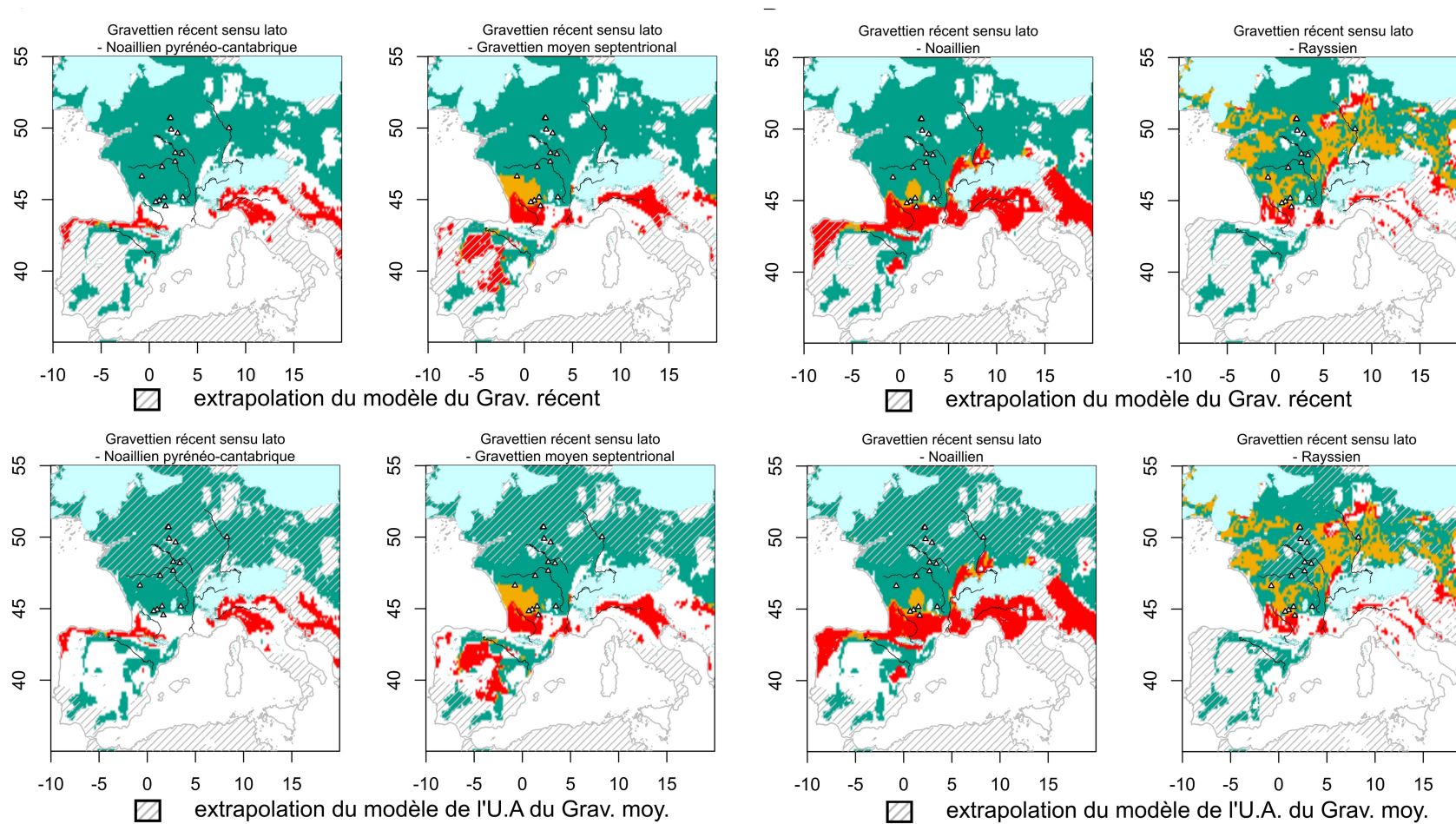


Figure III.2.14: Projections des modèles de niches Maxent des unités archéologiques du Gravettien moyen sur les conditions environnementales à 28.5 ka. **A.** Noaillien pyrénéo-cantabrique. **B.** Gravettien moyen septentrional. **C.** Noaillien. **D.** Rayssien.



### Légende








- |   |                       |   |  |
|---|-----------------------|---|--|
|  | Gain de favorabilité  |  | Données d'occurrences du Gravettien récent |
|  | Même favorabilité     |  | Trait de côte (-90m)                       |
|  | Perte de favorabilité |  | Principaux fleuves                         |
|  | Calottes glaciaires   |   |  |

Figure III.2.15: Comparaison des modèles de niche Maxent du Gravettien récent calibrée à 28.5 ka et des unités archéologiques du Gravettien moyen projetées à 28.5 ka.

### **3.1.2. Espace environnemental**

La comparaison des ellipsoïdes de niches du Gravettien récent avec celles du Noaillien pyrénéo-cantabrique et du Gravettien moyen septentrional permet de dégager des tendances plutôt intéressantes (Figure III.2.16). D'une part, la niche éco-culturelle du Gravettien récent présente un volume intermédiaire entre le Noaillien pyrénéo-cantabrique et le Gravettien moyen septentrional. (34.02, soit 10 points plus petite que le Noaillien p-c et 9 points plus grande que le Grav. sept.). Son recouvrement est plus important avec le Gravettien moyen septentrional ( $J = 0.40$  ou  $0.54$  en fonction du *background* utilisé pour la comparaison) qu'avec le Noaillien pyrénéo-cantabrique ( $J = 0.03$  ou  $0.04$ ) ; ces valeurs indiquent une différence significative dans l'absolu, mais pas si l'on prend en compte les environnements accessibles aux unités archéologiques.

La position des niches dans l'espace environnemental montre cependant des propriétés intéressantes (Figure III.2.16). En effet, l'axe de plus long allongement de la niche du Gravettien récent est perpendiculaire à celui du Noaillien pyrénéo-cantabrique, tandis qu'il est quasi parallèle à celui du Gravettien moyen septentrional. La niche du Noaillien pyrénéo-cantabrique est très aplatie dans l'axe CP3 et située plutôt dans des valeurs positives, indiquant l'importance de la précipitation et de l'exposition dans la définition de cette niche. Le Gravettien moyen septentrional et le Gravettien récent en revanche, présentent des niches beaucoup plus gonflées dans l'axe CP3, bien que la niche du Gravettien récent soit située plutôt dans des valeurs négatives (topographie et température) par rapport au Gravettien moyen septentrional (valeurs positives et négatives). La niche du Gravettien récent est par ailleurs influencée par la température du mois le plus chaud (valeurs de CP1 positif), tandis que cette variable joue un rôle moins important pour les deux autres unités archéologiques. Enfin, la niche du Gravettien récent est plus proche de celle du Gravettien moyen septentrional dans l'axe CP2 ; les deux ellipsoïdes sont situés dans des valeurs plutôt positives, ce qui indique une plus faible importance de la topographie dans la définition de la niche par rapport au Noaillien pyrénéo-cantabrique. Ainsi, la géométrie et la position dans l'espace environnemental des ellipsoïdes du Gravettien récent et du Gravettien moyen septentrional sont beaucoup plus similaires, et s'éloignent de celles du Noaillien pyrénéo-cantabrique.

•Partie 3 •Dynamiques de niches éco-culturelles

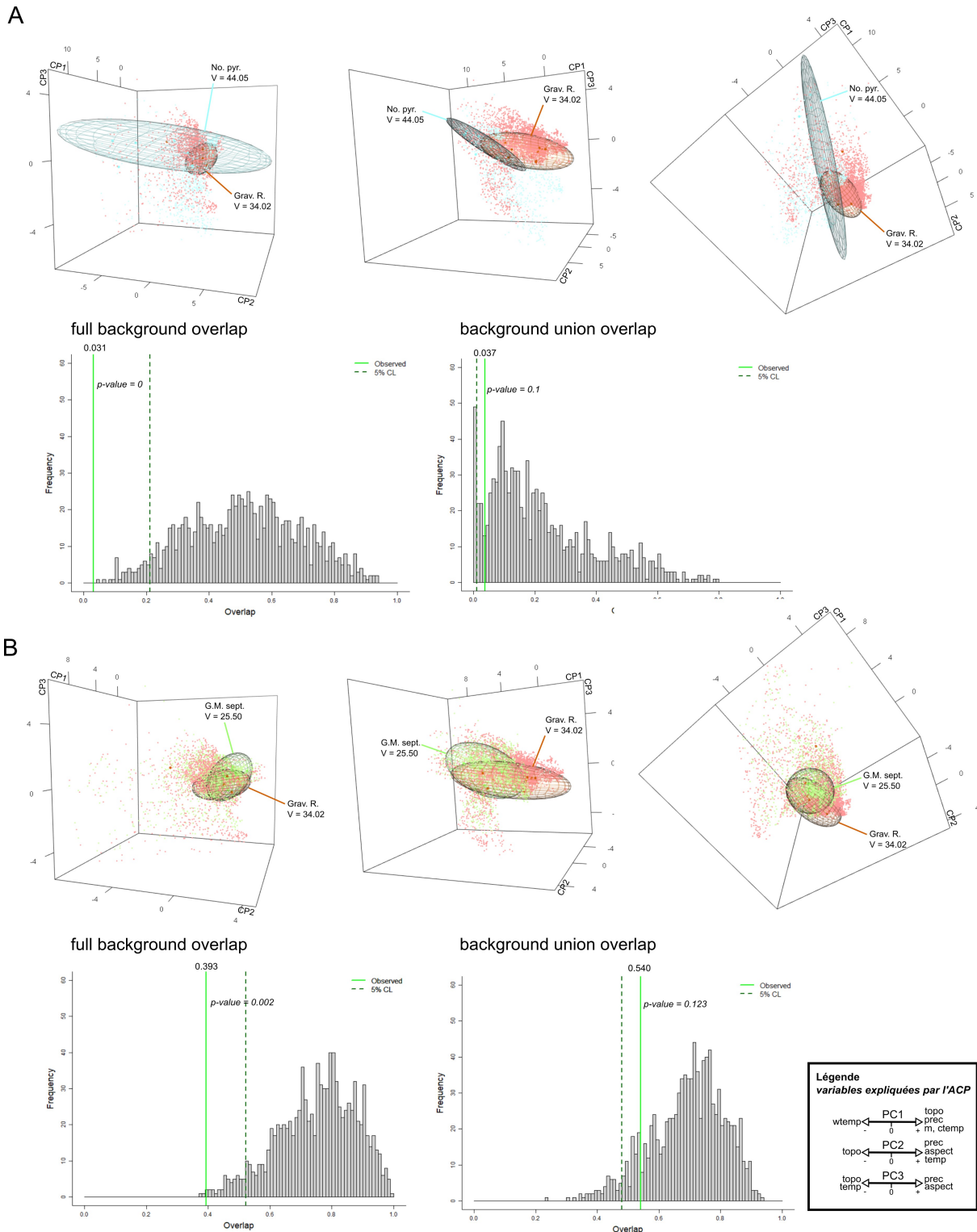


Figure III.2.16 : Comparaison des ellipsoïdes de niches du Gravettien récent avec les unités archéologiques du Gravettien moyen (scénario 1). **A.** Gravettien récent vs. Noaillien pyrénéo-cantabrique. **B.** Gravettien récent vs. Gravettien moyen septentrional.

## **3.2. Scénario 2 : Noaillien / Rayssien vs. Gravettien récent *sensu lato***

### **3.2.1. Espace géographique**

#### *a. Comparaison avec le Noaillien*

La niche Maxent du **Noaillien** montre une importante contraction géographique à 28.5 ka par rapport à 30 ka (Figure III.2.14, C.). Elle se réduit à la moitié sud de la France, la côte cantabrique et la façade Atlantique espagnole. Depuis la Provence, la favorabilité remonte le long de la Vallée du Rhône jusqu'au nord des Alpes. Les plaines du Pô sont également prédites favorables, ainsi qu'une large bande en Europe centrale entre 15 et 20°E. Une petite zone est aussi identifiée en Belgique/ Pays-Bas. La **variabilité liée à la paramétrisation des modèles est faible sur la majorité de la carte**, mais présente des valeurs plus importantes le long de la côte cantabrique et la moitié nord de l'Italie. Enfin, la **projection sans extrapolation est possible en Europe en-deçà de 49°N**, à l'exception des 3/4 sud de la péninsule italique et du sud de la péninsule ibérique.

La comparaison de la niche du Gravettien récent avec celle du Noaillien projetée à 28.5 ka montre **un très faible recouvrement géographique** se réduisant à l'actuel Limousin et à l'embouchure de l'Èbre (Figure III.2.15). Le gain de favorabilité du Gravettien récent par rapport au Noaillien est principalement situé dans la moitié nord de l'Europe à partir de 45°N, à l'exception de l'Europe centrale et du nord-ouest du massif alpin. Comme pour le scénario 1, ce gain doit être relativisé par l'absence de conditions environnementales comparables à celles présentes dans l'aire de calibration du Noaillien au-delà de 48°N. Le gain de favorabilité concerne également une partie de la péninsule ibérique, qui néanmoins présente une aire très importante de conditions environnementales non comparables avec l'aire de calibration du Gravettien récent. En revanche, la perte de favorabilité est réduite à une bande latitudinale entre *ca.* 43 et 45°N. Ce déplacement de la niche vers le nord s'accompagne d'une **expansion géographique importante** (+3875 pixels au Gravettien récent par rapport au Noaillien).

b. *Comparaison avec le Rayssien*

L'expression géographique de la niche du **Rayssien** est très similaire à 30 ka et à 28.5 ka (Figure III.2.14, D.). Elle présente des de favorabilité fortement discontinues dans l'ouest et le nord-est de la France, qui s'étendent vers le nord de l'Europe (Belgique, Pay-Bas, Allemagne) puis l'Europe centrale (Pologne, Tchéquie). Quelques rares îlots sont identifiés au cœur de la péninsule ibérique, au niveau du delta du Rhône et dans les plaines du Pô. **La variabilité liée à la paramétrisation des modèles est plutôt faible** la plupart du temps. Elle est plus élevée dans le nord de la France, la péninsule ibérique et ponctuellement en Europe centrale. Enfin, les possibilités de projection du modèle concernent une grande partie de la carte. **Pratiquement toute l'Europe présente des conditions comparables à celles de l'aire de calibration** à l'exception du bassin parisien et du nord de la France, d'une majorité de la péninsule ibérique et de quelques zones à l'est du massif Alpin.

La niche du Gravettien récent montre une **expansion géographique importante** par rapport à celle du Rayssien (+ 3756 pixels), malgré un recouvrement plus important relativement à toutes les autres comparaisons présentées (1581 pixels ; Figure III.2.15). Cette expansion est cependant moins claire latitudinalement que pour les autres unités archéologiques comparées, en raison du fort morcellement géographique de la niche du Rayssien. Notons néanmoins que 6 des 15 sites du Gravettien récent sont situés dans une zone d'extrapolation de la niche du Rayssien, indiquant l'occupation de conditions environnementales a priori absentes de l'aire de calibration du Rayssien.

### **3.2.2. Espace environnemental**

L'ellipsoïde de niche du Gravettien récent présente un volume intermédiaire entre le Noaillien et le Rayssien ; son volume est cependant beaucoup plus proche du Rayssien (ca. 30 points d'écart) que du Noaillien (ca. 210 points d'écart ; Figure III.2.17). Le recouvrement de la niche du Noaillien avec celle du Gravettien récent est très faible dans l'absolu ( $J = 0.08$ ), mais augmente sensiblement si l'on ne prend en compte que les environnements accessibles ( $J = 0.41$ ). Ce recouvrement est néanmoins suffisamment faible pour postuler une différence significative des niches ( $p\text{-value} = 0$  et  $0.031$ ). Le recouvrement entre les niches du Rayssien et du Gravettien récent est faible ( $J = 0.11$  et  $0.19$ ) et sa comparaison avec une distribution aléatoire montre également une différence significative des niches (Figure III.2.17).



## Chapitre 2 : Résultats

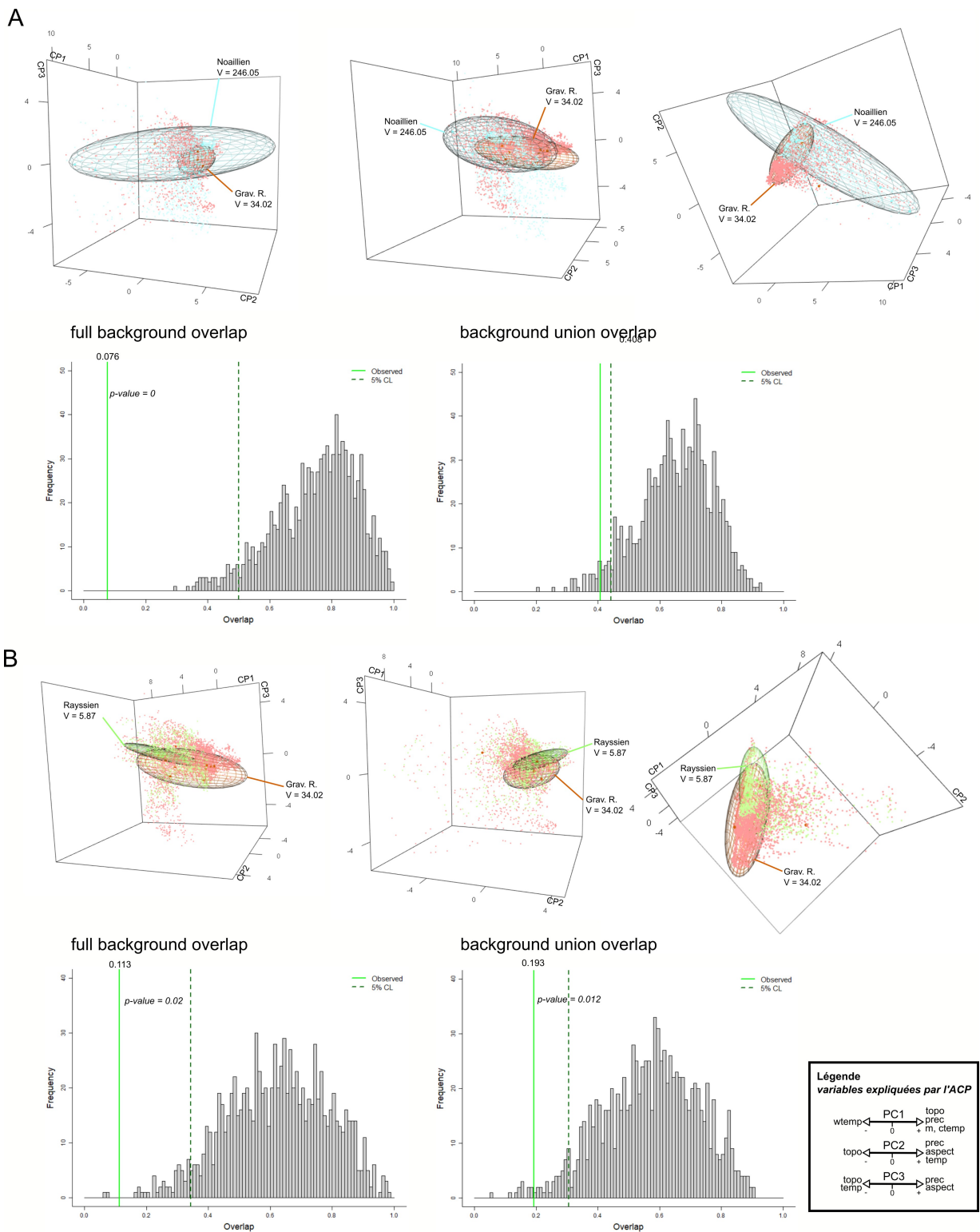


Figure III.2.17 : Comparaison des ellipsoïdes de niches du Gravettien récent avec les unités archéologiques du Gravettien moyen (scénario 2). **A.** Gravettien récent vs. Noaillien. **B.** Gravettien récent vs. Rayssien. **C.** Test de signification de l'indice de Jaccard pour la comparaison A. **D.** Test de signification de l'indice de Jaccard pour la comparaison B.

La géométrie et la position des niches dans l'espace environnemental permet d'aller plus loin dans la distinction des différentes entités. L'axe d'allongement maximal de la niche du Gravettien récent se situe dans l'axe CP1, ce qui le place dans une position quasi-perpendiculaire à celui du Noaillien. En revanche, la niche du Rayssien présente son allongement maximal dans le même axe que le Gravettien récent, bien qu'elle soit plus réduite dans les axes CP1 et CP2. Ces observations indiquent que les niches du Noaillien et du Rayssien sont assez peu définies par la température du mois le plus chaud par rapport aux autres variables ; de plus, la topographie joue un rôle plus important dans la définition de la niche du Noaillien par rapport aux deux autres. La niche du Gravettien récent est caractérisée par un pivot et une contraction par rapport à la niche du Noaillien, tandis qu'elle subit une expansion et un léger déplacement sur la CP1 par rapport au Rayssien.



## CHAPITRE 3 : DISCUSSION

---

*« Si séduisante soit-elle, l'interprétation théorique finit souvent par être un jeu individuel (...). Prenons donc les théories pour ce qu'elles doivent rester : des propositions, non des certitudes. »  
(Guilaine, 2011, p.35).*

Les analyses de niches éco-culturelles menées dans ce travail doctoral permettent-elles d'aller plus loin dans la définition de mécanismes à l'origine des différentes trajectoires culturelles du Gravettien moyen et récent ? Permettent-elles de mieux évaluer la relation des populations à l'environnement dans les changements culturels qui prennent place à cette période ? Au cours de cette discussion, nous tâcherons de mettre en évidence les apports de notre travail à nos problématiques de départ. Nous discuterons dans un premier temps des facteurs impliqués dans la différenciation typo-technologique de deux régions voisines, l'aire pyrénéo-cantabrique et les bassins sédimentaires du nord de la Garonne, au Gravettien moyen, et en particulier de l'apparition et la généralisation de la méthode du Raysse au sein de ce dernier territoire. Dans un second temps, nous examinerons les facteurs impliqués dans le changement des systèmes techniques lithiques entre le Gravettien moyen et le Gravettien récent, et en particulier de l'abandon de la méthode du Raysse.

### **1. Au sein du Gravettien moyen : quels facteurs à l'origine de la variabilité typo-technologique synchronique du registre archéologique ?**

#### **1.1. Synthèse**

Dans ce travail, nous avons cherché à comprendre en quoi différents motifs de variabilité typo-technologique observée au Gravettien moyen pouvaient être liés à l'occupation d'environnements différents. Dans cet objectif, nous avons donc examiné deux scénarios chronoculturels qu'il est possible de dégager à partir de nos connaissances actuelles du registre archéologique. Le premier scénario concerne une échelle d'analyse plutôt large, dans laquelle nous comparons deux régions archéologiquement distinctes à l'échelle du Gravettien moyen : l'aire pyrénéo-cantabrique, caractérisée par le Noaillien, et les bassins sédimentaires au nord de la Garonne, caractérisés par le Noaillien et le Rayssien.

Le second scénario pose une hypothèse chronoculturelle plus forte, en cela qu'il postule à la fois une certaine homogénéité culturelle du Noaillien à l'échelle de sa répartition géographique (sud-ouest de l'Europe), et à la fois la succession chronologique du Noaillien et du Rayssien au nord de la Garonne.

Quel que soit le scénario chronoculturel envisagé, les unités archéologiques porteuses (en partie ou en totalité) de la tradition lithique rayssienne occupent une niche systématiquement plus restreinte que celles purement « noailliennes ». Les modèles d'ellipsoïdes associés au Rayssien ou au Gravettien moyen septentrional indiquent que leur niche éco-culturelle comprend une étendue environnementale systématiquement plus réduite dans au moins deux dimensions de CP environnementales par rapport à celle du Noaillien ou du Noaillien pyrénéo-cantabrique. Elles se positionnent ainsi dans un axe d'allongement perpendiculaire, indiquant l'occupation d'une niche dont la variabilité repose sur des variables différentes. En particulier, l'exposition topographique (i.e., orientation de la pente déterminant son exposition au soleil) joue un rôle plus important dans la variabilité de la niche du Rayssien ou du Gravettien moyen septentrional. En parallèle, la variabilité de la niche du Noaillien ou du Noaillien pyrénéo-cantabrique repose plus fortement sur les autres variables topographiques et climatiques.

Le degré de recouvrement des niches présente également des tendances similaires entre les deux scénarios. Si les niches du Noaillien pyrénéo-cantabrique et du Gravettien moyen septentrional se recouvrent très peu (proche de 0), ce recouvrement est légèrement plus important entre le Noaillien dans son ensemble et le Rayssien (entre 0.2 et 0.4). Les niches ne sont significativement différentes au regard des environnements disponibles que dans le cas du Noaillien vs. Rayssien issus des simulations à l'équilibre. Cependant, la géométrie et la position des ellipsoïdes dans l'espace environnemental indique que le Rayssien semble focalisé sur des environnements bien plus spécifiques (i.e., présentant une variabilité plus faible) et contenus dans la variabilité de la niche éco-culturelle du Noaillien.

L'interprétation de la répartition géographique des niches modélisées par le biais de Maxent est plus délicate, car des résultats assez différents sont obtenus pour chaque scénario en fonction des simulations climatiques utilisées pour créer les modèles. Si l'on s'intéresse au scénario 1, l'expression géographique de la niche modélisée pour le Noaillien pyrénéo-cantabrique à partir des simulations HadCM3 à l'équilibre est en effet beaucoup plus étendue que celle du Gravettien moyen septentrional ; c'est l'inverse qui se produit avec

les simulations transitoires. Cependant, des observations communes aux deux comparaisons peuvent être soulignées. Tout d'abord, le sud du Bassin parisien est systématiquement l'objet d'un gain de favorabilité du modèle du Gravettien moyen septentrional par rapport au Noaillien pyrénéo-cantabrique. D'autre part, les modèles du Noaillien pyrénéo-cantabrique prédisent une favorabilité environnementale le long de la côte cantabrique, sur le versant nord des Pyrénées, dans le sud de la vallée du Rhône et dans la péninsule italique. Cette bande de favorabilité est continue dans le cas du modèle issu des simulations transitoires, et interrompue le long de la côte tyrrhénienne dans le cas du modèle issu des simulations à l'équilibre. Cette interruption n'est cependant pas interprétable étant donné que cette zone présente des conditions non-analogues à celles présentes dans l'aire de calibration.

Ce motif se reproduit dans le scénario 2 pour le Noaillien, ainsi que pour le modèle du Rayssien issu des simulations à l'équilibre. Les zones de coïncidence entre l'expression géographique de la niche du Noaillien et du Rayssien ne se focalisent donc pas sur les mêmes zones en fonction des simulations utilisées pour les modéliser ; le grand Sud-Ouest de la France (du sud de la Loire jusqu'au piedmont pyrénéen) est toujours favorable en grande partie, mais les deux modèles du Rayssien identifient d'autres zones totalement différentes. Cependant, l'expression de la niche du Rayssien est systématiquement plus réduite que celle du Noaillien.

Enfin, notons que l'hypothèse d'une barrière de nature écologique entre l'aire pyrénéo-cantabrique et le nord de la Garonne au niveau du désert périglaciaire des Landes n'est appuyée par aucun modèle ni aucune comparaison.

### **1.2. Propositions d'interprétation**

Malgré des différences en fonction des scénarios chronoculturels et des données environnementales utilisées, l'ECNM du Gravettien moyen permet d'aller plus loin dans l'évaluation d'hypothèses concernant certains mécanismes à l'origine de la variabilité typo-technologique de cette période en France. En premier lieu, elle permet de rediscuter du rôle de l'environnement et du territoire dans l'établissement de la variabilité inter-régionale du registre archéologique du Gravettien moyen. Nos résultats apportent aussi des éléments de discussion concernant les facteurs à l'origine de l'apparition de la méthode du Raysse et de sa relation au Noaillien. Enfin, des pistes de réflexion concernant la diffusion du concept de

burin de Noailles à l'échelle de l'Europe de l'Ouest peuvent être proposées à partir de nos résultats.

### **1.2.1. Le rôle de l'environnement dans la différenciation typo-technologique de deux régions connexes**

Le fait que la niche éco-culturelle du Gravettien moyen septentrional soit plus réduite et significativement différente de celle du Noaillien pyrénéo-cantabrique dans l'absolu suggère que les différences typo-technologiques observées entre ces deux régions sont liées à une **spécialisation de la production d'éléments d'armatures en lien avec l'exploitation de conditions environnementales spécifiques et restreintes** au nord de la Garonne.

L'étude typo-technologique des éléments d'armatures démontre effectivement des différences assez majeures entre le nord et le sud de la Garonne. Dans l'aire pyrénéo-cantabrique, de nombreuses formes sont présentes : pointes de la Gravette et microgravettes, lamelles à dos tronquées et bitronquées, lamelles à dos simples et lamelles à retouche marginale ont pu être utilisées pour la chasse (Klaric, 2003 ; Simonet, 2009a, 2011b, 2017). Cette diversité typologique pourrait résulter d'un effet de palimpseste lié aux méthodes de fouilles à l'origine des collections étudiées récemment (Simonet, 2009a) ; néanmoins, il est à noter que tous ces types s'intègrent parfaitement dans un schéma de production cohérent, marqué par sa souplesse de mise en œuvre (*ibid.*). Celui-ci consiste à produire des lames et des lamelles plus ou moins rectilignes, futurs supports des pointes à dos et lamelles à retouche marginale, mais dont les caractéristiques morphométriques ne nécessitent pas d'être très standardisées. La standardisation de l'élément d'armature intervient plutôt à l'étape de la retouche du dos, qui induit une modification parfois très importante du support (en particulier, une réduction de la largeur pouvant atteindre les 50 % ; Klaric, 2003, p.257 ; Simonet, 2009a, Fig.21). Cette diversité pourrait en partie refléter une certaine variabilité de l'intégration de ces éléments au sein d'une arme de chasse (*e.g.*, pointe axiale vs. éléments latéraux), mais cette hypothèse nécessite confirmation par une étude tracéologique de la méthode d'emmanchement de ces pièces et de leur mode de propulsion (*e.g.*, Coppe et Rots, 2017 ; Coppe *et al.*, 2019).

Au nord de la Garonne, les pointes à dos sont tout aussi diverses, mais plus rares et de dimensions plus graciles. Elles proviennent probablement d'un schéma de production

similaire à ce qui est décrit dans les Pyrénées (*e.g.*, Facteur, Flageolet), bien que les schémas de débitage laminaires et lamellaires semblent, au moins en partie, disjoints (au Facteur tout du moins). Elles sont fréquemment trouvées en association avec la méthode du Raysse et ses produits, à savoir les lamelles de la Picardie. Ces dernières résultent d'un schéma opératoire de production beaucoup plus standardisé que ceux à l'origine des pointes à dos (Klaric *et al.*, 2002, 2009 ; Klaric, 2017). La méthode du Raysse permet en effet de produire des lamelles ne requérant que peu de modification – et peut-être, parfois, aucune – pour correspondre à l'élément d'armature final. Elle comporte en cela un avantage sur l'abattage du dos, qui présente techniquement plus de risque d'une cassure du support au moment de la fabrication (Klaric, 2017). Cette méthode relativement rigide permet également une certaine liberté dans le choix des supports de nucléus, qui peuvent consister en des lames épaisses ou des éclats, fragmentés ou non (*ibid.*), et s'adapte donc facilement à des contextes pauvres en matières premières de bonne qualité (Klaric *et al.*, 2009). Par exemple, à la Grotte du Renne, un site situé dans une région pauvre en matières premières de bonne qualité (les plus proches sont éloignées de 35 à 120 km ; *ibid.*), l'assemblage relevant de la méthode du Raysse présente un plus fort degré de *curation* (*sensu* Shott, 1996) que des sites situés à proximité immédiate de gisements de matières premières, comme la Picardie. À la Grotte du Renne, les burins-nucléus du Raysse sont en effet plus petits qu'à la Picardie et plus souvent doubles ; les lamelles employées pour fabriquer des lamelles de la Picardie sont plus petites et torses, et ne présentent pas toujours un pan revers ou une extrémité distale pointue (Klaric, 2006, 2017 ; Klaric *et al.*, 2009). L'emploi d'une méthode aussi standardisée est probablement liée à l'occupation de territoires dans lesquels l'accès aux ressources permettant d'entretenir l'armement est imprédictible dans certaines zones. Ce type d'adaptation est fréquent dans des groupes de chasseurs-cueilleurs caractérisés par une mobilité importante (Binford, 1977 ; Bleed, 1986). L'importance de produire des composantes très standardisées à destination d'un armement *curated* et soutenable est également appuyé par la nécessité de connaître de nombreux détails techniques pour mettre en œuvre la méthode du Raysse, comme un maintien particulier de la lamelle à détacher ou l'incidence du geste de percussion (Klaric, 2017). La relative difficulté de cette transmission se reflète dans la présence fréquente de burins-nucléus du Raysse interprétés comme des nucléus d'apprentis ou d'individus ne maîtrisant pas (ou mal) la méthode d'un point de vue conceptuel et/ou moteur (*ibid.*, Klaric, 2018a). Ainsi, la méthode du Raysse apparaît comme un choix culturel privilégiant une balance avantages/inconvénients différente de celle des

schémas de production de pointes à dos employées dans les sites pyrénéens (Klaric, 2008). Ces différences reflètent très probablement des stratégies d'occupation du territoire et de subsistance différentes entre ces deux régions.

Cette proposition est appuyée par les données fauniques, même si ces dernières sont encore très parcellaires. Dans l'aire pyrénéo-cantabrique, les populations chassaient une diversité d'espèces, telles que le renne, les bovidés, le cheval, le chamois, le bison, le cerf ou le renard, tandis que le renne constitue systématiquement plus de 95 % des assemblages fauniques au nord de la Garonne (Lacarrière, 2015 ; Klaric *et al.*, sous presse ; Fontana, sous presse). Cette observation ne signifie pas nécessairement que la disponibilité spécifique n'était pas la même entre ces deux régions (Lacarrière, 2015, p. 347) ; d'ailleurs, des espèces autres que le renne sont toujours présentes en petites proportions dans les sites septentrionaux. Ce motif résulte donc probablement d'un choix des populations septentrionales de se concentrer sur le renne comme proie principale (Klaric *et al.*, sous presse). À l'inverse, les populations de l'aire pyrénéo-cantabrique auraient adopté une stratégie plus généraliste ou fondée sur les probabilités de rencontre avec telle ou telle espèce. Ces données sont cohérentes avec le mode d'organisation territoriale inféré pour le Gravettien des Pyrénées, dominé par des sites spécialisés dans certaines activités (*e.g.*, Tercis, Gatzarria) gravitant autour de sites d'agrégation de plus grande envergure (*e.g.*, Isturitz, Brassempouy), ainsi que l'exploitation majoritaire de matériaux siliceux locaux (Simonet, 2017). Cette organisation logistique au sein d'un territoire restreint, couplée de stratégies caractérisées par une certaine souplesse (schéma de production d'éléments d'armatures, spectre de chasse généraliste), est associée à une niche éco-culturelle étendue et dont la variabilité est influencé par une grande diversité de paramètres à la fois climatiques et topographiques.

Au nord de la Garonne, l'hypothèse d'une mobilité résidentielle élevée inférée à partir de l'absence (ou quasi) de sites spécialisés au nord de la Garonne (Vignoles *et al.*, 2021) nous semble encore difficile à affirmer, notamment en raison de la plus faible granularité temporelle des assemblages analysés. La variabilité fonctionnelle liée à l'établissement de campements spécialisés peut en effet être masquée par la superposition et le télescopage d'occupations spécialisées sur des sites communément résidentiels (Binford, 1982). Or, la plupart des sites du nord de l'Aquitaine sont des abris sous-roche multi-stratifiés, généralement considérés comme des lieux d'occupation résidentielle en raison de

l'abondance des vestiges, mais qui peuvent parfaitement servir de halte de chasse ou de campement saisonnier provisoire. Cette question se pose par exemple pour la couche 10/11 de l'Abri du Facteur. Il est possible que le faible nombre de vestiges rayssiens résulte d'une occupation courte au cours d'un épisode de chasse, laissant peu de déchets liés au remplacement d'éléments d'armature cassés ou perdus par exemple. Ainsi, l'absence de sites spécialisés ne reflète pas forcément une mobilité résidentielle, mais peut aussi correspondre à une mobilité logistique ne laissant que peu de traces en dehors des camps résidentiels. Enfin, il est fort probable que le mode d'occupation du territoire n'était pas identique à l'échelle de la répartition géographique des sites septentrionaux. Le nord de l'Aquitaine, et en particulier les vallées de la Vézère et de la Dordogne, constituait probablement une zone particulière, tant d'un point de vue topographique que de l'accès à différentes ressources (*e.g.*, Fontana, sous presse), et d'une toute autre nature que le sud du Bassin parisien. Cette dernière région est par ailleurs caractérisée par des accumulations de loess et sables, ce qui a probablement eu un impact sur la végétation et le paysage (Bertran *et al.*, 2016 ; Figure III.3.1). Ce contraste régional est également perceptible dans l'éthologie du renne, qui était probablement beaucoup plus mobile (migrations) dans le sud du Bassin parisien que dans le nord du Bassin aquitain à partir du Gravettien jusqu'à la fin du Magdalénien (Fontana et Chauvière, 2018 ; Fontana, sous presse). Cela impliquerait probablement des stratégies de chasse et d'occupation du territoire différentes pour les groupes humains exploitant préférentiellement sur cette proie. Cependant, encore trop peu de sites du Gravettien moyen sont étudiés d'un point de vue des stratégies de chasse au nord de la Garonne (Lacarrière, 2015). De plus, le Bassin parisien est principalement caractérisée par des sites de plein-air, dans lesquels les restes fauniques ne sont pas, ou mal, conservés (*e.g.*, La Picardie ; Klaric *et al.*, 2011, 2018 ; Plasenn al Lomm ; Le Mignot, 2000 ; la Croix de Bagneux ; Kildea *et al.*, 2005 ; Kildea et Lang, 2011). Ainsi, le potentiel d'étude est plutôt réduit de par cette faiblesse numérique de collections exploitables d'un point de vue de la recherche en archéozoologie. La proposition d'un système de mobilité au nord de la Garonne nécessite donc en premier lieu la découverte de nouveaux sites bien conservés. Il sera nécessaire de s'appuyer en complément sur un plus grand nombre d'études taphonomiques, archéozoologiques et typo-technologiques de collections déjà connues, afin de déterminer la ou les fonctions des occupations, leur saisonnalité, ainsi que l'adaptation de ce système à différents contextes géomorphologiques et fauniques.

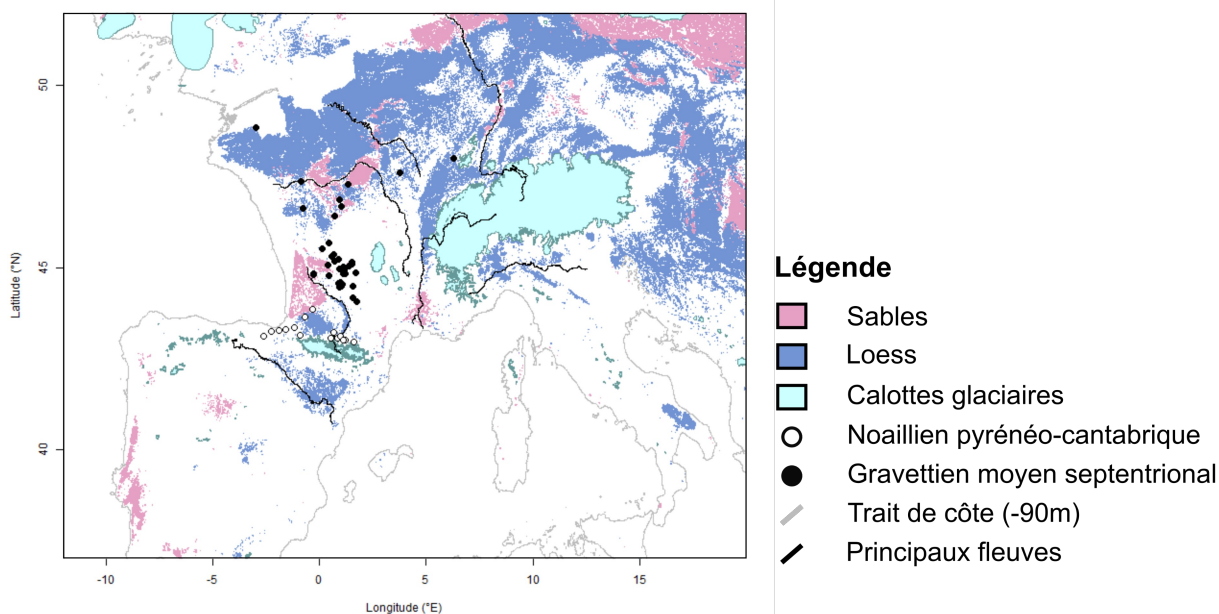


Figure III.3.1: Répartition géographique des occurrences du Gravettien moyen septentrional et du Noaillien pyrénéo-cantabrique ; cartes prédictives de l'extension maximale des sables et des loess au cours du MIS 3 et 2 (Jouet et al., 2006 ; Bertran et al., 2016 ; Bosq et al., 2018).

Quoi qu'il en soit, la niche éco-culturelle associée au Gravettien moyen septentrional comprend en grande partie des environnements différents de celle associée au Noaillien pyrénéo-cantabrique. La variabilité de la niche est plus fortement liée à l'exposition topographique et semblent moins influencés par les autres variables topographiques et climatiques que la niche du Noaillien pyrénéo-cantabrique. En outre, la répartition géographique de la niche couvre de nouveaux territoires, en particulier le sud du Bassin parisien. Cette région présente sûrement des conditions environnementales particulières qui, si elles sont présentes dans l'aire de calibration du Noaillien pyrénéo-cantabrique, n'ont pas été exploitées par les populations associées à cette unité archéologique. Cette spécialisation environnementale coïncide avec la spécialisation des schémas de production d'éléments d'armatures vers des pièces plus graciles et vers les lamelles à retouche marginale de type Picardie, ainsi que la possible spécialisation de la chasse autour du renne. **Les dynamiques de niches éco-culturelles présentent donc la même dynamique générale que celle observée au niveau des systèmes techniques lithiques et des stratégies de subsistance** : une spécialisation dans ces différents systèmes sont congruents d'une spécialisation de la niche éco-culturelle, tandis que des stratégies permettant de s'adapter à diverses situations (*e.g.*, type de proies) sont liées à l'occupation d'une niche éco-culturelle plus large et diversifiée.



Outre ces différences majeures, les sites des Pyrénées semblent entretenir des relations avec ceux du nord de la Garonne dans une certaine mesure. Ces relations sont inférées à partir de l'identification d'une petite quantité de matériaux-marqueurs périgourdiens dans les séries pyrénéennes (Foucher *et al.*, 2008 ; Simonet, 2009a, 2017). La présence de burins de Noailles, de pointes des Vachons, ainsi que de débitages lamino-lamellaires répondant à des schémas opératoires similaires dans les sites noailliens de l'aire pyrénéo-cantabrique et ceux du nord de la Garonne (Facteur, la Croix de Bagneux...) suggère également des liens entre ces régions (David, 1985 ; Simonet, 2011b ; ce travail). De plus, si les niches associées aux deux unités archéologiques se recouvrent peu (0.2 à 0.4), il n'est pas possible de postuler leur différence significative au regard des environnements qui leur sont accessibles. Au nord de la Garonne, les données de matières premières sont plus limitées et concernent majoritairement des séries et/ou marqueurs rayssiens (*e.g.*, La Picardie, la grotte du Renne, les Jambes). Elles esquissent provisoirement un territoire d'approvisionnement ou d'échanges partagé entre le nord de l'Aquitaine et le sud du Bassin parisien (Klaric *et al.*, 2009 ; Delvigne *et al.*, 2020 ; Volume I, partie 3, chapitre 1, Figure III.1.2). Ce motif mériterait d'être davantage appuyé par des données pétroarchéologiques actualisées dans le cadre de travaux en cours (de Parthenay, thèse en cours), mais suggère pour l'instant **une certaine rupture territoriale avec l'aire pyrénéo-cantabrique**, tout du moins après la généralisation de la méthode du Raysse.

Quels *facteurs* ont pu conduire à cette possible rupture territoriale entraînant une bifurcation des traditions techniques de part et d'autre de la Garonne ? En lien avec les données pétroarchéologiques, cette distinction archéologique pourrait résulter de **contacts moins réguliers**, qui limitent la possibilité d'échanges réguliers favorisant une homogénéisation des pratiques entre régions. Cette hypothèse s'appuie également sur le fait que des systèmes de production d'armement centrés sur les pointes à dos peuvent tout à fait être adaptés à une chasse spécialisée sur le renne, comme dans le cas au Gravettien récent (voir § 2). Ainsi, le déclin des pointes à dos axiales (type Gravette) et le fait de privilégier les lamelles à retouche marginale au nord de la Garonne résulterait plus probablement d'une interaction entre plusieurs facteurs : le premier serait le **choix d'une stratégie de subsistance spécialisée** sur une proie – le renne – et, *de facto*, des conditions environnementales spécifiques. La diminution de contacts entre les deux régions constituerait un second facteur. Celui-ci pourrait être lié à la mise en place d'une **barrière écologique** compliquant les déplacements de part et d'autre de la Garonne. Cette barrière

n'est pas identifiable dans les conditions environnementales incluant les variables utilisées dans ce travail de modélisation, étant donné que l'expression géographique des niches est systématiquement continue entre les deux régions. Néanmoins, nos reconstitutions ne prennent pas en compte certaines variables climatiques et géomorphologiques qui ont pu limiter les déplacements. Le couloir de la Garonne était en effet probablement caractérisé par des vents importants comme l'indique la présence de loess dans toute la vallée (Bruxelles et Jarry, 2011, 2012 ; Bertran *et al.*, 2016 ; Figure III.3.1). En outre, le désert périglaciaire des Landes, une zone probablement inhospitalière, a également pu constituer un frein aux déplacements dans le sud-ouest de la France (Bertran *et al.*, 2013, 2016 ; Figure III.3.1). Ces hypothèses sont corroborées par l'absence d'occupations du Paléolithique supérieur dans ces régions qui ne semble pas être liée à un biais de la recherche ni à une conservation différentielle des sites (Bruxelles et Jarry, 2011, 2012 ; Bertran *et al.*, 2013, 2016).

En parallèle, des facteurs d'ordre démographique peuvent également jouer un rôle important dans la diffusion et le maintien d'innovations ou de façons de faire dans une région (*e.g.*, Shennan, 2000 ; Powell *et al.*, 2010 ; Maier *et al.*, 2020). Les hypothèses démographiques sont particulièrement difficiles à appréhender pour le Paléolithique, en raison du caractère extrêmement restreint du registre archéologique et de la difficulté de déterminer des proxys démographiques fiables (*e.g.*, French, 2015 ; Reynolds et Riede, 2019). Toutefois, une **démographie faiblissante** pourrait tout à fait pousser une population à n'entreprendre que plus rarement des déplacements impliquant la traversée de régions inhospitalières d'un point de vue environnemental (*e.g.*, couloir de la Garonne et désert des Landes). Cette hypothèse reste néanmoins à tester dans le registre archéologique, avec toutes les limites que les reconstitutions paléo-démographiques imposent (*cf.* Vaesen *et al.*, 2016 ; Collard *et al.*, 2016 pour une critique de la méthodologie généralement employée).

Ces propositions n'en sont encore qu'au stade de l'hypothèse, mais permettent d'avancer différents facteurs ayant pu, par leur interaction, conduire à l'apparition et au maintien de la méthode du Raysse au nord de la Garonne.

### **1.2.2. La question de l'émergence du Rayssien**

Au nord de la Garonne, l'apparition et la généralisation de l'emploi de la méthode du Raysse se produit dans un contexte de probable spécialisation de la chasse sur le renne. Il

nous semble ici que la question de l'apparition de la méthode du Raysse et de sa généralisation doivent être étudiées séparément. La première s'intéresse à l'origine de cette méthode : comment la méthode du Raysse est apparue dans le champs de options techniques possibles pour la production d'éléments d'armatures ? La seconde s'intéresse plutôt au choix des populations de l'employer pendant plusieurs générations : pourquoi la méthode du Raysse a supplanté les autres modes de production d'armatures à un moment donné ?

La question de **l'origine** de la méthode du Raysse a maintes fois été posée dans la littérature. Dans un premier temps, H. Movius et N. David (1970) l'envisagent comme une variante des « burins à modifications tertiaires », qui s'intègrent dans un système plus large de burins sur tronçature employés pour « inciser ». La modification tertiaire constituerait d'après eux une nouvelle méthode de réduction de la largeur du biseau qui remplace petit à petit celle de la technique « Noailles » à Pataud (*ibid.*). Cette idée est ensuite reprise par F. Djinjian et B. Bosselin (1994). Néanmoins, la démonstration que les burins du Raysse sont en réalité des nucléus à lamelles par L. Klaric *et al.* (2002) a invalidé la filiation burins de Noailles/burins du Raysse (Klaric, 2003, 2008). Cet auteur propose alors deux hypothèses à explorer : la première suppose une filiation chronologique entre Noaillien et Rayssien. Elle s'appuie sur la proposition de changements profonds dans les systèmes techniques lithiques et sur les successions stratigraphiques observées à Pataud et au Flageolet. La seconde, beaucoup plus « *lourde de conséquences* » (Klaric, 2008, p. 40), propose une indépendance de la tradition rayssienne vis-à-vis des autres traditions gravettiennes, et donc l'arrivée de groupes culturellement distincts dans la région. Cette hypothèse repose sur les sites de la Picardie et de la Grotte du Renne, où les schémas de production lamino-lamellaires mis en évidence sont en profonde rupture avec ceux de pointe à dos classiques du Gravettien. En l'état, la proposition d'une filiation semble plus plausible (Klaric *et al.*, sous presse), mais nécessite davantage de données pour l'appuyer.

Les résultats obtenus dans le cadre de nos travaux nous semblent aller dans le sens d'une **émergence de la méthode du Raysse au sein d'une tradition plutôt « noaillienne »**, ou en tout cas assez similaire à celle des sites pyrénéens. Tout d'abord, nous avons noté dans le niveau 10/11 de l'abri du Facteur la présence de débitages lamellaires sur tranche destinés à la production de supports de pointes à dos et de lamelles à retouche marginale. Ils sont caractérisés par une certaine souplesse d'application : la progression du

débitage est tantôt centrée sur la tranche, tantôt envahissante sur la face inférieure ; le plan de frappe peut être lisse ou facetté. Néanmoins, les nucléus sont tous latéralisés à gauche, à l'instar des burins-nucléus du Raysse. D'autre part, les dimensions des lamelles de la Picardie se situent dans la variabilité des lamelles à retouche marginales. Ces observations soulignent donc certaines similarités de ce schéma de débitage lamellaire avec la méthode du Raysse. Celles-ci sont d'ailleurs rejointes par la possibilité de débitages laminaires et lamellaires disjoints, bien que les plus petits gabarits puissent également provenir de la production laminaire sur bloc (*cf.* Volume II, chapitre 1). Cette indépendance du schéma de production lamellaire vis-à-vis du laminaire n'est pas sans rappeler le système technique rayssien tel qu'il est décrit à la Picardie ou à la Grotte du Renne (Klaric, 2003, 2008 ; Klaric *et al.*, sous presse). Ainsi, malgré la nécessité de confirmer ces observations dans d'autres séries de la région, une continuité sur certains aspects est visible entre les schémas de production lamino-lamellaires au Facteur (série à majorité noaillienne) et des séries majoritairement – ou totalement – rayssiennes (La Picardie, les Jambes par ex.).

Ce constat de changements techniques et conceptuels profonds entre le Noaillien et le Rayssien, mais ne constituant pas une rupture totale, est également avancé pour les industries en matière dure animale (Klaric *et al.*, sous presse). Malgré un corpus fragmentaire et un investissement de la recherche moins important que pour le lithique (voir Goutas, 2004 pour un état de l'art), l'analyse des modalités de débitage longitudinal met en évidence des différences entre le Noaillien et le Rayssien. Au Noaillien, les supports d'outils et d'armature s'intègrent exclusivement dans un schéma de débitage par double rainurage longitudinal (en l'état des connaissances ; Goutas, 2004, 2009 ; Klaric *et al.*, sous presse) tandis qu'ils peuvent aussi provenir d'autres schémas au Rayssien, comme le débitage par tronçonnage/fendage (au Flageolet et dans les grottes du Renne et du Trilobite à Arcy-sur-Cure) ou par tronçonnage/rainurage/fendage (à la grotte du Renne ; *ibid.* ; Goutas, 2013b). Ainsi, si le Rayssien est marqué par une diversification des procédés d'extraction de supports baguettaires, la persistance de l'emploi du double rainurage longitudinal marque une continuité avec le Noaillien (Klaric *et al.*, sous presse). À ces données technologiques s'ajoutent la possibilité de la persistance de certains types d'outils en matières dure animale (*ibid.*), comme les « pièces à aménagement de type Isturitz » (Goutas, 2004, 2008) ou les « côtes utilisées » (San Juan-Foucher, 2006, 2011 ; Goutas, 2013b).

D'autre part, l'examen des niches éco-culturelles du Noaillien (dans sa globalité) et du Rayssien en tant qu'entités archéologiques distinctes montre que la variabilité environnementale du Rayssien est systématiquement contenue dans celle du Noaillien. En d'autres termes, le Rayssien est caractérisé par une spécialisation environnementale par rapport au Noaillien, mais reste contenu dans la variabilité de ce dernier. Le recouvrement (*i.e.*, similarité) des niches est assez faible si l'on prend en compte les environnements accessibles aux deux unités archéologiques ( $J = 0.267$  pour les modèles issus des simulations climatiques à l'équilibre, et  $J = 0.379$  pour ceux issus des simulations climatiques transitoires). La signification de cette valeur au regard d'une distribution nulle varie en fonction des simulations climatiques utilisées et ne constitue donc pas un point d'interprétation possible. Enfin, le pivot environnemental observé pour les niches du Noaillien pyrénéo-cantabrique et du Gravettien moyen septentrional s'observe également dans la comparaison du Noaillien et du Rayssien. Si cette donnée ne va pas dans le sens d'une continuité de niches entre Noaillien et Rayssien, elle ne permet pas de rejeter l'hypothèse d'une émergence du Rayssien au sein du Noaillien. En effet, la similarité des résultats obtenus dans le cadre des deux scénarios chronoculturels examinés indique probablement le rôle majeur des différences environnementales entre l'aire pyrénéo-cantabrique et le nord de la Garonne. En revanche, il est possible de trouver plus de similarités entre la niche occupée par les sites noailliens au nord de la Garonne et les sites rayssiens, comme le suggère la similarité des niches du Gravettien moyen septentrional et Rayssien. Elle nécessiterait cependant d'être vérifiée par des analyses de niche complémentaires. En l'état, il nous semble donc que la véritable rupture typo-technologique – doublée d'un changement de niche éco-culturelle et de stratégies de subsistances – se cristallise entre les sites gravettiens de l'aire pyrénéo-cantabrique et ceux du nord de la Garonne plutôt qu'entre le Noaillien dans son ensemble et le Rayssien (*cf.* §1.2.1).

Dans l'objectif de rechercher les facteurs à l'origine de l'apparition de la méthode du Raysse, il nous semble que le possible lien entre la technique de modification tertiaire du biseau (Movius et David, 1970) et le « facettage latéralisé oblique » (Klaric *et al.*, 2002, Klaric, 2017) est une avenue de recherche intéressante. D'un côté, la modification tertiaire est mise en œuvre pour fabriquer les burins-pointe, dont la fonction est aujourd'hui inconnue. Ils sont retrouvés à la fois dans des contextes plutôt noailliens au nord de la Garonne (*e.g.*, Facteur ; Volume II, chapitre 1 ; Pataud couche 4-*lower* ; Movius et David, 1970) et rayssiens (*e.g.*, Flageolet, les Jambes ; volume II chapitre 2 et 3 ; Pataud couche 4-

*upper* ; Movius et David, 1970 ; la Picardie ; Klaric *et al.*, 2018). D'un autre côté, le « facettage latéralisé oblique » est employé pour préparer le plan de frappe des burins-nucléus du Raysse et des nucléus laminaires dans des contextes à dominante rayssienne (*e.g.*, Les Jambes ; Volume II, chapitre 2 ; le Flageolet ; Gottardi, 2011 ; la Picardie, la Grotte du Renne ; Klaric, 2003, 2008). Si les premiers sont *a priori* présents dans des contextes plutôt noailliens, mais en très petite quantité (Facteur, Fourneau, Pataud), les seconds en semblent absents ou, tout du moins, leur emploi est très anecdotique au Facteur et au Fourneau du Diable tandis qu'il n'est pas documenté à Pataud (d'après Pottier, 2005). Précisons ici que ces constats se basent sur des données très parcellaires : la catégorie des burins à modification tertiaire – burins du Raysse mis à part – a en effet très peu été investie par la recherche (voir cependant Sarrazin, 2017). Il est donc difficile de dresser un inventaire de la présence de burins-pointes dans les différentes séries du Gravettien moyen à partir de la bibliographie. Ce constat se retrouve dans une moindre mesure pour le schéma de débitage laminaire mis en évidence à la Picardie, puis à la Grotte du Renne, à Solvieux (Klaric, 2003), au Flageolet (couche V ; Gottardi, 2011) et aux Jambes (Volume II, chapitre 2).

Mais si l'on admet que ces variations revêtent une acception chronologique, on pourrait imaginer que la technique de modification tertiaire du biseau ou du « facettage latéralisé oblique » ait pu constituer une sorte « d' **habitude technique** » employée par les tailleurs (voir Klaric *et al.*, sous presse) et se soit étendue à différentes sphères du système technique (étape de fabrication d'outils – burins-pointe – ou de supports – lamelles et lames). Cette « habitude » a pu constituer l'un des facteurs en jeu dans l'apparition de la méthode du Raysse au sein des débitages lamellaires sur tranche du Gravettien moyen. Cette hypothèse se base sur très peu de données et de sites, et nécessite donc de ce fait plus d'études typo-technologiques ainsi qu'un examen technologique minutieux des possibles liens entre la technique de modification tertiaire du biseau et la technique du « facettage latéralisé oblique ». Elle devra également s'appuyer sur un inventaire actualisé de la présence ou l'absence des burins-pointe au sein de séries du Gravettien moyen, alliant recensement bibliographique et retour ponctuel sur des collections (à l'instar des inventaires proposés par L. Klaric [2003] pour les burins-nucléus du Raysse, ou pour les pointes pédonculées du Maisiérien par O. Touzé [2019]).

Concernant les facteurs ayant conduit à l'emploi préférentiel de la méthode du Raysse par une partie des groupes du Gravettien moyen, il nous semble difficile aujourd'hui de

défendre un facteur relevant d'une part de déterminisme environnemental. En effet, la niche éco-culturelle du Rayssien présente certaines continuités avec la niche du Gravettien récent (voir § 2) et les groupes ont a priori accès aux mêmes gîtes de matières première (notamment dans les vallées de la Loire et du Cher, en Charente et dans le Périgord ; Delvigne, 2016 ; Delvigne *et al.*, 2020 ; Cormarèche, 2020). Le succès de cette méthode à un moment donné est probablement – au moins en partie – lié « à son « intérêt pratique » puisque ces débitages livrent des supports fortement prédéterminés et « quasi prêts à l'emploi » [...]. De plus, la rigidité du schéma opératoire est partiellement compensée par une certaine souplesse d'application puisque différents types de supports (fragmentés ou non) peuvent être utilisés » (Klaric, 2017, p. 26).

Le choix de favoriser ce schéma de production plutôt que celui des pointes à dos résulte donc probablement de facteurs sociaux liés aux biais de transmission de traits culturels (*e.g.*, Creanza *et al.*, 2017). Ceux-ci sont de quatre grands types : le biais de conformité consiste à sélectionner un trait culturel employé par la majorité de la population, tandis qu'à l'inverse, le biais de nouveauté conduit à choisir un trait culturel rare. Le biais de prestige indique la sélection de traits culturels employés par un individu de haut statut social. Enfin, le biais de succès prédit le choix d'un trait culturel employé par un individu « qui a réussi » (en anglais *successful*). Ces biais de transmission peuvent avoir un impact important sur les variations de traits culturels au sein d'une population (*e.g.*, Acerbi et Bentley, 2014 ; Creanza *et al.*, 2017). En contrepartie, ces processus se manifestent à une échelle temporelle fine, donc très difficilement détectables dans le registre archéologique. Toutefois, il semblerait que le biais de conformité est généralement prédominant lorsque l'environnement est relativement stable (*e.g.*, Henrich et Boyd, 1998 ; Kendal *et al.*, 2009). Ainsi, la généralisation de la méthode du Raysse pourrait être liée à la **prévalence d'un biais autre que le biais de conformité (de prestige, de nouveauté ou de succès)** dans un contexte d'instabilité, pouvant être liée au HE3, ou encore à l'exploration de territoires dans lesquels l'accès aux ressources est moins prédictible. Par exemple, les rennes étaient vraisemblablement plus mobiles dans le Bassin parisien par rapport au Nord de l'Aquitaine et nécessitaient donc une plus grande anticipation pour la chasse (Fontana et Chauvière, 2018 ; Fontana, sous presse). Une analyse plus intégrée des différents aspects de la culture matérielle associée au Rayssien – en particulier les objets de parure, qui sont souvent interprétés comme des objets de prestige – permettra probablement d'aller plus loin dans ces hypothèses (par ex. Klaric *et al.*, sous presse).

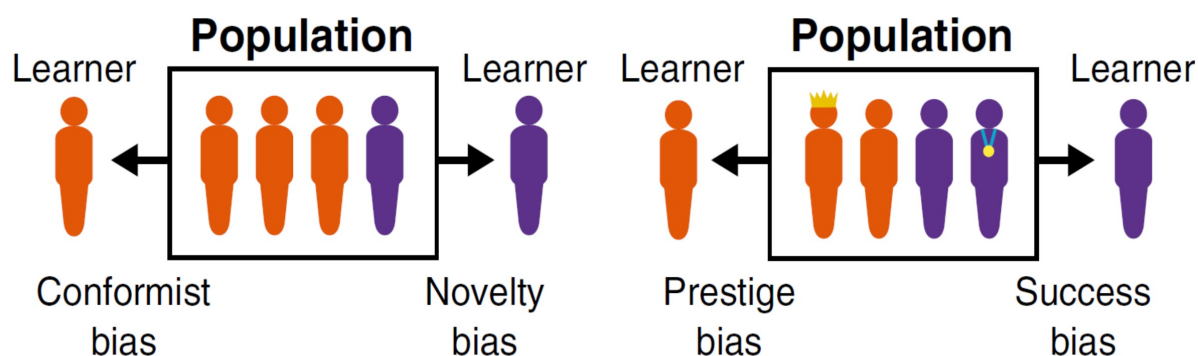


Figure III.3.2: Mécanismes de transmission culturelle biaisée, orange et violet représentent deux formes d'un trait culturel arbitraire. Le biais de conformité prédit que les apprenants vont copier le trait le plus commun, et le biais de nouveauté prédit qu'ils copieront le plus rare. Le biais de prestige prédit que les apprenants vont copier un individu de haut statut social (indiqué par une couronne) tandis que le biais de succès prédit qu'ils copieront un individu "qui a réussi" (successful ; indiqué par une médaille d'or). Figure et légende issues de Creanza et al., 2017, Fig. 3, traduction personnelle)

### 1.2.3. Diffusion du concept de « burin de Noailles » : quel lien avec l'environnement ?

Un dernier motif d'intérêt concernant l'analyse des niches du Gravettien moyen est la remarquable continuité de favorabilité observée entre l'ouest-nord de la France/l'aire pyrénéo-cantabrique, et l'arc liguro-provençal jusque dans le nord de l'Italie dans les modèles de niche Maxent du Noaillien. Une partie des occurrences (avérées et possibles) de burins de Noailles de l'arc liguro-provençal et de la péninsule italique que nous avons écarté de notre étude se retrouvent ainsi systématiquement prédits par les modèles (Figure III.3.3). Il s'agit des sites français du Tarn (Abri des Pêcheurs, Baou-de-la-Sello, Grottes du Marronnier, du Figuier, de la Bouverie), du Var (Stations des Gachettes et du Bouzil) et les sites toscans (Bilancino, Laterina, Felceti et Monte Longo). À l'inverse, les sites systématiquement situés dans des zones non favorables sont localisés dans l'arc liguro-provençal (Station de Gratadis et Maltemps, ainsi que la Grotte des Enfants et l'Abri Mochi) ainsi que dans la moitié sud de l'Italie (Grotta de Golino, della Calla, della Serratura, Castelmalnome et l'Abri Blanc). Néanmoins pour le modèle issu des simulations transitoires, si l'on prend en compte les possibilités d'extrapolation des modèles en dehors de l'aire de calibration, seuls les sites de l'arc liguro-provençal sont situés dans une zone de non-prédiction. Les sites de la moitié sud de l'Italie sont tous localisés dans une zone d'extrapolation du modèle. Le site de Massaciuccoli est situé ou non dans une zone de



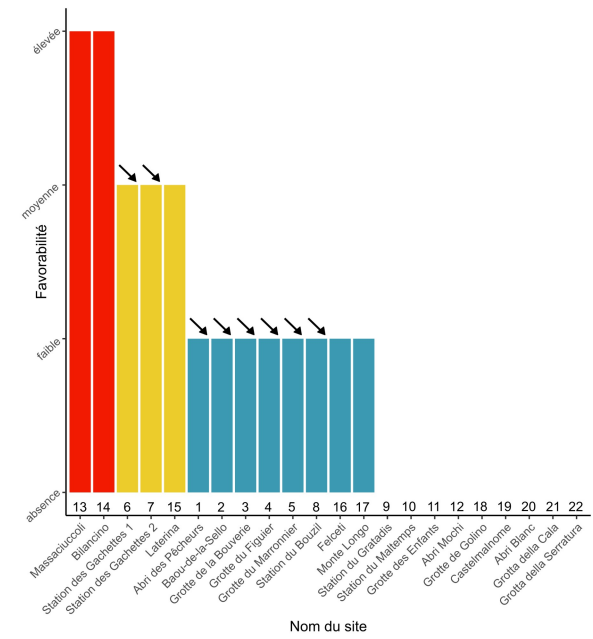
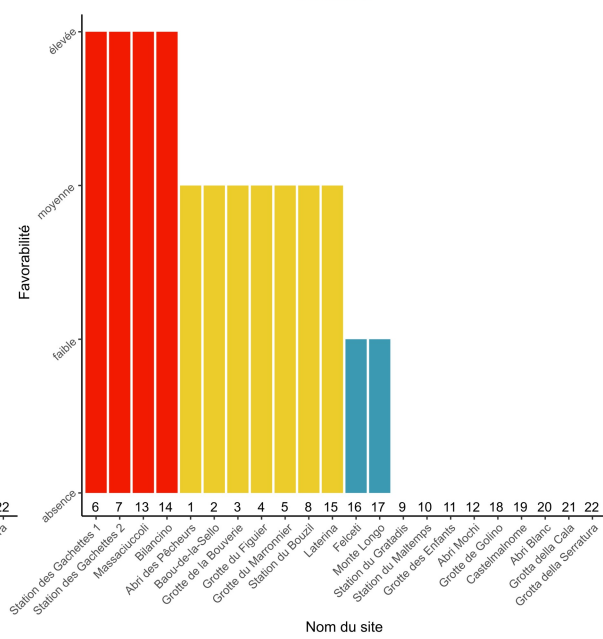
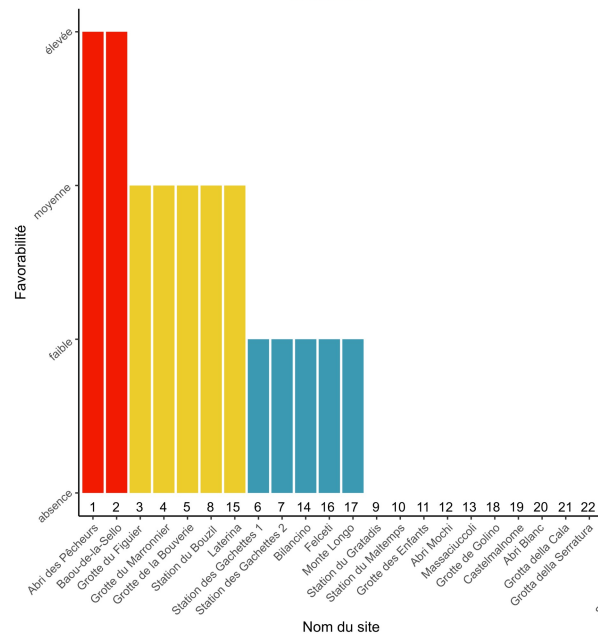
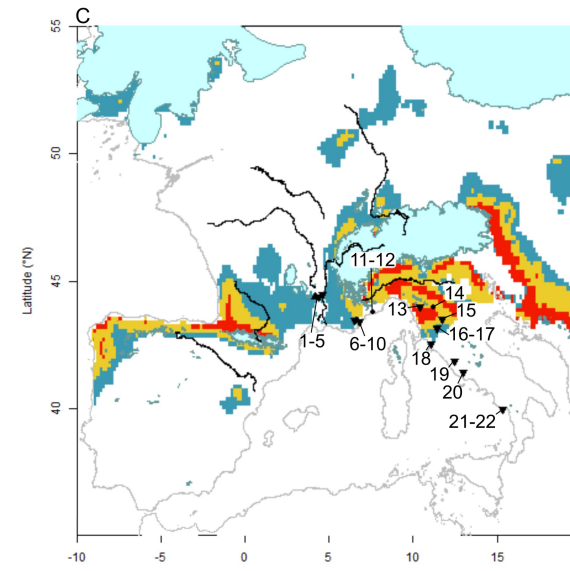
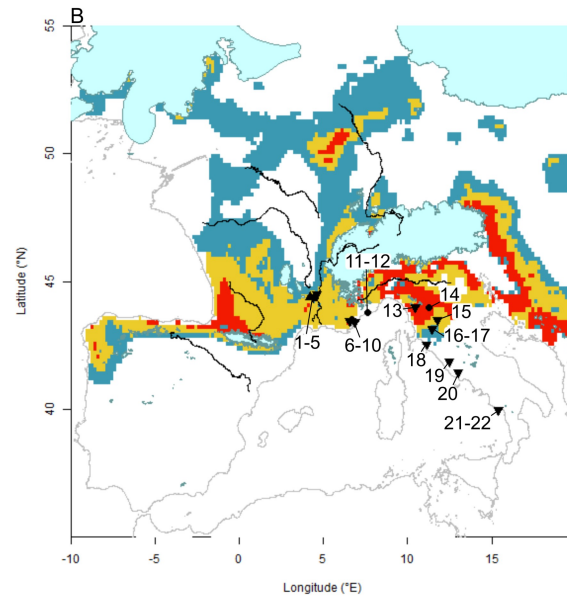
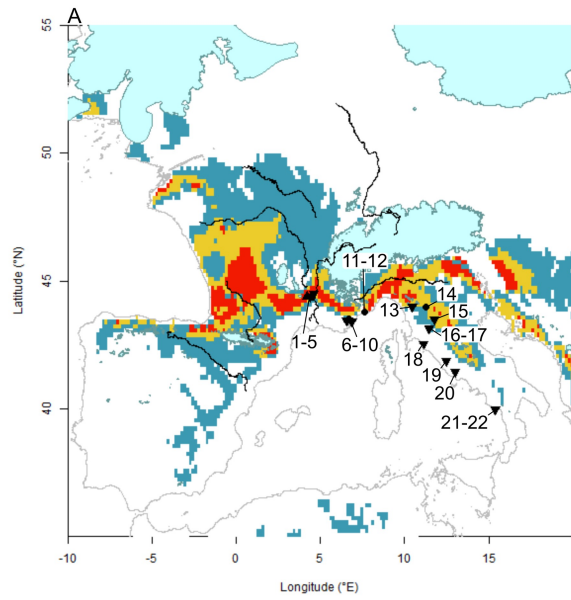
favorabilité en fonction des simulations climatiques employées pour calibrer le modèle. Ce motif se conserve si l'on projette la niche sur les conditions environnementales de 28.5 ka (Figure III.3.3, C.), bien que l'on observe une baisse générale de la favorabilité associée aux sites.

Ces observations semblent indiquer que le burin de Noailles, qui constitue le seul véritable point commun en l'état de connaissance entre ces sites et le jeu de données d'occurrences utilisé pour la calibration, est peut-être destiné à **l'exploitation de ressources inféodées à des conditions environnementales particulières** et identifiées par les modèles de niche Maxent. Cette hypothèse est également possible dans le cas où les sites italiens et du sud-est de la France soient en réalité plus récents que le reste de la répartition géographique, comme suggéré par les données chronologiques (Touzé, 2013).

Cette hypothèse est difficile à évaluer dans le registre archéologique à l'heure actuelle. Si les burins de Noailles présentent de fortes similarités typo-techniques sur l'ensemble de leur répartition géographique (Tixier, 1958 ; Pottier, 2005 ; Kildea *et al.*, 2005 ; Santaniello, 2016 ; Calvo *et al.*, 2019 ; Vignoles *et al.*, 2019 ; Santaniello et Grimaldi, 2020 ; Volume II, chapitre 1), leur interprétation fonctionnelle varie considérablement d'un site à l'autre (Calvo *et al.*, 2019 ; Santaniello et Grimaldi, 2020). Toutefois, les études les plus récentes suggèrent plutôt le travail de matériaux tendres, comme la peau (Croix de Bagneux ; Kildea *et al.*, 2005 ; Isturitz ; Calvo *et al.*, 2019 ; Riparo Mochi ; Santaniello et Grimaldi, 2020), la viande (Isturitz ; Calvo *et al.*, 2019 ; et peut être à la Croix de Bagneux ; Kildea *et al.*, 2005), des végétaux (Bilancino ; Aranguren et Revedin, 2001 ; Aranguren *et al.*, 2006 ; et peut-être Isturitz ; Calvo *et al.*, 2019) ou une matière peu résistante indéterminée (Hin de Diou ; Briand *et al.*, 2010). D'autres analyses – plus anciennes ou assez peu documentées dans les publications – indiquent une utilisation sur des matériaux plus résistants, comme le bois (Callan ; Morala, 2011) ou l'os/bois animal (le Flageolet I ; Kimball, 1989). Celle-ci est également mise en évidence à la Croix de Bagneux (Kildea *et al.*, 2005). Ces données disparates peuvent difficilement faire l'objet d'une comparaison terme à terme pour l'instant (Santaniello et Grimaldi, 2020). Les études comportent en effet des différences dans « *i) la documentation des traces d'utilisation, ii) les stratégies échantillonnage, iii) le nombre de spécimen analysés, iv) la contextualisation des résultats fonctionnels (e.g., Comparaisons ethnographiques vs. expérimentales).* » (*ibid.*, p. 8).

À l'avenir, il sera donc important de réaliser une étude globale de la fonction des burins de Noailles à l'échelle de sa répartition géographique, en s'assurant de la comparabilité des études d'un site à l'autre, et d'une région à l'autre. D'autre part, l'étude typo-technologique d'un plus grand nombre de séries italiennes et du sud-est de la France pourra permettre de mieux évaluer leurs similarités et différences avec le reste de la répartition géographique du Noaillien. Associé à la datation de contextes ainsi révisés, la connaissance de ces occurrences permettra d'aller plus loin dans les analyses de niches du Noaillien et de potentiels phénomènes de régionalisation à l'intérieur de cette unité archéologique, tel que celui pressenti entre l'aire pyrénéo-cantabrique et le nord de la Garonne.

*Figure III.3.3: Répartition géographique des sites de l'arc liguro-provençal et de la péninsule italique écartés de la calibration des modèles Maxent ; modèles de niche du Noaillien à 30 ka. A. Modèles à 30 ka issus des simulations à l'équilibre. B. Modèles à 30 ka issus des simulations transitoires moyennées sur 30 ans. C. Modèles à 28.5 ka issus des simulations transitoires moyennées sur 30 ans. N.B : les occurrences rondes correspondent aux sites avec présence fiable de burins de Noailles ; les sites triangulaires correspondent à une présence possible d'après notre recensement (Volume I, partie 2, chapitre 2).*



## **2. Du Gravettien moyen au Gravettien récent à l'aune d'une amélioration des conditions climatiques : quels mécanismes à l'origine de mutations du système technique lithique ?**

### **2.1. Synthèse**

La seconde partie de notre problématique consistait à examiner si le passage du Gravettien moyen au Gravettien récent – soit le retour à des modalités de débitage plus souples et diversifiées, et orientées vers la production de pointes à dos et d'éléments à dos tranchants en position latérale – s'accompagnait ou non d'un changement de niche éco-culturelle, dans un contexte d'amélioration climatique du GI 4. Nous avons donc comparé la niche éco-culturelle du Gravettien récent dans son ensemble au sein des deux scénarios chronoculturels proposés pour le Gravettien moyen. Dans le scénario 1, la succession Gravettien moyen-récent est examinée d'un point de vue des trajectoires régionales, en comparant le Gravettien récent avec d'une part le Noaillien pyrénéo-cantabrique et d'autre part le Gravettien moyen septentrional. Dans le scénario 2, la succession est considérée d'un point de vue des systèmes techniques de façon plus globale : on comparera donc le Gravettien récent avec le Noaillien *stricto sensu* – pour lequel une certaine homogénéité technique lithique est postulée à l'échelle de son extension géographique occidentale – et avec le Rayssien en tant que tradition technique lithique homogène sur l'ensemble de son territoire d'expression.

Quel que soit le scénario chronoculturel envisagé, la niche associée au Gravettien récent *sensu lato* opère à la fois une contraction par rapport à celle des unités archéologiques purement « noailliennes », tandis qu'elle subit une légère expansion par rapport à celle des unités archéologiques porteuses (en partie ou en totalité) de la tradition lithique rayssienne. En outre, l'axe de plus long allongement de la niche du Gravettien récent est parallèle à celui des niches associées aux unités archéologiques porteuses (en partie ou en totalité) de la tradition lithique rayssienne ; ce motif est plus clair dans le cas des comparaisons avec le Noaillien et le Rayssien. Les ellipsoïdes des unités archéologiques porteuses (en partie ou en totalité) de la tradition lithique rayssienne sont donc plus proches de celui du Gravettien récent *sensu lato*, tandis que les ellipsoïdes des unités archéologiques purement « noailliennes » s'en écartent plus franchement, en particulier

dans l'un des axes de l'ACP. En contraste à cette observation, le recouvrement des niches traduit une différence significative dans le scénario 2, et ce malgré un recouvrement assez important dans le cas du Noaillien ( $J = 0.40$ ). Ce résultat n'est pas confirmé dans le scénario 1 : la comparaison de la valeur empirique avec une distribution aléatoire ne permet de rejeter l'hypothèse d'une similarité des niches, et ce malgré un recouvrement proche de 0 pour le Noaillien pyrénéo-cantabrique.

Concernant l'interprétation de la répartition géographique, il est possible de dégager des tendances similaires entre les différentes comparaisons effectuées. Tout d'abord, l'expression géographique de la niche du Gravettien récent est marquée par une expansion géographique conséquente quelle que soit la comparaison envisagée. Cette expansion se fait principalement vers des territoires plus septentrionaux. L'aire de coïncidence de favorabilité est généralement réduite, voire nulle (pour le Noaillien pyrénéo-cantabrique) ; elle est toujours présente dans le nord de l'Aquitaine. La comparaison de la niche du Gravettien récent avec celle du Rayssien identifie une plus grande surface de coïncidence dans le nord de la zone d'étude, mais celles-ci ne concernent jamais la localisation des sites du Gravettien récent. Dans les régions autres que le nord de l'Aquitaine, ceux-ci sont forcément associés à un gain de favorabilité dans des environnements absents de l'aire de calibration des unités archéologiques du Gravettien moyen, et ce quelle que soit la comparaison envisagée. Les localités occupées par les sites du Gravettien récent dans le nord de sa répartition géographique et dans le Massif Central sont donc caractérisées par des conditions environnementales fondamentalement différentes de celles occupées par les sites du Gravettien moyen.

### **2.2. Propositions d'interprétation**

Dans l'ensemble, les reconstitutions de niches proposées mettent en évidence un changement majeur de niche éco-culturelle entre le Gravettien moyen et le Gravettien récent. Cette donnée apporte de nouveaux éléments pour discuter de l'adaptation des populations de chasseurs-cueilleurs à la variabilité climatique millénaire. Nous discuterons tout d'abord de l'impact de ce changement climatique sur la distribution des ressources dans le paysage, qui aura certainement agit comme un forçage à la réorganisation des groupes humains et de leurs systèmes techniques. Nous verrons ensuite comment expliquer

l'abandon de la méthode du Raysse et le retour aux débitages moins contraignants du Gravettien récent dans ce contexte.

### **2.2.1. Une réorganisation territoriale et culturelle influencée par l'adoucissement climatique au GI 4**

L'analyse des niches éco-culturelles dans l'espace environnemental et géographique met en évidence des différences majeures entre les unités archéologiques du Gravettien moyen et le Gravettien récent *sensu lato*. Dans l'espace environnemental, les niches sont significativement différentes si l'on compare le Noaillien et le Rayssien avec le Gravettien récent. Si cette donnée est cohérente avec les données typo-technologiques pour le Rayssien, elle l'est beaucoup moins dans le cas de la comparaison du Gravettien récent avec le Noaillien. Ces deux derniers présentent en effet de nombreuses similitudes d'un point de vue de la production d'armatures, et en particulier des débitages laminaires (Klaric, 2003, 2008), mais des différences importantes en termes de niches éco-culturelles. Dans l'espace géographique, la niche éco-culturelle du Gravettien récent est caractérisée par une expansion géographique vers les plus hautes latitudes. Ces régions, en particulier dans le nord de la France, présentent des conditions environnementales non analogues aux conditions accessibles aux unités archéologiques du Gravettien moyen à 30 ka. Le GI 4 est donc caractérisé par **l'apparition de nouvelles conditions environnementales dans le nord de la France et de l'Europe**, inédites par rapport au cadre environnemental des chasseurs-cueilleurs du Gravettien moyen, et qui ont été occupées par les groupes associés au Gravettien récent. De tels changements ont probablement fortement impacté la distribution des ressources animales et végétales sur le territoire, et en conséquence, les modalités d'occupation du territoire des chasseurs-cueilleurs.

Cette hypothèse est confirmée dans le nord de la France par de nombreuses données paléoenvironnementales et archéostratigraphiques (*e.g.*, Antoine *et al.*, 2016 ; Moine *et al.*, 2017 ; Paris, 2020). Le cadre stratigraphique de la région au Paléolithique supérieur est marqué par de rapides accumulations de loess (Antoine *et al.*, 2009, 2016 ; Moine *et al.*, 2008, 2017), probablement en lien avec les dynamiques éoliennes de l'Atlantique Nord lors de périodes froides et sèches (Rousseau *et al.*, 2007 ; Sima *et al.*, 2009 ; Antoine *et al.*, 2009). Ces séquences loessiques sont entrecoupées de niveaux de paléosols ou gleys de toundra, qui signent une amélioration des conditions climatiques systématiquement corrélée avec les

interstadias du Groenland (Moine *et al.*, 2017). Les occupations du Paléolithique supérieur sont systématiquement situées au sein de ces horizons pédologiques (Antoine *et al.*, 2016 ; Paris, 2020). Cette discontinuité du peuplement est interprétée comme la conséquence directe de ces variations rapides des conditions climatiques (*ibid.*). En effet, la végétation reconstituée à partir des caractéristiques sédimentaires et biologiques (*e.g.*, malacofaunes) des horizons pédologiques (*e.g.*, Moine, 2014 ; Antoine *et al.*, 2016) indiquent un couvert végétal de type steppique alimenté par la fonte de la couche active du pergélisol lors de périodes d'amélioration climatique. Dans les phases de péjoration climatique à l'inverse, ces indicateurs pointent plutôt vers la présence d'un désert polaire. En réponse à ces observations, les restes de grande faune (ongulés) sont plus fréquents dans les dépôts de type paléosol que dans les loess, desquels ils sont d'ailleurs totalement absents (Paris, 2020). Cela indiquerait que les conditions environnementales étaient peu propices à l'implantation de populations animales lors des stadias, et en retour des populations humaines qui en dépendaient pour leur subsistance. L'amélioration climatique du GI-4 est donc marquée par **l'apparition de conditions favorables à l'implantation d'une biomasse importante dans le nord de la France**, en lien avec le développement de la steppe, et donc de nouveaux territoires propices aux implantations humaines (Paris, 2020).

Dans l'espace environnemental, le déplacement systématique de la niche du Gravettien récent sur l'axe CP1 par rapport aux niches du Gravettien moyen indique une plus grande importance de la température du mois le plus chaud dans la définition de la niche. Cette variable est donc clé pour expliquer la répartition géographique des points d'occurrence du Gravettien récent *sensu lato*. Or, c'est une variable pouvant avoir un certain impact sur le comportement du pergélisol, en particulier sur la profondeur de la couche active (*i.e.*, épaisseur de sol superficielle qui fond l'été et gèle l'hiver) d'un pergélisol continu ou discontinu. La fonte de la couche active permet en retour d'alimenter le développement d'une végétation steppique (*e.g.*, Moine, 2014). Ainsi, **les dynamiques du pergélisol sont probablement un facteur important dans la définition de la niche éco-culturelle** de ces populations à cette époque et dans cette région. Cette hypothèse est par ailleurs suggérée par l'absence quasi totale<sup>1</sup> de sites au Gravettien moyen dans une zone caractérisée par un

---

1 À l'exception de Plasenn al Lomm et de Hautmougey. Toutefois, la possibilité que le site de Plasenn al Lomm puisse correspondre à une occupation tardive du Rayssien a déjà été soulevé notamment par Klaric *et al.* (sous presse), en raison de l'atypicité d'une partie des burins-nucléus du Raysse, qui ne présentent pas systématiquement de facettage latéralisé oblique. En outre, une étude sédimentologique a montré que le niveau d'occupation était situé dans un membre supérieur d'un complexe de loess (Formation des Sables-d'Or-les-Pins) daté par OSL de la fin du Gravettien (Monnier *et al.*, 2011).

pergélisol discontinu durant le « Dernier Maximum de Pergélisol » (abrév. LPM, daté entre 30 et 24 ka ; Vandenberghe *et al.*, 2014 ; Andrieux *et al.*, 2018 ; Figure III.3.4). Cette hypothèse expliquerait également la possibilité d'une colonisation du Massif central au Gravettien récent avec le site du Blot, également situé sur un pergélisol discontinu à cette époque. Toutes ces propositions restent bien évidemment à confirmer, par exemple en intégrant la présence de pergélisol comme variable environnementale dans les reconstitutions de niche. Cette idée nécessitera d'employer des algorithmes différents de ceux utilisés dans cette étude, qui permettent de prendre en compte des données catégorielles. Il sera également important de continuer à améliorer la modélisation des différents domaines de pergélisol (*e.g.*, Albers *et al.*, 2021), afin d'en avoir une estimation la plus proche possible des données de terrain.

Les résultats des analyses de niches exposés dans cette thèse s'intègrent donc parfaitement au cadre interprétatif actuel du changement de dynamiques de peuplement dans la moitié nord de la France au Gravettien moyen et récent (Paris, 2020). Il serait donc principalement lié à des changements environnementaux favorisant le développement d'une steppe à ongulés dans le nord de la France. Cette **réorganisation territoriale des ressources** a certainement eu un impact important sur l'organisation spatiale et temporelle des groupes de chasseurs-cueilleurs, notamment avec la nécessité de s'adapter aux forts contrastes saisonniers liés au gel-dégel de la couche active du pergélisol (*ibid.*, p. 349). Cette réorganisation, de fil en aiguille, constitue probablement l'un des facteurs déterminants dans les changements d'une partie de leur système technique (lithique). Afin de mieux comprendre l'articulation entre changement technique et cette réorganisation territoriale des ressources, il nous semble important d'approfondir la connaissance de l'éthologie des proies, qui a pu se modifier au moment de changements climatiques. Si de telles modifications étaient mises en évidence, il serait alors possible d'analyser leurs implications en termes de changements stratégiques nécessaire de la part des populations afin de continuer à les chasser efficacement.

---

D'autre part, le site de Hautmougey n'est rattaché au Noaillien que par la présence de 6 burins de Noailles (Hans, 1997) ; il serait intéressant de mieux caractériser cette occupation afin de comprendre sa localisation atypique vis-à-vis de la répartition géographique globale du Noaillien.



### **2.2.2. Mécanismes de disparition de la méthode du Raysse**

Le remplacement du Rayssien par le Gravettien récent au nord de la Garonne constitue un changement typo-technologique majeur, avec la disparition de la méthode du Raysse et le retour à des débitages plus souples orientés vers la production de pointes à dos, micropointes et lamelles à dos (Klaric, 2003, 2008). Si ce schéma de rupture est attesté dans les dynamiques de niches, il ne se reproduit pas pour d'autres aspects de la vie et de la culture matérielle de ces groupes de chasseurs-cueilleurs.

Tout d'abord, les spectres fauniques indiquent qu'au Gravettien récent, le renne était la proie principale dans la majorité des cas (Lacarrière, 2015 ; Cormarèche, 2020 ; à l'exception de Renancourt 1, où c'est le cheval qui domine le spectre faunique ; Paris *et al.*, 2017). Cet aspect constitue une première continuité entre le Rayssien et le Gravettien récent. Les modalités techniques liées au travail de la matière dure animale présentent également des similitudes entre des contextes rayssiens (la Grotte du Renne et du Trilobite, le Flageolet I ; Goutas, 2004, 2008, 2013b ; voir § 1) et gravettiens récent (Laugerie-Haute, abri Pataud ; Goutas, 2004 ; Goutas *et al.*, 2018 ; Klaric *et al.*, sous presse) Dans ces sites, le double rainurage côtoie le tronçonnage-fendage et le tronçonnage-rainurage-fendage pour la production de supports baguettaires. Enfin, le changement de niche éco-culturelle entre Rayssien et Gravettien récent est en partie nuancé par la géométrie des ellipsoïdes. Ceux-ci présentent un volume proche et sont focalisés sur les mêmes axes de variabilité environnementales (CP). Ce motif pourrait impliquer un changement moins radical qu'entre les unités archéologiques du Gravettien moyen.

Cette plus grande « latence » des comportements techniques concernant le travail des matières dures animales, ainsi que la persistance du renne dans les spectres de chasse est en net contraste avec la rupture observée dans le registre lithique. Ces arythmies sont en réalité fréquemment observées dans le registre archéologique (*e.g.*, Guilaine, 2011 ; Perlès, 2013 ; Michel, 2010 ; Doyon, 2020). Ces cas de figure peuvent d'ailleurs s'observer dans des contextes historiques plus récents, au sein desquels des changements majeurs dans les adaptations techniques sont à l'origine de réorganisations radicales des modes de vies, mais où certains aspects demeurent intacts. C'est par exemple le cas de la « révolution industrielle<sup>2</sup> » : si l'industrialisation progressive a provoqué des mutations importantes dans

---

2 Bien que ce terme soit contesté par les historiens car considéré comme trop simpliste (*e.g.*, Jarrige, 2015), il renvoie dans notre esprit à une époque de changements techniques et technologiques rapides à l'échelle de l'histoire de l'humanité.

la société, elle n'a pas nécessairement provoqué des ruptures linguistiques ou religieuses majeures. Sans aller jusqu'à proposer une interprétation sur la place du renne dans la cosmogonie des populations de chasseurs-cueilleurs du Gravettien moyen et récent, il nous semble que ces phénomènes d'arythmie peuvent nous aider à identifier des aspects plus essentiels dans la vie des individus et présentant donc une plus grande inertie/résistance au changement que d'autres. Ainsi, la possible réorganisation des ressources dans le territoire de ces populations en lien avec l'adoucissement du climat, associée à **l'importance accordée au renne** dans les stratégies de subsistance, ont pu constituer des facteurs indirects à la réorganisation des systèmes techniques lithiques.

L'abandon de la méthode du Raysse est aussi peut-être à mettre en relation avec son « **hypertélie** » (Klaric, 2021), c'est-à-dire la « *spécialisation exagérée d'un objet technique qui se retrouve désadapté par rapport à un changement même léger survenant dans ses conditions d'utilisation ou de fabrication* » (Simondon, 1989, p. 51). La lamelle de la Picardie, principal objectif de production de la méthode du Raysse, répond plutôt bien à la définition d'une hypertélie (Klaric, 2021), en raison de sa forte prédétermination et du caractère contraignant de sa méthode de production (Klaric, 2017). En effet, la production de cet élément d'armature fait appel à une modalité de débitage particulièrement contraignante d'un point de vue technique et de son apprentissage, impliquant une « *haute fidélité dans la transmission et une pratique assidue pour atteindre un certaine efficacité en terme de productivité* » (Klaric, 2021 p. xx ; Klaric, 2017 ; Klaric, 2018). Ces caractéristiques en font une adaptation technique particulièrement fragile au regard du bouleversement climatique ayant pu intervenir au GI 4, dont le maintien au sein de la population devenait trop contraignant par rapport aux bénéfices qu'il comportait. Cet abandon est peut-être également lié à un **relâchement du biais de conformité**. Cette hypothèse expliquerait notamment la présence de débitages lamellaires sur tranche présentant un certain nombre de parentés avec la méthode du Raysse, mais s'en éloignant notamment par un facetage latéralisé oblique absent ou non systématique (*e.g.*, Plasenn al Lomm ; Le Mignot, 2000 ; Chamvres ; Touzé, 2019, p. 501), ou encore des objectifs de production tournés vers les lamelles à dos (à Chamvres ; Touzé, 2019, p. 501). Les différences entre ces débitages pourraient donc témoigner d'un certain « relâchement » des normes techniques (Klaric *et al.*, sous presse) entraînant petit à petit une disparition de cette tradition technique au profit des débitages lamellaires sur tranche (souvent polyédriques) du Gravettien récent.

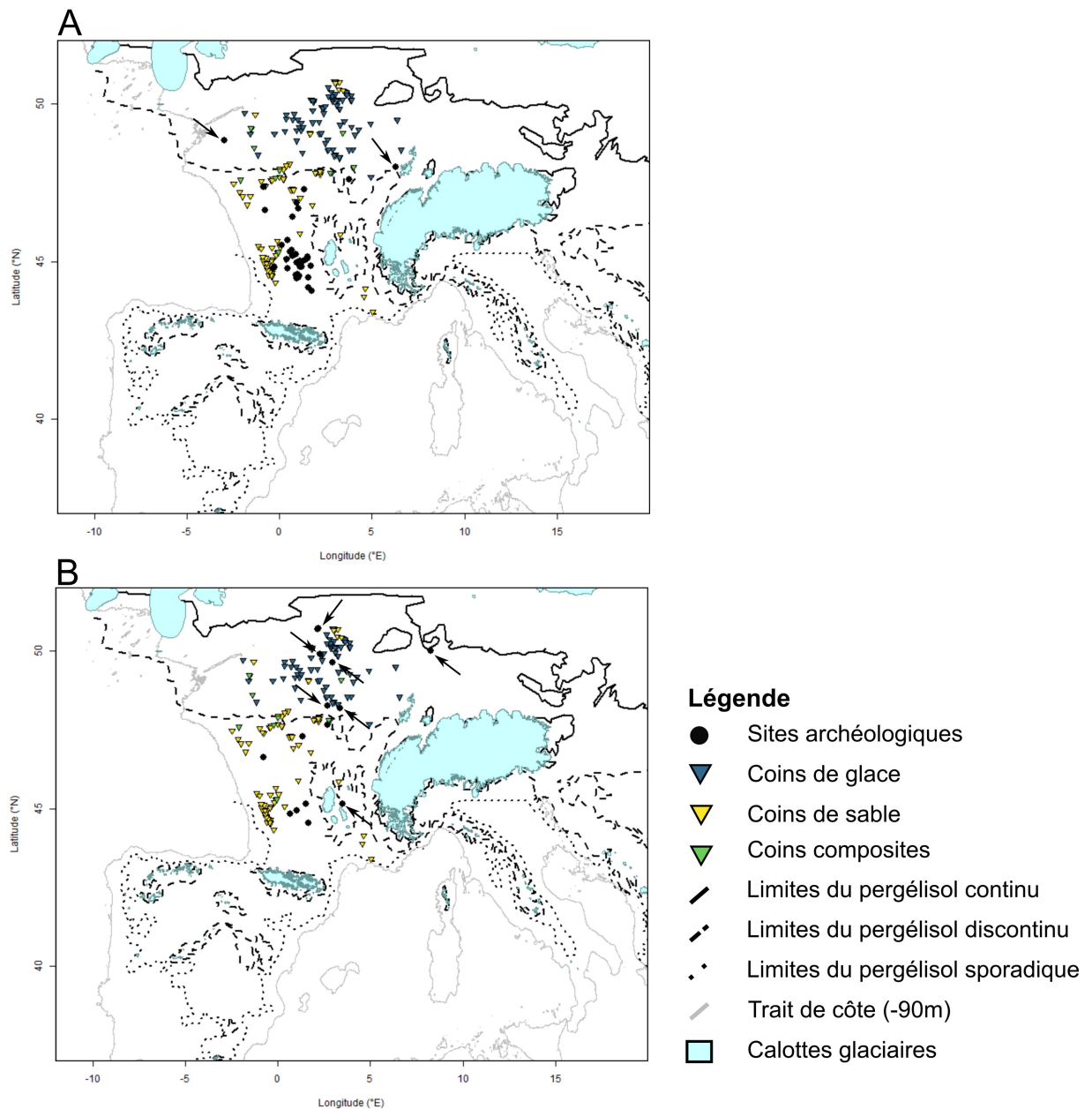


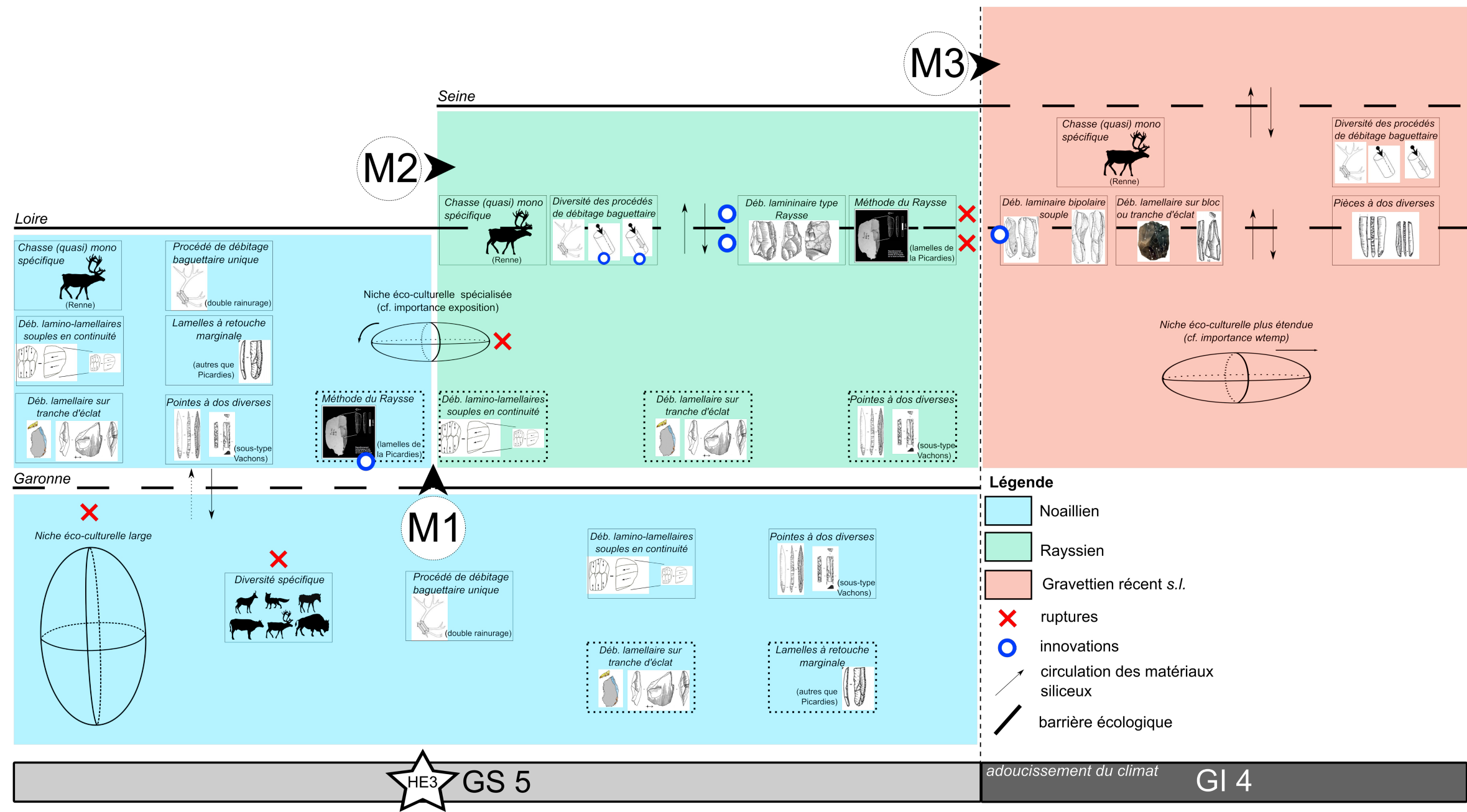
Figure III.3.4: Comparaison de la distribution géographique des sites attribuées au Gravettien moyen septentrional (A) et du Gravettien récent (B) avec l'extension maximale du pergélisol entre 30 et 24 ka. Les flèches indiquent les sites situés dans des régions marquées par le pergélisol discontinu. La répartition des structures de coins sédimentaires liés à la contraction thermique du sol proviennent de la "base de données française de structures périglaciaires du Pléistocène" (Bertran et al., 2014 ; Andrieux et al., 2016a, b). Les limites de pergélisol continu, discontinu et sporadique correspondent aux isothermes modélisées au LGM par Saito et al., 2013 et correspondant le mieux aux données de terrain (d'après Andrieux et al., 2018).

### **3. Synthèse des mécanismes moteurs de trajectoires culturelles du Gravettien moyen au Gravettien récent en France**

Notre étude, confrontée aux données existantes sur les industries lithiques, osseuses et de subsistance, permet de proposer des mécanismes moteurs dans les trajectoires culturelles observées au Gravettien moyen et récent en France. Bien que la synthèse des données discutée ici soit encore un état de la recherche assez précoce concernant l'ECNM, les différents éléments s'intègrent assez bien dans un scénario hypothétique d'explication (Figure III.3.5). Ainsi, trois motifs de rupture peuvent être expliqués par des mécanismes complexes, faisant probablement interagir de nombreux facteurs.

- **La bifurcation chronoculturelle entre l'aire pyrénéo-cantabrique et le nord de l'Aquitaine/sud du Bassin parisien (Figure III.3.5, M1):**

Le grand nombre de similarités typo-technologiques (à la fois lithiques et osseuses) entre le Noaillien pyrénéo-cantabrique et le Noaillien du nord de l'Aquitaine indique vraisemblablement des relations suffisamment fortes d'un point de vue culturel pour que l'on y observe une telle homogénéité de la culture matérielle. Ces relations sont également appuyées par la circulation des matériaux siliceux qui, s'ils ne sont pas (encore ?) attestés entre les gîtes pyrénéens et les sites aquitains, le sont entre les sites pyrénéens et les gîtes aquitains. Toutefois, de réelles différences existent entre ces deux groupes de sites : les stratégies de subsistance sont en effet spécialisées sur le renne au nord de la Garonne, tandis qu'elles incluent un plus grand nombre d'espèces dans l'aire pyrénéo-cantabrique. En outre, les niches éco-culturelles associées à ces deux ensembles de sites présentent des motifs différents dans l'espace environnemental. Tandis que la niche du Noaillien pyrénéo-cantabrique comprend une grande variabilité environnementale, celle du Gravettien moyen septentrional est plus spécialisée ; en particulier, l'exposition joue un rôle majeur dans sa variabilité tandis qu'elle est moins importante pour la niche du Noaillien pyrénéo-cantabrique. Ces différences de niches sont probablement le reflet des spécificités environnementales de chaque territoire. Ici, le rôle du territoire et de ses caractéristiques environnementales mis en évidence par les dynamiques de niches est un facteur-clé dans la distinction archéologique de ces deux régions ; la spécialisation de la chasse sur le renne, si elle est bien confirmée, constituerait un second facteur ayant amené les populations à modifier leurs systèmes techniques lithiques.



- M1** spécificités environnementales des territoires  
Pivot de la niche éco-culturelle  
Probable spécialisation de la chasse
- M2** barrière écologique démographie faiblissante  
Isolement démographique  
Généralisation d'une habitude technique  
Biais de transmission (diminution du biais de conformité)
- M3** adoucissement du climat dynamique du pergélisol  
Apparition de nouveaux territoires  
Réorganisation de la distribution des ressources  
Importance accordée au renne dans la subsistance  
Hypertélie de la méthode du Raysse (relâchement du biais de conformité)

Figure III.3.5 : Schéma de synthèse récapitulant les dynamiques de niches ainsi que les principales ruptures et continuités dans les systèmes techniques lithique et osseux et dans les stratégies de subsistance. Proposition de trois mécanismes expliquant (M1) la différenciation archéologique de l'aire pyrénéo-cantabrique et du nord de la Garonne ; (M2) l'apparition de la méthode du Raysse au nord de la Garonne ; (M3) la disparition de la méthode du Raysse et le retour à des débitages plus souples centrés sur la production de pièces à dos.

- **L'apparition de la méthode du Raysse et sa généralisation au nord de la Garonne (Figure III.3.5, M2) :**

Dans ce contexte, l'apparition de la méthode du Raysse semble plutôt liée à un foisonnement de modalités opératoires pour la production de pièces à dos et lamelles à retouche marginale, puis à sa généralisation dans un second temps. Le procédé du facettagé latéralisé oblique, qui constitue l'un des principaux points techniques de la méthode du Raysse, constitue sans doute une sorte d'« habitude technique » utilisée pour la confection d'outils (*e.g.*, burins pointe), puis pour la préparation du plan de frappe de nucléus-burins (méthode du Raysse), qui s'est ensuite transmis aux débitages laminaires. Cette généralisation est probablement le fait d'un biais de transmission (de prestige ? de nouveauté ? de succès ?), qui aura petit à petit sélectionné cette façon de faire au fil des générations. Des recherches restent à mener pour identifier le type de biais potentiellement impliqué dans ce motif. Ce biais de transmission a pu être accentué par un isolement démographique vis-à-vis des Pyrénées, par le biais d'une possible barrière écologique (couloir de la Garonne et désert périglaciaire) et d'une faible démographie. D'autre part, l'apparition et généralisation d'une méthode de production d'armatures particulièrement rigide conceptuellement est concomitante d'une diversification des procédés de débitage baguettaires (matières dures animales, abrégé. MDA). Toutefois, dans le nord de l'Aquitaine, des caractéristiques du Noaillien semblent perdurer, à travers la présence de pièces à dos, des modalités de débitages plus souples que celles caractérisant le Rayssien (*e.g.*, aux Jambes) ou la modalité du double rainurage longitudinal pour la production de baguettes en MDA. Cependant, les problèmes liés aux facteurs taphonomiques dans ces séries ne permettent pas d'interpréter ces associations : véritable co-existence ? Résultat d'une trop faible granularité temporelle des ensembles examinés (palimpsestes ou méthodes de fouille trop imprécises) ? La question reste ouverte.

- **La disparition du Rayssien et le développement du Gravettien récent *sensu lato* (Figure III.3.5 M3):**

Le retour à des débitages lamino-lamellaires plus souples au Gravettien récent est concomitant d'un adoucissement du climat (GI 4). Celui-ci implique l'apparition de nouvelles conditions environnementales dans le nord de la France et de l'Europe, inédites au Gravettien moyen. Dans ce cadre, la niche éco-culturelle du Gravettien récent subit une expansion géographique, mais également environnementale, en lien avec l'importance de la

température du mois le plus chaud dans la définition de la niche. Ces nouvelles conditions sont sûrement à l'origine du développement de la steppe en lien avec les dynamiques de gel-dégel de la couche active du pergélisol, et de fait, de l'augmentation de la biomasse dans la région. Cette réorganisation territoriale des ressources carnées (*i.e.*, proies) agit très probablement comme un facteur déstabilisant l'organisation technologique des populations du nord de la Garonne ; ceux-ci ont probablement dû se réorganiser, voire de développer de nouvelles stratégies/tactiques de chasse afin d'exploiter ces nouveaux territoires. Dans ce contexte de changement, la méthode du Raysse était sans doute trop rigide (hypertélie) pour assurer sa pérennité. De plus, cette déstabilisation environnementale a pu conduire à un relâchement du biais de conformité dans la transmission de la méthode du Raysse, entraînant petit à petit sa disparition. Enfin, les continuités observées entre Rayssien et Gravettien récent – notamment la chasse focalisée sur le renne et les modalités de débitage baguettaire en MDA – permettent de mettre en évidence un phénomène d'arythmie des changements culturels.

Ce modèle d'interprétation comporte l'avantage d'intégrer diverses données au sein d'un cadre environnemental et de les rendre cohérentes par le biais de la définition de mécanismes à l'origine de changements et continuités dans le registre archéologique entre différentes unités archéologiques définies principalement par leurs industries lithiques. Il comprend encore de nombreux points d'ombre et de perspectives à développer. La poursuite d'études du matériel et l'amélioration du cadre chronologique constituent des points de recherche à améliorer afin de confirmer ou d'infirmer les différentes hypothèses proposées dans ce travail. Ces travaux permettront à la fois d'améliorer la qualité des modèles de niches et d'ajuster le modèle interprétatif. L'inclusion d'autres données pourra également enrichir ce modèle, comme ayant trait aux parures, aux types d'habitats, aux pratiques funéraires et aux représentations graphiques. L'amélioration des modèles de niches éco-culturelles par l'intégration des données de saisonnalité est également un point d'approche intéressant, permettant de prendre en compte les potentielles fluctuations saisonnières de la répartition géographique des groupes humains employant ces adaptations culturelles – qui peuvent correspondre à l'occupation de niches différentes entre la bonne et la mauvaise saison (*time-specific ENM* ; *cf.* Ingenloff et Peterson, 2020 ; Ingenloff, 2020). Dans une idée similaire, il serait également très intéressant de comparer ces niches éco-culturelles avec une reconstitution de la niche écologique du Renne, et d'autres proies, au HE3 et au GI 4. En effet, ce type de travaux pourrait permettre de mieux comprendre les relations entre

systemes techniques et les possibles modifications de l'éthologie de ces animaux ayant pu être causés par des changements climatiques. Enfin, l'élargissement chrono-géographique de cette approche, tant à des contextes archéologiques contemporains et adjacents (*e.g.*, le Noaillien de l'arc liguro provençal/péninsule italique) qu'à d'autres phases du Gravettien français (*e.g.*, Gravettien ancien et final) permettra d'aller plus loin dans la compréhension de facteurs à l'origine de la variabilité du registre archéologique gravettien.







# • **CONCLUSIONS, PERSPECTIVES**



Dans cette thèse, nous nous sommes engagée dans la recherche des mécanismes à l'origine de la variabilité des industries lithiques appartenant au Gravettien moyen et récent en France et dans ses marges. Ces deux phases représentent en effet un cas d'étude idéal pour analyser les relations entre évolution culturelle et environnement au Paléolithique.

Le Gravettien moyen (*ca.* 32-28.75 ka calBP) est traditionnellement caractérisé par deux unités archéologiques, le Noaillien et le Rayssien. Ces deux unités se distinguent par leurs adaptations techniques. La première est définie par le burin de Noailles et des schémas de production lamino-lamellaire dirigés vers la fabrication de pointes à dos, tandis que la deuxième est définie par l'emploi d'une méthode de débitage lamellaire très normée, la méthode du Raysse, destinée à la production de lamelles à retouche marginale, les lamelles de la Picardie. À ces différences, s'ajoute une différence de répartition géographique, car le Rayssien présente une aire de distribution plus restreinte et septentrionale que celle du Noaillien. Chronologiquement, le Rayssien est souvent considéré comme postérieur au Noaillien à partir de la séquence de l'Abri Pataud, bien que des marqueurs techniques et fossiles directeurs de ces deux unités soient souvent trouvés en association au sein d'autres ensembles archéologiques dans le nord de l'Aquitaine. De plus, le Noaillien dans l'aire pyrénéo-cantabrique présente une extension chronologique qui couvre à peu près la même tranche chronologique que le Gravettien moyen dans son ensemble au nord de la Garonne. De nombreux auteurs se sont déjà questionnés sur les facteurs à l'origine de ces différences. Une possible relation entre ces différences territoriales (et probablement environnementales) et cette variabilité des industries lithiques – en particulier l'apparition du Rayssien au nord de la Garonne – a souvent été évoquée (David, 1985 ; Bosselin et Djindjian, 1994 ; Pottier, 2005 ; Klaric, 2017 ; Banks *et al.*, 2019).

Au nord de la Garonne, la fin du Gravettien moyen est marquée par l'abandon de la méthode du Raysse et le retour à des débitages lamino-lamellaires plus souples, centrés sur la production de pointes, micropointes et lamelles à dos. De plus, les territoires occupés par les groupes employant ces adaptations couvrent le nord de la France et une petite partie occidentale de l'Allemagne (la Rhénanie). Cette expansion géographique est interprétée par différents auteurs comme le résultat d'une amélioration des conditions environnementales, inférée à partir de l'étude paléoenvironnementale des séquences lœssiques du Nord de la France (Antoine *et al.*, 2016 ; Moine *et al.*, 2017 ; Paris, 2020). La chronologie radiométrique

semble confirmer cette hypothèse, plaçant le passage du Gravettien moyen au Gravettien récent à l'aune d'un adoucissement climatique en Europe vers 28.75 ka (début du GI 4 ; Banks *et al.*, 2019).

L'approche mise en œuvre dans ce travail s'est révélée efficace pour analyser plus en profondeur le rôle des différences territoriales et environnementales dans les trajectoires culturelles observés au Gravettien moyen et récent. Elle nous a en effet permis de confirmer certaines hypothèses déjà proposées dans la littérature, mais aussi d'aller plus loin dans la définition de facteurs à l'origine de cette variabilité. Nous dressons ci-après un bilan de nos contributions originales, et en tout premier lieu, notre approche intégrant études de matériel archéologique et ECNM. Nous rappellerons aussi nos principales conclusions sur la question des mécanismes à l'origine des trajectoires techniques observées au Gravettien moyen et récent. Nous nous appuyerons sur ces conclusions pour proposer des pistes de recherche pour la suite.

## **1. Contributions théoriques, méthodologiques et interprétatives**

L'intégration d'études minutieuses des industries lithiques à une approche beaucoup plus globale du registre archéologique, l'ECNM, s'est révélée fructueuse pour examiner les mécanismes à l'origine de trajectoires techniques au Gravettien moyen et récent. Cette approche intégrée constitue un outil analytique puissant, car une connaissance fine du registre archéologique permet en retour d'affiner la méthode de modélisation s'appuyant sur ces données. À ce titre, les trois études de collection proposées dans le volume II ont été bénéfiques dans deux des trois principales étapes de l'ECNM.

### **1.1. Contributions théoriques**

D'un point de vue théorique, l'étude du niveau 10/11 de l'Abri du Facteur (fouilles Delporte) et du gisement des Jambes (couches 2 et 3, fouilles Célérier) a par exemple permis de mieux appréhender certaines particularités des systèmes techniques associés au Noaillien et au Rayssien dans le nord de l'Aquitaine. Le diagnostic chrono-culturel et la reconstitution des schémas opératoires de débitages lamino-lamellaires pour ces deux gisements permet de reconsidérer la question de la filiation technique entre le Noaillien et le

## 1. Contributions théoriques, méthodologiques et interprétatives

---

Rayssien : ces deux séries présentent en effet des caractères mixtes de ces deux unités archéologiques telles qu'elles sont définies, qui dans les Pyrénées, qui dans le sud du Bassin parisien et la région Centre. Ces caractéristiques mixtes se retrouvent dans les débitages lamellaires dans les deux ensembles, et laminaires uniquement aux Jambes.

L'analyse historiographique et taphonomique de ces deux collections montre qu'il est difficile de discuter concrètement des relations chronologiques entre Noaillien et Rayssien, en raison de l'ancienneté des fouilles et des potentiels phénomènes post-dépositionnels qui ont pu amalgamer des occupations distinctes au sein de mêmes ensembles. Un travail similaire sur la séquence gravettienne du Flageolet I – néanmoins moins approfondi d'un point de vue technologique – met aussi en évidence certains facteurs humains et taphonomiques ayant pu conduire à l'association de marqueurs noailliens, rayssiens et des pièces à dos. Dans ce cadre, interpréter le caractère « mixte » de ces industries (présence à la fois d'éléments noailliens et rayssiens en proportions variables) s'avère délicat, car il est difficile de démêler précisément les différents facteurs en jeu.

Toutefois, à partir de notre recensement bibliographique des sites appartenant au Gravettien moyen et du diagnostic chrono-culturel de plusieurs autres séries (Lespaux, la Roque Saint-Christophe, Solvieux, les Artigaux, le Fourneau du Diable), nous avons pu proposer une première classification des ensembles à caractères mixtes dans le nord de l'Aquitaine : un premier groupe présente des caractéristiques majoritairement noailliennes d'un point de vue typologique (burins de Noailles) et technologiques (débitages lamino-lamellaires peu « typés ») ainsi qu'une composante lamellaire rayssienne discrète et assez peu typique (*e.g.*, Facteur, et possiblement le Fourneau du Diable et l'abri Lespaux). Le deuxième groupe est plutôt caractérisé par une abondance des marqueurs rayssiens, tant sur le laminaire que le lamellaire, ainsi que des schémas de débitage laminaire plutôt caractéristiques du Noaillien et un très faible nombre de burins de Noailles (*e.g.*, Flageolet c. V et IV, les Jambes, et probablement Solvieux et les Artigaux). À partir de ce constat, nous avons proposé l'hypothèse que la « méthode du Raysse » ait fait partie d'une palette de schémas de débitage lamellaires sur tranche peu typés au sein de séries plutôt noailliennes, puis se soit généralisée sur d'autres sites à la faveur de conditions particulières (voir *infra*).

Ces apports très concrets à la connaissance du registre archéologique du Gravettien moyen dans le nord de l'Aquitaine nous ont permis **d'affiner les définitions des unités archéologiques étudiées dans notre travail**. Nous avons fait le pari d'explorer deux

scénarios chrono-culturels en fonction de l'interprétation que l'on peut faire du registre archéologique. Le premier scénario est prudent, et se propose de comparer deux régions présentant des trajectoires techniques différentes et en partie parallèles : l'aire pyrénéo-cantabrique – caractérisée par le Noaillien – et le nord de la Garonne – caractérisée à la fois par le Noaillien et le Rayssien à l'échelle du Gravettien moyen. Le deuxième scénario s'appuie davantage sur les hypothèses proposées à partir de nos études de collection : il s'agit de comparer le Noaillien et le Rayssien en tant que deux systèmes techniques aux objectifs de production suffisamment différents pour correspondre à deux systèmes cohésifs adaptatifs.

Ce travail de définition, s'appuyant à la fois sur la bibliographie et l'étude de collections, permet **une plus grande précision dans la détermination des comparaisons les plus judicieuses à mener** d'un point de vue des niches éco-culturelles. Cet apport théorique est d'autant plus visible que nous n'avons pu le mettre en pratique pour le Gravettien récent. Il a été proposé que cette phase se caractérise par deux unités archéologiques en France – en partie contemporaines ? – en se fondant sur les systèmes de production de pièces à dos (Klaric, 2013 ; Paris, 2020 ; Cormarèche, 2020). En raison d'une faiblesse numérique des occurrences pour chaque unité pressentie, nous n'avons pu proposer la reconstitution de leurs niches éco-culturelles et avons dû nous fonder sur une unité archéologique définie par des critères plus vastes que pour le Noaillien et le Rayssien. En cela, la caractérisation typo-technologique de davantage de collections appartenant à cette tranche chronologique – doublée d'une meilleure connaissance des processus (taphonomiques, méthodologiques, ...) ayant conduit à leur genèse – permettra de consolider ces deux jeux de données d'occurrences, qui pourront ensuite être employées dans la modélisation. Ce travail de révision historiographique, taphonomique et typo-technologique sera proposé dans le cadre du Programme Collectif de Recherche<sup>1</sup> par E. Cormarèche et nous-même, et s'efforcera dans les prochaines années d'améliorer nos connaissances des collections anciennes attribuées au Gravettien récent et final.

## 1.2. Contributions méthodologiques

D'un point de vue méthodologique, nous insistons sur l'importance d'un travail critique bibliographique couplé de diagnostics ponctuels sur des collections, visant à

---

<sup>1</sup> Titre du projet : « *Quel Gravettien en Nouvelle-Aquitaine ?* » Révision pluridisciplinaire des séries du Gravettien récent et final dans le bassin versant de la Dordogne et ses marges.



déterminer les sites à inclure ou non dans les jeux de données d'occurrence – qui seront ensuite employés pour modéliser les niches éco-culturelles des unités archéologiques dont ils représentent la répartition géographique. Ces précautions sont cruciales compte tenu des biais importants que peut comporter une approche bibliographique. Notre chapitre concernant la constitution du corpus d'occurrence (*cf.* Volume I, Partie 2, chapitre 2) le montre parfaitement : la plupart des occurrences recensées pour les différentes unités archéologiques étudiées sont affectées par divers biais, que nous pouvons classer en trois catégories.

Tout d'abord, ces estimations sont forcément biaisées spatialement en raison de la conservation différentielle des sites, biais difficilement réductible pour le Paléolithique supérieur, sauf dans des contextes très particuliers (*e.g.*, diagnostics et fouilles préventives systématiques lors de grands travaux, comme l'autoroute A65 ; Bertran *et al.*, 2013). D'autre part, la plupart des ensembles recensés ont été fouillés et/ou étudiés plus ou moins anciennement. Cela implique tout d'abord de grandes disparités dans les méthodes de collecte de ces ensembles en fonction de l'époque (*e.g.*, les fouilles du début du XX<sup>ème</sup> siècle sont moins précises stratigraphiquement que 100 ans plus tard). Il devient alors difficile de discuter de certaines questions nécessitant des informations contextuelles, spatiales et géoarchéologiques précises – par exemple, les facteurs à l'origine de la co-occurrence des marqueurs noailliens et rayssiens au sein d'un même ensemble. La reconnaissance de certains critères de définition des unités archéologiques sera également plus difficile au sein de publications plus anciennes, car ceux-ci n'avaient tout simplement pas encore été découverts à l'époque (*e.g.*, les lamelles du Raysse et de la Picardie). Enfin, nous nous sommes confrontée à une grande disparité des informations présentées au sein des publications – certaines donnant beaucoup de détails permettant d'attribuer de manière assez fiable un ensemble à une unité archéologique, certaines ne faisant qu'à peine mention de la présence de tel ou tel fossile directeur sans plus de précisions.

Suite à ces constats, nous préconisons donc que les approches globales du registre archéologique – telles que l'ECNM – mettent systématiquement en œuvre **une méthodologie permettant d'évaluer la fiabilité des informations récoltées** pour constituer un corpus d'occurrences. Nous avons proposé dans cette thèse de recourir à une base de données relationnelle, permettant de relier différents types d'informations et facilitant leur croisement par le biais de requêtes. Cette manière de recueillir l'information

permet une meilleure transparence de l'évaluation du degré de fiabilité de chaque occurrence, car elle permet de mieux synthétiser les informations disponibles en fonction des sources. De plus, elle constitue une excellente base pour des travaux ultérieurs permettant d'approfondir la connaissance du registre archéologique, en cela qu'elle met en évidence des vides documentaires plus ou moins importants en fonction des ensembles archéologiques pris en compte.

Dans ce travail, nous avons également exploré l'impact du choix des données environnementales sur le processus de modélisation. Pour ce faire, nous avons effectué nos analyses à partir de deux jeux de données climatiques issus du modèle climatique HadCM3, mais calculés différemment. Le premier correspond à des simulations calculées à l'équilibre à des dates bien précises (*e.g.*, 30 ka, 32 ka,... ; Beyer *et al.*, 2020b), tandis que le second regroupe des simulations transitoires, c'est-à-dire que le climat est modélisé de façon continue sur une période de temps (*e.g.*, tous les mois pendant 60 ka ; Armstrong *et al.*, 2019). Nous avons pu comparer les résultats obtenus à partir de ces données avec nos précédents travaux publiés dans *Quaternary Science Reviews* (Vignoles *et al.*, 2021), qui employaient des simulations climatiques plutôt exploratoires issues d'un autre modèle, le LMDZ5a.

Cette étude de sensibilité a montré que le choix des simulations climatiques peut avoir un impact majeur sur les modèles de niches. Si les modèles de niche issus des simulations HadCM3 montrent des tendances globalement similaires en termes de dynamiques malgré l'absence de recouvrement des *backgrounds*, ils indiquent des dynamiques radicalement différentes avec les modèles issus des simulations LMDZ5a. Si dans cette thèse nous avons choisi de privilégier les simulations HadCM3 en raison de leur meilleure concordance avec les données de terrain, cet exemple nous incite à l'avenir à **redoubler de précaution dans le choix des données environnementales.**

### **1.3. Contributions interprétatives**

Enfin, la comparaison des niches éco-culturelles associées aux différentes trajectoires culturelles examinées nous a permis de mettre en évidence les dynamiques écologiques associées aux ruptures et continuités observées dans le registre archéologique.

Tout d'abord, les sites noailliens de l'aire pyrénéo-cantabrique sont associés à une niche éco-culturelle bien plus large que les sites du nord de la Garonne. Cette contraction

## 1. Contributions théoriques, méthodologiques et interprétatives

---

s'accompagne d'un pivot de la niche dans l'espace environnemental, dont la définition au nord de la Garonne va donc davantage reposer sur l'exposition topographique par rapport aux autres variables. Ensuite, la niche éco-culturelle du Rayssien est significativement différente de celle du Noaillien dans son ensemble. Elle est caractérisée par une contraction importante mais sa variabilité reste toutefois contenue dans celle de la niche du Noaillien. Ce résultat suggère que la méthode du Raysse est liée à une spécialisation environnementale des populations employant cette adaptation technique. En outre, l'expression géographique de la niche du Noaillien est beaucoup plus étendue que celle du Rayssien. Elle comprend systématiquement, en fonction des données environnementales utilisées, une bande de favorabilité reliant l'ouest de la répartition géographique des sites à burins de Noailles et les sites de la vallée du Rhône et de l'arc liguro-provençal. Ce résultat suggère que le burin de Noailles est très probablement lié à l'exploitation de certaines conditions environnementales à l'échelle de sa répartition géographique. Ce résultat ouvre de nouvelles pistes de recherche visant à comparer plus concrètement les sites à burins de Noailles du Sud-Ouest français/péninsule ibérique avec ceux de l'arc liguro-provençal et la péninsule italique d'un point de vue typo-technologique et tracéologique.

La transition du Gravettien moyen au Gravettien récent s'accompagne à nouveau d'un changement significatif de niche éco-culturelle. Celle-ci présente une contraction et un pivot par rapport au Noaillien dans son ensemble/Noaillien pyrénéo-cantabrique, mais une expansion par rapport au Rayssien/Gravettien moyen septentrional. En particulier, la variable de la température du mois le plus chaud semble jouer un rôle important dans ces motifs. Ces conditions environnementales sont caractérisées par une expansion géographique notamment dans le nord de la France et de l'Europe par rapport aux niches des unités archéologiques du Gravettien moyen. Ces résultats s'accordent parfaitement avec les interprétations actuellement proposées pour expliquer les dynamiques de peuplement du nord de la France en particulier, en lien avec les dynamiques du pergélisol, de la végétation et de la biomasse animale (Antoine *et al.*, 2016 ; Paris, 2020).

L'analyse de ces dynamiques de niches mise en relation avec les données typo-technologiques des industries lithiques et osseuses, des stratégies de subsistance et de données paléoenvironnementales, nous a conduit à proposer **trois grands mécanismes** pouvant expliquer les ruptures et continuités observées dans les adaptations techniques lithiques au Gravettien moyen et récent.

Pour expliquer la différenciation archéologique du nord de la Garonne par rapport à l'aire pyrénéo-cantabrique, nous proposons que les spécificités environnementales de chaque territoire, liées notamment à des variables topographiques, représentent un facteur majeur. Ces différences pourraient aussi expliquer la probable spécialisation de la chasse sur le renne au nord de la Garonne. Dans ce contexte, l'apparition de la méthode du Raysse résulte d'après nous d'un foisonnement de modalités opératoires employées pour la production de pièces à dos et lamelles à retouches marginales sur burins-nucléus. Cette méthode aurait, au fil des générations, été sélectionnée jusqu'à devenir prédominante, et même, jusqu'à faire l'objet d'un possible transfert conceptuel aux débitages laminaires. Le mécanisme lié à cette sélection serait potentiellement composé d'une modification des biais de transmission au sein de ces populations, qui aurait favorisé la reproduction de cette méthode initialement anecdotique par rapport aux autres modalités de débitage sur burins-nucléus, plus souples. Ce biais a pu être accentué par un certain isolement démographique vis-à-vis de l'aire pyrénéo-cantabrique, ce qui a pu être le fait d'une barrière écologique (désert périglaciaire des Landes et couloir de la Garonne), mais qui n'est pas reproduite dans nos modèles de niches. Une baisse démographique à cette période, liée à la forte instabilité climatique du HE3, a pu également jouer dans la limitation des contacts. Ces facteurs restent à explorer plus en détail dans le registre archéologique.

Enfin, la disparition de la méthode du Raysse et le retour à des débitages plus souples pour la production de pièces à dos au Gravettien récent résulte d'après nous en partie d'une déstabilisation environnementale liée à l'adoucissement du climat : ce changement climatique aurait causé une réorganisation des ressources (notamment carnées) dans le paysage, en lien avec les dynamiques de pergélisol et de végétation dans le nord de la France. Ce facteur, couplé à l'hypertélie de la méthode du Raysse, aurait favorisé un relâchement du biais de conformité. Les générations successives auraient donc moins mis l'accent sur les différentes spécificités techniques de la méthode dans sa transmission. Toutefois, l'action exacte de ces facteurs reste encore à explorer dans le registre archéologique : ce changement climatique aurait-il impacté l'éthologie des proies, conduisant les chasseurs-cueilleurs à s'adapter en retour ? La persistance d'une focalisation de la chasse sur le renne a-t-elle pu en quelque sorte « forcer » la réorganisation du système technique lithique, sans pour autant causer de changement majeur dans les adaptations techniques osseuses ?

La proposition de ce scénario interprétatif est provisoire et soulève à son tour de nombreuses questions à explorer dans le registre archéologique ou par le biais de diverses modélisations (ECNM, mais aussi pourquoi pas, ENM, modélisations paléoclimatiques et de végétation, modèles démographiques...).

## 2. Perspectives

Les perspectives issues de notre travail sont diverses et correspondent à différents niveaux d'analyse.

En tout premier lieu, l'amélioration de ce modèle d'interprétation ne pourra se faire sans des études plus poussées du registre archéologique, ni de la (re)découverte de sites à explorer par des fouilles plus minutieuses. La compréhension des mécanismes à l'origine de la différenciation archéologique de l'aire pyrénéo-cantabrique vs. le nord de la Garonne, et en particulier, de l'apparition de la méthode du Raysse, pourra bénéficier du réexamen de différentes séries. Tout d'abord, il serait intéressant de réaliser sur la couche 4 de l'Abri Pataud, un travail similaire à celui que nous avons mené au Flageolet, afin d'analyser plus finement les associations entre marqueurs noailliens et rayssiens qui y sont observées. Ensuite, l'étude de séries apparemment plus « pures » noailliennes ou rayssiennes pourrait permettre d'aller plus loin dans la classification des sites que nous avons proposée, avec par exemple l'abri Lespoux ou la couche 6-M de Solvieux. Le diagnostic et l'analyse historiographique de séries dans lesquelles la méthode du Raysse est supposée présente pourrait également permettre de renouveler le corpus de séries potentiellement utiles à ces problématiques.

Enfin, comme évoqué *supra*, la démonstration de deux sous-phases au Gravettien récent pourra bénéficier de l'étude historiographique, taphonomique et typo-technologique de nombreuses séries de référence mais paradoxalement assez peu documentées, comme Corbiac ou Rabier. Ce travail, couplé à l'amélioration du cadre chronologique de ces deux potentielles sous-phases, pourra nous permettre à terme de modéliser plus précisément les dynamiques de niches à cette période.

Pour terminer, il serait intéressant d'explorer les différentes hypothèses concernant les facteurs constitutifs des mécanismes définis ci-dessus à partir de l'étude du registre archéologique. Par exemple, l'identification d'un biais de transmission à l'origine de la

généralisation de la méthode du Raysse pourrait bénéficier d'études plus intégrées entre des aspects de la culture matérielle moins fréquemment étudiés, comme la parure.

Ce travail a aussi encore une fois démontré l'influence du choix des données – tant environnementales que d'occurrences – sur les modèles, et de fil en aiguille, sur l'interprétation des dynamiques de niches. Malgré les multiples précautions dans leur choix, le registre archéologique que nous avons étudié comporte de nombreux biais difficilement dépassables. Du point de vue archéologique, une solution pour améliorer les modèles serait de tendre vers la constitution de jeux de données d'occurrences plus précis chronologiquement, et ainsi obtenir une vision plus fine des dynamiques de niches éco-culturelles. Nous proposons deux pistes méthodologiques générales à explorer dans ce cadre :

- Tout d'abord, nous pourrions nous fonder sur des marqueurs techniques ou typologiques osseux plutôt que lithiques, car ceux-ci, pouvant être datés directement, pourraient nous permettre de mieux contrôler la tranche chronologique associée à chaque occurrence. Une étude de ce genre nécessite néanmoins un registre archéologique caractérisé par l'abondance des restes en MDA ainsi que par leur bonne conservation permettant leur datation directe par  $^{14}\text{C}$  ;
- Ensuite, nous pourrions également employer les données de saisonnalités afin d'associer chaque occurrence à une saison de l'année (bonne, mauvaise ou les deux). Cette idée nous permettrait de distinguer une répartition géographique de bonne et de mauvaise saison, que nous pourrions ensuite corrélérer aux données environnementales correspondantes. Dans le cas de populations de chasseurs-cueilleurs présentant une mobilité saisonnière importante, cette approche permettrait d'améliorer la qualité des modèles en minimisant le moyennage causé par l'emploi de données d'occurrences trop peu précises chronologiquement. Ce type d'approche (appelée *time-specific ENM* ; Ingenloff et Peterson, 2020) a par exemple été testée sur des espèces animales migratoire ou très mobiles (*e.g.*, l'Albatros hurleur [*Diomedea exulans*] ; Ingenloff, 2021) et a produit des résultats plus conformes avec la réalité écologique de l'espèce. Il est donc possible que cette amélioration soit également constatée pour le registre archéologique. Cette approche nécessiterait néanmoins un contexte pour lequel la saisonnalité des occupations est

## 2.Perspectives

---

connue pour un nombre suffisant de sites afin de pouvoir modéliser la niche écologique associée à chaque saison.

Dans un troisième temps, il nous semble que nous pourrions aller plus loin dans l'exploitation du cadre théorique permettant de définir des mécanismes proposé ici. Si dans cette thèse, nous avons pu proposer différents facteurs impliqués dans les trois mécanismes, il nous a été beaucoup moins évident de réfléchir aux *interactions* entre facteurs. Comment appréhender cette composante plus abstraite du concept de mécanisme ? La question reste ouverte, mais il nous semble qu'une meilleure connaissance de l'éthologie et des environnements occupés par les proies pourrait être une première piste intéressante. En effet, le choix de telle ou telle stratégie de subsistance semble jouer un rôle variable dans les mécanismes définis dans cette thèse. Par exemple, un changement de stratégie est observé entre le Noaillien pyrénéo-cantabrique et le Gravettien moyen générique du nord de l'Aquitaine ; il ne s'accompagne pas pour autant – ou en tout cas, pas immédiatement – d'un changement dans tous les aspects de la culture matérielle, puisque de nombreuses similarités techniques sont observées entre les deux régions (tout du moins à un moment donné). À l'inverse, le système technique du Rayssien disparaît dans un contexte climatique changeant, mais n'est pas corrélé à un changement majeur dans le choix des proies. Si dans les deux cas, les groupes sont confrontés à des modifications territoriales majeures, il semblerait que l'interaction entre ce facteur et un facteur plus « culturel » de choix de proies soit différente et implique un motif différent dans le registre archéologique. Proposer une reconstitution de la niche écologique du renne dans ce contexte pourrait permettre de mieux définir l'articulation entre les changements climatiques, les modifications territoriales sous-jacentes et les modifications du système technique lithique.

Enfin, l'élargissement de notre approche à différents contextes archéologiques nous permettra de comparer plus largement des trajectoires culturelles et leurs mécanismes sous-jacents. Cette comparaison pourrait nous permettre d'identifier un ou plusieurs facteurs souvent présents, et d'analyser leur rôle et influence au sein de chaque mécanismes et contexte. Dans cette optique, une revue bibliographique des différentes études de niches menées au cours de ces 20 dernières années permettra sans doute de dresser un premier bilan des différents facteurs impliqués dans des trajectoires culturelles diverses. Un tel travail permettrait de mieux comprendre les mécanismes généraux sous-jacents aux

•Conclusions, perspectives

---

changements culturels, et de démêler la complexe intrication de facteurs sociaux et environnementaux impliqués dans l'évolution des sociétés du Paléolithique.



## •BIBLIOGRAPHIE

---

ABANOZIAN K. (2015) – *La fonction des sites au Paléolithique supérieur. Archéostratigraphie et techno-économie des industries lithiques de la grotte de Maldidier (La Roque-Gageac, Dordogne)*, mémoire de Master 2, Université de Bordeaux, Bordeaux, 64 p.

ACERBI A, BENTLEY R.A. (2014) – Biases in cultural transmission shape the turnover of popular traits, *Evolution and Human Behavior*, 35, p. 228-236.

AGSOUS S. (2008) – *Stratigraphie et sédimentologie de l'abri Pataud (Les Eyzies-de-Tayac, Dordogne, France). Contribution à l'étude des paléoenvironnements des cultures du Paléolithique supérieur ancien du Périgord*, thèse de doctorat, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 261 p.

AIELLO-LAMMENS M.E, BORJA R.A, RADOSAVLJEVIC A, VILELA B, ANDERSON R.P. (2015) – spThin: an R package for spatial thinning of species occurrence records for use in ecological niche models, *Ecography*, 38, 5, p. 541-545.

AJAS A. (2010) – *Pédo-stratigraphie du site paléolithique de Combe-Saunière (Dordogne)*, Mémoire de Master 2, Université de Bordeaux, Pessac, 63 p.

AKAIKE H. (1974) – A New Look at the Statistical Model Identification, *IEEE Transactions on Automatic Control*, AC-19, 6, p. 716-723.

ALAUX J.-F. (1971) – Burins de Noailles inachevés et burins « de technique Noailles » de l'Abri des Battuts, commune de Penne (Tarn), *Bulletin de la Société préhistorique française*, 68, 8, p. 239-242.

ALAUX J.-F. (1969) – Note préliminaire sur l'abri périgordien des Battuts (Tarn), *Bulletin de la Société préhistorique française. Comptes rendus des séances mensuelles*, 66, 1, p. 10-15.

ALAUX J.-F. (1967) – Burins du type « Le Raysse » de l'abri des Battuts (Tarn), *Bulletin de la Société préhistorique française. Comptes rendus des séances mensuelles*, 64, 8, p. 242-247.

ALBERS K.H, LUDWIG P, BERTRAN P, ANTOINE P, SHI X, LOHMANN G, PINTO J.G. (2021) – A new perspective of permafrost boundaries in France during the Last Glacial Maximum, [pre-print] Consultable à [doi:10.5194/cp-2021-60](https://doi.org/10.5194/cp-2021-60).

ALLARD M. (2011) – Habitats gravettiens sous l'abri des Peyrugues (Orniac, Lot) entre 25000 BP et 22000 BP, in N. Goutas, L. Klaric, D. Pesesse, P. Guillermin (dir.) *À la recherche des identités*

## •Bibliographie

---

gravettiennes. *Actualités, questionnements, perspectives, actes de la table ronde sur le Gravettien en France et dans les pays limitrophes (Aix-en-Provence, 2008)*, Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 52), p. 359-372.

ALLARD M. (1986) – Le gisement préhistorique de La Martinière à La Pommeraye (M.-et-L.). Mise en évidence de périgordien supérieur à burins de Noailles, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 83, p. 78-82.

ALLARD M, GRUET M. (1976) – Les civilisations du Paléolithique supérieur dans les Pays de la Loire, in *La Préhistoire française. Tome I: civilisations paléolithiques et mésolithiques*, Paris, Editions du CNRS, p. 1305-1310.

AMANTE C, EAKINS B.E. (2009) – *ETOPO1 1 Arc-Minute Global Relief Model: Procedures, Data Sources and Analysis*, NOAA, NOAA Technical Memorandum, 25 p.

AMATULLI G, McINERNEY D, SETHI T, STROBL P, DOMISCH S. (2019) – *Geomorpho90m - Global high-resolution geomorphometry layers: empirical evaluation and accuracy assessment*, PeerJ Preprints Consultable à <https://peerj.com/preprints/27595v1>

AMATULLI G, DOMISCH S, TUANMU M.-N, PARMENTIER B, RANIPETA A, MALCZYK J, JETZ W. (2018) – A suite of global, cross-scale topographic variables for environmental and biodiversity modeling, *Scientific Data*, 5, 1, p. 180040.

ANDERSON R.P, GONZALEZ I.J. (2011) – Species-specific tuning increases robustness to sampling bias in models of species distributions: an implementation with Maxent, *Ecological Modelling*, 222, p. 279-2811.

ANDERSON R.P, RAZA A. (2010) – The effect of the extent of the study region on GIS models of species geographic distributions and estimates of niche evolution: preliminary tests with montane rodents (genus *Nephelomys*) in Venezuela, *Journal of Biogeography*, 37, 7, p. 1378-1393.

ANDERSON R.P, LEW D, PETERSON A.T. (2003) – Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting optimal models, *Ecological Modelling*, 162, 3, p. 211-232.

ANDREWS J.T, VOELKER A.H.L. (2018) – “Heinrich events” (& sediments): A history of terminology and recommendations for future usage, *Quaternary Science Reviews*, 187, p. 31-40.

ANDRIEUX E, BATEMAN M.D. (2018) – The chronology of Late Pleistocene thermal contraction cracking derived from sand wedge OSL dating in central and southern France, *Global and Planetary Change*, 162, p. 84-100.

ANDRIEUX E, BERTRAN P, ANTOINE P, DESCHODT L, LENOBLE A, COUTARD S, AJAS A, BORDERIE Q, COUTARD J.-P, DIDIERJEAN F, DOUSTEYSSIER B, FERRIER C, GARDÈRE P, GÉ T, LIARD M, LOCHT J.-L, NATON H.-G, RUE M, SITZIA L, VAN VLIET-LANOË B, VERNET G. (2016A) – Database of pleistocene periglacial features in France: description of the online version, *Quaternaire*, 27, 4, p. 329-339.

ANDRIEUX E, BERTRAN P, SAITO K. (2016B) – Spatial analysis of the French Pleistocene permafrost by a GIS database: French Pleistocene permafrost database, *Permafrost and Periglacial Processes*, 27, 1, p. 17-30.

ANGEVIN R, KILDÉA F, DJEMMALI N, ALILAIRE P, DELVIGNE V, DEPONT J, LAFARGE A, MEVEL L, SCHEMMAMA V, SURMELY F, VERJUX C. (2018) – Le Paléolithique supérieur dans le sud du Bassin parisien à la lumière des découvertes récentes: faits attendus, faits nouveaux, in O. Troubat (dir.) *Préhistoire de la France centrale*, actes du colloque de Montluçon (19 novembre 2016), Montluçon: Cercle archéologique de Montluçon 775 et de la région, p. 49-71.

ANGILLETTA M.J. (2009) – *Thermal adaptation: a theoretical and empirical synthesis*, Oxford; New York, Oxford University Press, 289 p.

ANTOINE P, COUTARD S, GUERIN G, DESCHODT L, GOVAL E, LOCHT J.-L, PARIS C. (2016) – Upper Pleistocene loess-paleosol records from northern France in the European context: Environmental background and dating of the Middle Palaeolithic, *Quaternary International*, 411, p. 4-24.

ANTOINE P, ROUSSEAU D.-D, MOINE O, KUNESCH S, HATTÉ C, LANG A, TISSOUX H, ZÖLLER L. (2009) – Rapid and cyclic aeolian deposition during the Last Glacial in European loess: a high-resolution record from Nussloch, Germany, *Quaternary Science Reviews*, 28, 25-26, p. 2955-2973.

ANTUNES N. (2015) – *Application d'algorithmes prédictifs à l'identification de niche écoculturelles des populations du passé: approche ethnoarchéologique*, thèse de doctorat, Bordeaux, 318 p.

## •Bibliographie

---

ANTUNES N, SCHIEFENHÖVEL W, D'ERRICO F, BANKS W.E, VANHAERAN M. (2020) – Quantitative methods demonstrate that environment alone is an insufficient predictor of present-day language distributions in New Guinea, *PLOS ONE*, 15, 10, p. e0239359.

ARAMBOUROU R, JUDE P.E. (1964) – *Le Gisement de La Chèvre à Bourdeilles, Dordogne*, Bordeaux, R. et M. Magne, 132 p.

ARANGUREN B.M, REVEDIN A. (2001) – Interprétation fonctionnelle d'un site gravettien à burins de Noailles, *L'anthropologie*, 105, p. 533-545.

ARANGUREN B.M, CAVULLI F, D'ORAZIO M, GRIMALDI S, LONGO L, REVEDIN A, SANTANIELLO F. (2015) – Territorial exploitation in the Tyrrhenian Gravettian Italy: The case-study of Bilancino (Tuscany), *Quaternary International*, 359-360, p. 442-451.

ARANGUREN B.M, LONGO L, PALLECCHI P, REVEDIN A. (2006) – Eléments de la chaîne opératoire-fonctionnelle des burins de Noailles de Bilancino (Florence, Italie), in M. de Araujo Igreja, J.-P. Bracco et F. Lebrun-Ricalens (dir.) *Burins préhistoriques: formes, fonctionnements, fonctions*, Luxembourg, ArchéoLogiques 2, p. 143-162.

ARAÚJO M.B, GUISAN A. (2006) – Five (or so) challenges for species distribution modelling, *Journal of Biogeography*, 33, 10, p. 1677-1688.

ARAÚJO M.B, PETERSON A.T. (2012) – Uses and misuses of bioclimatic envelope modeling, *Ecology*, 93, 7, p. 1527-1539.

ARMSTRONG E, HOPCROFT P.O, VALDES P.J. (2019) – A simulated Northern Hemisphere terrestrial climate dataset for the past 60,000 years, *Scientific Data*, 6, 1, p. 265.

ARRIZABALAGA A, IRIARTE-CHIAPUSSO M.-J, GARCIA-IBAIBARRIAGA N. (2020) – Gravettian and Solutrean in the Basque Crossroads: Climate changes and human adaptations in the western Pyrenees, *Quaternary International*, p. S1040618220303669.

ASCHER R. (1961) – Analogy in Archaeological Interpretation, *Southwestern Journal of Anthropology*, 17, 4, p. 317-325.

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 Bordeaux I, Bordeaux, 327 p.

## •Bibliographie

---

AUBRY T, WALTER B, PEYROUSE J.-B. (2014) – Paléolithique moyen et supérieur de la vallée de la Claise : bilan de vingt ans d'étude et nouvelles perspectives, *Bulletin des amis du Musée de Préhistoire du Grand-Pressigny*, 65, p. 9-29.

AUBRY T, ALMEIDA M, CANDELA P, CHAUVIÈRE F.-X, DIMUCCIO L, FONTANA L, LIARD M, MARQUET J.-C, JOÃO NEVES M, PEYROUSE J.-B, WALTER B. (2013) – Le Paléolithique supérieur ancien dans le sud-ouest du Bassin parisien : du Châtelperronien au Gravettien dans les vallées de la Creuse et de la Claise, in P. Bodu, L. Chehmana, L. Klaric, L. Mevel, S. Soriano, N. Teyssandier (dir) *Le Paléolithique supérieur ancien de l'Europe du Nord-Ouest*, actes du colloque de Sens (2009, Yonne), Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 56), p. 299-318.

AUBRY T, DETRAIN L, KERVAZO B. (1995) – Les niveaux intermédiaires entre le Gravettien et le Solutrén de l'Abri Casserole (Les Eyzies de Tayac) : Mise en évidence d'un mode de production original de microlithes et implications, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 92, 3, p. 296-301.

BADINO F, PINI R, BERTULETTI P, RAVAZZI C, DELMONTE B, MONEGATO G, REIMER P, VALLÉ F, ARRIGHI S, BORTOLINI E, FIGUS C, LUGLI F, MAGGI V, MARCIANI G, MARGARITORA D, OXILIA G, ROMANDINI M, SILVESTRINI S, BENAZZI S. (2020) – The fast-acting “pulse” of Heinrich Stadial 3 in a mid-latitude boreal ecosystem, *Scientific Reports*, 10, 1, p. 18031.

BAMFORTH D.B, BLEED P. (2008) – Technology, Flaked Stone Technology, and Risk, *Archeological Papers of the American Anthropological Association*, 7, 1, p. 109-139.

BANKS W.E. (2017) – Improving eco-cultural niche estimations: the potential of archaeological faunal remains for taking biotic interactions into consideration, in *TaphonomieS*, Paris, Archives Contemporaines, p. 1-10 (encart 10).

BANKS W.E. (2015) – Constructing chronologies for the late Middle Paleolithic and Upper Paleolithic: limitations and means to overcome them, *World Archaeology*, 47, 4, p. 585-600.

BANKS W.E, D'ERRICO F. (2019) – La chronologie des niveaux d'occupation châtelperroniens de la grotte du Renne, in M. Julien, F. David, M. Girard, A. Roublin-Jouve (dir.) *Le Châtelperronien de la grotte du Renne (Arcy-sur-Cure, Yonne, France). Les fouilles d'André Leroi-Gourhan (1949-1963)*, Musée National de Préhistoire, Paléo numéro spécial, p. 83-99.

## •Bibliographie

---

BANKS W.E, MONCEL M.-H, RAYNAL J.-P, COBOS M.E, ROMERO-ALVAREZ D, WOILLET M.-N, FAIVRE J.-P, GRAVINA B, D'ERRICO F, LOCHT J.-L, SANTOS F. (2021) – An ecological niche shift for Neanderthal populations in Western Europe 70,000 years ago, *Scientific Reports*, 11, 1, p. 5346.

BANKS W.E, BERTRAN P, DUCASSE S, KLARIC L, LANOS P, RENARD C, MESA M. (2019) – An application of hierarchical Bayesian modeling to better constrain the chronologies of Upper Paleolithic archaeological cultures in France between ca. 32,000–21,000 calibrated years before present, *Quaternary Science Reviews*, 220, p. 188-214.

BANKS W.E, D'ERRICO F, ZILHÃO J. (2013) – Human–climate interaction during the Early Upper Paleolithic: testing the hypothesis of an adaptive shift between the Proto-Aurignacian and the Early Aurignacian, *Journal of Human Evolution*, 64, 1, p. 39-55.

BANKS W.E, AUBRY T, D'ERRICO F, ZILHÃO J, LIRA-NORIEGA A, TOWNSEND PETERSON A. (2011) – Eco-cultural niches of the Badegoulian: Unraveling links between cultural adaptation and ecology during the Last Glacial Maximum in France, *Journal of Anthropological Archaeology*, 30, 3, p. 359-374.

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, 12, p. 2853-2867.

BANKS W.E, D'ERRICO F, PETERSON A.T, VANHAEREN M, KAGEYAMA M, SEPULCHRE P, RAMSTEIN G, JOST A, LUNT D. (2008) – Human ecological niches and ranges during the LGM in Europe derived from an application of eco-cultural niche modeling, *Journal of Archaeological Science*, 35, 2, p. 481-491.

BANKS W.E, D'ERRICO F, DIBBLE H.I, KRISHTALKA L, WEST D, OLSZEWSKI D.I, TOWNSEND PETERSON A, ANDERSON D.G, CHRISTOPHER GILLAM J, MONTET-WHITE A, CRUCIFIX M, MAREAN C.W, SANCHEZ-GOÑI M.F, WOHLFARTH B, VANHAERAN M. (2006) – Eco-Cultural Niche Modeling: New Tools for Reconstructing the Geography and Ecology of Past Human Populations, *PaleoAnthropology*, p. 68–83.

BARDON L, BOUYSSONIE J, BOUYSSONIE A. (1903) – Un nouveau type de burin, *Revue de l'Ecole d'Anthropologie*, tome XIII, p. 165-168.

## •Bibliographie

---

BARVE N, BARVE V, JIMÉNEZ-VALVERDE A, LIRA-NORIEGA A, MAHER S.P, PETERSON A.T, SOBERÓN J, VILLALOBOS F. (2011) – The crucial role of the accessible area in ecological niche modeling and species distribution modeling, *Ecological Modelling*, 222, 11, p. 1810-1819.

BAR-YOSEF O, VAN PEER P. (2009) – The Chaîne Operatoire Approach in Middle Paleolithic Archaeology, *Current Anthropology*, 50, 1, p. 103-331.

BAUMANN M, BOUCHÉ F, CAILHOL D, FONTANA L, KLARIC L, NIKULINA A, PETIT C, PETROGNANI S, PLATEL J.-P, PLISSON H, MENSAN R, WHITE R. (2018) – *Le gisement préhistorique du Fourneau du Diable (Bourdeilles, Dordogne)*, rapport de fin d’opération annuelle, UMR 5199 PACEA, Bordeaux, Service régional de l’archéologie, 191 p.

BAUMANN M, BOUCHÉ F, CAILHOL D, DACHARY M, FONTANA L, KLARIC L, MAN-ESTIER E, MENSAN R, PLISSON H. (2017) – *Le gisement préhistorique du Fourneau du Diable (Bourdeilles, Dordogne)*, rapport de fin d’opération annuelle, UMR 5199 PACEA, Bordeaux, Service régional de l’archéologie, 156 p.

BAUMANN M, CAILHOL D, DACHARY M, FONTANA L, KLARIC L, MAN-ESTIER E, MENSAN R, MORALA A, PLATEL J.-P, PLISSON H. (2016) – *Le gisement préhistorique du Fourneau du Diable (Bourdeilles, Dordogne)*, rapport de fin d’opération annuelle, UMR 5199 PACEA, Bordeaux, Service régional de l’archéologie, 160 p. Tome 116, numéro 3, juillet-septembre 2019, p. 455-478. 475

BAUMANN M, CAILHOL D, FONTANA L, KLARIC L, LESCOP L, PLISSON H. (2015) – *Le gisement préhistorique du Fourneau du Diable (Bourdeilles, Dordogne)*, rapport de fin d’opération annuelle, UMR 5199 PACEA, Bordeaux, Service régional de l’archéologie, 121 p.

BAZILE F. (2007) – Le Gravettien de la France méditerranéenne, *Paléo*, 19, p. 89-103.

BERTRAN P, TODISCO D, BORDES J.-G, DISCAMPS E, VALLIN L. (2019) – Perturbation assessment in archaeological sites as part of the taphonomic study: a review of methods used to document the impact of natural processes on site formation and archaeological interpretations, *Paléo*, 30-1, p. 52-75.

BERTRAN P, LIARD M, SITZIA L, TISSOUX H. (2016) – A map of Pleistocene aeolian deposits in Western Europe, with special emphasis on France, *Journal of Quaternary Science*, 31, 8, p. e2909.

## •Bibliographie

---

BERTRAN, P, ANDRIEUX, E, ANTOINE, P, COUTARD, S, DESCHODT, L, GARDÈRE, P, HERNANDEZ, M, LEGENTIL, C, LENOBLE, A, LIARD, M, MERCIER, N, MOINE, O, SITZIA, L, VAN VLIET-LANOË, B, (2014) – Distribution and chronology of Pleistocene permafrost features in France: database and first results, *Boreas*, 43, 3, 699-711.

BERTRAN P, SITZIA L, BANKS W.E, BATEMAN M.D, DEMARS P-Y, HERNANDEZ M, LENOIR M, MERCIER N, PRODEO F. (2013) – The Landes de Gascogne (southwest France): periglacial desert and cultural frontier during the Palaeolithic, *Journal of Archaeological Science*, 40, 5, p. 2274-2285.

BEYER R.M, KRAPP M, MANICA A. (2020A) – An empirical evaluation of bias correction methods for palaeoclimate simulations, *Climate of the Past*, 16, 4, p. 1493-1508.

BEYER R.M, KRAPP M, MANICA A. (2020B) – High-resolution terrestrial climate, bioclimate and vegetation for the last 120,000 years, *Scientific Data*, 7, 1, p. 236.

BICHO N, HAWS J, MARREIROS J. (2013) – Desde el Mondego al Guadiana: la ocupación gravetiense de la fachada atlántica portuguesa, in C. de la Heras, J.A. Lasheras, A. Arrizalaga, M. de la Rasilla (dir.) *Pensando el Gravetiense: nuevos datos para la region cantabrica en su contexto peninsular y pyrenaico*, Madrid, Museo Nacional y Centro de Investigacion de Altamira, Santander, (monografias 23), p. 55-72.

BINFORD L.R. (1982) – The archaeology of place, *Journal of Anthropological Archaeology*, 1, 1, p. 5-31.

BINFORD L.R. (1981) – Behavioral Archaeology and the « Pompeii Premise », *Journal of Anthropological Research*, 37, 3, p. 195-208.

BINFORD L.R. (1978) – *Nunamiut Ethnoarchaeology*, New York, NY, Academic Press Inc, 509 p.

BINFORD L.R. (DIR.) (1977) – *For theory building in archaeology: essays on faunal remains, aquatic resources, spatial analysis, and systemic modeling*, New York, Academic Press, 419 p.

BINFORD L.R. (1977) – Forty-seven trips. A case study in the character of archaeological formation processes, in R.V.S. Wright (dir.) *Stone tools as cultural markers: change, evolution and complexity*, Camberra, Australian Institute of Aboriginal Studies, Prehistory and Material Culture Series No.12, p. 24-36.



## •Bibliographie

---

BINFORD L.R. (1968) – Archaeological Perspectives, in S.R. Binford, L.R. Binford (dir.) *New Perspectives in Archaeology*, Chicago, IL, Aldine Publishing Company, p. 5-32.

BINFORD L.R. (1965) – Archaeological Systematics and the Study of Culture Process, *American Antiquity*, 31, 2, p. 203-210.

BINFORD L.R. (1962) – Archaeology as Anthropology, *American Antiquity*, 28, 2, p. 217-225.

BIRD D.W, O'CONNELL J.F. (2006) – Behavioral Ecology and Archaeology, *Journal of Archaeological Research*, 14, 2, p. 143-188.

BLAAUW M, WOHLFARTH B, CHRISTEN J.A, AMPEL L, VERES D, HUGHEN K.A, PREUSSER F, SVENSSON A. (2010) – Were last glacial climate events simultaneous between Greenland and France? A quantitative comparison using non-tuned chronologies, *Journal of Quaternary Science*, 25, 3, p. 387-394.

BLEED P. (2008) – Content as Variability, Result as Selection: Toward a Behavioral Definition of Technology, *Archeological Papers of the American Anthropological Association*, 7, 1, p. 95-104.

BLEED P. (1986) – The Optimal Design of Hunting Weapons: Maintainability or Reliability, *American Antiquity*, 51, 4, p. 737-747.

BOËDA E. (1991) – Approche de la variabilité des systèmes de production lithique des industries du Paléolithique inférieur et moyen: chronique d'une variabilité attendue, *Techniques & culture*, 17-18, p. 37-79.

BOËDA E, GENESTE J.-M, MEIGNEN L. (1990) – Identification de chaînes opératoires lithiques du Paléolithique ancien et moyen, *Paléo*, 2, p. 43-80.

BON F. (2000) – *La question de l'unité technique et économique de l'aurignacien : réflexions sur la variabilité des industries lithiques à partir de trois sites des Pyrénées françaises (La Tuto de camalhot, Régismont-le-Haut et Brassempouy)*, thèse de doctorat, Université Panthéon-Sorbonne - Paris I, Paris, 425 p.

BOND G, BROECKER W, JOHNSEN S.J, MCMANUS J, LABEYRIE L, JOUZEL J, BONANI G. (1993) – Correlations between climate records from the North Atlantic sediments and Greenland ice, *Nature*, 365, p. 143-147.

## •Bibliographie

---

BOND G, HEINRICH H, BROECKER W, LABEYRIE L, MCMANUS J, ANDREWS J, HUON S, JANTSCHIK R, CLASEN S, SIMET C, TEDESCO K, KLAS M, BONANI G, IVY S. (1992) – Evidence for massive discharges of icebergs into the North Atlantic ocean during the last glacial period, *Nature*, 360, 6401, p. 245-249.

BORDES F. (1970) – Observations typologiques et techniques sur le Périgordien supérieur de Corbiac (Dordogne), *Bulletin de la Société préhistorique française*, 67, 4, p. 105-113.

BORDES F. (1969) – Bruised blades and flakes in the Upper Perigordian at Corbiac, Dordogne, France, in *Perspectives in Palaeoanthropology*, Calcutta, D. Sen & A.K. Gosh (ed.), p. 135-138.

BORDES F. (1968A) – La question périgordienne, in *La Préhistoire : problèmes et tendances*, Paris, Editions du Centre National de la Recherche Scientifique, p. 59-70.

BORDES F. (1968B) – Emplacements de tentes du Périgordien supérieur évolué à Corbiac (près de Bergerac), Dordogne, *Quartär*, 19, p. 251-262.

BORDES F. (1958) – Nouvelles fouilles à Laugerie-Haute Est. Premiers résultats, *L'Anthropologie*, 62, 3-4, p. 205-244.

BORDES F, CRABTREE D. (1969) – The Corbiac blade technique and other experiments, *Tébiwa*, 12, 2, p. 1-21.

BORDES F, DE SONNEVILLE-BORDES D. (1966) – Protomagdalénien ou Périgordien VII?, *L'Anthropologie*, 70, 1-2, p. 113-122.

BORDES F, LABROT J. (1967) – La stratigraphie du gisement de Roc de Combe (Lot) et ses implications, *Bulletin de la Société préhistorique française. Études et travaux*, 64, 1, p. 15-28.

BORDES J.-G. (2002) – *Les Interstratifications Châtelperronien/Aurignacien du Roc-de-Combe et du Piage (Lot, France) : analyse taphonomique des industries lithiques ; implications archéologiques*, thèse de doctorat, Université de Bordeaux I, Bordeaux, 365 p.

BORDES J.-G. (2000) – La séquence aurignacienne de Caminade revisitée: l'apport des raccords d'intérêt stratigraphique, *Paléo*, 12, 1, p. 387-407.

## •Bibliographie

---

BORIA R.A, OLSON L.E, GOODMAN S.M, ANDERSON R.P. (2014) – Spatial filtering to reduce sampling bias can improve the performance of ecological niche models, *Ecological Modelling*, 275, p. 73-77.

BOSINSKI G. (1995) – Palaeolithic sites in the Rheinland, in *Quaternary field trips in Central Europe*, Berlin, Germany, W. Schirmer (ed.), p. 831-999.

BOSQ M. (2020) – *Le système éolien pléistocène supérieur de la vallée du Rhône (sudest de la France)*, thèse de doctorat, Université de Bordeaux, Talence, 250 p.

BOSQ M, BERTRAN P, DEGEAI J.-P, KREUTZER S, QUEFFELEC A, MOINE O, MORIN E. (2018) – Last Glacial aeolian landforms and deposits in the Rhône Valley (SE France): Spatial distribution and grain-size characterization, *Geomorphology*, 318, p. 250-269.

BOSSELIN B. (1996) – Contribution de l'abri Pataud à la chronologie du Gravettien français, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 93, 2, p. 183-194.

BOSSELIN B, DJINDJIAN F. (1994) – La chronologie du Gravettien français, *Préhistoire européenne*, 6, p. 77-115.

BOUCHER O, SERVONNAT J, ALBRIGHT A.L, AUMONT O, BALKANSKI Y, BASTRIKOV V, BEKKI S, BONNET R, BONY S, BOPP L, BRACONNOT P, BROCKMANN P, CADULE P, CAUBEL A, CHERUY F, CODRON F, COZIC A, CUGNET D, D'ANDREA F, DAVINI P, LAVERGNE C, DENVIL S, DESHAYES J, DEVILLIERS M, DUCHARNE A, DUFRESNE J, DUPONT E, ÉTHÉ C, FAIRHEAD L, FALLETTI L, FLAVONI S, FOIJOLS M, GARDOLL S, GASTINEAU G, GHATTAS J, GRANDPEIX J, GUENET B, GUEZ L. E, GUILYARDI E, GUIMBERTEAU M, HAUGLUSTAINE D, HOURDIN F, IDELKADI A, JOUSSAUME S, KAGEYAMA M, KHODRI M, KRINNER G, LEBAS N, LEVAVASSEUR G, LÉVY C, LI L, LOTT F, LURTON T, LUYSSAERT S, MADEC G, MADELEINE J, MAIGNAN F, MARCHAND M, MARTI O, MELLUL L, MEURDESOUF Y, MIGNOT J, MUSAT I, OTTLÉ C, PEYLIN P, PLANTON Y, POLCHER J, RIO C, ROCHETIN N, ROUSSET C, SEPULCHRE P, SIMA A, SWINGEDOUW D, THIÉBLEMONT R, TRAORE A.K, VANCOPPENOLLE M, VIAL J, VIALARD J, VIOVY N, VUICHARD N. (2020) – Presentation and Evaluation of the IPSL-CM6A-LR Climate Model, *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 12, 7, p. e2019MS002010.

BOUDADI-MALIGNE M, CASTEL J.-C, CAUX S, COCHARD D, LACRAMPE-CUYAUBÈRE F, LAROULANDIE V, LENOBLE A, MALLYE J.-B, MUTH X, RIGAUD S. (2012) – *Grotte de Maldidier (La Roque-Gageac, Dordogne)*, Rapport Final d'Opération, Service Régional d'Archéologie d'Aquitaine, 126 p.

## •Bibliographie

---

BOURGES F, ROGER T, DESCLAUX E, VERCOUTÈRE C, GÉLY B, CRÉGUT-BONNOURE E, THEODOROPOULOU A, MILLET J, LARTIGOT-CAMPIN A.-S, DAUJEARD C, PUAUD S, MONCEL M.-H. (2012) – La grotte du Figuier (Saint-Martin-d'Ardèche): bilan des travaux récents sur un site du Paléolithique moyen et supérieur de la moyenne vallée du Rhône (Sud-Est de la France), *Bulletin de la Société préhistorique française*, 109, 1, p. 35-67.

BOURGUIGNON L, ORTEGA-CORDELLAT M.-I. (2012) – Creysse – Le site stratifié de Canolle Ferme, *ADLFI. Archéologie de la France - Informations*, n° 0262214, p. 1-7.

BOURILLON R, WHITE R, TARTAR E, CHIOTTI L, MENSAN R, CLARK A, CASTEL J.-C, CRETIN C, HIGHAM T, MORALA A, RANLETT S, SISK M, DEVIÈSE T, COMESKEY D.J. (2018) – A new Aurignacian engraving from Abri Blanchard, France: Implications for understanding Aurignacian graphic expression in Western and Central Europe, *Quaternary International*, 491, p. 46-64.

BOUYSSONIE A, BOUYSSONIE J, BARDON L. (1939) – La « Grotte des Morts », *Bulletin de la Société scientifique, historique et archéologique de la Corrèze*, 61, p. 131-142.

BOYER-KLEIN A, DAVID F, ROBLIN-JOUE A, LALOY J. (1983) – Le gisement magdalénien de la Pente-des-Brosses à Montigny-sur-Loing (Seine-et-Marne). II: Le milieu, *Gallia Préhistoire*, 26, 1, p. 129-138.

BRADTMÖLLER M, ARRIZABALAGA Á, CALVO A, IRIARTE-CHIAPUSSO M.-J, DE LA PEÑA P. (2015) – From Upper Perigordian to the current non-hierarchical Gravettian in the Cantabrian region (Northern Spain): recent changes, current challenges, in S. Sezelova, M. Novak and A. Mizarova (dir.) *Forgotten times and spaces: New perspectives in paleoanthropological, paleoetnological and archaeological studies*, Masaryk University, Brno: Institute of Archeology of the Czech Academy of Sciences, p. 245-257.

BREUIL H. (1927) – Oeuvres d'art paléolithique inédites du Périgord et art oriental d'Espagne, *Revue anthropologique*, 4-6, p. 101-108.

BREUIL H. (1913) – Les subdivisions du paléolithique supérieur et leur signification, in *Congrès international d'anthropologie et d'archéologie préhistoriques - compte-rendu de la XIVème session*, Genève, Imprimerie Albert Kundig, p. 165-238.

BRIAND T, REMICOURT M, TALLET P, FERNANDES P, RUÉ M, SIMONET A, PASQUINI A, FEDOROFF N, PICAVET R, BERNAD C. (2010) – *Les occupations gravettiennes de Hin-de-Diou, à Pujo-le-Plan.*

*Opération d'archéologie préventive du 05 octobre au 18 décembre 2009, Villard-de-Lans, Paléotime - SRA Aquitaine, 291 p.*

BRICKER H.M. (1995) – *Le Paléolithique supérieur de l'abri Pataud, Dordogne : les fouilles de H. L. Movius Jr.: Suivi d'un inventaire analytique des sites aurignaciens et périgordiens de Dordogne*, Paris, Ed. de la Maison des sciences de l'Homme, 328 p.

BROENNIMANN O, FITZPATRICK M.C, PEARMAN P.B, PETITPIERRE B, PELLISSIER L, YOCOZ N.G, THUILLER W, FORTIN M.-J, RANDIN C, ZIMMERMANN N.E, GRAHAM C.H, GUIBAN A. (2011) – Measuring ecological niche overlap from occurrence and spatial environment data, *Global Ecology and Biogeography*, 21, 4, p. 481-497.

BRUGAL J.-P, DIEZ-LOMANA C, PÀMIES R.H, MICHEL P, ARDÈVOL J.R. (2006) – Karstic cavities, natural bone accumulations and discrete human activities in the European Palaeolithic: some case studies, in J.A.Haws B.S.Hockett & J.P.Brugal & (dir.) *Palaeolithic Zooarchaeology in Practices*, B.A.R. International Series, p. 1-12.

BRUXELLES L, JARRY M. (2012) – Climats et cultures paléolithiques : quand la vallée devient frontière..., *Archeopages*, Hors-série 3, p. 72-85.

BRUXELLES L, JARRY M. (2011) – Climatic conditions, settlement patterns and cultures in the Paleolithic: The example of the Garonne Valley (southwest France), *Journal of Human Evolution*, 61, 5, p. 538-548.

BUISSON D. (1991) – Le Périgordien du Blot (Cerzat, Haute-Loire): Note préliminaire, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 88, 4, p. 104-108.

CALVO A, ARRIZABALAGA A. (2020) – Piecing together a new mosaic: Gravettian lithic resources and economic territories in the Western Pyrenees, *Archaeological and Anthropological Sciences*, 12, 12, p. 282.

CALVO A, PERALES U, GARCÍA-ROJAS M, NORMAND C, ARRIZABALAGA A. (2019) – Just before sewing needles. A functional hypothesis for Gravettian Noailles-type burins from Isturitz cave (Basque Country, southwestern France), *Journal of Archaeological Science: Reports*, 25, p. 420-432.

CASTEL J.-C, BOUDADI-MALIGNE M, DUCASSE S, RENARD C, CHAUVIÈRE F.-X, KUNTZ D, MALLIÈRE J.-B. (2014) – Animal Exploitation Strategies in eastern Aquitaine (France) during the Last Glacial

## •Bibliographie

---

Maximum, in *Wild Things. Recent Advances in Palaeolithic and Mesolithic Research*, Oxford, Oxbow Books, p. 160-174.

CASTEL J.-C, CAMUS H, BOUDADI-MALIGNE M, LAROULANDIE V, KUNTZ D. (2012) – L'Igue du Pras de Marrou (Durbans, Lot) – un piège naturel de l'extrême fin du Pléistocène, *Bulletin Préhistoire du Sud-ouest*, 20, 2, p. 125-142.

CAUX S. (2015) – *Du territoire d'approvisionnement au territoire culturel : pétroarchéologie et techno-économie du silex Grain de mil durant l'Aurignacien dans le Sud-ouest de la France*, thèse de doctorat, Université de Bordeaux, Bordeaux, 251 p.

CAVA A, ELORRIETA I, BARANDIARÀN I. (2009) – El Gravetiense de la cueva de Alkerdi (Urdax, Navarra): anàlisis y contexte de su industria lítica, *Munibe (Anthropologie-Arkeologia)*, 60, p. 51-80.

CÉLÉRIER G. (1967) – Le gisement périgordien supérieur des « Jambes ». Commune de Périgueux (Dordogne), *Bulletin de la Société préhistorique française*, tome 64, Fasc. 1, p. 53-68.

CÉLÉRIER G, LAVILLE H, THIBAUT C. (1967) – Étude sédimentologique du gisement préhistorique des Jambes, à Périgueux, *Bulletin de la Société préhistorique française. Études et travaux*, 64, 1, p. 69-82.

CHAILLOU A, THOMAS J. (2007) – L'application Patriarche. Inventaire informatique de la carte archéologique nationale, *Les nouvelles de l'archéologie*, 107, p. 52-57.

CHASE J.M, LEIBOLD M.A. (2003) – *Ecological niches: linking classical and contemporary approaches*, Chicago, University of Chicago Press, 212 p.

CHEHMANA L, DEBOUT G, VALENTIN B, BAZIN P, BIGNON O. (2008) – Quels auteurs pour l'industrie de Mancy à Saint-Brisson-sur-Loire (Loiret)? Réévaluation d'un assemblage présumé magdalénien en région Centre, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 105, 2, p. 283-290.

CHEYNIER A. (1962) – *Le Cirque de la Patrie*, Paris, Société préhistorique française, 196 p.

CHEYNIER A. (1960) – Place pour le Gravétien, *Bulletin de la Société préhistorique de France*, 57, 7, p. 389-412.

CLARK P.U, PISIAS N.G, STOCKER T.F, WEAVER A.J. (2002) – The role of the thermohaline circulation in abrupt climate change, *Nature*, 415, 6874, p. 863-869.

CLARKE D. (1973) – Archaeology: the loss of innocence, *Antiquity*, XLVII, p. 6-18.

CLARKE D. (1968) – *Analytical Archaeology*, Methuen & Co Ltd, London, 511 p.

CLAUSSEN M, MYSAK L, WEAVER A, CRUCIFIX M, FICHEFET T, LOUTRE M.-F, WEBER S, ALCAMO J, ALEXEEV V, BERGER A, CALOV R, GANOPOLSKI A, GOOSSE H, LOHMANN G, LUNKEIT F, MOKHOV I.I, PETOUKHOV V, STONE P, WANG Z. (2002) – Earth system models of intermediate complexity: closing the gap in the spectrum of climate system models, *Climate Dynamics*, 18, 7, p. 579-586.

CLOTTES J. (1985) – Circonscription des Pyrénées, *Gallia Préhistoire*, 28, 2, p. 331-371.

COBOS M.E, PETERSON A.T, BARVE N, OSORIO-OLVERA L. (2019A) – Kuenm: An R Package for Detailed Development of Ecological Niche Models Using Maxent, *PeerJ*, 7, p. e6281.

COBOS M.E, TOWNSEND PETERSON A, OSORIO-OLVERA L, JIMÉNEZ-GARCÍA D. (2019B) – An Exhaustive Analysis of Heuristic Methods for Variable Selection in Ecological Niche Modeling and Species Distribution Modeling, *Ecological Informatics*, 53, p. 100983.

COBOS M.E, OSORIO-OLVERA L, PETERSON A.T. (2019C) – Assessment and representation of variability in ecological niche model predictions, *bioRxiv*, p. 603100.

CODD E.F. (1970) – A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks, *Information Retrieval*, 13, 6, p. 11.

COLLARD M, VAESEN K, COSGROVE R, ROEBROEKS W. (2016) – The empirical case against the ‘demographic turn’ in Palaeolithic archaeology, *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 371, p. 20150242.

COLONGE D, CLAUD E, DESCHAMPS M, FOURLOUBEY C, HERNANDEZ M, SELLAMI F, ANDERSON L, BUSSEUIL N, DEBENHAM N, GARON H, O’FARRELL M. (2015) – Preliminary results from new Palaeolithic open-air sites near Bayonne (south-western France), *Quaternary International*, 364, p. 109-125.

COLWELL R.K, RANGEL T.F. (2009) – Hutchinson’s duality: The once and future niche, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106, Suppl. 2, p. 19651-19658.

## •Bibliographie

---

CONNET N, LHOMME V. (1992) – Des pièces particulières sur le gisement Paléolithique supérieur de Chamvres (Yonne), *Paléo*, 4, 1, p. 123-135.

COPPE J, LEPERS C, CLARENNE V, DELEAUNOIS E, PIRLOT M, ROTS V. (2019) – Ballistic study of tackles kinetic energy values of Palaeolithic weaponry, *Archaeometry*, 61, 4, p. 933-956.

COPPE J, ROTS V. (2017) – Focus on the target. The importance of a transparent fracture terminology for understanding projectile points and projecting modes, *Journal of Archaeological Science: Reports*, 12, p. 109-123.

CORMARÈCHE E. (2020) – *Les comportements techniques au Gravettien récent. Réflexions sur la diversité de l'équipement cynégétique lithique*, thèse de doctorat, Université Paris Nanterre, Paris, 399 p.

COUCHARD J, DE SONNEVILLE-BORDES D. (1960) – La grotte de Bassaler-Nord, près de Brive et la question du Périgordien II en Corrèze, *L'Anthropologie*, t. 64, 5-6, p. 415-437.

COUCHOUD I. (2003) – Processus géologiques de formation du site moustérien du Roc de Marsal (Dordogne, France), *Paléo*, 15, p. 51-68.

COUMONT M.-P. (2008) – Les avens-pièges. Taphonomie et paléoécologie d'accumulations naturelles fossiles de faune. Apports pour la compréhension des archéofaunes, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 105, 4, p. 691-707.

COUMONT M.-P, CASTEL J.-C. (2007) – Etude taphonomique d'un aven-piège du Tardiglaciaire, l'Igüe du Gral, Saulilac-sur-Célé, Lot, in J. Evin (dir.) *Un siècle de construction du discours scientifique en Préhistoire*, Avignon, 21-25 septembre 2004, Société Préhistorique Française, p. 499-514.

CREANZA N, KOLODNY O, FELDMAN M.W. (2017) – Cultural evolutionary theory: How culture evolves and why it matters, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114, 30, p. 7782-7789.

DANIEL R. (1969) – Note sur la grotte de Champ près de Brive (Corrèze), *Bulletin de la Société préhistorique française. Comptes rendus des séances mensuelles*, 66, 5, p. 137-140.

DANIEL R. (1967) – Le Périgordien supérieur de Petit-Puyrousseau, commune de Périgueux (Dordogne), *Bulletin de la Société préhistorique française*, 64, 8, p. 236-241.



## •Bibliographie

---

DANIEL R. (1937) – Similitude de l'Industrie paléolithique du «Cirque de la Patrie», près Nemours (Seine-et-Marne), avec celle du niveau de base de Laugerie-Haute (Tayac, Dordogne), *Bulletin de la Société préhistorique de France*, 34, 7, p. 338-344.

DANIEL R, SCHMIDER B. (1972) – L'abri Durand-Ruel, près Brantôme (Dordogne) et ses problèmes stratigraphiques, *Gallia préhistoire*, 15, 2, p. 323-337.

DANSGAARD W, JOHNSEN S.J, CLAUSEN H.B, DAHL-JENSEN D, GUNDESTRUP N.S, HAMMER C.U, HVIDBERG C.S, STEFFENSEN J.P, SVEINBJÖRNSDOTTIR A.E, JOUZEL J, BOND G. (1993) – Evidence for general instability of past climate from a 250-kyr ice-core record, *Nature*, 364, 6434, p. 218-220.

DAVID N. (1985) – *The Noaillian (level 4) assemblages and the Noaillian Culture in Western Europe*, Cambridge, Mass, Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, 355 p.

DE LA PEÑA ALONSO P. (2012) – A propósito del Gravetiense...El paso de cultura a tecnocomplejo: un caso ejemplar de pervivencia particularista, *Complutum*, 23, 1, p. 41-62.

DE LA PEÑA ALONSO P. (2011) – *Sobre la unidad tecnologica del Gravetiense en la península Ibérica: implicaciones para el conocimiento del Paleolitico superior inicial*, thèse de doctorat, Universidad complutense de Madrid, Madrid, 822 p.

DE LA PEÑA ALONSO P. (2009) – Revisión crítica de los conjuntos líticos gravetienses y su contexto arqueológico en la Península Ibérica, *Complutum*, 20, 1, p. 29-53.

DE LA RASILLA VIVES M, STRAUS L.G. (2004) – El poblamiento en la región cantabrica en torno al Ultimo Máximo Glacial: Gravetiense y Solutrense, *Kobie*, 8, p. 209-242.

DE LAS HERAS C, LASHERAS J.A, ARRIZABALAGA Á, DE LA RASILLA M. (DIR.) (2013) – *Pensando el Gravetiense: nuevos datos para la region cantabrica en su contexto peninsular y pyrenaico*, monografias 23, Museo Nacional y Centro de Investigacion de Altamira, Santander, Madrid, 619 p.

DELAGE F. (1936) – L'abri des Merveilles à Castel-Merle (Sergeac, Dordogne), in *Compte-rendu de la XIIe session*, Toulouse-Foix, Société Préhistorique Française, Paris, p. 578-608.

DELPECH F, GRAYSON D.K, RIGAUD J.-P. (2000) – Biostratigraphie et paléoenvironnements du début du Würm récent d'après les grands mammifères de l'Abri du Flageolet I (Dordogne, France), *Paléo*, 12, 1, p. 97-126.

## •Bibliographie

---

DELPECH F, TEXIER J.-P. (2007) – Approche stratigraphique des temps Gravettiens: l'éclairage aquitain, *Paléo*, 19, p. 15-29.

DELPORTE H. (1991) – La séquence aurignacienne et périgordienne sur la base des travaux récents réalisés en Périgord, *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 88, 8, p. 243-265.

DELPORTE H. (1983) – L'organisation du Périgordien supérieur en France et ses rapports avec le Périgordien d'Europe Occidentale, in *Aurignacien - Périgordien - Gravettien*, Liège, p. 83-106.

DELPORTE H. (1968) – L'abri du Facteur à Tursac (Dordogne). I. Etude générale, *Gallia préhistoire*, tome XI, fasc. 1, p. 1-112.

DELPORTE H. (1962) – Le gisement paléolithique de La Rochette (commune de Saint-Léon-sur-Vézère, Dordogne), *Gallia préhistoire*, 5, 1, p. 1-22.

DELPORTE H. (1954) – Le Périgordien, *Bulletin de la Société préhistorique de France*, 51, 8, p. 44-48.

DELPORTE H. (1957) – L'industrie périgordienne de l'Abri du Facteur ou de la Forêt, à Tursac (Dordogne), *Société d'études et de recherche préhistoriques*, 7, p. 24-37.

DELPORTE H, TUFFREAU A. (1972-73) – Les industries du Périgordien supérieur de la Ferrassie, *Quartär*, t. 22-23, p. 93-123.

DELVIGNE V. (2016) – *Géoressources et expressions technoculturelles dans le sud du Massif central au Paléolithique supérieur: des déterminismes et des choix*, thèse de doctorat, Université de Bordeaux, Bordeaux, 1293 p.

DELVIGNE V, FERNANDES P, TUFFERY C, RAYNAL J.-P, KLARIC L. (2020) – Taphonomic methods and a database to establish the origin of sedimentary silicified rocks from the Middle-recent Gravettian open-air site of La Picardie (Indre-et-Loire, France), *Journal of Archaeological Science: Reports*, 32, p. 102369.

DELVIGNE V, PIBOULE M, FERNANDES P, LAFARGE A, AUBRY T, LLACH X.M, PRIMAULT J, RAYNAL J.-P. (2018) – Principales matières premières lithiques disponibles au Paléolithique entre le Bassin parisien et l'Auvergne: partie 2 - Loir-et-Cher, Indre-et-Loire. Le cas du Turonien inférieur et supérieur, in *Préhistoire de la France centrale*, Montluçon, Cercle d'Archéologie de Montluçon et de la région, p. 27-48.

## •Bibliographie

---

DEMARS P.-Y. (1998) – Circulation des silex dans le nord de l'Aquitaine au Paléolithique supérieur: l'occupation de l'espace par les derniers chasseurs-cueilleurs, *Gallia préhistoire*, 40, 1, p. 1-28.

DEMARS P.-Y. (1977) – Les industries du Périgordien supérieur des grottes de Pré-Aubert et des Morts près Brive (Corrèze), *Bulletin de la Société préhistorique française. Comptes rendus des séances mensuelles*, 74, 4, p. 103-111.

DEMARS P.-Y, LAURENT P. (1992) –*Types d'outils lithiques du Paléolithique supérieur en Europe*, Paris, Presses du CNRS, 178 p.

DE MORTILLET G. (1883) –*Le Préhistorique, antiquité de l'homme*, Reinwald, Paris, 642 p.

DE PARTHENAY M, DELVIGNE V, PESESSE D. (2021) – Etudes préliminaires de circulation de savoir-technique au Gravettien: le cas du débitage lamellaire rayssien de la Grotte des Morts (Brive-la-Gaillarde, Corrèze): approche pétroarchéologique et étude de réseau - résumé de mémoire, in *Projet Collectif de Recherche « Réseau de lithothèques en Nouvelle-Aquitaine » - Rapport d'activités*, p. 126-142.

D'ERRICO F, BANKS W.E. (2013) – Identifying Mechanisms behind Middle Paleolithic and Middle Stone Age Cultural Trajectories, *Current Anthropology*, 54, 8, p. 371-387.

D'ERRICO F, BANKS W.E, WARREN D.L, SGUBIN G, NIEKERK K. VAN, HENSHILWOOD C, DANIAU A.-L, GOÑI M.F.S. (2017) – Identifying early modern human ecological niche expansions and associated cultural dynamics in the South African Middle Stone Age, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114, 30, p. 7869-7876.

DESCOLA P. (2019) –*Une écologie des relations*, Paris, CNRS Editions, 64 p.

DE SONNEVILLE-BORDES D. (1971) – Un fossile directeur osseux du Périgordien supérieur à burins de Noailles, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 68, 2, p. 44-45.

DE SONNEVILLE-BORDES D. (1966) – L'évolution du Paléolithique supérieur en Europe occidentale et sa signification, *Bulletin de la Société préhistorique française. Études et travaux*, 63, 1, p. 3-34.

DE SONNEVILLE-BORDES D. (1960) –*Le Paléolithique supérieur en Périgord*, vol. 1, Imprimeries Delmas, Bordeaux, CNRS, 558 p.

## •Bibliographie

---

DE SONNEVILLE-BORDES D, PERROT J. (1956A) – Lexique typologique du Paléolithique supérieur. Outillage lithique - IV Burins, *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 53, 7-8, p. 408-412.

DE SONNEVILLE-BORDES D, PERROT J. (1956B) – Lexique typologique du Paléolithique supérieur. Outillage lithique (suite et fin) (1) V Outillage à bord abattu - VI Pièces tronquées - VII Lames retouchées - VIII Pièces variées - IX Outillage lamellaire. Pointe azilienne, *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 53, 9, p. 547-559.

DE SONNEVILLE-BORDES D, PERROT J. (1954) – Lexique typologique du Paléolithique supérieur. Outillage lithique: I Grattoirs - II Outils solutréens, *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 51, 7, p. 327-335.

DETRAIN L, BOURGUIGNON L, LEGRAND Y, BEYER C, BIDART P, CHAUVIÈRE F.-X, CLEYET-MERLE J.-J, DIOT M.-F, FONTUGUE M, GENESTE J.-M, GUADELLI J.-L, KERVAZO B, LEMORINI C, LEROYER C, LIMONDIN N, MARCON V, MORALA A, O'YL W, PLATTEL J.-P. (1994) – *Fouille de sauvetage du Musée National de Préhistoire des Eyzies*, Etat d'avancement de la publication, p. 154

DIBBLE H.L, LIN S.C, SANDGATHE D.M, TURQ A. (2018) – Assessing the Integrity of Older Archeological Collections: an Example from La Ferrassie, *Journal of Paleolithic Archaeology*, 1, 3, p. 179-201.

DIBBLE H.L, MCPHERRON S.P, SANDGATHE D, GOLDBERG P, TURQ A, LENOIR M. (2009) – Context, curation, and bias: an evaluation of the Middle Paleolithic collections of Combe-Grenal (France), *Journal of Archaeological Science*, 36, 11, p. 2540-2550.

DIBBLE H.L, MCPHERRON S.J.P, CHASE P, FARRAND W.R, DEBÉNATH A. (2006) – Taphonomy and the Concept of Paleolithic Cultures: The Case of the Tayacian from Fontéchevade, *PaleoAnthropology*, p. 1-21.

DIGAN M. (2006) – *Le gisement Gravettien de la Vigne-Brun, Loire, France: étude de l'industrie lithique de l'Unité KL 19*, B.A.R series, Oxford, Hedges, 228 p.

DIGAN M, RUÉ M, FLOSS H. (2008) – Le Gravettien entre Saône et Loire: bilan et apports récents, *Paléo*, 20, p. 291-304.

DISCAMPS E, JAUBERT J, BACHELLERIE F. (2011) – Human choices and environmental constraints: deciphering the variability of large game procurement from Mousterian to

•Bibliographie

---

Aurignacian times (MIS 5-3) in southwestern France, *Quaternary Science Reviews*, 30, p. 2755-2775.

DJINDJIAN F. (1977) – Burin de Noailles, burin sur troncature et sur cassure : statistique descriptive appliquée à l'analyse typologique, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 74, 5, p. 145-154.

DJINDJIAN F, KOSLOWSKI J, OTTE M. (1999) – *Le Paléolithique supérieur en Europe*, Armand Colin, Paris, 473 p.

DOUKA K, CHIOTTI L, NESPOULET R, HIGHAM T. (2020) – A refined chronology for the Gravettian sequence of Abri Pataud, *Journal of Human Evolution*, 141, p. 102730.

DOYON L. (2020) – The cultural trajectories of Aurignacian osseous projectile points in Southern Europe: Insights from geometric morphometrics, *Quaternary International*, 551, p. 63-84.

DRAKE J.M. (2015) – Range bagging: a new method for ecological niche modelling from presence-only data, *Journal of The Royal Society Interface*, 12, 107, p. 20150086.

DUCASSE S. (2010) – *La "parenthèse" badegoulienne: fondements et statut d'une discordance industrielle à travers l'analyse techno-économique de plusieurs ensembles lithiques du Dernier Maximum Glaciaire*, thèse de doctorat, Université Toulouse Le Mirail - Toulouse II, Toulouse, 461 p.

DUCASSE S, PÉTILLON J.-M, AUBRY T, CHAUVIÈRE F.-X, CASTEL J.-C, DETRAIN L, LANGLAIS M, MORALA A, BANKS W.E, LENOBLE A. (2020) – The Abri Casserole (Dordogne, France): reassessing the 14C chronology of a key Upper Paleolithic sequence in Southwestern France, *Radiocarbon*, 62, 5, p. 1237-1260.

DUCASSE S, RENARD C.M, COSTAMAGNO S, PÉTILLON J.-M, FOUCHER P, SAN JUAN-FOUCHER C, CAUX S. (2017) – Les Pyrénées au cours du Dernier Maximum Glaciaire: un "no man's land" badegoulien? Nouvelles données sur l'occupation du piémont pyrénéen à partir du réexamen des industries solutréennes de l'abri des Harpons (Lespugue, Haute-Garonne), *Bulletin de la Société préhistorique française*, 114, 2, p. 257-294.

DUPRAT-OUALID F, RIUS D, BÉGEOT C, MAGNY M, MILLET L, WULF S, APPELT O. (2017) – Vegetation response to abrupt climate changes in Western Europe from 45 to 14.7k cal a BP:

## •Bibliographie

---

the Bergsee lacustrine record (Black Forest, Germany), *Journal of Quaternary Science*, 32, 7, p. 1008-1021.

DUTKIEWICZ E, FLOSS H. (2015) – La grotte de la Verpillère I à Germolles, site de référence paléolithique en Bourgogne méridionale, *La Physiophile. Sciences et Histoire en Bourgogne du Sud*, 162, p. 13-32.

EHLERS J, GIBBARD P. (2004) – *Quaternary Glaciations - Extent and Chronology, Part I: Europe*, vol. 2a, Elsevier, Amsterdam, 488 p.

ELITH J, PHILLIPS S.J, HASTIE T, DUDÍK M, CHEE Y.E, YATES C.J. (2011) – A statistical explanation of MaxEnt for ecologists, *Diversity and Distributions*, 17, 1, p. 43-57.

ELITH J, KEARNEY M, PHILLIPS S. (2010) – The art of modelling range-shifting species, *Methods in Ecology and Evolution*, 1, 4, p. 330-342.

ELITH J, H. GRAHAM C, P. ANDERSON R, DUDÍK M, FERRIER S, GUISAN A, J. HIJMANS R, HUETTMANN F, R. LEATHWICK J, LEHMANN A, LI J, G. LOHMANN L, A. LOISELLE B, MANION G, MORITZ C, NAKAMURA M, NAKAZAWA Y, MCC. M. OVERTON J, TOWNSEND PETERSON A, J. PHILLIPS S, RICHARDSON K, SCACHETTI-PEREIRA R, E. SCHAPIRE R, SOBERÓN J, WILLIAMS S, S. WISZ M, E. ZIMMERMANN N. (2006) – Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data, *Ecography*, 29, 2, p. 129-151.

ELLIOT M, LABEYRIE L, DUPLESSY J.-C. (2002) – Changes in North Atlantic deep-water formation associated with the Dansgaard-Oeschger temperature oscillations (60–10ka), *Quaternary Science Reviews*, 21, 10, p. 1153-1165.

ELTON C. (1927) – *Animal Ecology*, Julian S. Huxley, New York (N.Y.), The MacMillan Company, 207 p.

ESCOBAR L.E, QIAO H, LEE C, PHELPS N.B.D. (2017) – Novel Methods in Disease Biogeography: A Case Study with Heterosporosis, *Frontiers in Veterinary Science*, 4, p. 105.

ESCOBAR L.E, LIRA-NORIEGA A, MEDINA-VOGEL G, TOWNSEND PETERSON A. (2014) – Potential for spread of the white-nose fungus (*Pseudogymnoascus destructans*) in the Americas: use of Maxent and NicheA to assure strict model transference, *Geospatial health*, 9, 1, p. 221-229.

ETHERINGTON T.R. (2019) – Mahalanobis distances and ecological niche modelling: correcting a chi-squared probability error, *PeerJ*, 7, p. e6678.

## •Bibliographie

---

FAGNART J.-P. (1984) – Le Paléolithique supérieur dans le Nord de la France : un état de la question, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 81, 10, p. 291-301.

FAGNART J.-P., COUDRET P., ANTOINE P. (2013) – Le Paléolithique supérieur ancien dans le Nord de la France, in P. Bodu, L. Chehmana, L. Klaric, L. Mevel, S. Soriano, N. Teyssandier (dir) *Le Paléolithique supérieur ancien de l'Europe du Nord-Ouest*, actes du colloque de Sens (2009, Yonne), Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 56), p. 197-214.

FALCUCCI A., CONARD N.J., PERESANI M. (2020) – Breaking through the Aquitaine frame: A re-evaluation on the significance of regional variants during the Aurignacian as seen from a key record in southern Europe, *Journal of Anthropological Sciences*, 98, p. 99-140.

FARBER O., KADMON R. (2003) – Assessment of alternative approaches for bioclimatic modeling with special emphasis on the Mahalanobis distance, *Ecological Modelling*, 160, 1-2, p. 115-130.

FÉBLOT-AUGUSTINS J., PARK S.-J., DELAGNES A. (2010) – *Etat des lieux de la lithothèque du bassin de la Charente* Consultable à <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00531645>.

FENG X., PARK D.S., LIANG Y., PANDEY R., PAPEŞ M. (2019) – Collinearity in ecological niche modeling: Confusions and challenges, *Ecology and Evolution*, 9, 18, p. 10365-10376.

FERNANDES P., MORALA A., SCHMIDT P. (2012) – Le silex du Bergeracois : état de la question, in *Quaternaire Continental d'Aquitaine, excursion AFEQ-ASF 2012*, p. 22-44.

FERUGLIO V., BOURDIER C., AUJOULAT N., DELLUC M., JAUBERT J. (2020) – Cussac cave Gravettian parietal art (Dordogne, France): Updated inventories and new insights into Noaillian rock art, *Journal of Archaeological Science: Reports*, 32, p. 102427.

FERUGLIO V., AUJOULAT N., JAUBERT J. (2011) – L'art pariétal gravettien, ce qu'il révèle de la société en complément de la culture matérielle, in N. Goutas, L. Klaric, D. Pesesse, P. Guillermin (dir.) *A la recherche des identités gravettiennes. Actualités, questionnements, perspectives, actes de la table ronde sur le Gravettien en France et dans les pays limitrophes (Aix-en-Provence, 2008)*, Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 52), p. 243-255.

FIELDING A.H., BELL J.F. (1997) – A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models, *Environmental Conservation*, 24, 1, p. 38-49.

## •Bibliographie

---

FLETCHER W.J, SÁNCHEZ GOÑI M.F, ALLEN J.R.M, CHEDDADI R, COMBOURIEU-NEBOUT N, HUNTLEY B, LAWSON I, LONDEIX L, MAGRI D, MARGARI V, MÜLLER U.C, NAUGHTON F, NOVENKO E, ROUCOUX K, TZEDAKIS P.C. (2010) – Millennial-scale variability during the last glacial in vegetation records from Europe, *Quaternary Science Reviews*, 29, 21-22, p. 2839-2864.

FLOSS H, DUTKIEWICZ E, FRICK J, HOYER C. (2013) – Le Paléolithique supérieur ancien en Bourgogne du sud, in P. Bodu, L. Chehmana, L. Klaric, L. Mevel, S. Soriano, N. Teyssandier (dir) *Le Paléolithique supérieur ancien de l'Europe du Nord-Ouest*, actes du colloque de Sens (2009, Yonne), Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 56), p. 331-350.

FLOSS H, TALLER A. (2011) – Aspects de la technologie lithique du site gravettien d'Azé-Camping de Rizerolles (Saône-et-Loire, France), in N. Goutas, L. Klaric, D. Pesesse, P. Guillermin (dir.) *A la recherche des identités gravetiennes. Actualités, questionnements, perspectives, actes de la table ronde sur le Gravettien en France et dans les pays limitrophes (Aix-en-Provence, 2008)*, Société Préhistorique Française (Mémoire 52), p. 45-56.

FONTAINE A. (2006) – *Le site des Vachons (commune de Voulgézac, Charente): étude typologique des couches 3 et 3 bis (précédée d'un avant-propos rectificatif)*, mémoire de D.E.A, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 104 p.

FONTANA L. (SOUS PRESSE) – Économie des ressources animales et mobilité des groupes humains au Pléniglaciaire supérieur et au Tardiglaciaire (30 000-14 000 cal BP) en France: un système Renne au service d'une aristocratie paléolithique?, in C. Darmangeat, G. Emmanuel (dir.) *Une aristocratie à l'âge de pierre? L'égalitarisme des sociétés du Paléolithique supérieur en question*, Les Eyzies-de-Tayac, p. xx-xx.

FONTANA L, CHAUVIÈRE F.-X. (2018) – Economie et nomadisme au Pléniglaciaire supérieur et au Tardiglaciaire en Europe de l'ouest: le système Renne, in F. Djindjian (dir.) *La préhistoire de la France*, Paris, Harmann Editeurs, Histoire et archéologie, p. 141-148.

FORD J.A, STEWARD J.H. (1954) – On the Concept of Types, *American Anthropologist*, 56, 1, p. 42-57.

FORDHAM D.A, SALTRÉ F, HAYTHORNE S, WIGLEY T.M.L, OTTO-BLIESNER B.L, CHAN K.C, BROOK B.W. (2017) – PaleoView: a tool for generating continuous climate projections spanning the last 21 000 years at regional and global scales, *Ecography*, 40, p. 1348-1358.



## •Bibliographie

---

FOUCHER P. (2015) – Flint economy in the Pyrenees: A general view of siliceous raw material sources and their use in the Pyrenean Gravettian, *Journal of Lithic Studies*, 2, 1.

FOUCHER P. (2013) – Synthèse chrono-culturelle sur le Gravettien des Pyrénées : constat et réflexions sur la stabilité régionale des traditions techniques, in C. de la Heras, J.A. Lasheras, A. Arrizalaga, M. de la Rasilla (dir.) *Pensando el Gravetiense: nuevos datos para la region cantabrica en su contexto peninsular y pyrenaico*, Madrid, Museo Nacional y Centro de Investigacion de Altamira, Santander, (monografias 23), p. 142-159.

FOUCHER P. (2004) – *Les industries lithiques du complexe Gravettien-Solutréen dans les Pyrénées: techno-typologie et circulation des matières siliceuses de part et d'autre de l'axe Pyrénées-Cantabres*, thèse de doctorat, Université Toulouse Le Mirail - Toulouse II, Toulouse, 334 p.

FOUCHER P, JUAN-FOUCHER C.S, OBERLIN C. (2011) – Les niveaux d'occupation gravettiens de Gargas (Hautes-Pyrénées): nouvelles données chronostratigraphiques, in N. Goutas, L. Klaric, D. Pesesse, P. Guillermin (dir.) *À la recherche des identités gravettiennes. Actualités, questionnements, perspectives, actes de la table ronde sur le Gravettien en France et dans les pays limitrophes (Aix-en-Provence, 2008)*, Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 52), p. 373-385.

FOUCHER P, JUAN-FOUCHER C.S, VERCOUTÈRE C, FERRIER C. (2012) – La grotte de Gargas (Hautes-Pyrénées, France): l'apport du contexte archéologique à l'interprétation de l'art pariétal, in J. Clottes (dir.) *L'art pléistocène dans le monde*, Société préhistorique Arièges-Pyrénées, p. 209-225.

FOUCHER P, SAN JUAN-FOUCHER C, SACCHI D, ARRIZABALAGA Á. (2008) – Le Gravettien des Pyrénées, *Paléo*, 20, p. 331-356.

FOUCHER P, JUAN C.S, MARTIN H. (1999) – Le site gravettien de la Carane-3 (Foix, Ariège), *Bulletin de la Société préhistorique Ariège-Pyrénées*, LIV, p. 15-42.

FOUGÈRE F. (2011) – Pour une modélisation du cycle annuel de nomadisation des chasseurs-cueilleurs : données ethnographiques et conditions d'applications archéologiques, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 108, 2, p. 201-220.

FRENCH J.C. (2015) – The demography of the Upper Palaeolithic hunter-gatherers of Southwestern France: A multi-proxy approach using archaeological data, *Journal of Anthropological Archaeology*, 39, p. 193-209.

GAMBASSINI P. (2007) – Traits essentiels du Gravettien en Italie, in *Le Gravettien: entités régionales d'une paléoculture européenne*, Paléo, p. 105-108.

GARATE D, RIVERO O, RIOS-GARAIZAR J, ARRIOLABENGOA M, INTXAURBE I, SALAZAR S. (2020) – Redefining shared symbolic networks during the Gravettian in M. D. Petraglia (dir.) *Western Europe: New data from the rock art findings in Aitzbitarte caves (Northern Spain)*, PLOS ONE, 15, 10, p. e0240481.

GARROD D.A.E. (1938) – The Upper Palaeolithic in the Light of Recent Discovery, *Nature*, 4, 1, p. 1-26.

GAUSE G.F. (1934) – *The struggle for existence*, Baltimore, USA, The Williams & Wilkins Company, 163 p.

GENESTE J.-M, MIERZCHALA S, GILLIOZ P.-A, REGERT M, COSGROVE R, GÉ T, KERVAZO B, TEXIER J.-P, DIOT M.-F, CASTEL J.-C, MARQUET J.-C, BOCHERENS H, FLOCH J.-P, PELEGRIN J, LAPORAL D, PLISSON H, DUBREUIL L, LIOLIOS D, CHAUVIÈRE F.-X, CATALIOTTI J, D'ERRICO F. (1996) – *Le gisement solutréen de la Grotte de Combe-Saunière. I. Problématiques et données*, Etat d'avancement de la publication, p. 130

GENESTE J.-M, PLISSON H. (1986) – Le Solutréen de la grotte de Combe Saunière 1 (Dordogne). Première approche paléolithologique, *Gallia préhistoire*, 29, 1, p. 9-27.

GIAMPOUDAKIS K, MARSKE K.A, BORREGAARD M.K, UGAN A, SINGARAYER J.S, VALDES P.J, RAHBK C, NOGUÉS-BRAVO D. (2017) – Niche dynamics of Palaeolithic modern humans during the settlement of the Palaearctic: Climatic niche dynamics of Palaeolithic modern humans, *Global Ecology and Biogeography*, 26, 3, p. 359-370.

GOOSSE H, BROVKIN V, FICHEFET T, HAARSMA R, HUYBRECHTS P, JONGMA J, MOUCHET A, SELTEN F, BARRIAT P.-Y, CAMPIN J.-M, DELEERSNIJDER E, DRIESSCHAERT E, GOELZER H, JANSSENS I, LOUTRE M.-F, MORALES MAQUEDA M.A, OPSTEEGH T, MATHIEU P.-P, MUNHOVEN G, PETERSSON E.J, RENSSSEN H, ROCHE D.M, SCHAEFFER M, TARTINVILLE B, TIMMERMANN A, WEBER S.L. (2010) – Description of the Earth system model of intermediate complexity LOVECLIM version 1.2, *Geoscientific Model Development*, 3, 2, p. 603-633.

## •Bibliographie

---

GORDON C, COOPER C, SENIOR C.A, BANKS H, GREGORY J.M, JOHNS T.C, MITCHELL J.F.B, WOOD R.A. (2000) – The simulation of SST, sea ice extents and ocean heat transports in a version of the Hadley Centre coupled model without flux adjustments, *Climate Dynamics*, 16, p. 147-168.

GOTTARDI G. (2011) – *La question des faciès au Gravettien: fonctions, traditions ou chronologie?*, mémoire de master 2, Université de Bordeaux, Bordeaux, 72 p.

GOURY G. (1927) – *Origine et Evolution de l'Homme*, Editions Auguste Picard, Paris, 404 p.

GOUTAS N. (2013A) – De Brassempouy à Kostienki : l'exploitation technique des ressources animales dans l'Europe gravettienne, in M. Otte (dir.) *Les Gravettiens*, Editions Errances, Arles, p. 105-160.

GOUTAS N. (2013B) – Nouvelles données sur l'industrie osseuse des grottes du Renne et du Trilobite à Arcy-sur-Cure (Yonne, France), in P. Bodu, L. Chehmana, L. Klaric, L. Mevel, S. Soriano, N. Teyssandier (dir.) *Le Paléolithique supérieur ancien de l'Europe du Nord-Ouest*, actes du colloque de Sens (2009, Yonne), Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 56), p. 89-116.

GOUTAS N. (2009) – Réflexions sur une innovation technique gravettienne importante : le double rainurage longitudinal, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 106, 3, p. 437-456.

GOUTAS N. (2008) – Les pointes d'Isturitz sont-elles toutes des pointes de projectile?, *Gallia préhistoire*, 50, 1, p. 45-102.

GOUTAS N. (2004) – *Caractérisation et évolution du Gravettien en France par l'approche techno-économique des industries en matières dures animales (étude de six gisements du Sud-ouest*, thèse de doctorat, Université de Paris 1 Panthéon-Sorbonne, Paris, 675 p.

GOUTAS N, BODU P, HINGUANT S, AVERBOUH A, CHRISTENSEN M. (2018) – La « production baguettaire » au Gravettien. Étude de cas et discussions à partir de l'industrie en bois de cervidé de Laugerie-Haute (Dordogne, France), in M. Christensen, N. Goutas (dir.) « À coup d'éclats ! » *La fracturation des matières osseuses en Préhistoire: discussion autour d'une modalité d'exploitation en apparence simple et pourtant mal connue*, Paris, Société préhistorique française, (Séances de la Société préhistorique française, 13), p. 139-180.

## •Bibliographie

---

GOUTAS N, SIMONET A. (2009) – Le secteur GG2 de la grotte du Pape à Brassempouy (Landes): un dépôt intentionnel d'armes gravettiennes?, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 106, 2, p. 257-291.

GOVAL É. (2012) – *Peuplements néandertaliens dans le Nord de la France: territoires, industries lithiques et occupations humaines durant la phase récente du Paléolithique moyen*, Paris, INRAP: CNRS éditions, 312 p.

GRAVINA B, DISCAMPS E. (2015) – MTA-B or not to be? Recycled bifaces and shifting hunting strategies at Le Moustier and their implication for the late Middle Palaeolithic in southwestern France, *Journal of Human Evolution*, 84, p. 83-98.

GREEN R.H. (1971) – A Multivariate Statistical Approach to the Hutchinsonian Niche: Bivalve Molluscs of Central Canada, *Ecology*, 52, 4, p. 543-556.

GRINNELL J. (1917) – The Niche-Relationships of the California Thrasher, *The Auk*, 34, 4, p. 427-433.

GRUET M. (1984) – L'apport de deux sites angevins à la chronologie des terrasses fluviales: Roc-en-Pail en Chalonnnes sur Loire et Port-Launay sur la Sarthe, *Bulletin de l'Association française pour l'étude du quaternaire*, 21, 1, p. 13-18.

GRUBB P.J. (1977) – The maintenance of species-richness in plant communities: the importance of the regeneration niche, *Biological Reviews*, 52, 1, p. 107-145.

GUETTE-MARSAC C, LAUTRIDOU J.-P, CLIQUET D, LECHEVALIER C, SCHWENNINGER J.-L, LAMOTHE M, MERCIER N, FOSSE G. (2009) – Les occupations du Paléolithique moyen et supérieur d'Épouville (Pays de Caux) en contexte loessique, *Quaternaire*, 20, 3, p. 389-404.

GUILAINE J. (2011) – *Caïn, Abel, Ötzi. L'héritage néolithique*, Paris, Gallimard, 284 p,

GUILLERMIN P. (2011) – La fin du Gravettien dans le sud-ouest de la France: à la recherche de l'identité protomagdalénienne, in N. Goutas, L. Klaric, D. Pesesse, P. Guillermin (dir.) *À la recherche des identités gravettiennes. Actualités, questionnements, perspectives, actes de la table ronde sur le Gravettien en France et dans les pays limitrophes (Aix-en-Provence, 2008)*, Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 52), p. 129-146.

GUILLERMIN P. (2008) – Les « Périgordiens » en Quercy: l'exemple du gisement des Fieux, *Paléo*, 20, p. 357-372.

•Bibliographie

---

GUILLERMIN P. (2006) – Les Fieux : une occupation gravettienne du Causse quercinois, *Paléo*, 18, p. 69-94.

GUISAN A, ZIMMERMANN N.E. (2000) – Predictive habitat distribution models in ecology, *Ecological Modelling*, 135, 2-3, p. 147-186.

HAHN J. (1969) – Gravettien-Freilandstationen im Rheinland: Mainz-Lisenberg, Koblenz-Metternich und Rhens, *Bonner Jahrbücher*, 169, p. 44-87.

HANS J.-M. (1997) – Périgordien à burins de Noailles: le site de Hautmougey (canton de Bains-les-Bains, Vosges), *Bulletin de la Société Préhistorique Luxembourgeoise*, 19, p. 55-66.

HARRISON S.P, SANCHEZ GOÑI M.F. (2010) – Global patterns of vegetation response to millennial-scale variability and rapid climate change during the last glacial period, *Quaternary Science Reviews*, 29, 21-22, p. 2957-2980.

HASTIE T.J, TIBSHIRANI R. J. (1990) – *Generalized Additive Models*, London, UK, Chapman and Hall, 335 p.

HEINRICH H. (1988) – Origin and Consequences of Cyclic Ice Rafting in the Northeast Atlantic Ocean During the Past 130,000 Years, *Quaternary Research*, 29, 2, p. 142-152.

HEMMING S.R. (2004) – Heinrich events: Massive late Pleistocene detritus layers of the North Atlantic and their global climate imprint, *Reviews of Geophysics*, 42, 1. Consultable à <http://doi.wiley.com/10.1029/2003RG000128>

HENRICH J, BOYD R. (1998) – The Evolution of Conformist Transmission and the Emergence of Between-Group Differences, *Evolution and Human Behavior*, 19, p. 215-241.

HENRY-GAMBIER D. (2013) – Les populations gravettiennes. Biologie et comportements funéraires, in M. Otte (dir.) *Les Gravettiens*, Editions Errance, Arles, p. 307-330.

HENRY-GAMBIER D. (2008) – Comportement des populations d'Europe au Gravettien: pratiques funéraires et interprétations, *Paléo*, 20, p. 399-438.

HERNANDEZ P.A, GRAHAM C.H, MASTER L.L, ALBERT D.L. (2006) – The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods, *Ecography*, 29, 5, p. 773-785.

## •Bibliographie

---

HIGHAM T, BROCK F, PERESANI M, BROGLIO A, WOOD R, DOUKA K. (2009) – Problems with radiocarbon dating the Middle to Upper Palaeolithic transition in Italy, *Quaternary Science Reviews*, 28, p. 1257-1267.

HIGHAM T.F.G, JACOBI R.M, RAMSEY C.B. (2006) – AMS Radiocarbon Dating of Ancient Bone Using Ultrafiltration, *Radiocarbon*, 48, 02, p. 179-195.

HIJMANS R.J, VAN ETEN J. (2012) – *raster: Geographic analysis and modeling with raster data*. R package version 2.0-12. <https://CRAN.R-project.org/package=raster>

HINGUANT S, MONNIER J.-L. (2013) – Le Paléolithique supérieur ancien dans le Massif armoricain: un état de la question, in P. Bodu, L. Chehmana, L. Klaric, L. Mevel, S. Soriano, N. Teyssandier (dir) *Le Paléolithique supérieur ancien de l'Europe du Nord-Ouest*, actes du colloque de Sens (2009, Yonne), Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 56), p. 229-238.

HOOGAKKER B.A.A, SMITH R.S, SINGARAYER J.S, MARCHANT R, PRENTICE I.C, ALLEN J.R.M, ANDERSON R.S, BHAGWAT S.A, BEHLING H, BORISOVA O, BUSH M, CORREA-METRIO A, DE VERNAL A, FINCH J.M, FRÉCHETTE B, LOZANO-GARCIA S, GOSLING W.D, GRANOSZEWSKI W, GRIMM E.C, GRÜGER E, HANSELMAN J, HARRISON S.P, HILL T.R, HUNTLEY B, JIMÉNEZ-MORENO G, KERSHAW P, LEDRU M.-P, MAGRI D, MCKENZIE M, MÜLLER U, NAKAGAWA T, NOVENKO E, PENNY D, SADORI L, SCOTT L, STEVENSON J, VALDES P.J, VANDERGOES M, VELICHKO A, WHITLOCK C, TZEDAKIS C. (2016) – Terrestrial biosphere changes over the last 120 kyr, *Climate of the Past*, 12, 1, p. 51-73.

HORN B.K.P. (1981) – Hill shading and the reflectance map, *Proceedings of the IEEE*, 69, 1, p. 14-47.

HOUDIN F, FOUJOLS M.-A, CODRON F, GUEMAS V, DUFRESNE J.-L, BONY S, DENVIL S, GUEZ L, LOTT F, GHATTAS J, BRACONNOT P, MARTI O, MEURDESOF Y, BOPP L. (2013) – Impact of the LMDZ atmospheric grid configuration on the climate and sensitivity of the IPSL-CM5A coupled model, *Climate Dynamics*, 40, 9-10, p. 2167-2192.

HUTCHINSON G.E. (1957) – Population studies: Animal ecology and demography, *Bulletin of Mathematical Biology*, 53, 1-2, p. 193-213.

IAKOVLEVA L. (2013) – L'art mobilier du Gravettien, in M. Otte (dir.) *Les Gravettiens*, Editions Errance, Arles, p. 237-270.

INGENLOFF K. (2020) – *Enhancing the correlative ecological niche modeling framework to incorporate the temporal dimension of species' distributions*, thèse de doctorat, University of Kansas, Lawrence, KS, 184 p.

INGENLOFF K, PETERSON A.T. (2021) – Incorporating time into the traditional correlational distributional modeling framework: a proof-of-concept using the Wood Thrush (*Hylocichla mustelina*), *Methods in Ecology & Evolution*, 12, p. 311-321.

IVANOVAITÈ L, SERWATKA K, HOGGARD C.S, SAUER F, RIEDE F. (2020) – All these Fantastic Cultures? Research History and Regionalization in the Late Palaeolithic Tanged Point Cultures of Eastern Europe, *European Journal of Archaeology*, 23, 2, p. 162-185.

JACKSON S.T, OVERPECK J.T. (2000) – Responses of Plant Populations and Communities to Environmental Changes of the Late Quaternary, *Paleobiology*, 26, 4, p. 194-220.

JARRIGE F. (2015) – Révolutions industrielles : histoire d'un mythe, *Revue Projet*, 6, 349, p. 14-21.

JAUBERT J, FÉRUGLIO V. (2013) – L'art pariétal gravettien en France, in M. Otte (dir.) *Les Gravettiens*, Editions Errance, Arles, p. 191-207.

JIMÉNEZ L, SOBERÓN J, CHRISTEN J.A, SOTO D. (2019) – On the problem of modeling a fundamental niche from occurrence data, *Ecological Modelling*, 397, p. 74-83.

JORDAN P. (2015) – *Technology as Human Social Tradition. Cultural Transmissoin among Hunter-Gatherers*, Oakland, California, University of California Press, 412 p.

JOUET G, BERNÉ S, RABINEAU M, BASSETTI M.A, BERNIER P, DENNIELOU B, SIERRO FJ, FLORES J.A, TAVIANI M. (2006) – Shoreface migrations at the shelf edge and sea-level changes around the Last Glacial Maximum (Gulf of Lions, NW Mediterranean), *Marine Geology*, 234, 1-4, p. 21-42.

KAGEYAMA M, NEBOUT N.C, SEPULCHRE P, PEYRON O, KRINNER G, RAMSTEIN G, CAZET J.-P. (2005) – The Last Glacial Maximum and Heinrich Event 1 in terms of climate and vegetation around the Alboran Sea: a preliminary model-data comparison, *Comptes Rendus Geoscience*, 337, 10-11, p. 983-992.

KAPLAN J.O. (2003) – Climate change and Arctic ecosystems: 2. Modeling, paleodata-model comparisons, and future projections, *Journal of Geophysical Research*, 108, D19, p. 8171.

## •Bibliographie

---

KARGER D.N, CONRAD O, BÖNHER J, KAWOHL T, KREFT H, SORIA-AUZA R.W, ZIMMERMANN N.E, LINDER H.P, KESSLER M. (2017) – Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas, *Scientific Data*, 4, p. 170122.

KENDAL J, GIRALDEAU J.-L, LALAND K.N. (2009) – The evolution of social learning rules: Payoff-biased and frequency-dependent biased transmission, *Journal of Theoretical Biology*, 260, 2, p. 210.

KILDEA F, GRISELIN S, LANG L, SOUFFI B. (2013) – Le Paléolithique supérieur ancien aux marges méridionales du Bassin parisien: le site de la Croix-de-Bagneux à Mareuil-sur-Cher (Loir-et-Cher), in P. Bodu, L. Chehmana, L. Klaric, L. Mevel, S. Soriano, N. Teyssandier (dir) *Le Paléolithique supérieur ancien de l'Europe du Nord-Ouest*, actes du colloque de Sens (2009, Yonne), Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 56), p. 317-330.

KILDEA F, LANG L. (2011) – Le Gravettien de la vallée du Cher: le site de la Croix-de-Bagneux à Mareuil-sur-Cher (Loir-et-Cher, France), in N. Goutas, L. Klaric, D. Pesesse, P. Guillermin (dir.) *À la recherche des identités gravettiennes. Actualités, questionnements, perspectives*, actes de la table ronde sur le Gravettien en France et dans les pays limitrophes (Aix-en-Provence, 2008), Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 52), p. 273-290.

KILDEA F, SELLAMI F, AUBRY T, WALTER B, ALMEIDA M, NEVES M.J, LANG L, SOUFFI B, GRISELIN S, LIVET J. (2005) –« *La Croix-de-Bagneux* » à *Mareuil-sur-Cher* (41), INRAP Centre

KIMBALL L. (1989) – *Planning and Functional Variability in the Upper Palaeolithic: Microwear Analysis of Upper Perigordian Tools from Le Flageolet I (Dordogne)*, thèse de doctorat, Northwestern University, Evanston, Illinois, 327 p.

KINDLER P, GUILLEVIC M, BAUMGARTNER M, SCHWANDER J, LANDAIS A, LEUENBERGER M. (2014) – Temperature reconstruction from 10 to 120 kyr b2k from the NGRIP ice core, *Climate of the Past*, 10, 2, p. 887-902.

KLARIC L. (2021) – Transmission et diffusion de la méthode du Raysse: scénariser le « maillon faible », in *Hiatus, lacunes et absences: identifier et interpréter les vides archéologiques*, (pré-actes), p. 80.

KLARIC L. (2018A) – Levels of flintknapping expertise and apprenticeship during the Mid-Upper Palaeolithic: several illustrative examples from the Early and Late Aurignacian and



Middle Gravettian, in *The Prehistoric apprentice. Investigating apprenticeship and expertise in prehistoric technologies*, Dolni Vestonice studies, p. 49-116.

KLARIC L. (2018B) – La Belle et la Bête, autopsie d'un conte de fée, in UISPP 2018, Session XXVIII-4 « *Characterization, continuities and discontinuities of the graphic traces of prehistoric societies* » (pré-actes), 4-9 juin 2018, Paris, France, p. 69.

KLARIC L. (2017) – «La réussite d'une production repose sur l'attention prêtée aux détails»: l'exemple des débitages lamellaires par méthode du Raysse (Gravettien moyen, France), *Journal of Lithic Studies*, 4, 2, p. 387-421.

KLARIC L. (2013) – Faciès lithiques et chronologie du Gravettien du sud du Bassin parisien et de sa marge sud-occidentale, in P. Bodu, L. Chehmana, L. Klaric, L. Mevel, S. Soriano, N. Teyssandier (dir) *Le Paléolithique supérieur ancien de l'Europe du Nord-Ouest*, actes du colloque de Sens (2009, Yonne), Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 56), p. 61-87.

KLARIC L. (2010) – Le Gravettien, in J. Clottes (dir.) *La France préhistorique. Un essai d'histoire*, France, Editions Gallimard, p. 142-169.

KLARIC L. (2008) – Anciennes et nouvelles hypothèses d'interprétation du gravettien moyen en France: la question de la place des industries à burins du Raysse au sein de la mosaïque gravettienne, *Paléo*, 20, p. 257-276.

KLARIC L. (2007A) – Regional groups in the European middle Gravettian: a reconsideration of the Rayssian technology, *Antiquity*.  
<https://doi.org/10.1017/S0003598X00094928>

KLARIC L. (2007B) – *Villejésus (Bossay-sur-Claise, Indre-et-Loire). Rapport de sondages 2007*, SRA Région Centre, 29 p.

KLARIC L. (2006) – Des armatures aux burins: des critères de distinction techniques et culturels à partir des productions lamellaires de quelques sites du Gravettien moyen et récent (France), in M. de Araujo Igreja, J.-P. Bracco et F. Lebrun-Ricalens (dir.) *Burins préhistoriques: formes, fonctionnements, fonctions*, Luxembourg, ArchéoLogiques 2, p. 199-223.

## •Bibliographie

---

KLARIC L. (2003) – *Technical unity of Rayssé burins industries in their diachronical context. Thoughts about cultural variability during Gravettian, based on the case of La Picardie, Arcy-sur-Cure, Brassempouy and Le Cirque de la Patrie*, thèse de doctorat, Université Panthéon-Sorbonne - Paris I, Paris, 427 p.

KLARIC L. (2000) – Note sur la présence de lames aménagées par technique de Kostienki dans les couches gravettiennes du Blot (Cerzat, Haute-Loire), *Bulletin de la Société préhistorique française*, 97, 4, p. 625-636.

KLARIC L. (1999) – *Un schéma de production lamellaire original dans l'industrie gravettienne de l'ensemble moyen du gisement du Blot à Cerzat (Haute-Loire)*, mémoire de D.E.A, Université Panthéon-Sorbonne - Paris I, Paris, 157 p.

KLARIC L, LACARRIÈRE J, BANKS W.E, GOUTAS N. (SOUS PRESSE) – Le Rayssien revisité à la lueur d'une approche culturelle multi-proxy, in *North-Western Europe during the Gravettian. Contributions of recent research to the understanding of the societies and their environment*, (pré-actes), 29 p.

KLARIC L, CHABEAUD F, GAUSSEIN P, GLÉMAREC L, MISTROT V, RENARD C, TOUZÉ O. (2019) – *Projet Collectif de Recherche: « Laussel, une affaire classée? » Démêler « l'Aurignacien supérieur » du Grand Abri, pour une proposition de reconstitution de la séquence gravettienne*, Service Régional d'Archéologie d'Aquitaine, 103 p.

KLARIC L, BERTRAN P, DUMARÇAY G, LIARD M. (2018) – A long and winding road: Towards a paleogeographic interpretation of the middle-Gravettian site of la Picardie (Indre-et-Loire, France), *Quaternary International*, 498, p. 51-68.

KLARIC L, LEV S, GIRIA Y, POLANSKÁ M. (2015) – « Couteaux de Kostienki et lames aménagées par technique de Kostienki »: retour sur un malentendu historique, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 112, 3, p. 421-474.

KLARIC L, LIARD M, BERTRAN P, DUMARÇAY G, DE ARAUJO IGREJA M, AUBRY T, WALTER B. (2011) – La Picardie (Preuilly-sur-Claise, Indre-et-Loire): neuf ans de fouille sur un gisement rayssien finalement pas si mal conservé!, in N. Goutas, L. Klaric, D. Pesesse, P. Guillermin (dir.) *A la recherche des identités gravettiennes. Actualités, questionnements, perspectives, actes de la table ronde sur le Gravettien en France et dans les pays limitrophes (Aix-en-Provence,*

2008), Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 52), Société Préhistorique Française (Mémoire 52), p. 291-310.

KLARIC L, GUILLERMIN P, AUBRY T. (2009) – Des armatures variées et des modes de productions variables. Réflexions à partir de quelques exemples issus du Gravettien d'Europe occidentale (France, Portugal, Allemagne), *Gallia préhistoire*, 51, 1, p. 113-154.

KLARIC L, AUBRY T, WALTER B. (2002) – Un nouveau type d'armature en contexte gravettien et son mode de production sur les burins du Raysse (la Picardie, commune de Preuilly-sur-Claise, Indre-et-Loire), *Bulletin de la Société préhistorique française*, 99, 4, p. 751-764.

KONDO Y, OMORI T, VERHAGEN P. (2015) – *Developing predictive models for palaeoanthropological research: a preliminary discussion*, Department of Computer Science, Tokyo Institute of Technology Consultable à [ISSN: 0918-2802](https://doi.org/10.26434/chemrxiv-2015-0918).

KRINNER G, FLANNER M.G. (2018) – Striking stationarity of large-scale climate model bias patterns under strong climate change, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115, 38, p. 9462-9466.

KRTOLITZA Y, LENOIR M. (1998) – Un gisement du Gravettien à burins de Noailles en Gironde, l'abri Lespoux à Saint-Quentin-de-Baron, *Revue archéologique de Bordeaux*, t. LXXXIX, p. 47-68.

KUORIKOSKI J. (2009) – Two Concepts of Mechanism: Componential Causal System and Abstract Form of Interaction, *International Studies in the Philosophy of Science*, 23, 2, p. 143-160.

LACARRIÈRE J. (2015) – *Les ressources cynégétiques au Gravettien en France: acquisition et modalités d'exploitation des animaux durant la phase d'instabilité climatique précédant le dernier maximum glaciaire*, thèse de doctorat, Université Toulouse le Mirail - Toulouse II, Toulouse, 468 p.

LACARRIÈRE J, GOUTAS N, NORMAND C, SIMONET A. (2011) – Vers une redéfinition des occupations gravettiennes de la grotte d'Isturitz (Pyrénées-Atlantiques, France): révision critique des collections « anciennes » par l'approche intégrée des données lithiques, fauniques et de l'industrie osseuse, in N. Goutas, L. Klaric, D. Pesesse, P. Guillermin (dir.) *A la recherche des identités gravettiennes. Actualités, questionnements, perspectives, actes de la*

## •Bibliographie

---

table ronde sur le Gravettien en France et dans les pays limitrophes (Aix-en-Provence, 2008), Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 52), p. 67-84.

LACORRE F. (1960) – *La Gravette. Le Gravétien et le Bayacien*, Laval (Mayenne), Centre national de la Recherche scientifique, 369 p.

LANGLAIS M. (2020) – *Une anthologie du Paleolithique recent-final en France meridionale (21-11 Ka cal BP)*, mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches, Université de Bordeaux, Bordeaux, 299 p.

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 Ebre*, thèse de doctorat, Université Toulouse Le Mirail - Toulouse II, Toulouse, 550 p.

LANOS P, PHILIPPE A. (2017) – Hierarchical Bayesian modeling for combining dates in archeological context, *Journal de la Société Française de Statistique*, 158, 2, p. 72-88.

LAPLACE G. (1966) – *Recherches sur l'origine et l'évolution des complexes leptolithiques*, vol. suppléments 4, Paris, Ecole Française de Rome, 633 p.

LATOMBE G, BURKE A, VRAC M, LEVAVASSEUR G, DUMAS C, KAGEYAMA M, RAMSTEIN G. (2018) – Comparison of spatial downscaling methods of general circulation model results to study climate variability during the Last Glacial Maximum, *Geoscientific Model Development*, 11, 7, p. 2563-2579.

LAVILLE H, RIGAUD J.-P. (1973) – The Perigordian V industries in Périgord: typological variations, stratigraphy and relative chronology, *World archaeology*, 4, 3, p. 330-338.

LE LICON G, JESSET S. (1996) – Mézières-lez-Cléry (Loiret): gisement de plein-air du Paléolithique supérieur, *Revue archéologique du Centre de la France*, 35, p. 67-82.

LE MIGNOT Y. (2000) – La question de la production d'armatures sur le site gravettien de Plasenn-al-Lomm (Ile de Bréhat, Côtes d'Armor), *Revue archéologique de l'ouest*, 17, 1, p. 7-24.

LE TENSORER J.-M. (1981) – *Le Paléolithique de l'Agenais*, Paris, Editions du CNRS, 526 p.

LE TENSORER J.-M. (1974) – Le Périgordien supérieur à burins de Noailles de l'Abri Peyrony à Gavaudun (Lot-et-Garonne), *Bulletin de la Société préhistorique française*, 71, 2, p. 459-468.

## •Bibliographie

---

LENOBLE A. (2003) – *Le rôle du ruissellement dans la formation des sites préhistoriques: approche expérimentale*, thèse de doctorat, Université de Bordeaux I, Bordeaux, 306 p.

LENOIR M. (1977) – Un gisement de plein air du Périgordien supérieur en Gironde: les Artigaux à Camiac-et-Saint-Denis, *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 74, 2, p. 518-530.

LEROI-GOURHAN A. [DIR.] (1994) – *Dictionnaire de la Préhistoire*, 2ème édition, Paris, PRESSES UNIVERSITAIRES DE FRANCE - PUF, 1277 p.

LEROI-GOURHAN A. (1984) – *L'art des cavernes: atlas des grottes ornées paléolithiques françaises*, Paris, Imprimerie nationale, 673 p.

LEROI-GOURHAN A. (1965) – *Le Geste et la Parole. II: La mémoire et les rythmes*, vol. 2, Paris, Editions Albin Michel, 285 p.

LEROI-GOURHAN A. (1945) – *L'homme et la matière*, vol. I, Paris, Albin Michel, 348 p.

LEVAVASSEUR G, VRAC M, ROCHE D.M, PAILLARD D, MARTIN A, VANDENBERGHE J. (2011) – Present and LGM permafrost from climate simulations: contribution of statistical downscaling, *Climate of the Past*, 7, p. 1225-1246.

LEVINS R. (1968) – *Evolution in changing environments. Some theoretical explorations*, Princeton, New Jersey, Princeton University Press, 62 p.

LHOMME G. (1977) – Recherches préhistoriques dans le Vivarais. Le gisement de l'Abri des Pêcheurs (Ardèche), *Comptes rendus d'activités annuelles. Association régionale pour le développement des recherches de paléontologie et de préhistoire et des Amis du Muséum*, 15, p. 55-60.

LORIN Y. (1996) – *Rabier (commune de Lanquais, Dordogne), un site de plein air du Bergeracois. Un outillage du Périgordien évolué au fil du temps*, mémoire de maîtrise, Université de Paris I - Panthéon Sorbonne, Paris, 112 p.

LUCAS G. (2002) – À propos des burins du Raysse du Flageolet I (Dordogne, France), *Paléo*, 14, p. 63-76.

## •Bibliographie

---

LUCAS G. (2000) – *Les industries lithiques du Flageolet I (Dordogne) : Approche économique, technologique, fonctionnelle et analyse spatiale*, thèse de doctorat, Université de Bordeaux, Bordeaux, 307 p.

LYMAN R.L. (2003) – The influence of time averaging and space averaging on the application of foraging theory in zooarchaeology, *Journal of Archaeological Science*, 30, 5, p. 595-610.

MACHAMER P, DARDEN L, CRAVER C.F. (2000) – Thinking about Mechanisms, *Philosophy of Science*, 67, 1, p. 1-25.

MAHALANOBIS P.C. (1930) – On the generalized distance in statistics, *Journal of the Asiatic Society of Bengal*, XXVI, p. 541-588.

MAIER A, STOJAKOWITS P, MAYR C, PFEIFER S, PREUSSER F, ZOLITSCHKA B, ANGHELINU M, BOBAK D, DUPRAT-OUALID F, EINWÖGERER T, HAMBACH U, HÄNDEL M, KAMINSKÁ L, KÄMPF L, ŁANCZONT M, LEHMKUHL F, LUDWIG P, MAGYARI E, MROCZEK P, NEMERGUT A, NERUDOVÁ Z, NIȚĂ L, POLANSKÁ M, POŁTOWICZ-BOBAK M, RIUS D, RÖMER W, SIMON U, ŠKRDLA P, ÚJVÁRI G, VERES D. (2020) – Cultural evolution and environmental change in Central Europe between 40 and 15 ka, *Quaternary International*, p. S1040618220306133.

MAMMOLA S. (2019) – Assessing similarity of  $n$ - dimensional hypervolumes: Which metric to use?, *Journal of Biogeography*, 46, 9, p. 2012-2023.

MARÍN-ARROYO A.B, RIOS-GARAIZAR J, STRAUS L.G, JONES J.R, DE LA RASILLA M, GONZÁLEZ MORALES M.R, RICHARDS M, ALTUNA J, MARIEZKURRENA K, OCIO D. (2018) – Chronological reassessment of the Middle to Upper Paleolithic transition and Early Upper Paleolithic cultures in J. P. Hart (dir.) *Cantabrian Spain* , PLOS ONE, 13, 4, p. e0194708.

MAROM A, McCULLAGH J.S.O, HIGHAM T.F.G, SINITSYN A.A, HEDGES R.E.M. (2012) – Single amino acid radiocarbon dating of Upper Paleolithic modern humans, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109, 18, p. 6878-6881.

McCALL G.S. (2012) – Ethnoarchaeology and the Organization of Lithic Technology, *Journal of Archaeological Research*, 20, 2, p. 157-203.

## •Bibliographie

---

MEROW C, SMITH M.J, JR T.C.E, GUISAN A, MCMAHON S.M, NORMAND S, THUILLER W, WÜEST R.O, ZIMMERMANN N.E, ELITH J. (2014) – What do we gain from simplicity versus complexity in species distribution models?, *Ecography*, 37, p. 1267-1281.

MEROW C, SMITH M.J, SILANDER J.A. (2013) – A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: what it does, and why inputs and settings matter, *Ecography*, 36, 10, p. 1058-1069.

MICHEL A. (2010) – *L'Aurignacien récent (post-ancien) dans le Sud-Ouest de la France : variabilité des productions lithiques. Révision taphonomique et techno-économique des sites de Caminade-Est, abri Pataud, Roc-de-Combe, Le Flageolet I, La Ferrassie et Combemenué*, thèse de doctorat, Université de Bordeaux I, Bordeaux, 600 p.

MOINE O. (2014) – Weichselian Upper Pleniglacial environmental variability in northwestern Europe reconstructed from terrestrial mollusc faunas and its relationship with the presence/absence of human settlements, *Quaternary international*, 337, p. 90-113.

MOINE O, ANTOINE P, HATTÉ C, LANDAIS A, MATHIEU J, PRUD'HOMME C, ROUSSEAU D.-D. (2017) – The impact of Last Glacial climate variability in west-European loess revealed by radiocarbon dating fossil earthworm granules, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114, 24, p. 6209-6214.

MOINE O, ROUSSEAU D.-D, ANTOINE P. (2008) – The impact of Dansgaard–Oeschger cycles on the loessic environment and malacofauna of Nussloch (Germany) during the Upper Weichselian », *Quaternary Research*, 70, 1, p. 91-104.

MONMÉJEAN E, BORDES F, DE SONNEVILLE-BORDES D. (1964) – Le Périgordien supérieur à burins de Noailles du Roc de Gavaudun (Lot-et-Garonne), *L'anthropologie*, 68, 3-4, p. 253-316.

MONNIER J.-L, HUET B, LAFORGE M. (2011) – Application of sedimentological analysis to correlation of eroded layers under beaches with local and regional Pleistocene stratigraphy: A contribution to geological dating of Palaeolithic sites, northern coast of Brittany, France, *Quaternary International*, 231, p. 78-94.

MONTOYA C. (2004) – *Les traditions techniques lithiques à l'Épigravettien : Analyses de séries du Tardiglaciaire entre Alpes et Méditerranée*, thèse de doctorat, Université de Provence-Aix-Marseille I, Marseille, 481 p.

## •Bibliographie

---

MORALA A. (2011) – La spécialisation des activités: concept de l'archéologue et réalité archéologique; les données du site gravettien moyen du Callan (Lot-et-Garonne), in N. Goutas, L. Klaric, D. Pesesse, P. Guillermin (dir.) *À la recherche des identités gravettiennes. Actualités, questionnements, perspectives, actes de la table ronde sur le Gravettien en France et dans les pays limitrophes (Aix-en-Provence, 2008)*, Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 52), p. 343-358.

MORALA A. (2000) –*Saint-Vite-de-Dor. Le Mayne*, Aquitaine, Service Régional de l'Archéologie

MORALA A. (1990) – L'atelier du Périgordien supérieur de Rabier (Lanquais, Dordogne): recherche sur l'origine des occupants du site sur les bases de la lithologie, in M.-R. Séronie-Vivien et M. Lenoir (dir.), *Le silex de sa genèse à l'outil*, Paris, CNRS Editions (Cahiers du Quaternaire 17), p. 391-404.

MORALA A. (1984) –*Périgordien et Aurignacien en Haut-Agenais: étude d'ensembles lithiques*, Toulouse, Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales (éd.), 140 p.

MOVIUS H.L. (1975) –*Excavation of the Abri Pataud, Les Eyzies, Dordogne*, Cambridge, MA, Harvard Univ.-Peabody museum of archaeology and ethnology, 305 p. p.

MOVIUS H.JR, DAVID N. (1970) – Burins avec modification tertiaire du biseau, burins-pointe et burins du Raysse à l'Abri Pataud, Les Eyzies (Dordogne), *Bulletin de la Société préhistorique française*, 67, 2, p. 445-455.

MUSCARELLA R, GALANTE P.J, SOLEY-GUARDIA M, BORIA R.A, KASS J.M, URIARTE M, ANDERSON R.P. (2014) – ENMeval: An R package for conducting spatially independent evaluations and estimating optimal model complexity for MAXENT ecological niche models J. McPherson (dir.), *Methods in Ecology and Evolution*, 5, 11, p. 1198-1205.

MUSSI M. (2002) –*Earliest Italy. An Overview of the Italian Paleolithic and Mesolithic*, Kluwer Academic Publishers, Springer, 399 p.

NAKAZAWA Y, PETERSON A.T, MARTÍNEZ-MEYER E, NAVARRO-SIGÜENZA A.G. (2004) – Seasonal niches of nearctic-neotropical migratory birds: implications for the evolution of migration, *The Auk*, 121, 2, p. 610.



## •Bibliographie

---

NESPOULET R. (2008) – Le Gravettien de l’abri Pataud. Bilan et perspectives, *Paléo*, 20, p. 373-380.

NEW M, LISTER D, HULME M, MAKIN I. (2002) – A high-resolution data set of surface climate over global land areas, *Climate Research*, 21, p. 1-25.

NOIRET P. (2013) – De quoi Gravettien est-il le nom?, in M. Otte (dir.) *Les Gravettiens*, Editions Errance, Arles, p. 28-64.

NOIRET P, LIBOIS T, CHIRICA V, BRANSCOMBE T, MURPHREE W.CH, BOSCH M.D, HAESAERTS P, NIGST P.R. (SOUS PRESSE) – 40 Years of Excavations at Mitoc–Malu Galben (Romania): Changing fieldwork methodologies and implications for the comparability of archaeological assemblages, *L’Anthropologie*, p. 22 p.

NOUËL A.A. (1936) – La Station paléolithique de Hault-le-Roc, à Montigny-sur-Loing (Seine-et-Marne), *Bulletin de la Société préhistorique française*, 33, 10, p. 567-576.

NUÑEZ-PENICHER C, COBOS M.E, SOBERON J. (2021) – Non-overlapping climatic niches and biogeographic barriers explain disjunct distributions of continental *Urania* moths, *Frontiers of Biogeography*, 13, 2. <http://dx.doi.org/10.21425/F5FBG52142>

OLSZEWSKI T. (1999) – Taking advantage of time-averaging, *Paleobiology*, 25, 2, p. 226-238.

ONORATINI G. (1982) – *Préhistoire, sédiments, climats du Würm III à l’Holocène dans le Sud-Est de la France*, thèse de doctorat, Université de droit, d’économie et des sciences d’Aix-Marseille, 384 p.

ONORATINI G, CAUCHE D, CELIBERTI V, SIMON P. (2010) – Le Noaillien dans le complexe Gravettien du sud-est de la France, *Bulletin du Musée d’Anthropologie préhistorique de Monaco*, 50, p. 39-53.

ONORATINI G, CHAREYRE R, COMBIER J, DAL-PRA G, THINON M. (1999) – Nouvelles données sur la culture gravettienne en Vivarais, in *Les faciès leptolithiques du nord-ouest méditerranéen : milieux naturels et culturels*, Carcassonne, France, Société Préhistorique Française, p. 151-163.

ONORATINI G, COMBIER J. (1999) – Les gravettiens de la Bourgogne à la Méditerranée : relations avec le Gravettien oriental, in *Moscou*, Académie russe des sciences, institut d’archéologie, p. 90-124.

## •Bibliographie

---

OSORIO-OLVERA L, LIRA-NORIEGA A, SOBERÓN J, PETERSON A.T, FALCONI M, CONTRERAS-DÍAZ R.G, MARTÍNEZ-MEYER E, BARVE V, BARVE N. (2020) – ntbox: An r package with graphical user interface for modelling and evaluating multidimensional ecological niches, *Methods in Ecology and Evolution*, p. 2041-210X.13452.

OTTE M. (DIR.) (2013) – *Les Gravettiens*, Arles, Éditions Errance, 351 p.

OTTE M, NOIRET P. (2007) – Le Gravettien du nord-ouest de l'Europe, *Paléo*, 19, p. 243-255.

OWENS H.L, CAMPBELL L.P, DORNAK L.L, SAUPE E.E, BARVE N, SOBERÓN J, INGENLOFF K, LIRA-NORIEGA A, HENSZ C.M, MYERS C.E, PETERSON A.T. (2013) – Constraints on interpretation of ecological niche models by limited environmental ranges on calibration areas, *Ecological Modelling*, 263, p. 10-18.

PAJOT B. (1974) – Contribution à l'étude de la diffusion du Périgordien à burins de Noailles dans le Bassin inférieur de l'Aveyron, *Travaux de l'Institut d'Art préhistorique*, 16, p. 245-252.

PALMA DI CESNOLA A. (1993) – *Il Paleolitico Superiore in Italia*, Firenze, Garlati e Razzai, 574 p. p.

PARIS C. (2020) – *La période du Gravettien dans la zone loessique du Nord de la France. Traditions culturelles et dynamiques de peuplement*, thèse de doctorat, Université Paris 1, Panthéon-Sorbonne, Paris, 398 p.

PARIS C, DENEUVE E, FAGNART J.-P, COUDRET P, ANTOINE P, PESCHAUX C, LACARRIÈRE J, COUTARD S, MOINE O, GUÉRIN G. (2017) – Premières observations sur le gisement gravettien à statuettes féminines d'Amiens-Renancourt 1 (Somme), *Bulletin de la Société préhistorique française*, 114, 3, p. 423-444.

PARIS C, FAGNART J.-P, COUDRET P. (2013) – Du Gravettien final dans le Nord de la France? Nouvelles données à Amiens-Renancourt (Somme, France), *Bulletin de la Société préhistorique française*, 110, 1, p. 123-126.

PASTY J.-F, GALLEMARD M, ALIX P. (2013) – Identification d'une composante gravettienne sur le site de plein air des Tailles du Clou à Clugnat (Creuse, France), *Bulletin de la Société préhistorique française*, 110, 2, p. 213-231.

## •Bibliographie

---

PEARSON R.G, RAXWORTHY C.J, NAKAMURA M, TOWNSEND PETERSON A. (2006) – Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar, *Journal of Biogeography*, 34, 1, p. 102-117.

PEARSON R.G, DAWSON T.P. (2003) – Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful?, *Global Ecology and Biogeography*, 12, 5, p. 361-371.

PELEGRIN J. (1993) – A framework for analysing prehistoric stone tool manufacture and a tentative application to some early stone industries, in A. Berthelet et J. Chavaillon (dir.), *The Use of Tools by Human and Non-human Primates*, Oxford University Press, p. 302-314.

PELEGRIN J. (1990) – Prehistoric lithic technology: some aspects of research, *Archaeological Review from Cambridge*, 9, 1, p. 116-125.

PELEGRIN J, KARLIN C, BODU P. (1988) – « Chaînes opératoires »: un outil pour le préhistorien, in *Technologie préhistorique*, Paris, Notes et monographies techniques, p. 55-62.

PERLÈS C. (2016) – La technologie lithique, de part et d'autre de l'Atlantique, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 113, 2, p. 221-240.

PERLÈS C. (2013) – Tempi of Change: When Soloists don't play Together. Arrhythmia in 'Continuous' Change, *Journal of Archaeological Method and Theory*, 20, p. 281-299.

PERLÈS C. (1987) – *Les industries lithiques taillées de Franchthi (Argolide, Grèce). Tome I: Présentation générale et industries paléolithiques*, vol. 1, T. W. Jacobsen, Boomington & Indianapolis, Indiana University Press, 355 p.

PERREAULT C. (2019) – *The Quality of the Archaeological Record*, Chicago and London, University of Chicago Press, 265 p.

PESESSE D. (2019) – Analyser un silex, le façonner à nouveau?: Sur certains usages de la chaîne opératoire au Paléolithique supérieur, *Techniques & culture*, 71, p. 74-77.

PESESSE D. (2018) – Le Périgordien, quelle erreur!, *Paléo*, 29, p. 179-199

PESESSE D. (2017) – Is it still appropriate to talk about the Gravettian? Data from lithic industries in Western Europe, *Quartär*, 64, p. 107-128.

## •Bibliographie

---

PESESSE D. (2013A) – Le Gravettien existe-t-il? Le prisme du système technique lithiques, in M. Otte (dir.) *Les Gravettiens*, Arles, Editions Errances, p. 66-104.

PESESSE D. (2013B) – *Les premières sociétés gravettiennes. Analyse comparée de systèmes techniques lithiques*, Comité des travaux historiques et scientifiques, Paris, 285 p.

PESESSE D, BACHELLERIE F, BEAUVAL C, CHESNAUX L, DAYET L, DELVIGNE V, HENRY A, JACQUIER J, KLARIC L, LANGLAIS M, LEJAY M, LENOBLE A, LESVIGNES E, MICHEL A, THOMAS Z. (2018) – *Grotte Bouyssonie, Brive-la-Gaillarde, Corrèze*, Service Régional d'Archéologie d'Aquitaine, 122 p.

PETERSON A.T, NAKAZAWA Y. (2007) – Environmental data sets matter in ecological niche modelling: an example with *Solenopsis invicta* and *Solenopsis richteri*, *Global Ecology and Biogeography*, 17, p. 135-144

PETERSON A.T, SOBERÓN J. (2012) – Species distribution modeling and ecological niche modeling: getting the concepts right, *Natureza & Conservação*, 10, 2, p. 102-107.

PETERSON A.T, COBOS M.E, JIMÉNEZ-GARCÍA D. (2018) – Major challenges for correlational ecological niche model projections to future climate conditions: Climate change, ecological niche models, and uncertainty, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1429, p. 66-77

PETERSON A.T, SOBERÓN J, PEARSON R.G, ANDERSON R.P, MARTINEZ-MEYER E, NAKAMURA M, ARAÚJO M.B. (2011) – *Ecological niches and geographic distributions*, Princeton, N.J, Princeton University Press, 314 p.

PETERSON A.T, PAPEŞ M, SOBERÓN J. (2008) – Rethinking receiver operating characteristic analysis applications in ecological niche modeling, *Ecological Modelling*, 213, 1, p. 63-72.

PETERSON A.T, PAPEŞ M, EATON M. (2007) – Transferability and model evaluation in ecological niche modeling: a comparison of GARP and Maxent, *Ecography*, 30, 4, p. 550-560.

PEYRONY D. (1936) – Le Périgordien et l'Aurignacien, *Bulletin de la Société préhistorique de France*, 33, 11, p. 616-619.

PEYRONY D. (1933) – Les Industries « aurignaciennes » dans le bassin de la Vézère, *Bulletin de la Société préhistorique de France*, 30, 10, p. 543-559.

PEYRONY D, PEYRONY E. (1938) – *Laugerie-Haute près des Eyzies, Dordogne*, Paris, Masson, 81 p.

## •Bibliographie

---

PEYRONY E. (1934) – Le gisement de la Forêt, commune de Tursac (Dordogne), in *Congrès Préhistorique de France XI*, Périgueux, p. 424-430.

PHILLIPS S.J, DUDÍK M. (2008) – Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation, *Ecography*, 31, 2, p. 161-175.

PHILLIPS S.J, ANDERSON R.P, DUDÍK M, SCHAPIRE R.E, BLAIR M.E. (2017) – Opening the black box: an open-source release of Maxent, *Ecography*, 40, 7, p. 887-893.

PHILLIPS S.J, ANDERSON R.P, SCHAPIRE R.E. (2006) – Maximum entropy modeling of species geographic distributions, *Ecological Modelling*, 190, 3-4, p. 231-259.

PIGEOT N. (1987) – Éléments d'un modèle d'habitation magdalénienne (Etiolles), *Bulletin de la Société préhistorique française*, 84, 10-12, p. 358-363.

POCHEVILLE A. (2015) – The Ecological Niche: History and Recent Controversies, in T. Hearn, P. Huneman, G. Lecointre, et M. Silberstein (dir.), *Handbook of Evolutionary Thinking in the Sciences*, Dordrecht, Springer Netherlands, p. 547-586.

POLANSKÁ M. (2018) – *Questionnement sur la diversité du Pavlovien morave par l'étude technologique des gisements de Milovice I, Pavlov I, Pavlov VI, Dolní Věstonice II-WS, Předmostí Ib (République tchèque)*, thèse de doctorat, Université Panthéon-Sorbonne - Paris I, Paris, 545 p.

PORRAZ G, TOMASSO A, PURDUE L. (2014) – Les Prés-de-Laure, un premier site du Paléolithique supérieur sur les terrasses de la moyenne vallée du Jabron (Var, France), *Bulletin de la Société préhistorique française*, 111, 1, p. 135-138.

POTTIER C. (2006) – Productions lamellaires et burins du Raysse du Gravettien Moyen de l'Abri Pataud (Dordogne, France), in M. de Araujo Igreja, J.-P. Bracco et F. Lebrun-Ricalens (dir.) *Burins préhistoriques: formes, fonctionnements, fonctions*, Luxembourg, ArchéoLogiques 2, p. 121-140.

POTTIER C. (2005) – *Le Gravettien moyen de l'abri Pataud (Dordogne, France): le niveau 4 et l'éboulis 3/4. Etude technologique et typologique de l'industrie lithique*, thèse de doctorat, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 393 p.

POWELL A, SHENNAN S.J, THOMAS M.G. (2010) – Demography and Variation in the Accumulation of Culturally Inherited Skills, in *Innovation in Cultural Systems. Contributions*

from *Evolutionary Anthropology*, Cambridge, MA, The MIT press, The Vienna Series in Theoretical Biology, p. 137-160.

PRADEL L. (1965) – Burins « d'angle et plan » et le type du Raysse, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 62, 2, p. 54-58.

PRADEL L. (1959) – Le Périgordien II de la grotte des Cottés (commune de Saint-Pierre-de-Maillé, Vienne), *Bulletin de la Société préhistorique de France*, 56, 7, p. 421-427.

PRADEL L. (1953) – Précisions sur les Burins d'Angles et les Burins Plans, in *Congrès Préhistorique de France*, Strasbourg-Metz, p. 545-552.

PRIMAULT J. (2003) – *Exploitation et diffusion des silex de la région du Grand-Pressigny au Paléolithique*, thèse de doctorat, Université de Nanterre - Paris X, 363 p.

PULLIAM H.R. (2000) – On the relationship between niche and distribution, *Ecology Letters*, 3, 4, p. 349-361.

QIAO H, ESCOBAR L.E, PETERSON A.T. (2017) – Accessible areas in ecological niche comparisons of invasive species: Recognized but still overlooked, *Scientific Reports*, 7, 1. Consultable à <http://www.nature.com/articles/s41598-017-01313-2>

QIAO H, PETERSON A.T, CAMPBELL L.P, SOBERÓN J, JI L, ESCOBAR L.E. (2016) – NicheA: creating virtual species and ecological niches in multivariate environmental scenarios, *Ecography*, 39, 8, p. 805-813.

QIAO H, SOBERÓN J, PETERSON A.T. (2015) – No silver bullets in correlative ecological niche modelling: insights from testing among many potential algorithms for niche estimation D. Kriticos (dir.), *Methods in Ecology and Evolution*, 6, 10, p. 1126-1136.

RAAB L.M, GOODYEAR A.C. (1984) – Middle-Range Theory in Archaeology: A Critical Review of Origins and Applications, *American Antiquity*, 49, 2, p. 255-268.

RADOSAVLJEVIC A, ANDERSON R.P. (2014) – Making better Maxent models of species distributions: complexity, overfitting and evaluation, *Journal of Biogeography*, 41, 4, p. 629-643.

RANDIN C.F, DIRNBÖCK T, DULLINGER S, ZIMMERMANN N.E, ZAPPA M, GUISAN A. (2006) – Are niche-based species distribution models transferable in space?, *Journal of Biogeography*, 33, 10, p. 1689-1703.

RASMUSSEN S.O, BIGLER M, BLOCKLEY S.P, BLUNIER T, BUCHARDT S.L, CLAUSEN H.B, CVIJANOVIC I, DAHL-JENSEN D, JOHNSEN S.J, FISCHER H, GKINIS V, GUILLEVIC M, HOEK W.Z, LOWE J.J, PEDRO J.B, POPP T, SEIERSTAD I.K, STEFFENSEN J.P, SVENSSON A.M, VALLELONGA P, VINTHER B.M, WALKER M.J.C, WHEATLEY J.J, WINSTRUP M. (2014) – A stratigraphic framework for abrupt climatic changes during the Last Glacial period based on three synchronized Greenland ice-core records: refining and extending the INTIMATE event stratigraphy, *Quaternary Science Reviews*, 106, p. 14-28.

REYNOLDS N. (2020) – Threading the weft, testing the warp: population concepts and the European Upper Paleolithic chronocultural framework, in H.S. Gourcutt (Ed.) *Culture History and Convergent Evolution: Can we detect populations in Prehistory?*, Cham, Switzerland, Springer, p. 1-80.

REYNOLDS N. (2014) – *The Mid Upper Palaeolithic of European Russia: chronology, culture history and context. A study of five Gravettian backed lithic assemblages*, thèse de doctorat, University of Oxford, Oxford, 399 p.

REYNOLDS N, RIEDE F. (2019) – House of cards: cultural taxonomy and the study of the European Upper Palaeolithic, *Antiquity*, 93, 371, p. 1350-1358.

REZEK Z, HOLDAWAY S.J, OLSZEWSKI D.I, LIN S.C, DOUGLASS M, MCPHERRON S.P, IOVITA R, BRAUN D.R, SANDGATHE D. (2020) – Aggregates, Formational Emergence, and the Focus on Practice in Stone Artifact Archaeology, *Journal of Archaeological Method and Theory*, 27, 4, p. 887-928.

RIEDE F. (2011) – Steps towards operationalizing an evolutionary archaeological definition of culture, in *Investigating Archaeological Cultures. Material Culture, Variability and Transmission*, Berlin, Springer, p. 245-270.

RIEDE F, ARAUJO A.G.M, BARTON M.C, BERGSVIK K.A, GROUCUTT H.S, HUSSAIN S.T, FERNANDEZ-LOPEZ DE PABLO J, MAIER A, MARWICK B, PYNE L, RANHORN K, REYNOLDS N, RIEL-SALVATORE J, SAUER F, SERWATKA K, ZANDER A. (2020) – Cultural taxonomies in the Paleolithic—Old questions, novel perspectives, *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*, 29, 2, p. 49-52.

## •Bibliographie

---

RIGAUD J.-P. (2011) – Révision de quelques archéoséquences de référence du Gravettien du nord de l'Aquitaine, in N. Goutas, L. Klaric, D. Pesesse, P. Guillermin (dir.) *À la recherche des identités gravettiennes. Actualités, questionnements, perspectives*, actes de la table ronde sur le Gravettien en France et dans les pays limitrophes (Aix-en-Provence, 2008), Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 52), Société Préhistorique Française (Mémoire 52), p. 175-183.

RIGAUD J.-P. (2008) – Les industries lithiques du Gravettien du nord de l'Aquitaine dans leur cadre chronologique, *Paléo*, 20, p. 381-398.

RIGAUD J.-P. (1988) – The Gravettian Peopling of Southwestern France, in *Upper Pleistocene prehistory of Western Eurasia*, Philadelphia, University Museum Monograph, p. 387-397.

RIGAUD J.-P. (1982) – *Le Paléolithique en Périgord: les données du Sud-Ouest sarladais et leurs implications*, thèse de doctorat, Université de Bordeaux I, Bordeaux, 494 p.

RIGAUD J.-P. (1981) – Données nouvelles sur l'Aurignacien et le Périgordien en Périgord, in *Aurignacien - Périgordien - Gravettien*, Nice, 1976, ERAUL, p. 289-324.

RIGAUD J.-P, SIMEK J, DELPECH F, TEXIER J.-P. (2016) – L'Aurignacien et le Gravettien du nord de l'Aquitaine : la contribution du Flageolet I (Bézenac, Dordogne, France), *Paléo*, 27, p. 265-295.

ROBERTS D.R, BAHN V, CIUTI S, BOYCE M.S, ELITH J, GUILLERA-ARROITA G, HAUENSTEIN S, LAHOZ-MONFORT J.J, SCHRÖDER B, THULLER W, WARTON D.I, WINTLE B.A, HARTIG F, DORMANN C.F. (2017) – Cross-validation strategies for data with temporal, spatial, hierarchical, or phylogenetic structure, *Ecography*, 40, 8, p. 913-929.

ROBINSON E, SELLET F. (2018) – *Lithic Technological Organization and Paleoenvironmental Change*, Springer Verlag Consultable à <https://www-dawsonera-com.docelec.u-bordeaux.fr/abstract/9783319644073>

ROCHE D.M, DUMAS C, BÜGELMAYER M, CHARBIT S, RITZ C. (2014) – Adding a dynamical cryosphere to iLOVECLIM (version 1.0): coupling with the GRISLI ice-sheet model, *Geoscientific Model Development*, 7, 4, p. 1377-1394.



## •Bibliographie

---

RÖDDER D, ENGLER J.O. (2011) – Quantitative metrics of overlaps in Grinnellian niches: advances and possible drawbacks: Quantitative metrics of niche overlap, *Global Ecology and Biogeography*, 20, 6, p. 915-927.

ROUSSEAU D.-D, SIMA A, ANTOINE P, HATTÉ C, LANG A, ZÖLLER L. (2007) – Link between European and North Atlantic abrupt climate changes over the last glaciation, *Geophysical Research Letters*, 34, p. L22713.

ROUSSOT A. (1985) – Inventaire typologique des industries de Laussel (tableaux inédits de Jean Bouyssonie), *Bulletin de la Société préhistorique française*, 82, 1, p. 15-19.

ROYER A, MONTUIRE S, LEGENDRE S, DISCAMP S, JEANNET M, LÉCUYER C. (2016) – Investigating the Influence of Climate Changes on Rodent Communities at a Regional-Scale (MIS 1-3, Southwestern France), *PLoS ONE*, 11, 1, p. e0145600.

ROZOY J.-G. (1997) – La fin et les moyens: Quelques mécanismes, causes et significations des changements et des variantes dans les industries des chasseurs préhistoriques, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 94, 4, p. 483-502.

SACKETT J. (1999) – *The Archaeology of Solvieux. An Upper Paleolithic Open Air Site in France*, Institute of Archaeology, University of California, Los Angeles, 328 p.

SAITO K, SUEYOSHI T, MARCHENKO S, ROMANOVSKY V, OTTO-BLIESNER B, WALSH J, BIGELOW N, HENDRICKS A, YOSHIKAWA K. (2013) – LGM permafrost distribution: how well can the latest PMIP multi-model ensembles perform reconstruction?, *Climate of the Past*, 9:, p.1697–1714.

SALMON M.H. (1976) – “Deductive” versus “Inductive” Archaeology, *American Antiquity*, 41, 03, p. 376-381.

SAN JUAN-FOUCHER C. (2011) – Industrie osseuse décorée et parures gravettiennes de Gargas (Hautes-Pyrénées, France): marqueurs culturels, sociaux et territoriaux, in *A la recherche des identités gravettiennes. Actualités, questionnements, perspectives*, Aix-en-Provence, Mémoire de la Société Préhistorique Française, p. 225-242.

SAN JUAN-FOUCHER C. (2006) – Industrie osseuse décorée du Gravettien des Pyrénées, *Munibe. Ciencias naturales*, San Sebastián: Sociedad de Ciencias Aranzadi, 57, 3 p. 95-111.

SAN JUAN-FOUCHER C, VERCOUTÈRE C. (2003) – Les « sagaies d'Isturitz » des niveaux gravettiens de Gargas (Hautes-Pyrénées) et de Pataud (Dordogne). Un exemple d'approche

## •Bibliographie

---

pluridisciplinaire et complémentaire de l'industrie osseuse, *Préhistoire Anthropologie Méditerranéennes*, 12, p. 75-94.

SANCHEZ GOÑI M.F, LANDAIS A, CACHO I, DUPRAT J, ROSSIGNOL L. (2009) – Contrasting intrainterstadial climatic evolution between high and middle North Atlantic latitudes: A close-up of Greenland Interstadials 8 and 12, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 10, 4, p. 1-1616.

SÁNCHEZ GOÑI M.F, LANDAIS A, FLETCHER W.J, NAUGHTON F, DESPRAT S, DUPRAT J. (2008) – Contrasting impacts of Dansgaard–Oeschger events over a western European latitudinal transect modulated by orbital parameters, *Quaternary Science Reviews*, 27, 11-12, p. 1136-1151.

SANTANIELLO F. (2016) – *Il Gravettiano dell'Italia tirrenica nel contesto mediterraneo: definizione delle strategie di insediamento e mobilità attraverso lo studio delle materie prime e delle industrie litiche*, thèse de doctorat, Università degli studi di Trento, Université Nice Sophia Antipolis, Trento, 444 p.

SANTANIELLO F, GRIMALDI S. (2020) – A techno-functional interpretation of the Noailles burins from the Riparo Mochi (Balzi Rossi, Italy), *Quaternary International*, p. S1040618220303633.

SANTANIELLO F, GRIMALDI S. (2019) – Le Gravettien entre l'Italie et la France : nouvelles données sur l'industrie lithique de l'Abri Mochi (Balzi Rossi, Italie), *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 116, 2, p. 255-282.

SARRAZIN C. (2018) – *Plasenn-al-Lomm et la stabilité du système technique rayssien*, mémoire de master 2, Université Rennes 2, Rennes, 98 p.

SARRAZIN C. (2017) – *Les burins-nucléus du Raysse de la collection des Morts (Grotte des Morts, Brive-la-Gaillarde). Interprétation du schéma opératoire et analyse des séquences*, mémoire de master 1, Université Rennes 2, Rennes, 68 p.

SAUPE E.E, BARVE V, MYERS C.E, SOBERÓN J, BARVE N, HENSZ C.M, PETERSON A.T, OWENS H.L, LIRA-NORIEGA A. (2012) – Variation in niche and distribution model performance: The need for a priori assessment of key causal factors, *Ecological Modelling*, 237-238, p. 11-22.

## •Bibliographie

---

SCHIFFER M.B. (2004) – Studying technological change: A behavioral perspective, *World Archaeology*, 36, 4, p. 579-585.

SCHIFFER M.B, SULLIVAN A.P, KLINGER T.C. (1978) – The design of archaeological surveys, *World Archaeology*, 10, 1, p. 1-28.

SCHMIDER B, SENÉE A. (1983) – Le gisement magdalénien de la Pente-des-Brosses à Montigny-sur-Loing (Seine-et-Marne). I. Les fouilles et l'industrie lithique, *Gallia Préhistoire*, 26, 1, p. 109-128.

SÉCHER A. (2017) – *Traditions techniques et paléogéographie du Magdalénien moyen ancien dans le Sud-Ouest de la France (19 000 – 17 500 cal. BP). Des groupes humains à plusieurs visages?*, Thèse de doctorat, Université de Bordeaux, Bordeaux, 368 p.

SELLET F. (1993) – Chaîne Opératoire; The Concept and Its Applications, *Lithic Technology*, 18, 1-2, p. 106-112.

SÉRONIE-VIVIEN M, SÉRONIE-VIVIEN M.-R. (1987) – *Les Silex du Mésozoïque nord-aquitain. Approche géologique de l'étude des silex pour servir à la recherche préhistorique*, Bulletin de la Société Linéenne de Bordeaux, 135 p.

SHCHEGLOVITOVA M, ANDERSON R.P. (2013) – Estimating optimal complexity for ecological niche models: A jackknife approach for species with small sample sizes, *Ecological Modelling*, 269, p. 9-17.

SHENNAN S.J. (2015) – Demography and Cultural Evolution, in *Emerging Trends in the Social and Behavioral Sciences*, John Wiley & Sons, p. 1-14.

SHOTT M.J. (2003) – *Chaîne Opératoire* and Reduction Sequence, *Lithic Technology*, 28, 2, p. 95-105.

SHOTT M.J. (1996) – An Exegesis of the Curation Concept, *Journal of Anthropological Research*, 52, 3, p. 259-280.

SHOTT M.J. (1986) – Technological Organization and Settlement Mobility: An Ethnographic Examination, *Journal of Anthropological Research*, 42, 1, p. 15-51.

SIDDALL M, ROHLING E.J, ALMOGI-LABIN A, HEMLEBEN CH, MEISCHNER D, SCHMELZER I, SMEED D.A. (2003) – Sea-level fluctuations during the last glacial cycle, *Nature*, 423, p. 853-858.

## •Bibliographie

---

SIGNOR P.W, LIPPS J.H. (1982) – Gradual extinction patterns and catastrophes in the fossil record, *Geological Society of America*, Special Paper 190, p. 291-296.

SIMONET A. (2017) – Gravettians at Brassempouy (Landes, France), 30,000 BP: a semi-sedentary territorial organization?, *World Archaeology*, 49, 5, p. 648-665.

SIMONET A. (2013) – Des apprentis gravettiens ont-ils confectionné des armatures lithiques à Tercis (Landes, France)?, *Paléo*, 23, p. 1-29.

SIMONET A. (2012) – *Brassempouy (Landes, France) ou la matrice gravettienne de l'Europe*, Liège, ERAUL, 141 p.

SIMONET A. (2011A) – Diversité des haltes de chasse dans le gravettien pyrénéen, in Bon F, Costamagno S, Valdeyron N (dir.) *Haltes de chasse en Préhistoire. Quelles réalités archéologiques?*, Université Toulouse II - Le Mirail, Palethnologie, p. 31.

SIMONET A. (2011B) – La Pointe des Vachons: nouvelles approches d'un fossile directeur controversé du Gravettien à partir des exemplaires du niveau IV de la grotte d'Isturitz (Pyrénées-Atlantiques, France) et des niveaux 4 des abris 1 et 2 des Vachons (Charente, France), *Paléo*, 22, p. 271-298.

SIMONET A. (2010) – Les armatures lithiques du Gravettien à burins de Noailles du niveau G de la grotte des Enfants (Balzi Rossi, Ligurie, Italie): premiers éléments d'enquête, *Bulletin du Musée d'Anthropologie préhistorique de Monaco*, 50, p. 55-68.

SIMONET A. (2009A) – A Gravettian knapping workshop at Tercis (Landes). A probable case of apprenticeship in the fabrication of lithic weapon tips, in Pétilon J.-M, Dias-Meirinho M.-H, Cattelain P, Honegger M, Normand C, Valdeyron N. (dir.) *Projectile weapon elements from the Upper Palaeolithic to the Neolithic*, Palethnology, p. 183-210.

SIMONET A. (2009B) – *Les gravettiens des Pyrénées. Des armes aux sociétés*, thèse de doctorat, Université Toulouse Le Mirail - Toulouse II, 398 p.

SINGARAYER J.S, VALDES P.J. (2010) – High-latitude climate sensitivity to ice-sheet forcing over the last 120 kyr, *Quaternary Science Reviews*, 29, p. 43-55.

SOBERÓN J. (2007) – Grinnellian and Eltonian niches and geographic distributions of species, *Ecology Letters*, 10, 12, p. 1115-1123.

## •Bibliographie

---

SOBERÓN J, ARROYO-PEÑA B. (2017) – Are fundamental niches larger than the realized? Testing a 50-year-old prediction by Hutchinson, *PLOS ONE*, 12, 4, p. e0175138.

SOBERÓN J, PETERSON A.T. (2020) – What is the shape of the fundamental Grinnellian niche?, *Theoretical Ecology*, 13, 1, p. 105-115.

SOBERÓN J, PETERSON A.T. (2011) – Ecological niche shifts and environmental space anisotropy: a cautionary note, *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82, p. 1348-1355.

SOBERÓN J, PETERSON A.T. (2005) – Interpretation of Models of Fundamental Ecological Niches and Species' Distributional Areas, *Biodiversity Informatics*, 2, p. 1-10

SOLER L, SCHMITI A, RAMBAUD D, MISTROT V, LIOLIOS D, LIARD M, LE BRUN-RICALES F, LAROULANDIE V, HOUMARD C, HENRY-GAMBIER D, GUÉRIN S, GRIGGO C, BERTHET A.-L, LANGLAIS M, GABILLEAU J, BROU L, PRIMAULT J, TABORIN Y, VISSAC C. (2007) – La grotte du Taillis des Coteaux à Antigny (Vienne): intérêts d'une séquence originale à la structuration des premiers temps du Magdalénien, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 104, 4, p. 743-758.

SORIANO S. (1998) – Les microgravettes du Périgordien de Rabier à Lanquais (Dordogne): analyse technologique fonctionnelle, *Gallia préhistoire*, 40, 1, p. 75-94.

SORIANO S, POLLAROLO L. (2011) – Le site de Millon (Malay-le- Petit, Yonne, France). Du Gravettien récent dans la vallée de la Vanne?, *Annales d'Université « Valahia » Targoviște. Section d'Archéologie et d'Histoire*, tome XIII, 2, p. 13-39.

SPRY C, STERN N. (2016) – Technological Organization, Oxford Bibliographies in « Anthropology », New York, Oxford University Press, 16 p. Consultable à <http://www.oxfordbibliographies.com/display/id/obo-9780199766567-0158>

STEWART J.H. (1942) – The direct historical approach to Archaeology, *American Antiquity*, 7, 4, p. 337-343.

SURMELY F, COSTAMAGNO S, HAYS M, ALIX P. (2008) – Le Gravettien et le Protomagdalénien en Auvergne, *Paléo*, 20, p. 73-98.

SVOBODA J, VLCEK E. (1991) – La nouvelle sépulture de Dolni Vestonice (DV XVI), Tchécoslovaquie, *L'Anthropologie (Paris)*, t. 95, 1, p. 323-328.

## •Bibliographie

---

TEXIER J.-P. (2009) – *Histoire géologique de sites préhistoriques classiques du Périgord : une vision actualisée. La Micoque, la Grotte vaufrey, le Pech de l'Azé I et II, la Ferrassie, l'Abri Castanet, le Flageolet, Laugerie Haute*, Paris, CTHS, 193 p.

TEXIER J.-P. (2000) – A propos des processus de formation des sites préhistoriques, *Paléo*, 12, p. 379-386.

TIXIER J. (1958) – Les burins de Noailles de l'Abri André Ragout, Bois-du-Roc, Vilhonneur (Charente), *Bulletin de la Société préhistorique française*, 55, 10, p. 628-644.

TIXIER J. (2012) – *Méthode pour l'étude des outillages lithiques*, F. Le Brun-Ricalens, Luwembourg, CNRA-MNHA, 195 p.

TIXIER J. (1995) – *Préhistoire de la pierre taillée. T. 4: Technologie de la Pierre taillée*, Meudon, CREP, 199 p.

TOMASSO A. (2014) – *Territoires, systèmes de mobilité et systèmes de production. La fin du Paléolithique supérieur dans l'arc liguro-provençal*, thèse de doctorat, Université de Nice Sophia-Antiopolis, Nice, 1070 p.

TOMASSO A, ROTS V, PURDUE L, BEYRIES S, BUCKLEY M, CHEVAL C, CNUITS D, COPPE J, JULIEN M.-A, GRENET M, LEPERS C, M'HAMDI M, SIMON P, SORIN S, PORRAZ G. (2018) – Gravettian weaponry: 23,500-year-old evidence of a composite barbed point from Les Prés de Laure (France), *Journal of Archaeological Science*, 100, p. 158-175.

TOUZÉ O. (2011A) – Caractérisation de la “méthode du Raysse” à Bassaler-nord et au Raysse (Corrèze, France), *Archéo-situla*, 31, p. 3-27.

TOUZÉ O. (2011B) – *Le Noaillien est-il un faciès culturel?*, mémoire de master, Université libre de Bruxelles, 117 p.

TOUZÉ O. (2013) – De la signification du Noaillien et du Rayssien, in *Pensando el Gravetiense: nuevos datos para la region cantabrica en su contexto peninsular y pyrenaico*, Madrid, Museo Nacional y Centro de Investigacion de Altamira, Santander, p. 383-400.

TOUZÉ O. (2019) – *D'une tradition à l'autre, les débuts de la période gravettienne. Trajectoire technique des sociétés de chasseurs-cueilleurs d'Europe nord-occidentale*, thèse de doctorat, cotutelle Université de Liège - Université Paris 1, Panthéo Sorbonne, Liège, 638 p.

## •Bibliographie

---

TRIGGER B.G. (1995) – Expanding Middle-Range Theory, *Antiquity*, 69, 264, p. 449.

TURQ A. (1977) – Le complexe d'habitat paléolithique du Plateau Cabrol, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 74, 2, p. 489-504.

TURQ A, MORALA A. (2013) – Inventaire des silicifications du Quercy, de ses marges et des marqueurs lithologiques du nord-est aquitain: synthèse des données, in M. Jarry, J.-Ph. Brugal, C. Ferrier (dir.) *Modalités d'occupation et exploitation des milieux au Paléolithique dans le Sud-Ouest de la France: l'exemple du Quercy*, Musée National de Préhistoire, Paléo spécial, p. 159-180.

ÚJVÁRI G, STEVENS T, MOLNÁR M, DEMÉNY A, LAMBERT F, VARGA G, JULL A.J.T, PÁLL-GERGELY B, BUYLAERT J.-P, KOVÁCS J. (2017) – Coupled European and Greenland last glacial dust activity driven by North Atlantic climate, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114, 50, p. E10632-E10638.

UZUNIDIS A, BRUGAL J.-P, MAKSUD F, CASTEL J.-C. (2016) – Un nouveau site à faune de la fin du Pléistocène moyen dans le Lot: l'aven d'Assier, *Quaternaire*, vol. 27/1, p. 39-54.

VAESEN K, COLLARD M, COSGROVE R, ROEBROEKS W. (2016) – Population size does not explain past changes in cultural complexity, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, p. E2241-E2247.

VAISSIÉ E (2021) – *Géographie culturelle du Paléolithique moyen récent dans le Massif Central et ses marges: Territoires, mobilités et systèmes techniques lithiques*, thèse de doctorat, Université de Bordeaux, 1159 p.

VALAVI R, ELITH J, LAHOZ-MONFORT J.J, GUILLERA-ARROITA G. (2018) – blockCV: An r package for generating spatially or environmentally separated folds for k-fold cross-validation of species distribution models, *Methods in Ecology & Evolution*, 10, p. 225-232.

VALDES P.J, ARMSTRONG E, BADGER M.P.S, BRADSHAW C.D, BRAGG F, CRUCIFIX M, DAVIES-BARNARD T, DAY J.J, FARNSWORTH A, GORDON C, HOPCROFT P.O, KENNEDY A.T, LORD N.S, LUNT D.J, MARZOCCHI A, PARRY L.M, POPE V, ROBERTS W.H.G, STONE E.J, TOURTE G.J.L, WILLIAMS J.H.T. (2017) – The BRIDGE HadCM3 family of climate models: HadCM3@Bristol v1.0, *Geoscientific Model Development*, 10, 10, p. 3715-3743.

## •Bibliographie

---

- VALENTIN B. (2008) – *Jalons pour une paléohistoire des derniers chasseurs (XIVe-VIe millénaire avant J. -C.)*, Paris, Publications de la Sorbonne, 325 p.
- VAN AELST S, ROUSSEUW P. (2009) – Minimum volume ellipsoid, *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, 1, 1, p. 71-82.
- VANDENBERGHE, J, FRENCH, H, GORBUNOV, A, MARCHENKO, S, VELICHKO, A.A, JIN, H, CUI, Z, ZHANG, T, WAN, X. (2014) – The Last permafrost Maximum (LPM) map of the Northern Hemisphere: permafrost extent and mean annual air temperatures, 25-17 ka. *Boreas*, 43, 652-666.
- VANDERWAL J, SHOO L.P, GRAHAM C, WILLIAMS S.E. (2009) – Selecting pseudo-absence data for presence-only distribution modeling: How far should you stray from what you know?, *Ecological Modelling*, 220, 4, p. 589-594.
- VIDAL-CORDASCO M, NUEVO-LÓPEZ A. (2021) – Difference in ecological niche breadth between Mesolithic and Early Neolithic groups in Iberia, *Journal of Archaeological Science: Reports*, 35, p. 102728.
- VIGNALI S, BARRAS A.G, ARLETTAZ R, BRAUNISCH V. (2020) – *SDMtune*: An R package to tune and evaluate species distribution models, *Ecology and Evolution*, 10, 20, p. 11488-11506.
- VIGNOLES A. (2018) – *Le Gravettien moyen en France: exploration de liens potentiels entre variabilité technologique et écologique*, mémoire de master 2, Université de Bordeaux, 71 p.
- VIGNOLES A, BANKS W.E, KLARIC L, KAGEYAMA M, COBOS M.E, ROMERO-ALVAREZ D. (2021) – Investigating relationships between technological variability and ecology in the Middle Gravettian (ca. 32e28 ky cal. BP) in France, *Quaternary Science Reviews*, 253, p. 106766.
- VIGNOLES A, KLARIC L, BANKS W.E, BAUMANN M. (2019) – Le Gravettien du Fourneau du Diable (Bourdeilles, Dordogne): révision chronoculturelle des ensembles lithiques de la « Terrasse inférieure », *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 116, 3, p. 455-478.
- VOLTERRA V. (1926) – *Variazioni e fluttuazioni del numero d'individui in specie animali conviventi*, Roma : Accademia nazionale dei Lincei, 538 p.
- VRAC M, MARBAIX P, PAILLARD D, NAVEAU P. (2007) – Non-linear statistical downscaling of present and LGM precipitation and temperatures over Europe, *Clim. Past*, 3, p. 669-682.



WARREN D.L. (2012) – In defense of ‘niche modeling’, *Trends in Ecology & Evolution*, 27, 9, p. 497-500.

WARREN D.L, MATZKE N.J, CARDILLO M, BAUMGARTNER J.B, BEAUMONT L.J, TURELLI M, GLOR R.E, HURON N.A, SIMÕES M, IGLESIAS T.L, PIQUET J.C, DINNAGE R. (2021) – ENMTools 1.0: an R package for comparative ecological biogeography, *Ecography*, p. ecog.05485.

WARREN D.L, WRIGHT A.N, SEIFERT S.N, SHAFFER H.B. (2014) – Incorporating model complexity and spatial sampling bias into ecological niche models of climate change risks faced by 90 California vertebrate species of concern J. Franklin (dir.), *Diversity and Distributions*, 20, 3, p. 334-343.

WARREN D.L, SEIFERT S.N. (2011) – Ecological niche modeling in Maxent: the importance of model complexity and the performance of model selection criteria, *Ecological Applications*, 21, 2, p. 335-342.

WARREN D.L, GLOR R.E, TURELLI M. (2008) – Environmental Niche Equivalency versus Conservatism : Quantitative Approaches to Niche Evolution, *Evolution*, 62, 11, p. 2868-2883.

WESSEL P, BERCOVICI D. (1998) – Interpolation with Splines in Tension: A Green’s Function Approach, *Mathematical Geology*, 30, 1, p. 77-93.

WHITFORD B.R. (2019) – Characterizing the cultural evolutionary process from eco-cultural niche models: niche construction during the Neolithic of the Struma River Valley (c. 6200-4900 BC), *Archaeological and Anthropological Sciences*, 11, p. 2181-2200.

WHITTAKER R.H, LEVIN S.A, ROOT R.B. (1973) – Niche, Habitat, and Ecotope, *The American Naturalist*, 107, 955, p. 321-338.

WILLEY G.R, PHILLIPS P. (1958) – *Method and theory in American archaeology*, Chicago, IL, The University of Chicago Press, 270 p.

WILLIAMS J.W, JACKSON S.T. (2007) – Novel climates, no-analog communities, and ecological surprises, *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5, 9, p. 475-482.

WILLIAMS J.W, JACKSON S.T, KUTZBACH J.E. (2007) – Projected distributions of novel and disappearing climates by 2100 AD, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104, 14, p. 5738-5742.

•Bibliographie

---

WILSON M.F.J, O'CONNELL B, BROWN C, GUINAN J.C, GREHAN A.J. (2007) – Multiscale Terrain Analysis of Multibeam Bathymetry Data for Habitat Mapping on the Continental Slope, *Marine Geodesy*, 30, 1-2, p. 3-35.

WOBST H.M. (1978) – The Archaeo-Ethnology of Hunter-Gatherers or the Tyranny of the Ethnographic Record in Archaeology, *American Antiquity*, 43, 2, p. 303-309.

WOJTAL P, HAYNES G, WILCZYNSKI J. (DIR.) (2015) – *World of Gravettian Hunters*, vol. 359-360, *Quaternary International*, 534 p.

WOLFF E.W, CHAPPELLAZ J, BLUNIER T, RASMUSSEN S.O, SVENSSON A. (2010) – Millennial-scale variability during the last glacial: The ice core record, *Quaternary Science Reviews*, 29, 21-22, p. 2828-2838.

WOOD S.N. (2017) – *Generalized Additive Models. An introduction with R*, Boca raton, FL, Taylor & Francis Group, 497 p.

ZURELL D, ELITH J, SCHRÖDER B. (2012) – Predicting to new environments: tools for visualizing model behaviour and impacts on mapped distributions, *Diversity and Distributions*, 18, 6, p. 628-634.

# Index des figures

## •Introduction

Figure 0.1: Illustration des trois principaux critères habituellement mis en avant pour justifier du caractère unitaire du Gravettien à l'échelle de l'Europe. A. Pointe de la Gravette de type Vachons, Isturitz, France (Simonet, 2009a). B. Représentation figurative féminine sous forme d'une sculpture ronde-bosse à Willendorf, Autriche (Iakovleva, 2013). C. Sépulture DV XVI à Dolni Vestonice, République Tchèque (Svoboda et Vlcek, 1991). D. Carte de répartition des représentations figuratives féminines de Vénus en Europe au Gravettien (Simonet, 2017)..... 17

Figure 0.2: Fossiles directeurs typologiques du Gravettien moyen. A. Burin de Noailles (Abri Pataud, couche 4:lower ; David, 1985, p. 42). B. Burin du Raysse (Abri Pataud, couche 4:upper ; David, 1985, p. 104)..... 20

Figure 0.3: Pointe à aménagement de type Isturitz classique (Grotte du Trilobite, Arcy-sur-Cure ; Goutas, 2013b)..... 26

Figure 0.4: Modèle d'occupation du piémont pyrénéen au Gravettien à burins de Noailles (Simonet, 2017)..... 29

Figure 0.5: Répartition géographique des sites à burins de Noailles et à burins du Raysse (d'après Touzé, 2013 ; Klaric, 2017 ; Vignoles et al., 2019). Principaux sites cités dans le texte : 1. Plasenn al Lomm ; 2. Grotte du Renne ; 3. La Picardie ; 4. Solvieux, gisement des Jambes ; 5. Bassaler-Nord, Grotte du Raysse, Grotte des Morts ; 6. Abri du Facteur, Abri Pataud, Abri du Flageolet I ; 7. Le Callan ; 8. Brassempouy ; 9. Aitzbitarte III ; 10. Isturitz ; 11. Gargas ; 12. Grotte des Enfants, Riparo Mochi ; 13. Bilancino..... 38

Figure 0.6: Corrélation des phases chrono-culturelles avec la variabilité climatique millénaire (d'après Banks et al., 2019, modifié). A. Intervalles chronologiques *identifiés par le modèle bayésien d'âge* (logiciel Chronomodel, Lanos et Philippe, 2017) pour le Gravettien moyen et récent. B. Scores de l'axe 1 de l'analyse en composantes principales (ACP) *issus de l'étude* pollinique de la carotte de Bergsee (Duprat-Oualid et al., 2017). C. Enregistrement du  $\delta^{18}\text{O}$  au cours du temps dans la carotte de glace NGRIP (Rasmussen et al., 2014) et *mise en évidence* des stades et inter-stades du Groënland (GS et GI respectivement) ainsi que des événements de Heinrich (HE)..... 40

Figure 0.7: Répartition géographique du Gravettien récent sensu lato (d'après Klaric, 2013 ; Cormarèche, 2020 ; Paris, 2020). Principaux sites cités dans le texte : 1. Mainz-Lisenberg ; 2. Le Cirque de la Patrie ; 3. La Croix-de-Bagneux ; 4. Le Taillis-des-Coteaux ; 5. Abri Pataud, Laugerie Haute-Est ; 6. Le Blot ; 7. Corbiac, Rabier ; 8. Abri des Peyrugues.....47

## •Partie 1 •Cadre théorique et méthodologique

### Chapitre 1 : Proposition d'un cadre théorique

Figure I.1.1: Burins de Noailles à Itsuritz (Calvo et al., 2019) et au Fourneau du Diable (Vignoles et al., 2019). a. Burin de Noailles atypique (absence de troncature) ; b. à e., g., Burins de Noailles typiques (présence de troncature et de coche d'arrêt) ; f. Burin de Noailles atypique (absence de coche)..... 72

Figure I.1.2: Schéma de débitage unipolaire "opposé-décalé" mis en évidence à Brassempouy (Klaric, 2003, modifié)..... 73

Figure I.1.3: Illustration des schémas de production lamino-lamellaires rayssiens. A. Méthode du Raysse ; B. Débitage laminaire rayssien. (Klaric, 2008, modifié).....	75
Figure I.1.4: La "pointe des Vachons". a., e. à f. Isturitz, niveau IV/F3 (Simonet, 2009a, 2011b) ; b. à d. Fourneau du Diable, sondage 2 (Vignoles et al., 2019).....	76
Figure I.1.5: Burins-pointes mis au jour en contexte noaillien et/ou rayssien dans le nord de l'Aquitaine. a. Abri Pataud, couche 4:lower ; b. Abri Pataud, couche 4:upper (David, 1985) ; c. et d. Les Jambes, couche 3.....	78
Figure I.1.6: "Burins-becs" mis au jour dans le niveau 10/11 de l'Abri du Facteur (a., b. et c.) et dans les couches 2 (d.) et 3 (e.) des Jambes.....	79
Figure I.1.7: Quelques caractères du Gravettien récent sensu lato. a. à d. Pièces à dos, la Croix-de-Bagneux, locus 11-14 (Kildéa et al., 2005) ; e. à g. Microgravettes de l'ensemble moyen du Blot (Klaric et al., 2009) ; h. à i. Burins-nucléus polyédriques de l'ensemble moyen du Blot (Klaric et al., 2009).....	81
Figure I.1.8: Exemple de nucléus bipolaire à plans de frappe très inclinés et à table cintrée. La Croix-de-Bagneux, locus 11-14 (Kildéa et al., 2005).....	82
Figure I.1.9: Illustration du concept de mécanismes pour un exemple fictif. Le schéma présente trois trajectoires culturelles régionales (flèches de couleur) au sein d'un contexte environnemental marqué par une période froide (fond bleu ciel) et une période plus douce (fond vert clair). Chaque évolution au sein d'une trajectoire est impulsée par un mécanismes (M), composé de différents facteurs (F) en interaction (flèches courbes). Les facteurs grisés représentent des facteurs fréquemment en jeu dans les changements culturels observés.....	84
<b>Chapitre 2 : Comment appréhender la variabilité spatio-temporelle du registre archéologique par le biais des industries lithiques et de la modélisation de niches éco-culturelles ?</b>	
Figure I.2.1: Spécimen de <i>Toxostoma redivivum</i> (source : <a href="http://sandiegobirdspot.com">http://sandiegobirdspot.com</a> ).....	87
Figure I.2.2: A. Modèle de la niche du phalène <i>Urania fulgens</i> (source photo : <a href="http://www.butterfliesandmoths.org">www.butterfliesandmoths.org</a> ; occurrence 530489 observée le 23 mars 2011) sous la forme d'un ellipsoïde dans l'espace environnemental (Nuñez-Penichet et al., 2021). B. représentation schématique de la tolérance physiologique unimodale d'un individu à une variable environnementale.....	90
Figure I.2.3: Illustration de la dualité de Hutchinson dans le cas simplifié d'une espèce virtuelle et d'un espace environnemental simplifié, dont les deux variables sont la température moyenne annuelle et la précipitation moyenne annuelle. Dans l'espace environnemental, le nuage de points représente les combinaisons de températures et précipitations disponibles en France de nos jours (1979-2013), d'après les simulations issues du modèle CHELSA (résolution spatiale : 10 arc min. ; Karger et al., 2017). Le rectangle vert représente la niche de l'espèce virtuelle. Les localités correspondant à ces conditions favorables sont représentées dans l'espace géographique sous la forme de pixels verts. Il est intéressant de noter ici que certaines conditions environnementales incluses dans la niche n'existent pas en France actuellement (zones grises contenue dans le rectangle vert).....	92
Figure I.2.4: Diagramme de BAM illustrant les facteurs influençant la distribution macro-géographique d'une espèce dans le cas de l'hypothèse du bruit Eltonien (d'après Soberón et Peterson, 2005, 2012, modifié). Les cercles représentent les différents facteurs et les points noirs représentent la distribution géographique de l'espèce. G : espace géographique ; A : variables scénopoétiques ; B : interactions biotiques ; M : zones géographiques accessibles à	

*l'espèce ; G<sub>o</sub> : aire de distribution occupée ; G<sub>I</sub> : aire de distribution potentiellement envahissable*..... 94

Figure I.2.5: Quatre scénarios théoriques du diagramme de BAM (d'après Saupe et al., 2012, modifié). Le cercle vert représente les conditions scénopoétiques favorables (A) ; le cercle rempli de points représente l'aire accessible à l'espèce (M). A. Configuration classique. B. Configuration de Hutchinson. C. Configuration de Wallace. D. Configuration de superposition..... 95

Figure I.2.6: Scénarios théoriques de possibles dynamiques de niche d'un *système cohésif adaptatif* dans l'espace environnemental, entre des conditions de départ et de terminaison en contexte de stabilité climatique (A à D) ou de changement climatique (E à H). Les colonnes présentent quatre possibilités de terminaison (conservation de niche, expansion de niche, contraction de niche ou disparition de l'unité archéologique). Les scénarios A et E représentent un cas dans lequel la culture matérielle ne change pas entre les conditions de départ et de terminaison. Les scénarios B et F illustrent un changement dans la culture matérielle marqué par des continuités tandis que les scénarios D et H illustrent un changement abrupt. Enfin, dans les scénarios C et G, le *système* disparaît ou devient invisible archéologiquement, suite à une contraction de niche extrême ou à la migration de la population. (Figure et légende issues de d'Errico et Banks, 2013, traduction personnelle)...99

### **Chapitre 3 : Éviter le « Garbage-in, garbage-out » : comment bien choisir les données à l'origine de la modélisation**

Figure I.3.1: Arbre de probabilités d'observation d'une présence ou d'une absence archéologique. Chaque barre verticale correspond à une question concernant les différents facteurs influençant la *découverte* de l'occurrence. Les deux premiers facteurs concernent le groupe archéologique et son établissement ou non dans une localité. Les deux suivants font référence aux processus taphonomiques naturels. Les quatre derniers facteurs *relèvent* de biais la recherche et de l'archéologue. Les cercles vides et pleins symbolisent la réponse "oui" ou "non" à chacune des questions. Les étoiles représentent la nature de l'occurrence : vraie ou fausse présence, vraie ou fausse absence. Les points d'interrogation signifient qu'il n'est pas possible de statuer sur la nature de l'occurrence (d'après Peterson et al. (2011), fig.5.1 et Antunes (2015), fig.2.5, modifiées)..... 108

Figure I.3.2: Exemple de base de données relationnelle. A. Description des relations entre différentes tables. Chaque table comporte une clé primaire (icône clé). Les clés secondaires contiennent l'abréviation "fk" pour foreign key dans leur titre. Les relations entre la table n et la table n+1 sont indiquée par des liens 1 -> n. B. Exemple du résultat d'une requête recoupant les informations données par *différentes tables*..... 114

### **Chapitre 4 : Le processus de modélisation**

Figure I.4.1: Exemple de Receiver Operating Characteristic (ROC) d'une prédiction Maxent pour évaluer sa *signification statistique*. La droite en pointillés rouges représente le ROC d'un modèle-nul non informatif et a donc une aire sous la courbe (AUC) de 0,5. La courbe noire représente le ROC du modèle empirique. Les zones colorées représentent son AUC. Les points blancs constituent les données servant à créer le modèle empirique. Dans l'approche du ROC partiel proposé par Peterson et al. (2008), les aires de non-prédiction (c'est-à-dire en dehors des données de calibration) en rouge ne sont pas prises en compte dans le calcul de l'AUC. D'autre part, l'aire sous la courbe correspondant à une proportion d'erreurs d'identification dans les données de calibration (E) en jaune est également écartée du calcul (Figure modifiée d'après Peterson et al., 2011, fig. 9.4, p.175)..... 128

Figure I.4.2: Illustration du seuillage de prédiction avec la méthode du seuil de sensibilité fixe. Le modèle de niche Maxent présenté correspond à celui d'une espèce

virtuelle pour laquelle nous avons créé des données d'occurrences aléatoires (au nombre de 25). Les variables environnementales utilisées pour représenter l'espace environnemental sont la température moyenne annuelle, la précipitation moyenne annuelle et la saisonnalité de la précipitation modélisées pour la France de nos jours (1979-2013 ; modèle CHELSA, résolution spatiale de 10 arc min. ; Karger et al., 2017). Nous avons employé le package R ENMTools (Warren et al., 2021) pour créer le modèle Maxent en utilisant les paramètres par défaut et en employant 20 % des données d'occurrences pour l'évaluation. Dans cet exemple, le seuil de sensibilité est fixé à  $E = 5\%$ . A. Prédiction « brute » à l'issue de la calibration : la favorabilité est présentée de manière continue. B. Quatre premières occurrences du jeu de données classées par *favorabilité* croissante. Les 5 % des occurrences associées aux plus faibles valeurs de favorabilité sont au nombre d'une seule ; sa valeur de *favorabilité* est de 0,29 et sera retenue comme seuil pour le reclassement de la prédiction. C. Prédiction seuillée : les pixels aux valeurs inférieures ou égales à 0,29 sont considérés comme non-adequats (blancs) tandis que les valeurs supérieures sont divisées en faible/moyenne/haute *favorabilité*..... 131

Figure I.4.3: Illustration du risque d'extrapolation de prédictions de niches *hors* de la gamme environnementale des données de calibration (domaine vert). En dehors de la gamme environnementale de calibration (i.e., non représentée dans la région M, *domaine rouge*), il n'est pas possible de vérifier si la courbe de réponse (en pointillés) va continuer à monter, rester constante ou redescendre. Il s'agit donc d'une courbe de réponse tronquée (Figure et légende modifiées d'après Peterson et al., 2011, fig.7,6, p. 127)..... 132

Figure I.4.4: Exemple de comparaison d'ellipsoïdes avec le package ellipsenm. Les niches sont modélisées pour deux espèces virtuelles créées à partir de données d'occurrences aléatoires : l'espèce virtuelle 1 en *rouge* est représentée par 25 occurrences, tandis que l'espèce virtuelle 2 en *bleu* est représentée par 20 occurrences. Les variables environnementales utilisées pour représenter l'espace environnemental sont la température moyenne annuelle, la précipitation moyenne annuelle et la saisonnalité de la précipitation modélisées pour la France de nos jours (1979-2013 ; modèle CHELSA, résolution spatiale de 10 arc min. ; Karger et al., 2017), *réduites* à l'aire accessible M de chaque espèce (nous avons fixé cet aire à des cercles de 100 km de rayon autour de chaque point d'occurrence). A. Présentation de la répartition géographiques des données d'occurrences ainsi que des aires de calibrations M. B. Comparaison des ellipsoïdes de volume minimal pour chaque espèce en fonction de leur background. C. Test de signification de la valeur de recouvrement (background union overlap). Bien que l'appréciation visuelle du recouvrement observé en B. nous donne l'impression d'un recouvrement important, celui-ci reste assez faible au regard du recouvrement entre les backgrounds de chaque espèce ( $J = 0.35$ ). D'autre part, la comparaison de cette valeur avec une distribution de valeurs pour des modèles aléatoires nous permet de rejeter l'hypothèse-nulle ( $p = 0.01 < 0.05$ ) et de qualifier ce recouvrement de non-significatif..... 135

Figure I.4.5: Schéma synthétique de l'approche intégrée d'étude de mobilier archéologique et de modélisation de niches éco-culturelles employée dans cette thèse (page actuelle et suivante)..... 138

## •Partie 2 •Données environnementales et données d'occurrences archéologiques

### Chapitre 1 : Données environnementales

Figure II.1.1: Les six climatologies retenues pour modéliser le climat dans ce travail. Exemple du modèle HadCM3 à l'équilibre à 30 ka BP.....	147
Figure II.1.2: Exemple d'une climatologie ( <i>température moyenne annuelle</i> ) issues des <i>simulations transitoires</i> moyennée sur trois périodes de temps (30 ans, 100 ans, 500 ans) autour des tranches chronologiques étudiées (30 ka BP pour le Gravettien moyen et 28.5 ka BP pour le Gravettien récent).....	149
Figure II.1.3: Différentes étapes de la création de variables topographiques dérivées du MNT ETOPO1 (Amante et Eakins, 2009). A. Carte mondiale du relief du bedrock ETOPO1 (projection : WGS 84). B. Découpage autour de l'Europe et reclassement des valeurs inférieures à - 90 m. C. Dégradation de la résolution par interpolation bilinéaire puis calcul des quatre variables topographiques avec le package raster (Hijmans et van Etten, 2012).	151
Figure II.1.4: Principe de la descente d'échelle statistique par modélisation GAM (d'après Antunes, 2015, Fig. 4.1, p. 96, modifié).....	152
Figure II.1.5: Courbes de régression des modèles GAM sélectionnés pour la température (A) et la précipitation (B) issues des simulations à l'équilibre.....	158
Figure II.1.6: Comparaison de deux méthodes de descente d'échelle avec les données à haute résolution du CRU. Exemple de la température moyenne annuelle issues des simulations à l'équilibre. A. Température moyenne annuelle à une résolution de 0.16° selon interpolation bilinéaire ou modélisation GAM et température moyenne annuelle du CRU. B. Différence entre les données CRU et l'interpolation bilinéaire du GCM. C. Différence entre les données CRU et le modèle GAM.....	160
Figure II.1.7: Comparaison de deux techniques de descente d'échelle pour les climatologies de précipitation issues des simulations à l'équilibre. A. Précipitation du mois le plus sec. B. Précipitation du mois le plus humide.....	161
Figure II.1.8: Courbes de régression des modèles GAM sélectionnés pour la température (A) et la précipitation (B) issues des simulations transitoires. Exemple des simulations moyennées sur 100 ans.....	165
Figure II.1.9: Comparaison de deux méthodes de descente d'échelle avec les données à haute résolution du CRU. Exemple de la température <i>du mois le plus chaud</i> issues des simulations transitoires moyennées sur 30 ans. A. Température <i>du mois le plus chaud</i> à une résolution de 0.16° selon interpolation bilinéaire ou modélisation GAM et température <i>du mois le plus chaud</i> du CRU. B. Différence entre les données CRU et l'interpolation bilinéaire du GCM. C. Différence entre les données CRU et le modèle GAM.....	166
Figure II.1.10: Comparaison de deux techniques de descente d'échelle pour la précipitation du mois le plus humide issues des simulations transitoires. A. Descente d'échelle sur la climatologie moyennée sur 30 ans. B. Descente d'échelle sur la climatologie moyennée sur 100 ans.....	168

## **Chapitre 2 : Données d'occurrences archéologiques**

Figure II.2.1: Structure relationnelle de la base de données "sites gravettiens". Le symbole de clé indique la clé primaire de chaque table. La polarité des relations est indiquée par (1, n).....	172
Figure II.2.2: Localisation des sites recensés dans la base de données "sites gravettiens". Les numéros de chaque localité correspondent à ceux présentés dans le Tableau II.2.2.....	176
Figure II.2.3: Emprise chronologique de la base de données "sites gravettiens". A. Nombre de publications par années en fonction du type d'information recueilli (données	

typologiques vs. technologiques) B. Décennie de fouille des différents ensembles analysés. .....	188
Figure II.2.4: Répartition géographique des sites à burins de Noailles en fonction de la grille de fiabilité présentée dans le Tableau II.2.1, d'après notre recensement bibliographique. La carte de gauche montre les sites retenus, celle de <i>droite</i> les sites rejetés. .....	193
Figure II.2.5: Types de sites retenus en fonction de leur attribution chrono-culturelle et répartition géographique. La couleur des occurrences sur la carte correspond aux types de sites représentés dans l'histogramme à gauche.....	195
Figure II.2.6: Fossiles directeurs et marqueurs techniques du Gravettien moyen identifiés à la Roque Saint-Christophe, à l'abri Lespoux et aux Artigaux. Abri Lespoux : a. Lamelle de la Picardie ; b. Lamelle du Raysse ; c. Burin de Noailles ; d. Burin-nucléus du Raysse (dessins issus de Krtoliza et Lenoir, 1998) ; e. et m. Pointe des Vachons. La Roque Saint-Christophe : f. à g. Lamelles du Raysse ; h. Burin-nucléus du Raysse ; i. Burin de Noailles double ; j. Possible pointe des Vachons. Les Artigaux : k. Lamelle du Raysse ; l. Burin-nucléus du Raysse .(dessin issu de Lenoir, 1977).....	198
Figure II.2.7: Répartition géographique des sites <i>dans lesquels la méthode du Raysse a été mise en évidence</i> , en fonction de la grille de fiabilité présentée dans le Tableau II.2.1, d'après notre <i>recensement</i> bibliographique. La carte de <i>gauche</i> montre les sites retenus, celle de <i>droite</i> les sites rejetés.....	199
Figure II.2.8: Répartition géographique des sites <i>attribués au Gravettien récent</i> , en fonction de la grille de fiabilité présentée dans le Tableau II.2.1, d'après notre recensement bibliographique. La carte de <i>gauche</i> montre les sites retenus, celle de <i>droite</i> les sites rejetés. .....	206
Figure II.2.9: Comparaison des dimensions des potentiels éléments d'armatures dans différents ensembles du Gravettien moyen dans le Nord de l'Aquitaine.....	211

## •Partie 3 •Dynamiques de niches éco-culturelles

### **Chapitre 1 : Estimation des niches éco-culturelles : description des analyses**

Figure III.1.1: Traitement des données d'occurrences, exemple du jeu de données du Gravettien moyen septentrional. A. Jeu de données initial (61 occurrences). B. Raréfaction spatiale selon une maille de ca. 33 km (18 occurrences). C. Partitionnement en données de calibration (train data ; points noirs) et d'évaluation (test data ; points blancs).....	222
Figure III.1.2: Définition de l'aire de calibration M pour chaque unité archéologique étudiée, à partir des traits de côte à - 90 m (Siddall et al., 2003), de l'extension maximale des calottes glaciaires au LGM (Ehlers et Gibbard, 2004) et de la distance maximale d'approvisionnement en matières premières siliceuses (cf. Tableau III.1.2).....	224
Figure III.1.3: Diagnostic qualitatif de la diversité de matières premières silicifiées présentes dans les couches 2 et 3 des Jambes (clichés et déterminations: E. Vaissié). A. Bergeracois (faciès zoné ; (Demars, 1998 ; Séronie-Vivien et Séronie-Vivien, 1987 ; Fernandes et al., 2012) ; B. Fumelois (Turq, 1977 ; Morala, 1984 ; Turq et Morala, 2013) ; C. Santonien des Charentes (Féblot-Augustins et al., 2010 ; Caux, 2015 ; E. Vaissié, thèse en cours) ; D. Silex « bleu des Vachons » (Bordes, 2002 ; Féblot-Augustins et al., 2010) ; E. Silex du Turonien supérieur dit « du Grand-Pressigny » (Primault, 2003 ; Delvigne et al., 2018) ; F. Turonien inférieur de la Vallée du Cher (Aubry, 1991 ; Delvigne et al., 2018).....	225



Figure III.1.4: Exemple d'ACP sur le jeu de données environnementales du Noaillien (simulations HadCM3b). A. Pourcentage de variance expliqué par chaque composante ; B. Représentation des variables impliquées dans chaque composante principale (abrég. CP).	226
---	-----

## Chapitre 2 : Résultats

Figure III.2.1: <i>Présentation</i> des coïncidences et divergences de favorabilité entre trois séries de modèles Maxent <i>produits à partir des simulations</i> transitoires moyennées sur 30, 100 ou 500 ans.....	234
--	-----

Figure III.2.2: Exemples de comparaisons d'ellipsoïdes modélisés à partir des simulations transitoires moyennées sur 30, 100 ou 500 ans. Résultats du test de signification de la valeur de recouvrement (background union overlap). A. Noaillien pyrénéo-cantabrique, comparaison des simulations transitoires moyennées sur 30 ans vs. 100 ans. B. Rayssien, comparaison des simulations transitoires moyennées sur 30 ans vs. 100 ans. C. Gravettien récent sensu lato, comparaison des simulations transitoires moyennées sur 30 ans vs. 500 ans.....	236
---	-----

Figure III.2.3: Comparaison des modèles issus des simulations à l'équilibre avec ceux issus des simulations transitoires (moyennées sur 30 ans). Mise en perspective des comparaisons avec les zones où les modèles présentent un risque d'extrapolation en dehors de conditions environnementales utilisées pour la calibration.....	238
---	-----

Figure III.2.4: Comparaisons des ellipsoïdes modélisés à partir des simulations à l'équilibre et de ceux modélisés à partir des simulations transitoires. A. Exemple du Noaillien. B. Exemple du Rayssien.....	239
--	-----

Figure III.2.5: Rappel des résultats obtenus dans le cadre de notre étude de Master comparant les niches éco-culturelles du Gravettien moyen septentrional et du Noaillien pyrénéo-cantabrique. A. Reconstitution de la répartition géographique des niches Maxent ; a. et b. Noaillien pyrénéo-cantabrique. c. et d. Gravettien moyen septentrional ; a. et c. Modèles de consensus. b. et d. Variabilité liée au paramétrage. B. Reconstitution des ellipsoïdes de niches avec ellipsenm.....	241
---	-----

Figure III.2.6: Recherche des facteurs de variabilité entre les modèles Maxent issus de l'article et ceux présentés dans cette thèse. Exemple des modèles issus des simulations à l'équilibre. Cas n°1 : utilisation des variables ctemp, wtemp, mprec à 30 ka. Cas n°2 : utilisation des variables ctemp, wtemp et mprec avec l'aire de calibration de l'article à 30 ka. Cas n°3 : utilisation des variables ctemp, wtemp et mprec avec l'aire de calibration de l'article à 32 ka.....	246
---	-----

Figure III.2.7 : Recherche des facteurs de variabilité entre les modèles d'ellipsoïdes issus de l'article et ceux présentés dans cette thèse. Exemple des modèles issus des simulations à l'équilibre. A. Cas n°1 : utilisation des variables ctemp, wtemp, mprec à 30 ka. B. Cas n°2 : utilisation des variables ctemp, wtemp et mprec avec l'aire de calibration de l'article à 30 ka. C. Cas n°3 : utilisation des variables ctemp, wtemp et mprec avec l'aire de calibration de l'article à 32 ka.....	248
--	-----

Figure III.2.8: Modèles de consensus de niches Maxent pour les unités archéologiques du scénario 1 à 30 ka. A. Noaillien pyrénéo-cantabrique. B. Gravettien moyen septentrional. ....	251
---	-----

Figure III.2.9: Comparaison des modèles de niche Maxent des unités archéologiques du Gravettien moyen à 30 ka. A. Scénario 1 : Gravettien moyen septentrional - Noaillien pyrénéo-cantabrique. B. Scénario 2 : Rayssien - Noaillien.....	254
--	-----

Figure III.2.10: Comparaison des ellipsoïdes de niches du Gravettien moyen septentrional et du Noaillien pyrénéo-cantabrique. A. Modèles issus des simulations à l'équilibre. B. Modèles issus des simulations transitoires..... 256

Figure III.2.11: Modèles de consensus de niches Maxent pour les unités archéologiques du scénario 2 à 30 ka. A. Noaillien. B. *Rayssien*..... 259

Figure III.2.12 : Comparaison des ellipsoïdes de niches du Noaillien et du *Rayssien*. A. Modèles issus des simulations à l'équilibre. B. Modèles issus des simulations transitoires. 261

Figure III.2.13 : Modèles de consensus de niches Maxent pour le Gravettien récent à 28.5 ka..... 263

Figure III.2.14: Projections des modèles de niches Maxent des unités archéologiques du Gravettien moyen sur les conditions environnementales à 28.5 ka. A. Noaillien pyrénéo-cantabrique. B. Gravettien moyen septentrional. C. Noaillien. D. *Rayssien*..... 265

Figure III.2.15: Comparaison des modèles de niche Maxent du Gravettien récent calibrée à 28.5 ka et des unités archéologiques du Gravettien moyen projetées à 28.5 ka..... 266

Figure III.2.16 : Comparaison des ellipsoïdes de niches du Gravettien récent avec les unités archéologiques du Gravettien moyen (scénario 1). A. *Gravettien récent vs. Noaillien pyrénéo-cantabrique*. B. *Gravettien récent vs. Gravettien moyen septentrional*..... 268

Figure III.2.17 : Comparaison des ellipsoïdes de niches du Gravettien récent avec les unités archéologiques du Gravettien moyen (scénario 2). A. *Gravettien récent vs. Noaillien*. B. *Gravettien récent vs. Rayssien*. C. Test de signification de l'indice de Jaccard pour la comparaison A. D. Test de signification de l'indice de Jaccard pour la comparaison B..... 271

### **Chapitre 3 : Discussion**

Figure III.3.1: Répartition géographique des occurrences du Gravettien moyen septentrional et du Noaillien pyrénéo-cantabrique ; cartes prédictives de l'extension maximale des sables et des loess *au cours du MIS 3 et 2* (Jouet et al., 2006 ; Bertran et al., 2016 ; Bosq et al., 2018)..... 280

Figure III.3.2: Mécanismes de transmission culturelle biaisée, orange et violet représentent deux formes d'un trait culturel arbitraire. Le biais de conformité prédit que les apprenants vont copier le trait le plus commun, et le biais de nouveauté prédit qu'ils copieront le plus rare. Le biais de prestige prédit que les apprenants vont copier un individu de haut statut social (indiqué par une couronne) tandis que le biais de succès prédit qu'ils copieront un individu "qui a réussi" (successful ; indiqué par une médaille d'or). Figure III.3. et légende issue de Creanza et al., 2017, Fig. 3, traduction personnelle)..... 288

Figure III.3.3: Répartition géographique des sites de l'arc liguro-provençal et de la péninsule italique écartés de la calibration des modèles Maxent ; modèles de niche du Noaillien à 30 ka. A. Modèles à 30 ka issus des simulations à l'équilibre. B. Modèles à 30 ka issus des simulations transitoires moyennées sur 30 ans. C. Modèles à 28,5 ka issus des simulations transitoires moyennées sur 30 ans. N.B : les occurrences rondes correspondent aux sites avec présence fiable de burins de Noailles ; les sites triangulaires correspondent à une présence possible d'après notre recensement (Volume I, partie 2, chapitre 2)..... 290

Figure III.3.4: Comparaison de la distribution géographique des sites attribuées au Gravettien moyen septentrional (A) et du Gravettien récent (B) avec l'extension maximale du pergélisol entre 30 et 24 ka. Les flèches indiquent les sites situés dans des régions marquées par le pergélisol discontinu. La répartition des structures de coins sédimentaires liés à la contraction thermique du sol proviennent de la "base de données française de structures périglaciaires du Pléistocène" (Bertran et al., 2014 ; Andrieux et al., 2016a, b). Les limites de

pergélisol continu, discontinu et sporadique correspondent aux isothermes modélisées au LGM par Saito et al., 2013 et correspondant le mieux aux données de terrain (d'après Andrieux et al., 2018)..... 299

Figure III.3.5 : Schéma de synthèse récapitulant les dynamiques de niches ainsi que les principales ruptures et continuités dans les systèmes techniques lithique et osseux et dans les stratégies de subsistance. Proposition de trois mécanismes expliquant (M1) la différenciation archéologique de l'aire pyrénéo-cantabrique et du nord de la Garonne ; (M2) l'apparition de la méthode du Raysse au nord de la Garonne ; (M3) la disparition de la méthode du Raysse et le retour à des débitages plus souples centrés sur la production de pièces à dos..... 301

## Index des tableaux

### •Partie 1 •Cadre théorique et méthodologique

#### **Chapitre 2 : Comment appréhender la variabilité spatio-temporelle du registre archéologique par le biais des industries lithiques et de la modélisation de niches éco-culturelles ?**

Tableau I.2.1: Récapitulatif des différents types de distributions géographiques et leurs niches grinnelliennes correspondantes (Peterson et al., 2011, table 3.1, p. 30, modifié).....95

#### **Chapitre 4 : Le processus de modélisation**

Tableau I.4.1: Comparaison de cartes de *favorabilité* binarisées. Les modèles 1 et 2 sont composés de pixels de valeur 2 et 1 respectivement pour les zones favorables, et 0 pour les zones non favorables. Le résultat de la soustraction du modèle 2 au modèle 1 est ensuite interprétable en termes de gain/perte/persistance de la *favorabilité* entre les deux prédictions..... 137

### •Partie 2 •Données environnementales et données d'occurrences archéologiques

#### **Chapitre 1 : Données environnementales**

Tableau II.1.1: Présentation des climatologies employées pour la modélisation de niches écologiques. Les abréviations présentées *sont* celles utilisées dans les légendes de figures. Le mode de calcul des variables via le package R raster (Hijmans et van Etten, 2012) est également présenté..... 148

Tableau II.1.2: Description des différentes variables dérivées de l'élévation calculées avec la fonction terrain du package R raster (Hijmans et van Etten, 2012). Les abréviations présentées *sont* celles utilisées dans les légendes de figures..... 150

Tableau II.1.3: Prédicteurs et prédicteurs utilisés pour la descente d'échelle par modélisation GAM..... 155

Tableau II.1.4: Sélection des modèles GAM de descente d'échelle pour la température et la précipitation issues des simulations à l'équilibre parmi toutes les combinaisons possibles de prédicteurs. Seuls les cinq modèles avec l'AIC le plus bas sont présentés. Abréviations : temp = température ; prec = précipitation ; rhum = humidité relative ; elev = élévation ; slope = pente ; rough = rugosité..... 157

Tableau II.1.5: Sélection des modèles GAM de descente d'échelle pour la température et la précipitation issues des simulations transitoires parmi toutes les combinaisons possibles de prédicteurs. Seuls les cinq modèles avec l'AIC le plus bas sont présentés. Abréviations : temp = température ; prec = précipitation ; rhum = humidité relative ; elev = élévation ; slope = pente ; rough = rugosité..... 163

#### **Chapitre 2 : Données d'occurrences archéologiques**

Tableau II.2.1: Présentation de la grille de fiabilité utilisée dans cette analyse bibliographique. Cinq degrés de fiabilité sont présentés ainsi que les critères bibliographiques associés. Les critères en italiques sont considérés comme un "bonus" augmentant la fiabilité de l'appréciation de la présence d'une *unité archéologique*, mais n'étant pas suffisants en eux-mêmes..... 174

Tableau II.2.2: Sites recensés dans la base de données "sites gravettiens" et leur degré de fiabilité (cf. Tableau II.2.1). N.B. : les numéros correspondent à une localité, i.e., la commune dans laquelle le site est situé. De plus, les coordonnées correspondent à celles de la commune. Les lignes grisées correspondent aux sites dont nous avons consulté les collections..... 178

## •Partie 3 •Dynamiques de niches éco-culturelles

### **Chapitre 1 : Estimation des niches éco-culturelles : description des analyses**

Tableau III.1.1: Nombre d'occurrences composant les jeux de données initiaux, raréfiés spatialement, puis partitionnés aléatoirement selon une proportion de 80/20.....221

Tableau III.1.2: Synthèse de la distance maximale d'approvisionnement en matière première au Gravettien moyen et récent (réalisé à partir de "req\_MP" de la base de données "sites gravettiens"). Note : ce tableau ne reprend que les sites dans lesquels des matières premières provenant de *sources* situés à plus de 100 km ont été identifiées.....223

Tableau III.1.3: Variables présentant un coefficient de corrélation inférieur à 0.75 sélectionnées pour modéliser la niche Maxent en fonction de l'unité archéologique et du jeu de données environnemental considéré..... 227

Tableau III.1.4: Récapitulatif du processus de calibration kuenm de sélection des paramètres statistiquement significatifs, performants et les moins complexes.....230

### **Chapitre 2 : Résultats**

Tableau III.2.1: Récapitulatif du processus de calibration kuenm dans le cadre de la recherche de facteurs de variabilité entre les modèles issus de Vignoles et al. (2021) et ceux de la présente étude..... 242