

Carte au millionième du Quaternaire de la France métropolitaine et charte chronostratigraphique associée : mise en ligne de la carte (Tissoux *et al.*, 2020) accompagnée d'une note de présentation

*Geological Quaternary map Of France on a scale of 1:1,000,000 and chronostratigraphic chart: uploading of the map (Tissoux *et al.*, 2020) accompanied with a presentation note*

Hélène TISSOUX¹

Géologie de la France, n° 5, 2023, p. 85-104, 8 fig., 2 tab.

Mots-clés : Quaternaire, Carte géologique, Formations superficielles, Régolithe, Alluvial, Loess, Glaciaire, Préhistorique, Climatique, Palynologique, Paléontologique, Périglaciaire.

Keywords: Quaternary, Geological map, Surface formations, Regolith, Alluvial, Loess, Glacial, Prehistoric, Climatic, Palynological, Palaeontological, Periglacial.

Résumé

La majeure partie des activités humaines s'effectue dans la partie la plus superficielle de l'écorce terrestre or les formations géologiques quaternaires couvrent une grande partie de la surface du territoire national. Les attentes concernant la cartographie et les propriétés de ces terrains sont donc considérables. La carte présentée ici (Tissoux *et al.*, 2020) a été établie à partir d'un travail réalisé en 2009 sur l'état des lieux de la connaissance des formations du régolithe au 1/1 000 000 (Lacquement *et al.*, 2010) puis complétée avec les données récoltées sur des cartes thématiques disponibles. Elle présente, à l'échelle 1/1 000 000, les caissons géologiques attribués au Quaternaire pour la France métropolitaine ainsi que des données ponctuelles telles que la présence de sites quaternaires remarquables, des indices périglaciaires ou néotectoniques. Une limite maximale d'extension des glaciers au Quaternaire y est également représentée. Cette démarche s'inscrit dans le cadre du programme « Référentiel Géographique de la France » (RGF). La légende a été établie en se basant sur les référentiels lithostratigraphiques et chronostratigraphiques labellisés RGF, ce dernier étant mis à jour en fonction des modifications récentes de la charte stratigraphique internationale.

Abstract

Most human activity takes place on the most superficial part of the Earth's crust and, in metropolitan France, Quaternary geological formations cover a large part of the national territory. There are therefore considerable expectations regarding the mapping and properties of these terrains. The map presented here (Tissoux *et al.*, 2020) is based on work carried out in 2009 on the state of knowledge of the regolith formations at a scale of 1:1,000,000 (Lacquement *et al.*, 2010), then supplemented with data gathered from available thematic maps. This map presents, at a scale of 1:1,000,000, the geological deposits attributed to the Quaternary for mainland France, as well as specific data such as the presence of key localities and periglacial or neotectonic indicators. A maximum extent of glaciers during Quaternary period is also represented. This approach

is based on the French Geographic Reference System program (RGF). The legend has been drawn up on the basis of lithostratigraphic and chronostratigraphic reference frames labelled RGF, the latter being updated in line according to recent changes to the international stratigraphic chart.

1. Représentation du Quaternaire en cartographie géologique

Une grande partie des terres émergées, et donc de la France métropolitaine, est recouverte par les formations superficielles quaternaires sous forme de dépôts sédimentaires – alluvions, sédiments éoliens, dépôts de pentes, colluvions, moraines, plages marines, etc. – mis en place par divers agents (eau, air, gravité), il y a moins de trois millions d'années, impliquant donc une morphologie très récente de la quasi-totalité de la surface des territoires. Ces formations, toutefois, sont généralement sous-représentées sur les cartes géologiques à 1/50 000 éditées par le BRGM. Une grande partie des coupures a été produite entre les années 1960 et 1980, d'abord par le Service de la Carte Géologique puis par le BRGM, en collaboration avec de nombreux universitaires. Si la représentation des formations de surface est recommandée par les Notes d'orientation pour l'établissement de la carte géologique à 1/50 000 (BRGM, 1975) : « bien que les cartes conservent comme objectif principal de représenter la géologie profonde, il est important qu'elles indiquent aussi [...] les formations superficielles », pour nombre de géologues cartographes de l'époque, les formations sédimentaires quaternaires, parcellaires, extrêmement complexes, tant dans leur géométrie que dans leur lithologie et très souvent non datées, constituent un domaine éloigné de leurs thématiques de recherches, d'où la grande hétérogénéité dans leur représentation cartographique. Elles sont toutefois en lien

¹ Hélène Tissoux – BRGM, 3 av. Claude-Guillemain - BP 36009 - 45060 ORLÉANS Cedex 2.
Email : h.tissoux@brgm.fr

extrêmement étroit avec l'Homme dont elles ont été de tous temps le support de vie et d'activité. Aujourd'hui, dans un contexte d'importantes préoccupations sur l'environnement, l'aménagement raisonné du territoire et la gestion des ressources de sub-surface (eau, matériaux, etc.) et des risques (inondations, mouvements de terrain, etc.), l'intérêt pour ces formations superficielles connaît un essor. Il a été proposé en 2009 de rechercher, regrouper et représenter les formations géologiques de surface, quel que soit leur âge, Quaternaire ou plus ancien, pour le territoire métropolitain à l'échelle 1/1 000 000 (Lacquement *et al.*, 2010). La carte du Quaternaire qui est présentée ici en découle directement. Présentée pour la première fois en 2016 (Tissoux *et al.*, 2016), la Carte au millionième du Quaternaire de la France métropolitaine a été mise en ligne après modifications en 2020 (Tissoux *et al.*, 2020 – site InfoTerre du BRGM, <https://www.brgm.fr/fr/referance-projet-acheve/carte-geologique-quaternaire-au-11-000-000e>). Elle est proposée ici en version imprimable librement téléchargeable. Cette carte est avant tout un état des lieux de la cartographie réalisée à l'échelle 1/50 000 par le BRGM et ses collaborateurs dans le cadre du Programme de la Carte géologique de la France au 1/50 000 et doit être analysée dans ce sens.

2. Généralités sur le Quaternaire

Le Quaternaire a été inventé en 1829 par le géologue Jules Desnoyers (Foucault et Raoult, 1988), pour désigner et regrouper les dépôts qui recouvrent les couches tertiaires dans le Bassin de Paris. Le terme Quaternaire, le dernier à avoir été inventé après les ères Primaire, Secondaire et Tertiaire, est maintenant le seul à toujours être utilisé, bien qu'il ait été régulièrement remis en cause. Il a été requalifié récemment d'un point de vue chronostratigraphique comme la troisième des périodes géologiques du Cénozoïque, dont la base est concomitante avec celle du Gélasién, soit -2,58 Ma (Gibbard et Head, 2009), et est subdivisé actuellement en deux époques géologiques : le Pléistocène et l'Holocène. Cette perdurance du terme Quaternaire est sans doute liée à sa spécificité et son lien étroit avec l'Homme, mais aussi parce que le Quaternaire est marqué par une dégradation climatique globale par rapport aux périodes précédentes.

Cette dégradation, connue depuis le milieu du XIX^e siècle, a surtout été mise en évidence depuis le milieu des années 1970 par l'étude des variations isotopiques de l'oxygène dans les coquilles d'invertébrés marins microscopiques, les foraminifères. Le Quaternaire se caractérise alors par la mise en place de cycles glaciaires/interglaciaires et cette cyclicité est attribuée à l'action conjointe des paramètres orbitaux de la Terre (cycle de Milankovitch) et du déséquilibre de la répartition des terres émergées à la surface du globe (cf. Labeyrie, 2006). L'une des conséquences de l'existence de ces périodes glaciaires et de cette cyclicité est la modification de la géologie et de la géomorphologie de la surface de la Terre, en interaction directe avec l'atmosphère et l'hydrosphère.

Initiée il y a plus de 2,6 Ma, la cyclicité a vu son intensité et sa durée varier au cours du temps. Ainsi, le Pléistocène inférieur est caractérisé par des cycles climatiques d'une durée de 41 ka. Parmi ces derniers, peu sont suffisamment froids et longs pour permettre le développement d'une calotte glaciaire, ou inlandsis (Ehlers *et al.*, 2011). Il faudra attendre

la transition Pléistocène inférieur - Pléistocène moyen, il y a 800 ka, et le passage d'une cyclicité de 41 à 100 ka, pour que les périodes glaciaires soient suffisamment longues et intenses pour permettre le développement de calottes glaciaires à l'échelle continentale, et en dehors des zones polaires. Dans ce contexte, une grande quantité de l'eau disponible à la surface de la Terre est piégée sous forme de glace dans ces grands glaciers polaires et sur les reliefs montagneux. De ce fait, le niveau moyen des océans s'abaisse ; il a ainsi pu atteindre jusqu'à -120 m au dernier maximum glaciaire (Pléniglaciaire) par rapport au niveau actuel, avec pour conséquence d'immenses superficies de terres émergées pendant ces périodes froides, comme le plateau continental et la vallée occupée à l'heure actuelle par la Manche (Fig. 1).

Malgré cela, le territoire correspondant à la France métropolitaine actuelle n'a jamais été atteint par les inlandsis (Fig. 1). En revanche des glaciers vont s'étendre sur les massifs montagneux. Hors zones atteintes par ces glaciers, sous climat périglaciaire extrêmement froid et très sec, les paysages sont de type steppique aride à l'exception de zones refuges ou du pourtour méditerranéen. Cette modification profonde du climat et de la végétation a laissé de nombreuses marques topographiques et sédimentaires (formations superficielles) dans le paysage, plus ou moins visibles suivant les régions. En domaine de montagne s'installent des vallées glaciaires dont les glaciers ont aujourd'hui disparu ou subsistent en altitude. On y observe également des dépôts liés à la présence ou à l'action des glaciers, tels que des sédiments fluvio-glaciaires, des dépôts morainiques, des blocs erratiques, des sédiments lacustres d'obstruction glaciaire, etc. En plaine, les témoignages des épisodes froids sont visibles sur les plateaux et les vallées du Nord de la France, en Alsace et dans la vallée du Rhône, sous forme de dépôts éoliens de climat froid : les loëss. Les formations géologiques présentes à la surface, qu'elles soient d'âge quaternaire ou non, vont également enregistrer ces phases extrêmement froides sous forme de marques périglaciaires telles que les fentes de gel ou la cryoturbation, cette dernière pouvant affecter le sous-sol jusqu'à des profondeurs de plusieurs dizaines de mètres.

Outre les marques laissées par les périodes froides en milieu glaciaire ou périglaciaire, un des témoignages géomorphologiques le plus important des changements climatiques d'âge quaternaire est la présence, sur une grande partie du territoire, de systèmes de terrasses fluviales fossiles. En effet, les systèmes alluviaux répondent très bien aux modifications des dynamiques de surface et la présence actuelle sur les plateaux, versants et fonds des vallées, de sédiments ou replats d'origine fluviale est la conséquence directe d'une succession de périodes d'érosion et d'accumulation ou aggradation sous contraintes majoritairement climato-tectoniques au cours du Quaternaire (cf. Bridgland, 2000).

Enfin, les modifications du niveau marin au Quaternaire conditionnent l'évolution du trait de côte et l'emprise des dépôts de sédiments côtiers ou fluvio-marins. Toutefois les fluctuations du niveau marin qui ont affecté les zones actuellement émergées l'ont fait sur des surfaces moins vastes que lors de périodes plus anciennes, tel le Néogène. Les dépôts marins quaternaires émergés visibles aujourd'hui présentent donc un caractère littoral.

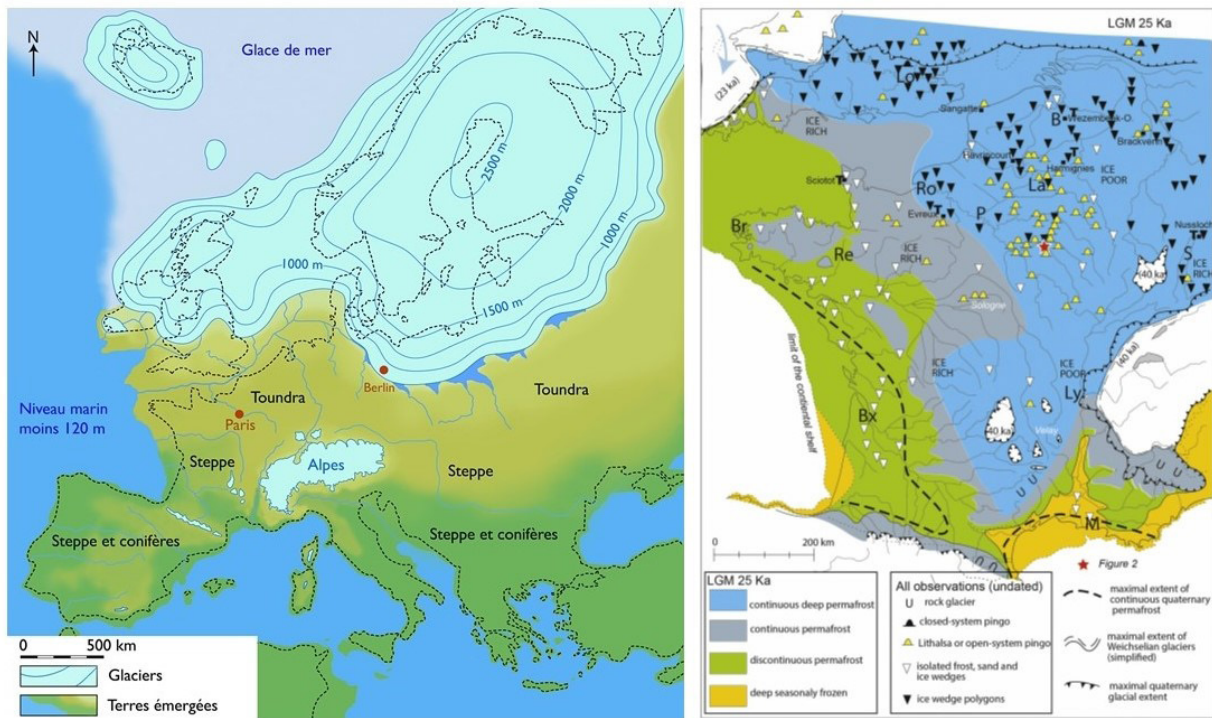


Fig. 1 : L'inlandsis de la Fenoscandie il y a 22 000 BP (<https://www.glaciers-climat.com/cg/quaternaire-de-planete/>) à gauche et carte d'extension du permafrost au Quaternaire pour la France (Van Vliet-Lanoë et al., 2019) à droite.

Fig. 1: The Fenoscandian ice sheet 22,000 BP ago (<https://www.glaciers-climat.com/cg/quaternaire-de-planete/>) on the left and the Quaternary permafrost extension map for France (Van Vliet-Lanoë et al., 2019) on the right.

3. Établissement de la carte

3.1. Méthodologie

Restituée à l'échelle du millionième, la carte a été dessinée pour partie à 1/500 000, mais contient également certains polygones directement issus des coupures à 1/50 000 (notamment les loëss). Du fait de l'échelle de restitution finale, les dépôts d'une superficie inférieure à 0,5 km² et certaines formations ne sont pas représentés, c'est notamment le cas des formations de versant (colluvions, éboulis, etc.).

Lorsque de la donnée cartographique complémentaire était disponible, elle a été intégrée. Il s'agit de cartes de synthèse, géologiques ou géomorphologiques, produites à une échelle inférieure à 1/20 000 dont les polygones ont été redessinés à 1/500 000. Toutes les formations géologiques quaternaires connues n'ont pas été représentées ici, puisque le recensement et l'intégration de l'ensemble des études locales, très ponctuelles, n'était ni réaliste ni compatible avec l'échelle de restitution.

Les dépôts ont été codés de manière homogène, en suivant les recommandations des Notes d'orientation de la carte géologique (Andreieff, 1997) et en utilisant les notations issues du lexique lithostratigraphique du Référentiel Géologique de la France (RGF). Les attributions chronologiques sont celles des cartes géologiques sources transposées dans une charte chronostratigraphique à jour (partie 4). Toutes les formations attribuées au Quaternaire dans les documents compulsés ont été intégrées, de même que celles attribuées alors au « Plio-Quaternaire ». En effet, au moment de l'élaboration de la plupart des cartes, la base du Quaternaire était fixée à 1,8 Ma, or aujourd'hui elle est à 2,58 Ma (Gibbard et Head, 2009). Il fallait donc intégrer les formations d'un âge supposé compris entre 1,8 et 2,58 Ma, anciennement rapportées au Pliocène mais aujourd'hui quaternaires.

Les unités lithostratigraphiques ont été, en suivant les principes adoptés par le RGF, hiérarchisées en super-groupe, groupe, sous-groupe, formation et éventuellement membre (partie 5). Cette classification est génétique, c'est-à-dire basée sur le mode de dépôt des formations, ce qui la différencie de celle classiquement utilisée pour ordonner les unités du substratum (ordre plutôt lithostratigraphique).

La carte a été complétée par certaines informations caractéristiques du Quaternaire (partie 6), sous forme de symboles ponctuels ou de lignes. On y retrouve ainsi la limite d'extension maximale des glaciers de montagne (sous forme de polygones), ainsi qu'une sélection de sites remarquables ou la répartition des indices périglaciaires ou des indices néotectoniques, tous représentés sous forme d'informations ponctuelles.

3.2. Fond topographique

Les frontières et le fond topographique sont repris de la Carte géologique au millionième de la France métropolitaine du BRGM (6^e édition révisée, Chantraine et al., 2003). Le fond hydrologique utilisé est celui de la Carte hydrogéologique de la France métropolitaine à l'échelle du millionième (Allier et al., 2015), modifié pour ne garder que les cours d'eau de catégories 1, 2 et 3. Des modifications ont également été apportées aux cours d'eau au niveau des frontières et des lacs.

3.3. Sources des données

3.3.1 Carte géologique du régolithe de la France au millionième publiée en 2009

En 2009, un état des lieux de la connaissance des formations de surface, qu'elles soient allochtones ou autochtones, a été réalisé (Lacquement et al., 2010). L'objectif de ce projet

était de fournir une représentation cartographique numérique à l'échelle 1/1 000 000 de l'état de connaissance (ou méconnaissance) actuelle du régolithe du territoire français métropolitain. Il ne s'agissait pas de proposer une couverture homogène, mais au contraire, de mettre en évidence à la fois les zones bien renseignées et les zones peu ou non renseignées qui nécessitent des travaux supplémentaires. L'ensemble des tracés a été repris des cartes géologiques, rapports originaux, documents de travaux, synthèses et publications existants. Une indication sur la qualité de la donnée cartographique disponible était également proposée.

Ce travail a été effectué pour la France métropolitaine sous forme de deux cartes géologiques numériques. La première couvre l'ensemble des formations allochtones (dépôts superficiels d'origine éolienne, fluviale, lacustre, etc.), la seconde couvre l'ensemble des formations autochtones (altérites). 87 unités du régolithe sont cartographiées dont 65 pour les formations allochtones et 22 pour les formations autochtones. Les unités sont renseignées en lithologie, ou modes de formation, et si possible en âge.

Dans le cadre de la réalisation de la présente Carte au millionième des formations du Quaternaire de la France métropolitaine, ont été extraites les informations présentes sur la carte de 2009 (Lacquement *et al.*, 2010). Parmi celles-ci, seules celles correspondant à des dépôts supposés mis en place pendant le Quaternaire ont été conservées.

3.3.2 Autres données

Dans le cadre d'une mise à jour de l'état des lieux de la connaissance cartographique du régolithe de la France métropolitaine à 1/1 000 000 réalisée en 2013 par le BRGM (inédit) et de la réalisation de la carte présentée dans cet article (Tissoux *et al.*, 2020), un certain nombre de données cartographiques autres que les cartes géologiques à 1/50 000 a été utilisé (Tab. 1). Il s'agit principalement de cartes géomorphologiques, de cartes de formations superficielles (C.N.R.S., 1981), de cartes pédologiques et de cartes de terres agricoles. Cent-vingt (120) cartes ont été consultées, à toutes échelles, de 1/10 000 au 1/1 000 000. Une grande partie de ces cartes géomorphologiques et la plupart de celles de formations superficielles ont été retenues pour implémenter la carte initiale. Les cartes qui n'ont pas été retenues ont été rejetées sur les critères suivants : (1) inadéquation du document avec l'échelle de restitution, (2) doute sur la qualité de la donnée.

Pour les données issues de carte à une échelle supérieure à 1/500 000, le contour des unités a été dessiné à l'échelle 1/500 000 et a été corrigé lorsque cela était nécessaire, en utilisant la même méthodologie de représentation que sur la carte de 2009 (Lacquement *et al.*, 2010).

Les données complémentaires (Tab. 1) ont été traitées différemment en fonction de leur échelle de restitution.

NOM DE LA CARTE	UNITÉS GÉOLOGIQUES	RÉFÉRENCES
Carte géomorphologique de la France à 1/ 1 000 000 (quart Nord-Est)	Dépôts alluviaux, loess	Joly et Bessac-Giraudet (1988)
Carte géomorphologique de la France à 1/ 1 000 000 (quart Sud-Est)	Dépôts glaciaires	Joly <i>et al.</i> (1992)
Carte géologique du Quaternaire des formations superficielles de la France au 1/1 000 000 quart SO	Dépôts alluviaux	Basse de Ménorval et Théobald (1974a)
Carte géologique du Quaternaire des formations superficielles de la France au 1/1 000 000 quart SE	Dépôts alluviaux, glaciaires et lacustre des Alpes	Basse de Ménorval et Théobald (1974b)
Les glaciations quaternaires en Bresse au 1/250 000 (ANDRA)	Précisions importantes sur les dépôts glaciaires, fluvioglaciaire, alluviaux	Bruhlet <i>et al.</i> (1993)
Carte géomorphologique des Alpes maritimes franco-italiennes (à 1/200 000)	Dépôts périglaciaire et alluviaux	Julian (1977)
Nord de la France, Géomorphologie, formations superficielles, quaternaire (à 1/200 000)	Unités alluviales; cordon littoral	Sommé (1980)
Carte géomorphologique détaillée de la France à 1/50 000 Grenoble	Unités éoliennes, Fluvioglaciaire, éolien	Chardon M. <i>et al.</i> (1980)
Carte géomorphologique détaillée de la France à 1/50 000 Narbonne	Unités périglaciaires	Barrot (1975)
Carte géomorphologique détaillée de la France à 1/50 000 Saint-Chély d'Apcher	Tourbes, unités alluviales et fluvio-glaciaires	Coque-Delhuile <i>et al.</i> (1979)
Carte géomorphologique détaillée de la France à 1/50 000 Castellane	Unités périglaciaires	Jorda <i>et al.</i> (1980)
Carte géomorphologique détaillée de la France à 1/50 000 Béziers	Unités éoliennes, biologiques et périglaciaires	Ambert (1984a)
Carte géomorphologique détaillée de la France à 1/50 000 Dreux	Unités alluviales, loess calcaires et limons éoliens	Dewolf (1972)
Carte géomorphologique détaillée de la France à 1/50 000 Nogent-le-Roi	Unités alluviales, loess calcaires et limons éoliens	Dewolf (1971)
Carte géomorphologique détaillée de la France à 1/50 000 Chartres	Unités alluviales, loess calcaires et limons éoliens	Dewolf (1976)
Carte géomorphologique de la région de Millau à 1/ 25 000. Feuilles 935 (1-2, 3-4) et 909 (5-6, 7-8)	Unités périglaciaires et tufs	Ambert (1984b)
Carte géomorphologique des Massifs de l'Oserot et de la Tête de Moise à 1/ 25 000	Unités périglaciaires	Nicod (1974)
Carte géomorphologique du causse de Blandas et des gorges de la Vis à 1/ 25 000	Tufs	Ambert <i>et al.</i> (1978)
Carte géologique des formations superficielles: les limons de l'Auxois au sud de Pouilly en Auxois (Côte d'Or) au 1/25 000	Unités alluviales	Clair (1987)
Carte géomorphologique des Massifs de Bure et d'Aurouze à 1/20 000	Unités morainiques	Nicod (1978)

Tab. 1 : Liste des cartes, hors cartes géologiques régulières à 1/50 000, utilisées pour la réalisation de la Carte au millionième du Quaternaire de la France métropolitaine (Tissoux *et al.*, 2020).

Tabl. 1: List of maps other than 1:50,000-scale geological maps used to produce the millionth-scale Quaternary map of France (Tissoux *et al.*, 2020).

- Les cartes à 1/1 000 000

La Carte géomorphologique de la France au 1/1 000 000 (Joly *et al.*, 1987, 1992, 1993 ; Joly et Bessac-Giraudet, 1988,) ainsi que la Carte géologique du Quaternaire et des formations superficielles de la France (Basse de Ménorval *et al.*, 1974) apportent des données nouvelles, mais manquent parfois de précision. Néanmoins faute d'information plus précise, ces cartes au 1/1 000 000 ont permis de documenter des zones où la donnée était rare ou absente (Fig. 2).

- Les cartes à 1/250 000 et 1/200 000

La carte des glaciations quaternaires en Bresse au 1/250 000 (Bruhlet *et al.*, 1993) a été entièrement numérisée et les contours de la carte de 2009 (Lacquement *et al.*, 2010) remplacés par ceux issus de cette carte. De même, la carte géomorphologique des Alpes maritimes franco-italiennes à 1/200 000 (Julian, 1976) a permis de représenter les dépôts glaciaires des Alpes maritimes, non figurés sur certaines cartes géologiques à 1/500 000 (Fig. 3).

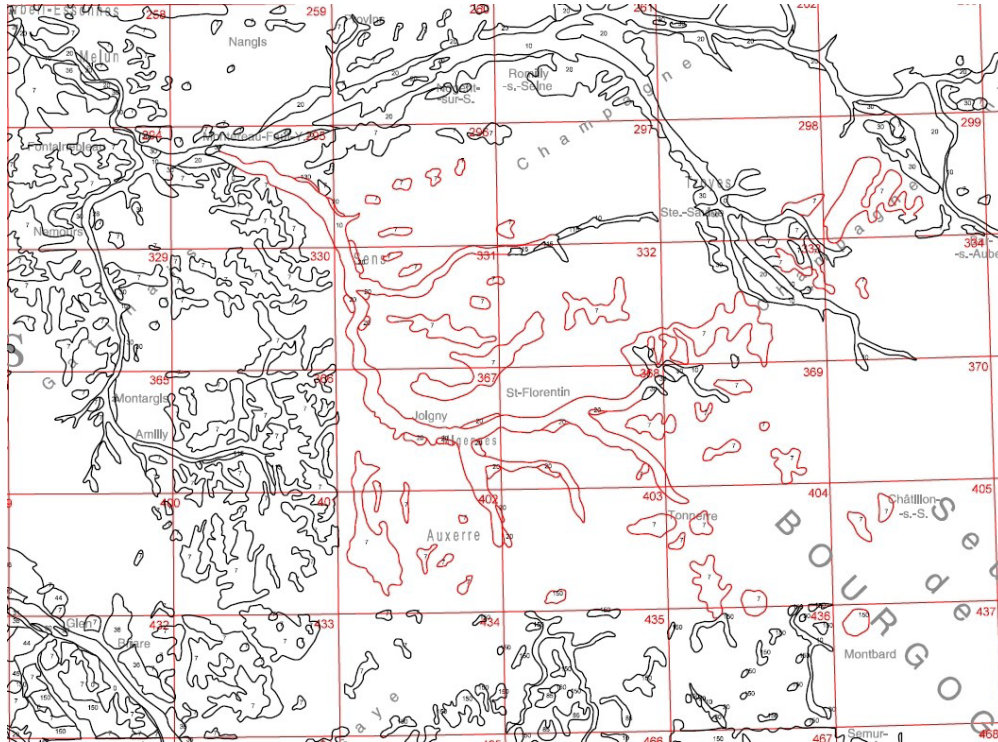


Fig. 2 : Exemple d'utilisation des données de la carte géomorphologique de la France à 1/1 000 000 (quart Nord-Est) sur une zone où l'information était rare ou absente. En noir : polygones de la Carte du régolithe allochtone (Lacquement *et al.*, 2010), en rouge : polygones issus de la Carte géomorphologique de la France à 1/1 000 000 (quart nord-est ; Joly et Bessac-Giraudet, 1988).

Fig. 2 : Example for the use of data from the 1:1,000,000 geomorphological map of France (North-East quarter) in areas where information was scarce or absent. In black: polygons from the allochthonous regolith Map (Lacquement *et al.*, 2010), in red: polygons from the 1:1,000,000 geomorphological map of France (North-East quarter, Joly and Bessac-Giraudet, 1988).

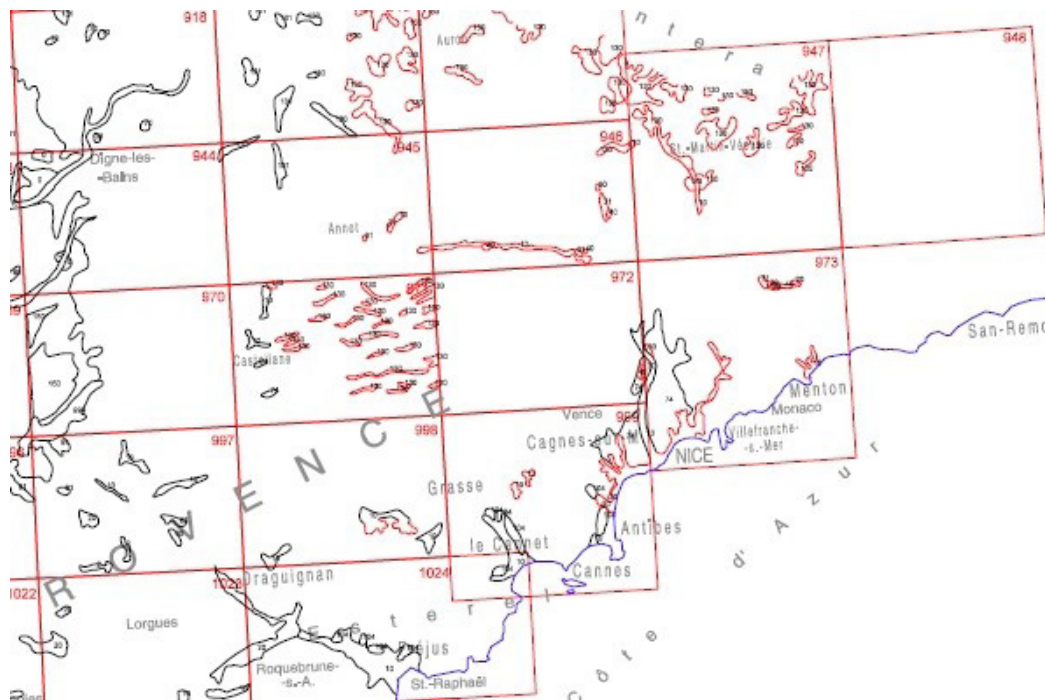


Fig. 3 : Utilisation des données de la Carte géomorphologique des Alpes maritimes franco-italiennes à 1/200 000 (Julian, 1976). Les zones où l'information était rare ou absente. En noir : polygones de la Carte du régolithe allochtone (Lacquement *et al.*, 2010), en rouge : polygones issus de la Carte géomorphologique des Alpes maritimes franco-italiennes à 1/200 000.

Fig. 3 : Use of data from the Geomorphological map of the Franco-Italian Maritime Alps 1:200,000 (Julian, 1976) in areas where information was scarce or absent. Black: polygons from the Allochthonous regolith map (Lacquement *et al.*, 2010), red: polygons from the 1:200,000 geomorphological map of the Franco-Italian Maritime Alps.

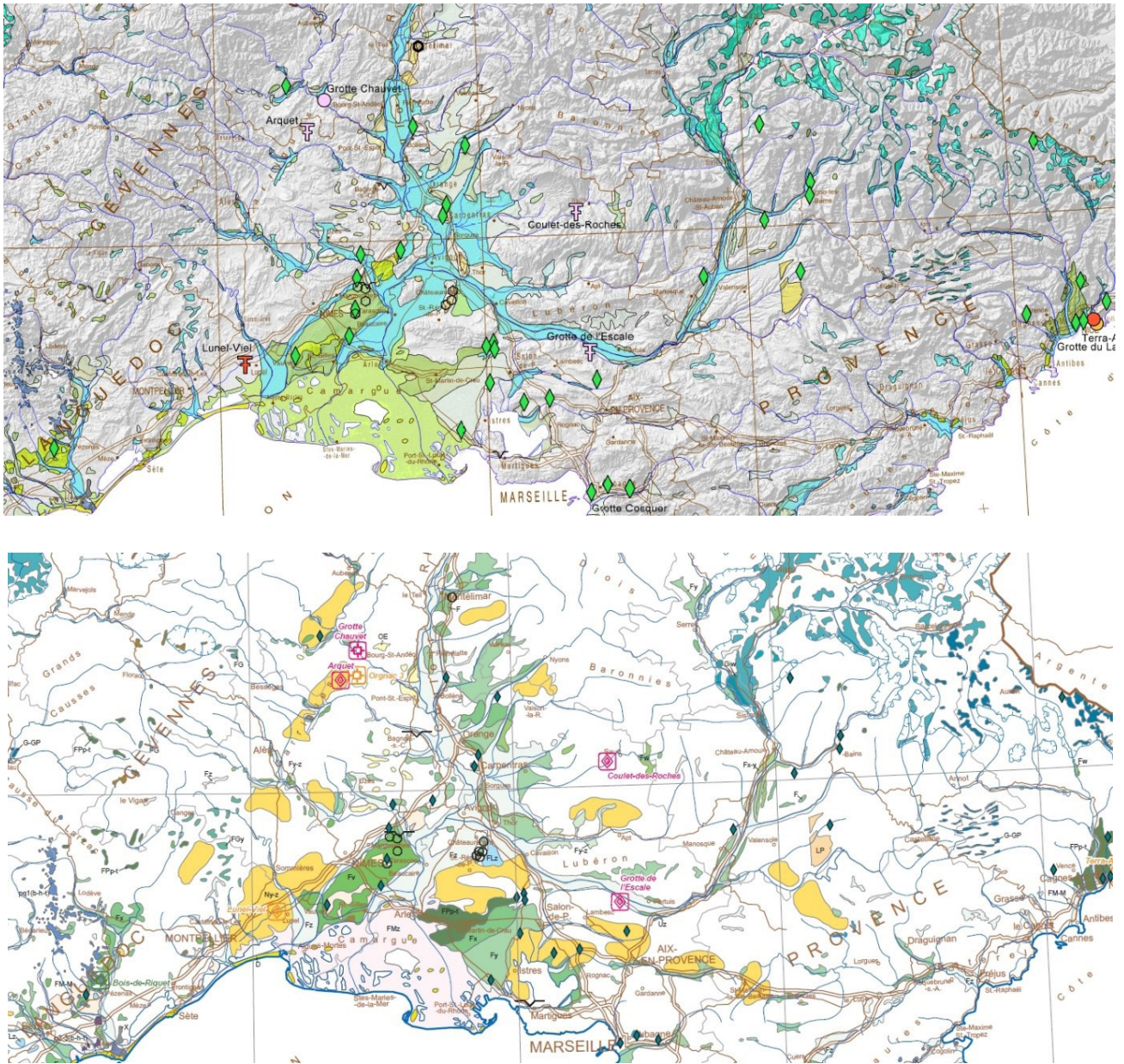


Fig. 4 : Zoom sur la partie sud-est de la carte présentée dans cet article (Tissoux et al., 2020). En haut la version imprimée réalisée en 2016 (Tissoux et al., 2016), en bas, la version actuelle (Tissoux et al., 2020) avec l'ajout de polygones représentant les dépôts de type éolien (en jaune) issus des travaux de M. Bosq (2020).

Fig. 4: Focus on the south-eastern part of the map presented in this article (Tissoux et al., 2020). Top: the printed version presented in 2016 (Tissoux et al., 2016), bottom: the present-day version (Tissoux et al., 2020) with the addition of polygons representing aeolian deposits (in yellow) resulting from the work of M. Bosq (2020).

- Données récentes

Dans le cadre de sa thèse de Doctorat, M. Bosq (2020) a établi une cartographie des formations éoliennes de la vallée du Rhône et du SE de la France. Une partie de ces informations a été utilisée et adaptée à l'échelle de restitution de notre carte.

Notre carte du Quaternaire de la France métropolitaine (Tissoux et al., 2020) n'étant pas sous-forme de multi-couches, elle ne permet pas de superposer des entités surfaciques (polygones). Dans ce contexte, toutes les informations fournies par M. Bosq (2020) n'ont pu être utilisées. Le choix a été fait de ne pas ajouter ces formations éoliennes quand elles se superposent à d'autres formations de surface présentant une information jugée plus importante. C'est le cas par exemple dans les Dombes où des dépôts éoliens représentés par M. Bosq recouvrent des formations glaciaires ou fluvio-glaciaires quaternaires par ailleurs figurées sur notre carte.

4. La charte chronostratigraphique

La carte géologique à 1/50 000 de la France, comme toute carte lithostratigraphique, se base sur l'âge et la lithologie pour discriminer les formations géologiques. La plupart des terrains anté-quaternaires ont fait l'objet de datations dites « absolues » qui permettent de placer les formations en regard des chartes chronostratigraphiques nationales ou internationales (en l'état des connaissances et en fonction de la version la plus actualisée de la charte, par exemple V 2023/4, Cohen et al., 2013 - mise à jour au moment de la rédaction de cet article).

Les formations superficielles, et notamment quaternaires, sont le plus souvent azoïques, et généralement dépourvues d'éléments pouvant faire l'objet de datations radiométriques. Lorsqu'elles peuvent être datées, leur nature parcellaire et hétérogène rend très compliquées les corrélations à longue

et même parfois, courte distance. Leur âge est donc souvent impossible à préciser en dehors d'un cadre chronologique très large (« Dépôts quaternaires » ; « Néogène » ...) et insatisfaisant pour les échelles de temps à considérer.

La difficulté d'attribuer une datation précise aux formations superficielles réside également dans le fait que les chronologies générales proposées sont multiples et que le cartographe a le choix entre plusieurs synthèses chronoclimatiques en usage sur le territoire français (Lebret *et al.*, 1993).

Sur les cartes géologiques à 1/50 000, les attributions chronologiques sont très variables d'un auteur à l'autre. Les formations ont pu être regroupées en grands ensembles : (1) Holocène, ou post-glaciaire ; (2) Pléistocène supérieur correspondant au dernier cycle climatique ; (3) un ensemble de formations plus anciennes que le dernier cycle, mais qui s'intègre dans une même logique morpho-stratigraphique et qui est souvent rapporté au Pléistocène moyen ; (4) un ensemble de dépôts déconnecté du système morpho-stratigraphique actuel, pour lequel il n'y a pas de datation mais dont l'état de conservation et les caractéristiques géomorphologiques permettent de les intercaler entre deux événements bien datés dans un cadre régional mieux connu. Ces ensembles sont généralement attribués au Pléistocène inférieur français (Lebret *et al.*, 1993).

Dans le cas des systèmes alluviaux, les attributions chronologiques sont souvent basées sur la stratigraphie relative, les dépôts récents à actuels étant ceux du fond de vallée. Dans les cartes les plus anciennes, c'est la charte chronostratigraphique alpine qui est couramment utilisée (Penck et Brückner, 1909).

Dans le cadre de la réalisation de la présente carte, il a été choisi d'utiliser la chronostratigraphie du Nord de l'Europe (étages et sous-étages) qui est largement utilisée, notamment pour les formations alluviales et les séquences de loess du Nord de la France, et qui offre une résolution compatible avec la temporalité des dépôts quaternaires, contrairement aux étages de la charte internationale (Cohen et Gibbard, 2019). Pour les dépôts glaciaires et fluvio-glaciaires, la notation initiale de la chronologie alpine a été conservée.

Le premier travail a donc été de mettre en regard les différentes chronologies existantes et de border chronologiquement chaque étage ou sous-étage défini afin d'implémenter ces derniers dans un système d'information cohérent (Fig. 5). Pour cela les données issues de la littérature ont été compilées, et lorsque nécessaire, un âge arbitraire a été proposé aux limites de sous-étages.

La deuxième partie du travail a été de faire correspondre l'âge des formations de la carte avec les chronologies nord-européennes et alpines. Les attributions chronologiques de la présente carte, globalement issues des cartes géologiques à 1/50 000, ont été prises telles qu'elles, sans modification ni correction. Ce travail est effectué dans le cadre des chantiers du RGF et pourra être pris en compte dans une version ultérieure.

5. Description des Formations

Quarante-six (46) unités permettent de décrire l'ensemble des Formations du Quaternaire (Fig. 6). Comme indiqué précédemment et en accord avec des Notes d'orientation de la carte géologique (Andreieff, 1997), les unités suivent une classification de type génétique.

Lorsque cela était possible, une indication de l'âge de la roche est donnée, basée soit (mais rarement) sur des datations, soit suivant les principes de la stratigraphie (datation relative) en accord avec les informations issues des cartes géologiques à 1/50 000 et suivant la charte chronostratigraphique (partie 4).

Certaines Formations décrites dans la littérature et d'extension suffisante pour être représentées à l'échelle 1/1 000 000 ont été distinguées. On entend ici la Formation dans le sens d'une unité lithostratigraphique cartographiable à laquelle on associe un nom, généralement de lieu. C'est notamment le cas par exemple des Formations du Bassin aquitain.

5.1.1 Les dépôts anthropiques

X – Dépôts anthropiques

Ils regroupent l'ensemble des dépôts artificiels, déposés ou remaniés par l'Homme. On retrouve essentiellement les remblais ou matériaux de terrassement mis en œuvre par compactage et destinés à surélever le profil d'un terrain ou à combler une fouille, et les haldes ou terrils constitués d'un amoncellement formé par les déchets et stériles issus de l'activité minière.

5.1.2 Les dépôts chimiques

Uz – Tufs et travertins

Ce sont des roches issues de la précipitation de carbonate de calcium (CaCO₃), blanchâtres à grisâtres, plus ou moins vacuolaires, à aspect concrétionné et pouvant être riches en débris végétaux (tiges feuilles...). Ces dépôts sont souvent récents à actuels. Leur présence est très locale et leur extension souvent limitée.

5.1.3 Les dépôts éoliens

Ny-z, N-Dz, D – Dépôts éoliens, dunes

Parmi les dépôts éoliens, les « sables soufflés » sont caractérisés par une structure sédimentaire spécifique composée d'un litage très fin, parallèle et subhorizontal, et une composition granulométrique constante sur de vastes superficies. Ils passent latéralement et progressivement aux loëss, dépôts silteux très bien classés et généralement distingués cartographiquement (voir ci-dessous). Ces dépôts éoliens forment un manteau irrégulier et ondulé qui fossilise la topographie préexistante. Cette morphologie et les structures frustes qui les caractérisent sont la conséquence d'un transport sur une longue distance qui a homogénéisé le matériel. Les régions de provenance des sables de couverture sont : (1) les zones où affleurent des formations sableuses anciennes, (2) les grandes plaines deltaïques et (3) les plaines situées en avant des inlandis (proglaciaires). La composition minéralogique montre que ces sables sont le résultat d'un mélange entre apport distal et apport local.

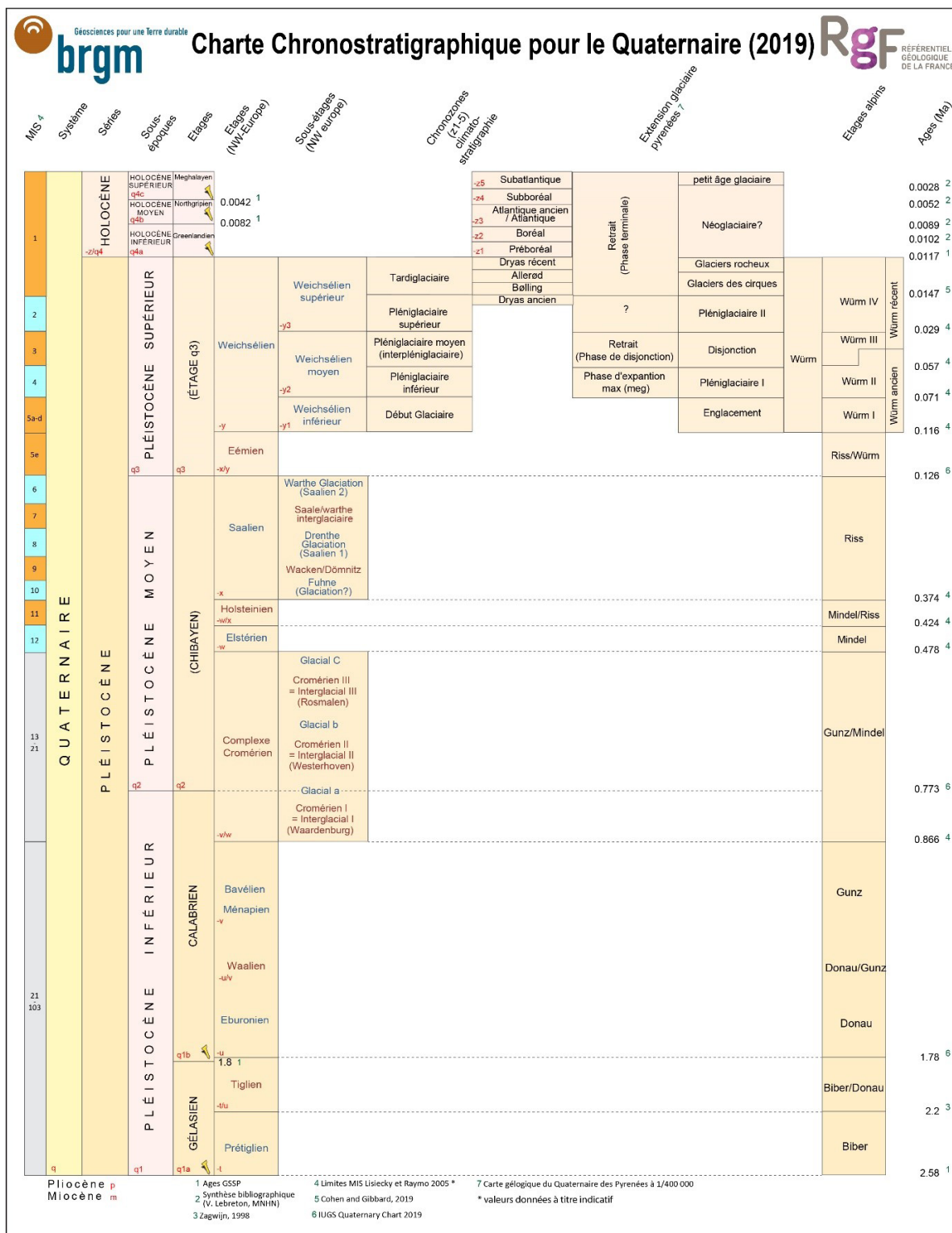


Fig. 5 : Synthèse chronostratigraphique du Quaternaire mettant en relation la charte chronostratigraphique internationale « Global chronostratigraphical correlation table for the last 2.7 million years » dans sa version de 2019 (Cohen et Gibbard., 2019) utilisée lors de la réalisation de la Carte au millionième du Quaternaire de la France métropolitaine (Tissoux et al., 2020) présentée ici, en regard des stratigraphies régionales de la France métropolitaine. Les sous-étages (NW Europe) et les étages alpins ont été utilisés.

Fig. 5: Quaternary chronostratigraphic summary comparing the 2019 version of the "Global chronostratigraphical correlation table for the last 2.7 million years" international chronostratigraphic chart (Cohen and Gibbard, 2019) used to produce the new Quaternary map (Tissoux et al., 2020) presented in this article, with the regional stratigraphies of mainland France. The sub-stages (NW Europe) and the alpine stages have been used.

Les dunes sont des collines mobiles, de dimension décamétrique à kilométrique, dont la hauteur peut atteindre une centaine de mètres (exemple de la dune côtière du Pyla culminant à 115 m d'altitude NGF), de forme et de constitution plus ou moins complexes. Il existe différents types de dunes selon leur morphologie et leur disposition par rapport aux vents dominants.

NFy-z – Formation du Sable des Landes et Limons du Bourgeois (Dubreuilh, 1976 ; Bourbon, 2019)

Il s'agit de sables moyens éoliens à litage subhorizontal (épandages en nappes), avec des petits niveaux tourbeux intercalés, souvent cryoturbés. Ces sables, d'une puissance maximale de 20 m, forment une couverture d'épaisseur décroissante d'ouest en est dans le triangle délimité par l'Océan Atlantique,

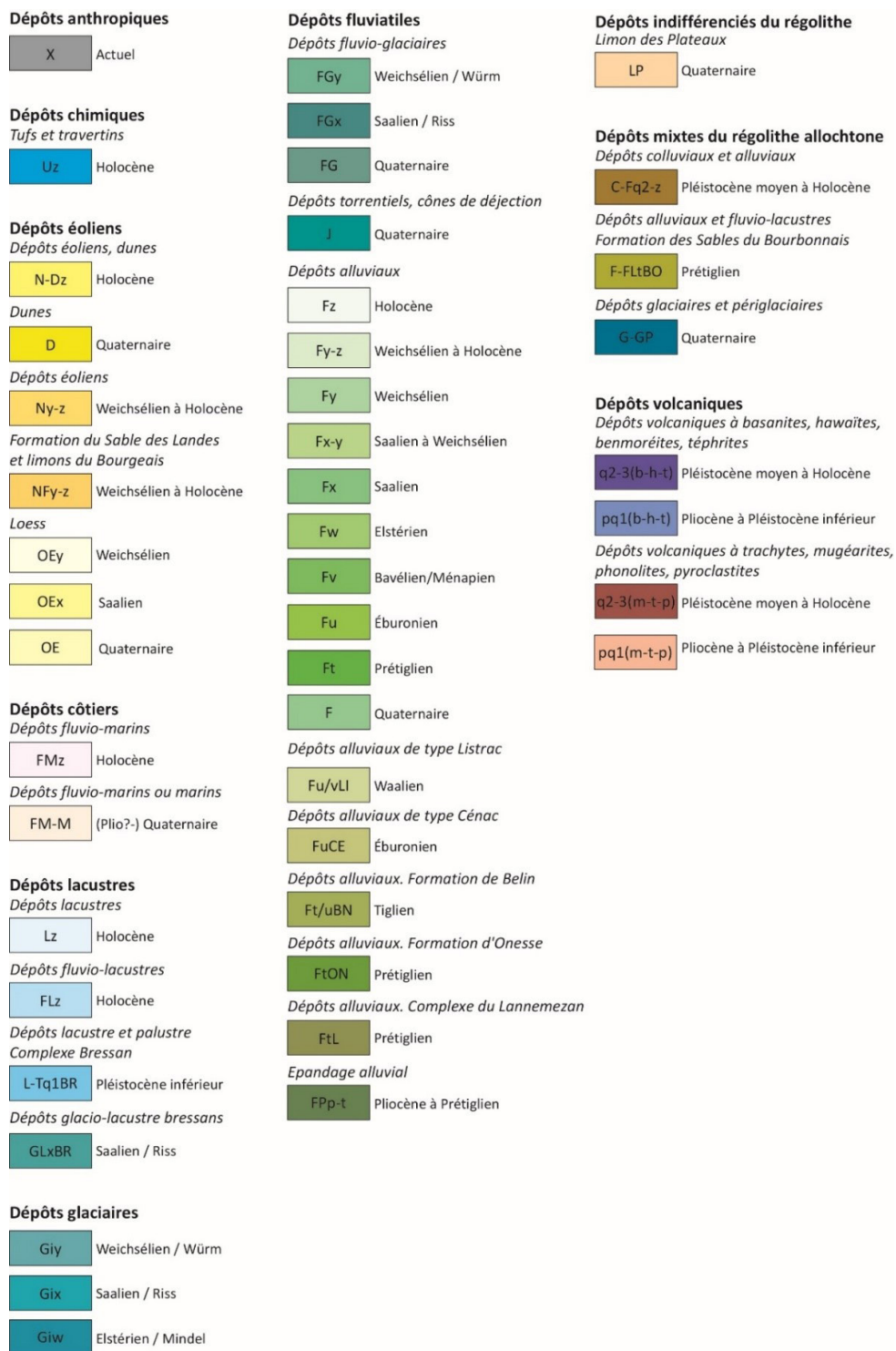


Fig. 6 : Légende des unités géologiques de la Carte au millionième du Quaternaire de la France métropolitaine (Tissoux et al., 2020) présentée dans cet article.

Fig. 6: Legend for the geological units on the 1:1,000,000 Quaternary map of France. (Tissoux et al., 2020) presented in this article.

la vallée de l'Adour et celle de la Garonne. Cette accumulation est constituée de sables plus ou moins fins, blanchâtres ou jaunâtres, à nombreux minéraux lourds. La partie supérieure, le plus souvent remobilisée par le vent, est marquée par une phase de ruissellement intense. Les études morphoscopiques attestent d'un polissage des grains en milieu aquatique et d'une influence glaciaire. Localement on observe des argiles plus ou moins sableuses, organiques, où de petits bancs décimétriques de lignite apparaissent, entrecoupés de sables très fins blancs bien triés, le plus souvent d'origine fluviatile.

OE, OEx et OEy – Loess

Ces dépôts sont constitués de sédiments silteux mis en place en contexte périglaciaire où interviennent les processus d'érosion-sédimentation dominés par l'agent éolien. On les trouve sur les plateaux du Nord de la France, ainsi que dans le fossé rhénan et la vallée du Rhône. Les loess, d'origine strictement éolienne, se reconnaissent par leurs courbes granulométriques cumulatives sigmoïdes très redressées, indicatrices d'un excellent classement des particules du fait d'un long transport par le vent. Les lehms sont des argiles silteuses

correspondant, le plus souvent, à la partie supérieure et décalcifiée d'une couche de loess. La différenciation entre les dépôts saaliens (OEx) et weichseliens (OEy) était rarement faite dans les documents compulsés et, à l'exception des loess du fossé rhénan, leur dépôt est diachrone.

5.1.4 Les dépôts côtiers

FMz, FM-M – Dépôts fluvio-marins et marins

Ces termes regroupent des faciès mixtes, à caractère alternativement marin et fluviatile, qui peuvent marquer le déplacement des estuaires au cours du temps. Dans ces niveaux sont également inclus les cordons littoraux ainsi que les plages et paléo-plages.

5.1.5 Les dépôts lacustres, palustres, fluvio-lacustres et glacio-lacustres

Lz – Dépôts lacustres

En fonction du climat, de la morphologie du lac, du bilan hydrique et du bassin versant, les sédiments lacustres peuvent varier de nature depuis un pôle détritique (sédiments terrigènes liés au retrait glaciaire, aux apports fluviatiles, aux glissements et au ruissellement sur les versants), jusqu'à un pôle biochimique (sédiments crayeux, marnes lacustres) ou encore biologique (sédiments tourbeux). Ces dépôts sont majoritairement attribués à l'Holocène.

FLz – Dépôts fluvio-lacustres

Les dépôts fluvio-lacustres sont concentrés à l'interface entre le domaine fluvial et le domaine lacustre et forment souvent un complexe où s'interdigent des faciès alluviaux et des faciès lacustres, en relation avec les oscillations du niveau du lac et l'importance des apports fluviatiles. Ces dépôts sont majoritairement attribués à l'Holocène.

L-Tq1BR - Dépôts lacustres et palustres : Complexe des Marnes de Bresse (Bruhlet *et al.*, 1993)

Le Complexe des Marnes de Bresse est constitué de marnes et de sables d'origine palustre et lacustre qui ont rempli le fossé Bressan lors de la phase de comblement de ce bassin, postérieur au plissement jurassien. Anciennement attribué au Pliocène supérieur, aujourd'hui Pléistocène inférieur, il est surmonté de dépôts de sables et cailloutis issus de cônes et deltas fluviatiles formant un complexe de couverture, également attribué au Pléistocène ancien.

GLxBR - Dépôts glacio-lacustres bressans (Bruhlet *et al.*, 1993)

Ce complexe regroupe des dépôts lités typiques d'environnements de lacs proglaciaires, ainsi que des dépôts plus proximaux par rapport aux glaciers (de type « Gilbert deltas »). Ces dépôts sont attribués au Riss ancien.

5.1.6 Les dépôts glaciaires indifférenciés

Giy, Gix, Giw – Dépôts glaciaires

Sous cette appellation sont regroupés les dépôts associés à la dynamique glaciaire dont les âges sont compris entre le Riss et le Würm. Le territoire métropolitain n'ayant à aucun moment du Quaternaire été atteint par la calotte glaciaire (Fig. 1), on retrouve ces dépôts uniquement sur les massifs montagneux : Alpes et Pyrénées et, dans une moindre mesure,

Massif Central, Vosges et Jura. La grande majorité des dépôts identifiés correspondent au dernier cycle glaciaire (Gy, Würm), les plus anciens ayant été peu ou pas conservés. Ces dépôts ont été utilisés pour estimer la limite d'extension maximale des glaciers (voir § 6.3).

Ils correspondent en majorité à des :

- Moraines frontales ou latérales qui se caractérisent par des dépôts peu à non lités, constitués d'éléments de granulométrie très hétérogène, depuis les argiles jusqu'aux blocs métriques ; les blocs de toutes tailles, bien qu'émoussés, sont moins arrondis que des galets fluviaux et sont parfois striés.

- Moraines de fond, peu spectaculaires, qui tapissent d'un enduit de quelques mètres d'épaisseur le fond et certains versants des grandes vallées glaciaires. Ces dépôts contiennent une proportion notable d'argile.

5.1.7 Les dépôts fluviatiles

FG, FGy, FGx – Dépôts fluvio-glaciaires

Les dépôts fluvio-glaciaires se trouvent essentiellement dans les Alpes, les Pyrénées et le Massif Central. Ils sont constitués d'éléments d'origine glaciaire, repris par des cours d'eau tirant une grande partie ou la totalité de leur eau de la fonte des neiges et glaces. Avec le retrait du glacier et/ou des variations de débit et de la charge sédimentaire, les dépôts fluvio-glaciaires pourront être incisés et subsisteront alors sous forme d'une terrasse fluvio-glaciaire. Les indices x et y donnent une indication sur l'âge de mise en place de ces dépôts, respectivement Riss et Würm.

J – Dépôts torrentiels, cônes de déjection

Mis en place en milieu à forte énergie, les dépôts torrentiels et les cônes de déjection sont des accumulations d'origine torrentielle dont les sédiments sont hétérométriques (silts à mégablocs), sans organisation apparente, et ils sont transportés sur de courte distance. En débouché de vallées, ces sédiments vont se déposer sous la forme d'un cône dit de déjection. On les trouve essentiellement en zone montagneuse.

Fz, Fy-z, Fy, Fx-y, Fx, Fw, Fv, Fu, Ft et F – Dépôts alluviaux

Les dépôts alluviaux résultent de l'accumulation de sédiments transportés par les cours d'eau lors d'une phase d'aggradation, c'est-à-dire quand l'apport de sédiments excède les capacités de transport du cours d'eau. En fonction des dynamiques de transport et de dépôt, ces sédiments détritiques couvrent une large palette granulométrique : argiles, vases, limons, sables, graviers ou galets. Généralement, les éléments ont subi un transport hydrodynamique suffisant pour en enregistrer les effets (émoussé des grains, structures sédimentaires etc.).

En contexte de surrection, les dépôts alluviaux sont en partie protégés de l'incision par l'enfoncement du cours d'eau dans le substratum et son déplacement latéral. Il en résulte la création d'une succession de terrasses étagées sur le versant des vallées, les plus basses étant les plus récentes. Les sédiments fluviatiles préservés au sein d'une terrasse alluviale correspondant à une phase d'aggradation intervenant entre deux phases d'incision (Cordier *et al.*, 2009 et infra), on attribue

généralement une telle succession à un cycle climatique glaciaire – interglaciaire, ce qui permet d'assigner un âge relatif aux différents niveaux, depuis l'Holocène, pour les plus récents (Fz), jusqu'au Pléistocène inférieur pour des dépôts attribués au Prétigilien (Ft). De manière générale, les terrasses les plus anciennes ont subi une pédogénèse et une altération plus poussées que les plus récentes.

Fu/vLI – Formation de Lustrac (Waalien), (Dubreuilh, 1976 ; Bourbon, 2019)

La nappe alluviale de Lustrac, légèrement érosive à la base, est constituée par des sables et graviers grossiers à galets avec des intercalations de sables éoliens dans les sables fluviaux anguleux à grains fracturés. Elle affleure en rive gauche de la Garonne et de la Gironde, depuis Agen jusqu'à Soulac. Les dépôts ont été attribués à la phase climatique interglaciaire (Waalien) précédant la structuration et le creusement des vallées en Aquitaine.

FuCE – Formation de Cénac (Eburonien), (Dubreuilh, 1976 ; Bourbon, 2019)

La nappe alluviale de Cénac de l'Entre-deux-Mers, très légèrement érosive par rapport à la Formation de Belin (cf. infra), est visible en rive gauche de la Garonne et de la Gironde, depuis Agen jusqu'à Soulac. Elle correspond à un comblement en période froide (Eburonien). Elle montre un surcreusement de 22 m en amont et 12 m en aval dans la vallée de la Garonne. Son épaisseur varie de 3 à 8 m. Elle est constituée de graviers et galets de quartz hyalins, quartzites, silex et lydienes à filonnets de quartz blanc, caractéristiques des apports pyrénéens, dans une matrice argileuse, jaunâtre à rougeâtre.

Ft/uBN – Formations de Belin et de Sadirac (Tiglien) (Dubreuilh et al., 1995 ; Bourbon, 2019)

La Formation de Belin s'étend depuis les environs de Nérac jusqu'à la pointe du Médoc avec une limite méridionale passant par Bazas, Belin, Salles et Arcachon. Nettement discordante à l'échelle régionale, elle est principalement constituée de graviers blancs à grisâtres, bien roulés emballés dans une matrice d'argile kaolinique plus ou moins abondante (5 à 20 %). Il est très probable que la Formation de Belin passe latéralement à la Formation de Sadirac qui constitue le plus haut niveau d'alluvions quaternaires au Nord de la Garonne (Entre-Deux-Mers).

Dans l'Entre-deux-Mers, la Formation de Sadirac, de quelques mètres à 15 m d'épaisseur, est formée d'un matériau très rubéfié, localement déferruginisé. Ce sont des sables grossiers rougeâtres à jaunâtres et graviers (1 à 2 cm) à passées légèrement argileuses, parfois en stratifications obliques. À la base, on observe parfois la présence d'un grès ferrugineux, dur, brun rougeâtre à graviers blancs et jaunes (0,6 à 1,8 cm). À Coste-Rouge, elle est constituée par 5 m de sables moyens de plus en plus argileux vers le sommet, de couleur jaune-ocre, à passées rouge brique foncé à lie-de-vin. Ces nappes montrent un léger surcreusement sur les dépôts antérieurs.

FtON – Formations d'Onesse et de Beliet (Prétigilien) (Platel, 1992 ; Dubreuilh et al., 1995 ; Bourbon, 2019)

D'une épaisseur de 20 m en moyenne, la Formation d'Onesse atteint plus de 40 m dans la partie ouest des Landes

(Parentis, Sabre). Elle est constituée à la base par quelques mètres de sables plus ou moins grossiers à graviers roulés, blanchâtres, à très nombreux quartz hyalins. Viennent ensuite des sables plus ou moins argileux, micacés gris-bleu, qui supportent au sommet des argiles silteuses micacées gris-bleu sombres, parfois organiques. Au toit de la formation, les lignites de Mézos ont été découverts à la faveur du lever de la carte géologique de Lit et Mixe (carte géologique n° 923, Dubreuilh et Karnay, 1991). Dans la vallée de la Leyre (Pissos), les graviers disparaissent peu à peu et le sommet de la série passe à 12 m de sables fins peu argileux, blanc-vert à grisâtres correspondant à la Formation de Beliet (Platel, 1992). On retrouve des niveaux équivalents le long du paléo-Adour avant la défluviation sous recouvrement du Sable des Landes.

FtL – Complexe alluvial du Lannemezan (Alimen, 1964 ; Bourbon, 2019 ; Delmas, 2019)

Le Complexe de Lannemezan désigne un épandage continental exclusivement siliceux et à matrice décarbonatée qui surmonte par une discordance de ravinement l'ensemble des terrains de la façade nord-pyrénéenne. Cet épandage détritique s'étale jusqu'au plateau des Landes et de l'Entre-deux-Mers. Cette puissante accumulation est ravinée à son toit par une nappe alluviale peu épaisse, sensiblement plus grossière que l'unité sous-jacente et qui est attribuée au Pléistocène ancien. C'est cette nappe alluviale qui est représentée et qui marque le passage d'un régime en aggradation sur la longue durée (mise en place du Complexe de Lannemezan durant le Miocène supérieur et Pliocène) à un régime fluvial dominé par l'incision des vallées et la mise en place d'un système de terrasses étagées au cours du Pléistocène. La nappe alluviale supérieure du Lannemezan, d'une puissance pouvant atteindre 25 m, est constituée de galets allongés à surface rugueuse, de taille moyenne 10 cm mais allant jusqu'à 20 ou 30 cm, de grès quartzique (68,3 %), schistes métamorphiques (18,1 %), quartz (13,6 %). Ils sont fortement altérés et quelques rares galets de granite sont totalement arénisés. La matrice, peu abondante, est formée d'argile jaunâtre à rougeâtre saumon, à débris de roches diverses.

FPP-t – Épandages alluviaux résiduels

Ces sont des galets, cailloutis ou sables d'origine fluviale. Leur degré d'altération et leur caractère azoïque ne permettent pas de leur attribuer un âge. Souvent présents sous forme d'épandages, ils ne témoignent pas des phases d'incisions caractéristiques du Pléistocène. Ces deux aspects nous incitent à les attribuer aux grands épandages d'âge Pliocène ou au tout début du Pléistocène.

5.1.8 Les dépôts volcaniques

pq1 (b-h-t) - Dépôts volcaniques à basanites, hawaïtes, benmoréites, téphrites du Pliocène et du Pléistocène inférieur

pq1 (m-t-p) - Dépôts volcaniques à trachytes, mugéarites, phonolites, pyroclastites et du Pléistocène inférieur

q2-3 (m-t-p) - Dépôts volcaniques à trachytes, mugéarites, phonolites, pyroclastites du Pléistocène moyen et supérieur

q2-3 (b-h-t) - Dépôts volcaniques à basanites, hawaïtes, benmoréites, téphrites du Pléistocène moyen et supérieur

Les unités sont reprises de la carte géologique au million de la France (Sixième édition révisée, Chantraine *et al.*, 2003). Les unités p-q et q ont été retenues (Quaternaire et Plio-Quaternaire) et les notations ont été modifiées de manière à respecter la nomenclature du RGF.

5.1.9 Les dépôts indifférenciés du régolithe

LP – Limon des plateaux

Les limons des plateaux sont des sédiments fins, d'origine indéterminée ou souvent complexe, où interfèrent divers processus tels l'altération, la pédogenèse, les apports éoliens, le ruissellement, la solifluxion. La plus grande confusion règne cependant quant à l'attribution génétique des formations limoneuses qui tapissent la surface des plateaux, en particulier dans la moitié nord de la France. Les auteurs n'ont généralement pas fait la distinction entre loëss vrais, limons complexes des plateaux (polygéniques), voire altérites. Leur âge est de ce fait également très mal connu et ils ont été regroupés dans une formation unique. Leur épaisseur varie de quelques cm à plusieurs dizaines de mètres dans certains contextes morphologiques.

5.1.10 Les dépôts mixtes du régolithe allochtone

CFq2-z – Dépôts colluviaux et alluviaux

Il s'agit ici de grands épandages ou remplissages de dépressions mêlant des alluvions et des colluvions plus ou moins imbriquées.

FLpB – Formation des Sables du Bourbonnais (Tourenq, 1989)

C'est un ensemble fluvio-lacustre composé d'argiles, silts, sables et galets, qui affleure depuis la Limagne jusqu'aux confins sud de la Sologne.

Il est composé de deux cycles sédimentaires superposés qui présentent un terme grossier à la base et des dépôts fins argileux au sommet. La série se développe sur 40 m environ et est caractérisée par une grande constance dans la nature des apports détritiques. Les éléments proviennent d'altérites élaborées sur le socle granitique et métamorphique du Massif Central, avec localement une empreinte plus ou moins marquée de matériel volcanique, d'éléments siliceux (silex crétacés et chailles jurassiques), principalement sur les bordures. Parmi les apports détritiques, notons qu'une partie est issue du remaniement des sédiments bordiers cénozoïques.

En Limagne et Sologne bourbonnaise, les matériaux déposés s'inscrivent dans la limite des bassins d'effondrement oligocènes. Plus en aval, leur extension est limitée au système de fossés du secteur de Nevers et de Cosne-sur-Loire, encadré de failles N-S, où ils reposent sur les terrains du Méso-Cénozoïque.

G-GP – Dépôts glaciaires et périglaciaires

Il s'agit de dépôts indifférenciés ayant été mis en place soit directement par le glacier (de type moraine par exemple), soit à proximité immédiate (dépôts de versant, fluvio-glaciaires ou glacio-lacustres) en relation avec la présence de ce dernier. La distinction entre les dépôts glaciaires et périglaciaires n'a pas été faite.

6. Autres informations





6.1. les sites remarquables du Quaternaire

Le Quaternaire, du fait de la mise en place de cette cyclicité climatique, mais également de sa relation avec l'évolution humaine, prend une dimension toute particulière par rapport aux ères précédentes.


Il a été choisi de représenter ici des sites emblématiques du Quaternaire. Ces sites sont des sites majeurs pour la connaissance de l'Homme préhistorique et de son environnement et sont classés selon leur intérêt : préhistorique, paléontologique, palynologique ou paléoclimatique (Fig. 7).

Sites remarquables du Quaternaire

Sites préhistoriques

-  Pléistocène supérieur
-  Pléistocène moyen à supérieur
-  Pléistocène moyen
-  Pléistocène inférieur

Séquences palynologiques

-  Dernier cycle climatique

Sites paléontologiques

-  Pléistocène supérieur
-  Pléistocène moyen à supérieur
-  Pléistocène moyen
-  Pléistocène inférieur à moyen
-  Pléistocène inférieur

Sites d'intérêt climatique



-  Pléistocène moyen à supérieur
-  Pléistocène moyen

Fig. 7 : Légende des sites remarquables de la carte du Quaternaire présentée dans cet article (Tissoux *et al.*, 2020).

Fig. 7: Key localities on the Quaternary map presented in this article (Tissoux *et al.*, 2020).

Un tel bilan a été publié en 1995, dans la carte du Quaternaire européen à l'échelle 1/2 500 000 (BGR et UNESCO, 1995). 227 sites remarquables pour la Préhistoire, pour le Quaternaire ou géologiques (Volcans) avaient été représentés. Cette carte étant toujours accessible, elle reste valable, bien que probablement incomplète, pour les découvertes importantes effectuées jusqu'en 1995.

L'intérêt de la carte du Quaternaire de la France métropolitaine à l'échelle du millionième (Tissoux *et al.*, 2020) présentée dans cet article est donc de documenter les sites étudiés ou ré-étudiés depuis 1995, et qui ont bénéficié de datations dites « absolues ». L'étude de ces sites a considé-

ablement fait avancer nos connaissances en Quaternaire et Préhistoire, notamment concernant l'ancienneté de l'Homme en France et l'environnement de l'Homme préhistorique. Une liste relativement réduite de 62 sites ayant donc fait l'objet d'études géologiques, géochronologiques, paléo-environnementales et techno-typologiques depuis 1995 est donc proposée ici. Elle contient notamment des sites nouvellement étudiés en région Centre (Lunery-la-Terre-des-Sablons, daté de 1,1 Ma par exemple) ou des sites équivalents ailleurs en France (Lesignan-la-Cèbe par exemple, daté de 1,3 à 1,1 Ma), mais également des sites connus depuis longtemps mais réétudiés ces 25 dernières années dans la vallée de la Somme, de la Seine, dans le Nord et dans le Massif Central, etc. Pour ces sites, les références bibliographiques postérieures

à 1995 sont mentionnées, les références principales pouvant être antérieures à 1995 sont à chercher infra. À cette liste ont été adjoints sept sites éponymes des cultures d'âge paléolithique en France (Acheuléen, Moustérien, Aurignacien, Gravettien, Châtelperronien, Magdalénien, Solutréen).

Cette liste reste néanmoins un état des lieux à cette date, avec des manques possibles et même probables. La table attributive complète de ces informations ponctuelles est présentée ici (Tab. 2). Pour aller plus loin, deux synthèses : l'une par Djindjian (2018) en Préhistoire et l'autre par Brugal *et al.* (2020) pour la paléontologie, peuvent être consultées.

Nature du site	Âge	Etiquette_carte	Departement	X	Y	Nature_contexte	Références post-1995
Séquence palynologique	Pléistocène supérieur	Les Echets	Rhone-Alpes	888362	6513536	Séquence palynologique : Tourbière	Veres <i>et al.</i> , 2007
Séquence palynologique	Pléistocène supérieur	La Grande Pile	Haute Saône	962256	6742807	Séquence palynologique : Tourbière	Rousseau <i>et al.</i> , 2006
Séquence palynologique	Pléistocène supérieur	Maars du Velay	Massif-Central	762395	6423643	Séquence palynologique	Reille <i>et al.</i> , 2000
Site d'intérêt climatique	Pléistocène moyen	Grâce-Autoroute	Somme	644996	6978683	Séquence de loess	Antoine <i>et al.</i> , 2020
Site d'intérêt climatique	Pléistocène moyen	Saint-Pierre-les-Elbeufs	Seine maritime	557635	6909149	Séquence loess/paléosols	Cliquet <i>et al.</i> , 2009
Site d'intérêt climatique	Pléistocène moyen	Tuf de la Celle	Seine-et-Marne	687684	6810263	séquence climatique : Tuf	Limondin-Lozouet <i>et al.</i> , 2010
Site d'intérêt climatique	Pléistocène moyen à supérieur	Havrincourt	Pas-de-Calais	705312	7002728	Séquence loess/paléosols	Antoine <i>et al.</i> , 2014; Guérin <i>et al.</i> , 2017
Site d'intérêt climatique	Pléistocène moyen à supérieur	Achenheim	Bas-Rhin	1041551	6841484	Séquence loess/paléosols	Rousseau <i>et al.</i> , 1998; Koehler <i>et al.</i> , 2020
Site d'intérêt climatique	Pléistocène supérieur	Caours	Somme	618858	7002627	Tufs sur limons fluviatiles	Antoine, 2006, 2019
Site paléontologique	Pléistocène inférieur	Saint-Vallier	Drôme	843609	6455933	Paéorivage (naturel)	Argant, 2004
Site paléontologique	Pléistocène inférieur	Cher, Lunery, Rosières	Cher	643112	6650373	Nappe alluviale	Despriée <i>et al.</i> , 2017b
Site paléontologique	Pléistocène inférieur	la terre-des-Sablons	Cher	643112	6650373	Nappe alluviale	Guérin <i>et al.</i> , 2003
Site paléontologique	Pléistocène inférieur	Saint-Prest	Eure-et-Loir	591208	6822552	Nappe alluviale	Guérin <i>et al.</i> , 2003
Site paléontologique	Pléistocène inférieur	Ceyssaguet	Haute-Loire	769152	6446556	Paéorivage (ancien lac volcanique naturel)	Kaiser et Croitor, 2004 ; Argant et Bonifay, 2011
Site paléontologique	Pléistocène inférieur	Creux-de-Peyrolle	Puy-de-Dôme	717106	6494305	séquence fluviatile/plateau de Perrier	Nomade <i>et al.</i> , 2014
Site paléontologique	Pléistocène inférieur	Roca-Neyra	Puy-de-Dôme	714608	6494870	séquence fluviatile/plateau de Perrier	Nomade <i>et al.</i> , 2014
Site paléontologique	Pléistocène inférieur	Senèze	Haute-Loire	737949	6460447	Paéorivage (ancien lac volcanique naturel)	Nomade <i>et al.</i> , 2014
Site paléontologique	Pléistocène inférieur	Vallon du Rabioulet	Haute-Loire	734407	6451012	Plein-air	Nomade <i>et al.</i> , 2014
Site paléontologique	Pléistocène inférieur à moyen	Brèches-de-Montoussé	Hautes Pyrénées	489284	6221573	Fissure à remplissage de faune	Hancquet, 2011
Site paléontologique	Pléistocène moyen	Brèches de Château	Saône-et-Loire	823241	6593303	Repaire de grands carnivores	Argant et Argant, 2018
Site paléontologique	Pléistocène moyen	Grotte d'Azé	Saône-et-Loire	835162	6594854	Grotte/Repaire	Barriquand <i>et al.</i> , 2006
Site paléontologique	Pléistocène moyen	Tourville-la-Rivière	Serine-maritime	559941	6914441	Nappe alluviale	Cliquet (dir.), 2010 ; Faivre <i>et al.</i> , 2014
Site paléontologique	Pléistocène moyen	Lunel-Viel	Hérault	788095	6287068	Grotte/Repaire de hyènes (naturel)	Fosse, 1996
Site paléontologique	Pléistocène moyen	Montsaunès	Haute-Garonne	531996	6225800		Uzunidis <i>et al.</i> , 2022
Site paléontologique	Pléistocène moyen à supérieur	Usine CCB- Biache-St-Vaast	Pas-de-Calais	696365	7024108	Loess sur nappe alluviale	Hérisson, 2012 ; Antoine, 2019
Site paléontologique	Pléistocène supérieur	Balme à Colomb	Savoie	928047	6487676	Grotte à ours	Argant et Argant, 2004
Site paléontologique	Pléistocène supérieur	Coudoulous II	Lot	592612	6375102	Aven (naturel)	Costamagno, 1999
Site paléontologique	Pléistocène supérieur	Igue-du-Gral	Lot	598939	6380675	Aven (naturel)	Coumont, 2006
Site paléontologique	Pléistocène supérieur	Grotte de l'Escale	Bouches-du-Rhône	892893	6289999	Grotte	Coumont, 2008
Site paléontologique	Pléistocène supérieur	Arquet	Gard	807558	6357452	Aven (naturel)	Crégut-Bonnoure et Gamberi Almendra de C. (dir.), 2007
Site paléontologique	Pléistocène supérieur	Coulet-des-Roches	Vaucluse	888987	6332722	Aven (naturel)	Crégut-Bonnoure, 2007
Site paléontologique	Pléistocène supérieur	Jaurens	Corrèze	582220	6440103	Aven (naturel)	Guérin <i>et al.</i> , 2002
Site paléontologique	Pléistocène supérieur	Igue-des-Rameaux	Tarn-et-Garonne	599498	6340258	Aven (naturel)	Uzunidis <i>et al.</i> , 2022

Nature du site	Âge	Etiquette_carte	Departement	X	Y	Nature_contexte	Références post-1995
Site paléontologique	Pléistocène supérieur	Siréjol	Lot	578502	6435149	Aven (naturel)	Palacio, 2015 ; Philippe, 1975
Site préhistorique	Pléistocène inférieur	Bois-de-Riquet	Hérault	734327	6266119	Site du Paléolithique ancien Acheuléen ? Site Paléontologique	Bourguignon et al., 2016
Site préhistorique	Pléistocène inférieur	Pont-de-Lavaud	Indre	592734	6594154	Site du Très-ancien Paléolithique, Oldowayen	Despriée et Gageonnet, 2003
Site préhistorique	Pléistocène inférieur	La Terre-des-Sablons	Cher	643409	6650268	Site du Très-ancien Paléolithique, Oldowayen	Despriée et al., 2017b
Site préhistorique	Pléistocène inférieur	Le Vallonnet	Alpes-Maritimes	1059864	6306305	Site du Très-ancien Paléolithique	Moullé et al., 2006 ; Cauche et al., 2009 ; Seggaa et al., 2012
Site préhistorique	Pléistocène inférieur à moyen	Saint-Acheul	Somme	652114	6976084	Site du Paléolithique inférieur	site éponyme de l'Acheuléen
Site préhistorique	Pléistocène moyen	Payre	Ardèche	838300	6408600	Site du Paléolithique moyen	Baena et al., 2017 ; Daujeard et al., 2018
Site préhistorique	Pléistocène moyen	Soucy	Yonne	722003	6794190	Site du Paléolithique inférieur	Chaussé et al., 2004 ; Lhomme et al., 2004
Site préhistorique	Pléistocène moyen	Terra-Amata	Alpes-Maritimes	1045666	6298132	Site du Paléolithique ancien, Acheuléen	de Lumley, 2009
Site préhistorique	Pléistocène moyen	Les Grouais-de-Chichery	Loir-et-Cher	560158	6751267	Site du Paléolithique ancien, Colombanien	Despriée et al., 2003
Site préhistorique	Pléistocène moyen	La Noira	Cher	635209	6672321	Site du Paléolithique ancien, Colombanien	Despriée et al., 2017a
Site préhistorique	Pléistocène moyen	La Grande-vallée	Vienne	502919	6632553	Site du paléolithique ancien Acheuléen	Herisson et al., 2012
Site préhistorique	Pléistocène moyen	Grainfollet	Ile-et-Vilaine	332808	6841857	site du Paléolithique moyen	Laforge et Monnier in Djindjian (dir.), 2018
Site préhistorique	Pléistocène moyen	Tuf de la Celle	Seine-et-Marne	687684	6810263	Site du Paléolithique ancien	Limondin-Lozouet et al., 2010 ; Dabkowski et al., 2011
Site préhistorique	Pléistocène moyen	La Caune-de-l'Arago	Pyrénées-Orientales	679766	6193317	Site du Paléolithique ancien	Falguères et al., 2015
Site préhistorique	Pléistocène moyen	Orgnac 3	Ardèche	812586	6358906	Site du Paléolithique moyen	Moncel et al., 2012
Site préhistorique	Pléistocène moyen	Ménez-Drégan	Finistère	143510	6791422	site du Paléolithique ancien	Monnier et al., 1996 ; Laforge et Monnier in Djindjian (dir.), 2018
Site préhistorique	Pléistocène moyen	Menez-Dregan	Finistère	143184	6791479	Site du Paléolithique ancien, Colombanien	Ravon et al., 2021
Site préhistorique	Pléistocène moyen à supérieur	La Jouanière	Eure-et-Loir	578882	6787307	Site du Paléolithique ancien et moyen	Despriée et al., 2018
Site préhistorique	Pléistocène moyen à supérieur	Usine CCB- Biache-St-Vaast	Pas-de-Calais	696365	7024108	Site du Paléolithique moyen	Hérisson, 2012 ; Antoine, 2019
Site préhistorique	Pléistocène moyen à supérieur	Piégu	Côtes-du-Nord	290787	6847413	site du paléolithique ancien-moyen	Laforge et Monnier in Djindjian (dir.), 2018
Site préhistorique	Pléistocène moyen à supérieur	Le Charmesson-Villiers-Adam	Val-d'Oise	644522	6886202	Site du Paléolithique moyen à supérieur	Locht et al., 2003
Site préhistorique	Pléistocène moyen à supérieur	Mont-Dol	Ile-et-Vilaine	348686	6840662	site du Paléolithique moyen	Monnier et al., 1995
Site préhistorique	Pléistocène moyen à supérieur	Le Moustier	Dordogne	547183	6434800	Site du Paléolithique moyen	site éponyme du Moustérien
Site préhistorique	Pléistocène moyen à supérieur	Baume Moula Guercy	Ardèche	845876	6422122	Site du Paléolithique moyen	Valensi et al., 2012 ; Saos et al., 2014
Site préhistorique	Pléistocène moyen à supérieur	Grotte du Lazaret	Alpes-Maritimes	1046176	6297402	Site du Paléolithique moyen	Valensi et al., 2013
Site préhistorique	Pléistocène supérieur	Grotte Chauvet	Ardèche	812802	6366459	Site de l'Aurignacien - Gravettien	Delannoy et Geneste (dir.), 2020
Site préhistorique	Pléistocène supérieur	La Garenne	Indre	585722	6612074	Site Magdalénien moyen	Despriée et al., 2009
Site préhistorique	Pléistocène supérieur	Aurignac	Haute-Garonne	526471	6238290	Site du Paléolithique supérieur	site éponyme de l'Aurignacien
Site préhistorique	Pléistocène supérieur	La Gravette	Dordogne	520708	6414273	Site du Paléolithique supérieur	site éponyme du Gravettien
Site préhistorique	Pléistocène supérieur	La grotte des Fées	Allier	749028	6590400	Site du Paléolithique supérieur	site éponyme du Chatelperronien
Site préhistorique	Pléistocène supérieur	La Madeleine	Dordogne	544697	6431851	Site du Paléolithique supérieur	site éponyme du Magdalénien
Site préhistorique	Pléistocène supérieur	Solutrée	Saône-et-Loire	832291	6579143	Site du Paléolithique supérieur	site éponyme du Solutréen
Site préhistorique	Pléistocène supérieur	Fressignes	Indre	593364	6595401	Site du Solutréen	Vialou, 2015
Site préhistorique	Pléistocène supérieur	Grotte Cosquer	B.-du-Rhône	899155	6236830	Site du Gravettien-Solutréen	Valladas et al., 2017
Site préhistorique	Pléistocène supérieur	Les Maîtres	Indre-et-Loire	544671	6638886	Site du Solutréen	Aubry et Walter, 2014

Tab. 2 : Sites remarquables du Quaternaire ayant fait l'objet d'études depuis 1995 et sites éponymes des cultures du Paléolithique.

Tabl. 2: Key Quaternary sites studied since 1995 and eponymous sites of Palaeolithic cultures.

6.2. Indices néotectoniques

Les indices néotectoniques sont représentés sous forme de ponctuels. Ils sont issus de la base de données NéoPal des indices de déformation récente. Cette base de données nationale des déformations néotectoniques et des paléo-séismes, recense les arguments géologiques de déformation plus récente que deux millions d'années (indices néotectoniques) en France, publiés dans la littérature scientifique et évalués par un comité d'experts. Cette base de données était coordonnée et développée par le BRGM jusqu'en 2009 et n'est plus mise à jour aujourd'hui. Ici n'ont été représentés que les indices jugés dans la base comme possibles et certains.

On trouvera la carte complète de la base NéoPal sur le site :

https://data.oreme.org/fact/fact_map/neopal

Des informations complémentaires pourront être obtenues sur la tectonique récente de la France métropolitaine en consultant la BDFA (« Building a database of potentially active faults », Jomard *et al.*, 2017).

6.3. Limites d'extension glaciaire et indices périglaciaires

Comme cela est mentionné plus haut, le territoire correspondant à la France métropolitaine actuelle n'a jamais été atteint par les inlandsis pendant les phases glaciaires quaternaires, les glaciers s'étendaient uniquement sur les massifs montagneux. En dehors de ces zones englacées, les formations géologiques à la surface enregistrent tout de même ces phases extrêmement froides, et notamment sous forme d'indices périglaciaires.

Sur la Carte au millionième du Quaternaire de la France métropolitaine (Tissoux *et al.*, 2020) présentée dans cet article, ont été représentés les limites d'extension glaciaire ainsi que les indices périglaciaires identifiés sur le territoire (Fig. 8).



Fig. 8 : Légende du maximum d'extension des glaciations quaternaire (Elhers *et al.*, 2011) et des indices périglaciaires issus de Andrieux *et al.* (2016) de la Carte au millionième du Quaternaire de la France métropolitaine (Tissoux *et al.*, 2020).

Fig. 8: Legend for the maximum extent of Quaternary glaciations (Elhers *et al.*, 2011) and periglacial indices from Andrieux *et al.* (2016) for 1:1,000,000 Quaternary map of France (Tissoux *et al.*, 2020).

6.3.1 Limites d'extension glaciaire

Les glaciers présents sur les massifs ont été marqués par des phases d'extension et de retrait successives, en fonction de la variation des températures et de l'humidité lors des cycles climatiques quaternaires. Ces avancées et reculs laissent des traces dans le paysage, notamment sous forme de dépôts. Ces dépôts de marges glaciaires, par exemple les constructions morainiques, permettent de reconstituer l'emprise spatiale des glaciers à un moment donné, dès lors que les dépôts sont datés.

Si globalement, dans les zones intra-montagneuses, ce sont les témoins de la dernière glaciation qui restent visibles, ce n'est pas forcément celle qui a eu l'extension maximale au cours du Quaternaire. Ainsi parfois ce sont les dépôts glaciaires du Würm qui constitueront la limite d'extension maximale des glaciers, mais parfois ce sont des dépôts du Riss, ou plus ancien, qui ont connu la plus grande avancée au Quaternaire.

Sur cette carte, il a été choisi de représenter une seule limite pour faciliter la lecture à cette échelle et c'est la limite d'extension maximale des glaciers au Quaternaire (MEG), qui est donc une limite diachrone.

Les contours utilisés sont ceux extraits de Ehlers *et al.* (2011) avec quelques modifications. Outre la publication, l'ensemble des fichiers est téléchargeable sur le site de l'éditeur (https://booksite.elsevier.com/9780444534477/DCW_Europe_WGS84.php).

Ont été retenus les fichiers suivants : NJ13 Ice Margin & MJ33 Ice Margin pour les Pyrénées (limites du MIS 2 = Würm ou MIS 6 = Riss ou plus ancien) ; NJ13 & NK11 Ice Margin pour le Massif Central (LGM = Würm final) ; NK11 Ice Margin (LGM), NK21qs Ice Margin, NK21qs Ice Margin2 (Riss) & NJ23 qs (Riss) pour le reste des Alpes ; NK21qs Ice Margin2 pour les Vosges (Riss ?).

Les contours ont été modifiés manuellement pour être conformes à l'échelle de restitution (1/1 000 000) et mis en accord avec les unités représentant des formations glaciaires.

6.3.2 Indices périglaciaires

Les indices périglaciaires représentés sur la Carte au millionième du Quaternaire de la France métropolitaine (Tissoux *et al.*, 2020) sont issus de la Base de Données Nationale du Pergélisol Pléistocène (Andrieux *et al.*, 2016). Cette base de données comprend et géoréférence 914 structures dont 58 pseudomorphoses de coin de glace (« ice wedge pseudomorphs »), 75 coins sableux (regroupant les fichiers « sand wedges et composite wedges » de Andrieux *et al.* (2016) et 346 réseaux polygonaux (« polygon »).

Si tous ces indices sont géoréférencés dans la table attributaire, tous n'ont pas été affichés sur la carte pour une raison de lisibilité, ceci afin d'éviter les superpositions.

7. Conclusion

La Carte au millionième du Quaternaire de la France métropolitaine (Tissoux *et al.*, 2020) présentée dans cet article et accessible en format imprimable, présente les unités géologiques des formations d'âge Quaternaire de la France métropolitaine ainsi que certains sites remarquables (préhistoriques, d'intérêt climatique, paléontologiques, palynologiques) ayant fait l'objet d'une étude exhaustive au cours des 20 dernières années. S'y trouve également une représentation des indices néotectoniques de la base NéoPal, la limite d'extension des glaciers au Quaternaire et un certain nombre d'indices périglaciaires identifiés dans les formations géologiques à la surface du territoire.

Les formations sont labellisées RGF (Référentiel géologique de la France) et la charte chronostratigraphique RGF a été utilisée pour les attributions chronologiques. Cette dernière a été mise à jour en fonction des modifications récentes de la charte stratigraphique internationale (Cohen *et al.*, 2013, updated).

Cette carte reste néanmoins un état des lieux de la connaissance sur les formations géologiques quaternaires à un moment donné, et surtout à une échelle donnée, et doit être appréhendée comme tel. Elle ne remplace pas une carte à 1/50 000 ou une cartographie plus précise, mais donne une image de la nature et de la répartition du Quaternaire sur l'ensemble du territoire métropolitain. De même, l'âge mentionné pour les formations dans la légende de la carte n'est qu'estimé et ne peut être définitif tant que des études géochronologiques n'auront été entreprises de façon systématique sur ces formations et un travail de correction de grande ampleur entrepris.

Elle a vocation à être mise à jour régulièrement, grâce tout d'abord au retour des utilisateurs, également avec l'apport d'informations cartographiques nouvelles, à l'aide par exemple de méthodologies semi-prédictives innovantes, mais également de travaux récents ou de nouveaux concepts.

Remerciements

Les informations reportées sur la Carte au millionième du Quaternaire de la France métropolitaine ont largement bénéficié des travaux effectués par Lacquement et al. (2010) sur la Carte géologique du régolithe de la France métropolitaine à l'échelle du million.

La liste des sites remarquables a été élaborée avec l'aide de Jackie Despriée, Camille Daujeard, Evelyne Crégut, Vincent Lebreton, Jean-Jacques Bahain, Olivier Moine, Sébastien Nomade et Pierre Antoine. Qu'ils soient remerciés ici.

La version de 2020 de la Carte au millionième du Quaternaire de la France métropolitaine a bénéficié du retour des membres et anciens membres de l'AFEQ-CNF-Inqua à qui elle a été présentée dans sa version précédente. Merci à tous ceux et celles qui ont contribué à son amélioration.

Merci à Yannick Callec, Denis Thieblemont et Jean-Yves Reynaud pour leur relecture constructive.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Alimen H. (1964) - Le Quaternaire des Pyrénées de la Bigorre. In : Mémoire carte géologique détaillée de la France, chap. XIX, pp. 312-337.

Allier D., Berli J., Pinson S., Seguin J.-J. (2015) - Carte hydrogéologique de la France à l'échelle du millionième, 2^{ème} édition. BRGM Editeur, Orléans.

Ambert P. (1984a) - Carte géomorphologique détaillée de la France au 1/50 000, Beziers XXV-45 / carte et notice explicative. Paris, CNRS, 1 carte + notice explicative (40 p., 22 cm).

Ambert P. (1984b) - La région de Millau (Grands Causses) - Présentation d'une carte géomorphologique en couleurs en 1/25 000. In : Méditerranée, troisième série, tome 52, 3, pp. 43-56.

Ambert M., Ambert P., Coulet E., Fabre G., Guendon J.-L., Nicod J., Orengo C. (1978) - Le Causse de Blandas. Présentation d'une carte géomorphologique au 1/25 000. In : Méditerranée, deuxième série, tome 32, pp. 3-21.

Andreieff P. (Ed.) (1997) - Notes d'orientation pour l'établissement de la carte géologique de la France à 1/50 000. Éd. BRGM, 255 p.

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., Naton H., Rue M., Sitzia L., Van Vliet-Lanoë B., Vernet G. (2016) - Database of Pleistocene periglacial features in France: description of the online version. Quaternaire, 27 (4), pp. 329-339.

Antoine P. (2019) - Le Quaternaire de la vallée de la Somme (terrasses fluviales, loess et paléosols) : une contribution à l'inventaire national du patrimoine géologique. Quaternaire, 30, pp. 257-270.

Antoine P., Limondin-Lozouet N., Auguste P., Locht J.-L., Ghaleb B., Reyss J.-L., Escude E., Carbonel P., Mercier N., Bahain J.-J., Falguères C. et Voinchet P. (2006) - Le tuf de Caours (Somme, France) : mise en évidence d'une séquence éémienne et d'un site paléolithique associé. Quaternaire, 17 (4), pp. 281-320.

Antoine P., Goval E., Jamet G., Coutard S., Moine O., Hérisson D., Auguste P., Guérin G., Lagroix F., Schmidt E., Robert V., Debenham N., Meszner S., Bahain J.-J. (2014) - Les séquences loessiques pléistocène supérieur d'Havrincourt (Pas-de-Calais, France) : stratigraphie, paléoenvironnements, géochronologie et occupations paléolithiques. Quaternaire, 25 (4), pp. 321-368.

Antoine P., Bahain J.-J., Coutard S., Limondin-Lozouet N. (2020) - La séquence de Grâce-Autoroute (Somme, France) : une référence pour l'enregistrement des variations climatiques Quaternaires depuis 1 Ma à l'Ouest de l'Europe. Quaternaire, 31, pp. 205-230.

Argant A. (2004) - Le gisement pliocène final de Saint-Vallier (Drôme, France) : les Carnivores. In : Guérin C., Faure M. (Eds.), Le gisement pliocène final de Saint-Vallier (Drôme, France). Geobios, 37, S133-S182.

Argant A. et Argant J. (2004) - Datations et environnement des ours de la Balme à Collomb (Entremont-le-Vieux, Savoie, France). In : Cahiers scientifiques du Muséum d'histoire naturelle de Lyon. Hors-série, tome 2. Actes du 9^e symposium international sur l'ours des cavernes.

- Argant A. et Argant J.** (2018) - La brèche à carnivores du Pléistocène moyen de Château (Saône-et-Loire, France). *Quaternaire*, 29-3, pp. 271-285.
- Argant J., Bonnifay M.-F.** (2011) - Les coprolithes de hyène (*Pachycrocuta brevirostris*) de la couche 2 du site vil-lafranchien de Ceysaguet (Lavoûte-sur-Loire, Haute-Loire, France) : analyse pollinique et indications paléoenvironnementales. *Quaternaire*, 22, pp. 3-11.
- Aubry T. et Walter B.** (2014) - Bossay-sur-Claise - Les Maitreaux. Notice archéologique, ADLFI. Archéologie de la France - Informations [En ligne], Centre-Val de Loire.
- Baena J., Moncel M.-H., Cuartero F., Chacón Navarro M.G., Rubio D.** (2017) - Late Middle Pleistocene genesis of Neanderthal technology in Western Europe: The case of Payre site (south-east France). *Quaternary International*, 436, Part A, pp. 212-238.
- Barriquand J., Barriquand L., Quinif Y., Argant A.** (2006) - Grotte d'Azé (Saône-et-Loire, France), bilan et interprétation des datations U/Th. *Geologica Belgica*, 9, 3-4, pp. 309 - 321.
- Basse de Ménorval E., Théobald M.-N., avec la collaboration de : M.M. Beden et al., dessin : S. André** (1974) - Carte géologique du Quaternaire et des formations superficielles de la France au 1 : 1 000 000. Besançon. Annales scientifiques de l'Université de Besançon (avec le concours du CNRS). Carte divisée en quatre coupures rectangulaires, 59 X 57 cm.
- Basse de Ménorval E. et Théobald N.** (1974a) - Carte géologique du Quaternaire et des formations superficielles de la France au 1 : 1 000 000, Besançon. Annales scientifiques de l'Université de Besançon (avec le concours du CNRS). Carte divisée en quatre coupures rectangulaires, 59 X 57 cm - Quart Sud-Ouest.
- Basse de Ménorval E. et Théobald N.** (1974b) - Carte géologique du Quaternaire et des formations superficielles de la France au 1 : 1 000 000, Besançon. Annales scientifiques de l'Université de Besançon (avec le concours du CNRS). Carte divisée en quatre coupures rectangulaires, 59 X 57 cm - Quart Sud-Est.
- Barrot J.** (1975) - Carte géomorphologique détaillée de la France au 1/50 000, Narbonne / carte et notice explicative. XXV-46 Paris : CNRS 1 carte + une notice explicative (35 p., 22 cm).
- BGR et UNESCO** (1995) - International Quaternary Map of Europ in the scale 1 : 2 500 000. BGR, Hanover.
- BRGM** (1975) - Note d'orientation pour l'établissement de la carte géologique, 2^{ième} édition, juillet 1975. BRGM, Service Géologique National, Orléans, 240 p.
- Bosq M.** (2020) - Le système éolien Pléistocène supérieur de la vallée du Rhône (sud-est de la France). Thèse de doctorat de l'Université de Bordeaux, 202 p.
- Bourbon P.** (2019) - Carte géologique numérique à 1/250 000 de la région Aquitaine. Notice technique. Rapport final. BRGM/RP-68881-FR, 180 p., 28 fig., 1 CD.
- Bourguignon L. et al.** (2016) - Bois-de-Riquet, Lézignan-la-Cèbe, Hérault : a late early Pleistocene archaeological occurrence in southern France. *Quaternary International*, 393, pp. 24-40.
- Bridgland D.R.** (2000) - River terrace systems in north-west Europe: an archive of environmental change, uplift and early human occupation. *Quaternary Science Reviews*, 19, pp. 1293-1303. [https://doi.org/10.1016/S0277-3791\(99\)00095-5](https://doi.org/10.1016/S0277-3791(99)00095-5)
- Brugal J.-P., Argant A., Boudadi-Maligne M., Crégut-Bonnoure E., Croitor R., Fernandez P., Fourvel J.-B., Fosse P., Guadelli J.-L., Labe B., Magniez P., Uzunidis A.** (2020) - Pleistocene herbivores and carnivores from France: An updated overview of the literature, sites and taxonomy. *Annales de Paléontologie*, 106-2.
- Bruhlet J., Courbouleix S., Farjanel G., Fauconnier D.** (1993) - Les glaciations quaternaires en Bresse, Carte de Synthèse. Andra.
- Cauche D.** (2009) - Les stratégies de débitage dans les industries lithiques archaïques des premiers habitants de l'Europe. *L'Anthropologie*, 113 (1), pp. 178-190.
- Chantraine J., Chêne F., Nehlig P., Rabu D.** (2003) - Carte géologique de la France à 1/1 000 000 (6^e édition révisée 2003). Fourniture des données numériques. Notice d'utilisation. Rapport BRGM/RP-54298-FR.
- Chardon M., Marnezy A., Monjuvent G.** (1980) - Carte éomorphologique détaillée de la France au 1/50 000, Grenoble / carte et notice explicative. XXXII-34 Paris : CNRS 1 carte + une notice explicative (48 p., 22 cm).
- Chaussé Ch., Voinchet P., Bahain J.-J., Connet N., Lhomme V., Limondin-Lozouet N.** (2004) - Middle and Upper Pleistocene evolution of the River Yonne valley (France), First results. *Quaternaire*, 15 (1-2), pp. 53-64.
- Clair** (1987) - Carte géologique des formations superficielles - Les limons de l'Auxois au sud de Pouilly-en-Auxois (Côte-d'Or). INRA, Dijon, une carte.
- Cliquet D. [dir.]** (2010) - Tourville-la-Rivière. Carrières et balastières de Normandie : La Fosse Marmitaire. Rapport final d'opération archéologique, Inrap, 84 p.
- Cliquet D., Lautridou J.-P., Antoine P., Lamothe M., Leroyer M., Limondin-Lozouet N., Mercier N.** (2009) - La séquence loessique de Saint-Pierre-lès-Elbeuf (Normandie, France): nouvelles données archéologiques, géochronologiques et paléontologiques. *Quaternaire*, 20 (3), pp. 321-343.
- C.N.R.S. - Centre de géomorphologie** (1981) - La carte des formations superficielles et ses applications à l'aménagement régional. In : Bulletin de l'Association française pour l'étude du quaternaire, vol. 18, n°1, pp. 13-19.
- Cohen K.M. et Gibbard P.L.** (2019) - Global chronostratigraphical correlation table for the last 2.7 million years. *Quaternary International*, 500, Fig. 1. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.03.009>.
- Cohen K.M., Finney S.C., Gibbard P.L., Fan J.-X.** (2013; updated) - The ICS International Chronostratigraphic Chart. *Episodes*, 36, pp. 199-204.
- Coque-Delhuile B., Valadas B., Veyret Y.** (1979) - Carte géomorphologique détaillée de la France au 1/50 000, Saint-Chély-d'Apcher / carte et notice explicative. XXVI-37 Paris : CNRS 1 carte + une notice explicative (40 p., 22 cm).
- Cordier S., Frechen M., Harmand D.** (2009) - The Pleistocene fluvial deposits of the Moselle and middle Rhine valleys: new correlations and compared evolutions. *Quaternaire* 20-1, pp. 35-47.

- Costamagno S.** (1999b) - Coudoulous II : taphonomie d'un aven-piège. Contribution des accumulations d'origine naturelle à l'interprétation des archéofaunes du Paléolithique moyen. *Anthropozoologica*, 29, pp. 13-32.
- 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), pp. 691-707.
- Coumont M.-P.** (2006) - Taphonomie préhistorique : Mammifères fossiles en contexte naturel, les avens-pièges. Apport pour l'étude des archéofaunes. Thèse de Doctorat, Université Aix-Marseille-1, 513 p. (inédit).
- Crégut-Bonnoure E.** (2007) - Monieux – Coulet des Roches. Notice archéologique, ADLFI. *Archéologie de la France Informations* [En ligne], Provence-Alpes-Côte d'Azur.
- Crégut-Bonnoure E., Gamberi Almendra De Carvalho L. (dir.)** (2007) - Aven de l'Arquet (Barjac, Gard). Rapport de synthèse 2004-2007, Orgnac-l'Aven, Musée régional de Préhistoire, 249 p. (inédit).
- Dabkowski J., Limondin-Lozouet N., Antoine P., Marca-Bell A., Andrews J.** (2011) - Enregistrement des variations climatiques au cours des interglaciaires d'après l'étude des isotopes stables de la calcite de tufs calcaires pléistocènes du nord de la France : exemple des séquences de Caours (SIM 5e ; Somme) et de La Celle (SIM 11 ; Seine-et-Marne) ». *Quaternaire*, 22(4), pp. 275-283.
- Daujeard C., Daschek E. J., Patou-Mathis M., Moncel M.-H.** (2018) - Les néandertaliens de Payre (Ardèche, France) ont-ils chassé le rhinocéros ? *Quaternaire*, 29 (3), pp. 217-231.
- Delannoy J.-J. et Geneste J.-M. (dir.)** 2020 - Monographie de la grotte Chauvet-Pont d'Arc, vol. 1 : Atlas de la grotte Chauvet-Pont d'Arc, Paris, éditions de la Maison des Sciences de l'Homme, (Documents d'archéologie française), 354 p.
- Delmas M.** (2019) - L'apport des nucléides cosmogéniques produits in situ à la quantification multi-scalaire des changements environnementaux quaternaires dans les montagnes des latitudes tempérées. Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches, Université Lumière Lyon 2, Lyon, 312 p.
- Despriée J. et Gageonnet R.** (2003) - The very high alluvial formation of early Pleistocene age in the Creuse River Valley at Eguzon (Indre) : cryoturbation patterns, prehistoric occupation sites and absolute dating. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 174, pp. 383-400.
- Despriée J., Tymula S., Rigaud A.** (2009) - Données récentes sur le magdalénien de la Garenne (Saint-Marcel, Indre). La place du Magdalénien à navettes en Europe. Actes du colloque d'Argenton-sur-cresue, 7-9 oct. 2004. *Bulletin de l'Association pour la sauvegarde du site d'Argentomagus*.
- Despriée J., Bayle G., Coutard S., Sun X., Mercier N., Courcimault G., Marquer L., Voinchet P., Bahain J.-J., Locht J.-L.** (2018) - La formation loessique du Pléistocène moyen et supérieur de la Jouanière à Bonneval, Eure-et-Loir (France) : Sédimentologie, Géochronologie, Paléoenvironnement et Préhistoire. *Quaternaire*, 29 (2), pp. 131-148.
- Despriée J., Courcimault G., Voinchet P., Puaud S., Bahain J.-J., Moreno D., Moncel M.H., Gallet X., Chantreau Y., Tissoux H., Falguères C.** (2017a) - Étude géoarchéologique du site acheuléen ancien de « La Noira » (Brinay, Cher, région Centre, France). *Quaternaire*, 28 (1), pp. 49-71.
- Despriée J., Voinchet P., Bahain J.-J., Falguères C., Lorain J.-M., Duvalard J.** (2003) - Les nappes alluviales pléistocènes du Loir dans la région de Vendôme (Loir-et-Cher, France). *Quaternaire*, 14 (4), pp. 207-218.
- Despriée J., Courcimault G., Voinchet P., Jouanneau, J.-C., Puaud, S. Abdessadok, S. Dépont, J. Duval, M. Lebon, M., Ingicco T., Moncel M.-H., Falguères C., Bahain J.-J.** (2017b) - Le site du Pléistocène inférieur de Lunery-Rosières, la terre-des-Sablons (France, région centre, Cher) : Unités sédimentaires, datations ESR, Etudes géoarchéologiques, Préhistoire. *Quaternaire*, 28, 1, pp. 5-30.
- Dewolf Y.** (1971) - Carte géomorphologique de la France au 1/50 000, Nogent-le-Roi. XXI-15 / carte et notice explicative, Paris, CNRS, 1 carte + notice explicative (32 p., 22 cm).
- Dewolf Y.** (1972) - Carte géomorphologique détaillée de la France au 1/50 000, Dreux XX-15 / carte et notice explicative, Paris, CNRS, 1 carte + une notice explicative (32 p., 22 cm).
- Dewolf Y.** (1976) - Carte géomorphologique détaillée de la France au 1/50 000, Chartres. XXI-16 / carte et notice explicative, Paris, CNRS, 1 carte + notice explicative (40 p., 22 cm).
- Djindjian F. (dir.)** (2018) - La Préhistoire de la France. Hermann, Paris, 470p.
- Dubreuilh J.** (1976) - Contribution à l'étude sédimentologique du système fluvial Dordogne - Garonne dans la région bordelaise. Les ressources en matériaux alluvionnaires du département de la Gironde. Thèse d'Univ., Bordeaux I, 273 p.
- Dubreuilh J. et Karnay G.** (1991) - Notice explicative de la carte géologique de France à 1/50 000 de Lit-et-Mixe. Carte n°923. Editions BRGM. 53 p.
- Dubreuilh J., Capdeville J.-P., Farjanel G., Karnay G., Platel J.-P., Simon-Coincon R.** (1995) - Dynamique d'un comblement continental néogène et quaternaire : l'exemple du bassin d'Aquitaine. *Géologie de la France*, 4, pp. 3-26.
- Ehlers J., Gibbard P.L., Hughes P.D.** (2011) - Quaternary Glaciations - Extent and Chronology: A Closer Look. Elsevier.
- Faivre J.-P., Maureille B., Bayle P., Crevecoeur I., Duval M., Grün R., Bémilli C., Bonilauri S., Coutard S., Bes-sou M., Limondin-Lozouet N., Cottard A., Deshayes T., Douillard A., Henaff X., Pautret-Homerville C., Kinsley L., Trinkaus E.** (2014) - Middle Pleistocene human remains from Tourville-la-Rivière (Normandy, France) and their archaeological context. *PLoS ONE*, 9 (10), doi: 10.1371/journal.pone.0104111.
- Falguères C., Shao Q., Han F., Bahain J.-J., Richard M., Perrenoud C., Moigne A.M., Lumley de H.** (2015) - New ESR and U-series dating at Caune de l'Arago, France: A key-site for European Middle Pleistocene. *Quaternary Geochronology*, 30, Part B, pp. 547-553.
- Fosse P.** (1996) - La grotte n°1 de Lunel-Viel (Hérault, France) : repaire d'hyènes du Pléistocène moyen. Etude taphonomique du matériel osseux. *Paleo*, 8, 47-81.
- Foucault A. et Raoult J.-F.** (1988) - Dictionnaire de géologie. 3e édition révisée et augmentée. Masson, 352 p.
- Gibbard P.-L., Head M.-J.** (2009) - IUGS ratification of the Quaternary System/Period and the Pleistocene Series/Epoch with a base at 2.58 Ma. *Quaternaire*, 20-4, pp. 411-412

- Guérin C., Balesio R., Beden M., Bouvier J.-M., Faure M., López Martínez N., Mallye J.-B., Mourer-Chauviré C., Mein P., Philippe M., Rage J.-C. Valli A., Vilain R.** (2002) - Conclusion générale sur la faune du Pléistocène supérieur de la grotte de Jaurens (commune de Nespouls, Corrèze, France). Cahiers scientifiques, Muséum d'Histoire Naturelle de Lyon, fasc. 1, pp. 55-66.
- Guérin C., Dewolf Y., Lautridou J.-P.** (2003) - Révision d'un site paléontologique célèbre : Saint-Prest, Chartres, France. Géobios, 36, pp. 55-82.
- Guérin G., Antoine P., Schmidt E., Goval E., Hérisson D., Jamet G., Reyss J.-L., Shao Q., Philippe A., Vibet M.-A., Bahain J.-J.** (2017) - Chronology of the Upper Pleistocene loess sequence of Havrincourt (France) and associated Palaeolithic occupations: A Bayesian approach from pedostratigraphy, OSL, radiocarbon, TL and ESR/U-series data, Quaternary Geochronology, 42, pp. 15-30.
- Hancquet C.** (2011) - Évolution des paléoenvironnements et des paléoclimats au Pléistocène moyen en Europe méridionale, d'après l'étude des faunes de micromammifères. Archéologie et Préhistoire. Université Paul Valéry - Montpellier III, 446 p.
- Hérisson D.** (2012) - Étude des comportements des premiers Néandertaliens du Nord de la France : les occupations saaliennes des gisements de Biache-Saint-Vaast et de Therdonne. Thèse de doctorat de l'Université de Lille 1, 493 p.
- Hérisson D., Airvaux J., Lenoble A., Richter D., Claud E., Primault J.** (2012) - Le gisement acheuléen de La Grande Vallée à Colombiers (Vienne, France) : stratigraphie, processus de formation, datations préliminaires et industries lithiques. Paléo, 23, pp. 137-184.
- Joly F. et Bessac-Giraudet J.** (1988) - Carte géomorphologique de la France à 1 : 1 000 000 (Quart Nord-Est). Montpellier : GIP RECLUS, collection Reclus, mode d'emploi » n°13, 22 p, 1 carte.
- Joly F., avec la coll de Bessac-Giraudet J. et Le Cordix F.** (1993) - Carte géomorphologique de la France à 1 : 1 000 000 (Quart Sud-Ouest et la Corse). Montpellier : GIP RECLUS, collection Reclus, mode d'emploi » n°20, 28 p., 1 carte.
- Joly F., avec la coll de Bessac-Giraudet J., Le Cordix F.** (1992) - Carte géomorphologique de la France à 1 : 1 000 000 (Quart Sud-Est). Montpellier : GIP RECLUS, collection (Reclus, mode d'emploi » n°19, 32 p, 1 carte.
- Joly F., Bessac-Giraudet J., Vuillecot C.** (1987) - Carte géomorphologique de la France à 1 : 1 000 000 (Quart Nord-Ouest). Montpellier : GIP RECLUS, collection Reclus, mode d'emploi » n°11, 40p, 1 carte.
- Jorda M., Julian M., Nicod J.** (1980) - Carte géomorphologique détaillée de la France au 1/50 000, Castellane / carte et notice explicative. XXX-42 Paris : CNRS 1 carte + une notice explicative (28 p., 22 cm). Jomard H., Cushing E. M., Palumbo L., Baize S., David, C., Chartier T. (2017) - Transposing an active fault database into a seismic hazard fault model for nuclear facilities – Part 1: Building a database of potentially active faults (B DFA) for metropolitan France. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 17, pp. 1573–1584.
- Julian M.** (1976) - Carte géomorphologique des Alpes maritimes franco-italiennes au 1:200 000. Paris : C.N.R.S. (E.R.A. 282), 1 map.
- Julian M.** (1977) - Une carte géomorphologique des Alpes Maritimes franco-italiennes au 1/200 000e en couleurs. Présentation succincte. In : Méditerranée, deuxième série, tome 28, 1-1977, pp. 45-53.
- Kaiser T.M., Croitor R.** (2004) - Ecological interpretations of early Pleistocene deer (Mammalia, Cervidae) from Ceysseguet (Haute-Loire, France). GEODIVERSITAS 26(4), pp. 661-674.
- Koehler H., Diemer S., Moine O., Wuscher P.** (2020) - Nouvel essai de synthèse sur le Paléolithique moyen alsacien. Revue archéologique de l'Est, Tome 69, pp. 19-50.
- Labeyrie J.** (2006) - Paléoclimats et mécanismes climatiques. C. R. Palevol 5, pp. 27–34.
- Lacquement F., Prognon F., Prognon C., Courbouleix S., Quesnel F., Karnay G., Thomas E. avec la collaboration de Quinquis J.P., Martin P., Rambourg D., Le Bret P.** (2010) - Etat des lieux de la connaissance cartographique du régolithe du régolithe de la France métropolitaine à 1/1 000 000. Rapport final, BRGM, RP-57932-FR, 50p.
- Le Bret P., Campy M., Coutard J.-P., Fomiguet j., Isambert M, Lautridou J.-P., Laville P., Macaire J.J., Ménillet F., Meyer R.** (1993) - Cartographie des formations superficielles. Réactualisation des principes de représentation à 1/50 000. Géologie de la France, 4, pp. 39-54.
- Lhomme V., Connet N., Chaussé C., Bémilli C., Bahain J.-J., Voinchet P.** (2004) - Les sites et les industries du Paléolithique inférieur, moyen, supérieur dans la basse vallée de l'Yonne dans leur contexte chronostratigraphique. Bilan de 10 ans d'activité archéologique pluridisciplinaire dans le sud-est du Bassin de parisien. Bulletin de la Société préhistorique française, 101 (4), pp. 701-739.
- Limondin-Lozouet N., Nicoud E., Antoine P., Auguste P., Bahain J.-J., Dabkowski J., Dupéron J., Dupéron M., Falguères C., Ghaleb B., Jolly-Saad M.C., Mercier N.** (2010) - Oldest Acheulean evidence in the Upper Seine valley (France) from an MIS 11 tufa at La Celle. Quaternary International, 223-224, pp. 299-311.
- Locht J.-L., Antoine P., Bahain J.-J., Dwirila G., Raymond P., Limondin-Lozouet N., Gauthier A., Debenham N., Frechen M., Rousseau D. D., Hatté C., Haesaerts P., Metsdagh H.** (2003) - Le gisement paléolithique moyen et les séquences pléistocènes de Villiers-Adam (Val-d'Oise) : chronostratigraphie, environnement et implantations humaines. In : Gallia Préhistoire, 45, pp. 1-111.
- Lumley de H.** (dir.) (2009) - Terra Amata, Nice, Alpes-Maritimes, France. TOME 1. CNRS édition. 488 p.
- Moncel M.-H., Moigne A.-M., Combier J.** (2012) - Towards the Middle Palaeolithic in Western Europe: The case of Orgnac 3 (southeastern France). Journal of Human Evolution, 63 (5), pp. 653-666.
- Monnier J.-L., Falguères C., Laurent M., Bahain J.-J., Morzadec-Kerfourn M.-T., Simonet P.** (1995) - Analyse des données anciennes et contributions nouvelles à la connaissance et à la datation du gisement moustérien de Mont-Dol (Ille-et-Vilaine). In : Baie du Mont-Saint-Michel et Marais de Dol, milieux naturels et peuplements dans le passé (L. Langouët et M.T. Morzadec-Kerfourn, dir.), Les Dossiers du Centre régional d'Archéologie d'Alet, Saint-Malo, suppl. R, pp. 3-26.

- Monnier J.-L., Hallégouët B., Hinguant S., Van Vliet-Lanoë B., Falguères Ch., Laurent M., Bahain J.-J., Marguerie D., Mercier N., Geigl E., Molines N.** (1996) - Menez Dregan (Plouhinec, Finistère) et le Paléolithique inférieur à l'ouest de la France. In : Actes du XIIIe Congrès UISPP, Facchini F., Palma di Cesnola A., Piperno M. et Peretto C., (Éds.). Forlì, ABA-CO éd., vol. 2 - Lower and Middle Palaeolithic, pp. 99–108.
- Moullé P.E., Lacombat F., Echassoux A.** (2016) - Apport des grands mammifères de la grotte du Vallonet (Roquebrune-Cap-Martin, Alpes-Maritimes, France) à la connaissance du cadre biochronologique de la seconde moitié du Pléistocène inférieur d'Europe, *L'Anthropologie*, 110 (5), pp. 837-849.
- Nicod J.** (1974) - Carte géomorphologique des Massifs de l'Oserot et de la Tête de Moïse. Carte à 1/25 000, Paris, CNRS.
- Nicod J.** (1978) - Phénomènes glacio-karstiques et nivo-karstiques sur la carte géomorphologique du Dévoluy méridional, plateaux de Bure et d'Aurouze. *Revue de géographie alpine*, 66, 2, pp. 149-165.
- Nomade S., Pastre J.F., Guillou H., Faure M., Guérin, C. Delson E., Debard E., Voinchet P., Messenger E.** (2014) - 40Ar/39Ar constraints on some French landmark Late Pliocene to Early Pleistocene large mammalian paleofaunas: Paleoenvironmental and paleoecological implications. *Quaternary Geochronology*, 21, pp. 2-15.
- Palacio P.** (2015) - Analyse métagénomique d'échantillons de carnivores du Pléistocène supérieur et de leur alimentation. *Biologie moléculaire*. Thèse de doctorat de l'Université Paris-Saclay.
- Philippe M.** (1975). La faune wurmienne du gisement paléontologique de Siréjol à Gignac (Lot). In: Comptes rendus d'activités annuelles. Association régionale pour le développement des recherches de paléontologie et de préhistoire et des Amis du Muséum, tome 13, pp. 55-59.
- Penck A. et Brückner E.** (1909) - Die alpen im eiszeitalter. Chr. Herm Tauchnitz, Leipzig, 1199 p.
- Platel J.-P.** (1992) - Carte géologique France (1/50 000), feuille Belin (926) - Orléans : Bureau de recherches géologiques et minières. Notice explicative par Platel J.-P. (1992), 66 p.
- Ravon A.-L., Garcia-Medrano P., Moncel M.-H., Ashto, N.** (2021) - Acheulean variability in Western Europe: The case of Menez-Dregan I (Plouhinec, Finistère, France). *Journal of Human Evolution*, 162, (1–2).
- Reille M., Beaulieu J.-L. de, Svobodova H., Andrieu-Ponel V., Goeury C.** (2000) - Pollen analytical biostratigraphy of the last five climatic cycles from a long continental sequence from the Velay region (Massif Central, France). *Journal of Quaternary Sciences*, 15, pp. 665-685.
- Rousseau D.D., Hatte Ch., Guiot J., Duzera D., Schevina P., Kukla G.** (2006) - Reconstruction of the Grande Pile Eemian using inverse modeling of biomes and 13C. *Quaternary Science Reviews*, 25, pp. 2806–2819.
- Rousseau D.D., Zöller L., Valet J.** (1998) - Late Pleistocene Climatic Variations at Achenheim, France, Based on a Magnetic Susceptibility and TL Chronology of Loess. *Quaternary Research*, 49, 3, pp. 255-263.
- Saos T., Djerrab A., Defleur A.** (2014) - Étude stratigraphique, sédimentologique et magnétique des dépôts Pléistocène moyen et supérieur de la Baume Moula-Guercy (Soyons, Ardèche). *Quaternaire*, 25, pp. 237-251.
- Seggaa A., Abdessadok S., Laafar S.** (2012) - Étude géoarchéologique du remplissage quaternaire de la grotte du Vallonet (Roquebrune-Cap-Martin, Alpes-Maritimes, France). *Quaternaire*, 23 (3), pp. 261-275.
- Sommé J.** (1980) - Nord de la France, Géomorphologie, Formations superficielles, *Quaternaire*. Carte à 1/200 000 en couleurs, 2 feuilles. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris.
- Tissoux H., Ricordel-Prognon C, Prognon F., Lacquement F., Quinquis J.P., Bertran P., Despriée J** (2016) - présentation de la carte au million du Quaternaire de la France. Colloque Quaternaire Q10 : Quoi de neuf sous le soleil (Bordeaux). 16 - 18 février 2016
- Tissoux H., Ricordel-Prognon C., Prognon F., Lacquement F., Bertran P., Bosq M., Despriée J. avec la collaboration de C. Daujeard, E. Crégut, J-J Bahain, P. Antoine, Réalisation cartographique : Hertout A., Berthier H., Quinquis J.-P.** (2020) - Carte au millionième du Quaternaire de la France métropolitaine. BRGM, Orléans.
- Tourenq J. (1989) - Les sables et argiles du Bourbonnais (Massif Central, France) : une formation fluvio-lacustre d'âge pliocène supérieur: étude minéralogique, sédimentologique et stratigraphique. Thèse de Doctorat, Université Paris 6 Pierre et Marie Curie, Paris, 333 p.
- Uzunidis A., Antoine P.-O., Brugal J.-P.** (2022) - A Middle Pleistocene *Coelodonta antiquitatis praecursor* Guérin (1980) (Mammalia, Perissodactyla) from Les Rameaux, SW France, and a revised phylogeny of *Coelodonta* Bronn, 1831. *Quaternary Science Reviews*, 288, 107594.
- Valensi P., Crégut-Bonnoure E., Defleur A.** (2012) - Archaeozoological data from the Mousterian level from Moula-Guercy (Ardèche, France) bearing cannibalised Neanderthal remains. *Quaternary International*, 252, pp. 48-55.
- Valensi P., Michel V., El Guennouni K., Liouville M.** (2013) - New data on human behavior from a 160,000 year old Acheulean occupation level at Lazaret cave, south-east France: An archaeozoological approach. *Quaternary International*, 316, pp. 123-139
- Valladas H., Quiles A., Delque-Kolic M. Kaltnecker, E. Moreau, C. Pons-Branchu E., Vanrell L., Olive M., Delestre X.** (2017) - Radiocarbon Dating of the Decorated Cosquer Cave (France). *Radiocarbon*, 59, 2, pp. 621-633.
- Van Vliet-Lanoë B., Pissart A., Baize, S. Brulhet, J., Ego F.** (2019) - Evidence of multiple thermokarst events in northeastern France and southern Belgium during the two last glaciations. A discussion on 'Features caused by ground ice growth and decay in Late Pleistocene fluvial deposits, Paris basin, France. *Geomorphology*, 327, pp. 613-628.
- Veres D., Wohlfarth B., Andrieu-Ponel V., Björck S., de Beaulieu J-L et al.** (2007) - The lithostratigraphy of the Les Echets basin, France: tentative correlation between cores. *Boreas*, 36, 3, pp. 326-340
- Vialou D.** (2015) - Éguzon-Chantôme - Fressignes. Notice archéologique, ADLFI. Archéologie de la France - Informations [En ligne], Centre-Val de Loire.