



HAL
open science

Le gisement de méga-fossiles ligneux de Bourret (moyenne vallée de la Garonne) : processus de formation et signification climatique

Jean-Michel Carozza, Laurent Carozza, Philippe Valette, Muriel Llubes,
Mélodie David, Vanessa Py, Laurie Ferdinand, Laurent Sévègnes

► To cite this version:

Jean-Michel Carozza, Laurent Carozza, Philippe Valette, Muriel Llubes, Mélodie David, et al.. Le gisement de méga-fossiles ligneux de Bourret (moyenne vallée de la Garonne) : processus de formation et signification climatique. *Quaternaire*, 2015, 26 (4), pp.325-335. hal-01243202

HAL Id: hal-01243202

<https://hal.science/hal-01243202v1>

Submitted on 7 Jun 2016

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

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

LE GISEMENT DE MÉGAFOSILES LIGNEUX DE BOURRET (MOYENNE VALLÉE DE LA GARONNE) : PROCESSUS DE FORMATION ET SIGNIFICATION CLIMATIQUE



Jean-Michel CAROZZA^{1,2}, Laurent CAROZZA¹, Philippe VALETTE¹,
Muriel LLUBES³, Mélodie DAVID¹, Vanessa PY-SARAGALIA¹,
Laurie FERDINAND¹ & Laurent SÉVÈGNES⁴

RÉSUMÉ

Le gisement de mégafossiles ligneux de Bourret est le plus important identifié à ce jour en vallée de Garonne. La datation ¹⁴C de 8 des 17 troncs subfossiles de *Quercus* extraits s'échelonne entre 8 300 et 4 200 ans cal. BP. Elles attestent du caractère partiellement remanié du gisement. Certains de ces bois ont subi une ou des phases de stockage temporaire d'une durée comprise entre 4 100 et 1 000 ans avant d'être incorporés définitivement dans la basse plaine. Les bois les plus anciens ont donc connu une histoire complexe comportant une phase d'injection dans le chenal, de stockage dans des unités intermédiaires, puis une érosion et une nouvelle phase de dépôt avec la charge de fond. Les bois les plus jeunes résultent quant à eux d'une injection directe depuis la ripisylve dans le système fluvial. L'agrégation des dates obtenues sur ce site et sur les sites découverts antérieurement s'organisent en 3 agrégats (env. 8 200, 5 200 et 4 200 ans cal. BP). Ceci suggère que l'injection des bois dans le système fluvial est liée à des phases de forte activité hydrosédimentaire. Le synchronisme avec les *Rapid Climate Changes* (RCC) suggère un contrôle climatique sur ce processus, ce qui nous amène à proposer un schéma conceptuel de formation des gisements de bois fossiles.

Mots-clés : bois subfossiles, *Quercus*, Garonne, RCC, Holocène, taphonomie

ABSTRACT

THE WOOD MEGAFOSSIL SITE OF BOURRET (MIDDLE GARONNE VALLEY): FORMATION PROCESSES AND CLIMATIC SIGNIFICANCE

The buried subfossil trees of Bourret are the most important deposit discovered in the Garonne valley. Radiocarbon datings of 8 of the 17 tree trunks range from 8,300 to 4,200 cal. years BP. They attest the partially reworked character of the deposits. Some of these trunks have experienced one or more phase of storage ranging from more than 4,000 to 1,000 years before they were definitively buried into the floodplain. The history of the oldest subfossil trees is the most complex. After they reach the river channel, they were stored into temporal deposits. Then erosion occurred and they were removed and transported with bedload to their definitive place. The younger subfossil tree trunks were directly bring from the riparian forest to the river channel and then stored. The radiocarbon dates distributed into three clusters around 8,200, 5,200 and 4,200 cal. years BP synchronous with Rapid Climate Changes (RCC) suggest a possible climatic control (i.e.) on the deposit formation process, which lead us to propose a theoretical model of subfossil tree deposit formation.

Keywords: subfossil tree trunks, *Quercus*, Garonne river, RCC, Holocene, taphonomy

1 - INTRODUCTION

Les mégafossiles ligneux constituent des archives paléo-écologiques, géomorphologiques et géologiques de première importance (Arseneault & Filion, 2001 ; Cubizolle, 2009). Les gisements des tourbières boréales ou d'altitude (Arseneault & Payette, 1997), des petits bassins-versants torrentiels (Miramont *et al.*, 2004) ou

morainiques (Le Roy, 2012) ont été largement exploités dans un optique paléo-écologique et/ou géomorphologique. Dans les archives alluviales des grandes vallées, la présence de ces bois subfossiles a également été signalée de longue date (Coupé, 1809). Ils ont fait l'objet d'études systématiques notamment sur certains grands cours d'eau d'Europe centrale : Danube (Becker, 1975), Vistule (Kalicki & Krapiec, 1995), Warta (Dzieduszynska &

¹ Université de Strasbourg, Faculté de Géographie, 3 rue de l'Argonne, FR-67000 STRASBOURG. *Courriel* : carozza@unistra.fr

² GEODE – UMR 5602 CNRS-UTM, Maison de la Recherche, 5 allée Antonio Machado, FR-31058 TOULOUSE cedex.

Courriels : laurent.carozza@univ-tlse2.fr, valette@univ-tlse2.fr, melodie.david@etu.univ-tlse2.fr, vpy@univ-tlse2.fr, laurie.ferdinand@hotmail.fr

³ GET – UMR 5563 CNRS-UPS, 14 avenue Édouard Belin, FR-31400 TOULOUSE. *Courriel* : muriel.llubes@get.obs-mip.fr

⁴ Service Régional de l'Archéologie de Midi-Pyrénées – Ministère de la Culture, 32 rue de la Dalbade, BP 811, FR-31080 TOULOUSE cedex 6. *Courriel* : laurent.seveignes@culture.gouv.fr

Petera-Zganiacz, 2012), Morava (Kadlec *et al.*, 2009, Kolář & Ribniček, 2011), Rhin moyen (Striedter, 1988). Ces troncs subfossiles livrent des informations propres (appartenance spécifique, âge, courbes de croissance ; Payette & Filion, 2010) ou sur l'histoire de la végétation (Astrade & Miramont, 2010). En outre, ces bois présentent un très bon état de préservation de leur structure cellulaire et sont souvent utilisés pour construire des courbes de référence (dendrochronologique et/ou dendroclimatique) ou la génétique des populations (Kremer *et al.*, 2002). En France, à l'exception notable des travaux de Striedler (1988) sur le Rhin ou de ceux encore en grande partie inédits de Tegel (2003) sur l'est de la France (Meuse, Moselle, Rhin), il n'existe pas de travaux analogues de collecte et d'étude systématique des bois alluviaux dans les grandes vallées fluviales. La mention et l'étude de ces bois subfossiles sont donc principalement ponctuelles, liées à des découvertes fortuites sur des coupes naturelles (Marzezy, 1999), lors de la construction d'infrastructures (Lambert *et al.*, 1980), d'opérations archéologiques (Desbat & Lascroux, 1999 ; Salvador, 1999) et surtout de l'exploitation des gravières (Bravard, 1983, 1987).

Les troncs subfossiles peuvent être isolés mais constituent généralement des gisements de plusieurs individus. Ils sont fréquemment collectés hors de leur contexte sédimentaire par les exploitants des gravières et leur contexte alluvial est rarement connu avec précision (Edouard *et al.*, 2002), ce qui limite leur intérêt en terme chronostratigraphique. Il s'agit là d'une première limitation en vue d'une utilisation pour dater les formations alluviales à l'échelle de la station. Aussi le plus souvent, l'exploitation de ces données est réalisée à l'échelle des vallées dans leur ensemble ou de vastes tronçons de vallées fluviales par la construction de courbes de fréquence d'accumulation de troncs qui sont mis en relation avec les phases d'édification de la plaine alluviale (e.g. Striedter, 1988 pour le Rhin). Cependant, la relation entre datation des bois et datation des formations alluviales pourrait être plus complexe et nécessite une bonne compréhension du processus de formation des gisements d'une part et du contexte géomorphologique de ces gisements d'autre part. L'étude des modes de gisement et des contextes sédimentaires de ces bois est très rarement menée. Il existe toutefois des exceptions notables comme le cas de la gravière du Duzillet en Suisse (Schoeneich, 1999) mais ce gisement de bois subfossiles formé sur la très longue durée est associé à un environnement de type fluvio-deltaïque lacustre.

Les datations radiocarbone et dendrochronologiques ont montré la complexité de ces gisements. Initialement attribués à des événements catastrophiques uniques (Becker, 1972 ; Ralska-Jasiewiczowa & Starkel, 1975), la multiplication des datations a démontré que tous les individus n'étaient pas toujours contemporains à l'échelle d'un tronçon de vallée ou même d'un gisement. De ce fait, il est difficile d'utiliser les mégafossiles ligneux pour dater directement les formations alluviales qui les renferment, notamment lorsqu'on dispose d'une datation isolée. En Allemagne, les *Haupthorizonte* ou *Rannen* ont

été interprétés comme le résultat de phases d'intensification de l'activité fluviale et de la formation de terrasses et les courbes d'accumulation des bois subfossiles ont ainsi été directement mises en relation avec la formation de terrasses alluviales. Cependant là également, il est nécessaire de faire la différence entre l'âge des troncs subfossiles et l'âge des formations sédimentaires qui les renferment. Ainsi, Kalicki et Krapiec (1995) ont montré que si certains gisements de la rivière Morava devaient être considérés comme remaniés, tous ne l'étaient pas.

L'étude de ces mégafossiles ligneux est cependant d'un intérêt particulier car il est un des rares moyens de mettre en évidence de manière certaine l'existence de phases de remaniement de formations anciennes (i.e. processus de cannibalisation des formations alluviales) par la dynamique fluviale. Toutefois, s'ils permettent d'appréhender la dimension temporelle de ce stockage intermédiaire (temps de résidence des mégafossiles ligneux entre l'injection dans le cours d'eau et leur fossilisation définitive), ils ne permettent pas d'en apprécier la dimension spatiale (transit).

Si l'injection des mégafossiles ligneux dans le système fluvial constitue un premier élément à prendre en considération, leur taphonomie constitue un second aspect. Il est admis que la préservation sur le temps long des bois nécessite une stabilité des conditions de gisement. En particulier le maintien dans des conditions anaérobies et immergées est un point clé. Il suppose un niveau de l'aquifère relativement stable. Toutefois, même en contexte immergé, des dégradations principalement d'origine bactérienne fragilisent la structure cellulaire du bois qui reste constituée de lignine résiduelle instable (Blanchette, 1995). La disponibilité en oxygène est un facteur de premier ordre dans ce processus de dégradation et est fortement corrélée avec la profondeur d'enfouissement des bois (Björdal *et al.*, 2000) et la vitesse de circulation des eaux. Les bois les plus profondément enfouis présentent donc de ce fait le plus fort potentiel de préservation sur le temps long. Les bois lourds (essences à bois dense et/ou vieux bois gorgés d'eau), transportés avec la charge de fond, ont donc une plus grande chance de conservation et de transmission que des bois légers ou jeunes flottés. D'autre part, les évolutions rapides de la morphologie du chenal, notamment par incision, sont peu favorables à la préservation des bois car elles impliquent un rabattement au moins partiel de l'aquifère qui peut conduire à une oxydation partielle ou totale des bois.

Dans la vallée de la Garonne, malgré une intense activité d'exploitation de granulats aussi bien en lit mineur jusque dans les années 1990 qu'en lit majeur aujourd'hui, les mentions de découvertes de mégafossiles ligneux restent rares (fig. 1 ; Carozza *et al.*, 2014). Les découvertes anciennes concernent le Tardiglaciaire alors que les découvertes récentes couvrent l'Holocène. La plus ancienne mention est la découverte de troncs subfossiles de *Pinus* sp. lors du creusement du canal de refroidissement de la centrale nucléaire de Golfech. (Rieucou, 1971 ; Icole & Rieucou, 1976). Les deux troncs datés sur ce site présentent un âge compris entre le Dryas récent et le Préboréal (10 665-10 150 et 10 370-9 545 ans cal. BP,

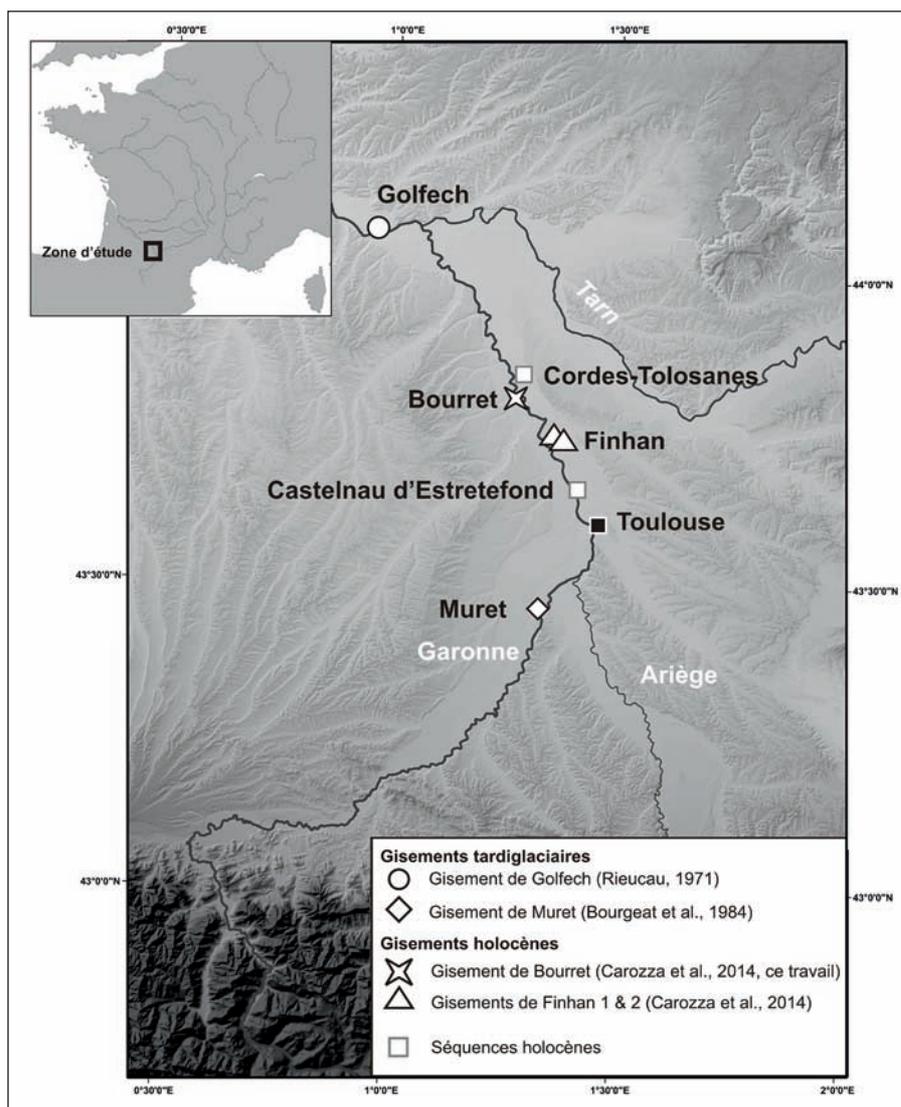


Fig. 1 : Carte de localisation du gisement de bois fossiles de Bourret et des séquences citées dans le texte.
 Fig. 1: Location map of the fossil wood deposits at Bourret and sequences cited in text.

dates calibrées par nos soins avec Calib 7.1, courbe de calibration IntCal04). En amont de Toulouse, la gravière de Muret a quant à elle livré les bois les plus anciens découverts à ce jour en Garonne (Bourgeat *et al.*, 1984 ; 11 595-10 790 et 11 196-9 959 ans cal. BP, recalibrées par nos soins), attribués au Dryas moyen. Ils n'ont pas fait l'objet d'une détermination spécifique. Les gisements holocènes de la vallée de la Garonne se localisent dans son cours médian. A Finhan, deux gravières ont livré des troncs de *Quercus* sp. La gravière du camp de la Motte a livré un seul individu qui a été daté 3 210-2 890 ans cal. BP (Carozza *et al.*, 2014). Dans la gravière du Clos de l'îlot située 800 m au nord, un ensemble de six troncs subfossiles ont été découverts et étudiés (Szepertyski, 1992). L'étude dendrochronologique a permis la synchronisation de cinq arbres dont les âges de mort sont estimés entre 9 470 et 9 296 ans cal. BP. Le dernier arbre n'a pu être synchronisé et est probablement plus récent. Récemment, la découverte d'un important gisement sur la commune de Bourret (Carozza *et al.*, 2014) a permis

d'élargir ce corpus. 17 troncs subfossiles de *Quercus* sp. ont été prélevés et leur contexte sédimentaire analysé.

Dans ce travail, nous proposons, à partir du gisement de Bourret, d'analyser d'une part le mode de constitution des gisements et d'autre part le rôle possible de la variabilité hydro-climatique comme un des facteurs clés de la formation des gisements de mégafossiles ligneux.

2 - SITE D'ÉTUDE

La Garonne est le quatrième fleuve français par la surface de son bassin versant (55 000 km²) et sa longueur (647 km). Son tracé a été découpé en segments homogènes d'un point de vue hydro-géomorphologique (Lambert, 1989 ; Valette, 2002). La Moyenne Garonne toulousaine où se localise la gravière de Bourret, correspond au tronçon compris entre les confluences de l'Ariège au sud et du Tarn au nord et s'étend sur une longueur de près de 80 km de long. Ce segment est caractérisé à l'échelle de

la vallée par (1) un changement de direction de l'écoulement qui passe d'un tracé N-S à un tracé NW-SE et (2) une migration de l'érosion enregistrée sur le long terme par la préservation des terrasses alluviales. Celles-ci sont localisées en amont en rive droite alors qu'elles sont localisées en rive gauche en aval. A l'échelle de la plaine, ce segment montre (1) un encaissement faible du chenal dans la plaine alluviale, (2) un élargissement de la plaine inondable qui est comprise entre 2 et 4,5 km et (3) le maintien d'une pente longitudinale forte, supérieure à $0,6 \text{ m.km}^{-1}$. D'un point de vue hydrologique, en l'absence de confluences majeures, ce segment est caractérisé par l'homogénéité de son fonctionnement. Le module est de $189 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ à la station de Toulouse-Portet-sur-Garonne en amont du tronçon et de $193 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ à la station de Verdun-sur-Garonne en partie médiane. Le régime des crues de ce tronçon est dominé par les occurrences dites océaniques pyrénéennes (précipitations généralisées d'ouest associées à une fonte partielle du manteau nival ; Pardé, 1935 ; Lambert, 1989) qui ont généré des débits de l'ordre de $8\,500 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ lors de la crue de 1875. Les crues méditerranéennes ne concernent que l'est du bassin-versant (Ariège) et sont plus limitées quant à leurs effets sur la Moyenne Garonne.

Le site de la gravière de Bourret est localisé en position médiane dans le segment de la Moyenne Garonne toulousaine, 54 km en aval de la confluence de l'Ariège. La basse plaine, qui correspond à l'espace inondable de l'enveloppe de la crue de 1875, est large de près de 2,8 km au droit du site (fig. 2). Elle couvre l'ensemble de la plaine comprise entre le versant ouest, entaillé dans la molasse aquitano-stampienne (g3-2) et coiffée par la terrasse « rissienne » (Fx), qui forme un versant raide de 70 m, et le talus de terrasse « würmien » (Fy) à l'est qui domine la plaine d'une dizaine de mètres. La plaine a été divisée en deux unités sur la base de son fonction-

nement hydrologique actuel (Fz2 et Fz3 ; Cavallé *et al.*, 2001), mais sa géomorphologie est en réalité plus complexe. L'unité supérieure, localisée à l'est de la plaine et dénommée Fz2, correspond à l'espace inondé de manière exceptionnelle. Au niveau du transect étudié, son altitude est légèrement supérieure à 84 m NGF. Elle présente des paléoflèches fluviales méandriforme faiblement incisées ($< 1 \text{ m}$) identifiables par carto-interprétation et sur le MNT Lidar. L'unité inférieure Fz3 où est localisée la gravière de Bourret est en fait une unité hétérogène. Sa partie ouest, exploitée par la gravière de Bourret est caractérisée par la présence de paléoflèches fluviales plus marquées dans le paysage ($> 1 \text{ m}$) et plus denses. Sa partie est, située légèrement en contrebas de l'unité précédente, est surtout marquée par la présence de formes fluviales dont l'activité est attestée au cours de la période historique (XVIII^e-XX^e s., fig. 3).

3 - STRATIGRAPHIE DU GISEMENT DE BOURRET ET DATATIONS DES BOIS

Les bois subfossiles ont été extraits de la gravière par l'exploitant. Leur localisation individuelle exacte et leur position de gisement ne sont pas connues. Par contre leur profondeur d'extraction est bien documentée et se situe pour les 17 individus entre 6 et 9 m sous la surface actuelle. Le niveau alluvial fossilifère n'est pas observable directement en raison de la présence de l'aquifère. Les rares données géotechniques indiquent que ces bois occupent la base de la séquence conglomératique, qui est ici épaisse de 3 à 6 m (fig. 2). Cette séquence grossière est recouverte par une formation sableuse à limono-sableuse à base irrégulière. Elle montre clairement une organisation en chenaux plus ou moins symétriques, d'une profondeur de 1,5 à 3,5 m. Une coupe localisée sur

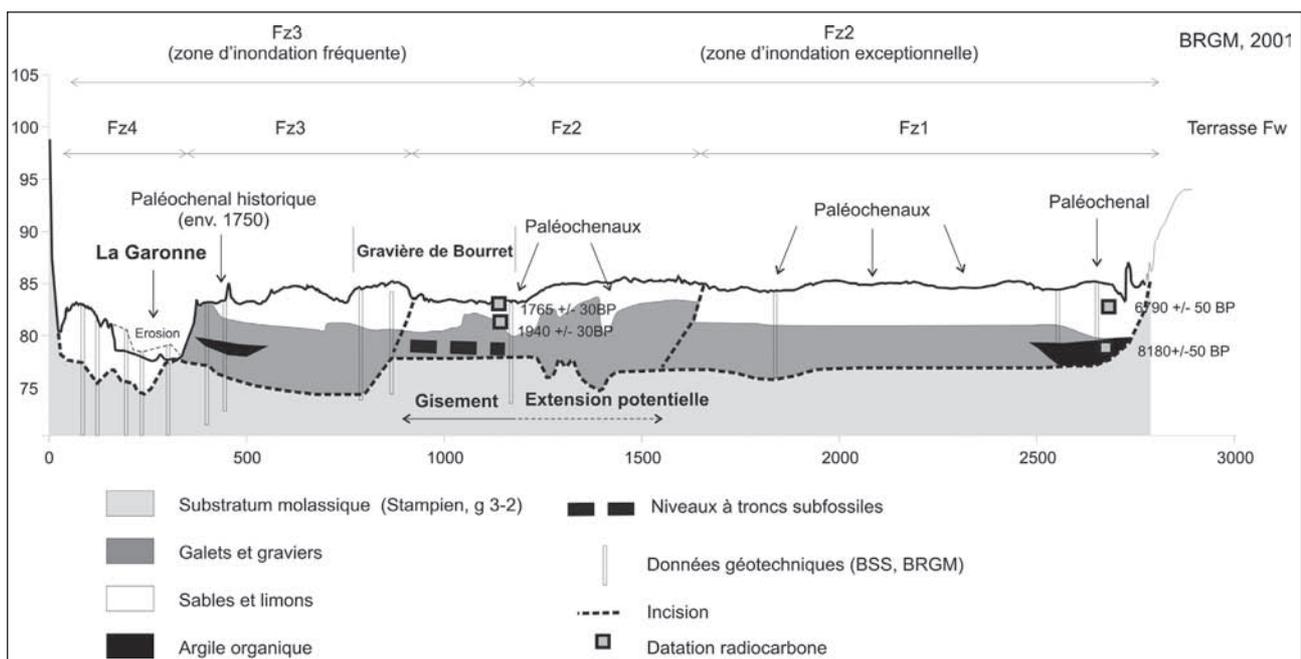


Fig. 2 : Organisation stratigraphique de la plaine de la Garonne à Bourret.
Fig. 2: Stratigraphical organisation of the Garonne plaine at Bourret.

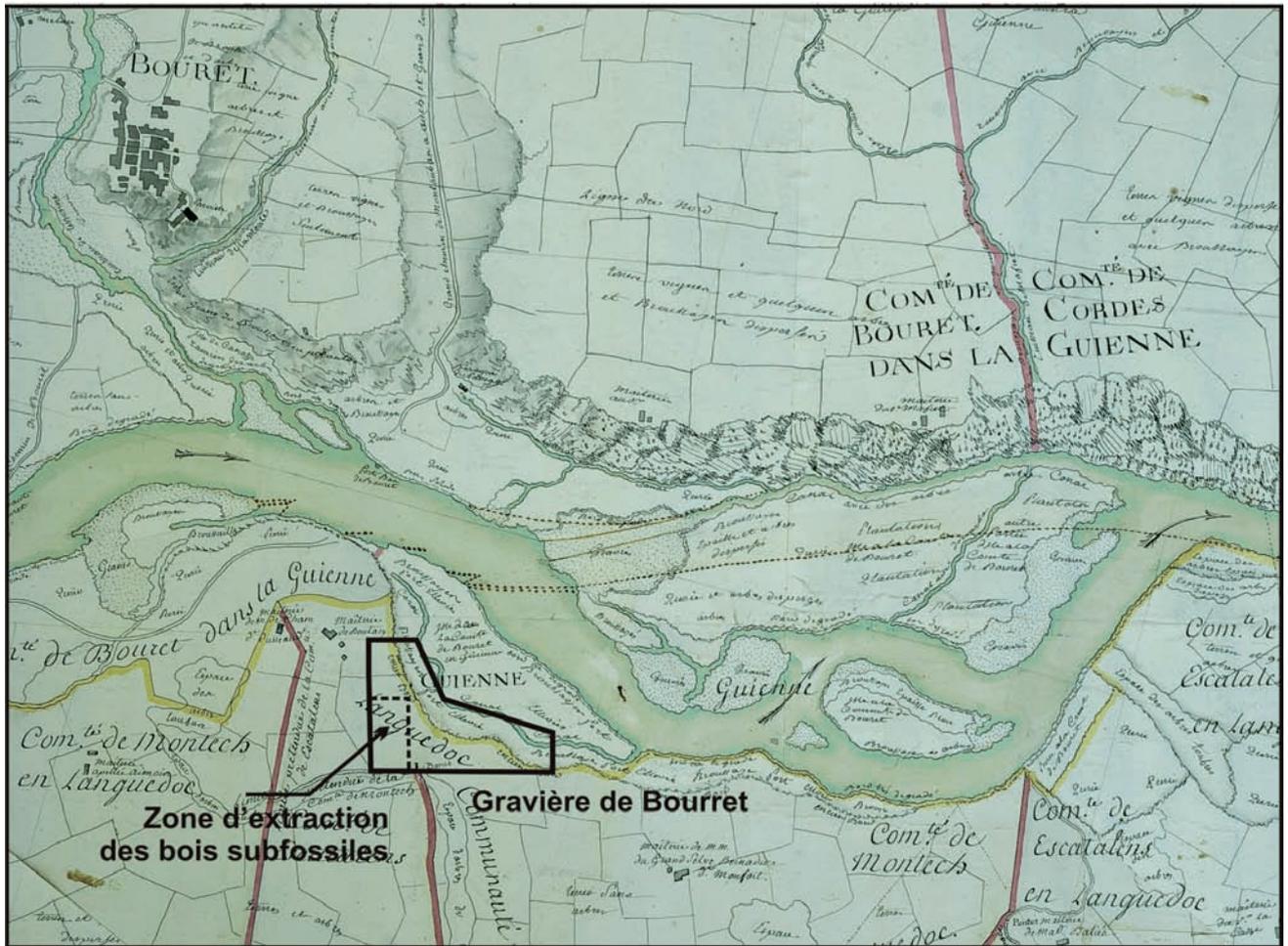


Fig. 3 : Extrait de la carte anonyme de 1750 et position de la gravière de Bourret.
 Fig. 3: Extract from an anonymous map of 1750 and location of the Bourret gravel pit.

la berme est de la gravière a permis de dater le début de la mise en place de cette séquence du début du 1^{er} millénaire (Carozza *et al.*, 2014). Cette attribution est confortée par la présence de fragments de *tegulae* dans ces niveaux. Toutefois, la stratigraphie de la gravière dans son ensemble est plus complexe puisque la partie ouest a livré des artefacts plus récents notamment plusieurs fragments de brique moderne et de céramique vernissée. L'âge plus jeune de cette partie du remplissage est confirmé par un plan anonyme de ce secteur de la Garonne daté entre 1750 et 1770 (fig. 3). Après géoréférencement, celui-ci indique clairement (1) la position plus à l'est du tracé de la Garonne durant la seconde moitié du XVIII^e s., (2) l'existence d'un talus incisé limitant les alluvions modernes de la terrasse historique souligné par le trait jaune sur la

carte et (3) la persistance du drainage des paléochenaux sur cette unité historique. Toutefois, cette incision n'a pas pu être identifiée sur le terrain ou sur le MNT Lidar.

Par ailleurs, l'unité renfermant les bois est limitée à l'est par une unité morphologiquement distincte, montrant la présence de nombreux chenaux faiblement incisés (< 1 m), larges d'une centaine de mètres et rectilignes. Le chenal le plus oriental, localisé en bordure du talus de terrasse Fy se suit sur une distance de plusieurs kilomètres. Un carottage réalisé dans cette même paléoforme en aval de la zone d'étude, au niveau de Saint-Porquier, a livré deux dates : env. 9 300-9 000 ans cal. BP à la base et 7 700-7 500 ans cal. BP au sommet (fig. 2 et tab. 1).

Les bois subfossiles ont quant à eux livré des âges très hétérogènes (tab. 2) qui s'agrègent en trois groupes.

Site	Matériel	Numéro laboratoire	Âge BP	Âge en années cal. BP
Saint-Porquier - RAN 1	Fragment bois	Beta-281412	6 790 ± 50	7 690-7 570
Saint-Porquier - RAN 2	Charbon	Poz-42116	300 ± 30	460-290
Saint-Porquier - RAN3	Fragment de bois	Poz-42117	8 180 ± 40	9 270-9 020

Tab. 1 : Datations ¹⁴C des séquences alluviales de Saint-Porquier - Nord de la Moyenne Garonne.

Datations calibrées à 2σ à l'aide du logiciel Calib 7.1, courbe IntCal04.

La date RAN2 a été rejetée car incohérente avec les données stratigraphiques et palynologiques.

Tab. 1: ¹⁴C datings of the alluvial sequences of Saint-Porquier - North of the Middle Garonne. Ages calibrated at 2σ with Calib 7.1 software, using curve IntCal04. Ages have been obtained from wood fragments and charcoals.

Site	Matériel	Numéro laboratoire	Âge BP	Âge en années cal. BP
Bourret – Branche 1	Branche de <i>Quercus</i>	Beta-282416	7 380 ± 40	8 320-8 070
Bourret – Arbre 1	Tronc de <i>Quercus</i>	Poz-45829	3 760 ± 35	4 237-3 990
Bourret – Arbre 2	Tronc de <i>Quercus</i>	Poz-45830	4 725 ± 35	5 583-5 325
Bourret – Arbre 3	Tronc de <i>Quercus</i>	Poz-45831	3 745 ± 35	4 229-3 984
Bourret – Arbre 4	Tronc de <i>Quercus</i>	Poz-45833	4 725 ± 35	5 583-5 325
Bourret – Arbre 5	Tronc de <i>Quercus</i>	Beta-324046	4 670 ± 40	5 580-5 310
Bourret – Arbre 6	Tronc de <i>Quercus</i>	Beta-324047	3 790 ± 30	4 240-4 090
Bourret – Arbre 7	Tronc de <i>Quercus</i>	Beta-324048	4 620 ± 30	5 450-5 300
Bourret – Coupe	Charbon indéterminé	Poz-42110	1 940 ± 30	1 822-1 967
Bourret – Coupe	Charbon indéterminé	Poz-42109	1 765 ± 30	1 570-1 811

Tab. 2 : Table des datations radiocarbones des bois et de la séquence alluviale de la gravière de Bourret.

Datations calibrées à 2σ à l'aide du logiciel Calib 7.1, courbe IntCal04.

Tab. 2: Radiocarbon dating table of woods and of the alluvial sequence of the Bourret gravel pit. Ages calibrated at 2σ with Calib 7.1 software, using curve IntCal04. Ages have been obtained from branches, trunks and undetermined charcoals.

La datation la plus ancienne a été obtenue sur un fragment de branche de taille métrique qui a donné un âge 8 320-8 070 ans cal. BP et constitue un individu isolé. Les arbres 2, 4, 5 et 7 forment un ensemble cohérent autour de 5 580 et 5 300 ans cal. BP. Enfin, un second groupe de dates est obtenu pour les arbres 1, 3 et 6. Il se centre autour de 4 200-3 980 ans cal. BP. Les différents mégafossiles ligneux du gisement de Bourret montrent donc un diachronisme prononcé sur plus de 4 000 ans, ce qui indique que le mode de formation du gisement implique des phases de stockage et de déstockage des éléments ligneux.

4 - MODÈLE DE FORMATION ET D'ÉVOLUTION DU GISEMENT : ÉLÉMENTS DE DISCUSSION

4.1 - FORMATION DU GISEMENT DE BOURRET

L'analyse stratigraphique du gisement de Bourret montre que les bois sont incorporés dans une unité grossière à chenaux amalgamés à charge grossière, scellée par une formation plus fine, composée de paléochenaux isolés au sein des sédiments de la plaine alluviale. Cette dernière unité a pu être attribuée chronologiquement au début du 1^{er} millénaire et sa mise en place a été réalisée au sein d'une unité de type méandriforme à charge sableuse dominante. La formation sous-jacente qui contient les bois est antérieure mais son âge reste difficile à établir avec précision. Un *terminus post quem* est donné par l'âge des arbres les plus récents qu'elle renferme, soit entre 4 290-4 330 ans cal. BP. Cette période correspond à une phase de reprise de la sédimentation dans la vallée de la Garonne qui a été également identifiée plus au sud sur le site de Castelnau-d'Estretfonds entre 4 400 et 3 800 ans cal. BP (Carozza *et al.*, 2013). Là aussi, les données litho-faciologiques (présence de faciès de chenaux à stratifications obliques larges de type point bar) indiquent un style à méandre mobile et à charge de fond abondante. Il est donc probable que les deux

sites enregistrent le même événement. L'incorporation des bois les plus jeunes dans l'enregistrement sédimentaire pourrait donc être liée à une réactivation de la dynamique de méandrage et d'érosion des berges entaillées dans la terrasse Fz1 de notre nomenclature (fig. 2). La présence de bois fossiles plus anciens permet toutefois d'affiner le modèle d'évolution du fond de vallée. La présence des troncs subfossiles autour du groupe 5 550-5 300 ans cal. BP indique l'existence d'un épisode d'injection d'arbres issus de la ripisylve autour de cette date. Ces arbres ont donc été stockés pendant 1 000 à 1 300 ans dans un compartiment intermédiaire avant d'être remobilisés jusqu'au gisement définitif. Compte-tenu des conditions de conservation des bois, il est douteux que le compartiment de stockage soit le chenal qui est soumis à de fortes variations du niveau de la nappe aquifère et n'est pas favorable à leur préservation d'un point de vue mécanique. Il est donc probable que ces bois aient été stockés dans une unité sédimentaire qui n'a pas été préservée ou qui n'a pas été reconnue ni caractérisée sur le terrain. Ils ont ensuite été remaniés. Quant au fragment de branche le plus ancien, il a lui connu un stockage de près de 4 000 ans avant d'être intégré à la formation alluviale de la gravière de Bourret. L'hypothèse la plus probable est qu'il provient directement du remaniement de la base de la formation Fz1, peut-être lors de la reprise de l'érosion des berges (cf. *supra* 4.1), sans qu'il soit impossible d'envisager un déstockage précoce puis un stockage dans l'unité non préservée. Il est ainsi possible de synthétiser à partir de ces informations, un schéma de formation du gisement qui montre le rôle des principaux mécanismes de formation : injection des bois dans le système fluvial, taphonomie par les processus biogéochimiques partiellement liés à l'aquifère, incorporation dans l'enregistrement sédimentaire et remobilisation (fig. 4). Ce schéma insiste sur le rôle des processus taphonomiques agissant dans le chenal (taphonomie spécifique, qui induit notamment une sélection des bois riches en tanins) et des processus agissant dans la plaine (taphonomie sitologique dépendant de la position et de la circulation de

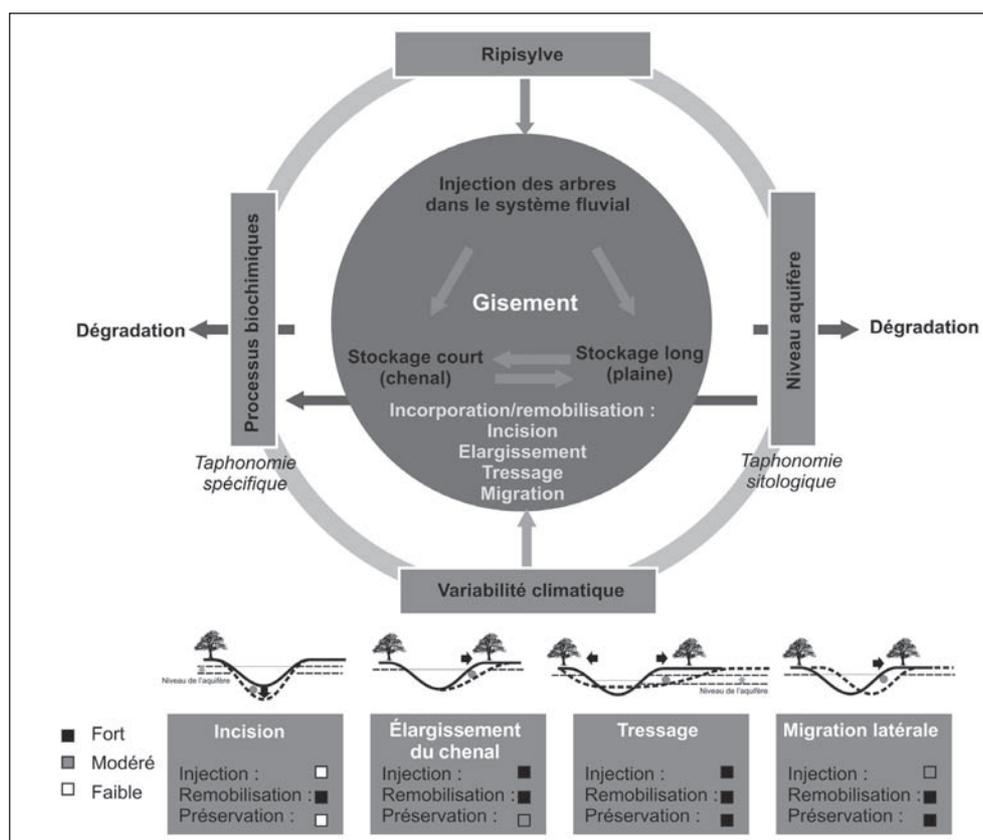


Fig. 4 : Modèle conceptuel de la formation des gisements des bois subfossiles.
Fig. 4: Conceptual model of the subfossil wood deposits formation process.

l'eau dans l'aquifère) d'une part et sur l'existence de phases de stockages d'une durée plus ou moins longue dans des compartiments (chenal, plaine alluviale) où le temps de résidence est *pro parte* contrôlé par l'activité fluviale et le climat.

4.2 - RÔLE DU CLIMAT ET DES ÉVOLUTIONS GÉOMORPHOLOGIQUES DANS LA FORMATION ET L'ÉVOLUTION DU GISEMENT

Durant le premier Holocène (Préboréal-Atlantique), les évolutions des systèmes fluviaux sont principalement contrôlées par les modifications du bilan hydro-sédimentaire et les dynamiques bioclimatiques. Les impacts anthropiques sont inexistantes à négligeables au moins jusqu'au Néolithique moyen dans la vallée de la Garonne. Les phases d'instabilité de la plaine alluviale peuvent être corrélées à des phases d'augmentation de l'hydraulicité et/ou de la charge solide qui se traduisent par (1) une incision du chenal, (2) un élargissement de la bande active, (3) un élargissement des chenaux et du rayon hydraulique et (4) une augmentation de la vitesse de migration des chenaux méandriiformes (Schumm, 1977). L'existence de phases d'injection de bois subfossiles dans le système fluvial est directement reliée soit à l'incorporation de bois « jeunes » depuis la ripisylve, soit au remaniement de « vieux » bois depuis les formations alluviales (fig. 4). Dans les deux cas, ces événements signent des phases de forte activité hydromorphologique des cours d'eau en liaison avec un contrôle climatique.

La synthèse des datations obtenue sur l'ensemble des bois subfossiles de la Garonne (Carozza *et al.*, 2014) permet ainsi d'identifier 4 phases d'accumulation de bois au cours de l'Holocène (fig. 5). Malgré le faible nombre d'individus (23 seulement), il est remarquable que ces épisodes d'accumulation s'inscrivent tous au cours des quatre premiers RCC (*Rapid Climate changes*) (Mayewski *et al.*, 2004). L'absence de bois associé au RCC 1-0,8 est liée à la position des formations de cette période dans la vallée, en bordure du chenal actuel. Elles ne sont plus exploitées par les gravières actuelles. La rythmicité ainsi mise en évidence montre une bonne corrélation avec l'évolution des systèmes fluviaux en France septentrionale (fig. 6), en particulier la Loire (Castanet, 2008) à l'exception de l'épisode centré sur 5 300 ans cal. BP qui semble décalé chronologiquement (épisode E5). Cette évolution est parfaitement synchronisée avec les phases d'aridité enregistrées dans le sud de l'Espagne par Carrión (2002). Ces éléments suggèrent un rôle de la circulation atmosphérique type NAO dans la formation des gisements.

Le stockage sur le long terme (formation des éléments de la basse plaine) montre une très bonne corrélation avec les évolutions observées dans d'autres grandes plaines alluviales. En particulier, l'existence de deux épisodes majeurs (Tardiglaciaire et début du premier Holocène d'une part et post-4 300 ans cal. BP) séparés par une phase d'incision est conforme à ce qui est décrit sur la Loire par Castanet (2008) et partiellement à ce

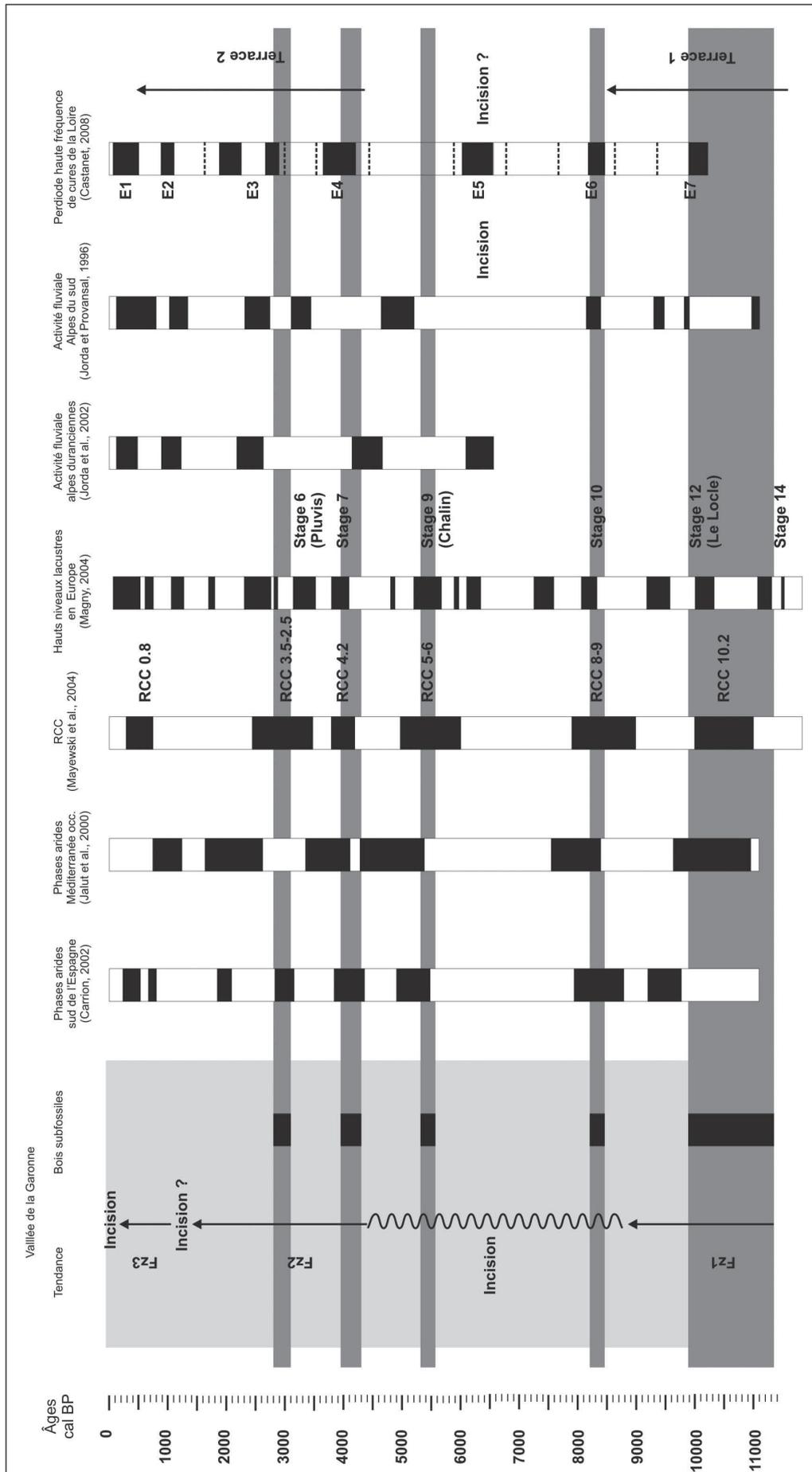


Fig. 5 : Relation entre la formation des gisements de bois de la Garonne, l'évolution climatique et la dynamique fluviale.
 Fig. 5: Correlation between the formation of the Garonne wood deposits, climate changes and the fluvial dynamics.

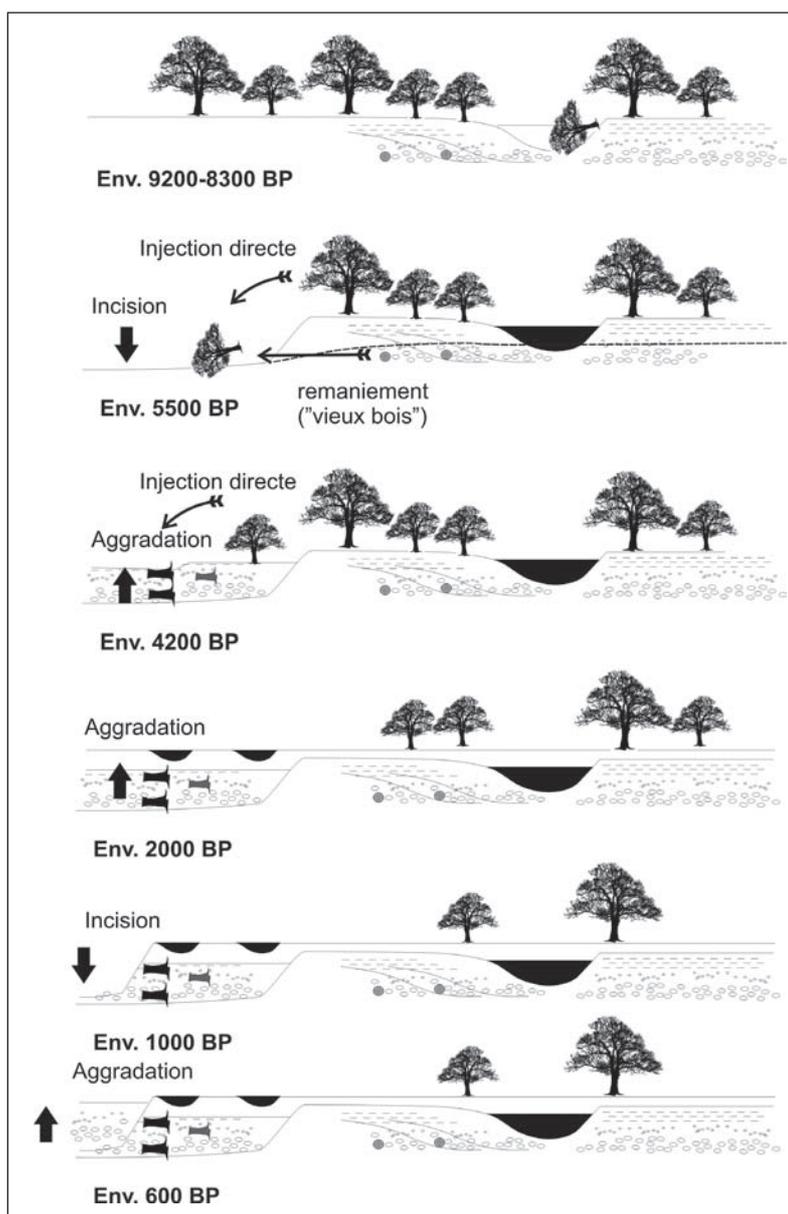


Fig. 6 : Modèle de formation et d'évolution du gisement de bois de Bourret.
Fig. 6: Formation and evolution model of the Bourret wood deposits.

qui est observé sur le Rhône (Bravard *et al.*, 1997) avec toutefois dans ce dernier cas un décalage chronologique pour l'unité du second Holocène (Subatlantique-Suboréal). Il est possible sur cette base de proposer un modèle d'évolution de la plaine qui intègre outre les éléments de chronologie relative, les dynamiques sédimentaires, l'architecture des corps sédimentaires de la plaine, les datations obtenues sur les formations sédimentaires et les âges radiométriques des mégafossiles ligneux (fig. 6). La différence dans la réponse entre l'épisode 5 300 et 4 200 ans cal. BP est probablement liée au contexte géomorphologique dans lequel ils se déroulent (tendance générale à l'incision au cours du premier épisode). Il n'est toutefois pas impossible d'y voir les premiers effets anthropiques à l'échelle du bassin.

Cependant, le détail de cette chronologie, qui se base pour l'instant sur un faible nombre de sites d'étude dans la vallée de la Garonne, est appelé à évoluer et à être affiné dans l'avenir, notamment en ce qui concerne la

phase d'incision du premier Holocène et ses interactions avec les injections de bois au cours du VI^e millénaire BP.

5 - CONCLUSION

Les gisements de mégafossiles ligneux sont d'un intérêt particulier pour l'étude de l'évolution des plaines alluviales au cours du Tardiglaciaire et de l'Holocène. Ils sont à même de fournir des informations non seulement sur la nature de la ripisylve mais également sur la dynamique fluviale et l'évolution sédimentaire des fonds de vallées. En particulier, ils constituent l'un des rares moyens d'identification de phases de remaniement des formations alluviales qui peuvent être mis en évidence par le diachronisme des bois dans les gisements. Ainsi, le diachronisme plus ou moins important de ces gisements peut-être considéré comme un indicateur de la complexité de l'histoire des gisements. Toutefois, l'identification de

ce phénomène nécessite un fort investissement en terme de datation ^{14}C , notamment lorsqu'il n'existe pas de courbe dendrochronologique de référence fiable comme c'est le cas dans le sud-ouest de la France.

Par contre, la complexité des processus de vie de ces bois (injection, transport, stockage court, stockage long et remaniement) limite leur potentiel d'utilisation pour dater les formations alluviales elles-mêmes. Les gisements ne permettent en effet que d'obtenir un *terminus post quem* pour les formations alluviales et il est nécessaire de distinguer l'âge des arbres et l'âge des formations sédimentaires qui les renferment.

Malgré leur caractère remanié et les processus taphonomiques post-injection dans le système fluvial, les mégafossiles ligneux peuvent être considérés comme de bons indicateurs de la variabilité hydro-climatique. L'augmentation de l'injection des bois durant les phases d'augmentation de l'hydraulicité soit par augmentation de la vitesse de migration latérale dans les systèmes méandriques soit par l'élargissement de la bande active dans les systèmes en tresse conduit toute chose égale par ailleurs à un accroissement du nombre de bois préservés.

BIBLIOGRAPHIE

- ARSENEAULT D. & FILION L., 2001 - Les mégafossiles ligneux. In S. Payette & L. Rochefort. (dir.). *Écologie des tourbières du Québec-Labrador*. Les Presses de l'Université Laval, Sainte-Foy, 621 p.
- ARSENEAULT D. & PAYETTE S., 1997 - Reconstruction of millennial forest dynamics from tree remains in a subarctic tree line peatland. *Ecology*, **78** (6) 1873-1883.
- ASTRADE L. & MIRAMONT C. (coord.), 2010 - *Panorama de la dendrochronologie en France : Actes du colloque « Panorama de la dendrochronologie en France » 8, 9 et 10 octobre 2009, Digne-les-Bains, Alpes de Haute Provence*. Collection EDYTEM. Cahiers de Géographie, **11**. Laboratoire EDYTEM, Université de Savoie, Le Bourget-du-Lac, 216 p.
- BECKER B., 1972 - Möglichkeiten für den Aufbau einer absoluten Jahrringchronologie des Postglazials anhand subfossiler Eichen aus Donauschottern. *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft*, **85** (1-4), 29-45.
- BECKER B., 1975 - Dendrochronological observations on the postglacial river aggradation in the southern part of Central Europe. *Biuletyn Geologiczny*, **19**, 127-136.
- BJÖRDAL C.G., DANIEL G. & NILSSON T., 2000 - Depth of burial, an important factor in controlling bacterial decay of waterlogged archaeological poles. *International Biodeterioration & Biodegradation*, **45** (1-2), 15-26.
- BLANCHETTE R.A., 1995 - Degradation of lignocellulose complex in wood. *Canadian Journal of Botany*, **73** (S1), 999-1010.
- BOURGEOIS F., ICOLE M. & REVEL J.-C., 1984 - Les terrasses alluviales dans les Petites Pyrénées et l'avant pays molassique : les conditions de leur mise en place. *Bulletin de l'Association Française pour l'Étude du Quaternaire*, **21** (1-3), 60-66.
- BRAVARD J.-P., 1983 - Une auto-capture du Rhône par déversement dans les Basses Terres du Bas-Dauphiné (Isère, Ain). *Revue de Géographie de Lyon*, **58** (4), 369-381.
- BRAVARD J.-P., 1987 - Le Rhône, du Léman à Lyon. La Manufacture, Lyon, 451 p.
- BRAVARD J.-P., VEROT-BOURRELY A. & FRANC O., 1997 - Paléodynamique du site fluvial de Lyon depuis le Tardiglaciaire. In J.-P. Bravard & M. Prestreau (coord.), *Dynamique du paysage : entretiens de géoarchéologie : Table ronde tenue à Lyon les 17 et 18 novembre 1995*. Documents d'Archéologie en Rhône-Alpes, **15**. Lyon, 177-201.
- CAROZZA J.-M., VALETTE P., CAROZZA L., LLUBES M., FERDINAND L., EDOU OBAME S. & SÉVÈGNES L., 2013 - L'architecture morpho-sédimentaire de la basse plaine de la Garonne moyenne en aval de Toulouse : premiers résultats. *Quaternaire*, **24** (4), 455-464.
- CAROZZA J.M., CAROZZA L., VALETTE P., LLUBES M., PY V., GALOP D., DANU M., FERDINAND L., DAVID M., SÉVÈGNES L., BRUXELLES L., JARRY M. & DURANTHON F., 2014 - The subfossil tree deposits from the Garonne Valley and their implications on Holocene alluvial plain dynamics. *Comptes Rendus Géosciences*, **346** (1-2), 20-27.
- CARRIÓN J.S., 2002 - Patterns and processes of Late Quaternary environmental change in a montane region of southwestern Europe. *Quaternary Science Reviews*, **21** (18-19), 2047-2066.
- CASTANET C., 2008 - *La Loire en val d'Orléans : dynamiques fluviales et socio-environnementales durant les derniers 30 000 ans : de l'hydrosystème à l'anthroposystème*. Thèse de Doctorat, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, Paris, 545 p.
- CAVAILLÉ, A., LEMOINE M. & SEGOND R., 2001 - *Carte géologique de la France à 1/50 000 (n° 930), Montauban. Notice explicative*. Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans, 6 p.
- COUPÉ J.M., 1809 - L'action des eaux fluviales considérée sur le sol des environs de Paris. *Journal des Mines*, **26** (151), 39-50.
- CUBIZOLLE H., 2009 - *Paléoenvironnements*. Collection U. Géographie. Armand Colin, Paris, 271 p.
- DESBAT A. & LASCROUX J.-P., 1999 - Le Rhône et la Saône à Lyon à l'époque romaine. Bilan archéologique. *Gallia*, **56**, 45-69.
- DZIEDUSZYNSKA D. & PETERA-ZGANIACZ J., 2012 - Geologic position of the Younger Dryas subfossil forest in the Warta River valley, central Poland. *Bulletin of the Geological Society of Finland (Painettu)*, **84**, 69-79.
- EDOUARD J.-L., GUIBAL F., NICAULT A., RATHGEBER C., TESSIER L., THOMAS A. & WICHA S., 2002 - Arbres subfossiles (*Pinus cembra*, *Pinus uncinata* et *Larix decidua*) et évolution des forêts d'altitude dans les Alpes françaises au cours de l'Holocène. Approche dendrochronologique. In H. Richard & A. Vignot (eds.), *Équilibres et ruptures dans les écosystèmes depuis 20 000 ans en Europe de l'Ouest : actes du colloque international de Besançon, 18-22 septembre 2000*. Annales Littéraires de l'Université de Besançon, **730** & Environnement, Sociétés et Archéologie, **3**. Presses Universitaires Franc-Comtoises, Besançon, 403-411.
- ICOLE M. & RIEUCAU L., 1976 - Les alluvions fluviales dans le bassin de la Garonne et ses affluents. In H. de Lumley (dir.), *La Préhistoire française. Tome 1: Les civilisations paléolithiques et mésolithiques de la France*, volume 1. Éditions du CNRS, Paris, 101-105.
- JALUT G., ESTEBAN AMAT A., BONNET L., GAUQUELIN T. & FONTUGNE M., 2000 - Holocene climatic changes in the Western Mediterranean, from south-east France to south-east Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **160** (3-4), 255-290.
- JORDA M. & PROVANSAL M., 1996 - Impacts de l'anthropisation sur le détritisme en France du SE (Alpes du Sud et Provence). *Bulletin de la Société Géologique de France*, **167** (1), 159-168.
- JORDA M., MIRAMONT C., ROSIQUE T. & SIVAN O., 2002 - Évolution de l'hydrosystème durancien (Alpes du Sud, France) depuis la fin du Pléniglaciaire supérieur. In J.-P. Bravard & M. Magny (dir.), *Histoire des rivières et des lacs de Lascaux à nos jours*. Éditions Errance, Paris, 239-249.
- KADLEC J., GRYGART., SVĚTLÍK L., ETTLÉRV., MIHALJEVIČ M., DIEHL J.F., BESKE-DIEHL S. & SVITAVSKÁ-SVOBODOVÁ H., 2009 - Morava River floodplain development during the last millennium, Strážnické Pomoraví, Czech Republic. *The Holocene*, **19** (3), 449-509.
- KALICKI T. & KRĄPIEC M., 1995 - Problems of dating alluvium using buried subfossil tree trunks: lessons from the "black oaks" of the Vistula Valley, Central Europe. *The Holocene*, **5** (2), 243-250.
- KOLÁŘ T. & RIBNÍČEK M., 2011 - Dendrochronological and radiocarbon dating of subfossil wood from the Morava River basin. *Geochronometria*, **38** (2), 155-161.
- KREMER A., PETIT R.-J. & DUCOUSSO A., 2002 - Biologie évolutive et diversité génétique des Chênes sessile et pédonculé. *Revue Forestière Française*, **56** (2), 111-132.
- LAMBERT G.N., ORCEL C., DAUGAS J.-P. & RAYNAL J.-P., 1980 - Premiers résultats dendrochronologiques pour le Massif central français obtenus sur un bois fossile de la basse terrasse de l'Allier, à Joze (Puy-de-Dôme). *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences. Série D, Sciences Naturelles*, **290** (3), 263-266.
- LAMBERT R., 1989 - *Atlas Hydrogéomorphologique de la Garonne*. Université de Toulouse Matabiau, Toulouse.
- LE ROY M., 2012 - *Reconstitution des fluctuations glaciaires holocènes dans les Alpes occidentales : apports de la dendrochronologie et de la datation par isotopes cosmogéniques produits in situ*. Thèse de Doctorat, Université de Grenoble, Grenoble, 390 p.

- MAGNY M., 2004** - Holocene climatic variability as reflected by mid-European lake-level fluctuations, and its probable impact on prehistoric human settlements. *Quaternary International*, **113** (1), 65-80.
- MARNEZY A., 1999** - *L'Arc et sa vallée. Anthropisation et géodynamique d'une rivière alpine dans son bassin versant*. Thèse de Doctorat, Université Joseph Fourier, Grenoble, 682 p.
- MAYEWSKI P.A., ROHLING E.E., STAGER J.C., KARLÉN W., MAASCH K.A., MEEKER L.D., MEYERSON E.A., GASSE F., VAN KREVELD S., HOLMGREN K., LEE-THORP J., ROSQVIST G., RACK F., STAUBWASSER M., SCHNEIDER R.R. & STEIG E.J., 2004** - Holocene climate variability. *Quaternary Research*, **62** (3), 243-255.
- MIRAMONT C., ROSIQUE T., SIVAN O., EDOUARD J.-L., MAGNIN F. & TALON B. 2004** - Le cycle de sédimentation « postglaciaire principal » des bassins marneux sub-alpins : état des lieux. *Méditerranée*, **102**, 71-84.
- PARDÉ M., 1935** - Le régime de la Garonne. *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, **6** (2-3), 105-262.
- PAYETTE S. & FILION L. (dir), 2010** - *La Dendroécologie : Principes, méthodes et applications*. Presses de l'Université Laval, Québec, 758 p.
- RALSKA-JASIEWICZOWA M. & STARKEL L. 1975** - The leading problems of palaeogeography of the Holocene in the Polish Carpathians. *Biuletyn Geologiczny*, **19**, 27-44.
- RIEUCAU L., 1971** - Des arbres fossiles dans la basse plaine de la moyenne Garonne. *Compte Rendu Sommaire des Séances de la Société Géologique de France*, **6**, 317-318.
- SALVADOR P.-G., 1999** - L'édification holocène de la plaine alluviale du Rhône dans le bassin de Malville-Sault-Brenaz (Ain et Isère, France). *Géomorphologie : Relief, Processus, Environnement*, **5** (1), 3-21.
- SCHUMM S.A., 1977** - The fluvial system. J. Wiley, New York & London, 338 p.
- SCHÈNEICH P., 1999** - Le Duzillet - cadre géologique et stratigraphique. *Mémoires de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles*, **19** (3), 311-324.
- STRIEDTER K., 1988** - Le Rhin en Alsace du nord au Subboréal. Genèse d'une terrasse fluviale holocène et son importance pour la mise en valeur de la vallée. *Bulletin de l'Association Française pour l'Étude du Quaternaire*, **25** (1), 5-10.
- SZEPERTYSKI B., 1992** - *Datations en dendrochronologie : Gravière de Finhan (Haute-Garonne)*. Rapport du Laboratoire d'Analyses et d'Expertises en Archéologie et Œuvres d'Art, Service Régional d'Archéologie de Midi-Pyrénées, Toulouse, 4 p.
- TEGEL W., 2003** - *Troncs subfossiles des bassins de la Meuse, de la Moselle et du Rhin*. Rapport de prospection thématique, Service Régional d'Archéologie d'Alsace, Strasbourg, 10 p.
- VALETTE P., 2002** - *Les paysages de la Garonne : les métamorphoses d'un fleuve : entre Toulouse et Castets-en-Dorthe*. Thèse de Doctorat, Université de Toulouse 2 - Le Mirail, Toulouse, 554 p.