



HAL
open science

FLUVIAL DYNAMICS AND LANDSCAPE EVOLUTION FROM THE LATE-GLACIAL TO THE HOLOCENE PERIOD IN THE RENNES BASIN (ILLE-ET-VILAINE, FRANCE)

Anne Gebhardt, Vincent Bernard, Laurent Aubry, Dominique Marguerie

► **To cite this version:**

Anne Gebhardt, Vincent Bernard, Laurent Aubry, Dominique Marguerie. FLUVIAL DYNAMICS AND LANDSCAPE EVOLUTION FROM THE LATE-GLACIAL TO THE HOLOCENE PERIOD IN THE RENNES BASIN (ILLE-ET-VILAINE, FRANCE). *Archeosciences, revue d'Archéométrie*, 2024, 46 (2), 10.4000/archeosciences.11159 . hal-04252023

HAL Id: hal-04252023

<https://univ-rennes.hal.science/hal-04252023>

Submitted on 20 Oct 2023

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - ShareAlike 4.0 International License

DYNAMIQUE FLUVIATILE ET EVOLUTION DU PAYSAGE TARDIGLACIAIRE ET HOLOCENE DANS LE BASSIN RENNAIS (ILLE-ET-VILAINE, FRANCE).

FLUVIAL DYNAMICS AND LANDSCAPE EVOLUTION FROM THE LATE-GLACIAL TO THE HOLOCENE PERIOD IN THE RENNES BASIN (ILLE-ET-VILAINE, FRANCE)

Anne GEBHARDT, UMR 7362, LIVE / Université de Strasbourg,
UMR 7360 LIEC / Université de Lorraine,
INRAP Grand Est,
anne.gebhardt-even@inrap.fr

Vincent BERNARD, CNRS, UMR 6566 CReAAH / Université de Rennes
vincent.bernard@univ-rennes1.fr

Laurent AUBRY, INRAP Grand Ouest,
laurent.aubry@inrap.fr

Dominique MARGUERIE, CNRS, UMR 6553 ECOBIO / Université de Rennes
dominique.marguerie@univ-rennes1.fr

RESUME :

Les travaux de construction de la station de métro “République”, au cœur des quartiers historiques de la ville de Rennes, ont révélé un remplissage sédimentaire de l’ancien lit de la Vilaine sur trois mètres d’épaisseur maximum. Etant donné le peu de travaux concernant les dépôts alluviaux quaternaires de la Vilaine disponibles à ce jour, cette opération archéologique préventive a grandement motivé une étude paléoenvironnementale complète.

Les deux transects réalisés perpendiculairement au cours actuel de la Vilaine ont tenu compte des contraintes techniques qui incombent à une fouille urbaine profonde et en milieu humide. Toutes les coupes ont été relevées, mais seules trois d’entre elles ont été décrites dans le détail et échantillonnées en vue d’analyses sédimentologiques, paléobotaniques et chronométriques.

La dynamique fluviale de la Vilaine montre une première phase assez active jusqu’au Subboréal, suivie par l’abandon de certains chenaux latéraux, l’écoulement principal se faisant alors plus au sud, au cœur du lit majeur. La variabilité de la dynamique d’écoulement et le recoupement de nombreux chenaux génèrent des lacunes sédimentaires difficiles à caler chronologiquement. Si la présence de l’homme reste discrète avant l’apparition des premières traces de bois travaillés (4550-4325 cal BC), en revanche, l’ouverture anthropique du milieu forestier devient évidente à la fin de l’Atlantique. Ces déforestations plus ou moins localisées sont suivies d’une remontée des nappes phréatiques, voire des déplacements latéraux de la rivière, qui provoque le dépérissement des arbres en bord de rivière par asphyxie. Au Subboréal, le site est régulièrement inondé. Lors du creusement de la cale du XIX^e siècle, les niveaux antiques et historiques anciens sont détruits. La séquence sédimentaire se termine alors par un dépôt calme d’argiles organiques dont le matériel archéologique et l’étude pollinique révèlent un environnement fortement anthropisé.

Cette étude paléoenvironnementale a permis de suivre la dynamique de la Vilaine depuis le Tardiglaciaire jusqu’au Subatlantique, de comparer son évolution avec le schéma général d’évolution des autres grands fleuves du nord de la France et de préciser les grandes étapes de l’interaction sociétés-milieus dans le bassin rennais.

MOTS-CLEFS : paléoenvironnement, sédimentologie, palynologie, dendrochronologie, Tardiglaciaire, Holocène, fleuve Vilaine, Rennes, France

ABSTRACT :

The construction of the "République" metro station, in the heart of the historic center of Rennes, revealed three meters of very well preserved deposits of the ancient Vilaine river. The lack of data concerning the fluvial dynamics of the Vilaine available today motivated this paleoenvironmental study.

Given the technical constraints of the urban context, two sets of transects were made perpendicular to the actual riverbed. All transects were recorded, but only the three most representative were described in detail and sampled for grain size, pollen and dendrochronological analyses. All features that could be accurately dated were sampled to provide a chronological framework for as many sedimentary levels as possible.

The fluvial dynamics of the Vilaine river show an initial phase that was quite active until the Subboreal, followed by the abandonment of some side channels, as the main course moved southward to the center of the major bed. The changing dynamics of the streams and the numerous channel intersections provide a fragmented sedimentary pattern that is difficult to date.

Before the first traces of worked wood (4550-4325 cal BC), human activity had little effect. Anthropogenic opening of the natural forest seems evident at the end of Atlantic period. During the Subboreal, the site was regularly flooded. During the digging of the docks in the 19th century, the Roman and older layers were destroyed. The sedimentary sequence ends with an undisturbed organic clay sedimentation which, according to archaeological and pollen data, testifies to an intense human activity.

This paleoenvironmental study has made it possible to specify the main stages of social development and their effects on the dynamics of the Vilaine river. It also allowed us to compare these results with those of other large rivers in northern France.

KEYWORDS: paleoenvironment, sedimentology, pollen analysis, dendrochronology, Late-glacial period, Holocene, Vilaine river, Rennes, France

I - CADRE GENERAL ET OBJECTIFS

En 1998, les travaux de construction de la station de métro " République", située au cœur du centre historique de Rennes, furent l'occasion d'une fouille qui a permis d'ouvrir une fenêtre sur le remplissage alluvial de la Vilaine, en bordure nord du lit majeur, au pied du versant où s'est développée la ville ancienne.

La Vilaine prend sa source, à une cinquantaine de kilomètres à l'est de Rennes, dans des formations du Paléozoïque. Après avoir traversé des formations briovériennes schisteuses et granitiques de la région de Vitré, son lit s'élargit dans le bassin tertiaire de Rennes entre Acigné et Pont-Réan (Fig. 1). Plus en aval, son chenal sinueux s'étale, participant à l'épaississement sédimentaire holocène des marais de Redon, pour finir en une ria régulée par le barrage d'Arzal, une demi-douzaine de kilomètres avant la pointe de Pen-Len.

Depuis la première étude granulométrique menée par L. Berthois en 1928, peu de travaux ont concerné les alluvions de la Vilaine. D'autres références au sujet des formations quaternaires rencontrées dans son lit font état de sables et de graviers rouges attribués au Saalien, surmontés par des sables et graviers gris weichseliens, le tout recouvert par des argiles et des limons de débordement gris flandriens (Morzadec-Kerfourn, 1974). Aux débuts des années 1980 puis 1990, J.-L. Monnier et G. Jumel ont publié la découverte d'une industrie du Paléolithique inférieur récoltée en partie en stratigraphie dans des dépôts de galets, graviers et sables affectés par de la néotectonique, pédogenèse, cryoturbation et érosion (Monnier *et al.*, 1981 ; Jumel, Monnier, 1990).

Ce matériel archéologique en grès armoricain fait d'éclats, nucleus, raclours, grattoirs, choppers et chopping tool rapporté au début du Pléistocène moyen (stade isotopique 15 ?) provient d'une haute terrasse du cours moyen de la Vilaine. Elle surmonte des sables pliocènes exploités sur la commune de Saint-Malo-de-Phily (Ille-et-Vilaine), en aval de Rennes et culmine à une trentaine de mètres au-dessus du lit actuel du fleuve. Ce secteur du cours moyen de la Vilaine a connu une occupation humaine très précoce.

Plus récemment M.-J. Penven *et al.* (2011 ; 2012) puis M.-J. Penven et D. Marguerie (2015) ont étudié les différentes étapes de la construction des paysages alluviaux du cours aval de la Vilaine à travers ses métamorphoses holocènes. Ces travaux ont montré le passage, au gré des remontées du niveau marin, d'un système en tresses au début de l'Atlantique, à un système anastomosé instable de faible compétence. Le haut niveau marin induit alors un lent comblement de la plaine alluviale marécageuse jusqu'au Subatlantique. Les sociétés humaines y ont peu d'emprise avant le milieu du XVIII^e siècle période à laquelle la canalisation de la Vilaine, le drainage puis la régulation des marées à Arzal ont permis l'assèchement progressif des marais et la mise en valeur agricole du fond de vallée. Enfin, à l'occasion de la seconde phase de construction du métro, la fouille de la place Saint-Germain dirigée par L. Beuchet (Beuchet *et al.*, 2017) a mis au jour un nouveau chenal. Cette opération, à quelques dizaines de mètres sur la rive droite du lit de la Vilaine vient compléter les données du VAL République en permettant d'aborder les périodes historiques disparues lors du creusement de la cale au XIX^e siècle en rive gauche.

Par ailleurs, les travaux géotechniques préalables à la construction du métro, réalisés par l'entreprise SIMECSOL entre les quais et la place Charles de Gaulle (Fig. 2), révèlent un lit majeur de la Vilaine avoisinant le kilomètre de largeur dont les dépôts semblent hétérométriques et hétérogènes. Ils font apparaître, du haut vers le bas : i) des remblais anthropiques, ii) des alluvions différenciées en sables et graviers plus ou moins grossiers, localement intercalées de sables fins et d'argiles avec des passées organiques repérées dans la colonne A, iii) du schiste micacé briovérien, présentant un volume d'altération très irrégulier, pouvant atteindre ponctuellement près de 7 m d'épaisseur (Fig. 2, colonne D). L'étroitesse du lit mineur de la Vilaine et sa faible incision au cours de la transition Tardiglaciaire/Holocène sont confortées par les travaux de la place St Germain (Beuchet *et al.*, 2017).

Sur les quais sud de la Vilaine, les travaux de fouilles préventives d'une surface d'environ 700 m² dirigés par L. Aubry (Aubry *et al.*, 1999) ont mis au jour une ancienne cale fluviale (Fig. 3). Malgré la situation géographique privilégiée du secteur, immédiatement à l'extérieur du rempart de la ville du XV^e siècle sur l'axe du Pont Neuf (aujourd'hui disparu), les vestiges archéologiques se sont avérés relativement pauvres. Mais la bonne conservation de l'ancien lit de la Vilaine et de son remplissage sédimentaire ainsi que l'accessibilité de l'excavation par un coffrage de béton, ont permis le développement d'une approche paléoenvironnementale du site, à travers des analyses granulométriques (A. Gebhardt), palynologiques (D. Marguerie) et dendrochronologiques (V. Bernard) menées conjointement. Complétée par de nombreuses datations radiocarbone, l'étude des trois mètres de dépôts stratigraphiques de la Vilaine traversés, permet donc de reconstituer la dynamique locale d'écoulement de ce fleuve rennais, l'évolution du paysage et des principaux épisodes de l'activité anthropique dans le bassin de la Vilaine depuis le Tardiglaciaire.

II – MATERIAUX ET METHODES

En raison des nécessités techniques liées à une fouille urbaine profonde en milieu humide (présence de la nappe phréatique, gestion des déblais, courts délais d'intervention), une première série de sondages a été réalisée pour obtenir un transect nord-sud (Cp1, Cp2, Cp3, Cp4),

perpendiculairement au cours actuel de la Vilaine (Fig. 4). En fin de chantier, une seconde série de sondages (Cp5, Cp6, Cp1bis, Cp2bis) a été effectuée pour affiner les corrélations stratigraphiques. Toutes les coupes ont été relevées, mais la description détaillée et les prélèvements en vue d'analyses sédimentologiques, paléobotaniques et chronométriques n'ont concerné que les unités sédimentaires issues des coupes Cp1, Cp2 et Cp4 (Fig. 5 ; Tab. I). Tous les éléments susceptibles de donner lieu à une datation absolue ont été prélevés, afin de caler chronologiquement un maximum de dépôts sédimentaires. La numérotation des unités sédimentaires est celle attribuée lors de la fouille au fur et à mesure de leur dégagement. Les observations de terrain ont permis de regrouper les unités en séquences de dépôts chronologiques, allant de la plus ancienne (S1) à la plus récente (S14).

1) Granulométrie

Le traitement granulométrique des sédiments a consisté en un tamisage des sables et graviers et en une microgranulométrie par décantation des particules fines à la pipette d'Andreasen courte modifiée par Bigot-Marguerie-Monnier. Cette méthode granulométrique était en usage au laboratoire Archéosciences (CReAAH) à l'époque des analyses de la station de métro « République » à Rennes. Etant donnée la faible carbonatation des échantillons, la granulométrie a été effectuée sur leur totalité.

Les classes granulométriques correspondent à la répartition texturale classique allant des graviers (> 2 mm) aux argiles (< 2 µm) en passant par les sables (2 mm à 50 µm) et les limons (50 µm à 2 µm). Elles sont complétées par les indices granulométriques de A. Rivière (1977) qui permettent de préciser la dynamique de mise en place des sédiments et de pointer d'éventuelles phases d'abandon des chenaux. Ces indices sont :

- la médiane Med, dimension exprimée en unités « équivalentes Rivière » des particules correspondant au pourcentage cumulatif 50%,
- le percentile supérieur C, grain représentatif de la dimension maximum observée,
- le grain moyen représentatif GMR, dimension moyenne des particules,
- l'indice statistique de grossièreté moyenne du sédiment, X,
- l'indice statistique d'énergie du transport du sédiment, N.

Les résultats fournis, regroupés par séquences (Tab. I), sont visualisables sous forme de diagrammes (Fig. 6). La figure 6a illustre la proportion de chaque fraction granulométrique, les indices de grossièreté, d'énergie et de compétence. Les courbes cumulatives semi-logarithmiques détectent les classes granulométriques associées aux types de dépôt (Fig. 6b). Le diagramme de R. Passega (1964, 1977) donne une image théorique de l'évolution du percentile supérieur C (D99) et de la médiane Med (D50), qui rend compte du mode général de transport des sédiments dans un cours d'eau (Fig. 6c).

2) Palynologie

Les échantillons ont été prélevés sur deux coupes : Cp1 pour l'ensemble des unités et Cp4 pour l'unité 1075 (Tab. I). Toutes les unités stratigraphiques mises en évidence n'ont pu donner lieu à une analyse pollinique faute de bonne conservation des spectres dans les sédiments grossiers. Neuf unités ont été analysées, soit 1054, 1056 et 1050/1049/1048/1047/1046/1045 sur la coupe Cp1 et 1075 sur Cp4 (unités soulignées dans Tab. I). A l'intérieur de chaque unité stratigraphique, les prélèvements ont été réalisés tous les centimètres.

Les sédiments analysés propices à la conservation des pollens sont limono-argileux plus ou moins organiques. L'extraction des pollens et spores dans ce type de sédiment minéral, où le matériel pollinique est plus rare que dans les tourbes, doit faire appel à la méthode classique consistant en

des traitements chimiques avec 10% de soude, 37% d'acide chlorhydrique et 48% d'acide fluorhydrique (Faegri, Iversen, 1989) à laquelle est ajoutée une séparation physique par différence de densité sur la liqueur dense dite de « Thoulet » (iodo-mercurate de Potassium), sans traitement acétolytique (Juvigne, 1973).

La détermination des taxons polliniques se fait sous microscope optique (200 à 1000 x) grâce à la collection de référence de pollens frais du laboratoire Archéosciences (CReAAH) et à plusieurs atlas anatomiques (Mc Andrews *et al.*, 1973 ; Moore *et al.*, 1991 ; Reille, 1992). Les décomptes des 500 spores et pollens minimum identifiés par niveau sont transformés en fréquences relatives sur la base de la somme totale des pollens et spores. Les résultats des comptages polliniques sont consignés sur un diagramme construit en fréquences relatives (Goeury, 1997).

3) Dendrochronologie

Quatre-vingt-huit prélèvements ont été réalisés sur tous les bois susceptibles d'être datés par dendrochronologie : des troncs de chêne qui restent à la base des principaux référentiels européens, mais aussi de frêne, parfaitement datables par hétéro-connexion avec les séries propres au chêne (Billamboz, 2002). Les gros bois fossiles ont été, pour la plupart, extraits à la pelle mécanique lors du creusement de tranchées. Dans ce contexte, leur rattachement précis à un ensemble stratigraphique n'est pas évident même si une tentative peu satisfaisante par reconnaissance texturale et couleur du sédiment enduisant les bois a été réalisée. L'échantillonnage dendrochronologique de certains gros éléments intransportables a été fait sur le site même par tronçonnage, perpendiculairement au fil du bois, de sections de 5 cm d'épaisseur et en privilégiant les zones « à aubier » essentielles pour une datation fine.

En laboratoire, après surfacage au rasoir de la partie transversale, les largeurs de cernes sont mesurées au 1/100e de millimètre grâce au banc de mesure LINTAB associé au logiciel TSAPWin/Rinntech qui permet également d'assurer l'ensemble de l'analyse et de la datation. La « maximisation de la datation » qui implique d'intégrer aux chronologies de cernes de courtes séries temporelles impose de pouvoir combiner correspondances graphiques et corrélations statistiques (Billamboz, 2008). Dans l'exercice de datation, l'emploi du « Gleichläufigkeit » ou du coefficient de corrélation reste courant en dendro-archéologie. Parmi les tests statistiques appliqués aux valeurs de corrélation en Europe, le plus courant concerne le test-t décrit dans le programme CROS (Baillie, Pilcher, 1973). Les chronologies de référence utilisées sont mentionnées dans le tableau II.

Concernant la « signature dendrologique des inondations », différents travaux font référence sur le sujet (Leuschner, 1992 ; Girardclos *et al.*, 1996 ; St Georges, Nielsen, 2000 ; Bernard, 2003).

4) Chronologie

En complément de la dendrochronologie, l'attribution chronologique s'appuie sur des datations radiocarbone (Tab. III) obtenues sur des jeunes tiges de bois gorgées d'eau, afin de limiter au maximum l'effet « vieux bois ». Les datations par comptage à scintillation liquide ont été effectuées au Laboratoire de radiochronologie du Centre d'études nordiques (Université Laval, Québec, Canada) et au Centre de datation par le radiocarbone de l'Université Claude Bernard de Lyon. Elles ont été complétées par des datations AMS effectuées par le laboratoire *Beta Analytic* de Miami (USA). Les datations radiocarbone ont été calibrées en utilisant la courbe de calibration IntCal20 ¹⁴C (Reimer *et al.*, 2020).

Les phases culturelles armoricaines sont mises en correspondance avec les dates absolues obtenues (Marguerie, 2009). Par ailleurs, les chronozones holocènes utilisées ici sont celles mises en place

par Mangerud *et al.* (1974) basées sur le croisement d'un grand nombre d'études biostratigraphiques et chronologiques. Toutefois, si la chronologie utilisée habituellement dans l'Ouest de la France est similaire pour le début de l'Holocène (Préboréal et Boréal), des variations importantes existent à partir de la fin de l'Atlantique (David, 2014). Dans l'Ouest, le Subboréal débute 700 ans plus tôt que dans le modèle de J. Mangerud et le démarrage du Subatlantique est 1000 ans plus précoce (Ouilic, 2011).

III – RESULTATS ET INTERPRETATIONS

Les résultats des analyses sédimentaires et paléobotaniques sont regroupés selon les 14 séquences définies sur le terrain. Les descriptions de terrain, les données granulométriques brutes, ainsi que le calage chronologique des différentes unités prélevées sont récapitulés dans le tableau I. Les correspondances entre les dates C14 et leur calibrage dendrochronologique sont résumées dans le tableau III. Pour les diagrammes granulométriques, les courbes cumulatives et la représentation de Passega, le lecteur se reportera à la figure 6.

La moyenne du nombre de pollens et spores comptés par niveau stratigraphique est de 711. La conservation du matériel sporo-pollinique est de qualité moyenne, notamment dans 1049 (S6, Cp1), voire mauvaise dans l'unité 1048 (Cp1). La richesse taxonomique est égale à 24 en moyenne. Elle est forte (36) dans l'unité 1075 (S1, Cp4) et faible en 1046 et 1048 (S8, Cp1). Si l'on excepte les spectres de l'unité 1075 (S1, Cp4), ainsi que celui du remplissage 1045 de la cale du XIXe s, tout au long de la stratigraphie (S13, Cp1), la végétation est à fort caractère boisé, avec des taux de pollens arboréens pouvant dépasser 95 % de la somme totale (Fig. 7).

Les nombreuses discordances liées aux reprises de la dynamique du courant, réparties sur la faible hauteur des coupes, n'ont pas facilité la lecture stratigraphique sur le terrain. Néanmoins, la multiplicité des profils sur une petite surface, ainsi que les nombreuses datations ont permis d'établir des corrélations entre certains niveaux. Dans l'ensemble, au niveau de la Cale du Pré Botté, les unités sédimentaires de la Vilaine s'organisent selon une stratigraphie lenticulaire assez irrégulière, caractéristique du milieu sédimentaire alluvial (Fig. 5). Elles reflètent une dynamique d'écoulement en chenaux multiples avec des phases de courant faible, voire de bras mort, et des reprises. Certaines unités grossières sont enrichies en bois flottés (troncs, branches, brindilles). De la base vers le sommet des dépôts, malgré quelques reprises récurrentes de la dynamique alluviale, on note une décroissance granulométrique globale marquant la baisse de la compétence du cours d'eau.

L'image de Passega (Fig. 6c) confirme la localisation de la séquence dans le lit actif de la Vilaine. Toutefois, considérant l'absence de comparaison à l'échelle du bassin versant de la Vilaine et partant du postulat que la dynamique globale du cours d'eau est restée relativement stable pendant l'Holocène par rapport aux périodes antérieures, l'image CM reste ici imprécise (Salvador, 1991). Le diagramme, montre toutefois que dans le lit moyen de la Vilaine à Rennes, le transport sédimentaire se fait essentiellement par roulement et suspension.

La première séquence sédimentaire (S1) est une petite lentille grise d'environ 20 cm d'épaisseur (1075), piégée dans une dépression du schiste briovérien (Cp4). Calée entre 10515 et 11360 cal BC, elle représente la formation la plus ancienne du site (Tab. III). Elle a donné lieu à l'analyse de dix niveaux polliniques (Fig. 7) renfermant 87,5 à 96,5 % de pollens d'herbacées. Les Graminées dominent largement, suivies par les Composées dont l'armoise, les Astéracées et les Cichoriées. Le Myriophylle, plante aquatique, et les Cypéracées sont présents en grande quantité. Dans la strate

arborée, le saule, en association avec d'autres essences hygrophiles comme l'aulne et le Piment royal (*Myrica gale*) domine à trois reprises. Les pollens de pin, peu nombreux, sont en courbe quasi-continue à travers la couche 1075. La seule évolution floristique notable dans cette couche concerne l'armoise. Sa représentation pollinique passe en effet de 7 à 25 % de la base au sommet du dépôt.

La séquence S2 qui entaille S1, inclut les unités 1074 (Cp4) et 1055 (Cp1), corrélées sur le terrain et composées majoritairement de graviers et galets dans une matrice sableuse peu abondante. Cette dernière, aux éléments grossiers mal triés (Fig. 8), présente une courbe granulométrique unimodale bien régulière (Fig. 6) dotée d'un indice énergétique très élevé caractéristique d'un courant plus fort et d'un mode de transport par roulement avec quelques éléments en suspension.

Séquence toujours globalement grossière, S3 montre une succession de dépôts lenticulaires. De la base au sommet, des graviers sableux (unités 1063-Cp1/Cp4, 1061-Cp1 et 1073-Cp4) mis en place par roulement, précèdent des sables légèrement plus limoneux voire argileux (unités 1060/1062/1066, Cp1). Une souche enracinée dans l'unité 1073 (Fig. 9) et tronquée par les apports sédimentaires postérieurs, est datée entre 5850 et 5560 cal BC. La couleur sombre de cette unité argileuse 1073, la présence d'accumulations de matières organiques humifiées et la couleur plus rouge de l'unité 1063 sous-jacente qui révèlent une oxydation du sédiment lors d'une mise hors d'eau temporaire du sédiment. Ces indices montrent le développement dans ce contexte alluvial d'un sol de type fluvisol (Baize, Girard, 2009).

Une nouvelle séquence, S4 (unités 1072/1071/1070, Cp4), de composition et dynamique similaires recouvre S3. La datation de bois flottés en 1072 rapporte cette séquence vers 5990-5710 cal BC.

Assez grossière dans son ensemble et associée à un transport très actif par roulement, S5 débute par une phase gravelo-sableuse riche en bois flottés (unités 1076-Cp4 et 1054-Cp2). Elle présente toutefois une phase limono-argileuse plus organique (unité 1053-Cp1) qui révèle, en milieu de séquence, une dynamique de dépôt plus calme par décantation. Des inclusions de tourbe ligneuse dans 1054 contiennent le spectre d'une chênaie diversifiée dense, où le chêne est accompagné par le noisetier, l'orme et le tilleul. Outre le noisetier, ce milieu accueille d'autres ligneux héliophiles comme le bouleau et l'érable, ainsi que des taxons hygrophiles tels que l'aulne, nettement représenté, le frêne, le saule et le piment royal. Dans les unités 1076 et 1054, on observe un premier dépôt de troncs de chênes et de bois flottés à croissance rapide, dont certains apparaissent en partie carbonisés voire travaillés par l'homme. Leur aspect érodé confirme une reprise de la dynamique de la Vilaine pendant cet épisode.

Les bois sont datés par radiocarbone de la fin de l'Atlantique entre 4603-4258 cal BC (bois 302), 4550-4325 cal BC (unité 1076) et 4543-4235 cal BC (bois 1052 dans unité 1054, Cp2). Bien que certains de ces bois soient intégrés à la moyenne M20, aucune datation dendro-chronologique ne peut être avancée en dépit de données de référence contemporaines très proches géographiquement (Marais de Dol-de-Bretagne). Cela tient probablement à la brièveté de M20 qui ne présente certainement pas suffisamment d'années caractéristiques pour assurer une datation fiable (Fig. 10-1 et Fig. 11).

La séquence S6 montre un ensemble sableux (1050/1049, Cp1), dont la fraction argilo-limoneuse augmente légèrement vers le sommet (unité 1049, Fig. 6). Le transport de ces éléments plus fins se fait sous forme de suspension. Deux dates radiocarbone, 3805-3516 cal BC pour l'unité 1050 et 3950-3633 cal BC pour l'unité 1049, attribuent cette séquence au Subboréal. Sur le terrain, une corrélation stratigraphique a pu être établie entre 1049 (Cp1) et 1042 (Cp2). Sur cette dernière

coupe, des bois trouvés dans la base gravelo-sableuse (unité 1044) sont datés de 3647-3367 cal BC. Le spectre pollinique de l'unité 1050 témoigne du développement d'une aulnaie mêlée de quelques saules et frênes, tandis que chênaie et corylaie sont en recul. En 1049, la représentation de l'aulnaie est inférieure à celle des unités sous-jacentes, alors même que le tilleul augmente pour prendre une place prédominante au sein de la chênaie mêlée de quelques ormes. La dendrochronologie indique qu'entre -3748 et -3602, les troncs de chênes déposés dans le lit de la rivière présentent tous la «signature dendrologique des inondations» (Bernard, 2003 ; Girardclos *et al.*, 1996 ; Saint Georges, Nielsen, 2000). Pour cette même période, on constate un très bon niveau de concordance entre la courbe dendrochronologique de Rennes avec celles de l'Est de la France et d'Allemagne, ce qui pourrait suggérer des conditions climatiques globalement favorables et homogènes à l'échelle macro-régionale. En revanche, les conditions climatiques locales de même que le milieu naturel semblent beaucoup plus contraignants en fin de chronologie, entre -3660 et -3600 (dates dendrochronologiques) au vu des perturbations de croissance des arbres de cette phase (Fig. 10-3 et Fig. 12). Dans ce contexte, il n'est pas exclu que les arbres les plus vieux et notamment les chênes riverains, aient cédé leur place à une forêt alluviale plus jeune et plus ouverte à la suite d'inondations répétées et prolongées ou à la suite d'un déplacement du cours principal du chenal. Il n'y a donc rien d'étonnant à ce que dans cette ripisylve, le noisetier et l'aulne, accompagnés de *Myrica gale*, apparaissent aux côtés du chêne. Les premiers pollens de type céréale apparaissent dans ce niveau, accompagnés des rares taxons rudéraux (plantains) au sein d'une strate herbacée par ailleurs fort peu variée et sous-représentée. Quelques Cypéracées, croissant en majorité sur les sols frais humides à gorgés d'eau sont accompagnées de plantes d'eau (*Typha*, *Nuphar*, *Potamogeton*, *Myriophyllum*). Au début du Subboréal, deux des quatre spectres polliniques de 1049 détectent une première occupation humaine à proximité du site.

La séquence S7, bien dilatée au nord de la coupe Cp2 est représentée par la série des unités 1038, 1041 et 1036. Datée entre -3700 et -3140, 1038 se caractérise par l'amorce d'une nette diminution de la dynamique fluviale. Au sein des apports sablo-limoneux majoritaires, elle inclut des formations lenticulaires de composition granulométrique variée. Celles-ci sont plutôt sablo-graveleuses à la base, témoignant d'une turbulence notable (unités 1038/1041a), à plus limoneuses vers le sommet (unités 1041j, 1041i, 1041d, 1036b). Dans la séquence intermédiaire plus grossière mais associée à du transport en suspension par turbulence de fond (unités 1041k, 1041f, 1041e), apparaît un dernier dépôt de troncs de chênes et de frênes. L'un d'eux, le bois 250 traversant l'unité 1041, date la mise en place de la séquence vers 2621-2200 cal BC. Pourtant, la datation bien établie de la moyenne dendrochronologique dans laquelle il est intégré (M21) tend à vieillir ce dépôt, le faisant remonter entre -2885 et -2694. Durant la vie de ces arbres, leurs cernes de croissance montrent des signes bien visibles de longues périodes d'asphyxie de leurs systèmes racinaires à la suite de montées des niveaux d'eau (Fig. 10). L'analyse pollinique met ici en évidence une lente colonisation des berges par une forêt de bois blancs (frênes, saules, aulnes, noisetiers) dans des zones fortement soumises aux inondations. Ce n'est qu'après une cinquantaine d'années, vers -2820, que s'installe une forêt plus stable de bois durs dominée par le chêne.

La séquence sédimentaire S8 (unités 1052 à 1046, Cp1) apparaît majoritairement argileuse et organique. Elle présente des accumulations toujours en milieu calme d'éléments organiques. Les spectres polliniques de l'unité 1048 sont le reflet d'un milieu encore très boisé. La strate ligneuse est dominée par le tilleul. Le noisetier prend ici une nette importance. La strate herbacée est toujours aussi pauvre. Elle ne compte plus d'indices d'une flore rudérale et cultivée. En 1047 puis 1046, deux spectres polliniques renferment l'image d'une végétation très proche de celle décrite pour 1048. Si aucun pollen de type céréale n'a été rencontré dans ces analyses, le niveau 1047 est porteur d'une notable variété de taxons rudéraux. Une pédogenèse est confirmée par la présence

de racines d'une souche en place, qui datent l'unité 1047 (Cp4) entre 2475 et 2135 cal BC. L'unité 1047, qui présente des indices d'oxydation pourrait également être rattachée à cette séquence.

En S9, le début du Subatlantique est marqué par une faible activité fluviale. Cette dernière est marquée par une compétence limitée (Fig. 6) pour l'unité sablo-limoneuse 1056bs (Cp1) dont la mise en place est datée de 2210-1880 cal BC, puis plus franche pour l'unité suivante (1056ht). La présence de vivianite (phosphate de fer ; $(\text{PO}_4)_28\text{H}_2\text{O}$) indique un milieu réducteur très organique. La proportion des pollens arboréens dans les analyses se rapportant à 1056 est encore fort élevée. Toutefois, la strate arboréenne subit une grande modification dans sa composition : l'aulne est en nette augmentation. Il est à la base de taillis humides dans lesquels croissent aussi les saules et *Myrica gale*. Dans la chênaie, dont la représentation pollinique est équivalente à celle enregistrée de 1048 à 1046 (S8), le tilleul est en très net recul. Tout un cortège de taxons rudéraux (Cichorioidées, Chénopodiacées, armoise, plantain, chénopode, centaurée...) existe et un niveau est porteur d'indices de céréaliculture.

La séquence S10 (unités 1059/1058, Cp1) voit le retour d'une dynamique hydrique plus prononcée, avec un transport de graviers par roulement dominant (Fig. 6).

L'avant dernière séquence analysée, S11 (unités 1064/1065, Cp1), se met en place dans des conditions à nouveau plus calmes dominées par des dépôts sableux mal triés (Fig. 6).

La séquence S12 représentée par l'unité argileuse noire peu organique 1057 (Cp1 ; Fig. 5 et Tab. I) marque la continuité des conditions sédimentaires calmes.

En S13, le niveau de sédiment vaseux (unité 1045, Cp1) qui s'accumule au fond de la cale du XIX^e s., est finement lité, très argileux mais reste toutefois agité par des turbulences de fond. Il renferme un spectre pollinique fort original au regard des strates sous-jacentes (Fig.7). Le taux de pollens arboréens n'est plus ici que de 37 %. L'aulne a nettement diminué et seul le chêne demeure bien représenté. La strate herbacée est le siège de tout un cortège de taxons rudéraux et cultivés. Il est à noter qu'aux côtés des céréales, le sarrasin est présent avec des taux de représentation pollinique non négligeables pour ce taxon (> 2 %).

La dernière séquence S14 argilo-sableuse lenticulaire terminale S14 (unité 1040, Cp2 ; Fig. 5 et Tab. 1) riche en débris organiques, indique des petits apports très localisés plus grossiers.

IV - SYNTHÈSE PALEO-ENVIRONNEMENTALE ET MISE EN PERSPECTIVE

La confrontation des données sédimentologiques et paléobotaniques dans un cadre chronologique maîtrisé nous permet de proposer une première trame de l'évolution paléoenvironnementale de la Vilaine dans le Bassin rennais depuis la fin du Tardiglaciaire (Fig. 13). Les couches sédimentaires de la Vilaine observée au cœur de l'actuelle ville de Rennes sont organisées en une succession plutôt irrégulière et lenticulaire. Cette disposition est le reflet d'un écoulement en multiples chenaux à dynamique très variable.

1) Le cadre naturel du bassin de la Vilaine (Tardiglaciaire / début Atlantique)

S1 : Les datations radiocarbone obtenues dans l'unité 1075 place cette séquence dans le Tardiglaciaire (Tab. III). Le caractère steppique froid et ouvert de l'environnement est attesté en palynologie par une forte représentation des herbacées dont un fort taux des Graminées, des

Composées dont les armoises. Dans la strate arboréenne, le pin domine, mais son flux pollinique est au maximum de 2,5 %. A ses côtés, existent des taxons méso-thermophiles comme le chêne, le charme et le noisetier. En variété et quantité non négligeable, des plantes d'eau peu profonde profitent d'un changement local de la dynamique de la Vilaine pour coloniser les bords ou les bras morts de la rivière. Cet enregistrement sédimentaire peut correspondre à la fin de l'interstade Bölling-Allerød. L'augmentation des armoises vers le sommet de la couche, allant de pair avec une raréfaction des ligneux méso-thermophiles, pourrait marquer l'entrée dans le Dryas récent. Dans le Nord-Ouest de la France, près d'une vingtaine d'études polliniques recourent ces périodes tardiglaciaires (Barbier, 1999 ; Gaudin, 2004 ; Marguerie, 1997 ; Marguerie, Marcoux, 2000 ; Morzadec-Kerfourn, 1974 ; Ouguerram, 2002 ; Planchais, 1971 ; Visset, 1979, 1982). Dans tous les cas, les taux de pollens d'arbres sont très faibles aussi bien dans les parties orientales, qu'occidentales du Massif armoricain. Les faibles quantités de pollens de pin systématiquement enregistrées dans les analyses armoricaines tranchent avec celles connues dans le Bassin parisien ou dans les Iles britanniques.

Des comparaisons peuvent aussi être tentées avec les grands bassins fluviaux du nord de la France comme ceux de la Loire (Carcaud *et al.*, 2002) et de la Seine (Pastre *et al.*, 2002a). Dans le Bassin de la Loire moyenne, N. Carcaud met en évidence une baisse de la dynamique fluviale weichseilienne avec la formation de tourbe dès le début du Tardiglaciaire. En région parisienne, au Closeau (Pastre *et al.*, 2000), un spectre pollinique attribué à l'Allerød (Leroyer, Allenet, 1997 ; Leroyer *et al.*, 2011) marque la fin de la mise en place de la séquence argileuse grise du fond du lit majeur de la Seine.

La séquence sédimentaire suivante (S2) faite de graves assez grossières 1074 entaillant les argiles grises correspond à une reprise fluviale très active, dominée par un transport par roulement défavorable à la conservation de résidus botaniques. N'ayant pu être datée, elle est à placer entre la péjoration climatique du Dryas récent et le début de l'Atlantique. Sans doute peu développée et affectée par des nouvelles phases de reprises chenalisées, la séquence Pré-boréal / Boréal n'est pas représentée sur le site de la station République. Toutefois, une étude des sédiments plio-quadernaires, effectuée en basse Vilaine dans les marais de Redon (Durand, Kerfourn, 1961) fait état de sédiments gris très argileux, épais (3 à 17 m), passant à des vases plus organiques, voire tourbeuses, dont la base remonte au Boréal. Cette discontinuité plus ou moins marquée du Boréal, observée sur les coupes de la station République corrobore le regain d'activité hydrodynamique de la transition Boréal-Atlantique et/ou de l'Atlantique ancien, également observé dans le Bassin parisien (Pastre *et al.*, 2002b).

L'augmentation de la composante sableuse, l'apport de limons et la présence de quelques lentilles d'argile dans la séquence sablo-graveleuse assez bien triée S3 (unités 1063/1061/1060/1062/1066, Cp1 et unité 1073, Cp4) caractérisent une baisse notable de l'énergie du courant. La souche en position de vie dans l'unité 1073 puis tronquée par les apports sédimentaires postérieurs (Fig. 9) ainsi que l'oxydation localisée du sédiment 1063 révèlent la formation d'un fluvisol (Baize, Girard, 2009) au cours de l'Atlantique (vers 5850-5560 cal BC). Pour cette même époque, en Angleterre, R.I. Macphail (1987) observe les premières traces de lessivage dans les paléosols. Elles annoncent la dégradation de la forêt que des travaux plus récents mettent sur le compte de changements climatiques plutôt que d'activités anthropiques (Brown, 1997).

Puis le courant reprend de sa vigueur entraînant la mise en place de la séquence S4. L'attaque des berges qui en résulte génère des bois flottés (5993-5710 cal BC) se mélangeant aux graviers grossiers (unité 1072, Cp4). Le courant faiblit de nouveau progressivement (unités 1071/1070, Cp4

) jusqu'à la fin de l'Atlantique (bois flotté de l'unité 1076, Cp4, daté de 4550-4325 cal BC et au début du Subboréal (S5 ; unités 1054, Cp2 à 1051, Cp1). C'est également à l'Atlantique qu'apparaissent les premiers apports limoneux francs (unités 1066, Cp1/S3 et 1071/1070, Cp4/S4) sans doute en provenance des versants en voie d'érosion.

Au cours de l'Atlantique, la dynamique de la Vilaine se caractérise donc par un courant fort à transport par roulement dominant, peu propice au dépôt et à la conservation des restes végétaux. Cette phase active va se poursuivre, en s'amenuisant légèrement, jusqu'au début du Subboréal. Une datation C14 effectuée sur des troncs d'arbres subfossiles trouvés dans la gravière de Cramoux, sur le cours du Meu, affluent de la Vilaine, place la limite des graviers/limons vers 5140 ± 100 BP (4170-3700 cal BC), au début du Subboréal (Jigorel, 1972, 1978).

2) Des premiers défrichements dans le bassin versant à l'aménagement du Port rennais

Entre 4500 et 4200 cal. BC (S5), l'accumulation d'une cinquantaine de troncs de chênes livre l'image d'un événement bref mais suffisamment important pour avoir entraîné la mort d'une partie des arbres de la forêt riveraine (Fig. 10-1, Fig. 10-2). Doit-on pour cet épisode s'orienter vers une cause météorologique soudaine (tempêtes, pluies diluviennes entraînant une crue...) ou faut-il plutôt voir ici le résultat d'activités humaines dans la vallée de la Vilaine (déforestation, rejets d'activités artisanales ou constructions...) ? Quelques éléments de réponse sont fournis par l'analyse des taux de croissance des arbres appartenant à cette phase. En effet, deux «dendro-groupes» s'opposent très nettement ; le premier de croissance moyenne assez lente et régulière (environ 1 mm/an ; Fig. 10-3) pourrait trahir la présence du chêne sessile au sein du peuplement forestier. La différenciation anatomique de son bois avec celui du chêne pédonculé reste pourtant délicate voire impossible (Feuillat *et al.*, 1997). Le développement de ces arbres matures mais non-sénescents (80-100 ans) s'est effectué en milieu forestier dense à forte concurrence inter-individuelle. Pourtant ces chênes ne portent aucun signe de dépérissement lié aux inondations, contrairement aux dépôts suivants (*cf. infra*). Cela peut, là encore, conduire à penser qu'il s'agit bien de chênes sessiles, qui affectionnent les stations forestières bien drainées. La présence naturelle de cette espèce dans les chenaux de la Vilaine nécessite, par conséquent, quelques explications.

1^e hypothèse : ces troncs proviennent de zones situées en amont, favorables à leur développement ; ces arbres sont tombés pour une raison indéterminée dans la rivière qui les a transportés. Or la présence de plusieurs aubiers complets tend à contredire partiellement cette version des faits. En effet, si cette partie du bois, la plus fragile, est encore présente, cela signifie que les arbres rattachés à ce "dendro-groupe" sont tombés sur place ou n'ont subi qu'un déplacement limité dans l'espace et le temps.

2^e hypothèse : ces troncs proviennent des berges à proximité de la zone de dépôt. Des chênes sessiles ont été arrachés aux rives lors d'une divagation rapide de la Vilaine, après une période de basses eaux suffisamment longue pour autoriser le développement de cette espèce en zone inondable. Différentes études dendrochronologiques menées dans la Grande Brière (Loire-Atlantique ; Girardclos *et al.*, 1996) et autour de Dol-de-Bretagne (Ille-et-Vilaine ; Laporte *et al.*, 2003 ; Sergent, 2003) mettent en évidence à la transition entre l'Atlantique et le Subboréal des phases d'atterrissement qui permirent pendant environ 500 ans, une reconquête forestière des marais par les chênes. Cette version serait donc parfaitement défendable, si l'on en juge par la reprise d'activité de la rivière à la fin de la période S5 (*cf. supra*).

3^e hypothèse : des hommes se sont débarrassés de ces troncs en les jetant dans la Vilaine. On verra dans ce qui suit, qu'à défaut de vestiges archéologiques tangibles (céramique, lithique, structures aménagées...), les bois étudiés signalent une présence pourtant discrète de l'homme.

Il est vrai que le second dendro-groupe réunit des chênes dont les croissances fortes oscillent entre 2 et 7 mm/an. Ces taux de croissance sont ceux d'un milieu très ouvert avec des arbres libérés de toute concurrence et sans stress apparent (Fig. 10-3). Aucun de ces individus contient la moindre trace d'aubier. Bien au contraire, la surface des troncs semble très érodée, ce qui signifie que ces fûts ont été flottés, roulés sur une longue distance ou pendant un long moment ou qu'ils ont été exposés aux intempéries pendant quelques années avant d'atteindre le fleuve.

La présence de ces bois est d'autant plus troublante que, parmi les échantillons de cette phase chronologique, cinq bois sont carbonisés et trois pourraient avoir été travaillés (encoches et traces de débitage). Toutefois, les échantillons carbonisés et les échantillons à forte croissance sont parfaitement contemporains ; cela signifie que la forêt était déjà ouverte lorsque les bois ont brûlé. Par conséquent, ces indices dendro-archéologiques d'anthropisation prouvent l'existence de parcelles forestières exploitées par l'homme, bien qu'aucun argument palynologique ne puisse actuellement valider cette hypothèse à l'emplacement même du site. On doit donc envisager, quelque part en amont, une zone de forêt défrichée et occupée au Néolithique.

En Touraine, bien qu'il ne semble y avoir aucune influence sur la dynamique naturelle de la Loire, les premiers éclaircissements forestiers anthropiques apparaissent dès le Néolithique ancien vers 4675 BC (Carcaud *et al.*, 2002).

Dès le début du Subboréal (4543-4235 cal BC), la dynamique de fonctionnement de la Vilaine semble changer. La rivière coule désormais calmement entre des berges colonisées par une aulnaie dans laquelle croissent également le frêne et le piment royal (1054/1049 ; Cp1). De premiers témoins de céréaliculture apparaissent en fin de cette séquence. A l'image du site d'habitat néolithique du *Haut Mée* (Saint-Etienne-en-Coglais, Ille-et-Vilaine), localisé à une vingtaine de kilomètres au Nord-Est de Rennes, attribué à la culture du « Villeneuve-Saint-Germain » et daté entre 5045-4725 cal BC et 3890-3535 cal BC, l'empreinte anthropique reste cependant très locale et ténue sur les bords de la Vilaine à Rennes. Les données dendro-anthracologiques acquises sur le site du Haut Mée font par ailleurs état d'une chênaie dense avec quelques indices d'ouverture (Marguerie, 1998).

Ce passage progressif de dépôts sableux issus de courants reprenant les bords ou les fonds des chenaux, à un écoulement favorisant la mise en place de formations limoneuses fines, est également observé dans les vallées du Bassin parisien (Krier *et al.*, 1991 ; Pastre *et al.*, 2002a). Cette transition vers une certaine stabilité de la dynamique fluviale a également été observée dans le bassin de la Loire (Carcaud *et al.*, 2002). Pourtant, avant d'atteindre cette stabilisation des flux, la phase dendrochronologique comprise entre -3748 et -3602 est marquée par un changement de dynamique de la rivière et/ou une dégradation climatique (S6). En effet, un épisode d'inondations importantes semble marquer la période entre -3700 et -3600, pendant laquelle de brefs répit (de 1 à 10 ans) ponctuent des phases de crues intenses (de 10 à 30 ans) (Fig. 11). A la même période dans le Bassin parisien, plusieurs sites le long de la vallée de l'Oise étudiés en dendrochronologie conduisaient aux mêmes conclusions (Bernard, 1997). Dans les Alpes et le Jura, les années 3650 av. J.-C. semblent inaugurer une période transgressive d'environ 400 ans (Magny, 1995).

Vers 3700-3140 cal BC (base S7), le climat assez humide maintient encore majoritairement les chenaux en eau libre, alors que le développement du tilleul semble toujours indiquer une température moyenne élevée. Aucun indice d'occupation des environs par des sociétés protohistoriques n'est sensible à travers les analyses dendrochronologiques et palynologiques. Toutefois, on ne peut exclure des défrichements ponctuels dans un contexte naturel encore

largement forestier, rendant ainsi leur perception délicate par les marqueurs paléo-environnementaux.

L'apport de plus en plus important de limons des versants vers la fin du Subboréal (1041j/1041i/1041h/ 1048/1046, Cp1 ; 2885-2694 cal BC, S7) est sans doute à mettre en relation avec un recul de la chênaie et de l'aulnaie même si aucun indice pollinique de céréaliculture n'est attesté. On note durant cette période une diminution des plantes d'eau libre. Ce sont probablement ces conditions favorables en période de basses eaux dormantes vers -2800 (date dendrochronologique) qui permettront le redéploiement de la ripisylve dans des zones habituellement soumises aux inondations, et cela pendant près de 160 ans (Fig. 10-2 et Fig. 11). Pourtant, la forêt post-pionnière de bois durs, en principe plus stable et plus résistante aux changements, accuse les premiers signes d'un déclin progressif vers -2700 (date dendrochronologique). Car déjà, de nouvelles remontées du niveau d'eau viennent asphyxier les systèmes racinaires des chênes, mal adaptés aux sols hydromorphes (S8). Pendant cette phase, d'importants stress de croissance, dont certains durent près de 50 ans, évoquent des arbres qui se seraient développés dans des zones marécageuses (Fig. 11).

L'activité anthropique, si elle a existé pendant cette étape de reprise forestière reste imperceptible à partir des données polliniques et des séries dendrochronologiques. Or, la déforestation qui s'amorce vers 3800 BP dans le bassin de la Vilaine n'est sans doute pas totalement étrangère à la déstabilisation massive de limons issus des versants. Ce phénomène est également observé dans le Bassin parisien dès 4000 BP (Pastre *et al.*, 2002a).

Au début du Subatlantique (S9, 2210-1880 cal BC), l'activité humaine dans le bassin versant de la Vilaine est essentiellement marquée par la déforestation et par un recul important du tilleul dans la composition de la chênaie diversifiée. La crise hydrologique active d'une péjoration climatique globale qui marque ce début du Subatlantique (S10) est également remarquée dans le Val de Loire avec un décalage dans le temps selon les lieux et bien que l'occupation humaine s'y révèle encore très ténue (Carcaud *et al.*, 2002 ; Van Geel, Magny, 2002). L'occupation des versants va de pair avec une nette reprise de la dynamique fluviale (Fig. 6), caractérisée par les apports sablo-limoneux (unité 1056 ; Cp1), puis gravelo-sableux (unités 1059/1058 ; Cp1) et par l'érosion localisée des berges (unité 1064 ; Cp1/S11). A la fin du Néolithique, on assiste à une remontée de la nappe phréatique qui a pour conséquence l'asphyxie d'arbres signalée par un stigmatisme dendrochronologique caractéristique sur le bois 1038 dans S7 à -3700 et -3140 et par la souche de bois 1047 en S8, datée de 2475-2135 cal BC (Tab. III).

Enfin, lors du creusement de la cale du XIX^e siècle (S13), les niveaux antiques et historiques anciens disparaissent à l'aplomb de la place de la République, mais sont bien documentés place Saint-Germain (Beuchet *et al.*, 2017). Le dernier niveau (unité 1045 ; Cp1), composé de sédiments argileux finement lités issus des décantations du bassin portuaire, correspond au fonctionnement en eau calme de la cale du Pré Botté pendant la seconde moitié du XIX^e siècle. Le spectre pollinique montre l'absence de plantes aquatiques, ce qui laisse supposer un bon entretien d'une zone à l'activité humaine intense.

V - CONCLUSION

Cette étude paléoenvironnementale livre pour la première fois un enregistrement sur le long terme de la dynamique de fonctionnement de la Vilaine dans le bassin de Rennes, de l'évolution de l'environnement et de la part anthropique dans cette évolution depuis le Tardiglaciaire jusqu'aux périodes historiques. La stratigraphie et les datations ont permis d'établir une chronologie précise

des événements. L'écoulement de la Vilaine qui se fait selon un système à chenaux multiples, semble suivre le schéma général des autres grands fleuves du nord de la France. Si l'homme semble peu influencer le milieu avant 4800 BP, l'ouverture forestière qui semble bien acquise au Néolithique n'est sans doute pas étrangère à l'arrivée massive de limons et à la remontée des nappes phréatiques à la fin du Néolithique.

L'épaisseur des dépôts sur plus de 10 000 ans est ici fort modeste. La variabilité de la dynamique d'écoulement et le recoupement de nombreux chenaux font apparaître des lacunes sédimentaires importantes qu'il reste difficile d'apprécier en volume. Mais, même lacunaire, cette première approche compte pour la région. D'ores et déjà complétée par des récents travaux de la place Saint-Germain à Rennes, elle devra être consolidée lors des chantiers futurs menés dans l'agglomération rennaise et dans le bassin versant.

REMERCIEMENTS

Nos plus vifs remerciements vont à Marie-Josée PENVEN pour ses précieux conseils dans la relecture constructive et bienveillante de la première version de notre manuscrit. Nous remercions également les deux rapporteurs anonymes pour leur relecture détaillée et leurs suggestions pertinentes qui nous ont permis d'améliorer cet article.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Aubry, L., collectif, 1999. Rennes, Place de la République 35 238 72 (Ille et Vilaine). Document final de synthèse 01/12/97-10/04/98, Ministère de la Culture, SRA de Bretagne. AFAN, Rennes, 151 p.

Baillie, M. G. L., Pilcher, J. R., 1973. A simple crossdating program for tree-ring research. *Tree-Ring Bulletin*, 33 : 7-14.

Baize, D., Girard, M.-C., 2009. *Référentiel pédologique*. AFES, Savoir Faire, Quae, 400 p.

Barbier, D., 1999. Histoire de la végétation du nord-mayennais de la fin du Weichsélien à l'aube du XXI^e siècle. Mise en évidence d'un Tardiglaciaire armoricain. Interactions Homme-milieu. Thèse de doctorat, Université de Nantes, France, 284 p.

Becker, B., Billamboz, A., Egger, H., Gassmann, P., Orcel, A., Orcel, C. et Ruoff, U., 1985. *Dendrochronologie in der Ur und Frühgeschichte. Die absolute Datierung von Pfahlbausiedlungen nördlich der Alpen im Jahringkalender Mitteleuropas*. Société suisse de préhistoire et d'archéologie, Antiqua, 11, Bâle.

Bernard, V., 1997. Influences d'origine climatique dans le développement de la forêt et dans l'occupation de la vallée de l'Oise au Néolithique final. Apport de la dendrochronologie. *Actes du XXI^e colloque néolithique Interrégional*. Strasbourg, 213-221.

Bernard, V., 2003. North-western French Neolithic dendrochronology: prospects for a 2000 year oak chronology. *Meas. Sci. Technol.*, vol. 14 : 1510-1515. De <http://www.iop.org/EJ/abstract/0957-0233/14/9/303>.

Berthois, L., 1928. Contribution à l'étude des sédiments meubles de la vallée de la Vilaine aux environs de Bourg-des-Comptes. *Bulletin de la Société géologique et minéralogique de Bretagne*, vol. IX, n°1-2-3-4 : 16-33.

Beuchet, L., Arthuy, R., Barbier-Pain, D., Barracand, G., Bernard, V., Besombes, P.-A., Borvon, A., Cardon, T., Esnault, J., Hallavant, C., Jovenet, E., Labaune-Jean, F., Le Digol, Y., Poilpre, P., Portet, N., Vissac, C., 2017. *Naissance et évolution d'un quartier de Rennes, de l'Antiquité tardive à 1944, Place Saint-Germain, Rennes, (Ille-et-Vilaine) : rapport de fouille*. Inrap GO, Cesson-Sévigné, 4 vol. 1940 p.

Billamboz, A., 2002. Le potentiel de l'hétéroconnexion dendrochronologique pour l'approche paléoécologique et paléoclimatologique. Applications aux constructions palafittiques des âges des Métaux dans le Sud-Ouest de l'Allemagne. In H. Richard, A. Vignot (dir.). *Équilibres et ruptures dans les écosystèmes durant les 20 derniers millénaires en Europe de l'Ouest*. Actes du colloque international de Besançon, septembre 2000. Presses universitaires Franc-comtoises, Besançon, 375-385.

Billamboz, A., 2008. Dealing with heteroconnections and short tree-ring series at different levels of dating in the dendrochronology of the Southwest German piledwellings. *Dendrochronologia*, 26 (3) : 145-155. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2008.07.001>.

Brown, A. G., 1997. Alluvial geoarchaeology, Flood plain archaeology and environment change. *Cambridge Manuals in Archaeology*. Cambridge University Press, Cambridge, 377 p.

Carcaud, N., Garcin, M., Visset, L., Mush, J., Burnouf, J., 2002. Nouvelle lecture de l'évolution des paysages fluviaux à l'Holocène dans le bassin de la Loire moyenne. In J.-P. Bravard, M. Magny (dir.). *Histoire des rivières et des lacs de Lascaux à nos jours*. Errance, Paris, 71-84.

David, R., 2014. Modélisation de la végétation du Nord-Ouest de la France : reconstruction de la chronologie et de l'évolution du couvert végétal du Bassin parisien et du Massif Armoricaïn. Thèse de doctorat, Université de Rennes 1, France, 278 p.

Durand, S., Kerfourn, M.-T., 1961. Etude de sédiments plio-quadernaires du Val de Vilaine aux environs de Redon (I.&V.). *Bulletin de la Société géologique et minéralogique de Bretagne*, nouvelle série, vol. 1 et 2 : 103-114.

Eckstein, D., 1969. Entwicklung und Anwendung der Dendrochronologie zur Alterbestimmung der Siedlung Haithabu. Thèse de doctorat, Université de Hambourg, Allemagne, 113 p.

Fægri, K., Iversen, J., 1989. *Textbook of Pollen Analysis*. John Wiley & Sons, 4^e édition, Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore, 328 p.

Feuillat, F., Dupouey, J.-L., Sciama, D., Keller, R., 1997. A new attempt at discrimination between *Quercus petraea* and *Quercus robur* based on wood anatomy. *Canadian Journal in Forestry Research*, vol. 27 : 343-351.

Gaudin, L., 2004. Transformations spatio-temporelles de la végétation du nord-ouest de la France depuis la fin de la dernière glaciation. Reconstitutions paléo-paysagères. Thèse de doctorat, Université de Rennes 1, France, 763 p.

Gassmann, P., Egger, H., Burri, N., 1985. Situation actuelle du travail au laboratoire de dendrochronologie de Neuchâtel. *Dendrochronologia*, 3 : 177-192.

Girardclos, O., Lambert, G.-N., Lavier, C., 1996. Oak tree-ring series from France between 4000 BC and 800 BC. In *Tree-rings, Environnement and Humanity, Radiocarbon*, 751-768.

Goeury, C., 1997. GPalWin : Gestion, traitement et représentation des données de la paléoécologie. *Actes du XVe symposium de l'APLF*, Lyon, 31.

Hillam, J., 1994. The dating of oak timbers from the Wootton Quarr Survey, Isle of Wight. *Ancient Monument Laboratory Reports* 10/1994 (new series), 18 p.

Jigorel, A., 1972. Etude géologique et géotechnique des alluvions de la Vilaine. DEA, Géologie, Université de Rennes 1, France 26 p.

Jigorel, A., 1978. Contribution à l'étude géologique des alluvions du cours de la Vilaine. Thèse de 3^e cycle/géologie continentale, Université de Rennes 1, France, 153 p.

Jumel, G., Monnier, J.-L., 1990. Le gisement paléolithique inférieur de Saint-Malo-de-Phily (Ille-et-Vilaine) : une confirmation géologique et archéologique. *Revue archéologique de l'ouest*, 7 : 5-8.

Juvigne, E., 1973. Une méthode de séparation des pollens applicable aux sédiments minéraux. *Annales Société géologique de Belgique*, vol. 96 : 253-262.

Krier, V., Leroyer, C., Limondin, N., 1991. Approche pluridisciplinaire de l'environnement du site Holocène de Verrières (Vallées de la Seine, Aube). *116^e Congrès national des sociétés savantes*. Éditions CTHS, Chambéry, 47-59.

Lambert, G.-N., 1993. Dendrochronologie dans le Jura. *Jura Nature*, 54, Lons-le-Saunier : 27-29.

Lambert, G.-N., Durost, S., Cuaz, J., 2005. 2500 years from dendrochronology back to ancient French human biotopes. Trees studied: low altitude oaks. In I. Heinrich, M. Monbaron (ed.). *Annual conference on Tree Ring, Climate, Archaeology and Environment (TRACE), Fribourg, 21-23 Apr. 2005. Association for Tree Ring Research (ATR)*. Fribourg, Switzerland, vol. 4, 244-264.

Laporte, L., Bernard, V., Bizien-Jaglin, C., Blanchet, S., Dietsch-Sellami, M.-F., Guitton, V., Guyodo, J.-N., Hamon, G., Madioux, P., Naar, S., Nicollin, F., Noslier, A., Oberlin, C., Quesnel, L., 2003. Aménagements du Néolithique moyen dans le marais de Dol, au pied de la butte de Lillemer (Ille-et-Vilaine) : les apports d'un programme de prospection thématique. *Revue Archéologique de l'Ouest*, vol. 20 : 127-153.

Leroyer, C., Allenet de Ribemont, G., 1997. Analyse pollinique des sites archéologiques de Rueil-Malmaison " Les Closeaux ". Rapport d'analyse. DFS de sauvetage urgent, 27p.

Leroyer, C., Chausse, C., Allenet de Ribemont, G., 2011. Évolution des environnements tardiglaciaires dans le bassin moyen de la Seine. In P. Brun, P. Soulier (dir.). *Archéologie du Bassin parisien, réseaux de sites et réseau d'acteurs*, 161-170.

Leuschner, H. H., 1992. Subfossil Trees. Tree-rings and environnement. *Lundqua report*, vol. 34 : 193-197.

Macphail, R. I., 1987. A review of soil science in archaeology in England. In H.C.M. Keeley (ed.). *Environmental Archaeology: a regional review*. English Heritage Commission Occasional paper, London, vol. 1, 332-379.

Magny, M., 1995. *Une histoire du climat, des derniers mammouths au siècle de l'automobile*. Errance, Paris, 176 p.

Mangerud, J., Andersen, S. T., Berglund, B. E., Donner, J. J., 1974. Quaternary stratigraphy of Norden, a proposal for terminology and classification. *Boreas*, 3 (3) : 109-128.

Marguerie, D., 1997. Résultats d'étude pollinique menée sur le site de la Minette. Rapport d'analyses, UMR 6566 Rennes 1, inédit, 10 p.

Marguerie, D., 1998. Etude anthracologique sur l'habitat du Haut Mée (St Etienne-en-Coglès, Ille et Vilaine). Rapport d'analyses, UMR 6566, Université de Rennes 1, inédit, 16 p.

Marguerie, D., Marcoux, N., 2000. La tourbière de Langazel (Trémaouézan, Finistère), étude pollinique. Rapport d'analyses, UMR 6566, Rennes, inédit, 58 p.

Marguerie, D., 2009. Interactions sociétés-milieus dans le nord-ouest de la France à l'Holocène récent : méthodologie et données archéobotaniques. Habilitation à diriger des recherches, Université de Rennes 1, France, 440 p.

Mc Andrews, J. H., Berti, A. A., Norris, G., 1973. Key to the quaternary pollen and spores of the Great Lakes region. Royal Ontario Museum, Life Sciences Miscellaneous Publication. 61 p.

Monnier, J.-L., Jumel, G., Jumel, A., 1981. Le Paléolithique inférieur de la côte 42 à Saint-Malo-de-Phily (Ille-et-Vilaine) Stratigraphie et industrie. *Bulletin Société préhistorique française*, 78, 10/12, Études et Travaux : 317-328.

Moore, P. D., Webb, J. A., Collinson, M. E., 1991. Pollen analysis. Blackwell Scientific publications, second edition, Oxford-London-Edinburgh-Boston-Melbourne-Paris-Berlin-Vienna. 216 p.

Morzadec-Kerfourn, M.-T., 1974. Variations de la ligne de rivage armoricaine au Quaternaire, analyses polliniques de dépôts organiques littoraux. *Mémoires Société Géol. Minéral. Bretagne*, 17, 208 p.

Oillic, J.-C., 2011. Végétation, peuplement, métallurgie en Brocéliande : étude interdisciplinaire de la forêt de Paimpont (Bretagne, France) depuis la fin du Tardiglaciaire. Thèse de doctorat. Université de Rennes 1, France, 321 p.

Ouguerram, A., 2002. Histoire de la vallée de l'Erdre (affluent de la Loire, Massif armoricain, France) de la fin du Tardiglaciaire aux époques actuelles. Thèse de doctorat, Université de Nantes, Groupe d'étude des milieux naturels, France.

Passega, R., 1964. Grain size representation by C.M. patterns as a geological tool. *Journ. Sedim. petrology*, vol. 34, n°4 : 830-847.

Passega, R., 1977. Significance of CM diagrams of sediments deposited by suspensions. *Sedimentology*, vol. 24 : 723-733.

Pastre, J.-F., Leroyer, C., Limondin-Lozouet, N., Chausse, C., Fontugne, M., Gebhardt, A., Hatte, C., Krier, V., 2000. Le Tardiglaciaire des fonds de vallée du Bassin parisien (France). *Quaternaire*, vol. 11, n°2 : 107-102.

Pastre, J.-F., Leroyer, C., Limondin-Lozouet, N., Orth, P., Chausse, C., Fontugne, M., Gauthier, A., Le Jeune, Y., Saad, M.-C., 2002a. Variations paléoenvironnementales et paléohydrologie durant les 15 derniers millénaires : les réponses morphosédimentaires des vallées du Bassin parisien (France). In J.-P. Bravard, M. Magny (dir.). *Histoire des rivières et des lacs de Lascaux à nos jours*. Errance, Paris, 29-44.

Pastre, J.-F., Leroyer, C., Limondin-Lozouet, N., Fontugne, M., Hatte, C., Krier, V., Kunesch, S., Saad, M.-C., 2002b. L'Holocène du Bassin parisien : variations environnementales et réponses géotectoniques des fonds de vallées. In H. Richard, A. Vignot (dir.). *Équilibres et ruptures dans les écosystèmes durant les 20 derniers millénaires en Europe de l'Ouest*. Actes du colloque international de Besançon, septembre 2000, Annales littéraires. Presses universitaires Franc-Comtoises, Série « Environnement, sociétés et archéologie », Besançon, vol. 730, n° 3, 61-74.

Penven, M.-J., Marguerie, D., Dupont, N., 2011. Les plaines alluviales de la Basse Vilaine : les temps d'évolution. Colloque Inondations dans le bassin de la Vilaine : paramètres hydro-géomorphologiques et flux terrigènes, 15 juin 2011. IAV/Rennes 1.

Penven, M.-J., Marguerie, D., Pichot, D., Charrieau, L., Aoustin, D., Dupont, N., 2012. Les paysages de la Vilaine aval depuis le Néolithique jusqu'au 18ème siècle, entre influences fluviales, marines et humaines. Rapport MSHB, 76 p., inédit.

Penven, M.-J., Marguerie, D., 2015. Chapitre 1 : Les Marais de Redon : la construction d'un paysage au fil des métamorphoses d'un fleuve. In D. Pichot, G. Provost (dir.). *Histoire de Redon. De l'abbaye à la ville*. Actes colloque Redon : de l'abbaye à la ville. Octobre 2013. PUR, Rennes, 18-37.

Planchais, N., 1971. Histoire de la végétation post-würmienne des plaines du bassin de la Loire, d'après l'analyse pollinique. Thèse d'Etat, Montpellier, France, 2 vol., 115 p.

Reille, M., 1992. *Pollens et spores d'Europe et d'Afrique du Nord*. Laboratoire de botanique historique et palynologie, Marseille, 520 p.

Reimer, P. J., Bard, E., Bayliss, A., Blackwell, P. G., Bronk, C., Ramsey, C. B., Butzin, M., Cheng, H., Edwards, R. L., Friedrich, M., Grootes, P. M., Guilderson, T. P., Haflidason, H., Heaton, T. J., Hogg, A. G., Hughen, K. A., Kromer, B., Manning, S. W., Muscheler, R., Palmer, J. G., Pearson, C., Van Der Plicht, J., Reimer, R. W., Richards, D. A., Scott, E. M., Southon, J. R., Turney, C. S. M., Wacker, L., Adolphi, F., Büntgen, U., Capano, M., Fahrni, S. M., Fogtmann-Schulz, A., Friedrich, R., Köhler, P., Kudsk, S., Miyake, F., Olsen, J., Reinig, F., Sakamoto, M.,

Sookdeo, A., Talamo, S., 2020. The IntCal20 Northern Hemisphere Radiocarbon Age Calibration Curve (0–55 cal kBP). *Radiocarbon*, 62, 4: IntCal20: Calibration Issue, August 2020, 725-757. DOI: <https://doi.org/10.1017/RDC.2020.41>.

Riviere, A., 1977. *Méthodes granulométriques : techniques et interprétations*. Masson et Cie (éd), Paris, 170 p.

Salvador, P.-G., 1991. L'étude des plaines alluviales : apport de la morphodynamique fluviale à l'archéologie. Rapport de bourse de recherche, Université Jean-Moulin Lyon 3, Laboratoire de géographie physique, ministère de la Culture, Direction du patrimoine, 147 p.

Sergent, A., 2003. Analyse dendrochronologique de chênes subfossiles des marais de Dol-de-Bretagne (Ille-et-Vilaine). Mémoire de DEA, Université Rennes 1, France, 23 p.

St George, S., Nielsen, E., 2000. Signatures of high-magnitude 19th century floods in *Quercus macrocarpa* tree-rings along the Red River, Manitoba, Canada. *Geology*, vol. 28 : 899-902.

Van Geel, B., Magny, M., 2002. Mise en évidence d'un forçage solaire du climat à partir de données paléo-écologiques et archéologiques : la transition Subboréal-Subatlantique. In H. Richard, A. Vignot (dir.). *Équilibres et ruptures dans les écosystèmes durant les 20 derniers millénaires en Europe de l'Ouest*. Presses universitaires Franc-Comtoises, Série « Environnement, sociétés et archéologie », Besançon, vol. 730, 3, 107-122.

Visset, L., 1979. Recherches palynologiques sur la végétation Pléistocène et Holocène de quelques sites du district phytogéographique de la Basse-Loire. *Bulletin de la Société des Sciences naturelles de l'Ouest de la France*. Nantes, supplément H. S., 282 p.

Visset, L., 1982. Nouvelles recherches palynologiques (Boréal - actuel) dans le marais de Brière : Ile d'Errand en Saint-Malo-de-Guersac (Loire-Atlantique - France). *Bulletin de l'Association française pour l'étude du Quaternaire*, 1 : 29-38.

Liste des Figures

Fig. 1 : Localisation du bassin versant de la Vilaine, sur une carte géologique simplifiée (d'après Jigorel, 1978)

Location of the Vilaine River Basin on a geological map (from Jigorel, 1978)

Fig. 2 : Transect stratigraphique dans le lit de la Vilaine d'après les sondages géotechniques hydrologiques de SIMECSOL (échelle latérale non respectée)

Stratigraphic transect in the Vilaine River bed, following the geotechnical and hydrological bore-holes from SIMECSOL (approximative horizontal scale)

Fig. 3 : Localisation de la fouille et des coupes étudiées sur le plan du vieux Rennes (d'après Beuchet *et al.*, 2017)

*Location of the archaeological dig and the studied profiles on the Old map of Rennes (from Beuchet *et al.*, 2017)*

Fig. 4 : Localisation de toutes les coupes stratigraphiques.

Les transects nord-sud, perpendiculaires au cours de la Vilaine, sont les coupes Cp1, Cp2 et Cp4 détaillés dans le texte. Les autres coupes sont des sondages complémentaires non détaillés dans cette étude. Les pointillés correspondent aux pieux de fondation du Pont-Neuf.

Location of all stratigraphical sections.

The north-south transects, perpendicular to the course of the Vilaine, are sections Cp1, Cp2 and Cp4 detailed in the text. The other sections are from complementary surveys and are not detailed in this study. The dots indicate the foundation posts of the Pont-Neuf.

Fig. 5 : Vue de la stratigraphie générale du site de la station République (Rennes). Chaque couleur correspond à une séquence analysée et présentée en figure 6

General stratigraphy of the Republic Station site (Rennes). Each colour corresponds to an analysed sequence represented in figure 6

Fig. 6 : Texture (a), courbes granulométriques cumulatives (b) de l'ensemble des échantillons de la Vilaine classées par ensemble chronostratigraphique. Représentation de la dynamique d'écoulement de la Vilaine à la station République selon Passega (c). NO : transport par roulement, OP : transport par roulement avec quelques éléments en suspension en nombre croissant de P vers O, PQ : particules en suspension dominantes avec quelques particules roulées sur le fond, QR : sédiments transportés en suspension par les turbulences de fond, RS : suspension uniforme, T : particules transportées par suspensions pélagiques, 1, 2, 3, 9 : mélange de grains transportés en suspensions et par roulement, 8 : suspensions pélagiques, 7 : suspensions uniformes, 4, 5, 6 : transport en suspension gradée.

Texture (a) and cumulative grain size (b) diagrams of the Vilaine River samples, following the chronostratigraphical sequence. Passega graph of the stream dynamic from the Vilaine River (c). NO: uniform rolling, OP: rolling with graded from P to O, PQ: dominant suspensions with some rolling on the depth, QR: suspension on the depth, RS: uniform suspensions, T: pelagic suspensions, 1, 2, 3, 9: mixed rolling and suspension, 8: pelagic suspensions, 7: uniform suspensions, 4, 5, 6: graded suspension

Fig. 7 : Diagramme pollinique des dépôts dégagés à la station République. Les points noirs désignent des valeurs de pollens inférieurs à 1%

Pollen diagram of the Republic station samples. Black dots reveal pollen values under 1%

Fig. 8 : Pieux de fondation du Pont-Neuf. On notera la déformation des couches liée à l'enfoncement des pieux de fondation dans les niveaux à granulométrie variable (cliché L. Aubry, INRAP)

Foundation posts from the Pont-Neuf. Note the deformation of the layers due to the installation of the foundation piles in the levels with variable granulometry. (Photo L. Aubry, INRAP)

Fig. 9 : Vue de détail d'un système racinaire tronqué du site de la station République (Rennes). Limite érosive nette entre 1073 et 1076 (Cp1). Racines datées entre 5850 et 5560 cal BC. (Clichés L. Aubry, INRAP).

Details of a truncated roots system from the site Republic Station site (Rennes). Sharp limit due to erosion between 1073 and 1076 (Cp1), roots dated between 5850 and 5560 cal BC. (Photos L. Aubry, INRAP)

Fig. 10 : Synthèse des données dendrochronologiques. 1 : confrontation des datations radiocarbone et dendrochronologiques. 2 : Couvertures des moyennes dendrochronologiques en nombre de bois datés par année de chronologie. 3 : Tendances de croissance des échantillons

intégrés aux différentes moyennes (les axes de références représentent les tendances de types forestiers actuels différents : 1= milieu dense/croissance lente ; à l’opposé, 3 = milieu ouvert/croissance rapide)

Tree-ring data synthesis. 1: radiocarbon and tree-ring chronologies. 2: number of tree-ring series dated per year. 3: growth patterns of dendro-dated series (reference patterns correspond to distinct forestry sites. 1: high density site/low growth; 3: open site/fast growth)

Fig. 11 : Montage (haut) et bloc-diagramme des séquences individuelles intégrées à la moyenne M20

Cross-dating and bar chart presenting all the tree-ring series integrated in the mean chronology M20

Fig. 12 : Montage (haut) et bloc-diagramme des séquences individuelles intégrées à la moyenne M9

Cross-dating and bar chart presenting all the tree-ring series integrated in the mean chronology M9

Fig. 13 : Séquences sédimentaires principales reconnues et correspondances chronostratigraphiques entre les chenaux de la Vilaine à la station République (Rennes)

Main sedimentological sequences and chronostratigraphical correlations between the Vilaine River channels at the Republic Station (Rennes)

Tab. I : Localisation et description macroscopique des dépôts sédimentaires. Désignation des niveaux analysés et datés

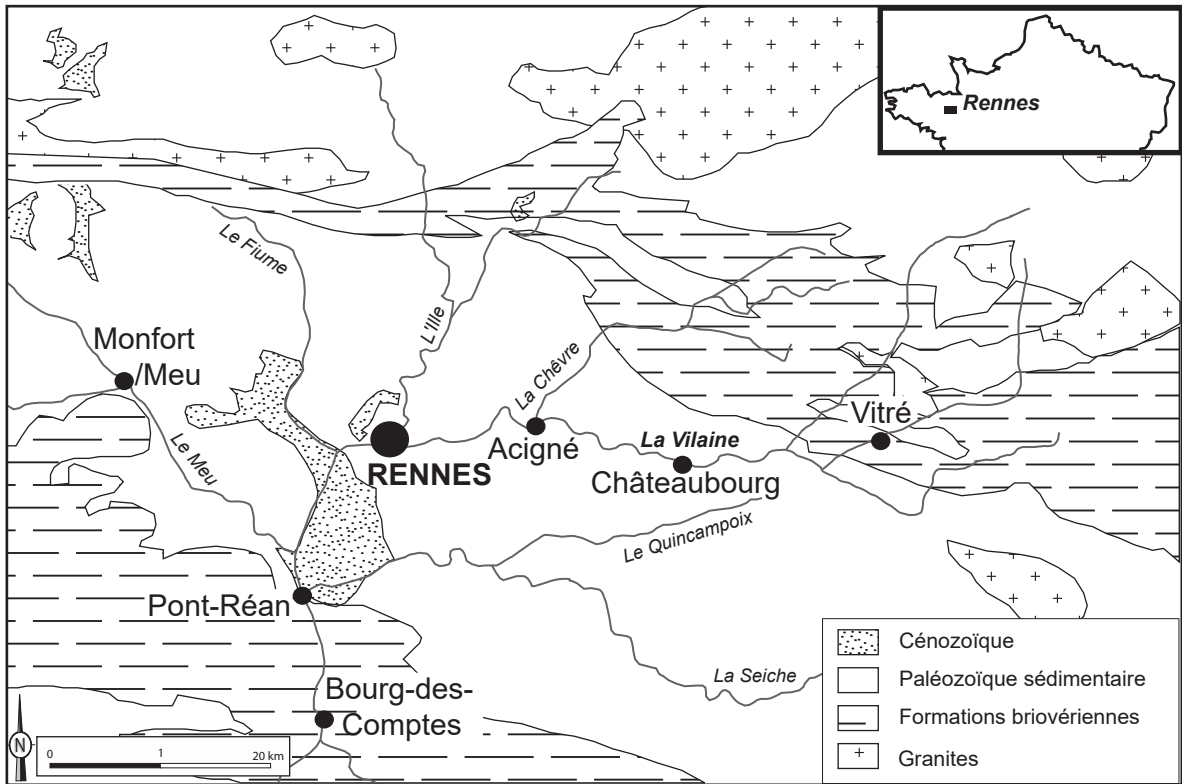
Location and macroscopical description of the deposits. Pointing out of the analysed and dated layers

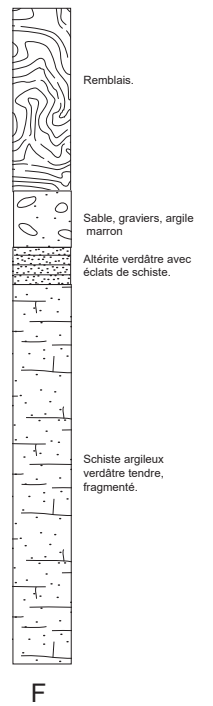
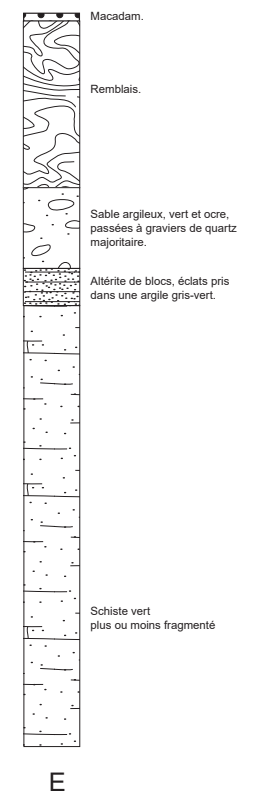
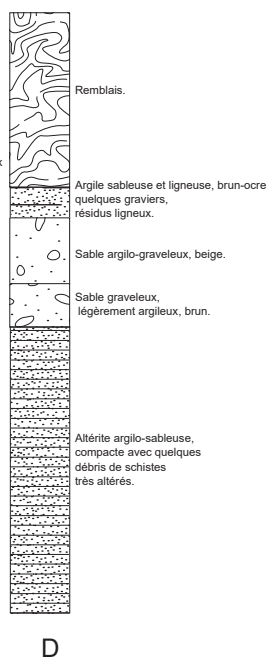
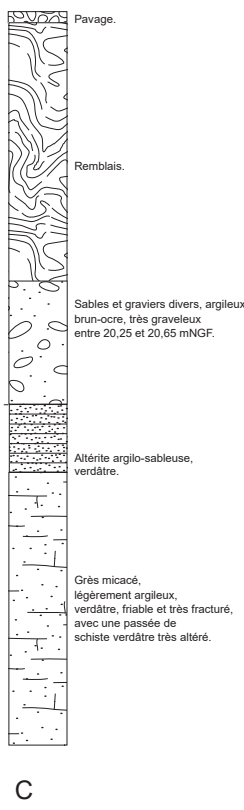
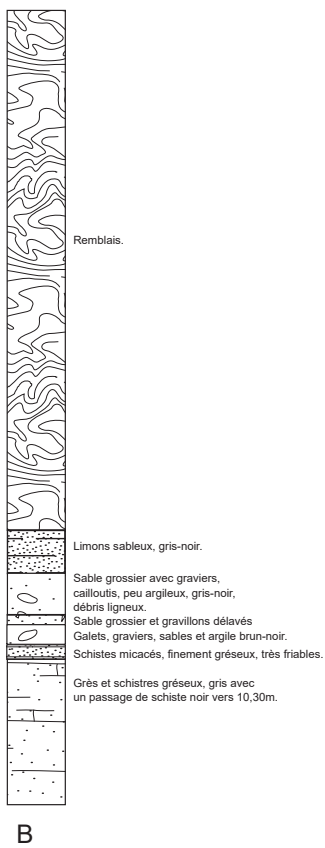
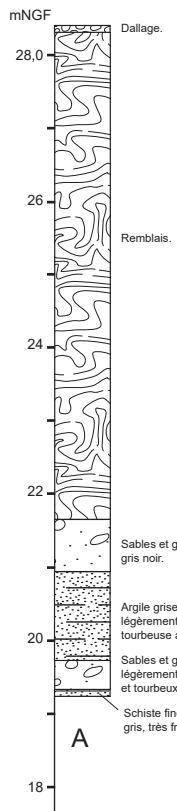
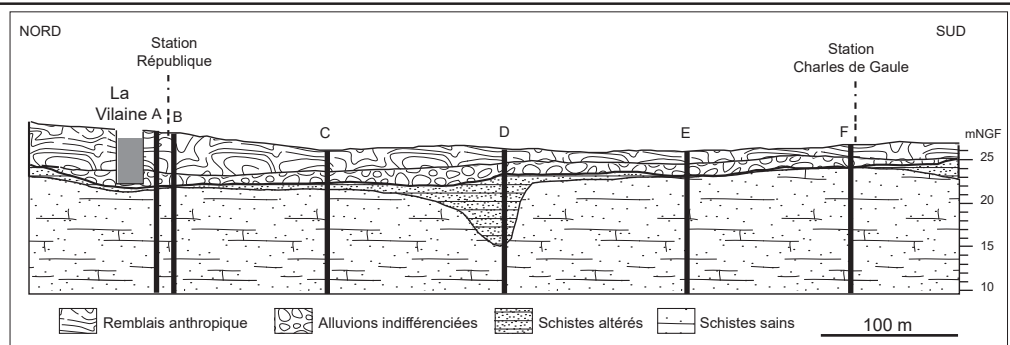
Tab. II – Référentiels dendrochronologiques utilisés pour la datation des bois de la station de métro « République » (Rennes)

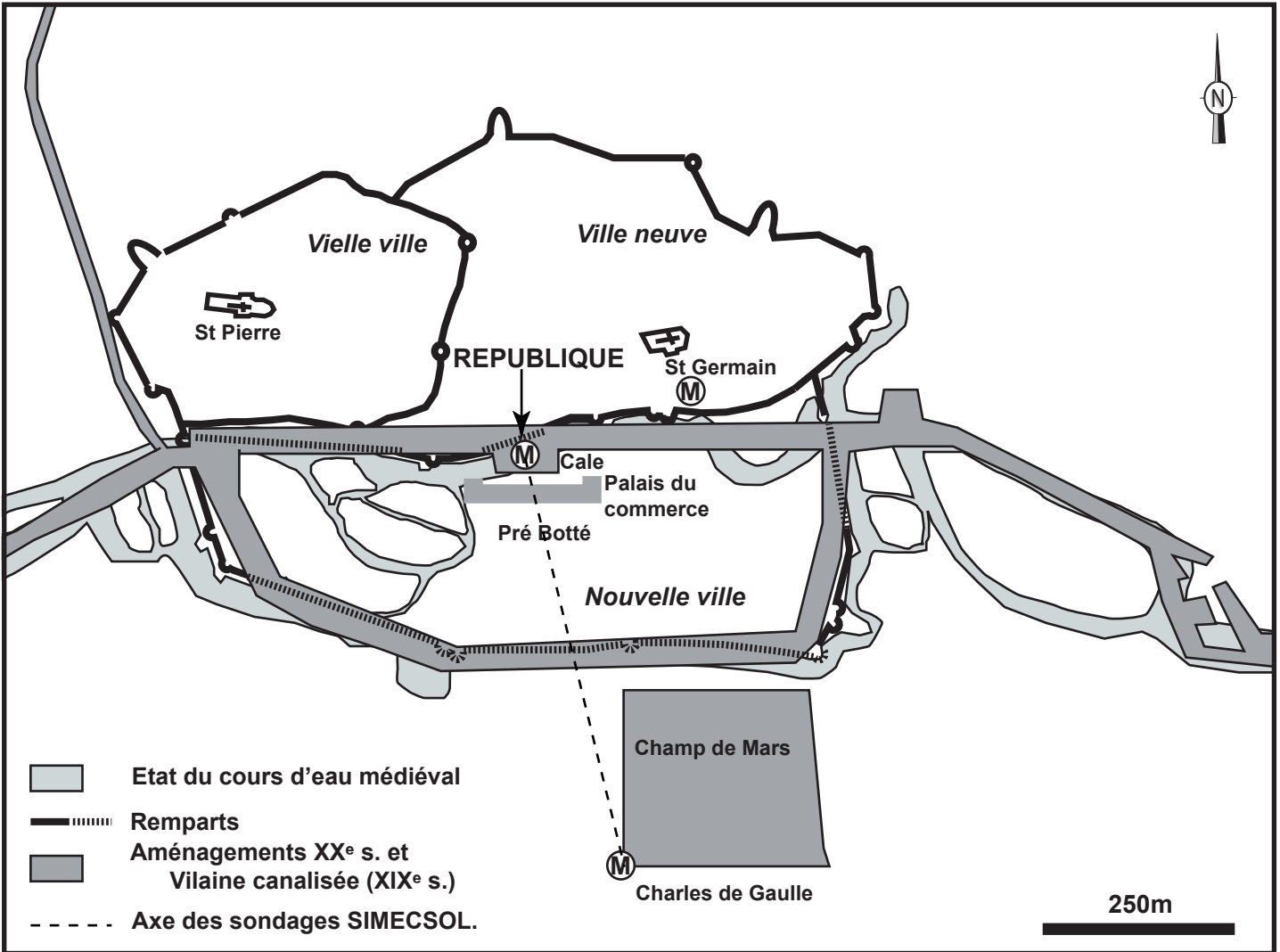
Master chronologies used for tree-ring dating of the subway station “République” (Rennes)

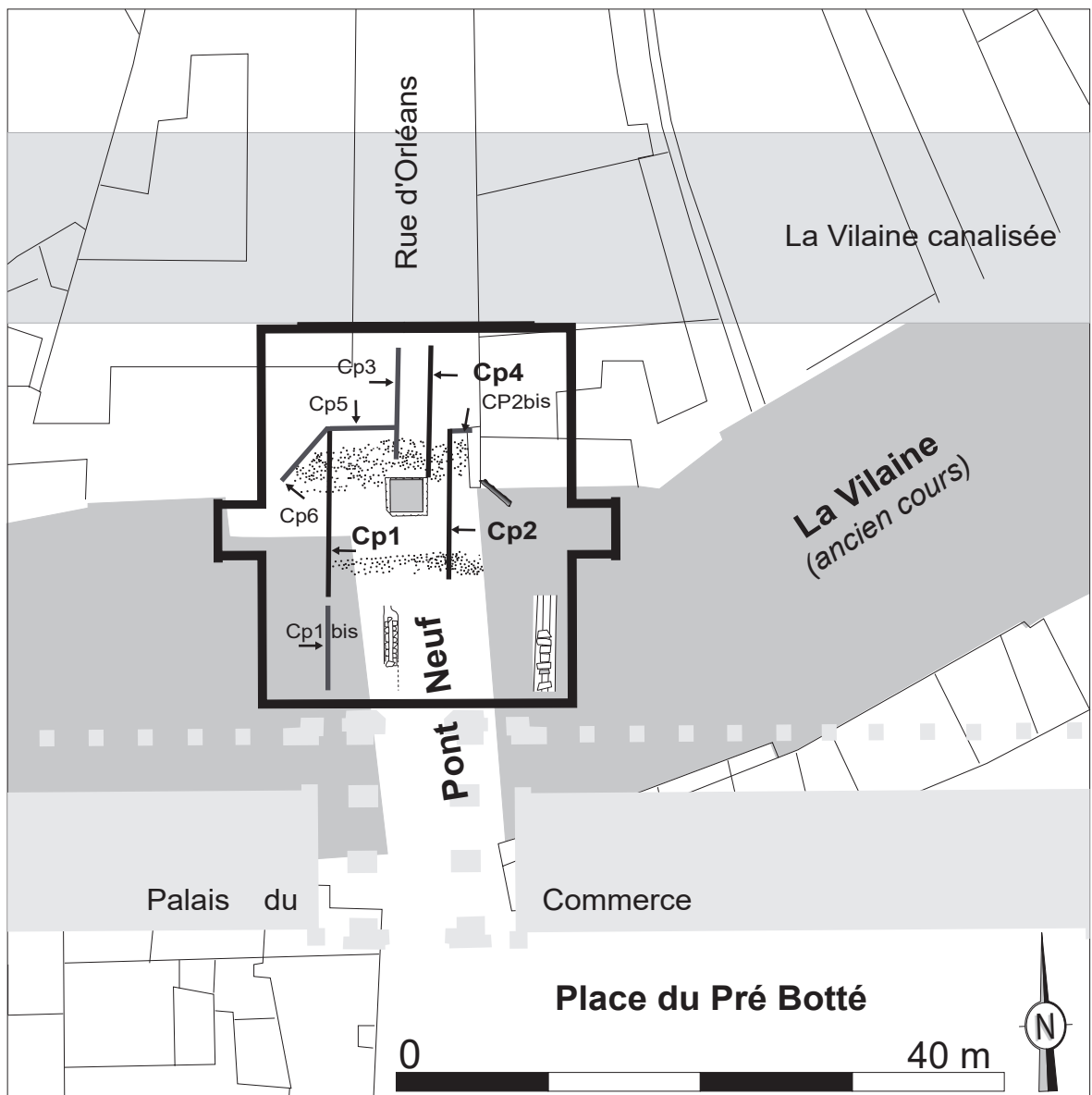
Tab. III : Datations radiocarbone

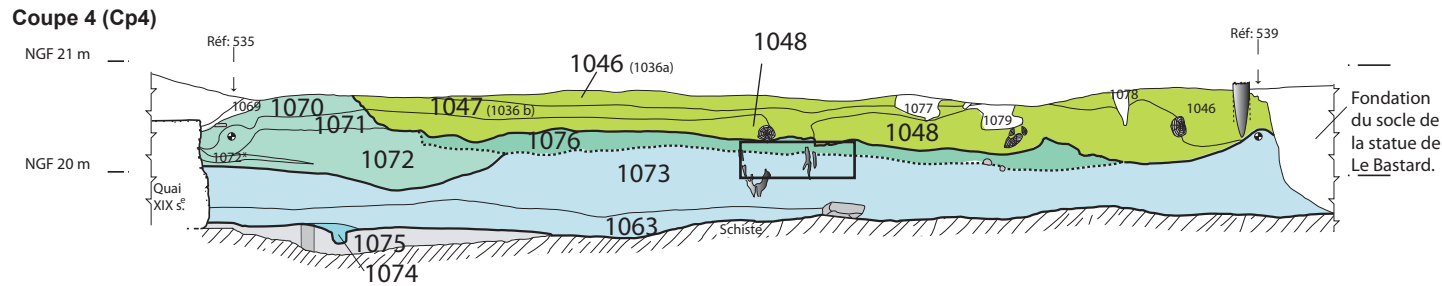
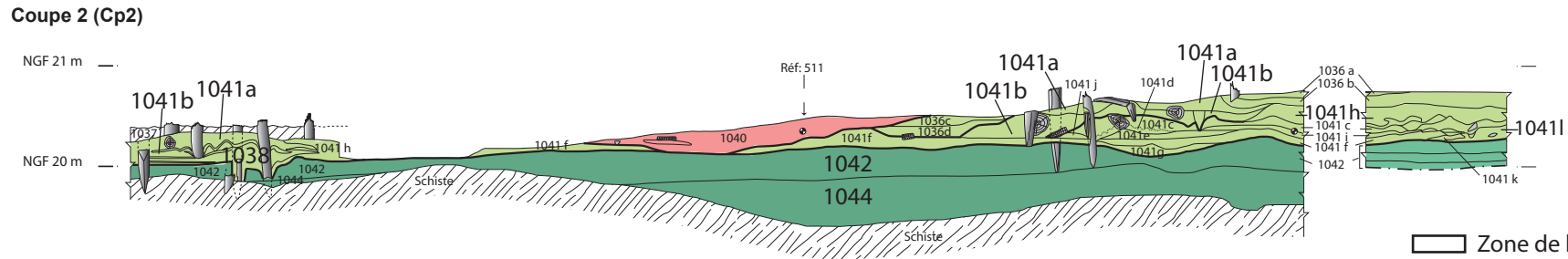
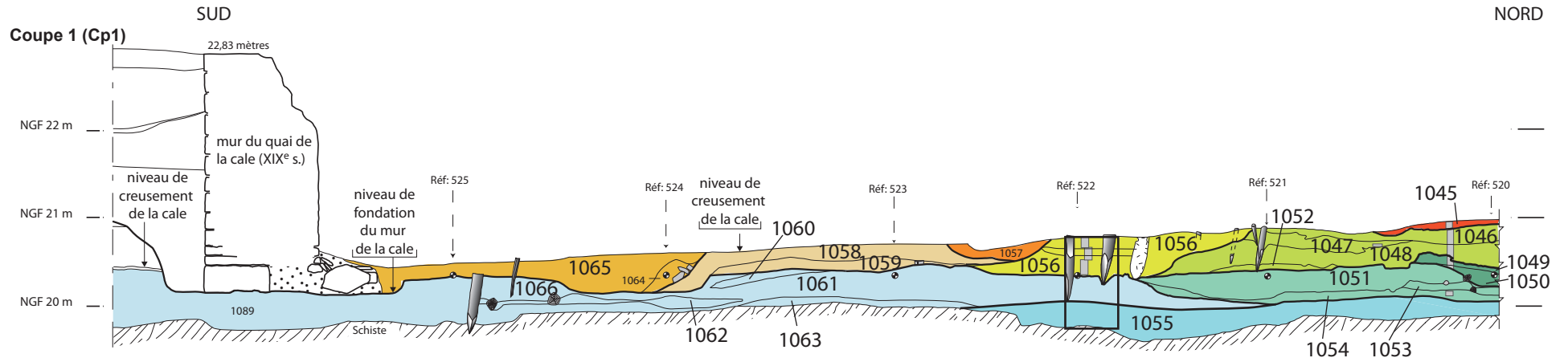
Radiocarbon datings











S1 S2 S3 S4 S5 S6 S7 S8 S9 S10 S11 S12 S13 S14

Réf. 520 : x = 33013,794 ; y = 52211,315
 Réf. 525 : x = 33013,229 ; y = 52199,577
 Réf. 508 : x = 33023,274 ; y = 52210,592
 Réf. 511 : x = 33022,933 ; y = 52205,732
 Réf. 535 : x = 33021,916 ; y = 52216,974
 Réf. 539 : x = 33021,411 ; y = 52207,660

Planimétrie: système de projection VDR.

Zone de la photo Fig. 10

Zone de la photo Fig. 9

Bois

Souche et racines

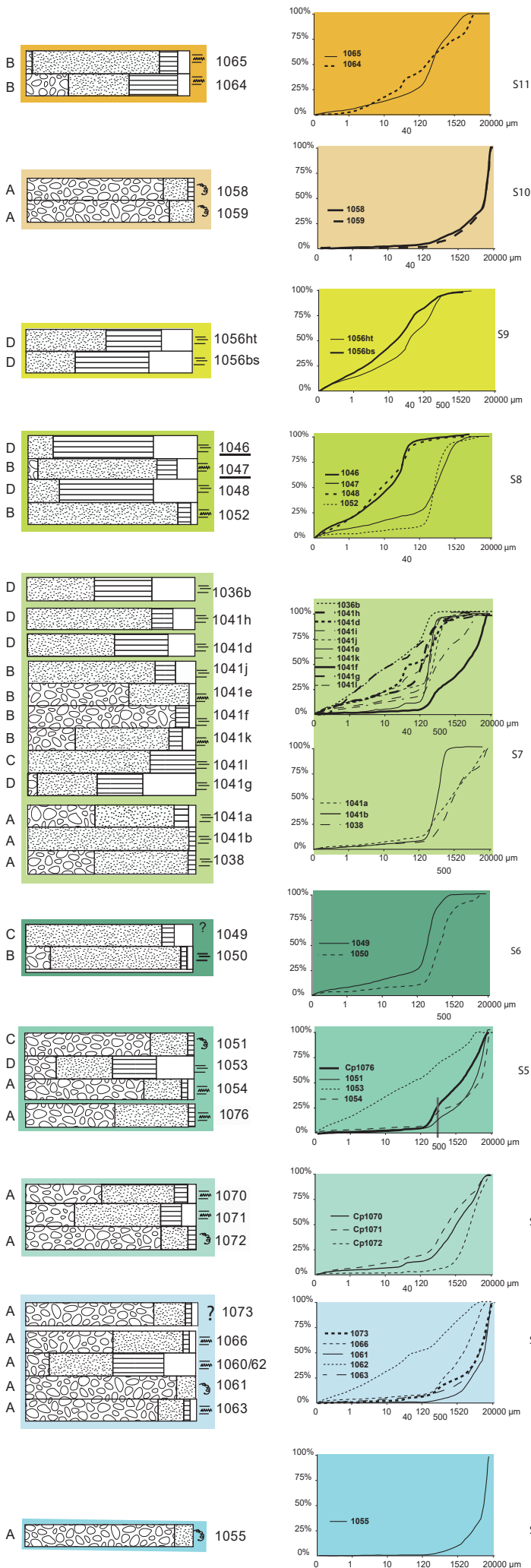
Pieu de bois

troncature

Prélèvements polliniques

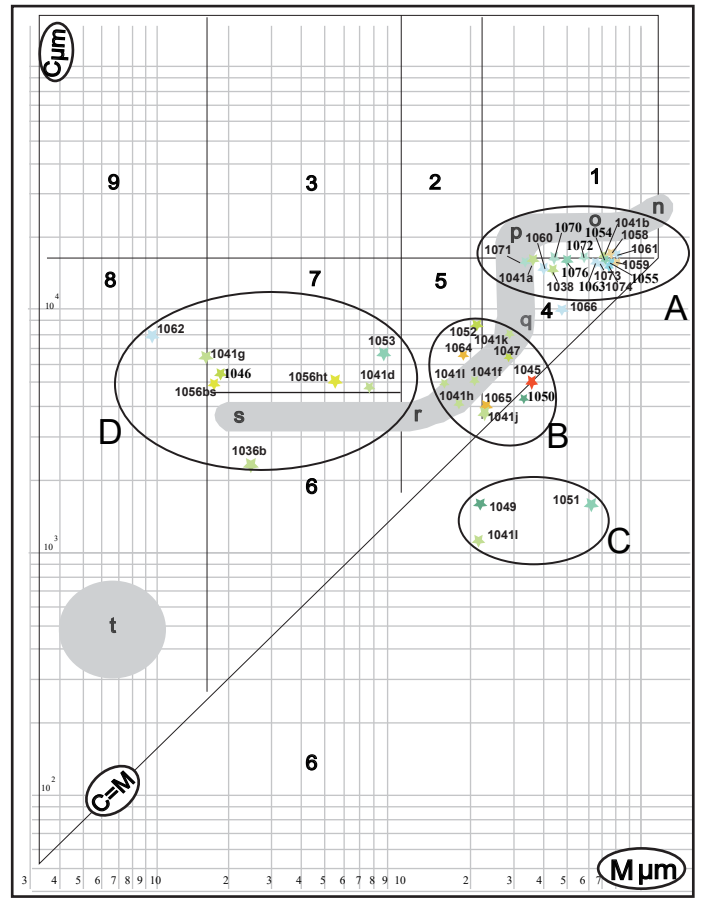
0 1 2 m

DAO Laurent VIPARD-AFAN modifié

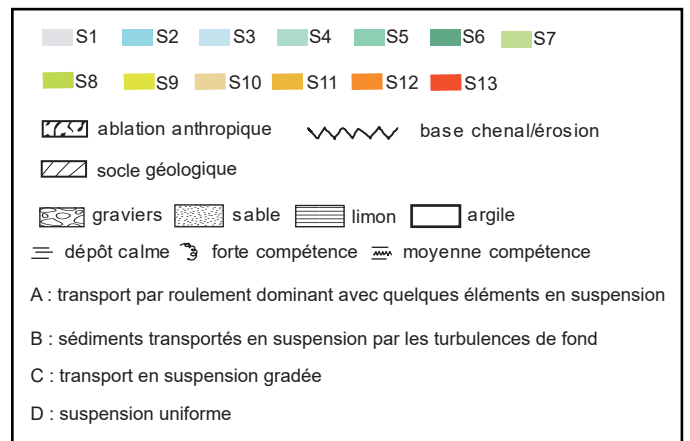


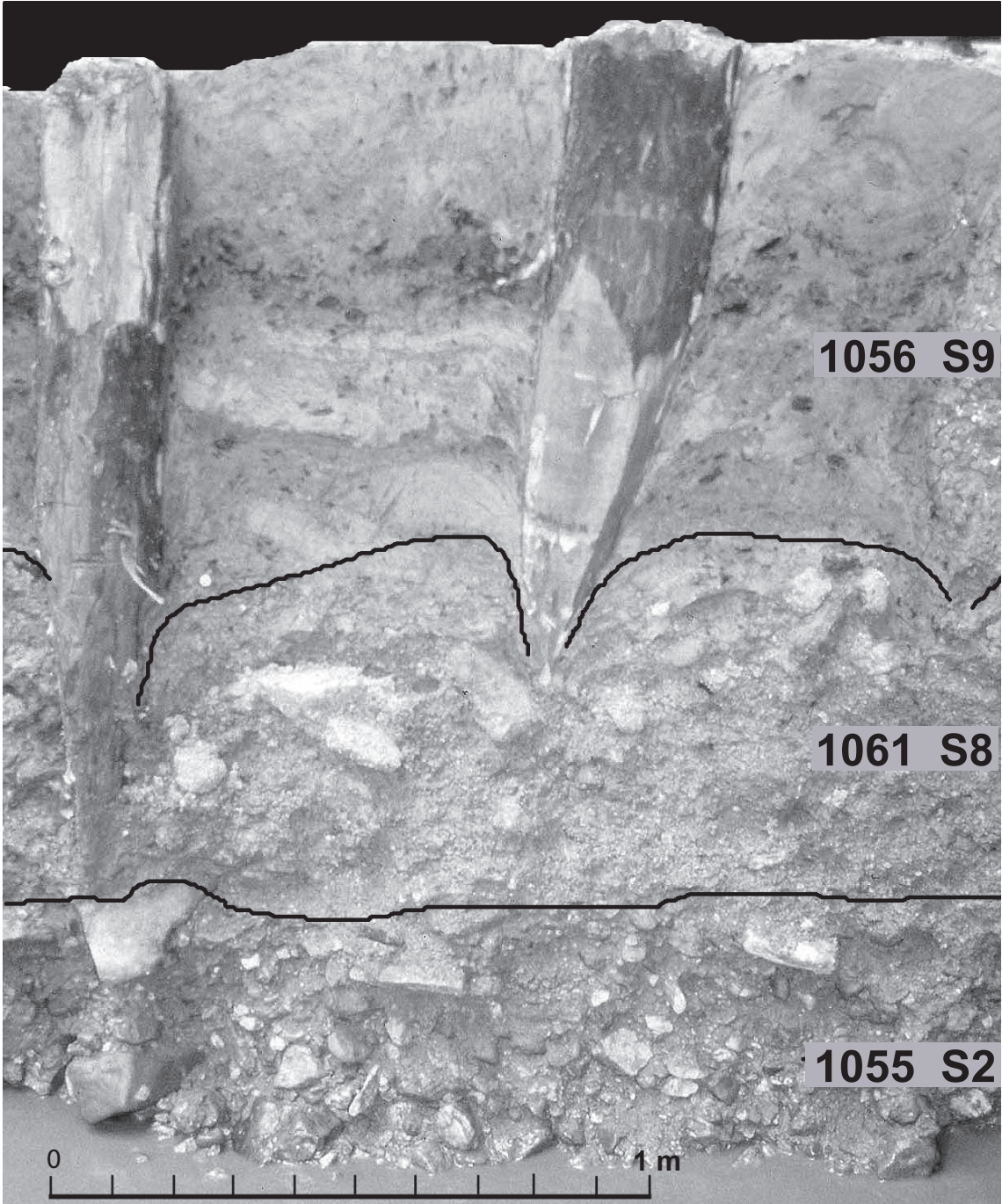
a

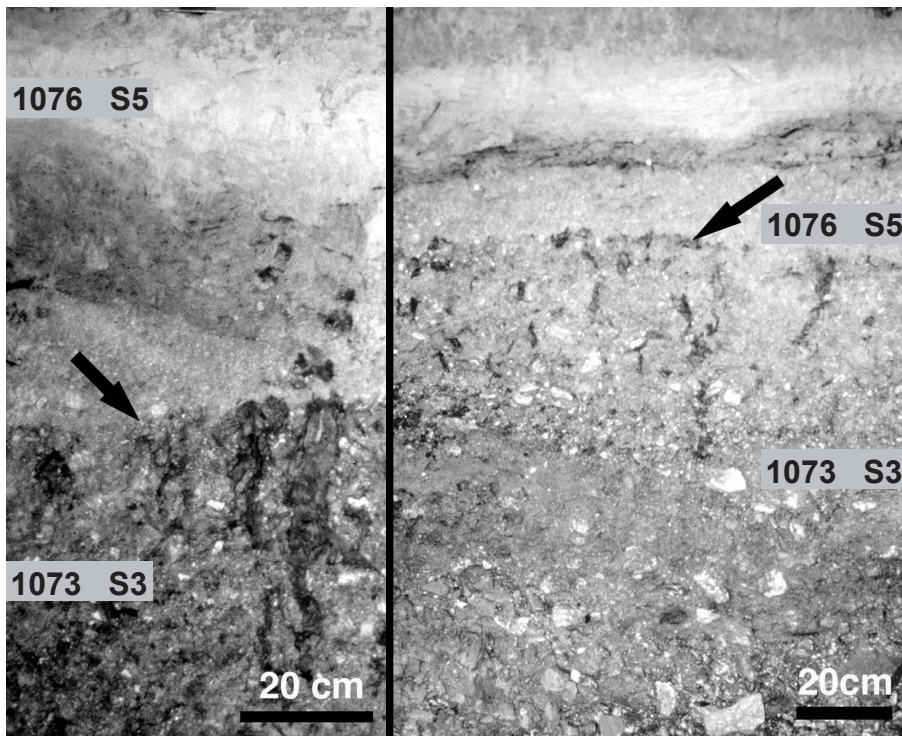
b

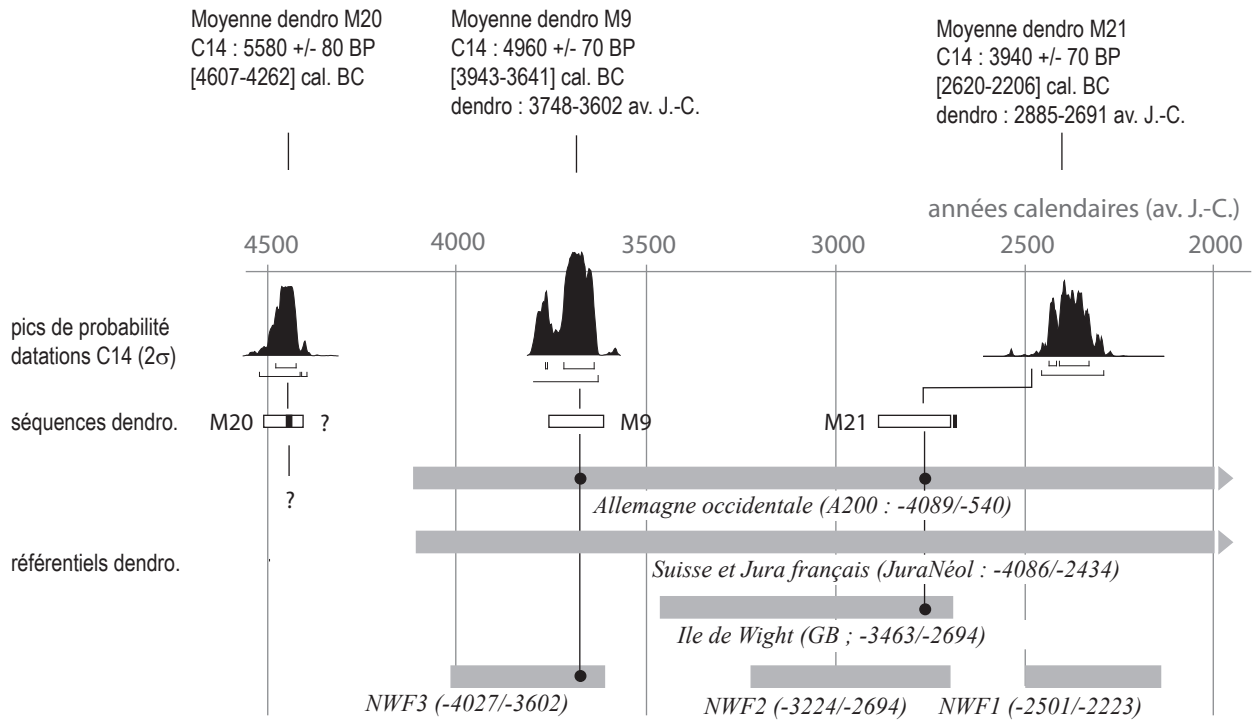


c

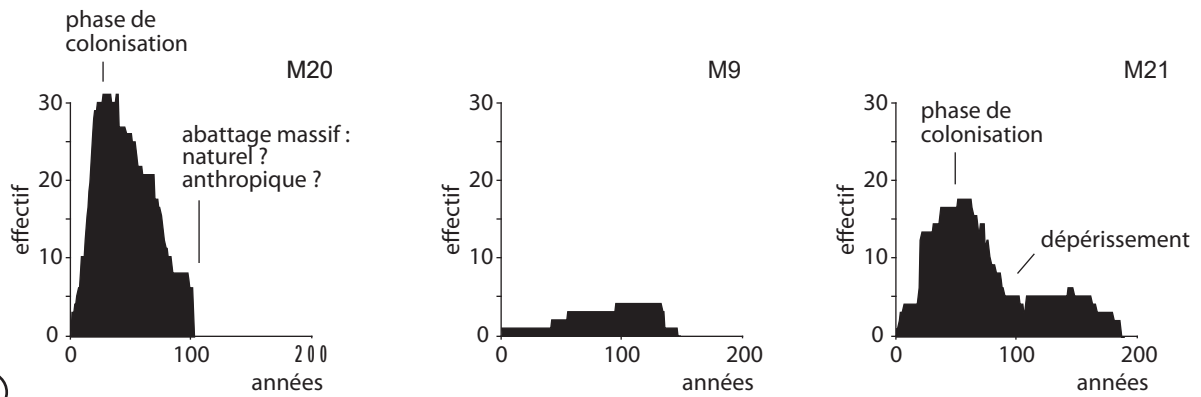




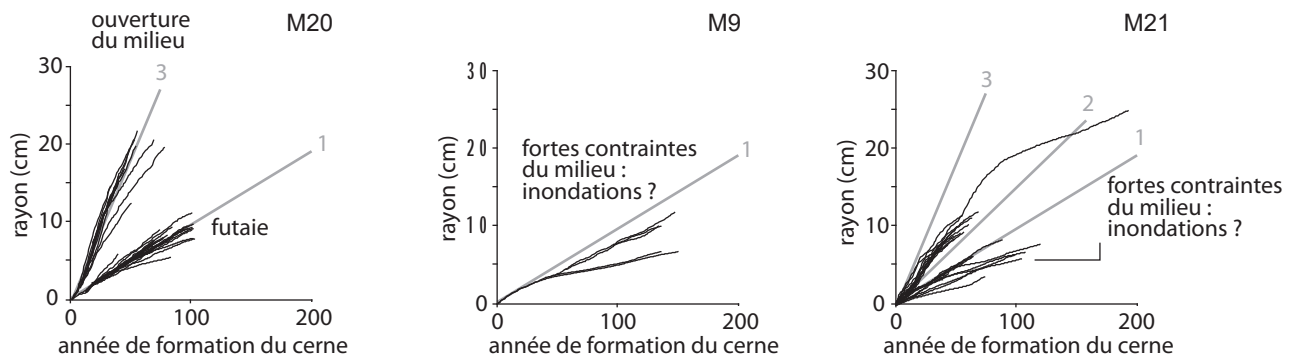




①



②



③

