



HAL
open science

Les changements hydromorphologiques de l'estuaire de la Loire et l'évolution du port de Rezé/Ratiatum (Loire-Atlantique)

Rémy Arthuis, Éric Armynot Du Chatelet, Pierre Fernandez, Axelle Ganne, Evelyne Goubert, Valérie Le Cadre, Chantal Leroyer, Jimmy Mouchard

► To cite this version:

Rémy Arthuis, Éric Armynot Du Chatelet, Pierre Fernandez, Axelle Ganne, Evelyne Goubert, et al.. Les changements hydromorphologiques de l'estuaire de la Loire et l'évolution du port de Rezé/Ratiatum (Loire-Atlantique). *Gallia - Archéologie des Gaules*, 2020, Les ports romains dans les Trois Gaules. Entre Atlantique et eaux intérieures, 77 (1), pp.55-66. 10.4000/gallia.5317. hal-03173220

HAL Id: hal-03173220

<https://hal.science/hal-03173220>

Submitted on 18 Mar 2021

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 - NoDerivatives 4.0 International License

Les changements hydromorphologiques de l'estuaire de la Loire et l'évolution du port de Rezé/Ratiatum (Loire-Atlantique)

Rémy ARTHUIS¹

avec la collaboration d'Éric ARMYNOT DU CHATELET², Pierre FERNANDEZ³, Axelle GANNE⁴, Évelyne GOUBERT⁵, Valérie LE CADRE⁶, Chantal LEROYER⁷ et Jimmy MOUCHARD⁸

Mots-clés. Paléogéographie, hydrologie, climat, environnement, archéologie.

Résumé. En 2005, au démarrage d'un important programme de recherche sur le quartier antique de Saint-Lupien à Rezé (Loire-Atlantique) et de son port supposé, la connaissance des paysages ligériens et de la dynamique du fleuve durant l'Antiquité en était à ses balbutiements. Les études sur site, archéologiques et environnementales, et celles développées en parallèle sur la basse Loire (dans le cadre de deux Programmes collectifs de recherche – PCR – et d'une étude documentaire qui se sont succédé entre 2005 et 2019),

ont permis de discerner les entités géomorphologiques présentes dans le paysage ligérien antique (îles, chenaux et plaines alluviales) et ont apporté une résolution assez fine à l'évolution hydrologique de la basse Loire depuis l'âge du Bronze jusqu'à nos jours. Ces études, focalisées ensuite sur l'Antiquité et circonscrites à Rezé, ont permis d'analyser sept siècles d'aménagements riverains et portuaires liés à la vie urbaine et contraints à évoluer pour s'adapter, dans un contexte eustatique relativement stable, aux crises et changements hydrologiques liés aux variations climatiques et/ou à la pression anthropique, d'une Loire de fond d'estuaire toujours plus fluviale.

Hydromorphological changes in the Loire estuary and the evolution of the port of Rezé/Ratiatum (Loire-Atlantique)

Keywords. Paleogeography, hydrology, climate, environment, archaeology.

Abstract. In 2005, when a major research programme was initiated with the aim of investigating the ancient district of Saint-Lupien in Rezé (Loire-Atlantique) and its supposed port, little was known about the Loire river landscapes and the dynamics of the river during Antiquity was in its infancy. On-site archaeological and environmental studies, and those developed in parallel on the lower Loire (as part of two collective research programmes –PCR– and a documentary study carried out between 2005 and 2019), have enabled us to describe the geomorphological entities present

in the ancient Loire landscape (islands, channels and alluvial plains) and have provided a fairly fine resolution of the hydrological evolution of the lower Loire from the Bronze Age to the present day. These studies, which subsequently focused on Antiquity and were limited to Rezé, have made it possible to analyse seven centuries of riverside and port development linked to urban life and forced to develop in order to adapt, within a relatively stable eustatic context, to the hydrological crises and changes triggered by climatic fluctuations and/or anthropic pressure, of an ever more fluvial Loire at the bottom of the estuary.

1. Inrap, LARA – UMR 6566 CReAAH, Centre archéologique Inrap, 4 rue du Tertre, F-44477 Carquefou. Courriel : remy.arthuis@inrap.fr

2. Université de Lille-1, UMR 8187 LOG CNRS/Lille 1/ULCO, bât. SN5, Cité scientifique, F-59655 Villeneuve-d'Ascq. Courriel : eric.armynot@univ-lille1.fr

3. LARA – UMR 6566 CReAAH, Chemin de la Censive du Tertre, BP 81227, F-44312 Nantes. Courriel : fernandez.pierre.archeo@gmail.com

4. Université Rennes-1, UMR 6566 CReAAH, Archéosciences, Campus de Beaulieu, bât. 24-25, F-35042 Rennes. Courriel : axelle.ganne@gmail.com

5. Université Bretagne Sud, Laboratoire Géosciences Océan, UMR 6538 GMGL, rue André-Lwoff, BP 573, F-56017 Vannes. Courriel : evelyne.goubert@univ-ubs.fr

6. Université Bretagne Sud, Laboratoire Géosciences Océan, UMR 6538 GMGL, rue André-Lwoff, BP 573, F-56017 Vannes. Courriel : valerie.lecadre56@gmail.com

7. Ministère de la Culture, université Rennes-1, UMR 6566 CReAAH, Archéosciences, Campus de Beaulieu, bât. 24-25, F-35042 Rennes. Courriel : chantal.leroyer@univ-rennes1.fr

8. Université de Nantes, LARA – UMR 6566 CReAAH, Chemin de la Censive du Tertre, BP 81227, F-44312 Nantes. Courriel : jimmy.mouchard@univ-nantes.fr

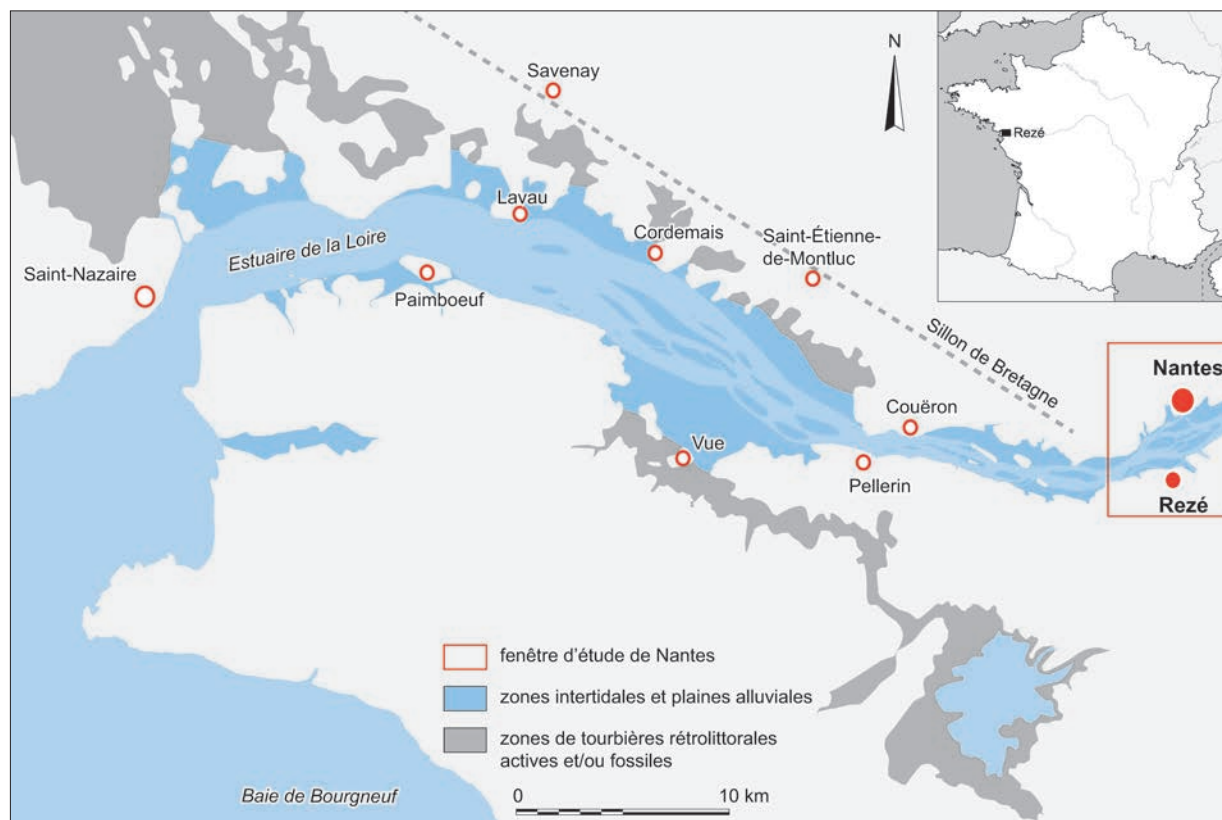


Fig. 1 – Localisation de la fenêtre d'étude de Nantes et Rezé (DAO : R. Arthuis, Inrap).

Le port antique de Rezé, et celui de Nantes (Loire-Atlantique) sur la rive opposée, bien que ce dernier ne soit toujours pas localisé, sont des ports de fond d'estuaire (fig. 1). Tous deux sont implantés à une interface mer/continent fluctuante, car très sensible aux variations des dynamiques océaniques et fluviales qui, l'une et l'autre, ont façonné le paysage de la basse Loire. Ces dynamiques se sont succédé depuis 8 000 ans, suite à l'arrivée des eaux océaniques transgressives qui, dès alors, remontaient le fleuve au-delà de sa confluence avec l'Erdre, en rive droite, sur laquelle sera bâtie la ville de Nantes/*Condevicnum* durant le 1^{er} s. apr. J.-C.

Les îles et les chenaux du paysage ligérien localisés au-devant de ces deux ports romains sont, pour certains, des héritages géomorphologiques datant déjà de plusieurs millénaires, issus notamment d'une métamorphose de la Loire lors du passage d'un estuaire franchement marin à un estuaire nettement plus fluvial à la fin du Néolithique. Reconstituer le paysage antique nécessite donc de revenir sur une histoire géologique portant sur la période de l'Holocène qui a déjà partiellement été traitée (Goubert *et al.* 2013 ; Armynot du Châtelet *et al.* 2015 ; Arthuis *et al.* 2015).

Après la fin du Néolithique, malgré une tendance nettement plus fluviale, la dualité des dynamiques marines et fluviales va fluctuer en fonction des changements climatiques, dans un premier temps, puis en fonction des changements climatiques et des forçages anthropiques, à partir du début de notre ère. Restituer le paysage ligérien du temps de l'exploitation du port antique et médiéval, c'est comprendre l'évolution d'un fond d'estuaire sur une durée de sept siècles. C'est saisir également sept siècles d'aménagements riverains et portuaires liés à la vie urbaine et contraints à évoluer pour s'adapter aux crises et

aux changements hydrologiques d'une Loire de fond d'estuaire toujours plus fluviale.

HISTORIQUE DES RECHERCHES RÉCENTES

En 2005, au commencement d'un important programme de recherche sur le quartier romain de Saint-Lupien et de son port supposé (Rezé), la connaissance des paysages ligériens et de la dynamique du fleuve durant l'Antiquité en était à ses balbutiements. Elle s'appuyait, pour la zone estuarienne, sur quelques observations archéologiques et des études palynologiques qui, déconnectées des occupations humaines, laissaient cours à de nombreuses interrogations. L'engagement de cette fouille programmée a contribué à la mise en œuvre d'une vaste étude sur l'évolution de la Loire, avec une résolution temporelle et spatiale à deux échelles : l'une sur le temps long de l'Holocène, focalisée ensuite sur l'Antiquité, l'autre sur l'étendue de la basse Loire, ensuite circonscrite à la commune de Rezé. Cette approche, déployée sur une quinzaine d'années, s'est développée en quatre temps forts.

De 2005 à 2008, les découvertes effectuées au sein de ce quartier portuaire (comprenant entrepôts et aménagements de berge) s'accompagnent de la réalisation de 46 sondages (carottés ou à la tarière). Dans un même temps, à l'échelle de l'agglomération nantaise, est menée une caractérisation des alluvions ligériennes par l'analyse des sondages géotechniques, prélude à une première synthèse qui croise les données sédimentaires nouvellement acquises avec celles des études palynologiques, archéologiques et historiques (Arthuis, Monteil 2015a, 2015b ; Arthuis *et al.* 2015).

Les années 2009 et 2010 sont consacrées à l'élaboration d'un Projet collectif de recherche (PCR) sur la Loire avec, en priorité, la constitution d'une équipe de paléoenvironnementalistes. L'objectif est d'appréhender l'évolution environnementale de l'estuaire de la Loire au travers d'études multiscalaires et multiproxies : géomorphologiques, biologiques (pollen, dynokystes, foraminifères, thécamœbiens), physiques (granulométrie, minéralogie) et chimiques (matière organique, carbonate de calcium).

De 2011 à 2016, l'investissement durant les deux phases précédentes s'est concrétisé. L'analyse pluridisciplinaire de neuf carottages supplémentaires réalisés dans le cadre du PCR « Archéologie fluviale et environnements holocènes des vallées de la Loire et de ses affluents en pays nantais » a permis de reconstituer l'évolution des environnements aussi bien continentaux que marins dans un contexte de remontée du niveau marin. L'apport de ces nouvelles données permet d'identifier et de caractériser des composantes du paysage ligérien aux abords des villes de Nantes et Rezé (chenaux, îles, marais, etc.), et de dresser ainsi les traits de la paléogéographie ligérienne à l'époque romaine (Armynot du Chatelet *et al.* 2015).

Entre 2013 et 2016 – et en parallèle des opérations de fouille menées à Rezé –, les études environnementales se sont focalisées sur les anciennes berges de Loire, en marge du site portuaire, puisque l'interface quais/fleuve est dépourvue de vestiges sédimentaires, conséquence d'un nettoyage régulier du lit de la Loire nécessaire au fonctionnement du port romain. L'analyse des vestiges archéologiques, sédimentaires et biologiques piégés dans les dépôts de rives, aux abords du port, révèle des activités du quartier et précise le fonctionnement hydrologique de la Loire (Guitton *et al.* 2015).

Enfin, en 2019, suite au projet de rééquilibrage hydrologique et écologique de la Loire, mené par Voies navigables de France (VNF), dont les interventions risquent de détruire une partie du patrimoine archéologique fluvial, une étude documentaire, préalable à de possibles opérations archéologiques, a été commandée par VNF et le Service régional de l'archéologie (SRA) (Arthuis *et al.* 2019a). Cette étude concernant la Loire, en amont de Nantes, fut l'occasion de faire la synthèse des découvertes archéologiques, de procéder à une relecture des analyses géomorphologiques et palynologiques anciennes et de les compléter par une analyse des images Lidar du lit majeur. Ces recherches ont permis d'identifier et de mesurer les contributions sédimentaires du fleuve en phase avec les évolutions climatiques et les forçages anthropiques de la deuxième moitié de l'Holocène. Le croisement de ces résultats, avec les données environnementales issues de la fouille d'un tronçon du port romain de Rezé/*Ratiatum*, apporte une résolution assez fine de l'évolution hydrologique de la basse Loire depuis l'an 1000 av. J.-C. jusqu'à nos jours.

LES HÉRITAGES PALÉOGÉOGRAPHIQUES DE LA MÉTAMORPHOSE FLUVIALE DU NÉOLITHIQUE FINAL (5700 ANS BP)

À Nantes, le comblement des vallées ligériennes enregistre les différentes phases classiquement observées de la sédimentation des vallées estuariennes sur la façade atlantique, dont

une synthèse est proposée par les équipes d'Éric Chaumillon et de Bernadette Tessier (Chaumillon *et al.* 2010 ; Tessier *et al.* 2012). En revanche, le comblement sédimentaire de la vallée de la Loire, sur les sites d'études de Nantes et de Rezé, permet de mieux comprendre les mécanismes hydrogéomorphologiques en jeu dans les zones amont des estuaires, à la limite des domaines fluviaux et estuariens. Ainsi, lorsque la vitesse d'élévation du niveau marin est encore forte (de 7500 à 5700 ans BP), la Loire à Nantes est clairement un estuaire dominé par la marée qui se fait ressentir jusqu'au village d'Oudon, situé à 25 km en amont de Nantes, c'est-à-dire à 70 km environ de l'embouchure actuelle du fleuve (Cyprien 2002). À l'inverse, lorsque la vitesse d'élévation du niveau marin diminue sensiblement à partir de 5700 ans BP, l'énergie fluviale – tributaire aussi des changements climatiques – augmente rapidement, comme l'indique la présence de chenaux fluvio-tidaux contenant des dépôts sédimentaires formés de sables fins et moyens, et les indicateurs de salinité disparaissent rapidement au profit de ceux témoignant d'une eau saumâtre à douce (de 5700 à 5000 ans BP) (Goubert *et al.* 2013 ; Arthuis *et al.* 2015). Ces changements sont brutaux et identifient le secteur étudié comme une zone de balancement sensible entre dynamiques marines et fluviales.

Durant la deuxième partie de l'Holocène, après 5700 BP, le niveau marin s'exhausse très lentement, même si les données actuelles ne permettent pas de le préciser (l'élévation moyenne atteint 0,8 mm/an entre 7000 et aujourd'hui ; Stephan, Goslin 2015). La dynamique fluviale devient alors le moteur essentiel des changements hydromorphologiques de la basse Loire. Or celle-ci est très variable puisqu'elle est la réponse de processus hydrologiques et sédimentaires, qui s'exercent à l'échelle d'un bassin-versant, dont la superficie correspond au vingtième du territoire national. De fait, les sédimentations étudiées, éloignées des pôles d'activité humaine, enregistrent avant tout les réponses hydrologiques de processus globaux liés aux évolutions climatiques de l'hémisphère nord et/ou à l'activité des hommes lorsqu'elle s'exerce sur des pans entiers du territoire.

Dans un tel contexte, dès lors que le niveau des mers tend à se stabiliser vers 5700 ans BP, la dualité énergie marine/fluviale bascule en faveur de cette dernière et, autour de 5000 BP, au commencement du Néoglaciale, la dynamique fluviale devient prépondérante (Magny 1995 ; Wanner *et al.* 2011 ; Steinmann 2016). L'érosion linéaire – dont l'origine est toujours discutée, faute d'information tangible¹ – permet le réajustement du profil longitudinal du fleuve au niveau de Nantes par l'incision des principaux chenaux ligériens autour de l'îlot rocheux de la Grande Biesse, situé au milieu de la vallée. Le réseau hydrographique s'enfoncé, se simplifie (anabranché) et se stabilise durablement sur une période d'environ deux millénaires jusqu'à la fin de l'âge du Bronze (2700 BP) (fig. 2). La stabilisation des bras ligériens au sein de chenaux approfondis libère alors de vastes espaces (terrasses subboréales des prairies de Mauves/La Madeleine),

1. Érosion régressive due à l'abaissement du niveau marin (Visset *et al.* 2001) ? Érosion verticale due à la balance sédiments/flux d'eau venant du bassin-versant ? Il s'agit avant tout d'un réajustement de la morphologie des chenaux (creusement des talwegs) sans modification des lignes d'eau, suite au recul de l'estuaire et aux déplacements vers l'aval des principales zones d'accumulation sédimentaire intertidale.

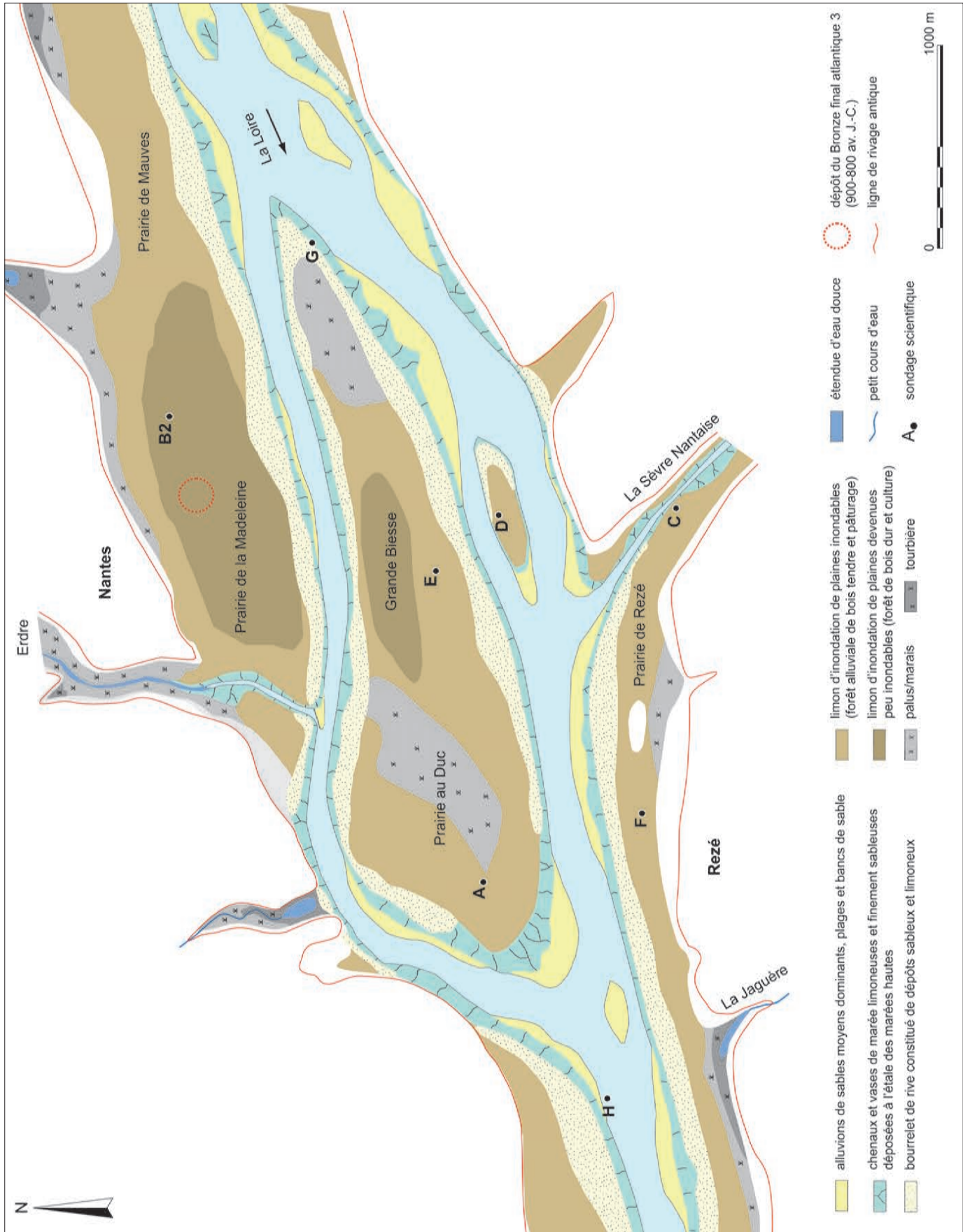


Fig. 2 – La Loire à la toute fin de l'âge du Bronze. État des connaissances en 2019 et représentation du fleuve à marée basse et à débit ordinaire (DAO : R. Arthuis).

parfois insulaires (île de la Prairie au Duc, à Nantes), devenus peu inondables, qui seront potentiellement occupés par les hommes, comme l'indique la découverte d'un dépôt du Bronze final atlantique 3 (900-800 av. J.-C.), situé initialement au sommet de la terrasse alluviale qu'était alors la prairie de Mauves (Lisle du Dreneuc 1903 ; Milcent 2012).

Ces composantes géographiques, encore présentes dans le paysage ligérien actuel, sont donc apparues à la fin du Néolithique et se sont singularisées durant l'âge du Bronze, à une période qui, paradoxalement, reste peu documentée d'un point de vue environnemental. En effet, l'enfoncement du réseau hydrographique a limité l'accumulation sédimentaire, et l'abaissement des nappes d'eau a provoqué l'oxydation de ces mêmes dépôts devenus peu propices à une analyse multiproxy (Armynot du Châtelet *et al.* 2015).

LES HÉRITAGES PALÉOGÉOGRAPHIQUES DE LA CRISE CLIMATIQUE ET HYDROLOGIQUE DU PREMIER ET DU SECOND ÂGE DU FER

Après la toute fin de l'âge du Bronze, sur une période qui coïncide alors avec la crise climatique dite « du premier âge du Fer » (850-500 av. J.-C. ; Van Geel 2012), le fleuve à Nantes ayant une charge sédimentaire excédant la capacité de transport par le débit, il exhausse son lit à une hauteur encore jamais atteinte durant l'Holocène. Cet exhaussement majeur a été observé sur les berges du site, de Saint-Lupien à Rezé (Arthuis 2016), sur les marges du fleuve en amont de Nantes, au sein de tourbières alors submergées et recouvertes de vase de décanation et de limons d'inondation, dus à la fois à la remontée des nappes phréatiques et à l'augmentation de la fréquence des inondations (Cyprien 2002 ; Arthuis *et al.* 2019a) et, enfin, sur les fenêtres d'étude de la Loire moyenne et amont (Castanet 2008 ; Cubizolle *et al.* 2012 ; Steinmann 2016). Au droit des villes de Nantes et de Rezé, les terrasses subboréales potentiellement occupées durant l'âge du Bronze vont redevenir des plaines inondables, plus ou moins marécageuses (prairies de la Madeleine, Mauves, Rezé et celle, insulaire, dite « au Duc »), recouvertes de prairies naturelles et pâturées, au détriment de la forêt (Ganne 2015a). L'analyse des images Lidar² révèle aussi que le fleuve, libéré de ses chenaux antérieurs par aggradation sableuse, va migrer latéralement et s'écouler sur une bande active élargie en empruntant un style en tresse caractéristique d'une crise hydrologique (Arthuis *et al.* 2019a). C'est le début de la mise en place, sur la bande active du fleuve, des éléments géomorphologiques qui formeront le relief et sous-tendront les paysages de l'Antiquité et du haut Moyen Âge avec, notamment, les atterrissements sableux qui constituent l'assise de l'île des Chevaliers, au droit du port romain de Rezé et de l'île Vertais (Arthuis *et al.* 2019b) (fig. 3).

ÉVOLUTION DE LA LOIRE ET DE SES BERGES DURANT LES OCCUPATIONS DU DÉBUT DU I^{er} S. JUSQU'AU VII^e S. APR. J.-C.

À la charnière de l'âge du Fer et de l'Antiquité, peu avant la fondation des villes romaines de Nantes/*Condevicnum* et de Rezé/*Ratiatum*, les indicateurs sédimentaires et environnementaux attestent une période de calme hydrologique, avec des marais stables ou en cours d'assèchement, consécutive à un enfoncement relatif des chenaux ligériens, lui-même dû à une diminution de la charge transportée favorisant le déstockage des sédiments du lit (Cyprien 2002 ; Ganne 2015a ; Arthuis *et al.* 2019a). Ce constat s'accorde avec les conditions d'un réchauffement général correspondant à l'optimum climatique dit « romain » qui commence au II^e s. av. J.-C. (Berger, Bravard 2012). Dans de telles conditions, l'influence marine augmente, ce que les archives sédimentaires confirment, avec la présence d'eau saumâtre dans les chenaux principaux durant l'étalement des marées hautes, notamment dans le bras de Rezé (analyse du sondage : Armynot du Châtelet *et al.* 2015 ; Ganne 2015b), provoquant sur les bordures du chenal des accumulations de vases et de sable contenant des informations environnementales qui indiquent que les coteaux sont encore fortement boisés (Arthuis 2015 ; Ganne 2015b). C'est dans ce contexte environnemental qu'ont été installés, entre 5 et 70 apr. J.-C., les premiers aménagements correspondant à des renforts rudimentaires de berges réalisés avec des piquets de bois blanc (Mouchard *et al.*, dans ce volume).

Ces installations sommaires sont vite remplacées par des aménagements monumentaux construits sur une vingtaine d'années, entre la fin du I^{er} s. et le début du II^e s. apr. J.-C.³ (Mouchard, Guitton 2019) (fig. 4). Il s'agit de grandes terrasses en pierres sèches fermées en façade par des élévations en pan de bois. Ce dispositif assez élaboré, offrant une hauteur de quai de l'ordre de 3 m, était certainement adapté à la marée et permettait de recevoir – au droit de ces plateformes – des bateaux à fond plat, voire des caboteurs sans quille (du type Blackfriars 1), correspondant à une batellerie mixte, fluviale et estuarienne, voire maritime. D'amont en aval, ces terrasses artificielles ne sont pas alignées, certaines étant plus avancées vers le cours du fleuve, d'autres plus en retrait. Elles forment ainsi une ligne de quais crénelée sur près de 200 m linéaires, probablement adaptée aux déplacements de la ligne de rivage en fonction du marnage et des variations du régime fluvial. Même si cet aménagement semble avoir été conçu pour fonctionner dans des conditions hydrologiques changeantes, la question se pose d'une utilisation limitée. L'accostage à quai pouvait avoir été seulement saisonnier et/ou restreint à la durée de la marée haute.

Au cours de la première moitié du II^e s., ces aménagements subissent de nombreuses phases d'entretien et de restructuration, nécessitant l'installation d'ateliers de charpenterie dont les vestiges ont été retrouvés sur la rive, en aval du site, recouverts de sables alluviaux (Mouchard *et al.* 2016). Durant ce temps, la sédimentation dans le bras de Rezé évolue progressivement de vaseuse à sableuse, et la disparition graduelle des bio-indicateurs de la marée dynamique indique une fermeture progressive

2. Couverture Lidar de la Loire réalisée par la Dreal Centre en 2010.

3. Les dates d'abattages des chênes employés dans ces architectures à pan de bois s'étalent entre les années 88 et 106-108 apr. J.-C.

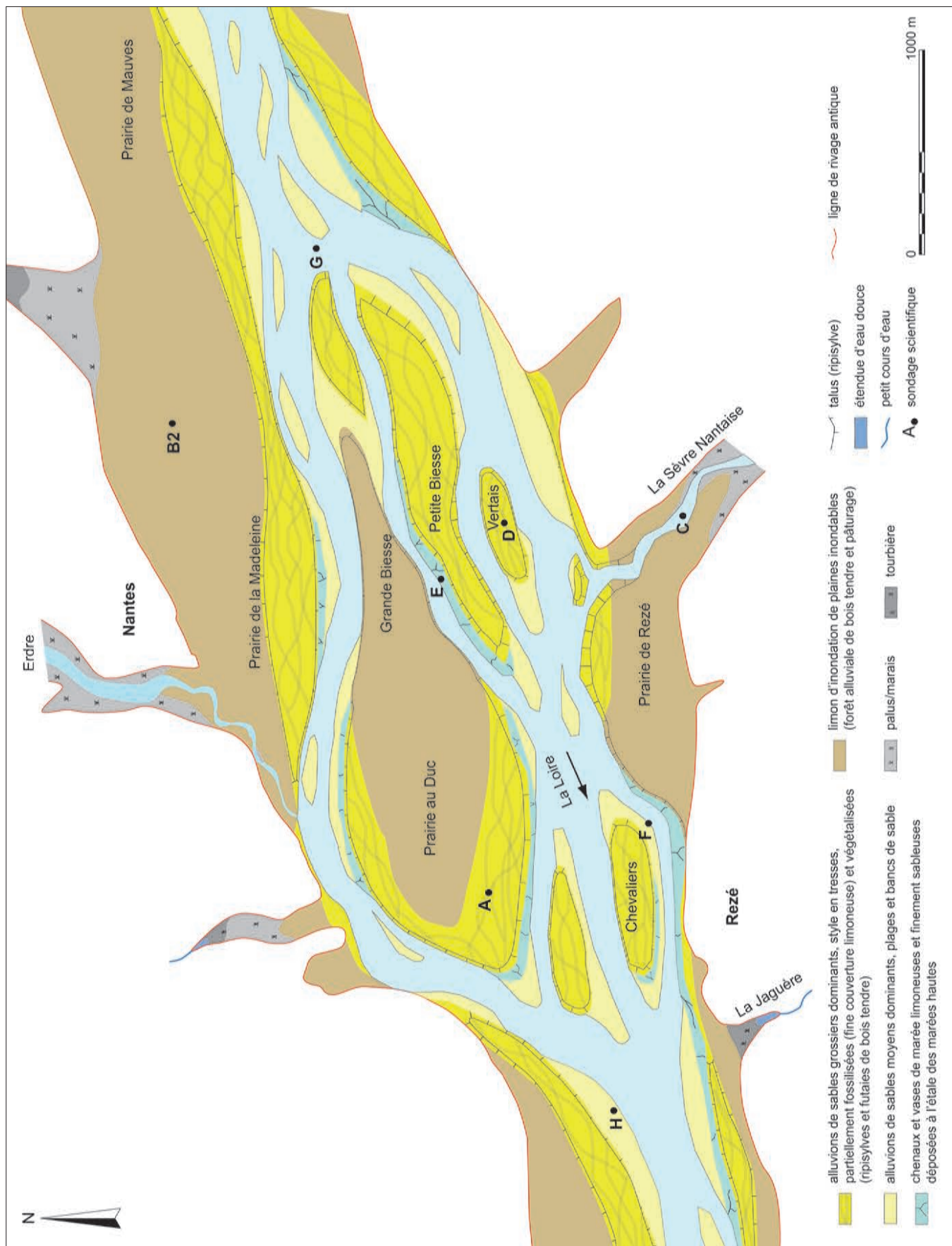


Fig. 3 – La Loire à la fin de la crise hydrologique du premier et du début du deuxième âge du Fer. État des connaissances en 2019 et représentation du fleuve à marée basse et à débit ordinaire (DAO : R. Arthuis).

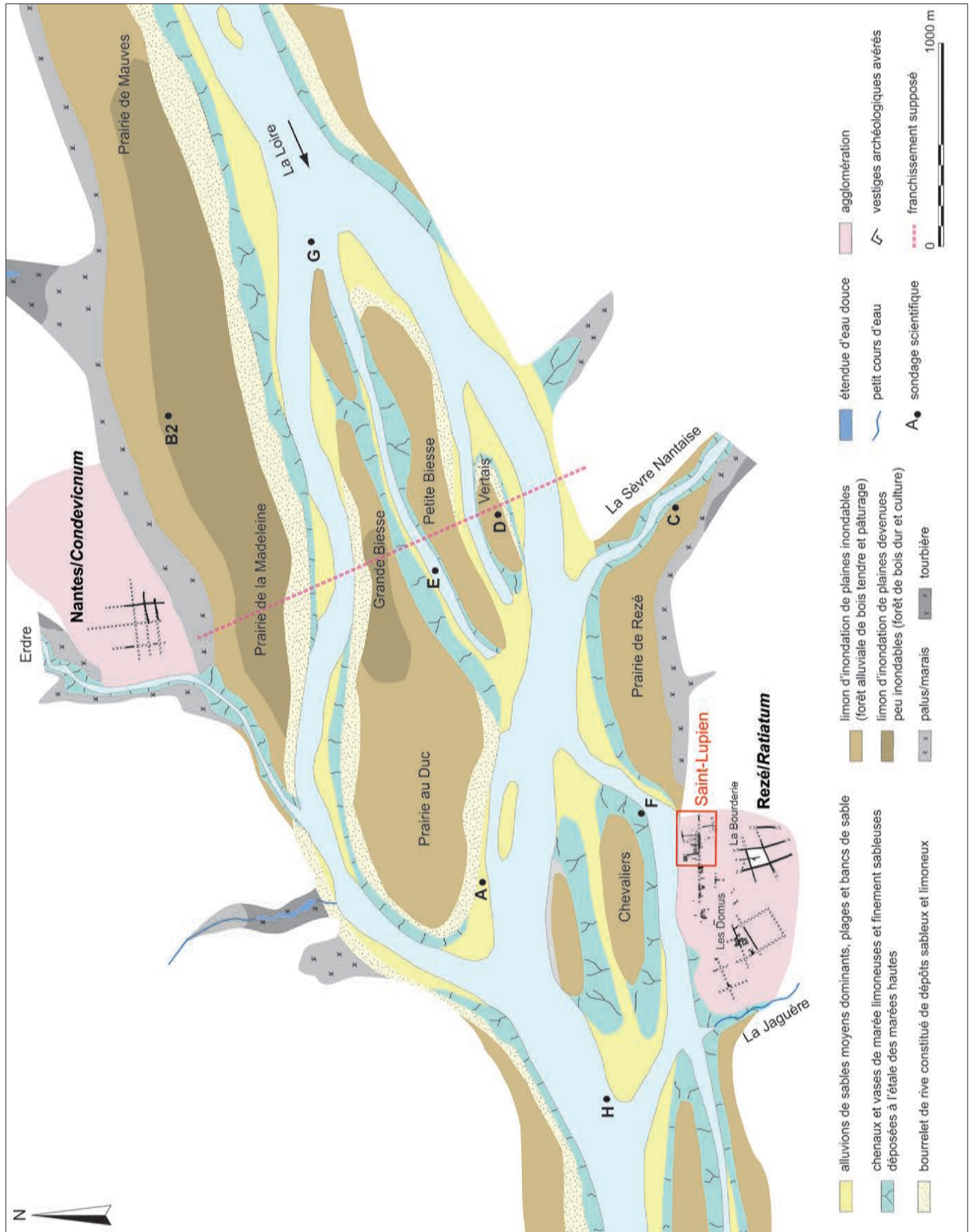


Fig. 4 – La Loire aux 1^{er}-11^e s. apr. J.-C. État des connaissances en 2019 et représentation du fleuve à marée basse et à débit ordinaire (DAO : R. Arthuis).

du milieu ligérien aux influences marines qui s'accélère à partir du II^e s. (Ganne 2015b ; Arthuis 2016).

Cet ensablement progressif lié à l'augmentation de l'arrivée de sable en provenance de l'amont, conduit certainement, au début du III^e s., à la réduction, voire progressivement à l'interruption, des activités portuaires et à l'abandon de ces infrastructures. Ces données marquent donc une rupture dans le fonctionnement hydrologique du fleuve au milieu du II^e s. Il s'agit d'une crise hydrologique qui concerne la moyenne et basse Loire puisqu'il a été constaté un recul des berges à Tours (Indre-et-Loire), avec l'enfouissement d'aménagements sous des alluvions sableuses (Fouillet, Gardère dans cet ouvrage) et, en amont de Nantes, protégés par des bourrelets de rive, la présence de plans d'eau douce en bordure de marais régulièrement submergés (remontée des nappes phréatiques), même si, faute de datations précises, ce changement hydrogéologique est attribué de façon arbitraire à la totalité de la période antique (Cyprien 2002).

Au début du III^e s., ce quartier de Rezé voit ses activités portuaires décliner progressivement ; les infrastructures monumentales en partie effondrées et/ou détruites servent de fondation à l'établissement d'une cale en pente douce, formée par des apports de remblais considérables (Guitton *et al.* 2015). Ce nouvel équipement restreint l'activité portuaire à une batellerie essentiellement fluviale pour les charges importantes qui ne peuvent être transbordées que par des bateaux à fond plat. Il suggère par ailleurs que l'espace ligérien, au niveau de Nantes et de Rezé, est plus continental avec, en corollaire, une diminution du marnage. La cale est entretenue par la suite avec de nombreuses recharges s'étalant entre le III^e et le VI^e s. (datation céramologique : Guitton *et al.* 2015). Cependant, en 2016, durant le décapage des remblais sableux qui constituent l'extrémité nord de la cale, a été découvert un outil en fer (herminette) dont il restait encore un fragment du manche. Celui-ci a été daté par radiocarbone entre 605-650 AD (Guitton *et al.* à paraître). La cale a donc été assurément utilisée jusqu'au VI^e s., voire jusqu'à la première moitié du VII^e s. Elle sera définitivement abandonnée après l'ensablement du chenal d'accès et malgré le creusement d'un canal pour rétablir les circulations fluviales.

La crise hydrologique responsable de l'ensablement du chenal d'accès au port est donc renvoyée à une date postérieure au début du VII^e s., mais antérieure au milieu du VII^e s., puisque le canal qui se substitue au chenal d'accès, devenu impraticable suite à cet ensablement, existe dès 610-650 AD⁴, dans un état d'envasement partiel (Guitton, Mouchard *et al.* à paraître).

La crise hydrologique qui s'amorce au début du II^e s., matérialisée par une progradation sableuse due à l'augmentation de la charge fluviale transportée et par le recul de l'estuaire (fermeture à l'influence marine sur le site de Rezé), est donc de type bimodal avec un premier paroxysme, enregistré entre le milieu du II^e et la première moitié du III^e s. (port en décrépitude), et un second – responsable de l'ensablement du bras secondaire de la Loire donnant accès aux aménagements –, qui commence entre le début et le milieu du VII^e s. et se termine à la fin du VIII^e s. (Arthuis *et al.* 2019a). C'est durant cette seconde phase paroxystique que le canal, qui se substitue au chenal ensablé,

va se colmater et, lui-même, disparaître du paysage avant le X^e s. (fig. 5). Le constat d'une crise hydrologique biphasée courant sur la période du II^e au VIII^e s., est conforté par les résultats obtenus dans le cadre de l'opération de fouille réalisée au contact des berges de la Loire sur le site des Dames Blanches à Tours (Fouillet, Gardère dans cet ouvrage). En ce lieu, les embarcadères aménagés et transformés, suite notamment à des crues observées entre le I^{er} et le II^e s. apr. J.-C., sont abandonnés dans le courant du II^e s. après l'ensablement du site. Une accalmie permet l'installation d'une nécropole suburbaine durant le IV^e s., avant que le secteur ne soit à nouveau régulièrement submergé et momentanément occupé par le chenal de la Loire. Au IX^e s., le site redevient habitable.

Ces crises hydrologiques, observables sous l'angle sédimentaire et environnemental, qui plus est bien identifiées par leurs répercussions sur le fonctionnement et la transformation des espaces riverains et portuaires de Saint-Lupien à Rezé, ou encore des Dames Blanches, sont-elles corrélables avec les données paléoclimatiques ?

CORRÉLATION DES CHANGEMENTS HYDROLOGIQUES DE LA LOIRE AVEC LES OSCILLATIONS CLIMATIQUES DE L'HÉMISPÈRE NORD

Les récentes études menées sur le fonctionnement hydrologique de la Loire (Castanet 2008 ; Steinmann 2016 ; Arthuis *et al.* 2019a) permettent de caler les crises hydrologiques du fleuve par rapport aux péjorations climatiques de la deuxième moitié de l'Holocène. Les crises hydrologiques de la Loire, celle du premier âge du Fer (800-550 av. J.-C.) et celle du petit âge Glaciaire (1350-1800 apr. J.-C.), sont en phase avec des détériorations climatiques d'un cycle d'oscillations négatives de 2 300 ans, enregistré depuis le début de l'Holocène (Berger, Bravard 2012). Entre ces deux détériorations majeures, les oscillations négatives du climat correspondent à des péjorations de moindre intensité. Celle du deuxième âge du Fer, encore relativement intense, ne peut être corrélée assurément avec le fonctionnement hydrologique de la basse Loire faute d'un calage chronologique fiable. De fait, il n'y a pas de différenciation entre la crise hydrologique du premier et du deuxième âge du Fer, et le *terminus post quem* de ces événements non différenciés fluctue entre le tout début du III^e et le milieu du I^{er} s. av. J.-C. En outre, les phases de calme hydrologique du fleuve du début de notre ère jusqu'au II^e s., et celle antérieure au IX^e s., sont parfaitement en correspondance avec l'optimum climatique romain, puis médiéval. De même, le deuxième paroxysme, daté du VII^e-VIII^e s., de la crise hydrologique biphasée s'étendant du II^e jusqu'au VIII^e s., observée sur la basse et moyenne Loire, se cale correctement avec une péjoration enregistrée en Europe centro-occidentale entre 700 et 900 apr. J.-C. (Berger *et al.* 2007).

En revanche, le paroxysme précédant la même crise hydrologique, située entre le milieu du II^e et le III^e s. – qui concorde avec une fermeture rapide aux influences marines du chenal d'accès au quartier portuaire romain de Saint-Lupien à Rezé et à l'abandon de ses quais, ou encore à l'ensablement des rives de la ville de Tours durant le II^e s. – ne peut être corrélé avec

4. Datation de vestiges organiques (brindilles avec écorce) piégés dans les alluvions du canal.

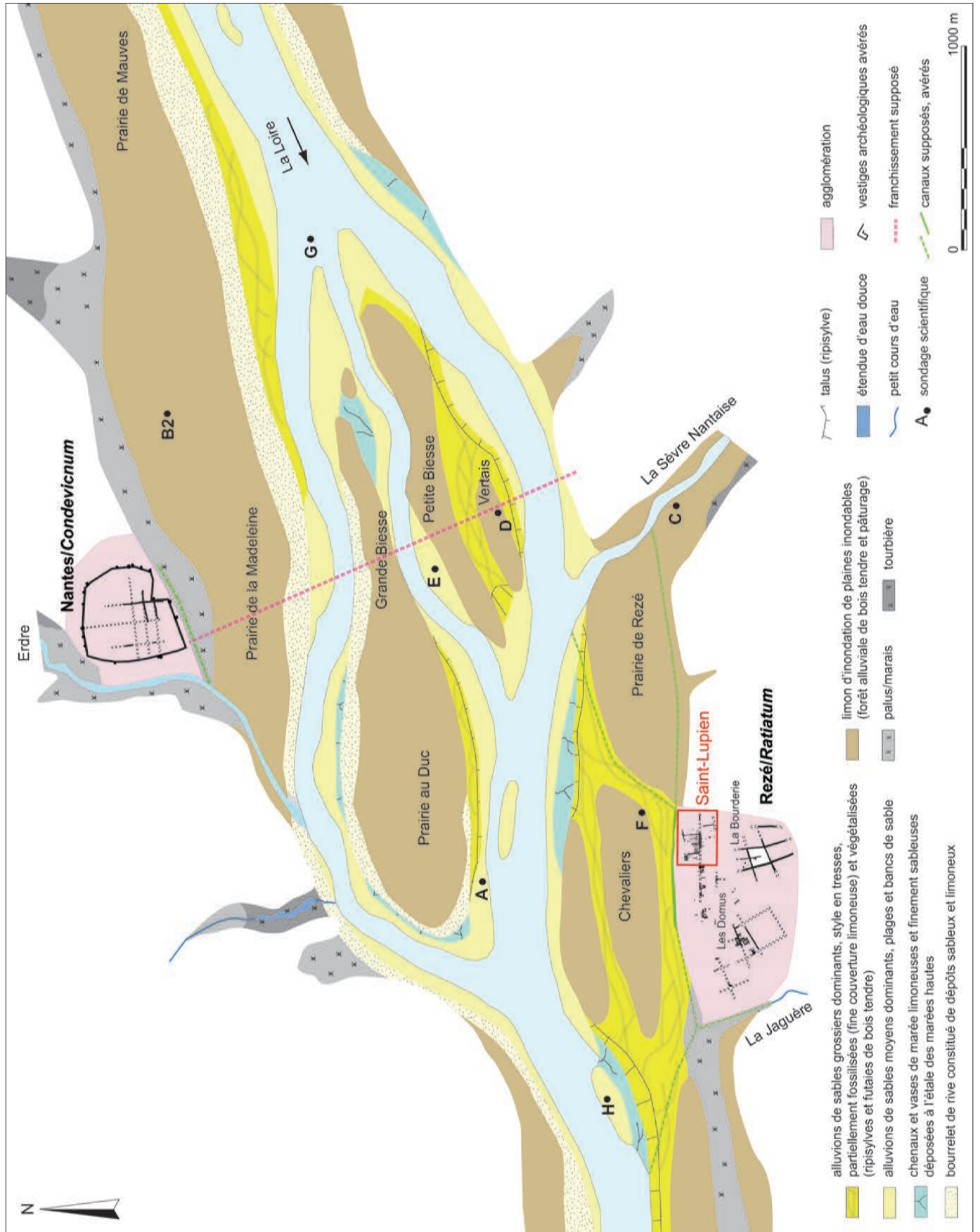


Fig. 5 – La Loire à la fin de la crise hydrologique des VII^e-VIII^e s. apr. J.-C. État des connaissances en 2019 et représentation du fleuve à marée basse et à débit ordinaire (DAO : R. Arthuis).

un changement climatique. Une légère dégradation a bien été enregistrée, mais elle est circonscrite à la Méditerranée méridionale et n'est, en aucun cas, étendue à l'Europe occidentale (Magny 2012). Le même constat d'une crise hydrologique non corrélée avec une dégradation du climat a été fait sur la vallée du Rhône, mais cette dernière est plus précoce, calée entre le 1^{er} s. av. et le 11^e s. apr. J.-C., durant l'optimum climatique romain. S'appuyant sur un nombre important de données et d'études environnementales et archéologiques, Jean-François Berger et Jean-Paul Bravard (2012) démontrent que cette crise hydrologique du Rhône est avant tout la conséquence d'un forçage anthropique pour la période romaine, due essentiellement à « une volonté issue d'une logique économique, d'exploiter et d'occuper les plaines alluviales » (Berger, Bravard 2012, p. 279). Ceci se traduit par un développement des circulations fluviales et des ports, par la construction d'ouvrages hydrauliques et, plus généralement, par l'artificialisation des hydrosystèmes ainsi que par l'intensification de l'exploitation des milieux humides. À cela, s'ajoute une pression agraire de type productiviste des interfluves, entraînant une érosion accrue des versants (Berger, Bravard 2012). Sur la basse Loire, le constat est sensiblement comparable. Les études environnementales se font l'écho d'une exploitation des plaines alluviales et des versants qui s'intensifie à l'époque romaine et les découvertes archéologiques révèlent un développement des infrastructures riveraines et portuaires.

Il n'est donc pas exclu que la crise enregistrée en basse et moyenne Loire entre le milieu du 11^e et le 13^e s., soit la conséquence d'un scénario similaire à celui du Rhône, avec cependant un décalage de deux siècles qu'il nous faudra expliquer. D'un point de vue historique, la conquête plus tardive de la Gaule intérieure est clairement une première réponse, mais elle ne peut justifier qu'un décalage d'environ 70 ans. D'un point de vue géomorphologique, la remontée du niveau marin, même faible, pourrait avoir contenu la progradation sableuse en amont du site de Saint-Lupien à Rezé, mais les données environnementales n'apportent pas, là non plus, de réponses satisfaisantes quant à une possible détérioration hydrologique plus précoce de la Loire continentale. S'agit-il d'un biais informatif, faute de données suffisamment nombreuses et fiables ? D'autres pistes de recherche doivent être investies afin de comparer les bassins du Rhône et de la Loire pour identifier les facteurs en jeu dans la réponse hydrologique des cours d'eau aux changements liés à l'évolution de l'occupation des sols et à celle des pratiques culturelles (réponse des hydrosystèmes en fonction du relief des bassins-versants, du régime des cours d'eau, etc.). Il s'agit aussi de comparer l'adaptation des sociétés riveraines aux particularités hydrologiques de la Loire et du Rhône et d'en vérifier les répercussions sur la navigation, la pêche et l'exploitation des plaines alluviales. Cette enquête permettrait aussi de mesurer la vitesse de diffusion des innovations (hydrauliques, culturelles, sociétales, etc.) ou bien encore de jauger l'incidence sur les sols d'une culture productiviste autre que l'olivier... Ce sont autant de facteurs qui ont pu décaler dans le temps les conséquences d'une « rupture importante dans la relation société-nature ; une sorte de “mondialisation” à l'échelle du monde antique » (Berger, Bravard 2012, p. 280).

*
* *

Le paysage ligérien antique au-devant des villes romaines de Nantes/*Condevicnum* et de Rezé/*Ratiatum*, situées de part et d'autre de l'estuaire de la Loire, est fondé sur des composantes géographiques héritées, dont les plus anciennes sont les îles de la Grande Biesse et de la Prairie au Duc et les plaines inondables de la Madeleine, de Mauves et de Rezé. Elles sont apparues progressivement, entre 5700 et 4500 ans BP, au Néolithique final, lorsque les influences marines qui dominent la vallée de la Loire à Nantes, alors véritable *ria*, vont s'estomper suite au ralentissement de l'élévation du niveau des océans et laisser place à un fleuve conquérant qui incise les bras de Pirmil et de la Madeleine. À l'échelle de la vallée, ces composantes ont finalement assez peu évolué par la suite. En revanche, la bande active du fleuve est nettement plus mobile et de nombreuses îles y sont apparues, notamment à la fin des crises hydrologiques liées aux péjorations climatiques du premier et du début du deuxième âge du Fer. Parmi celles-ci ont été reconnues l'île des Chevaliers, située au droit du quartier portuaire antique de Saint-Lupien – ce qui permet de circonscire le chenal qui sépare l'île du port et de le qualifier de bras secondaire – et celle de Vertais, qui complète le fondement géologique d'un possible franchissement de la Loire durant l'Antiquité avant que ne soit construite, à cet endroit, la ligne de ponts médiévale que les archives attestent dès le 19^e s.

À Saint-Lupien, les premiers aménagements de berge, puis les quais monumentaux, sont construits entre le début du 1^{er} s. et le début du 11^e s. apr. J.-C., en bordure des eaux relativement calmes d'un bras secondaire de la Loire soumis à la marée dynamique et, concernant au moins les tout premiers aménagements, à la remontée des eaux salées. Les grandes infrastructures portuaires établies à la fin du 1^{er} s. apr. J.-C. sont adaptées à cet environnement et en totale adéquation avec une batellerie mixte, fluviale et estuarienne.

Les influences marines vont progressivement fléchir jusqu'à presque disparaître durant la crise hydrologique d'origine vraisemblablement anthropique des 11^e et 13^e s., restreignant l'estuaire et rendant le bras de Rezé nettement plus fluvial et, semble-t-il, difficilement exploitable comme site portuaire dans sa configuration initiale. Les quais sont alors transformés – ou abandonnés et recyclés – en cale, un réaménagement qui restreint l'activité portuaire à une batellerie essentiellement fluviale. L'activité de ce port perdure néanmoins dans un environnement hydrologique perturbé jusqu'au début du 17^e s. et l'arrivée massive de sable qui va obstruer définitivement le chenal d'accès. Cette énième crise hydrologique coïncide avec le début d'une péjoration climatique qui va perdurer jusqu'au 19^e s. et contrarier le projet de maintenir coûte que coûte un port dans ce secteur et/ou de rétablir des circulations fluviales grâce au creusement d'un canal, puisque celui-ci va rapidement se colmater. Partiellement envasé dès le 17^e s., le canal, dernier vestige d'une activité fluviale en ce lieu, disparaît totalement du paysage avant le 19^e s.

BIBLIOGRAPHIE

ABRÉVIATIONS

- RFO Rapport final d'opération.
SRA Service régional de l'archéologie.

RÉFÉRENCES

- Armynot du Chatelet É., Arthuis R., le Cadre V., Ganne A., Goubert É., Leroyer C. 2015** : Le programme « paléoenvironnemental » sur la fenêtre de Nantes et Rezé, in Arthuis R., Monteil M. (dir.), *Archéologie fluviale et environnements holocènes des vallées de la Loire et ses affluents en Pays nantais*, Rapport final de projet de recherche européen 2011-2014, Nantes, Archives scientifiques du SRA des Pays de la Loire, 2 vol., p. 46-107.
- Arthuis R. 2016** : Étude géomorphologique des accumulations sédimentaires : zone 4, secteur 16, in Guittou D. et al. (dir.) 2016, vol. 2, p. 136-144.
- Arthuis R., Monteil M. 2015a** : La Basse-Loire : une enquête archéologique et géoarchéologique en cours, in Arthuis R., Monteil M. (dir.) 2015, p. 9-22.
- Arthuis R., Monteil M. 2015b** : Archéologie et géoarchéologie de la Basse-Loire : acquis méthodologiques et scientifiques, perspectives, in Arthuis R., Monteil M. (dir.) 2015, p. 173-178.
- Arthuis R., Monteil M. (dir.) 2015** : *Archéologie de la Basse-Loire*, Rennes, Presses universitaires de Rennes, 194 p.
- Arthuis R., Nauleau J.-F., Goubert É., Barbier-Pain D., Baudouin V. 2015** : Reconstitution paléogéographique de la vallée de la Loire à Nantes depuis 8 000 ans, in Arthuis R., Monteil M. (dir.) 2015, p. 23-43.
- Arthuis R., Fernandez P., Fillon D., Lagarde M., Mélec F., Viau Y. 2019a** : *Étude documentaire du potentiel archéologique de la Loire entre Montjean-sur-Loire/Ingrandes et Champtoceaux/Oudon*, Rapport final, Nantes, SRA des Pays de la Loire, 1 vol., 1 atlas, 391 p.
- Arthuis R., Mercier F., Armynot du Châtelet É., Ganne A., Goubert É. 2019b** : Nantes and the Loire: a Complex History at the Crossroads between Humanities and Earth Science, in Foucher M. et al. (dir.) 2019, p. 29-42.
- Berger J.-F. (dir.) 2012** : *Des climats et des hommes*, Paris, La Découverte, 489 p.
- Berger J.-F., Nuninger L., Van Der Leeuw S. 2007** : Modeling the role of resilience in socio-environmental co-evolution: the Middle Rhone Valley between 1000 BC and AD 1000, in Kolher T., Van Der Leeuw S. (dir.), *Modeling Socioecological Systems*, Santa Fe, Sarre, p. 41-49.
- Berger J.-F., Bravard J.-P. 2012** : Le développement économique romain face à la crise environnementale : le cas de la Gaule narbonnaise, in Berger J.-F. (dir.) 2012, p. 269-289.
- 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 de Paris-1 Panthéon-Sorbonne, 549 p.
- Chaumillon E., Tessier B., Reynaud J.-Y. 2010** : Stratigraphic records and variability of incised valley and estuaries along French coasts, *Bulletin de la Société géologique de France*, 181-2, p. 75-85.
- Cubizolle H., Fasson F., Argant J., Latour-Argant C., Galet P., Oberlin C. 2012** : Mire initiation, climatic change and agricultural expansion over the course of the late-Holocene in the Massif Central mountain range (France): Causal links and implications for mire conservation, *Quaternary International*, 251, p. 77-96.
- Cyprien A.-L. 2002** : *Chronologie de l'interaction de l'homme et du milieu dans l'espace central et aval de la Loire (Ouest de la France)*, Nantes, Groupe d'étude des milieux naturels, université de Nantes, 2 t., 183 p. et 75 p.
- Foucher M., Dumont A., Werther L., Wollenberg D. (dir.) 2019** : *Inland Harbours in Central Europe: Nodes between Northern Europe and the Mediterranean Sea*, Mayence, Verlag des Römisch-Germanischen Zentralmuseums, 38, 268 p.
- Ganne A. 2015a** : *Rapport d'analyse palynologique : zone 4, secteur 16, in Guittou D., Mouchard J. (dir.), L'agglomération antique de Rezé (Loire-Atlantique). Le quartier Saint-Lupien*, Rapport intermédiaire 2014, t. I-3, *Les aménagements de berge (zone 4)*, Nantes, SRA des Pays de la Loire, vol. 2, p. 141-158.
- Ganne A. 2015b** : *État d'avancement des analyses palynologiques du programme du PCR « Archéologie fluviale et environnements holocènes des vallées de la Loire et ses affluents en Pays nantais »*, Rapport intermédiaire de thèse de doctorat, université de Rennes 1, 34 p.
- Goubert É., Cadre V. Le, Armynot du Chatelet É., Arthuis R., Ganne A., Leroyer C. 2013** : Réalisation des forages et des études paléoenvironnementales, in Arthuis R., Monteil M. (dir.), *Archéologie fluviale et environnements holocènes des vallées de la Loire et ses affluents en Pays nantais*, Rapport d'activité intermédiaire du projet de recherche européen 2011-2014, Nantes, SRA des Pays de la Loire, p. 34-49.
- Guittou D., Mouchard J., Favreau X., Monteil M., Yacger M. (dir.) 2016** : *L'agglomération antique de Rezé (Loire-Atlantique). Le quartier Saint-Lupien*, Rapport intermédiaire 2015, t. I-4, *Les aménagements de berge (zone 4)*, fouille programmée 2013-2015, Nantes, SRA des Pays de la Loire, 2 vol., 339 p. et 211 p.
- Guittou D., Mouchard J., Favreau X., Monteil M., Yacger M. (dir.) à paraître** : *L'agglomération antique de Rezé (Loire-Atlantique). Le quartier Saint-Lupien*, Rapport final 2016, t. I-5, *Les aménagements de berge (zone 4)*, Nantes, SRA des Pays de la Loire.
- Lisle du Dreneuc P. 1903** : *Catalogue du musée archéologique de Nantes*, Nantes, Joubin et Beuchet, 376 p.
- Magny M. 1995** : *Une histoire du climat, des derniers mammouths au siècle des voitures*, Clamecy, Errance, 176 p.
- Magny M. 2012** : « Back to the future » dans les Alpes ? Une mise en perspective du réchauffement climatique en cours dans le contexte général de l'Holocène, sur la base de découvertes archéologiques, in Berger J.-F. (dir.), *Des climats et des hommes*, Paris, La Découverte, p. 185-200.
- Milcent P.-Y. 2012** : *Le temps des élites en Gaule atlantique*, Rennes, Presses universitaires de Rennes, 253 p.

- Mouchard J., Épaud F., Guitton D., avec la collab. de Favreau X., Monteil M., Yacger M. 2016** : Entre fleuve et océan, les quais à pans de bois du port antique de Rezé/*Ratiatum* (Loire-Atlantique), in C. Sanchez, M.-P. Jézégou (dir.), *Les ports dans l'espace méditerranéen antique : Narbonne et les systèmes portuaires fluvio-lagunaires*, Actes du colloque de Montpellier, 22-24 mai 2014, Revue archéologique de Narbonnaise (coll. Suppl. à la Revue archéologique de Narbonnaise, 44), p. 247-262.
- Mouchard J., Guitton D. 2019** : The Roman Port of Rezé/*Ratiatum*: 2013-2016 Research Programme Preliminary Results, in Foucher M. *et al.* (dir.) 2019, p. 85-94.
- Steinmann R. 2016** : *L'influence climatique et anthropique sur trois cours d'eau bourguignons : géoarchéologie de sites de franchissement sur la Loire, la Saône et le Doubs au cours de l'Holocène*, Thèse de doctorat, université de Bourgogne, 3 vol., 422 p., 169 p. et 169 p.
- Stephan P., Goslin J. 2015** : Évolution du niveau marin relatif à l'Holocène le long des côtes françaises de l'Atlantique et de la Manche : réactualisation des données par la méthode des « *sea-level index points* », *Quaternaire*, 25-4, p. 295-312.
- Tessier B., Billeaud L., Sorrel P., Delsinne N., Lesueur P. 2012** : Infilling stratigraphy of macrotidal tidedominated estuaries. Controlling mechanisms: Sea-level fluctuations, bedrock morphology, sediment supply and climates changes (The examples of the Seine estuary and the Mont-Saint-Miche Bay, English Channel, NW France), *Sedimentary Geology*, 279, p. 62-73.
- Visset L., Hauray G., Charriau L., Rouzeau N. 2001** : Paléoenvironnement urbain : histoire du comblement des vallées de la métropole nantaise, du Tardiglaciaire à la fin de l'Holocène, *Annales de Bretagne et des Pays de l'Ouest*, 108, p. 147-165.
- Van Geel B. 2012** : La crise climatique de 850 avant notre ère, in Berger J.-F. (dir.) 2012, p. 257-267.
- Wanner H., Solomina O., Grosjean M., Jetel M. 2011** : Structure and origin of Holocene cold events, *Quaternary Science Reviews*, 30, 21-22, p. 3109-3123.