Evolution du style fluviatile et des débits des chenaux en Bassée depuis la Préhistoire : premier essai de synthèse

Jean-Louis Grimaud[1*] Patrick Gouge[2], Damien Huyghe[1], Joseph Fournier[1], Inès Gabert[1]

[1] PSL University/MINES Paris/Centre de Géosciences, 35 rue St Honoré, 77305 Fontainebleau Cedex, France
[2] Département de Seine-et-Marne/Centre départemental d'archéologie de la Bassée, 11 rue des Roises 77118 Bazoches-lès-Bray
[*] jean-louis.grimaud@mines-paristech.fr

Résumé

La plaine alluviale de la Bassée est un territoire fortement domestiqué dans lequel des projets d'aménagement d'envergure se sont implantés, à la fois sur la plaine alluviale et le long de la Seine. Ces projets ont induit une transformation profonde de la plaine alluviale, altérant son fonctionnement primaire hérité d'une longue évolution morphoclimatique. Ce rapport dresse l'inventaire de l'évolution de la Bassée d'avant ces transformations, i.e., depuis plus de 9 000 ans, en se basant sur la synthèse de travaux en cours, principalement à travers l'étude de (paléo)chenaux. Ces chenaux sont, pour une petite partie, recensés sur les cartes historiques. Pour la majorité, le repérage des chenaux s'est effectué à partir d'un modèle numérique de terrain à partir d'acquisition Lidar avec 1 m de résolution horizontale. Des sondages carottés ont permis de dater et de décrire l'abandon et le remplissage des chenaux. En combinant l'analyse de ces chenaux avec les données paléoenvironnementales issues de la littérature, un premier schéma d'évolution peut être dégagé. (1) Les chenaux du début et du milieu de l'Holocène (9 500 à 4 500 ans cal. BP) étaient 2 à 4 fois plus larges que la Seine actuelle, impliquant des débits et des taux de migration latérale plus forts. (2) La taille et le débit de ces chenaux ont diminué au cours de l'Holocène. (3) Une rupture est identifiée à la transition entre le Néolithique et l'âge du Bronze avec une diminution forte de la taille des chenaux qui s'accompagne du développement de la forêt alluviale d'après les données polliniques. Cette transition est interprétée comme étant liée à l'augmentation du niveau des nappes phréatiques.

Points clés

- ✓ *Reconstruction des paysages fluviatiles avant les grands aménagements en Bassée*
- ✓ *Diminution de la taille des chenaux depuis 10 000 ans*
- ✓ *Transition probable à une Seine à multiples bras vers 4200 ans cal. BP*

Abstract

The Bassée is a highly domesticated territory, where large-scale development projects have been carried out, both on the alluvial plain and along the Seine River. These projects have transformed the alluvial plain, altering its primary functioning inherited from a complex morphoclimatic evolution. This report is an inventory of the evolution of La Bassée over more than 9,000 years based on ongoing work on (paleo)channels. Few channels were identified on historical maps. Most other channels were identified from Lidar digital elevation models acquired with a 1 m horizontal resolution. Core drilling made it possible to date and describe the abandonment and filling of the channels. By combining the analysis of these channels with paleoenvironmental data from the literature,

the Holocene evolution of the Bassée territory can be reconstructed. (1) Channels from Early to Middle Holocene (9,500 to 4,500 cal. years BP) were 2 to 4 times wider than the present Seine River, implying a higher flow rate and lateral migration rates. (2) The size and water discharge of the channels decreased during the Holocene. (3) A changeover is identified at the transition between the Neolithic and the Bronze Age with a rapid decrease of channel size synchronous to the development of alluvial forest. This transition is interpreted as the result of the increase of the water table.

Key points

- ✓ *The evolution of fluvial landscapes in the Bassée plain is studied before the acceleration of human intervention*
- ✓ *The size of (paleo) channels has decreased in the past 10,000 years*
- ✓ *A sharp transition, probably towards an anabranching system, is observed near 4,200 years cal. BP*

Introduction

En Europe, les rivières ont été domestiquées par l'homme depuis des siècles, modifiant les écosystèmes des plaines alluviales (Brown *et al.*, 2018). C'est le cas de la plaine alluviale de la Bassée, sur laquelle se concentre les travaux du PIREN-Seine depuis de nombreuses années (*e.g.*, Labarthe et Flipo, 2016 ; Carré *et al.*, 2020 ; Grimaud *et al.*, 2020 ; Dass *et al.*, 2021 ; Guillon *et al.*, 2021 ; Grimaud *et al.*, 2021 ; Resch et Lestel, 2022). En lien avec les grands projets mis en place et/ou en cours de réalisation ou de discussion (constructions de canaux et d'écluse, extraction de granulats, construction d'un casier pilote, centrale de Nogent-sur-Seine, mise à grand gabarit, etc.), la Bassée possède donc une trajectoire complexe qui lui est propre et qui fait l'objet d'études, tout particulièrement pour sa partie la plus récente (depuis 1960). Mis à part les travaux de Mégnien *et al.* (1965) et de Deleplancque (2016), peu d'études se sont intéressées à l'évolution de cette plaine avant l'accélération de son anthropisation. Ce rapport propose de dresser un premier bilan sur cette évolution à la lumière de travaux récents de la phase 8 et qui vont continuer en phase 9. Ces travaux s'appuient à la fois sur un article en préparation pour soumission au journal Boreas (*Fluvial dynamics changeover at the Middle to Late Holocene transition in Europe: insights from the Upper Seine River (titre provisoire) J-L Grimaud, P Gouge, D Huyghe, J Fournier, I Gabert)* ainsi que sur le dépliant de 6 pages, réalisé par le collectif acteurs-chercheurs de la Bassée[1].

Dans le Bassin parisien, il existe quelques tentatives de quantification de la paléohydrologie des grands systèmes fluviaux avant les interventions humaines. Durant la période historique, on peut bénéficier de cartes, mais ces dernières ont au mieux 200-300 ans (Lestel *et al.*, 2020). Sur les périodes plus anciennes, il existe des données qui documentent l'évolution de cours d'eau plus petits (Lespez *et al.*, 2008 ; Brown *et al.*, 2018 ; de Milleville *et al.*, 2023). L'évolution des fonds de vallée des grandes rivières depuis le Pléistocène supérieur (126 à 11,7 milliers d'années) jusqu'à l'Holocène inférieur (11,7 à 8,2 milliers d'années) a été documentée par les travaux de Pastre *et al.* (1997, 2000, 2002a, 2002 b) pour la Seine et d'Antoine (1997) puis de Garcia *et al.* (2025) pour la Somme. Cependant, Pastre *et al.* (1997, 2000, 2002a, 2002 b) se sont principalement concentrés sur les périodes Pléniglaciaire et Tardiglaciaire à la fin du Pléistocène (dans les vallées de la Marne et de l'Oise) et moins sur l'Holocène (11,7 milliers d'années à nos jours) (Pastre *et al.*, 2015). De plus, ces auteurs n'ont pas documenté l'ampleur des changements géomorphologiques au cours de ces périodes ni tenté de calculer les paléodébits, contrairement à d'autres études en Eurasie du Nord (voir synthèse dans Slowik, 2023). Dans la région de la Bassée, des restitutions paléohydrologiques ont été tentées par Deleplancque (2016) pour la Haute Seine. Cependant, cette proposition (i) s'est concentrée sur les chenaux cartographiés par Mégnien *et al.* (1965) avec des datations au radiocarbone limitées et (ii) n'a pas bénéficié de données topographiques à haute

[1] Document disponible à cette adresse : https://piren-seine.fr/sites/default/files/piren_documents/autres_rapports_et_etudes/la_bassee_a5.pdf

résolution qui sont maintenant disponibles. Des études récentes sur la zone ont permis de quantifier la dynamique paléofluviale (Szewczyk, 2020 ; Petit *et al.*, 2021 ; Grimaud *et al.*, 2023). Ces travaux peuvent désormais être complétés pour fournir une évolution complète de la paléohydrologie de la Haute Seine au cours de l'Holocène dans la Bassée.

Cette étude présente les résultats portant sur les paléochenaux du secteur de la Bassée afin de suivre la dynamique fluviatile holocène de la Haute Seine. Les études existantes ont été complétées par de nouvelles descriptions de forages et des datations au radiocarbone. Cette compilation permet de documenter la réduction de la taille des chenaux durant l'Holocène, discutée en lien avec les changements environnementaux.

1. Contexte : la plaine alluviale de la Bassée

La zone d'étude est la plaine alluviale de la Bassée située au sud de Paris, entre les villes de Nogent-sur-Seine et Montereau-Fault-Yonne (Fig. 1a). La plaine alluviale mesure environ 50 km de long et jusqu'à 6 km de large (Fig. 1 b). Le débit moyen journalier de la Seine y est d'environ 80 $m^3.s^{-1}$ (Deleplancque *et al.*, 2018). La plaine alluviale a été fortement modifiée par l'Homme pour la navigation et l'extraction de granulat. Dans la Bassée, plusieurs terrasses alluviales peuvent être identifiées (Fig. 1 b).

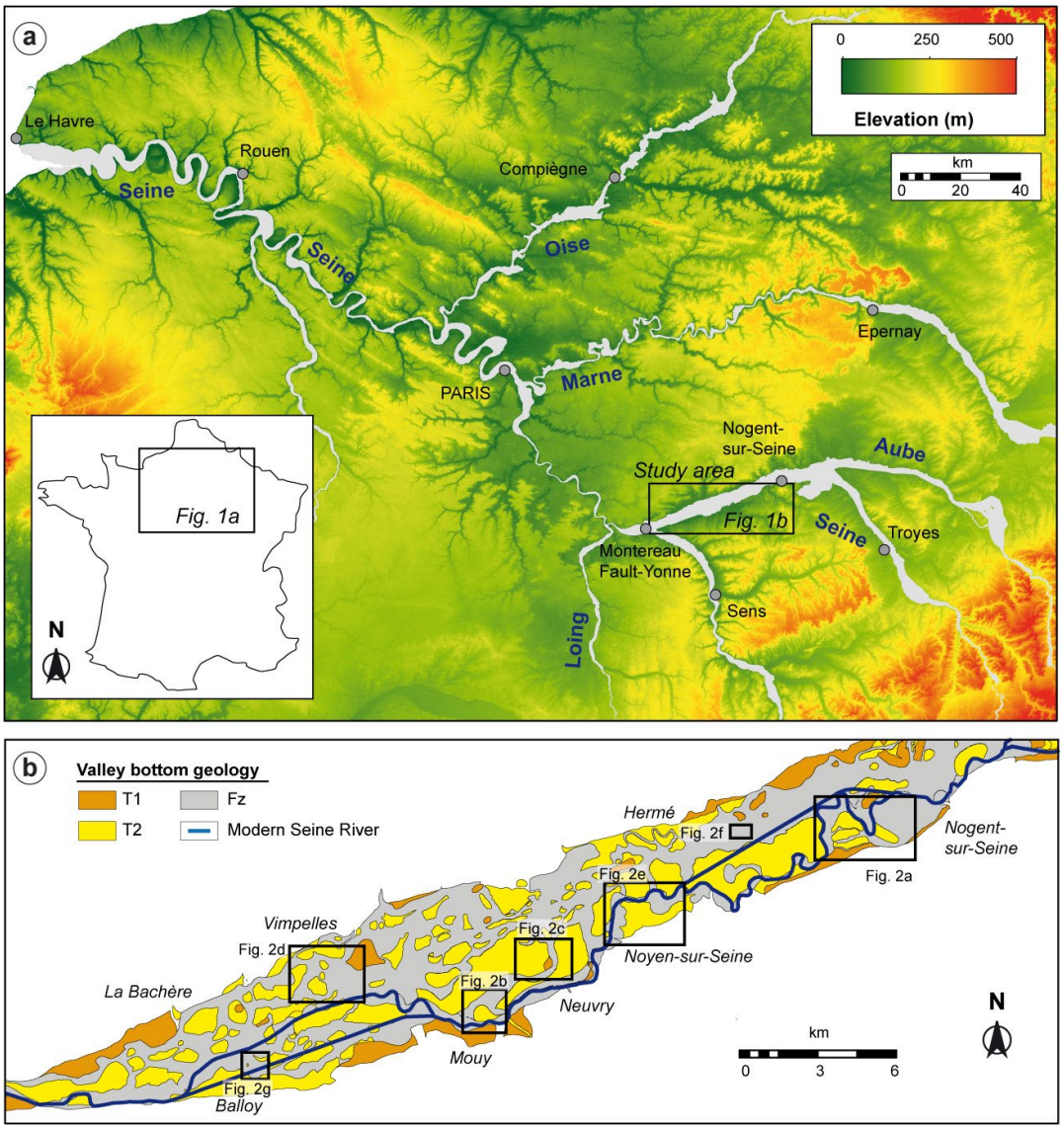

Figure 1. (a) Localisation de la zone d'étude dans le bassin-versant de la Seine. (b) Géologie de la plaine alluviale de la Bassée (d'après Deleplancque, 2018). T1 et T2 correspondent à des terrasses pléistocènes et Fz à des dépôts holocènes (Grimaud et al., in prep).

Les terrasses pléistocènes ont été séparées en terrasses saaliennes (MIS 6) (T1) et weischéliennes (MIS2) (T2) par Mégnien *et al.* (1965) et Deleplancque *et al.* (2018) sur la base d'une analyse topographique. Les âges OSL (pour « optically simulated luminescence ») récents de Chourio Camacho (2024) confirment l'existence de dépôts pléistocènes (MIS 2) dans la plaine alluviale. Mégnien *et al.* (1965) ont également décrit deux types de terrasses holocènes, distinguant la ceinture de chenaux actifs des chenaux abandonnés. Dans cette étude, ces deux terrasses sont regroupées en une seule catégorie (Fz) par souci de simplicité. C'est là que se trouvent les paléochenaux holocènes qui seront l'objet de cette étude (Fig. 1 b).

2. Méthodologie

2.1. Cartographie et analyse du remplissage des chenaux

Un modèle numérique de travail (MNT, fourni par Voies Navigables de France) construit avec des données Lidar — corrigées de la végétation et avec une précision latérale de 1 m — a été utilisé. La résolution verticale centimétrique de ce jeu de données permet l'identification de nombreux paléochenaux abandonnés dans la plaine alluviale (Fig. 2). Onze chenaux, représentatifs de la diversité des paléochenaux visibles à la surface de la plaine alluviale, ont été étudiés (Fig. 2). Le remplissage sédimentaire de ces chenaux a été étudié le long de coupes transversales à leur paléoécoulement (Fig. 2 et 3). L'échantillonnage des successions sédimentaires a été réalisé à la tarière, à la gouge et/ou au carottier russe, selon le type de matériau à échantillonner et leur accessibilité. Vingt-six forages ont ainsi été réalisés manuellement durant la période d'étiage (entre 2017 et 2024). Le plus souvent, les forages s'arrêtent lorsqu'aucune pénétration n'est possible (c'est-à-dire lorsqu'on atteint une couche de galets) ou lorsqu'aucun sédiment ne peut plus être extrait (c'est-à-dire lorsqu'on atteint des couches de sable ou gravier saturées en eau). En ajoutant les descriptions disponibles dans Deleplancque (2016), Szewczyk (2020), Petit *et al.* (2021) et Grimaud *et al.* (2023), un total de 46 descriptions granulométriques est disponible. Les interpolations entre les descriptions ont permis de construire des coupes transversales interprétées du remplissage sédimentaire des paléochenaux (Fig. 3).

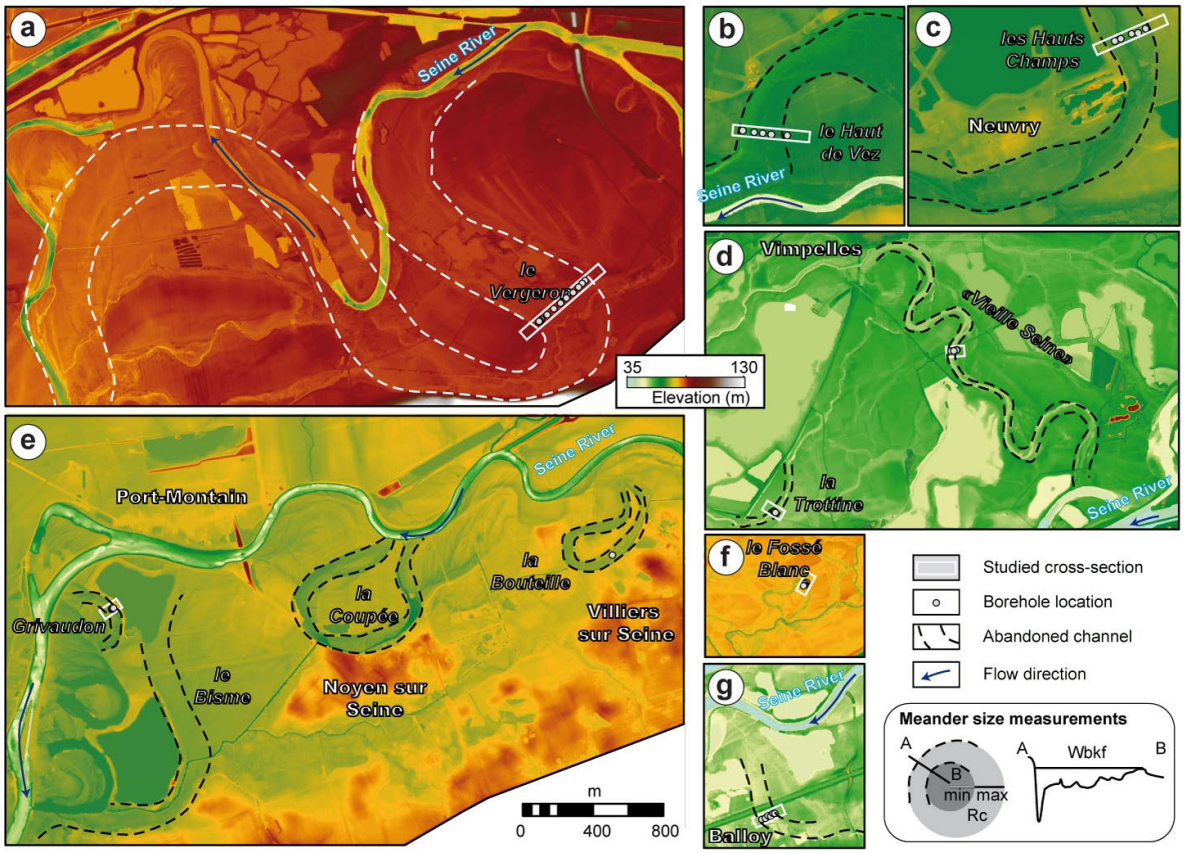

Figure 2. Paléochenaux étudiés et identifiés sur le MNT Lidar. A noter que toutes les vues ont la même échelle. Les lignes pointillées correspondent aux bords des chenaux. Pour leur localisation, voir la figure

1 b. Les mesures effectuées sur chaque chenal sont présentées dans l'encart inférieur droit. (Grimaud et al., in prep).

2.2. Datation des abandons de chenaux

Huit nouvelles datations radiocarbone ont été ajoutées à celles de la littérature (Deleplancque, 2016 ; Szewczyk, 2020 ; Petit *et al.*, 2021 ; Grimaud *et al.*, 2023) pour estimer l'âge d'abandon des chenaux (Fig. 3). Dans de nombreux cas, il a été possible d'estimer directement un âge minimum d'abandon des chenaux, car des sédiments organiques ont été trouvés juste au-dessus d'une couche de gravier marquant l'ancien lit des chenaux (Fig. 3). En effet, si les graviers témoignent d'un fort débit permettant de charier du matériel grossier, les sédiments fins et organiquent marquent une diminution très importante du courant et donc l'abandon des chenaux par la rivière active. Dans le chenal du Vergeron près de Nogent-sur-Seine, un âge d'abandon a été estimé à partir du taux d'accumulation mesuré dans le chenal. Le chenal du Bisme à Noyen-sur-Seine a quant à lui été daté à partir de données issues d'études archéologiques dans la région (synthèse disponible dans Grimaud *et al.*, 2023). Enfin, le chenal de la Coupée à Noyen-sur-Seine (Fig. 2e) a été daté directement à partir de documents historiques reportant un rescindement anthropique en 1809 (Grimaud *et al.*, 2020).

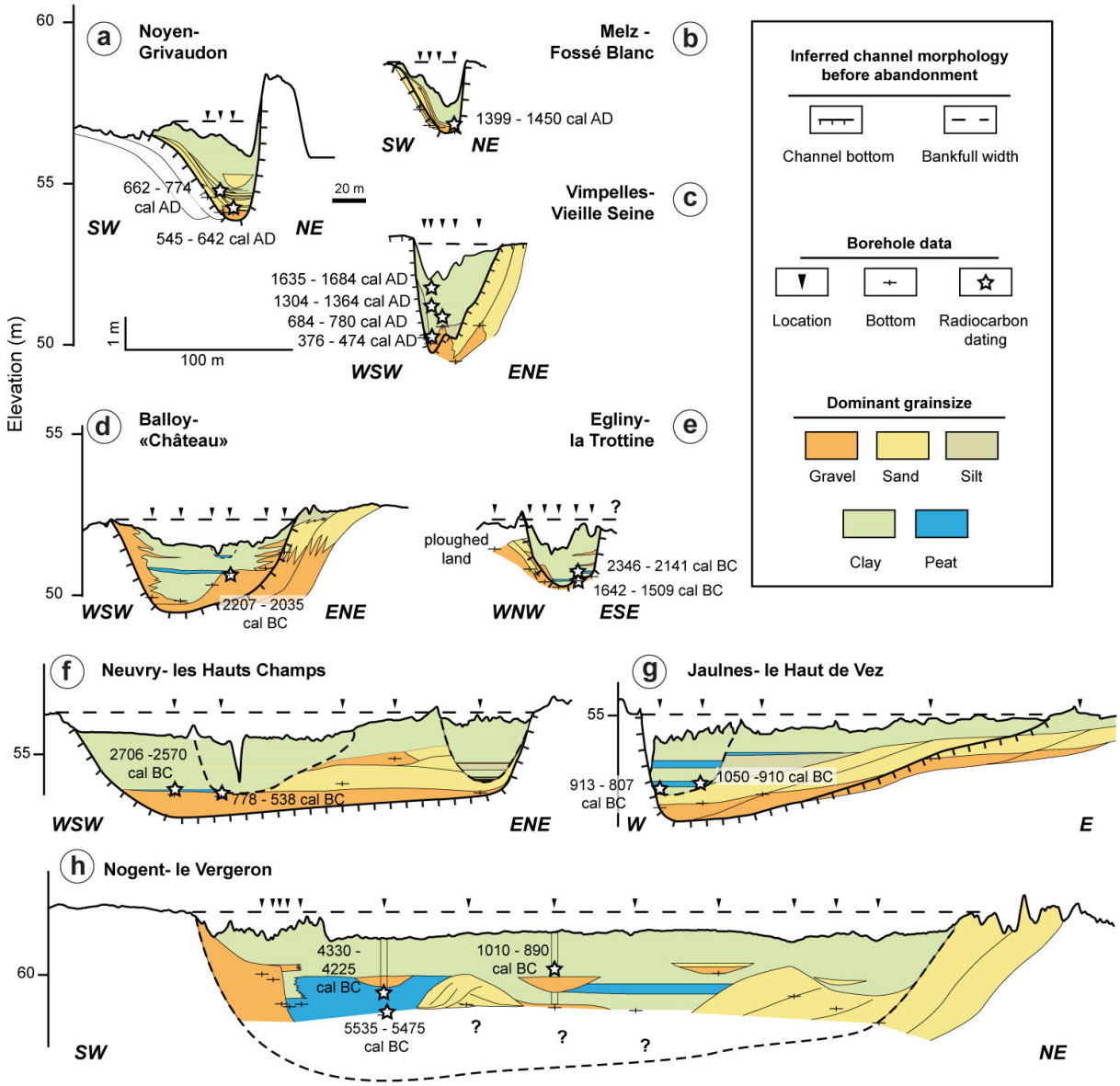

Figure 3 : Coupes interprétées des paléochenaux aux localisations indiquées dans la figure 2. (Grimaud et al., in prep).

2.3. Morphologie des chenaux et essai de restitution des tailles de chenaux

Suivant les méthodes de Williams (1986), le rayon de courbure R_c et la largeur à pleins bords W_{bkf} ont été mesurés pour chaque chenal. Les mesures de R_c ont été réalisées en traçant des cercles tangents aux chenaux abandonnés le long de leurs rives intérieure et extérieure (Fig. 2). La moyenne des deux valeurs a été retenue comme mesure représentative de R_c. La W_{bkf} a été estimée à partir de sections topographiques approximativement orthogonales à la direction du paléoécoulement et considérée comme la distance entre les crêtes des levées bordant le chenal. Ces mesures ont été effectuées autant que possible le long de sections droites des paléochenaux (Williams, 1986), bien que dans de nombreux cas, seules des sections courbes (coudes de méandres abandonnés) étaient disponibles. Pour le chenal du Bisme à Noyen-sur-Seine, la largeur était difficile à mesurer en raison de la présence de gravières à l'ouest, ce qui a probablement accru l'incertitude de cette mesure. Les valeurs R_c et W_{bkf} ont été comparées (figure 4) et leur évolution a été suivie à l'aide des âges d'abandon estimés (figure 5). Lorsque cela était possible, les paramètres morphométriques ont été convertis — à titre indicatif — en débit annuel moyen et en taux de migration latérale, selon les formules développées respectivement par Williams (1984) et Ielpi et Lapôtre (2019) (figure 5).

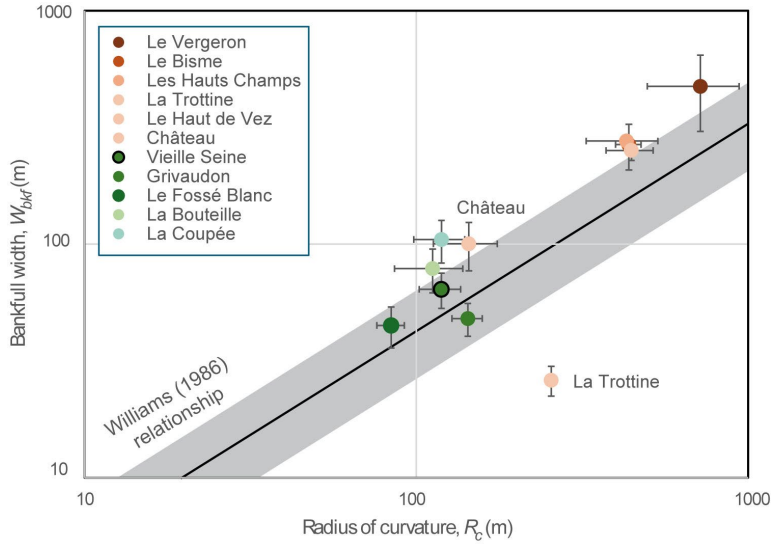

Figure 4 : Coupes interprétées des paléochenaux aux localisations indiquées dans la figure 2. (Grimaud et al., in prep).

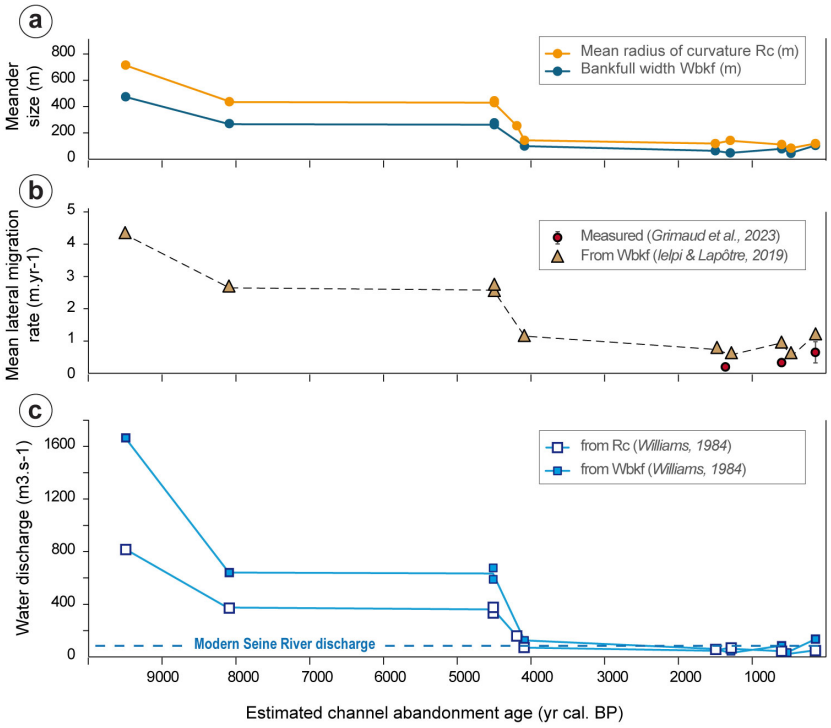

Figure 5 : Évolution de la dynamique fluviatile. (a) Taille des méandres (Rc et Wbkf), (b) taux de migration latérale (estimé à l'aide de LM = 0,023 Wbkf ^{0,85} et mesuré) et (c) débit d'eau estimé (à l'aide de Q = 0,06 Wbkf ^{1,66} ou Q = 0,025 Rc ^{1,58}). À noter que les données sont tracées en fonction de l'âge d'abandon des paléochenaux. Elles constituent donc un âge minimum de la phase active des paléochenaux. Voir résultats et discussion pour la validation des formules. (Grimaud et al., in prep).

3. Résultats et interprétation

3.1. Classification de chenaux en fonction de leur taille et de leur âge

On distingue deux groupes de chenaux le long du cours de la Haute Seine, dans la plaine alluviale de la Bassée (Fig. 2). Les chenaux du groupe 1 mesurent environ une centaine de mètres de large ou moins (Fig. 3a, 3 b, 3 c, 3 d et 3e) alors que ceux du groupe 2 mesurent plusieurs centaines de mètres de large (Fig. 3f, 3 g et 3 h). La largeur des chenaux du groupe 1 est proche ou inférieure à celle de la Seine actuelle dans la région de la Bassée (80-95 m de large). Du fait de la forte domestication de la Seine par l'Homme, au travers notamment de la stabilisation des berges depuis le milieu du XIXe siècle pour la navigation (Lestel *et al.*, 2020), la largeur de la Seine a été réduite et sa migration latérale stoppée. La largeur à pleins bords de la Seine dans le chenal de la Coupée (soit 100 ± 20 m), qui était la Seine active au début du XIXe siècle, est donc proche de ce qu'elle était avant les modifications anthropiques les plus intenses.
La plupart des chenaux appartenant au groupe 2 peuvent être délimités sur des cartes topographiques (Fig. 2a, 2b et 2c). Par exemple, le chenal du Vergeron est délimité par des marques « en croissant » — au nord de la section étudiée (Fig. 2a) — qui témoignent de sa migration latérale avant son abandon. Une exception notable est le chenal du Bisme à Noyen-sur-Seine. Ce chenal a été détecté par images satellites : son remplissage organique présente une signature plus sombre que celle des sables et graviers voisins. Globalement, dans ce deuxième groupe, le chenal du Vergeron est plus large (470 ± 170 m) que les autres chenaux (Bisme, Hauts Champs et Haut de Vez), qui ont une largeur d'environ 260 m.
En utilisant la date d'abandon des chenaux, on peut tracer l'évolution de la taille des chenaux en fonction du temps. Au premier ordre, les chenaux du groupe 1 datent d'après 4 200 ans cal. BP alors que ceux du groupe 2 sont plus vieux (Fig. 5). La figure 5a montre qu'au cours de l'Holocène ancien et moyen, les chenaux fluviaux mesuraient plusieurs centaines de mètres de large. Le chenal le plus grand et le plus ancien est celui du Vergeron (470 m). L'âge exact d'abandon de ce chenal (plus de 9 500 ans) n'est toutefois pas connu avec précision. Au cours de l'Holocène moyen, les chenaux étaient systématiquement au moins deux fois plus larges (environ 250 m) que ceux de l'Holocène récent (environ 50 à 100 m).

3.2. Évolution morphologique des chenaux

Le taux de migration latérale des rivières a été estimé à l'aide de la formule d'Ielpi et Lapôtre (2019) pour les rivières végétalisées (Fig. 5 b). Les valeurs ont été comparées aux estimations faites par Grimaud *et al.* (2023) dans la région de Noyen-sur-Seine. Ces dernières ont donné des taux de migration plus faibles que les premières, bien que les tendances soient similaires. Ceci suggère que pour les périodes plus anciennes, les estimations proposées sont surestimées. Les débits fluviaux annuels moyens ont été déduits à partir de deux équations de Williams (1984) basées sur une étude sur des cours d'eau suédois (Fig. 5c). Ces deux formules ayant une gamme d'application limitée (W_{bkf} maximum utilisé de 67 m et R_c maximum de 169 m), elles doivent donc simplement être considérées comme des indicateurs dans notre étude.

Sans surprise, les estimations des paléodébits fluviaux et des taux de migration latérale évoluent de manière similaire à leur géométrie : ils sont maximums à l'Holocène inférieur et diminuent en allant vers le présent. Au cours des 2 000 dernières années, les taux de migration latérale estimés et mesurés ont suivi la même tendance : ils ont tous deux légèrement augmenté (Fig. 5 b), les estimations étant 2 à 3 fois supérieures aux mesures. Les valeurs de migration latérale estimées sont de l'ordre du mètre par an après 4 200 ans cal. BP et de 3-4 mètres par an avant cette date (Fig. 5 b). Pour les paléodébits, les estimations basées sur R_c sont généralement jusqu'à 2 fois inférieures à celle basée sur W_{bkf}. On peut supposer que c'est dû Les estimations de débit pour les chenaux de l'Holocène tardif se situent dans la fourchette (27 à 68 $m^3.s^{-1}$ en utilisant R_c et 33 à 135 $m^3.s^{-1}$ en utilisant W_{bkf}) de la mesure rapportée par Deleplancque pour la Seine moderne (2016) (débit journalier moyen de 79,3 $m^3.s^{-1}$ en utilisant 17 années de données de la station de Bazoche-lès-Bray) (voir aussi la Fig. 5c).

4. Discussion

4.1.1. Changement de dynamique fluviatile

Cette étude montre (i) une diminution de la taille des chenaux depuis 10 000 ans et (ii) un changement abrupt de la taille des chenaux vers 4 200 ± 200 ans BP, lors de la transition de l'Holocène moyen à l'Holocène supérieur, le long de la Haute Seine. En effet, les chenaux de l'Holocène moyen préservés à la surface de la plaine alluviale de la Bassée ont une largeur de 250 m et plus, tandis que ceux de l'Holocène supérieur ont tous une largeur de 100 m ou moins. Pastre *et al.* (2000) ont signalé des chenaux de l'Holocène inférieur deux à trois fois plus larges que les chenaux actuels dans les plaines alluviales du Bassin parisien (principalement dans les plaines alluviales de la Marne et de l'Oise ; Fig. 1a). Cette étude confirme leurs conclusions et permet de préciser l'ampleur et le calendrier de ces changements dans le cas de la Haute Seine.

Le plus grand chenal découvert dans la plaine alluviale de la Bassée (c'est-à-dire celui du Vergeron ; Fig. 2a et 3 h) est quatre à cinq fois plus large que la Seine actuelle. On peut raisonnablement supposer qu'il est au moins aussi ancien que le Groenlandien (c'est-à-dire le Mésolithique), bien que son âge exact reste à déterminer. Au Northgrippien (c'est-à-dire le Néolithique), les chenaux sont environ deux fois plus larges que la Seine actuelle (Fig. 5a). Au cours du Meghalayen, la largeur et le rayon de courbure des chenaux sont réduits d'au moins deux fois, comme l'attestent les paléochenaux du Château et de la Trottine au Néolithique récent.

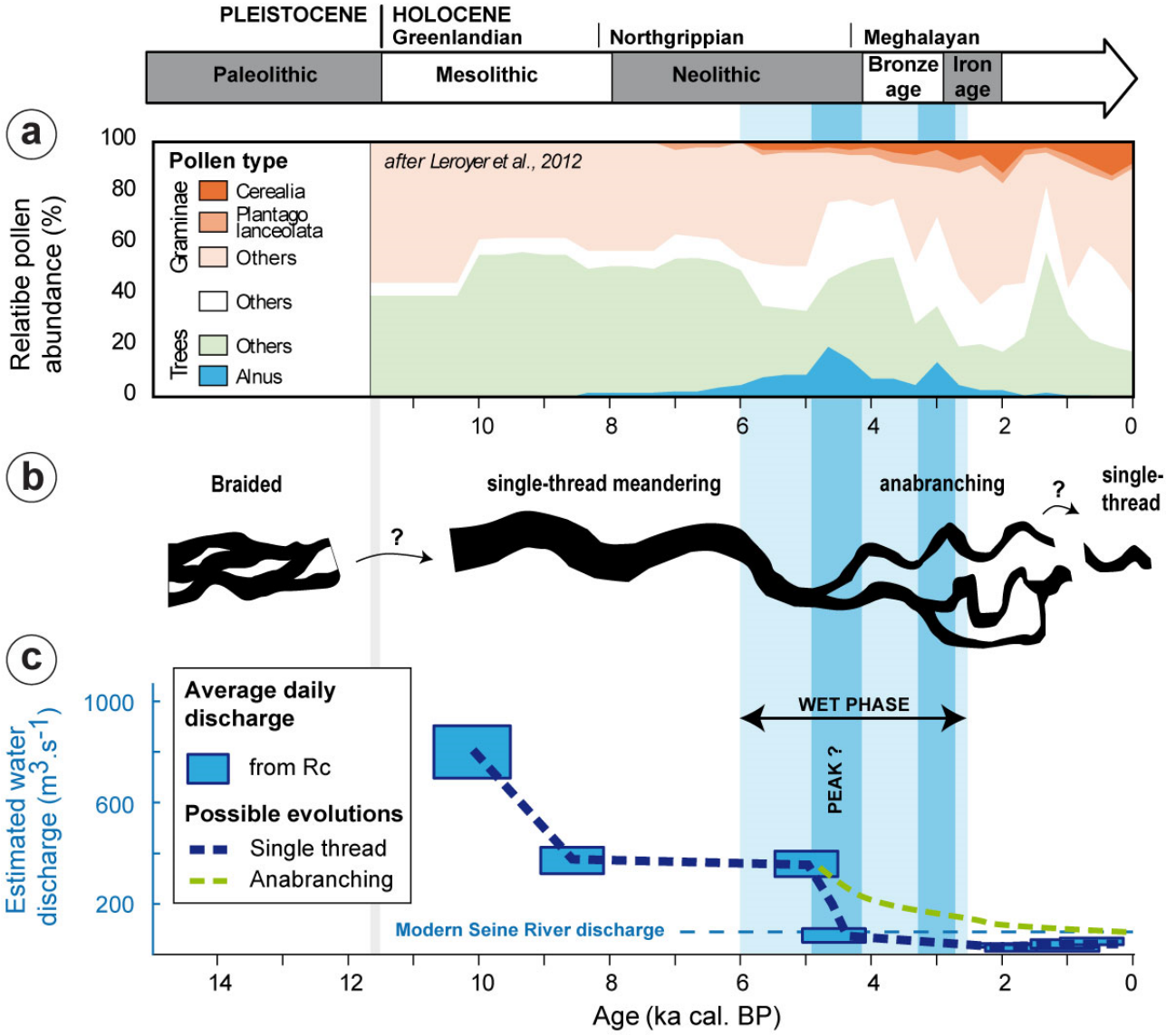

Figure 6 : Synthèse de l'évolution de la Haute Seine durant l'Holocène dans la plaine alluviale de la Bassée. (a) Diagrammes polliniques utilisant des données du Bassin parisien incluant de nombreuses localités de la Bassée (Leroyer et al., 2012). (b) Schémas fluviaux interprétés. (c) Évolution du débit des chenaux en fonction

du rayon de courbure des méandres abandonnés (incertitude de 20 %). L'activité des chenaux est prolongée jusqu'à 1 000 ans avant leur abandon.

La rapidité de la réduction de la taille de chenaux à vers 4 200 ± 200 ans BP peut être discutée, car c'est l'abandon des chenaux qui est estimé et non leur période d'activité. Dans les systèmes naturels, les périodes d'avulsion rapportées sont de l'ordre de 500 à 2 500 ans (Tornqvist, 1994 ; Morozova et Smith, 2000 ; Stouthamer et Berendson, 2001), 1 000 ans étant une moyenne en milieu deltaïque (Tornqvist, 1993). On peut donc en déduire que la période d'activité du canal s'est étendue sur environ mille ans avant son abandon, à titre d'approximation (Fig. 6). Cette période marque en tous les cas une transition forte.

Un hiatus est ensuite observé aux âges du Bronze et du Fer, avant que de nombreux chenaux abandonnés au Moyen-Âge ne soient observés. Les âges au radiocarbone n'enregistrant que les abandons, on peut supposer que les chenaux d'avant ce hiatus ont été actifs au moins durant l'âge du Bronze récent (Fig. 6c). Les chenaux du Meghalayen sont globalement plus petits que le chenal historique de la Seine (1785-1839 ; Grimaud *et al.*, 2023). Deleplancque (2016) et Petit *et al.* (2021) ont avancé que les premiers appartenaient à un système anabranche. Les chenaux du Meghalayen présentent en effet de nombreuses réoccupations, comme les chenaux du Haut Champs/Haut de Vez (Fig. 2 b, 2 c, 3f et 3 g) et de la Trottine (Fig. 2e et 3e). Cela suggère de fréquents changements d'emplacement des chenaux par avulsion. La Basse Vieille Seine à Vimpelles, abandonnée il y a 1 500 ans, a également réoccupé un chenal autrefois abandonné à la fin du Néolithique, comme l'attestent deux datations radiocarbone rapportées par Petit *et al.* (2021) à partir des travaux de Gouge (1985) et Szewckzyk (2020). Une réoccupation partielle et un abandon du chenal du Vergeron par un chenal récent il y a environ 1 000 ans peuvent être provisoirement déduits de l'âge radiocarbone trouvé au-dessus d'une couche de gravier (Fig. 3h). Des abandons simultanés (raisonnablement rapprochés dans le temps) ont également été observés dans le cas des chenaux de la Trottine et du Château. Enfin, deux coupures ont été observées à 100 ans d'intervalle le long de différents filons de chenal (c.-à-d. les chenaux de la Bouteille et du Fossé Blanc).

Ainsi, prises individuellement, ces observations ne constituent pas des preuves définitives, mais nous avançons que la combinaison (i) de la réduction de la taille des chenaux, (ii) des indices d'abandon/réoccupation simultanés des chenaux, et (iii) de l'augmentation de l'humidité dans la plaine plaident en faveur d'un système anabranche de l'Holocène tardif. De plus, le rapport largeur/profondeur des chenaux est bien plus faible pour les chenaux de l'Holocène tardif, ce qui peut être considéré comme une preuve d'anabranchage (Lyster *et al.*, 2022). Un tel scénario impliquerait une réduction moins drastique du débit global du fleuve, car le flux d'eau serait réparti dans différents chenaux (Fig. 6). Pastre *et al.* (2002 b) ont avancé qu'un changement d'apport en provenance des interfluves à la fin du Néolithique était responsable d'un changement dans la sédimentation des fonds alluviaux du bassin parisien. Une conclusion qui n'est pas différente de celle de Brown *et al.* (2018) basée sur leur revue de petits cours d'eau. Ces auteurs ont rapporté que le dépôt de limon-argile recouvrait d'anciennes zones humides et/ou des chenaux secondaires. Dans le bassin parisien, l'augmentation de l'humidité et le développement d'une végétation de zones humides (alnus) sont observés dans les diagrammes polliniques, avec un premier pic vers 4 250 ans cal. BP (Fig. 6a ; Leroyer *et al.*, 2012). Par conséquent, les facteurs potentiels (et non mutuellement exclusifs) du changement de l'Holocène moyen à l'Holocène supérieur rapportés dans cette étude sont : (i) une augmentation du niveau de la nappe phréatique, favorisant le développement de la végétation alluviale, et (ii) une augmentation des flux terrigènes vers les vallées alluviales due à une érosion accrue due aux activités humaines. Si ce dernier facteur est clairement d'origine anthropique, le premier pourrait être dû à une combinaison de facteurs, notamment des forçages climatiques et anthropiques. La meilleure compréhension de ces phénomènes fera l'objet de futures études.

Sur les cartes historiques des XVIIIe et XIXe siècles, la Seine est représentée avec un chenal unique. Cela supposerait un autre changement de configuration fluviale parfois après le Moyen-Âge, c'est-à-dire un passage d'anabranche vers un système à drain unique. Cette disparition des systèmes anabranches après le Moyen-Âge est bien documentée au Royaume-Uni, par exemple (Lewin, 2010), et résulte probablement des activités humaines. On sait que les rivières européennes ont été domestiquées pendant des siècles (Appel *et al.*, 2024), la plus forte accélération ayant débuté au milieu du XIXe siècle (Brown *et al.*, 2018 ; Lestel *et al.*, 2023). Cependant, la question de la représentativité des cartes historiques dans la zone d'étude se pose pour documenter correctement cette évolution. En effet, certaines d'entre elles se sont concentrées sur la navigation le long du chenal principal et ont peut-être négligé d'autres bras de mer, qui n'étaient pas utilisés pour la navigation. Ces cartes ne permettent pas de déterminer clairement la durée de vie des systèmes anabranches. Répondre à cette question nécessiterait une étude à bien plus haute résolution des chenaux les plus récents.

4.1.2. Estimations des paléodébits

Les données recueillies dans cette étude corroborent une diminution globale du débit fluvial depuis l'Holocène inférieur jusqu'à nos jours (Fig. 5 et 6), condition nécessaire à la préservation des paléochenaux et donc à l'enregistrement des paléodébits (Slowik *et al.*, 2022). Des estimations du paléodébit sont ensuite tentées et leurs incertitudes sont discutées.

En utilisant l'équation 25 de Williams (1986) basée sur R_c, les profondeurs moyennes des chenaux sont d'environ 6,5 m, 4,5 m et 2-3 m pour l'Holocène inférieur, moyen et supérieur, respectivement. Il est à noter que la profondeur du chenal le plus large (c'est-à-dire celui de Vergeron) est proportionnelle à celle des valeurs moyennes d'épaisseur d'alluvions rapportées dans la région de la Bassée (Deleplancque *et al.*, 2018 ; Chourio Camacho *et al.*, 2025). Si ces estimations sont pertinentes, elles n'ont pas été utilisées pour appliquer l'équation de Manning en raison de la difficulté de les vérifier. De nombreux chenaux de cette étude sont plus larges que ceux de la relation de Williams (1986) par rapport à leur rayon de courbure (Fig. 4). Ceci explique pourquoi les estimations basées sur W_{bkf} sont bien supérieures à celles basées sur R_c. Cela suggère également que les paléodébits calculés avec W_{bkf} seraient surestimés. Plusieurs raisons pourraient expliquer le manque de fiabilité des mesures de la largeur à pleins bords : l'effondrement des berges, qui peut survenir après un abandon, en est peut-être une, bien que cela tendrait à réduire la largeur des paléochenaux. De plus, comme indiqué dans la section 2.3, les mesures de largeur n'ont pas toujours été effectuées le long de sections droites, comme le recommande Williams (1984, 1986).

En testant la méthode R_c sur la Seine moderne, Deleplancque (2016) a constaté que le débit était surestimé d'un facteur de 10 à 20 %, ce qui est peu compte tenu des incertitudes associées à la méthode. La méthode basée sur W_{bkf} surestime bien plus le débit, parfois jusqu'à 100 %. L'utilisation de R_c semble donc raisonnable pour estimer le paléodébit. Parce que l'erreur moyenne (de mesure) sur R_c est du même ordre (18,5 %), des paléodébits basés sur R_c avec une erreur de 20 % ont été utilisés (Fig. 6). Ces estimations indiquent un débit de la Seine supérieure d'environ 800 $m^3.s^{-1}$ au début de l'Holocène, soit de 10 fois la valeur actuelle, puis de 300 $m^3.s^{-1}$ au milieu de l'Holocène et enfin de moins de 100 à la fin de l'Holocène pour chaque chenal pris individuellement (Fig. 6). Dans le cas d'un système anabranche, le débit total transporté pourrait être de 80-120 $m^3.s^{-1}$, en supposant 2-3 chenaux actifs. Cette valeur esr proche du débit actuel de la Seine. Comme mentionné précédemment, ces estimations ne sont valables que si les évolutions paléoenvironnementales n'ont pas affecté significativement le régime hydraulique des méandres.

4.1.3. Reconstitution de paysages de la Bassée

Les éléments présentés dans ce rapport ont servi de base pour proposer une série de reconstitutions de l'évolution du paysage dans la Bassée à long-terme (Fig. 7).

Ces reconstitutions se sont faites dans le cadre du collectif acteurs-chercheurs de la Bassée (Carré *et al.*, 2020). En plus des travaux scientifiques préexistants ou en cours de constitution, des réunions de présentation réciproques des travaux et des bilatéraux sur les points précis de connaissances ont été réalisées. Les données polliniques de Leroyer *et al.* (2012) ont permis de renseigner l'évolution du couvert végétal sur des données acquises principalement dans la Bassée. Du fait d'informations archéologiques plus sporadiques et de la difficulté de collecter suffisamment d'informations historique, le focus a donc été fait sur 4 périodes suffisamment renseignées (Fig. 7).

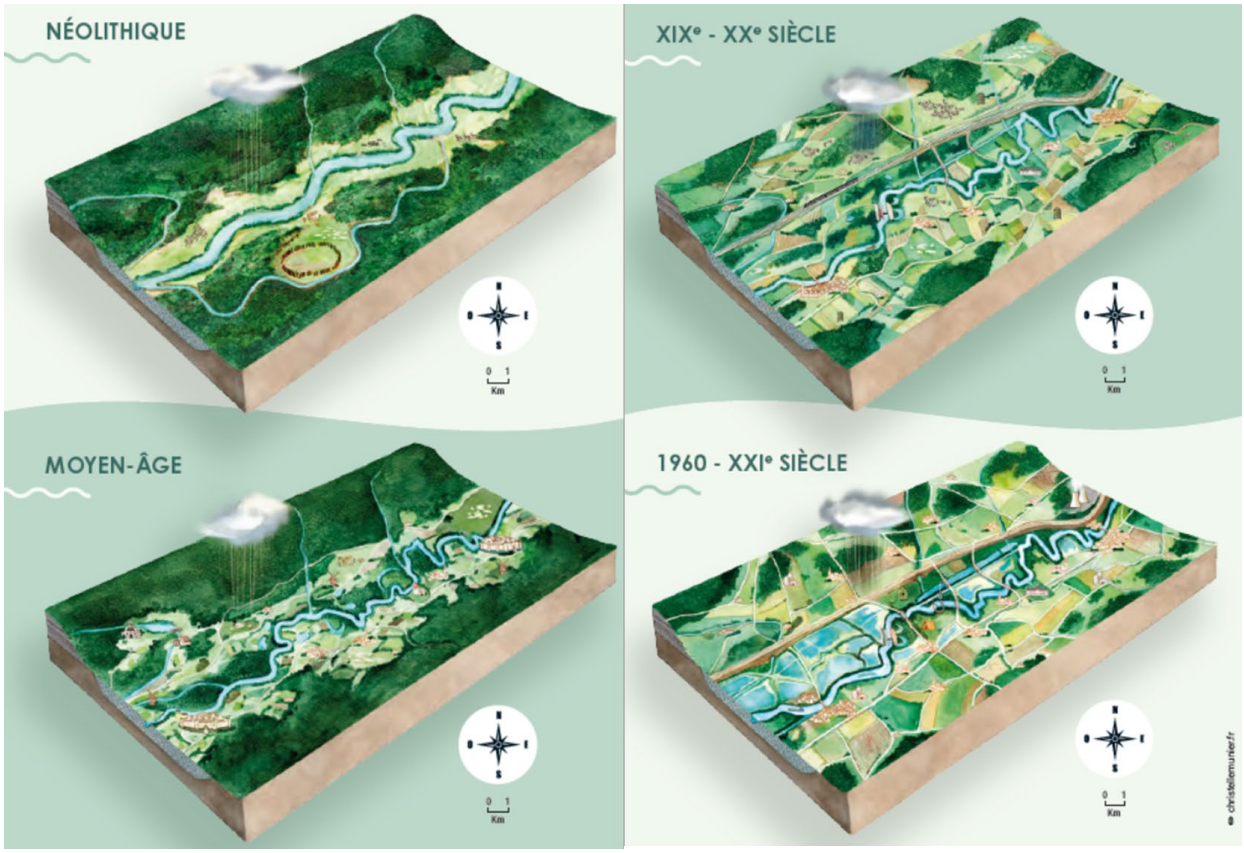

Figure 7 : Blocs diagrammes réalisés pour le 6 pages dans le cadre du collectif acteurs-chercheurs de la Bassée. Les résultats présentés dans ce rapport ont été intégrés pour la réalisation des blocs : (i) Seine très large au Néolithique, (ii) réduction de la taille des chenaux et système anabranche à la fin du Moyen-Âge et (iii) élargissement puis stabilisation du lit de la Seine par la suite. https://piren-seine.fr/sites/default/files/piren_documents/autres_rapports_et_etudes/la_bassee_a5.pdf

Conclusion

Ce rapport présente la synthèse de données sur les paléochenaux de la Bassée, acquises depuis la phase 8 du PIREN-Seine. Ces données ont été utilisées pour construire les blocs diagrammes d'évolution du paysage présentés dans le fascicule de la Bassée (collectif acteurs-chercheurs).

En combinant l'analyse de ces chenaux avec les données paléoenvironnementales issues de la littérature, un premier schéma d'évolution peut être dégagé. (1) Les chenaux du début et du milieu de l'Holocène (9 500 à 4 500 ans cal. BP) étaient 2 à 4 fois plus larges que la Seine actuelle, impliquant des débits et des taux de migration latérale plus forts. (2) La taille et le débit de ces chenaux ont diminué au cours de l'Holocène. (3) Une rupture est identifiée à la transition entre le Néolithique et l'âge du Bronze avec une diminution forte de la taille des chenaux qui s'accompagne du développement de la forêt alluviale d'après les données polliniques. Cette transition est interprétée en Bassée comme le résultat de l'augmentation du niveau des nappes phréatiques.

Pour la suite de cette action, de nouvelles acquisitions de terrain et prélèvements sont prévus (thèse de Matthias Delmetz démarrée en octobre 2025). Il s'agira de préciser la géométrie exacte de tronçons fluviatiles à différentes époques et de réaliser des analyses géochimiques (tétraéthers, collaboration Arnaud Huguet) afin de proposer une restitution de l'évolution de la température à l'Holocène dans la zone d'étude. Les résultats seront comparés à l'évolution d'autres systèmes fluviatiles en Europe. Pour la partie plus récente où les indices d'anthropisation sont plus marqués, on s'appuiera sur des documents d'archive (collaboration Laurence Lestel).

Pour retrouver les outils et données

Les données seront publiées dans l'article qui est en cours de soumission.

Bibliographie

Antoine, P., 1997. Modifications des systèmes fluviatiles à la transition Pléniglaciaire-Tardiglaciaire et à l'Holocène : l'exemple du bassin de la Somme (Nord de la France). Géographie Phys. Quat. 51, 93–106.

Appel, E., Becker, T., Wilken, D., Fischer, P., Willershäuser, T., Obrocki, L., Schäfer, H., Scholz, M., Bubenzer, O., Mächtle, B., 2024. The Holocene evolution of the fluvial system of the southern Hessische Ried (Upper Rhine Graben, Germany) and its role for the use of the river Landgraben as a waterway during Roman times. EG Quat. Sci. J. 73, 179–202.

Brown, A.G., Lespez, L., Sear, D.A., Macaire, J.-J., Houben, P., Klimek, K., Brazier, R.E., Van Oost, K., Pears, B., 2018. Natural vs anthropogenic streams in Europe: History, ecology and implications for restoration, river-rewilding and riverine ecosystem services. Earth-Sci. Rev. 180, 185–205.

Carré, C., Courbil, D., Deroubaix, J.-F., Deloménie, A., Juillet, N., Lumbroso, S., 2020. Produire et valoriser localement les connaissances scientifiques du PIREN-Seine avec les acteurs de la Bassée-Voulzie. PIREN Seine.

Chourio-Camacho, D., 2024. Late Quaternary incision dynamics and valley bottom geometry within the Seine River catchment.

Chourio-Camacho, D.N., Grimaud, J.-L., Tissoux, H., Bessin, P., Noble, M., 2025. Borehole description of the valley bottoms alluvium in the Seine catchment. https://doi.org/10.1594/PANGAEA.977825

Dass, G., Jost, A., Eschbach, D., Ducharne, A., 2022. Impact des aménagements de la Seine et lacs de gravières sur le fonctionnement hydrogéologique de la plaine alluviale de la Bassée.

de Milleville, L., Lespez, L., Gauthier, A., Gob, F., Virmoux, C., Saulnier-Copard, S., Fichet, V., Letourneur, M., Jugie, M., Garcia, M., 2023. Three thousand years of anthropogenic impact and water management and its impact on the hydro-ecosystem of the Mérantaise river, Paris conurbation (France). Quat. Sci. Rev. 307, 108 066.

Deleplancque, B., 2016. Caractérisation des hétérogénéités sédimentaires d'une plaine alluviale : Exemple de l'évolution de la Seine supérieure depuis le dernier maximum glaciaire.

Deleplancque, B., Cojan, I., Beucher, H., Mehl, C., Stab, O., 2018. Spatial and temporal patterns of the upper Pleistocene alluvial fill deposits of the upstream Seine River alluvial plain, la Bassée, France. Geomorphology 318, 148–161.

Grimaud, J.-L., Gouge, P., Huyghe, D., Petit, C., Lestel, L., Eschbach, D., Lemay, M., Catry, J., Quaisse, I., Imperor, A., 2023. Lateral river erosion impacts the preservation of Neolithic enclosures in alluvial plains. Sci. Rep. 13, 16566.

Grimaud, J.-L., Huguet, A., Gouge, P., Huyghe, D., Petit, C., Lestel, L., 2021. Évolution des paysages dans la plaine alluviale de la Petite-Seine depuis le Néolithique, restitution des tracés fluviatiles et contexte paléoenvironnemental.

Grimaud, J.-L., Szewczyk, L., Gouge, P., Cojan, I., Lestel, L., Eschbach, D., Petit, C., Charrondière-Lewis, P., Huyghe, D., Huguet, A., 2020. Dynamique d'abandon de chenaux dans le territoire de la Petite-Seine.

Guillon, S., Eschbach, D., Groleau, A., Baratelli, F., Parlanti, E., Sourzac, M., Garnier, J., Mercier, B., Nespoulet, R., Martinez, A., 2021. Fonctionnement hydrogéologique et biogéochimique des gravières de la Bassée.

Ielpi, A., Lapôtre, M.G., 2020. A tenfold slowdown in river meander migration driven by plant life. Nat. Geosci. 13, 82–86.

Labarthe, B., Flipo, N., 2016. Dynamique des échanges hydriques entre un réseau hydrographique, une plaine alluviale, et leur aquifère régional. PIREN Seine.

Leroyer, C., David, R., Mazier, F., de Ribemont, G.A., Lanos, P., Dufresne, P., 2012. Environnement et anthropisation du milieu durant l'âge du Bronze dans le Bassin parisien : l'apport des données polliniques et de la modélisation du couvert végétal. Presented at the Séminaire Archéologique de l'Ouest.

Lespez, L., Clet-Pellerin, M., Limondin-Lozouet, N., Pastre, J.-F., Fontugne, M., Marcigny, C., 2008. Fluvial system evolution and environmental changes during the Holocene in the Mue valley (Western France). Geomorphology 98, 55–70.

Lestel, L., Eschbach, D., Meybeck, M., Gob, F., 2020. The evolution of the Seine basin water bodies through historical maps. Seine River Basin 29.

Lewin, J., 2010. Medieval environmental impacts and feedbacks: the lowland floodplains of England and Wales. Geoarchaeology 25, 267–311.

Lyster, S.J., Whittaker, A.C., Hajek, E.A., 2022. The problem of paleo-planforms. Geology 50, 822–826.

Mégnien, C., Berton, Y., Dassibat, C., Diffre, P., Duermael, G., Jonquet, P., Rampon, G., Stanudin, B., Ramon, S., Beaufond, S., 1965. Possibilité aquifère des alluvions du val de seine entre Nogent-sur-Seine et Montereau. Ministère Ind BRGM Paris DSGR 65, A76.

Morozova, G.S., Smith, N.D., 2000. Holocene avulsion styles and sedimentation patterns of the Saskatchewan River, Cumberland Marshes, Canada. Sediment. Geol. 130, 81–105.

Pastre, J., Leroyer, C., Limondin-Lozouet, N., Antoine, P., Chaussé, C., Gauthier, A., Granai, S., Le Jeune, Y., Wuscher, P., 2015. L'Holocène du Bassin parisien (France) : apports de l'étude géoécologique et géoarchéologique des fonds de vallée. Géoarchéologie Fr. Au XXIe Siècle CNRS Ed. Paris 75–90.

Pastre, J., Leroyer, C., Limondin-Lozouet, N., Orth, P., CHAUSSé, C., Fontugne, M., Gauthier, A., Kunesh, S., Lejeune, Y., Saad, M., 2002. Variations paléoenvironnementales et paléohydrologie durant les 15 derniers millénaires : Les réponses morphosédimentaire des vallées du Bassin Parisien (France). Fleuves Ont Une Hist. Paléoenvironnement Rivières Lacs Fr. Depuis 15 000 Bravart JP Magny MEds 29–44.

Pastre, J.-F., Fontugne, M., Kuzucuoğlu, C., Leroyer, C., Limondin-Lozouet, N., Talon, M., Tisnérat, N., 1997. L'évolution tardi et postglaciaire des lits fluviaux au nord-est de Paris (France). Relations avec les données paléoenvironnementales et l'impact anthropique sur les versants. Géomorphologie Relief Process. Environ. 3, 291–312.

Pastre, J.-F., Leroyer, C., Limondin-Lozouet, N., Chaussé, C., Fontugne, M., Gebhardt, A., Hatté, C., Krier, V., 2000. Le Tardiglaciaire des fonds de vallée du Bassin parisien (France). Quaternaire 11, 107–122.

Pastre, J.-F., Leroyer, C., Limondin-Lozouet, N., Fontugne, M., Hatté, C., Krier, V., Kunesh, S., Saad, M.-C., 2002. L'Holocène du Bassin parisien : variations environnementales et réponses géologiques des fonds de vallées. Presented at the Equilibres et ruptures dans les écosystèmes durant les 20 derniers millénaires en Europe de l'Ouest, Actes du Colloque international de Besançon, septembre 2000. Richard H. et Vignot A.(dir) Besançon Presse Universitaire Franc-Comtoises, pp. 61–73.

Petit, C., Charrondière-Lewis, P., Cojan, I., Cruz, F., Deborde, G., Deleplancque, B., Durost, R., Fechner, K., Fontana, L., Frouin, M., 2021. Relations entre sociétés et environnement en Petite Seine du Mésolithique à la fin du Moyen-Âge : nouvelles problématiques et résultats récents d'archéologie environnementale. Presented at the L'Aube, un espace clé sur le cours de la Seine, Conseil départemental de l'Aube ; Éditions Snoeck, pp. 17–57.

Resch, M., Lestel, L., 2022. Les impacts des aménagements sur la plaine alluviale de la Bassée. Une approche géohistorique.

Słowik, M., 2023. The evolution of meandering and anabranching rivers in postglacial and loess landscapes of Europe. The Holocene 33, 208–230.

Słowik, M., Dezső, J., Kovács, J., Gałka, M., Sipos, G., 2022. Conditions to preserve the sedimentary record

of channel planforms in temperate rivers of the Northern Hemisphere. J. Geophys. Res. Earth Surf. 127, e2021JF006188.

Stouthamer, E., Berendsen, H.J., 2001. Avulsion frequency, avulsion duration, and interavulsion period of Holocene channel belts in the Rhine-Meuse delta, the Netherlands. J. Sediment. Res. 71, 589–598.

Szewczyk, L., 2020. Bedload fill of abandoned channels.

Szewczyk, L., Grimaud, J., Cojan, I., Piegay, H., 2022. Bedload infilling and depositional patterns in chute cutoffs channels of a gravel-bed river: The Ain River, France. Earth Surf. Process. Landf. 47, 459–476.

Törnqvist, T.E., 1994. Middle and late Holocene avulsion history of the River Rhine (Rhine-Meuse delta, Netherlands). Geology 22, 711–714.

Tornqvist, T.E., 1993. Holocene alternation of meandering and anastomosing fluvial systems in the Rhine-Meuse delta (central Netherlands) controlled by sea-level rise and subsoil erodibility. J. Sediment. Res. 63, 683–693.

Williams, G.P., 1986. River meanders and channel size. J. Hydrol. 88, 147–164.

Williams, G.P., 1984. Paleohydrologic equations for rivers, in: Developments and Applications of Geomorphology. Springer, pp. 343–367.