



FEUILLE DE ROUTE POUR L'ÉCHANTILLONNAGE ET ANALYSE DES ARCHIVES SÉDIMENTAIRES

Recommandations formulées dans le cadre du programme de recherche **INTERPOL (2018-2021)**, porté par le Laboratoire d'Écologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés (UMR CNRS 5023 LEHNA de l'École Nationale de Travaux Publics de l'État) et financé par l'Office Français de la Biodiversité.

Ce programme est un dispositif national qui vise à développer des méthodologies permettant de **comparer l'évolution des tendances à long terme de la contamination des grands fleuves** et plus généralement des milieux d'eau douce.

Document réalisé par :

- Brice Mourier - UMR5023 LEHNA, Univ Lyon 1, CNRS, ENTPE
- Thierry Winiarski - UMR5023 LEHNA, Univ Lyon 1, CNRS, ENTPE
- Elie Dhivert - Coopérative Coopétic-Recherche, Paris



La démarche générale préconisée pour l'analyse d'archives sédimentaires prélevées en milieu fluviale comporte quatre étapes synthétisées dans le schéma ci-dessous. Chacune des étapes est ensuite décrite en détail dans le document.

Les objectifs sont d'optimiser le positionnement, le prélèvement et la datation des carottes sédimentaires, ainsi que présenter la méthode permettant d'évaluer les tendances des contaminants sur le long terme.

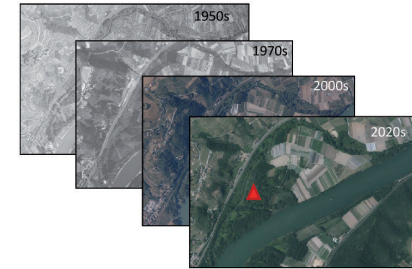
Etape 1 - Analyse pré-intervention du secteur ciblé

Données géohistoriques

- Photographies aériennes
- Informations historiques

Données de suivis

- Hydrologie (débit, hauteur d'eau, crues)
- Suivi sédimentaire, bathymétrie



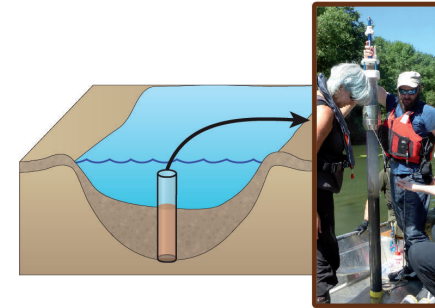
Etape 2 - Structure et caractérisation du dépôt sédimentaire

Géophysique

- Terrestre : GPR
- Aquatique : WGPR, SBP

Carottage

- Terrestre : manuel, percussion
- Aquatique : manuel, gravitaire, battage-fonçage



Etape 3 - Analyse sédimentologique et datation des carottes

Caractérisation

- Ouverture et description
- Echantillonnage, conditionnement
- Granulométrie, COT, core-logging

Datation

- Radiochronologie (^{137}Cs , ^{210}Pb)
- Marqueurs événementiels



Etape 4 - Détermination de tendances de contamination

Analyses

- Mesure de polluants règlementés ou d'intérêt émergent
- Screening ciblé ou non ciblé

Interprétation

- Niveaux préindustriel, historique et actuel
- Contamination locale, régionale (section fluviale) ou globale

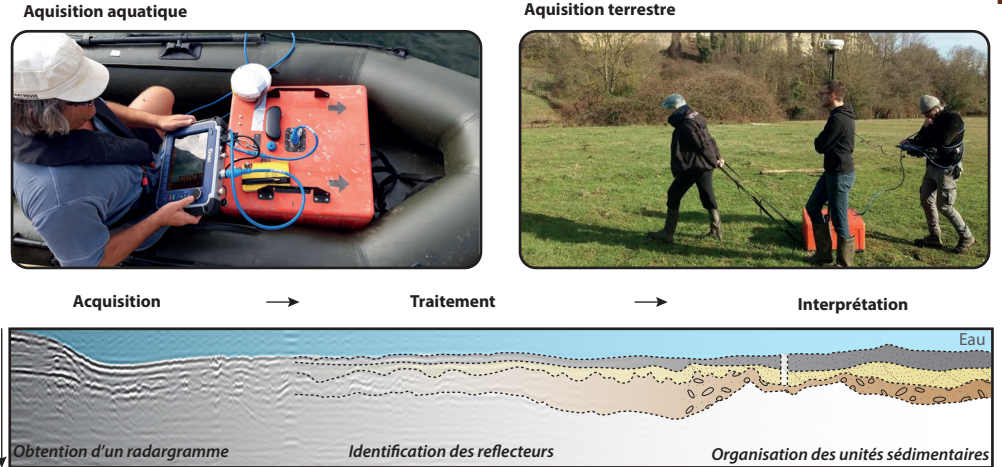


Etape 1 : Analyse pré-intervention du secteur ciblé



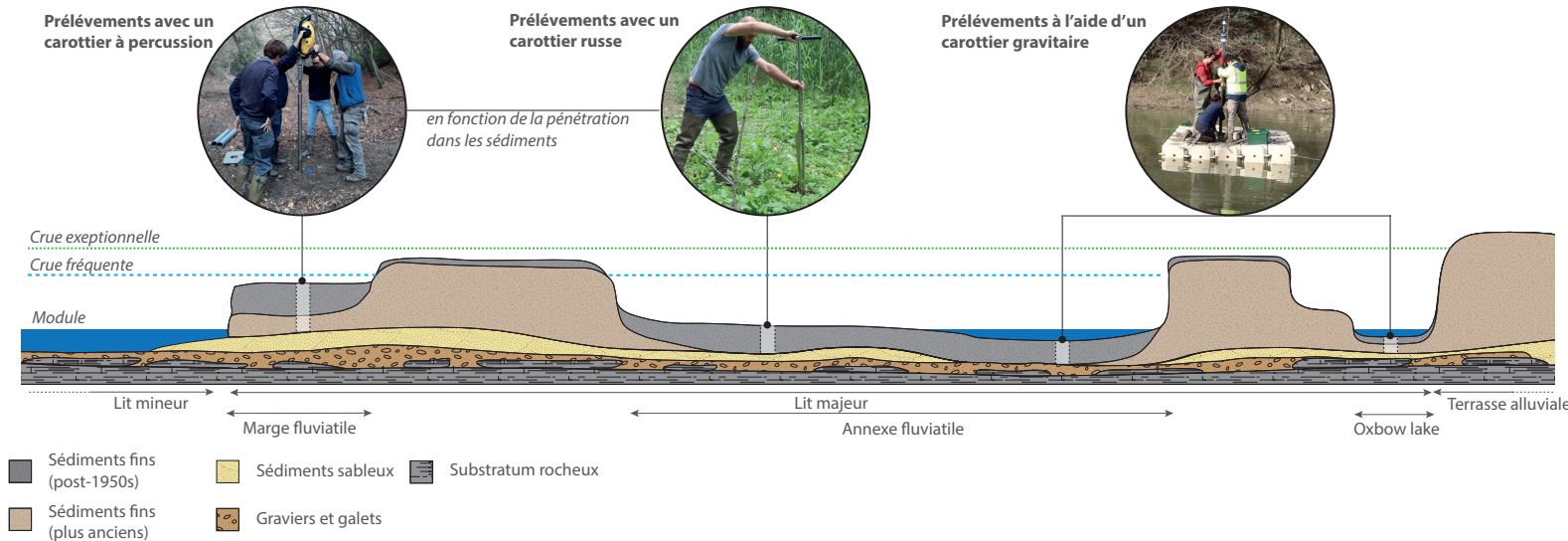
Les stations de carottage sont repérées le long des corridors fluviaux à partir de cartes et de photos aériennes. Il s'agit de repérer des environnements fluviaux, qu'ils soient terrestres ou aquatiques, favorables à l'accumulation continue des sédiments fins sur des périodes de plusieurs décennies. L'analyse rétrospective de l'évolution morphologique des sites permet d'apprécier la préservation des sites de carottage et d'identifier les événements les plus marquants à proximité (travaux ou opérations impliquant les stocks de sédiments). L'analyse hydrologique a pour objectif d'évaluer la fréquence de connexion des sites au regard de la topographie et d'identifier les crues historiques.

Etape 2a : Géophysique aquatique et terrestre



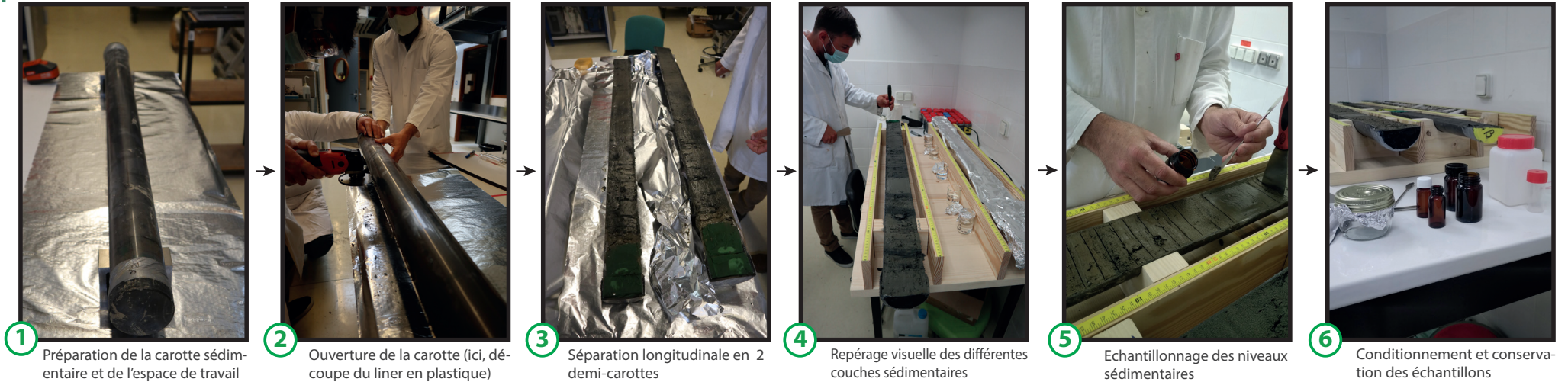
Les analyses géophysiques ont pour objectif de caractériser la structure interne du dépôt sédimentaire. Ces données sont particulièrement utiles pour définir l'épaisseur et la continuité des unités sédimentaires et ainsi évaluer la représentativité des carottes sédimentaires. Cette étape permet en outre de repérer les zones les plus propices pour optimiser le positionnement du carottage au sein des environnements de dépôt.

Etape 2b : Carottage terrestre ou embarqué



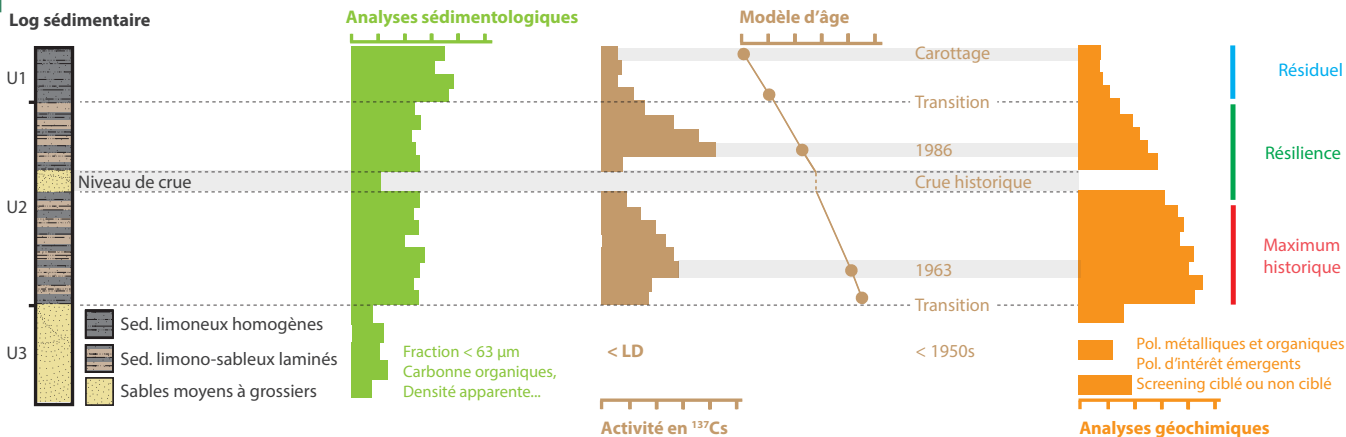
Différentes méthodes de carottage existent, adaptées à la configuration des sites. Les carottages terrestres se font généralement avec un carottier à percussion ou un carottier russe. Le choix entre les deux dispositifs dépend de la pénétrabilité des sédiments et des possibilités d'accès. Les carottes sous tranches d'eau s'obtiennent à partir d'un carottier gravitaire déployé depuis une embarcation. Ce type de carottage permet de prélever la colonne sédimentaire dans un liner en PVC, maintenue lors de la remontée par un clapet étanche. Le carottier peut être enfoncé à la perche en cas de faible hauteur d'eau.

4 Etape 3a : Ouverture de la carotte, description et échantillonnage



Lors de cette étape, il est important de limiter autant que possible les contaminations liées à l'environnement de travail. La préparation de l'espace de travail ainsi que du matériel utilisé doivent être adaptés afin de ne pas risquer de perturber les teneurs en contaminants ciblés dans l'analyse. Les carottes sédimentaires sont conservées en chambre froide entre 4 et 7°C. Après leur ouverture, une des demi-carottes est idéalement conservée comme «archive» pour des investigations complémentaires ou futures. Préalablement à l'échantillonnage des niveaux sédimentaires - les tranches de carottes - une description sédimentaire est réalisée par observation visuelle des différentes couches. Cette description peut être complétée par des analyses plus avancées (spectrocolorimétrie, conductivité magnétique, tomographie X,...) réalisées dans des laboratoires spécialisés. En fonction des enregistrements, l'échantillonnage des carottes peut être systématique (pas régulier généralement de 1 à 4 cm) et/ou stratifié (en fonction des couches). Une fois échantillonnés, les niveaux sédimentaires sont conditionnés et conservés dans des conditions adaptées à la préservation des contaminants étudiés (chambre froide, lyophilisation, séchage à l'étuve).

Etape 3b : Analyses et datation des carottes sédimentaires

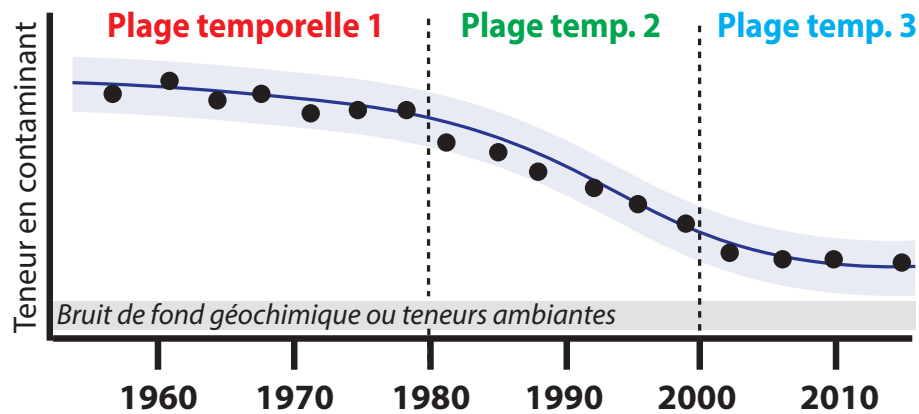


Exemple de représentation synthétique des principales données obtenues lors des analyses sédimentologiques, de datation et géochimiques

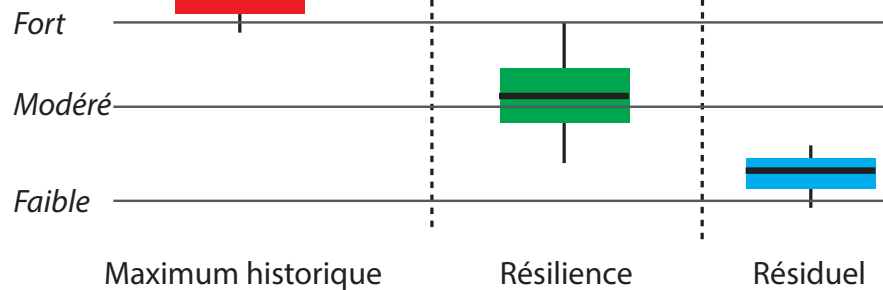
L'analyse sédimentologique a pour objectif de caractériser la composition granulométrique et minéralogique des différentes couches sédimentaires. Pour dater les carottes, des modèles d'âge sont définis. Ils reposent principalement sur l'analyse des radionucléides, permettant de repérer des marqueurs historiques pour le ¹³⁷Cs (1963 pour le maximum des retombés des essais nucléaires, 1986 pour la catastrophe de Tchernobyl) et pouvant servir de chronomètre post-dépôt pour le ²¹⁰Pb (selon une loi de décroissance de la radioactivité). Les niveaux et transitions sédimentaires pouvant être reliés à des événements remarquables apportent des marqueurs temporels supplémentaires, tout comme les niveaux de crues historiques. Les analyses géochimiques permettent de dresser le profil vertical des teneurs en contaminants dans la colonne sédimentaire. Ces analyses sont réalisées dans des laboratoires de recherches et/ou certifiés.

5 | Etape 4 : Détermination de tendance de contamination

Evolution temporelle des teneurs en contaminants



Niveau de contamination comparé à d'autres bassins



Sur la base du modèle d'âge, l'évolution des niveaux de contamination peut être projetée dans le temps. Pour certains contaminants, une comparaison des teneurs peut être réalisée par rapport à un bruit de fond géochimique ou ambiant (teneur non ou peu perturbée par les activités humaines) ou des seuils de qualité (normes de qualité environnementale, référentiels ecotoxicologiques). Des plages temporelles (généralement d'une à deux décennies) peuvent alors être définies. Sur cette base, des comparaisons peuvent être faites au sein de la même archive pour décrire les tendances. En fonction de l'objectif de l'étude, ces projections peuvent être réalisées avant et après une zone d'émission suspectée, au sein de sections délimitées le long d'un cours d'eau (par exemple les parties amont, médian et aval) ou à l'aval d'un bassin versant afin d'intégrer la contribution d'un maximum de sources.



Ce document résume les différentes étapes nécessaires à l'analyse des archives sédimentaires depuis le repérage des sites de carottage jusqu'à la reconstitution des trajectoires temporelles des contaminants. Il accompagne le rapport de synthèse intitulé : *Recommandations en matière d'échantillonnage, d'analyse et d'interprétation des archives sédimentaires pour une amélioration de la comparaison des tendances à long terme de la contamination des fleuves.*

Partenaires du projet INTERPOL :

a - Univ Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, CNRS, ENTPE, UMR5023 LEHNA, F-69518 Vaulx-en-Velin, France

b - Université de Tours, EA 6293 GéoHydrosystèmes Continentaux, F-37200 Tours, France

c - Université de Bordeaux, UMR CNRS 5805 EPOC, F-33615 Bordeaux, France

d - Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE-IPSL), UMR 8212 (CEA/CNRS/UVSQ), Université Paris-Saclay, F-91191 Gif-sur-Yvette, France

e - Université de Normandie, UNIROUEN, UNICAEN, CNRS, UMR 6143 M2C, F-76000 Rouen, France

f - Office français de la biodiversité, 12 cours Lumière, F-94300 Vincennes, France

