

L' « île Charlemagne » du parc de Loire de l'agglomération d'Orléans
L'histoire d'un lieu-dit rendu caduque par la rapidité d'un phénomène sédimentaire engendrée par la main de l'Homme



Fig. 1. Photographie aérienne panoramique centrée sur la base de loisirs de l'île Charlemagne et de ses environs¹. Au nord, c'est-à-dire à gauche sur la photographie, on aperçoit le canal d'Orléans qu'un mur fait de pierres de taille calcaires sépare de la Loire. Un peu plus au sud de ce canal, le fin liseré courbé et boisé correspond à un duit, c'est-à-dire une ancienne digue submersible dont les plus anciennes traces de construction orléanaises remontent au 16^e siècle avec la fonction de canaliser les eaux vers la rive nord pour favoriser la navigation². L'ensemble de ces ouvrages et les rives de la Loire décrivent une partie du coude d'inflexion vers l'ouest caractéristique du val de Loire (l' « ouest » est vers le bas de la photographie). Au premier plan, en bleu cyan et central, la base de loisirs du parc au sein de l' « île Charlemagne » séparée de la Loire par un cordon boisé et viabilisé. Au sud, bien visibles, la route de la levée de la chevauchée³ épouse le coude ligérien en se prolongeant en rue de la levée et le val de Loire qui s'étend vers le sud au-delà de la limite droite de la photographie.

Intérêt du site

Située au sud de la Loire sur la commune de Saint-Jean-le-Blanc, la base de loisirs de l'île Charlemagne est bien connue des habitants pour les pratiques d'activités de loisirs tels que les sports nautiques, la course à pied, l'accrobranche ou encore le vélo tous terrains, etc. L'objectif de cette fiche est d'apporter une contribution naturaliste, géologique à ancrage historique du phénomène sédimentaire de ce secteur appelé « île Charlemagne ». Celui-ci forme une entité géographique de taille intermédiaire qui ne se limite pas à la base de loisirs et est intégrée à une zone administrative plus vaste de 340 ha gérée par l'agglomération orléanaise appelée « Parc de Loire » qui s'étend sur les communes d'Orléans, de Saint-Jean-le-Blanc et de Saint-Denis-en-Val. Outre des documents scientifiques géologiques, l'étude cible le recueil d'un corpus de cartes anciennes qui permettent d'apprécier comment s'exerce le phénomène sédimentaire au sein du lit du fleuve qui présenta par sa navigation un intérêt économique majeur jusqu'à l'arrivée du transport ferroviaire au milieu du 19^e siècle. L'intérêt de cette fiche est de mettre en exergue comment l'aménagement « dans » et « autour » du fleuve influence la sédimentation afin de saisir toute la vélocité de ce phénomène sur une échelle de temps historique. Cette fiche dresse également un portrait de la situation qui a précédé à la naissance de l'idée d'apporter des services de loisirs à la population dans ce contexte périurbain. Elle explique aussi comment l'Homme continue aujourd'hui d'aménager ce territoire d'une agglomération démographiquement dynamique en tentant de préserver la biodiversité locale.

¹ Photographie extraite du site <https://www.orleans-metropole.fr/urbanisme-habitat/projets-urbains/parc-de-loire>

² Données extraites d'après <https://www.inrap.fr/orleans-les-amenagements-des-berges-de-la-loire-9542>

³ En hommage à Jeanne d'Arc qui chevaucha à partir du sud-est pour libérer Orléans assiégé par les anglais en 1429

Localisation et accès

• Coordonnées géographiques à l'emplacement de l'étoile rouge (dans la figure 2 ci-dessous) :

- Latitude : 47.897785 N ; Longitude : 1.940953 E ;
- Altitude : 92.4 m.

• **Situation** : au sud-est de la ville d'Orléans, à l'est du pont ferroviaire de Vierzon, dans la partie nord-est de la commune de Saint-Jean-le-Blanc, en face du quartier Saint-Loup d'Orléans situé de l'autre côté septentrional de la Loire (fig. 2).

• **Accès** : adresse pour se rendre à l'île Charlemagne avec un système de géolocalisation : Levée de la Chevauchée, 45650 Saint-Jean-le-Blanc. Un parking est présent sur le site.

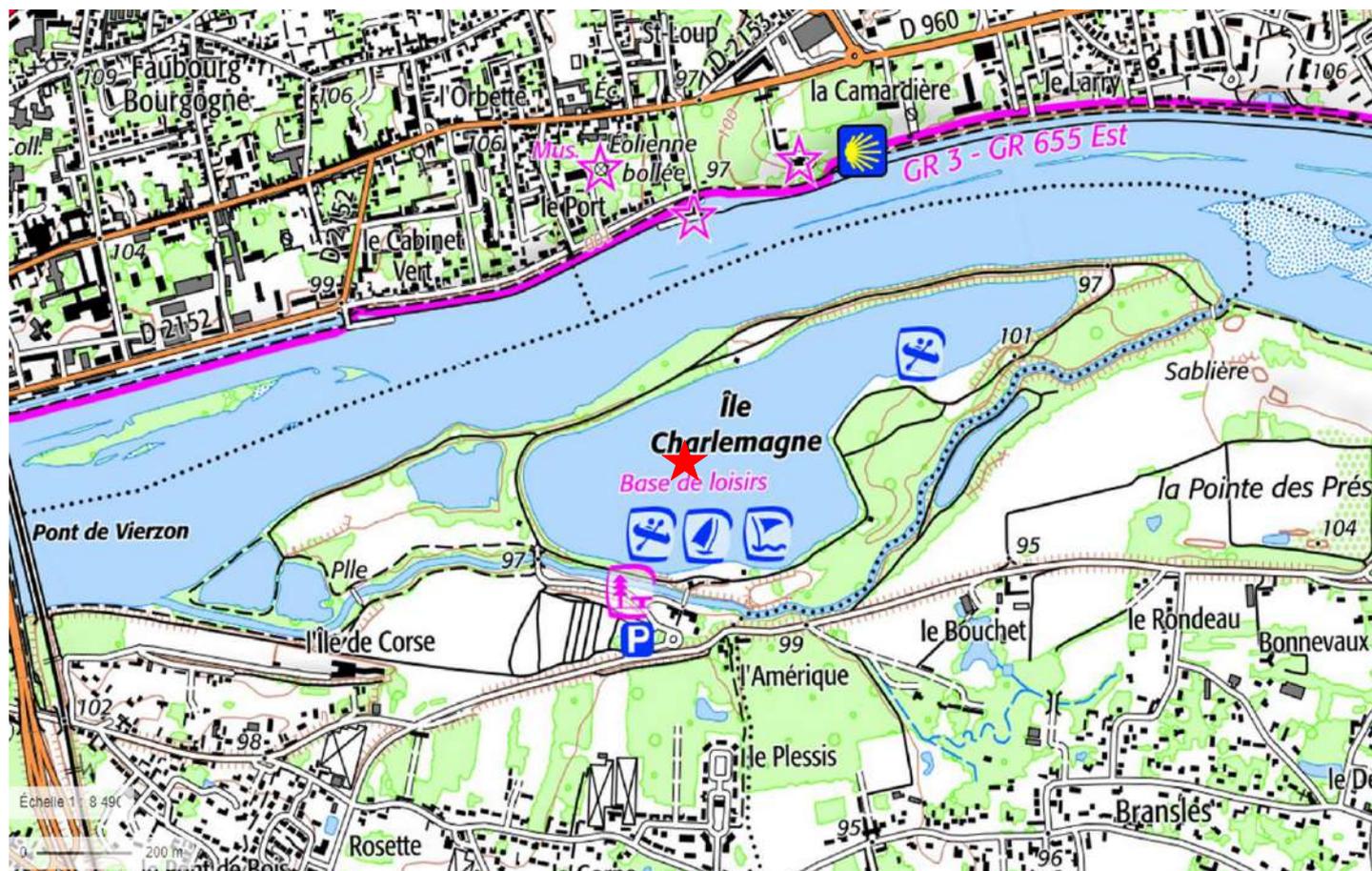


Fig. 2. Situation de l'île Charlemagne dans l'infrastructure routière. L'étoile en rouge situe arbitrairement et approximativement le centre de l'île, la direction du nord est vers le haut de la carte (Carte topographique IGN à 1/8 490 du visualiseur Géoportail).

A partir de la gare d'Orléans, on peut accéder à l'île Charlemagne en empruntant le boulevard Alexandre Martin puis le boulevard Pierre Segelle en direction de l'est. Tourner à droite ensuite à l'angle du Crédit Agricole sur le boulevard Aristide Briand, juste avant le bâtiment en arc de cercle du centre de conférence de l'agglomération. Prendre la file de droite et continuer en tournant à gauche devant l'église Saint-Euverte qui date du 9^{ème} siècle⁴ et classée en 1933 aux monuments historiques. Continuer après à droite en longeant la grille de l'enceinte de l'église derrière son chevet pour arriver sur le boulevard de Saint-Euverte qui longe le lycée éponyme. Continuer tout droit et traverser la Loire par le pont René Thinat puis prendre la première sortie à droite juste après le fleuve en direction de Saint-Jean-le-Blanc. Prendre ensuite la file de gauche pour tourner à gauche sur la route de Sandillon. Continuer sur 600 mètres, puis prendre à gauche sur l'avenue Jacques Douffiagues qui s'infléchit vers la droite et continuer tout droit 500 mètres sur la levée de la Chevauchée. Le parking d'accès à l'île Charlemagne est situé à gauche.

Signalétique

Des panneaux explicatifs sont présents à l'entrée et dans l'île, le long des sentiers, divisés en 5 domaines d'informations⁵ :

- Présentation du parc de Loire, 3 panneaux (donnée possiblement non exhaustive) ;
- Présentation de l'aménagement du plan d'eau⁶ de plaisance et des techniques de plantation de la roselière, 1 panneau ;
- Présentation du parcours de la « Loire à vélo », 1 panneau ;
- Éducation à la citoyenneté : encouragement à trier et ramasser ses déchets, 3 panneaux ;
- Présentation d'une opération de lutte contre des espèces exotiques envahissantes⁷, 1 panneau⁸.

⁴ L'église fut modifiée et reconstruite plusieurs fois depuis, en particulier au moment de la Guerre de Cent Ans puis des guerres de religion.

⁵ La figure 6 p. 4 offre une vue synthétique de l'emplacement des panneaux.

⁶ Le plan d'eau ne peut prendre le substantif de « lac » (grande nappe naturelle d'eau à l'intérieur des terres), du fait de son artificialité.

Frontières géographiques de l' « île »

Nous décidons de délimiter l'île Charlemagne en prenant comme frontière sud la rivière du Rio qui correspond à une « bifurcation » de la Loire en amont. Cette rivière d'environ 2,5 km est en quelque sorte une petite Loire ou un chenal de celle-ci qui matérialise la limite sud de l'île⁹. Au nord, la Loire « principale » donne les limites de l'île au niveau d'une ripisylve¹⁰ dont la particularité est d'être plus ou moins inondée au gré des fluctuations saisonnières du débit du fleuve. Cette ensemble arbore une forme approximativement oblongue de 600 m de côté au plus large de l'île pour un maximum de 2 300 m de longueur au niveau d'un segment qui partirait du début de la rivière du Rio à l'« est » (flèche rouge fig. 3, fig. 4) jusqu'à sa zone de confluence à l'ouest (flèche jaune fig. 3, fig. 8 et 11 ci-après). Un ensemble de chemins balisés et de sentiers traverse l'entièreté de cette surface de 74 ha.



Fig. 3. Photographie aérienne de l'île Charlemagne avec une délimitation de ses contours. En orange « transparent » le territoire de l'île entouré par le trait orange épais, en rose les frontières intercommunales : l'île se situe sur la commune de Saint-Jean-le-Blanc, au nord-ouest le territoire d'Orléans, au nord-est celui de Saint-Jean-de-Braye et au sud-est la commune de Saint-Denis-en-Val.

(L'étoile rouge à les mêmes coordonnées géographiques que celle de la fig. 2 ; échelle 1/7 218 ; un carré du quadrillage mesure 500 m de côté. Couches cartographiques : Admin express Ed. 22/02/2024 et photographies aériennes 2020 de l'IGN ; complétées avec le logiciel QGIS).

L'île Charlemagne présente sur l'ensemble de sa surface une variété d'atmosphères et de zones écologiques distinctes (la carte fig. 5 suivante localise chacune des zones énoncées ci-après). Tout d'abord à l'ouest sont présents trois étangs sauvages (Fig. 52) et une zone prairiale appelée la « Grande prairie » (Fig. 53). À l'est du dernier étang sauvage lorsqu'on se déplace vers ce point cardinal (Fig. 10), on rencontre le plan d'eau de plaisance (Fig. 12) dont la majorité des pourtours a été aménagée avec l'implantation de roselières (Fig. 16). Bien que l'Homme puisse circuler tout autour, seule une petite partie lui est directement accessible et exclusivement réservée avec la plage de sable (Fig. 9). Sinon tout le tour du plan d'eau est dédié aux roselières. Au sud de l'île, traversée par la rivière du Rio et plus ou moins large selon les endroits, trône une forêt bordure dans laquelle on ne peut accéder qu'en canoë-kayak ou bien par des sentiers étroits (Fig. 13, 15). Enfin, au Nord, tout le long du cours de la Loire est présente la ripisylve (Fig. 14). À noter en dehors de l'île, au sud, entre la route de la levée et le Rio, une zone prairiale appelée « plaine des vents ».



Fig. 4. Début du Rio à l'extrémité orientale de l'île (au deuxième plan). La rivière est canalisée à cet endroit avec des ouvrages rehaussant ses bords. C'est la zone la plus septentrionale du fleuve rive sud.

⁷ Espèce exotique envahissante (EEE) : espèce animale ou végétale introduite par l'Homme en dehors de son aire de répartition naturelle qui, après son établissement, étend son aire de distribution et impacte la biodiversité, le fonctionnement des écosystèmes, l'économie ou la santé humaine (source : <https://inpn.mnhn.fr/>).

⁸ Ce panneau qui explique des moyens de lutte contre des espèces exotiques envahissantes (EEE) n'est pas exactement sur le territoire de l'île. Il est implanté dans la partie occidentale du parc de Loire et les EEE concernent l'ensemble de ce parc dont l'île Charlemagne fait partie intégrante (voir figure 6 page 4). Sur les aspects naturaliste et géographique, il nous a semblé opportun de le signaler.

⁹ Ce découpage géographique permet d'être en cohérence avec le substantif d'« île » associé au lieu-dit, parce que ce territoire ainsi délimité est effectivement entouré d'eau une partie de l'année. Cette entité géographique constitue notre objet d'étude mais nous ne nous limiterons pas à ce seul territoire quand cela est nécessaire d'un point de vue scientifique.

¹⁰ La ripisylve (étymologiquement du latin : *ripa*, « rive » et *silva*, « forêt ») correspond aux formations végétales qui se développent sur les bords des cours d'eau ou des plans d'eau dans la zone frontière entre l'eau et la terre, constituées de peuplements particuliers en raison de la présence d'eau sur des périodes plus ou moins longues : saules, aulnes, frênes en bordure, érables et ormes en hauteur, chênes pédonculés et charmes sur le haut des berges.

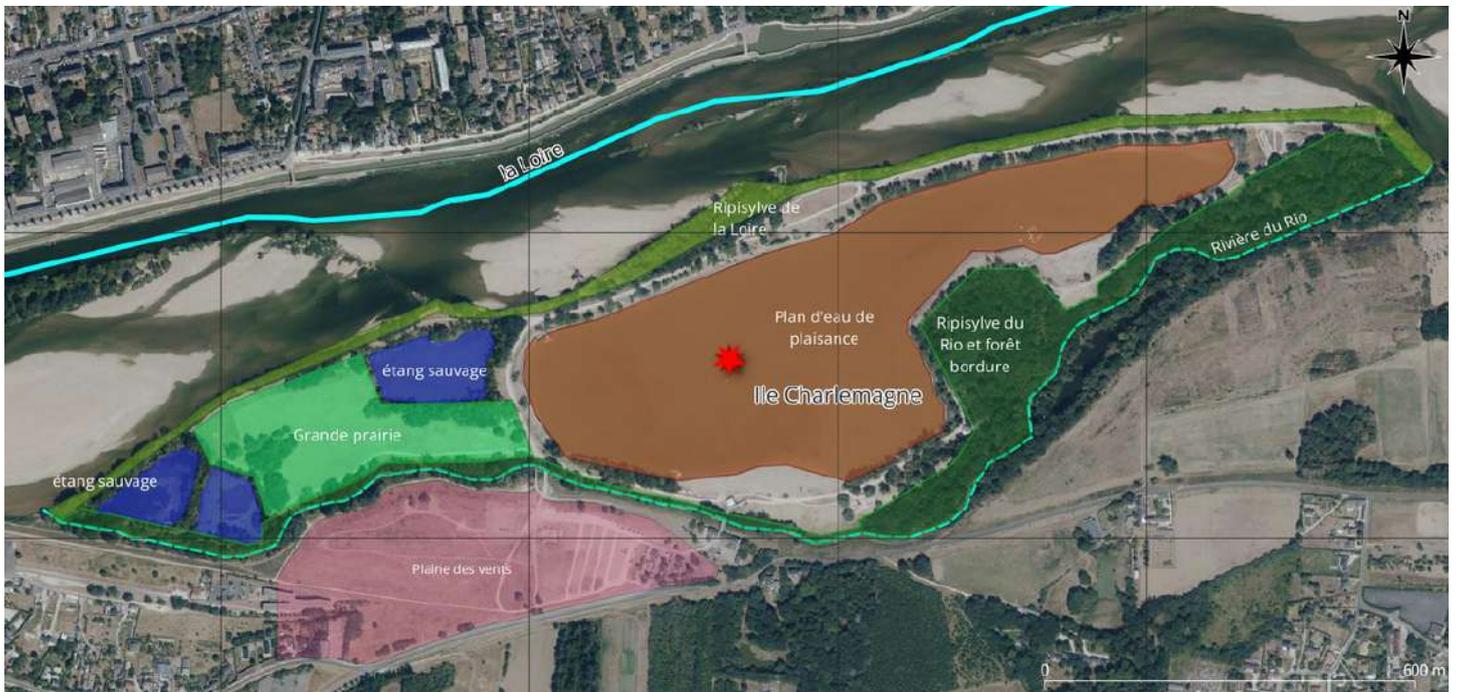


Fig. 5. Photographie aérienne de l'île Charlemagne avec les différents univers écologiques. Les trois étangs sauvages en bleu, la grande prairie en vert « pomme », le plan d'eau de plaisance en orange, la ripisylve de la Loire en vert clair, la forêt bordure et la ripisylve du Rio en vert foncé, le Rio apparaît avec un trait bleu-clair discontinu du fait de son intermittence saisonnière. Au sud, en rose, la plaine des vents avec l'implantation du parking de l'île.

L'étoile rouge a les mêmes coordonnées géographiques que celle de la fig. 2, échelle 1/5 000, un carré du quadrillage mesure 500 m de côté.

Couches cartographiques : « photographies aériennes 2020 » de l'IGN, « Cours d'eau-Métropole 2017-BD Carthage » du SANDRE ; complétées avec le logiciel QGIS).

Vues photographiques

Nous proposons de géolocaliser, par l'intermédiaire de la figure 6 ci-dessous, l'ensemble des photographies de ce document au moyen de repères spécifiques en y associant l'emplacement des panneaux de la signalétique. Le lecteur pourra se référer à cette figure 6 afin de localiser les prises de vue des photographies et les différents panneaux (partie « Signalétique », p. 2). A noter au nord-est de l'île l'emplacement du point le plus au nord de la Loire sur sa rive sud accentuant le caractère exceptionnel du site.

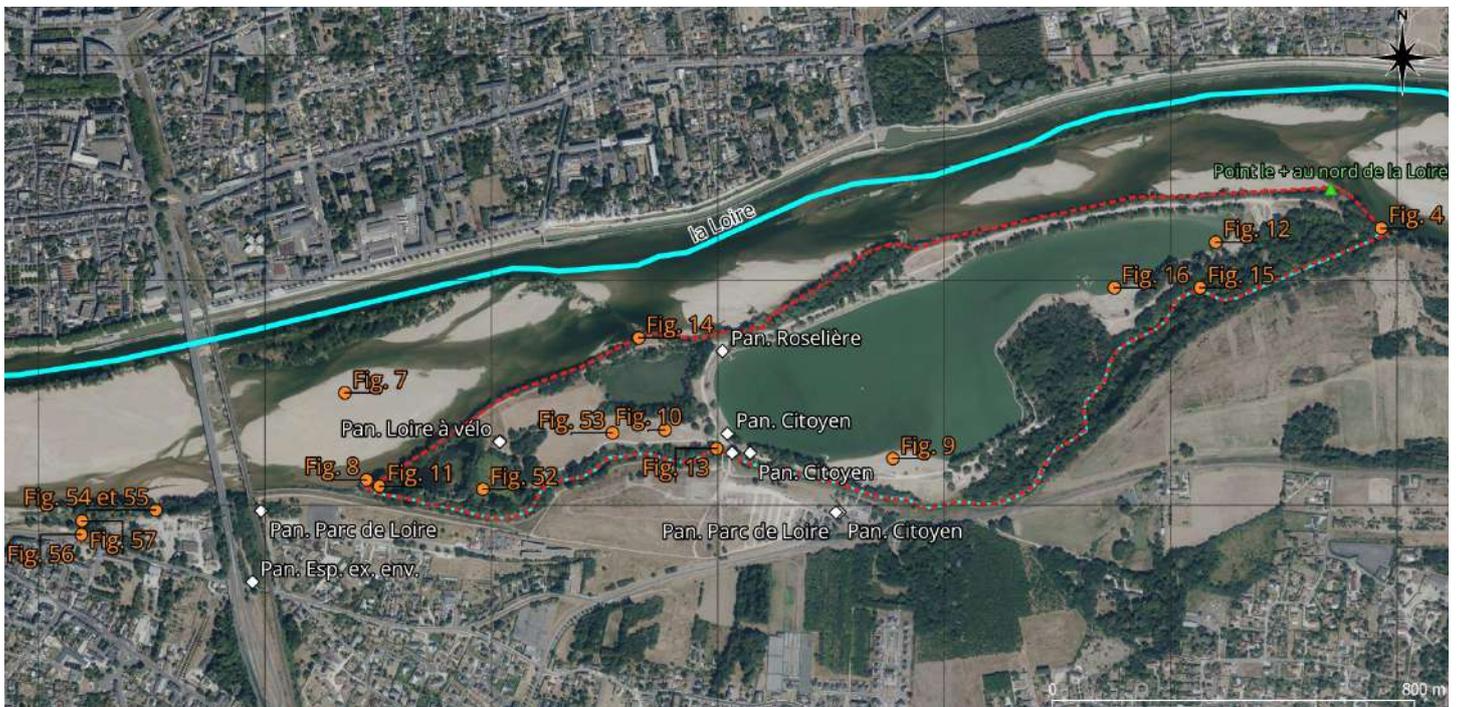


Fig. 6. Localisation des panneaux et des prises de vue photographiques avec fléchage des figures. Les panneaux (abrégés par « Pan. etc. ») sont indiqués en losange et texte blancs, les prises de vue photographiques sont situées en ronds orange avec le fléchage aux figures correspondantes (« Fig. n »), le point le plus septentrional de la rive sud de la Loire est localisé par un triangle vert.

(Couche cartographique : photographie aérienne 2020 de l'IGN - logiciel QGIS).



Photographie Vincent Voisin, 28/06/2024

Fig. 7. La Loire et l'extrémité occidentale de l'île Charlemagne sous le soleil du matin (vue du pont Thinat). Au premier plan le pont ferroviaire de Vierzon. A droite, la levée sur la commune de Saint-Jean-le-Blanc qui juxtapose la limite sud de l'île. Dans le ciel, des cirrus de beau temps et des traces entrecroisées témoignant de l'intense trafic aérien.



Photographie Vincent Voisin, 07/07/2024

Fig. 8. Aperçu de la pointe occidentale de l'île. Également visible à droite et ombragée sur la photographie de la figure 7. En contrebas de la levée, dans la partie sud de la Loire, la rivière du Rio longe la levée (trait jaune discontinu). Elle rejoint le fleuve à cet endroit (flèche jaune). L'aspect îlien n'apparaît pas et cette particularité sera expliquée plus loin dans ce document.



Photographie Vincent Voisin, 17/07/2024

Fig. 9. La plage du plan d'eau de plaisance côté « sud ». Bien que cette partie soit dédiée aux loisirs de plein air, aucune voiture ne peut y accéder comme sur l'ensemble de la surface de l'île.



Photographie Vincent Voisin, 07/07/2024

Fig. 10. La « Grande prairie » le long d'un sentier (Vue vers l'« est »).



Photographie Vincent Voisin, 17/07/2024

Fig. 11. La jonction de la rivière du Rio avec la Loire (Vue vers l'ouest). A gauche la levée, à droite les bords plans et « marécageux » de l'île Charlemagne. Dans le fond on aperçoit des arches du pont de Vierzon.



Photographie Vincent Voisin, 17/07/2024

Fig. 12. Le côté « est » plus sauvage du plan d'eau de loisirs. La quasi totalité des bords du plan d'eau sont boisés et peu accessibles à l'Homme.



Fig. 13. La rivière du Rio. Prise de vue vers l'est à partir du pont le plus occidental. La jussie rampante (*Ludwigia peploides*, voir encart ci-dessous) est bien implantée sur les rives (flèches jaunes). Aucun piétinement n'est constaté aux abords de cette rivière en dépit de l'intense fréquentation du lieu parce que la majeure partie n'est accessible qu'en petite embarcation.



Fig. 14. Champ ouvert sur la Loire et vue sur la cathédrale. La vue sur la Loire n'est pas systématique de l'île puisque la majorité des surfaces en contact avec l'eau demeurent boisées. Au centre-droit un robinier faux-acacias (Fabacées) en croissance pourrait obstruer ce panorama dans un futur proche.

Les jussies : la jussie rampante, *Ludwigia peploides* et la jussie à grandes feuilles, *Ludwigia grandiflora* - Famille des Onagracées



Dessin de l'anatomie et du développement de la jussie à grandes feuilles

(Source de l'illustration : <https://lizzieharper.co.uk/image/water-primrose-ludwigia-grandiflora/>)

Les jussies sont des plantes originaires d'Amérique du sud tropicale introduites en France au 19^e siècle dans le sud de la France et proliférant de façon inquiétante depuis une quarantaine d'années. Elles affectionnent les eaux douces calmes bien éclairées et craignent les gelées hivernales, mais le réchauffement climatique favorise leur expansion vers le Nord. Aucun prédateur n'est capable de limiter leur prolifération. La croissance du végétal débute au printemps à partir de rhizomes enfouis dans la vase. Une fois les tiges émergées, elles s'allongent horizontalement, se ramifient à la surface de l'eau et développent leurs fleurs jaunes caractéristiques. En automne et hiver, les parties aériennes se dessèchent et seuls subsistent les rhizomes enfouis dans la vase à l'abri des fortes gelées.

Les jussies entrent en compétition avec l'ensemble de la flore autochtone. Leur prolifération restreint les surfaces d'eau libre et conduit à une réduction des ressources alimentaires, empêche la pénétration de la lumière et les échanges gazeux entre l'eau et l'air. La production de la biomasse importante des jussies conduit à la formation d'une litière dont la dégradation consomme du dioxygène et rend le milieu asphyxiant. Pour ces raisons, les jussies sont classées dans la catégorie des espèces exotiques envahissantes¹¹.

¹¹ Lire note n°7 p. 3



Fig. 15. Le Rio et sa ripisylve. Les bords ne présentent pas de marques de piétinement, l'absence de végétation est la conséquence de l'immersion constante subie tout au long du printemps, particulièrement pluvieux en cette année 2024. Pas de moyen d'accès pour l'Homme dans ce cadre « sauvage » de la ripisylve et de la forêt bordure alentour.



Fig. 16. L'implantation d'une roselière. Bien visible à l'endroit pointé par la flèche jaune au niveau d'une ancienne zone de baignade de l'île rendue maintenant non adéquate. Les roseaux sont présents sur une dizaine de mètres dans cet espace courbé (jusqu'au delà du trait pointillé jaune dont on aperçoit à sa gauche un front de plantes émergées).

Contexte géomorphologique, hydrologique et géologique

La morphologie de l'île qui est « en amande » amène à un rétrécissement de la Loire au nord. Cette observation que l'on peut quantifier par des mesures de longueurs de la largeur du lit mineur en amont de l'île, à son endroit et en aval (fig. 17) conduit à la déduction hydrodynamique de la présence d'une bifurcation de la Loire pour assurer l'écoulement du débit du fleuve (sans considération d'un enfoncement du lit). C'est effectivement le cas avec la rivière du Rio qui « techniquement » étant un chenal de la Loire pourrait aussi porter l'appellation de Loire elle-même (ou de petite Loire en cohérence avec son faible débit) et puisque l'île Charlemagne est une « île » fluviale.



Fig. 17. Photographie aérienne et rétrécissement du lit mineur de la Loire au niveau de l'île Charlemagne (complétée à partir du visualiseur Géoportail). 194 mètres environ séparent le mur du canal et la partie la plus « bombée » de l'île alors que 383 mètres environ sont mesurés de bord à bord en aval au pied du pont de Vierzon et 402 mètres à trois centaines de mètres en amont de l'extrémité « est » de l'île. En revanche, la largeur maximale entre le mur du canal et la rivière du Rio est de 820 m, soit une distance très élevée pour le lit mineur ligérien à cet endroit de son cours.

Certes la rivière du Rio appartient au lit mineur mais qu'en est-il de l'île ? Appartient-elle au lit mineur ou bien au lit majeur ?

Pour répondre à cette question il nous faut apporter des définitions théoriques¹² :

- Un cours d'eau s'écoule la plupart du temps dans son **lit mineur**. C'est un espace fluvial formé d'un chenal ou plusieurs chenaux, de bancs de sables et/ou de galets, recouverts par les eaux.
- Le **lit moyen** est l'espace soumis à de fréquentes inondations, avec des périodes de retour de 1 à 10 ans. La vitesse de l'eau y est forte et le lit moyen est soumis à une forte érosion et à un important transport de matériaux solides.
- Le **lit majeur** est l'espace occupé temporairement par un cours d'eau en période de très hautes eaux. Ses limites externes sont celles de la plus grande crue historique répertoriée. Il permet le stockage des eaux de crues débordantes. Les activités humaines et l'installation d'infrastructures sont soumises à cet aléa naturel.

¹² D'après <https://www.dordogne.gouv.fr/Actions-de-l-Etat/Environnement-Eau-Biodiversite-Risques/Risques-naturels-et-technologiques/Plans-de-prevention-des-risques/Inondations-Que-faire/Pourquoi-l-eau-monte> et <https://glossaire.eauetbiodiversite.fr/concept/lit-majeur>

Par conséquent, selon ses définitions, si l'on considère l'île Charlemagne comme elle fût dans les années 1950, c'est-à-dire exploitée de manière agricole avec des parcelles cultivées et la présence de bâtiments de ferme construits sur son sol (voir fig. 46 p. 28), elle peut être considérée comme une enclave de lit majeur à l'intérieur du lit mineur étant donné qu'en dehors de ses rives qui appartiennent au lit moyen, elle ne put pas être inondée à une fréquence décennale mais elle est susceptible de l'être lors de grandes crues historiques¹³.

D'un point de vue sédimentologique, sur la durée holocène de 11 700 ans, le géologue distingue trois types d'alluvions des plus jeunes aux plus anciennes :

- des alluvions Fz :
 - actuelles
 - subactuelles
- des alluvions Fy dites « récentes ».

L'île Charlemagne est formée par les alluvions datées de la fin de l'Holocène (voir annexe fig. 58 p. 42) notées Fz, c'est-à-dire déposées très récemment dans l'histoire géologique. Ces alluvions sont d'ailleurs les mêmes que celles du lit mineur d'après la carte géologique au 1/50 000ème (fig. 18 et 19 ci-après).

L'ensemble du val de Loire - c'est-à-dire le lit majeur - est constitué de ces trois types alluvions récentes Fy, subactuelles et actuelles Fz conformément à l'histoire climatique du dernier épisode glaciaire (fig. 19) et à sa capacité d'envolement par des crues exceptionnelles. Par conséquent la distinction des types d'alluvions entre la formation récente Fy et celles actuelle ou subactuelle Fz ne permet pas de distinguer d'un point de vue stratigraphique le lit mineur du lit majeur puisque ces types d'alluvions sont toutes présentes dans l'ensemble du val de Loire.

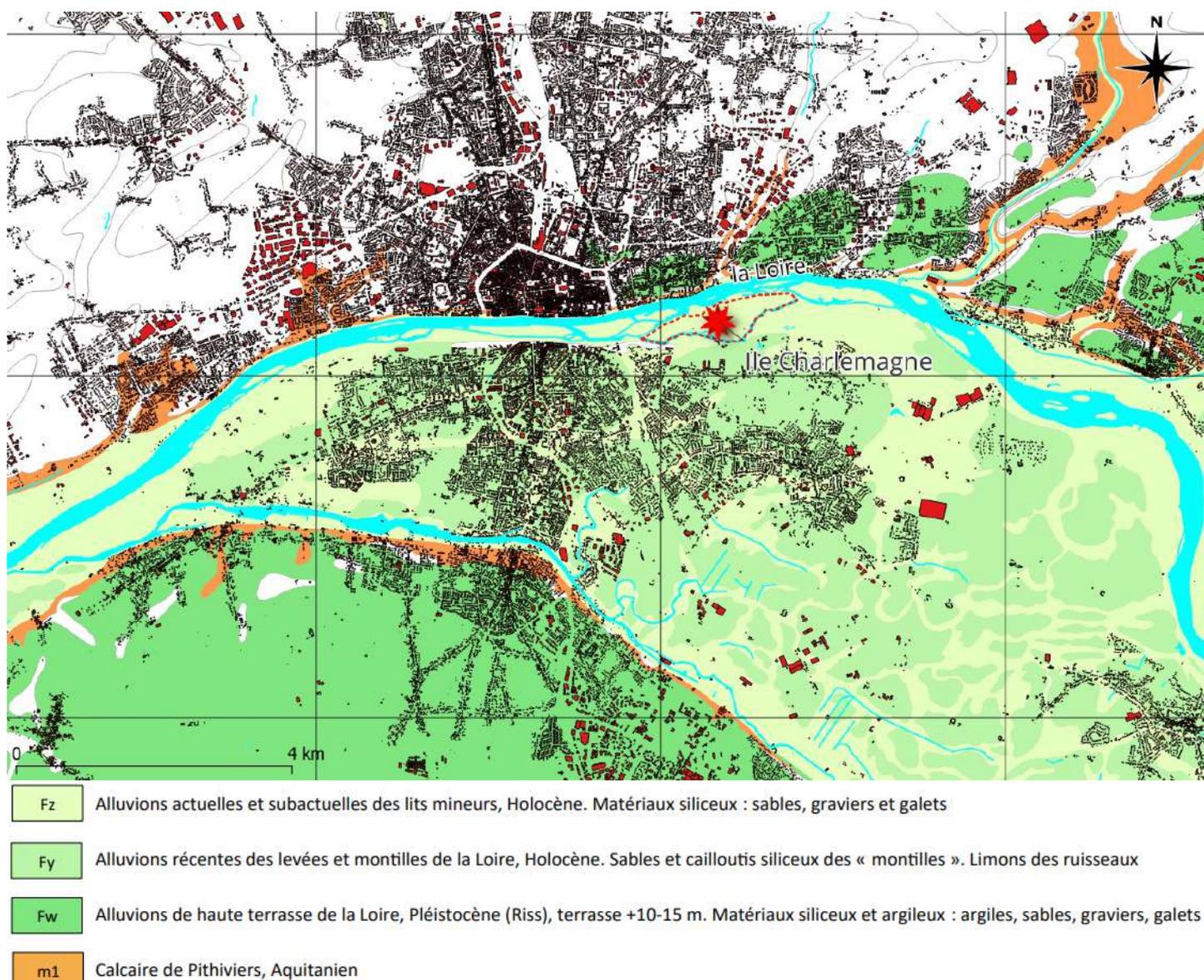


Fig. 18. Un contexte géologique ligérien et alluvial à proximité d'une aire péri-urbaine (Le bâti est représenté en noir et rouge, le réseau hydrographique en bleu-clair, l'étoile rouge situe l'île Charlemagne délimitée en pointillés rouges, le quadrillage a des carrés de largeur 5 km; d'après les données de la carte géologique du Loiret à 1/50 000 vectorisées et harmonisées d'InfoTerre et celles du bâti de <https://www.data.gouv.fr/> – logiciel QGIS).

¹³ Des écrits et peintures des crues exceptionnelles du 19ème siècle (1846, 56 et 66) attestent que la Loire inondait le val et rejoignait la rivière du Loiret située tout au sud du lit majeur ; lire par exemple Dournel (2014) et aussi l'article de presse au 1^{er} lien de la note 40 p. 26. Voir aussi le niveau de crue du panneau indicateur situé au 525 avenue du Loiret à Orléans.

On constate que l'ensemble du val en dehors du lit mineur contient des alluvions de la formation récente Fy et des alluvions actuelles Fz au niveau des zones les plus inondables. Cette uniformité géologique holocène des lits majeur et mineur prouve la capacité du fleuve à transporter des sédiments lors de crues exceptionnelles décuplant son débit. D'autre part l'observation du calcaire de Pithiviers affleurant au niveau des coteaux du lit majeur (et aux pourtours des vallées secondaires comme par exemple celle de la Bionne au nord-est) montre la conséquence des phénomènes d'érosion et d'incision réalisés par le fleuve.

Il apparaît donc que l'étude de l'île Charlemagne aborde une géologie de surface actuelle et dynamique par nature associée à son caractère îlien. Ces atouts l'ont préservée jusqu'à maintenant de l'urbanisation puisqu'aucune construction résidentielle n'est présente sur son site. Cependant, des guinguettes saisonnières sont aménagées depuis quelques années et en dépit d'une distance de seulement 2350 mètres à vol d'oiseau du parvis de la cathédrale Saint-Croix d'Orléans.(fig. 18).

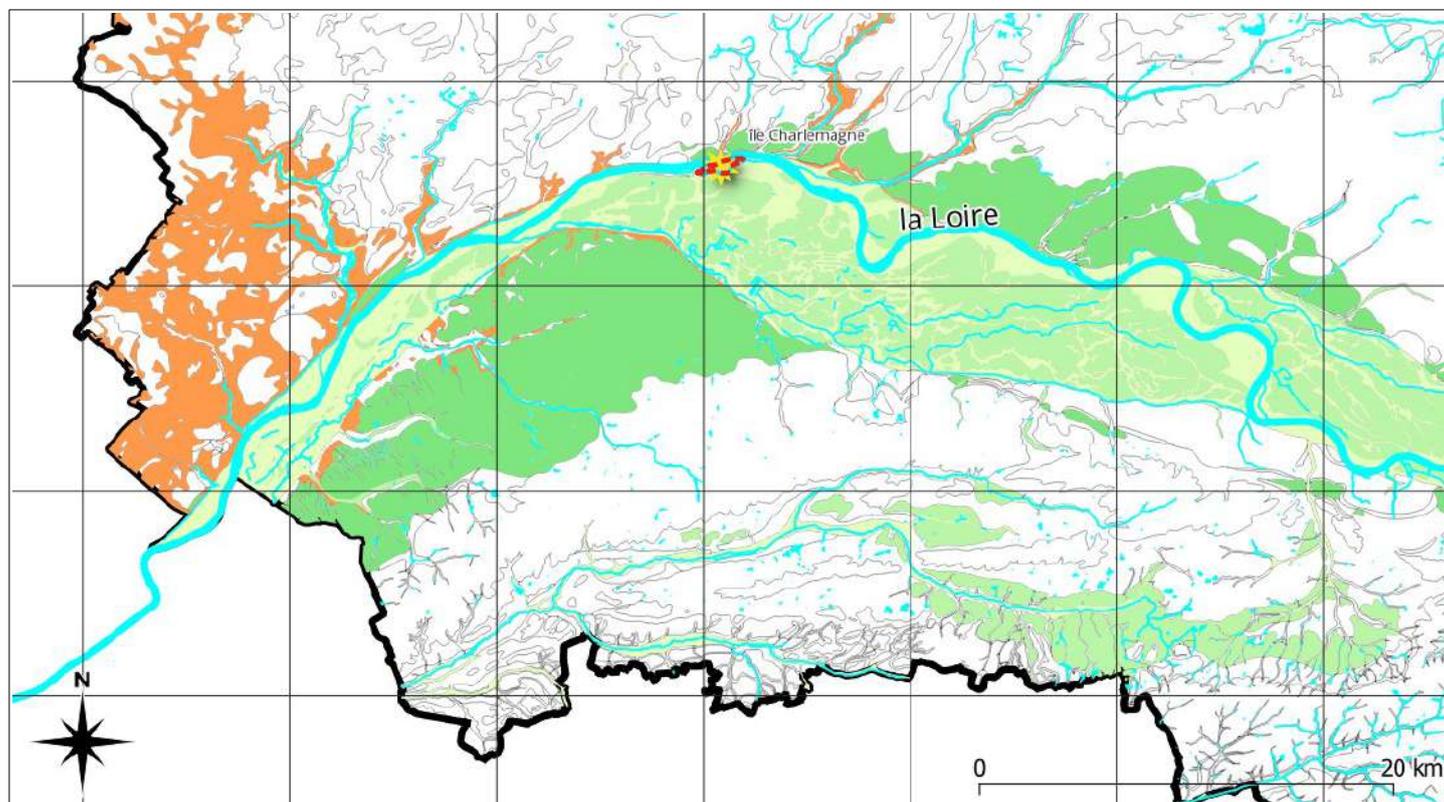


Fig. 19. Un contexte géologique ligérien ouest-départemental caractérisé par des formations alluviales étagées¹⁴ (d'après les données de la carte géologique du Loiret à 1/50 000 vectorisées et harmonisées d'InfoTerre – logiciel QGIS ; formations Fz en vert clair, Fy en vert moyen et Fw en vert foncé, m1 en orange (voir fig. 18), en noir épais les limites du département du Loiret, le réseau hydrographique en bleu-clair, le quadrillage a des carrés de 10 km de large, île localisée par l'étoile jaune).

Le lit majeur est clairement perceptible dans le paysage au niveau du relief en étant empli des formations alluviales Fz et Fy les plus récentes et sur le niveau le plus bas par rapport à celui des terrasses alentours. Cette différence de relief est soudaine et se matérialise par la présence de coteaux nord et sud¹⁵ apparus en conséquence d'une incision des terrasses plus anciennes telles que la formation Fw (Riss, Pléistocène) retrouvée sur la terrasse nord-est de Châteauneuf-sur-Loire et celle du glaciaire d'Olivet au sud-ouest qui s'étend de part et d'autre du lit mineur en décrivant la courbure ligérienne caractéristique. Ce relief amène à la déduction que, dans ce même contexte, un phénomène d'incision, érosion a alterné avec un phénomène de dépôt, sédimentation. Cette succession est liée au climat de la Terre parce que l'abaissement du niveau marin pendant une période glaciaire, allié au soulèvement lent de la surface continentale, a conditionné, au cours du pléistocène (de -2,58 Ma à -0,0117 Ma ; fig. 58 p. 42), l'enfoncement du lit des rivières et la disposition des alluvions en terrasses, les plus anciennes étant les plus hautes (Le Doussal, 2015).

Composition et origine de la sédimentation détritique alluvionnaire

L'analyse à la loupe de la composition des grains des alluvions actuelles ou subactuelles Fz démontre que ce sont des sables (annexe fig. 60 p. 42) qui contiennent à proportion de 19 grains sur 20 :

- deux tiers de quartz émoussés hyalin ou laiteux et,
- un tiers de : feldspaths alcalins, plagioclases roses ou gris et micas en paillettes.
- Plus rarement, des minéraux accessoires, issus d'un magmatisme acide, sont également retrouvés tels que du grenat, de la tourmaline, de la staurotite, du corindon, de la sphène, du rutile et du zircon (voir tableau de la figure 20 ci-après).

Dans 1 cas sur 20, les grains correspondent à des minéraux d'augite, de hornblende, de magnétite, d'ilménite et d'olivine issus d'un magmatisme basique à intermédiaire (voir tableau de la figure 21 ci-après p. 11).

¹⁴ Pour des informations plus complètes sur les terrasses de Loire se référer à l'article de Liard, Tissoux et Deschamps (2017).

¹⁵ Pour un aperçu du relief de coteaux, consulter les fiches géolithothèques APBG aux liens http://orleanstours.apbg.free.fr/IMG/pdf/la_pie.pdf et http://orleanstours.apbg.free.fr/IMG/pdf/le_bouillon.pdf

Fig. 20. Tableau de reconnaissance des minéraux secondaires des sables de Loire issus d'un magmatisme acide avec certaines des caractéristiques utiles pour une détermination à la loupe : photographie, morphologie des cristaux, couleurs et transparence, éclat - définitions des deux dernières caractéristiques en annexe fig. 62 p. 44 (*Extraits de la grande encyclopédie des minéraux, Ed. Grund*).

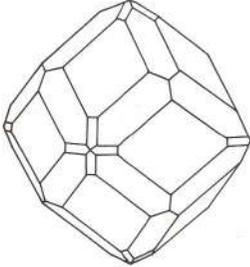
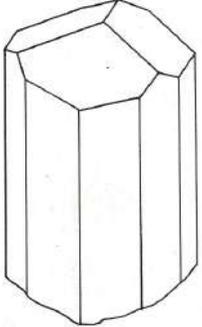
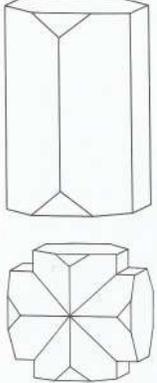
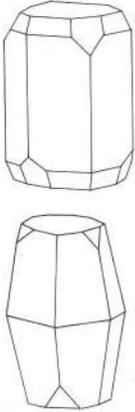
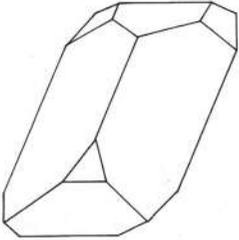
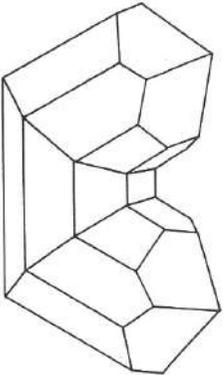
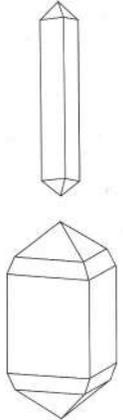
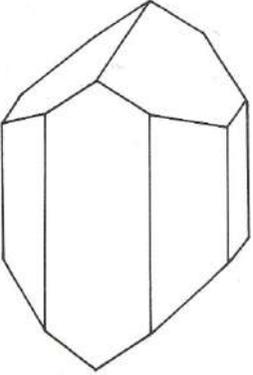
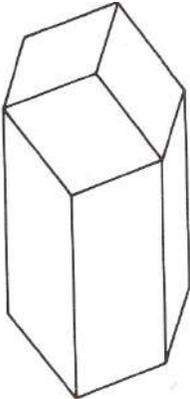
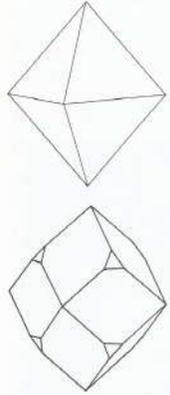
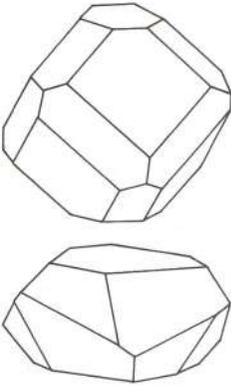
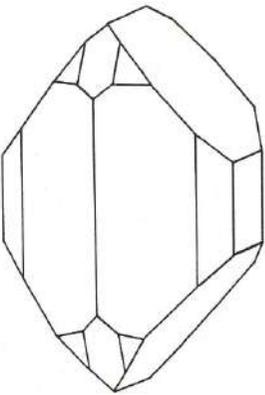
	Grenat	Tourmaline	Staurotide	Corindon	Titanite (Sphène)	Rutile	Zircon
photographie							
Morphologie des cristaux	 Cubique	 En prisme	 En prismes courts, longs ou macle en croix	 Tablette, prisme, bipyramides	 Tablette, prisme	 Prisme rayé, aiguille, macle en genou	 Prisme, bipyramides
Couleurs	Incolore, blanc, rose, vert clair, rouge, brun, noir	Noire, brune, rose, rouge, bleue, verte	Brune, brun-noir	Incolore, bleu (saphir), rouge (rubis), rose, brun, gris, jaune, violet, bleu-vert	Marron, vert, jaune, orange, rose-rouge, noir, beige, gris, incolore, bleuté	Jaune, rouge, brun, noir	Incolore, jaune, rouge, orange, vert, bleu
Transparence, éclat	Translucide à non transparent, vitreux, gras, soyeux	Transparent, translucide, non transparente, vitreux	Translucide à non transparent, vitreux, mat	Transparent, translucide, vitreux, gras, mat	Transparent, translucide, vitreux, gras, adamantin	Translucide, non transparent, adamantin, semi-métallique, gras	Transparent, translucide ou opaque, vitreux, adamantin, gras
Origine	Magmatisme acide, métamorphisme	Magmatisme acide, métamorphisme	Métamorphisme	Métamorphisme	Magmatisme acide, métamorphisme	Magmatisme acide, métamorphisme	Magmatisme acide, métamorphisme
Curiosité	Pierre semi-précieuse utilisée en joaillerie	Pierre semi-précieuse utilisée en joaillerie	Pierre semi-précieuse utilisée en joaillerie	Pierre précieuse utilisée en joaillerie	Pierre précieuse utilisée en joaillerie	Pierre semi-précieuse utilisée en joaillerie	Pierre semi-précieuse utilisée en joaillerie

Fig. 21. Tableau de reconnaissance des minéraux secondaires des sables de Loire provenant d'un magmatisme basique ou intermédiaire avec certaines des caractéristiques utiles pour une détermination à la loupe : photographie, morphologie des cristaux, couleurs et transparence, éclat (*Extraits de la grande encyclopédie des minéraux, Ed. Grund, exceptée la photographie de l'ilménite : wikipedia*).

	Augite	Hornblende	Magnétite	Ilménite	Olivine
photographie					
Morphologie des cristaux	 Prisme court, tablette épaisse	 Prisme	 Octaèdre, dodécaèdre	 Tablette	 Prisme court
Couleurs	Noir, brun-noir, vert foncé	Vert, noir	Noir	Noir	Vert-jaune, vert-olive, noir verdâtre, brun-rouge
Transparence, éclat	Translucide, non transparente, vitreux	Translucide, non transparente, vitreux, gras	Opaque, métallique, gras, mat	Opaque, métallique, gras,	Transparente vert-jaune, translucide vitreux, gras
Origine	Magmatisme formant des roches éruptives basiques, métamorphisme	Magmatisme intermédiaire, métamorphisme	Magmatisme formant des roches éruptives basiques, métamorphisme	Magmatisme basique et intermédiaire	Magmatisme basique
Curiosité	Pierre semi-précieuse utilisée en joaillerie	Pierre semi-précieuse utilisée en joaillerie	Pierre semi-précieuse utilisée en joaillerie	Pierre semi-précieuse utilisée en joaillerie	Pierre semi-précieuse utilisée en joaillerie

L'identification de ces minéraux nous permet de les classer en fonction du magmatisme « acide » / « basique ou intermédiaire » dont ils sont issus et d'en déduire par conséquent un type de roche d'origine :

- une provenance de roches granitiques¹⁶ et métamorphiques (issues d'un magmatisme acide),
- une provenance de roches volcaniques (issues d'un magmatisme basique ou intermédiaire).

Dans le département du Loiret, il n'y a aucune formation géologique à la surface correspondant à des roches magmatiques ou métamorphiques. Les formations de surface sont exclusivement sédimentaires : essentiellement des argiles, des sables, du calcaire et plus rarement de la craie (fig. 22 ci-dessous). Dans le fond des lits des rivières on ne retrouve pas non plus de roches magmatiques ou métamorphiques. Par exemple, les alluvions de la Loire à Orléans recouvrent le calcaire de Pithiviers érodé à cet endroit comme le suggère la carte géologique de la figure 18 et comme l'attestent les données des forages réalisés dans le lit mineur et le lit majeur (fig. 28 et 30).

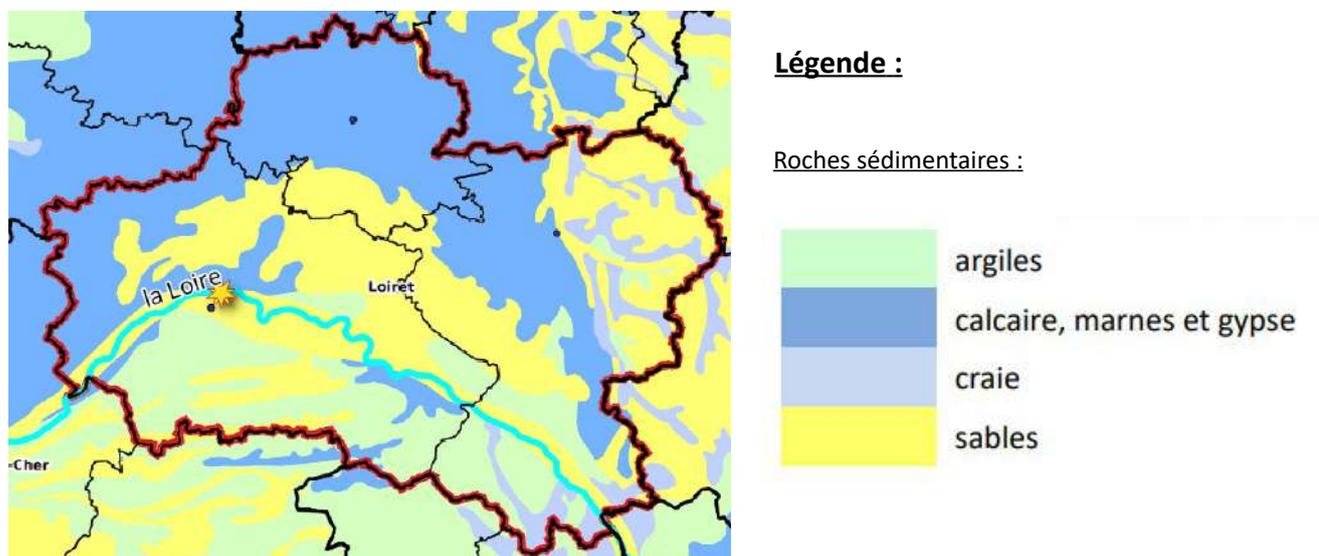


Fig. 22. Carte géologique simplifiée du Loiret (Les limites départementale du Loiret sont surlignées en rouge, l'étoile jaune localise l'île Charlemagne ; Couches : carte géologique de France simplifiée au 1/1 000 000° du BRGM, Admin express cog Ed. 22/02/2024 de l'IGN – logiciel QGIS)

La nature émoussée des grains de quartz nous indique que logiquement ceux-ci ont subi un transport fluvial comme quasiment l'ensemble des minéraux retrouvés dans les sables de Loire. Si l'on suit le cours de la Loire en direction de l'amont jusqu'à sa source, on traverse 7 autres départements situés au sud du département du Loiret : le Cher, la Nièvre, l'Allier, la Saône-et-Loire, la Loire, la Haute-Loire et enfin l'Ardèche qui est le département dans lequel sourde la Loire au Mont Gerbier de Jonc. Afin d'étudier quelles formations géologiques pourraient être à l'origine des sables de la Loire à Orléans, nous identifions les formations géologiques à proximité du lit majeur de la Loire (voir fig. 23. ci-dessous).

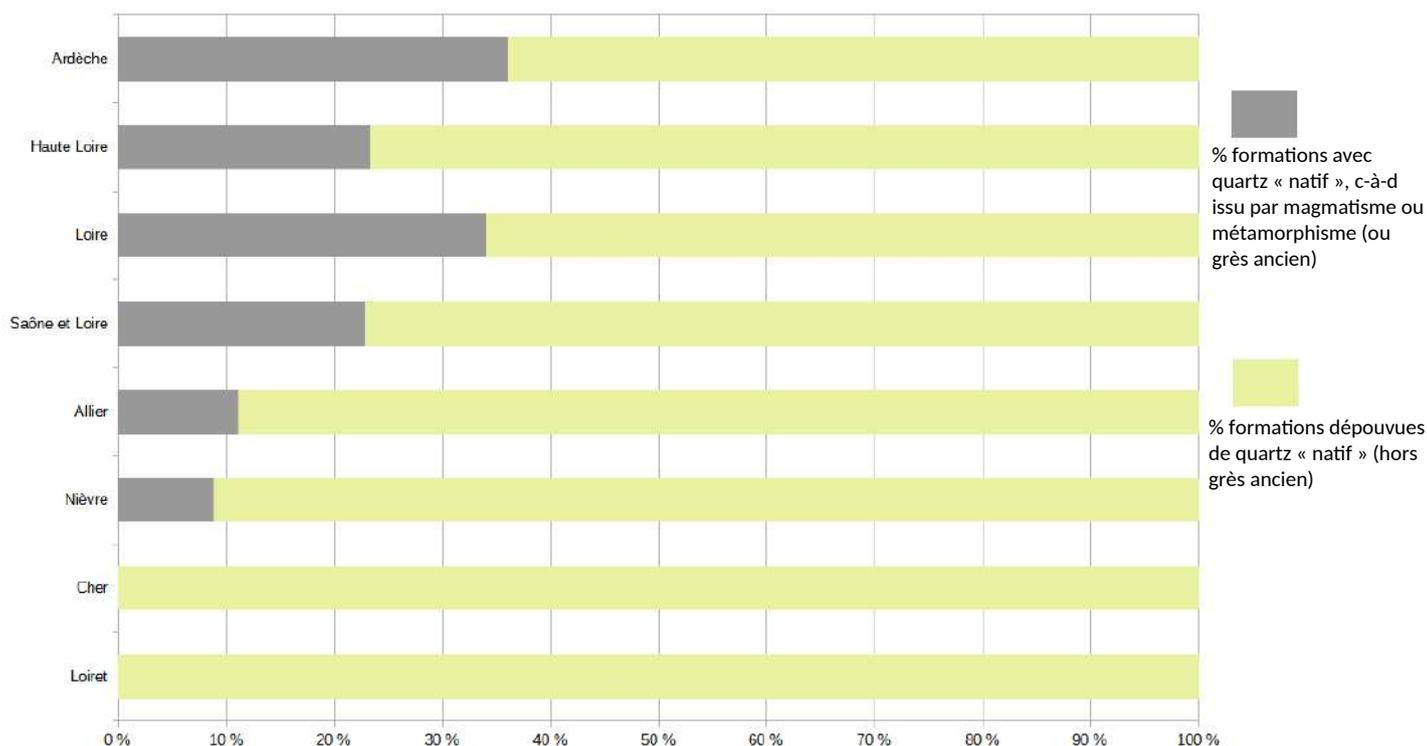
Fig. 23. Tableau répertorient le nombre de formations géologiques possédant du quartz « à l'état natif » sur l'ensemble des formations géologiques traversées par la Loire pour chaque département. On entend par l'expression de « quartz à l'état natif » un quartz cristallisé par phénomène magmatique ou métamorphique qui n'a pas subi de transport (c'est-à-dire présent dans un granite, granitoïde, gneiss, micaschiste ou schiste) à l'exception de cristaux de quartz présents dans un grès paléozoïque (qui a nécessairement subi un transport mais très ancien). Cette distinction nous permet de séparer les formations possédant des cristaux de quartz transportés comme les alluvions de celles ayant du quartz « en place » non transporté dans ses roches. Dans la colonne de droite du tableau ci-dessous, la première valeur correspond au nombre de formations concernées et la deuxième valeur au nombre total de formations à proximité du lit majeur de la Loire, à l'exclusion des formations alluvionnaires et colluvionnaires¹⁷ fluviales holocènes et pléistocènes non comptabilisées ici (Pour obtenir le détail des formations répertoriées, consulter l'annexe fig. 63 p. 45 ; données extraites à partir de la carte géologique à 1/50 000 vectorisées et harmonisées du BRGM - logiciel QGIS).

Départements	« Nombre de formations avec quartz natif » / « nombre total de formations »	Proportions en % des formations présentant du quartz natif
Loiret	0/14	0
Cher	0/44	0
Nièvre	5/52	9,6
Allier	1/8	12,5
Saône-et-Loire	13/44	29,5
Loire	64/124	51,6
Haute-Loire	23/76	30,3
Ardèche	31/55	56,4

¹⁶ La formation des alluvions Fz de Loire à Orléans est un **sable granitique** ou une **arène granitique**. Cette information aurait pu être déduite directement à partir des proportions de feldspaths (> 25%) conformément à la classification de la fig. 61 p. 38 en annexe.

¹⁷ Une colluvion ou un dépôt de pente est un dépôt meuble sur un versant, mis en place par gravité.

Fig. 24. Diagramme représentant les proportions en pourcentages des données du tableau de la figure 23 précédente du nombre de formations géologiques possédant du quartz « à l'état natif » sur l'ensemble des formations à proximité du lit majeur dans chacun des départements traversés par la Loire dans le sens de son cours, c'est-à-dire de l'Ardèche jusqu'au Loiret.



Il n'y a pas de formation géologique dans les départements du Loiret et du Cher (au sud du Loiret et à l'ouest de la Nièvre) qui aurait pu être à l'origine des grains de quartz des sables de Loire. En revanche, dans les six départements plus au sud, 133 formations géologiques sont susceptibles d'avoir fourni ces grains. A noter qu'en Ardèche et en Loire, environ 35 % des formations contiennent des roches magmatiques ou métamorphiques. Pour le département le plus proche, la Nièvre : un schiste, deux micaschistes, un leucogranite et un gneiss migmatitique appartiennent à des formations « candidates » (fig. 25). Elles sont situées dans le sud de la Nièvre avec des affleurements modestes de quelques dizaines de km² de surface tout au plus. Donc les grains de quartz des sables charriés par la Loire qui ont parcouru la distance la plus courte peuvent provenir de ces formations-là.

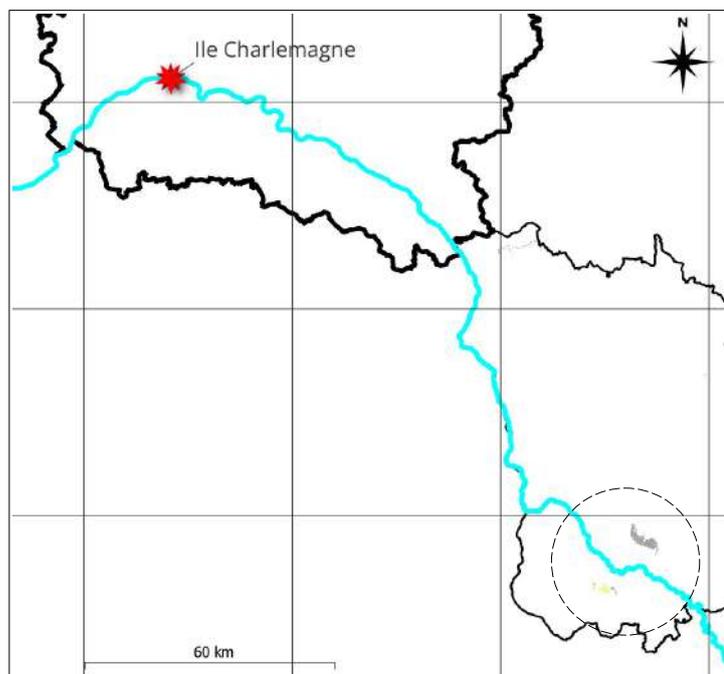


Fig. 25. Localisation des premières formations de granite, granitoïde, gneiss, micaschiste ou schiste en remontant le cours de la Loire.

Localisées par le cercle en trait discontinu, dans le département de la Nièvre, à environ 180 km en amont de la ville d'Orléans.

Ces formations se caractérisent par des :

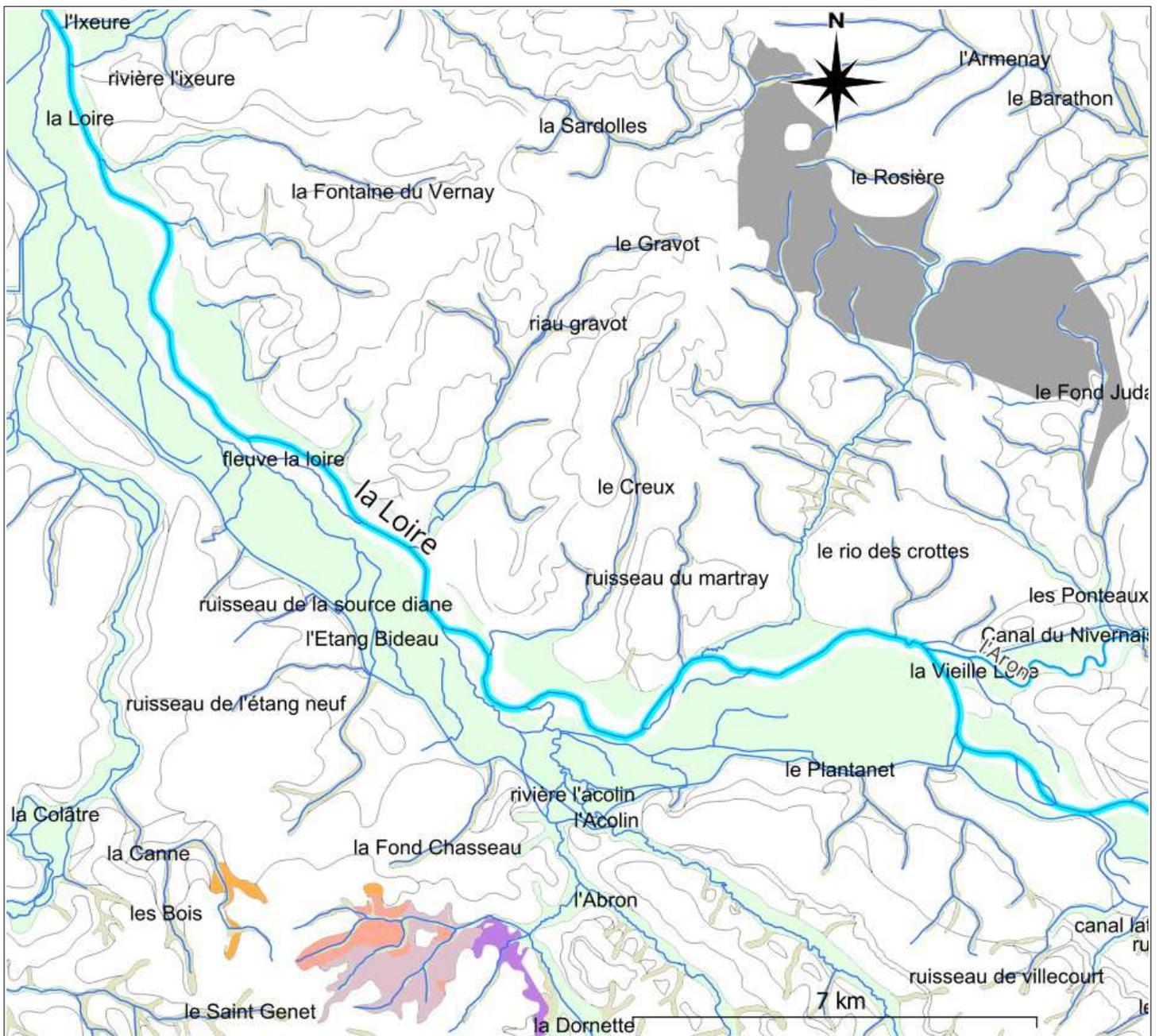
- Schistes à couches d'antracite¹⁸ ;
- Leucogranites à 2 micas et parfois cordiérite, de type Pierre-qui-Vire, Mesvres ou Folin ;
- Micaschistes feldspathiques rubéfiés et altérites rouges ;
- Micaschistes feldspathiques, silico-alumineux : micaschistes à biotite et sillimanite, plus ou moins feldspathiques, rétro-morphosés ;
- Gneiss migmatitiques : gneiss silico-alumineux à cordiérite, parfois sillimanite, rétro-morphosés et associés à des « yeux » ou passées très leucocrates, à quartz et plagioclase.

La fig. 26 suivante propose un agrandissement de la zone comprise à l'intérieure du cercle en trait discontinu.

(En noir les limites départementales du Loiret et de la Nièvre, la Loire en bleu clair, le quadrillage a des carrés de 50 km de large, île Charlemagne localisée par l'étoile rouge ; Couches : Carte géologique de la Nièvre à 1/50 000 vectorisées et harmonisées du BRGM – logiciel QGIS).

Si l'on prend en compte les distances des rivières connectées au fleuve qui ont traversées les formations géologiques concernées, en plus de la sinuosité plus ou moins accentuée des cours d'eau, nous pouvons affirmer que les grains de quartz des sables de Loire à Orléans ont parcouru au minimum 200 km.

¹⁸ Cette formation de schiste à couches d'antracite est décrite comme étant une arkose (voir fig. 61 p. 38) à débris de rhyolithes et tufs, lentilles d'antracite et schistes bitumineux dans le rapport final de la carte géologique harmonisée du département de la Nièvre au lien <https://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-52614-FR.pdf>



Formations sédimentaires holocènes :

-  Alluvions et colluvions des fonds de vallons et bas de versants
-  Alluvions récentes Fz ou Alluvions indifférenciées, sub-actuelles à actuelles, des rivières Fy-z

Formations paléozoïques magmatiques et métamorphiques :

-  Schistes à couches d'anthracite
-  Leucogranites à 2 micas et parfois cordièrite, de type Pierre-qui-Vire, Mesvres ou Folin
-  Micaschistes feldspathiques rubéfiés et altérites rouges
-  Micaschistes feldspathiques, silico-alumineux : micaschistes à biotite et sillimanite, + ou - feldspathiques, rétromorphosés
-  Gneiss migmatitiques: gneiss silico-alumineux à cordièrite, parfois sillimanite, rétromorphosés et associés à des "yeux" ou passées très leucocrates, à quartz et plagioclase

Fig. 26. Formations géologiques « candidates » les plus proches à l'origine des grains de quartz des sables de Loire orléanais. En traits fins continus les contours géologiques observés, la Loire en bleu-clair et en bleu foncé l'ensemble des rivières avec leurs noms. Pour davantage de clarté, toutes les formations géologiques ne sont pas représentées.

(Carte géologique de la Nièvre à 1/50 000 vectorisées et harmonisées du BRGM et Cours d'eau BD Carthage 2017 du service Sandre – logiciel QGIS).

On constate sur la carte de la figure 26 précédente que les rivières « reposent sur » et « sont entourées » par la formation des alluvions de fonds de vallées ou celles des alluvions indifférenciées ou sub-actuelles à actuelles des rivières Fy-z, en connexion directe avec les alluvions récentes Fz de la Loire. Ces vallées prouvent que les formations géologiques magmatiques et métamorphiques sont érodées en étant parcourues par des rivières qui en charrient les matériaux vers la Loire. La présence même de ce relief de vallées et celle des formations alluvionnaires prouvent, à une échelle locale et pour de faibles débits, la capacité d'érosion et de sédimentation du vecteur eau.

Jusqu'à présent nous avons réduit notre exploration hydrogéologique à la Loire uniquement alors que son parcours en amont la connecte à l'Allier, une rivière majeure de plus de 100 km (420,7 km exactement), et à sept rivières qui mesurent de 50 à 100 km de longueur (les autres rivières plus modestes ne seront pas considérées ici).

Parmi ces rivières on dénombre :

- Trois affluents de l'Allier :
 - la Sioule,
 - la Dore,
 - l'Alagnon ;
- Quatre affluents de la Loire :
 - l'Aron,
 - la Bresbe,
 - l'Arroux,
 - le Lignon.

D'après la carte hydrogéologique de la figure 27 p. 16 ci-après, on constate que le réseau hydrographique en amont de la Loire à Orléans provient des départements du Cher, de la Nièvre, de l'Allier, de la Saône-et-Loire, du Puy-de-Dôme, de la Loire, de la Haute-Loire, du Cantal, de la Lozère et de l'Ardèche. Parmi ces départements, les 9 derniers possèdent des roches « candidates » dont seraient issus les sables de Loire.

Par conséquent, on peut préciser l'origine lithologique du sable de Loire en déduisant que :

- 95 % des grains des sables de Loire proviennent de la désagrégation des roches granitiques et métamorphiques du centre et de l'est du Massif Central qui donnent les quartz, feldspaths, micas avec les minéraux accessoires de grenat, tourmaline, staurotide, corindon, sphène, rutile et zircon ;
- dans 5 % des cas, les grains d'augite, hornblende, magnétite, ilménite et d'olivine proviennent des roches volcaniques tertiaires réparties également au centre et à l'est du Massif Central.

Les résultats de l'analyse des graviers et des galets des alluvions Fz sont cohérents avec ces données puisqu'on découvre que ceux-ci sont faits de quartz laiteux bien roulés, de débris de roches granitiques (granite, microgranite, gneiss) et de roches volcaniques (basalte, trachyte). Ils dérivent donc également des roches éruptives et métamorphiques du Massif Central.

Cependant, à ces alluvions d'origine lointaine s'ajoutent également des graviers et des galets provenant de l'érosion de roches sédimentaires locales : chailles¹⁹ jurassiques du Nivernais, silex crétacés, grès et poudingues éocènes, calcaire lacustre et meulière aux arêtes encore vives ou polies sur une seule face. Des galets très arrondis de chailles jurassiques, silex de la craie et quartz laiteux, semblent provenir du remaniement de cailloutis tertiaires (Notice de la carte géologique d'Orléans au 1/50000e).

¹⁹ Une chaille est une concrétion siliceuse formée au sein de calcaires marins. Ces rognons de silex ou cailloux siliceux se dissocient parfois de leur formation calcaire d'origine par érosion et sont remobilisés au sein de formations détritiques continentales.

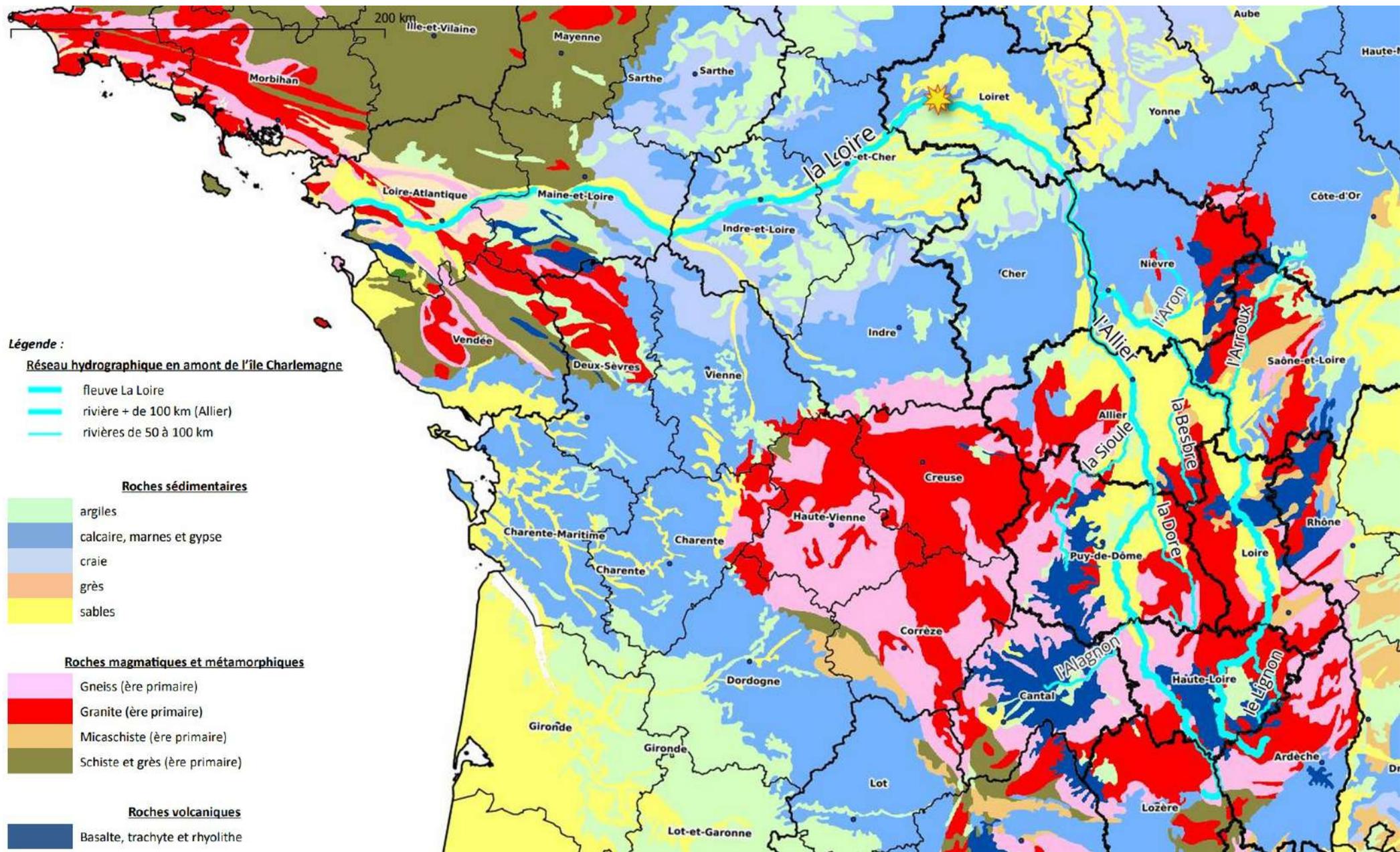


Fig. 27. Carte géologique simplifiée avec le parcours de la Loire et ses rivières affluents majeures en amont d'Orléans

(Les limites des départements sont dessinées en noir, l'étoile jaune situe l'île Charlemagne, échelle 1/2 000 000 ; d'après la carte lithologique simplifiée à 1/1 000 000 du BRGM, la carte adminexpress de l'IGN, la carte cours d'eau BD Carthage 2017 du service Sandre – logiciel QGIS).

Stratigraphie et sédimentologie

Dans la banque nationale du sous-sol du BRGM (BSS) à l'intérieur du périmètre géographique de l'île, il n'y a pas d'échelle stratigraphique disponible. Cependant, en dehors de l'île, un ouvrage à 300 m à l'est du site de la plage du plan d'eau de loisirs (identifiant national BSS : BSS001AEUK) indique que la première couche géologique correspond à des sables et des galets qui sont les **alluvions holocènes Fz-y** (indifférenciées). Une étude du BRGM (Pasquet, 1982) nous informe qu'en 1966 des relevés à partir de puits situés dans l'île indiquent **7 mètres** de cette formation alluviale. Sous cette couche on retrouve directement le **calcaire de Pithiviers** (m1CPI ; calcaire de Beauce *sensus stricto*).

Une étude synthétique sur les données de la BSS (Binet, Auterives & Charlier, 2013 ; p. 28) analysant 349 forages qui atteignent le calcaire de Pithiviers dans le val de Loire orléanais conclut que cette formation géologique s'épaissit vers Jargeau à l'est où elle atteint 24 m au maximum. Au niveau de l'île, cette épaisseur est donc plus modeste mais aucune valeur indicative d'épaisseur n'est donnée dans cette étude. Et pour cause, la profondeur du toit de la formation du calcaire de Pithiviers et son épaisseur sont très hétérogènes. Par exemple, neuf ouvrages répertoriés par la BSS et situés dans le lit mineur de la Loire, au niveau du pont de Vierzon, à 250 m de l'extrémité occidentale de l'île, indiquent des épaisseurs de la formation du calcaire de Pithiviers variant de 1 à 11 mètres (tableau du haut, fig. 28). Par exemple, une variation de 9 m est observée au niveau des sites des ouvrages BSS001AEFR et BSS001AEFS qui sont espacés de seulement 60 m l'un de l'autre entre la 3ème et 4ème pile du pont ferroviaire. Le caractère hétérogène de l'épaisseur et de l'altitude du toit de la formation du calcaire de Pithiviers est généralisé pour l'ensemble des sondages alignés sur un segment de 360 m de long de chacune des piles de ce pont.

Comment expliquer une telle hétérogénéité d'une formation géologique pourtant formée en milieu lacustre et/ou palustre sans grande énergie ?

Dans l'étude de Binet, Auterives & Charlier (2013 ; p. 28), sur les 349 forages analysés et répartis dans l'ensemble du Val de Loire, une quarantaine mettent en évidence la présence de cavités souterraines de plus de 2 m (dont la répartition laisse envisager les circulations empruntées par les eaux de la Loire qui se perdent dans le sous-sol en amont d'Orléans). Par conséquent, une hypothèse est que cette variabilité de la profondeur du toit et de l'épaisseur de la formation du calcaire de Pithiviers (m1CPI) s'explique par sa karstification qui conduit à des affaissements et des effondrements dans des galeries souterraines.

Sous l'île Charlemagne, nous avons donc tout lieu de penser que l'épaisseur des calcaires de Pithiviers et l'altitude de son toit varient tout autant puisque cette zone n'est pas moins karstifiée : une preuve formelle est apportée par l'observation d'un gouffre plurimétrique au fond du plan d'eau de plaisance (voir partie « hydrologie » ci-après). Néanmoins, en cohérence avec la représentation 3D de la géologie du val de Binet, Auterives et Charlier (2013 ; p. 28) et parce que 4 valeurs sur 9 du tableau du haut de la fig. 28 indiquent une épaisseur de 9 à 11 m, nous retenons la valeur approximative de **10 mètres** comme épaisseur de référence du **calcaire de Pithiviers** pour notre colonne stratigraphique de l'île (fig. 29 ci-après) en considérant cette valeur valable uniquement pour les secteurs qui auraient subi le moins d'effondrements.

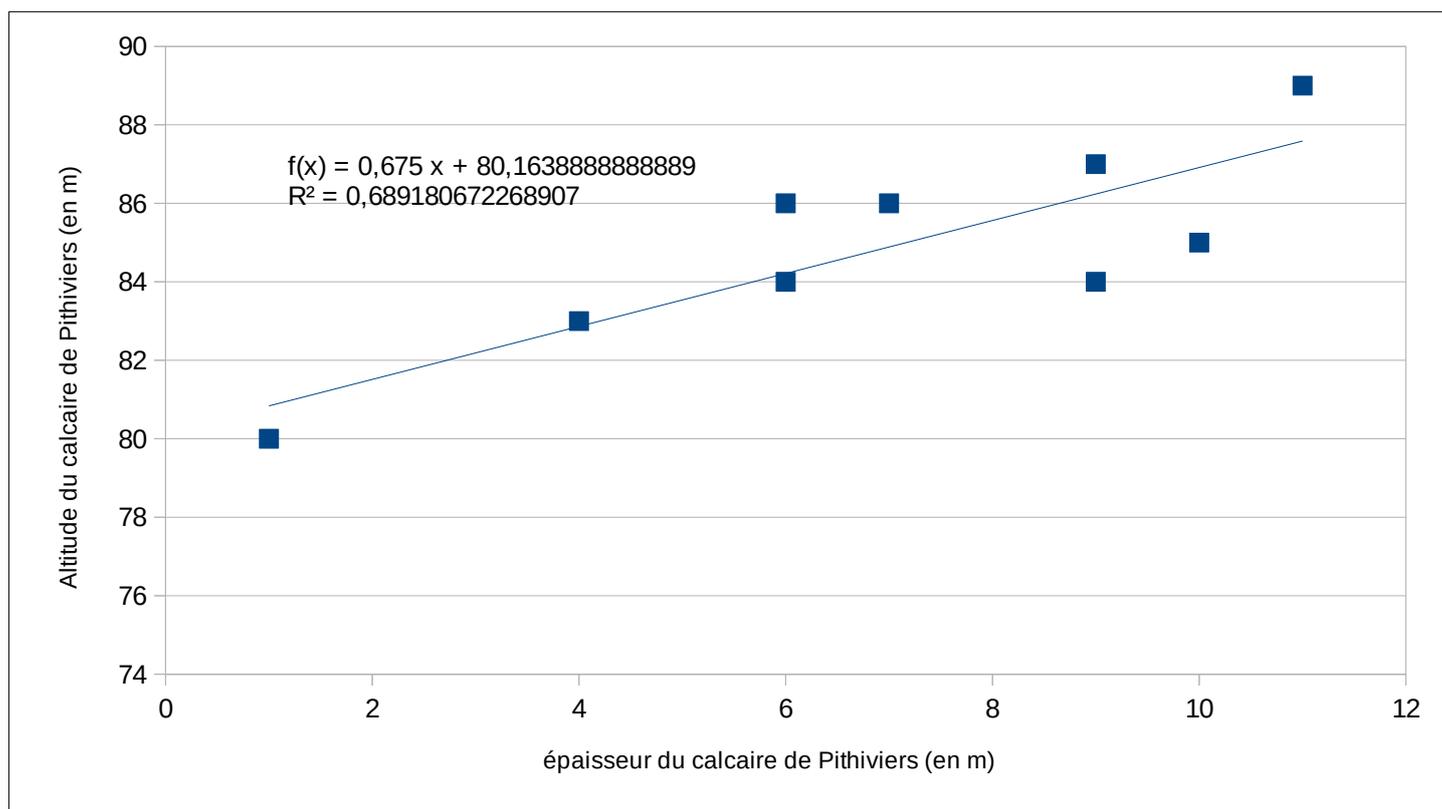
Fig. 28. Tableaux des données de l'altitude du toit des calcaires de Beauce (m1CPI) en fonction de leur localisation : lit mineur, lit majeur et glaciis d'Olivet

localisation	Dans le lit mineur au niveau du pont de Vierzon								
Identifiant BSS de l'ouvrage	BSS001AEFP	BSS001AEFQ	BSS001AEFR	BSS001AEFS	BSS001AEFT	BSS001AEFU	BSS001AEFV	BSS001AEFW	BSS001AEFY
Altitude du calcaire de Pithiviers (en m)	86	84	80	85	84	87	89	83	86
Épaisseur du calcaire de Pithiviers (en m)	7	6	1	10	9	9	11	4	6

localisation	Dans le lit majeur (sur un segment du nord au sud à la longitude du pont de Vierzon)						Dans le glaciis d'Olivet en bordure sud du val						
	BSS001AEFZ	BSS001ADEC	BSS001AETP	BSS004KATP	BSS001ADNR	BSS001CANA	BSS001CAVF	BSS001CBCQ	BSS001CASF	BSS001CCAA	BSS003LTOG	BSS003JWEW	BSS001CBZJ
Altitude du calcaire de Pithiviers (en m)	79	88	90	86	84	85	99	97	93	95	96	92	98

Autre élément, les données du tableau du haut dans la figure 28 permettent d'établir une droite de régression linéaire (figure 29) qui met en évidence une corrélation forte entre l'altitude du toit de la formation du calcaire de Pithiviers et son épaisseur.

Fig. 29. Droite de régression linéaire de l'altitude du calcaire de Pithiviers en fonction de son épaisseur ; obtenue avec les données du tableau du haut de la fig. 29. Une valeur R^2 comprise entre 0 et 0,3 indique une corrélation nulle ou très faible ; si R^2 est entre 0,3 et 0,5 la corrélation est moyenne ; entre 0,5 et 0,7 la corrélation est forte et entre 0,7 et 1 elle est très forte corrélation. Ici $R^2 = 0,69$ donc les deux grandeurs apparaissent fortement corrélées. C'est-à-dire que plus le toit de la formation est élevé en altitude dans le log stratigraphique, plus son épaisseur est importante (par rapport aux 9 données de la BSS du lit mineur).



Ainsi, comme « plus le toit de la formation est élevé, plus la formation des calcaires de Pithiviers est épaisse » selon la corrélation, en comparant l'altitude du toit dans les lits majeur et mineur qui est comprise entre 79 et 90 m d'altitude avec le toit de cette formation sous la terrasse de formations alluvionnaires Fw du glacis d'Olivet en bordure du val sud (tableau du bas fig. 28) qui varie de 92 à 99 m d'altitude dans nos données, on en déduit que la formation des calcaires de Pithiviers est plus épaisse en bordure du val sud dans le glacis d'Olivet que dans les lits mineur et majeur.

Par conséquent, un savoir global sur l'histoire de ce territoire que l'on peut déduire est que la formation du calcaire de Pithiviers (m1Cpi) a été érodée par le fleuve au niveau du lit majeur (et aussi du lit mineur parce qu'il n'y a pas de réelles différences entre le lit majeur et le lit mineur par rapport à ces grandeurs de nos données en comparant le tableau du haut et la gauche du tableau du bas de la fig. 28). Donc le dernier épisode de creusement qui a affecté la terrasse alluviale pléistocène du Riss a été jusqu'à inciser le substratum que constitue le calcaire de Pithiviers.

Une deuxième hypothèse expliquerait maintenant l'hétérogénéité de l'altitude du toit et de l'épaisseur du calcaire de Pithiviers : cette formation géologique aurait pu subir en surface une érosion différentielle exercée par la Loire sous forme de chenaux multiples et/ou avec un parcours très fluctuant pendant son histoire quaternaire.

Bilan : selon nos deux hypothèses, l'altération du calcaire de Pithiviers aurait donc été opérée par l'eau circulant « dessus » et à l'intérieur de cette formation.

Si l'on revient à la constitution de l'échelle stratigraphique de l'île, sous le calcaire de Pithiviers, c'est la formation du **calcaire d'Étampes (g1)** qui est repérée jusqu'à 31 m en étant limitée par la profondeur maximale de l'ouvrage. Mais la formation géologique continue au-delà de cette profondeur. Ce calcaire est lui-aussi karstifié avec également des cavités de plusieurs mètres de diamètre (voir par exemple le log de l'ouvrage BSS001AEFX de la 2ème pile sud du pont de Vierzon). Comme cette formation atteint **60 mètres** sous Orléans, au nord, d'après Binet, Auterives & Charlier (2013 ; p. 28), nous débuterons l'échelle stratigraphique de l'île par cette formation à une profondeur de 77 m sous les 10 m de calcaires de Pithiviers définie comme valeur de référence précédemment et recouvert par les 7 m d'alluvions holocènes indifférenciées constatés (fig. 30 ci-après).

Fig. 30. Colonne stratigraphique synthétique de l'île. Établie à partir de données de la BSS d'ouvrages à proximité (Fig. 28)

Profondeur (mètres)	Formation géologique	Lithologie	Stratigraphie	Altitude (mètres)
7	Alluvions holocènes F _{z-y}	Sable et graviers	Holocène	96
	Calcaire de Pithiviers (m1) (Calcaire de Beauce s.s.)	Calcaire avec karsts, drains plurimétriques	Aquitanien - Miocène inférieur	89
17	Calcaire d'Étampes (g1)	Calcaire avec karsts, drains plurimétriques	Rupélien - Oligocène	79
77				19

Origine fluviale

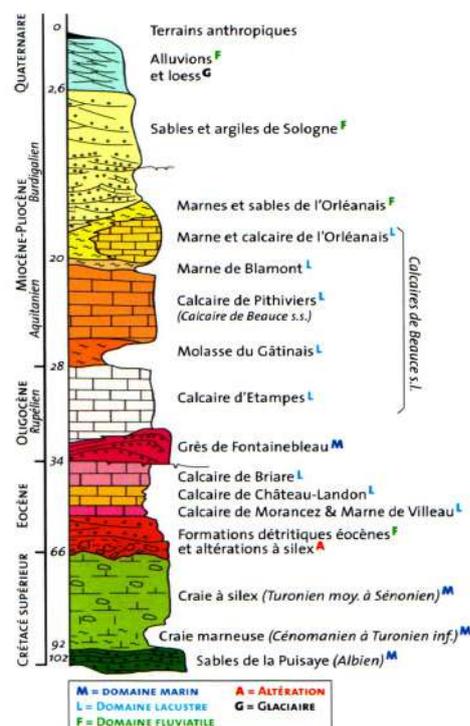
Origine lacustre et/ou palustre

Calcaire de Beauce s. l.

Si l'on compare cette reconstitution de la stratigraphie de l'île avec l'échelle stratigraphique complète du Loiret établie par Diot (2002 ; voir figure 31 ci-contre, modifiée par Charles & Graviou, 2016), nous remarquons les absences des **alluvions pliocènes** et de la formation des **Sables et argiles de Sologne** (m3) datée du Burdigalien moyen. De même, pas de **marnes et sables de l'Orléanais** (m2MSO) ou de **marnes et calcaires de l'Orléanais** (m2MCO) du Burdigalien inférieur. Sous le calcaire de Pithiviers, les **molasses du Gâtinais** (m1Mga) ne sont également pas retrouvées.

L'absence des formations burdigaliennes (m3 et m2) nous donne un aperçu du phénomène et de la capacité de transport du fleuve puisque si l'on considère que la pré-Loire a commencé à s'écouler vers l'ouest au début du Quaternaire (Charles & Graviou, 2016), elle a donc retiré l'ensemble de ces formations qui ont pourtant une épaisseur de presque 10 m au sud, au niveau du glacis d'Olivet par exemple²⁰. Comme déjà dit précédemment, ce phénomène d'érosion fluvial aurait même été jusqu'à inciser le calcaire de Pithiviers lors du dernier épisode de creusement de la terrasse alluviale pléistocène du Riss et aurait conduit au relief inversé en terrasse caractéristique du val.

Fig. 31. Colonne stratigraphique du Loiret (modifiée par Charles & Graviou, 2016 ; à partir de Diot, 2002) →



²⁰ Voir la fiche lithothèque sur le parc naturel des dolines de Limère à Ardon au lien <http://orleanstours.apbg.free.fr/spip.php?article176>

Hydrogéologie

L'apparition fréquente de fontis visibles en surface dans le val de Loire orléanais (en moyenne 3 à 4 sont rapportés par an d'après Noury, Perrin & Gourdiér, 2018) et également, à une moindre fréquence, sur les terrasses alluviales plus anciennes autour, permet d'en déduire la présence d'une couche de calcaire affecté du phénomène de karstification sous la couverture alluviale (en dehors de l'étude par l'intermédiaire de sondages ou de forages déjà abordée précédemment). Plusieurs preuves formelles attestent que l'île Charlemagne n'est pas épargnée par cette caractéristique générale avec l'apparition de fontis à proximité²¹. Notamment, au cours de son histoire, l'île a fait l'objet d'un important travail de déblaiement de la couche alluvionnaire permettant d'approcher directement la formation de calcaire de Pithiviers (voir partie d'après « *L'histoire récente de l'île* », p. 28).

Cette intervention de l'Homme à l'île Charlemagne a permis de dégager l'entrée d'une galerie souterraine faisant sailli juste sous la couche alluviale après son retrait. Ce trou béant aménagé dans le calcaire de Pithiviers correspond à un gouffre de 2 m sur 3 m²² approximativement au centre du lac de loisirs (fig. 32 ; identifiant national BSS de l'ouvrage BSS001ADQJ). Les dimensions non anecdotiques de l'entrée de cette galerie permettent aux spéléologues de l'association de spéléologie subaquatique du Loiret (SSL) de l'explorer (fig. 33) et de contribuer aux études scientifiques menées par les hydrogéologues du laboratoire d'Hydrogéologie de l'Université d'Orléans.

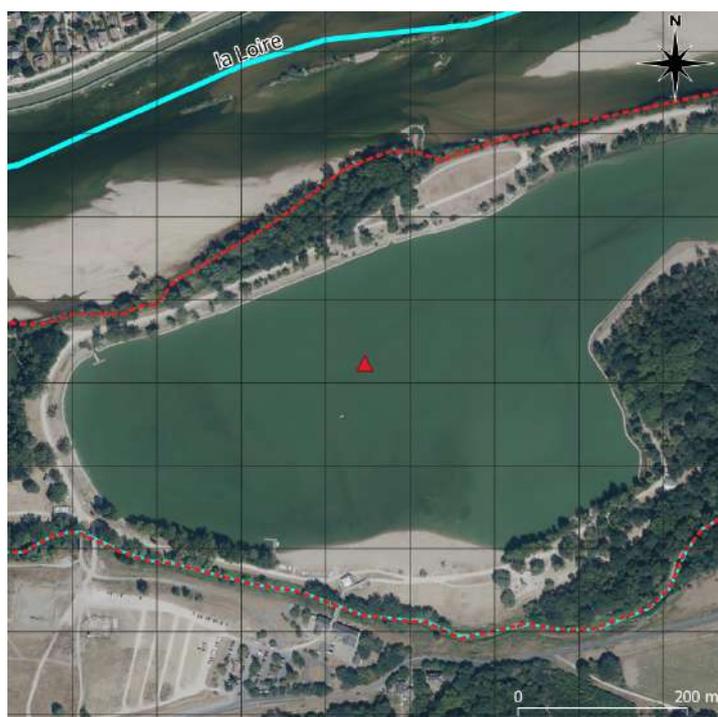


Fig. 32. Localisation du gouffre. Coordonnées géographiques : latitude 47° 53' 52" N et longitude 1° 56' 26" E ; à 210 mètres de la plage au sud, 120 mètres de la rive nord et 360 m du bord à l'ouest.

(Le triangle rouge localise l'emplacement du gouffre, l'île est délimitée par le trait discontinu rouge avec le Rio en bleu azur sur sa bordure sud, le quadrillage a des carrés de 100 m de large, échelle 1/3 808 ; Couches : Couche des photographies aériennes 2020 de l'IGN – logiciel QGIS)



Fig. 33. Photographie du gouffre de l'île. Vue sur l'entrée du gouffre prise de l'intérieur mais la galerie se poursuit plus loin encore. L'entrée est éclairée par en haut avec un projecteur puissant. On aperçoit une armature protégeant l'accès, le plongeur nous permet d'estimer les dimensions de cette entrée karstique dans le calcaire de Pithiviers²³.

Copie d'écran en noir et blanc prise à partir du film « Les secrets de Charlemagne »²⁴ réalisé par les spéléologues Christophe Poinclou et Jacques Munerot de l'association de spéléologie subaquatique du Loiret (SSL)

Les scientifiques considèrent que le gouffre de l'île Charlemagne a un fonctionnement hybride d'un point de vue hydrogéologique en étant à la fois une source et une perte. Il est catégorisé comme une « perte-émergence pénétrable » dans la carte de la fig. 36 ci-après²⁵. Plusieurs études de traçages ont été menées entre 1998 et 1999 en prenant en compte ses deux aspects avec des recherches dans lesquelles le gouffre est l'objet d'une incorporation de traceurs colorés et pour d'autres d'une surveillance à la réapparition du traceur incorporé à une perte associée au système karstique ligérien plus en amont.

²¹ Consulter par exemple: l'article de presse informant de l'apparition d'un gouffre à une centaine de mètres de l'île, au lien <https://www.francebleu.fr/infos/environnement/impressionnant-affaissement-de-sol-sur-la-levee-de-la-loire-a-saint-jean-le-blanc-1616150685> ou la base de données du risque de mouvements de terrain dans la commune de Saint-Jean-le-Blanc avec une cartographie au lien <https://www.georisques.gouv.fr/mes-risques/connaitre-les-risques-pres-de-chez-moi/3166/detail/45286/Saint-Jean-le-Blanc/commune/45650>

²² Selon le document numérisé de 1968 associé à la fiche du gouffre dans la BSS au lien <http://ficheinfoterre.brgm.fr/InfoterreFiche/ficheBss.action?id=03636X0491/C>

²³ Pour un autre aperçu qui me semble plus profond de l'entrée du gouffre, visionnez la vidéo: « *Plongée pour prélèvement d'eau dans le gouffre de l'île Charlemagne* » du CETRAHE Cellule R&D de l'Université d'Orléans, spécialisée dans le traçage artificiel appliqué à l'hydrogéologie et à l'environnement au lien https://www.youtube.com/watch?v=Ta6jd_I1OWU

²⁴ Le film est proposé en téléchargement par le Système d'information pour la gestion des eaux souterraines (SIGES) en Centre-Val de Loire au lien <https://sigescen.brgm.fr/Karst-du-Val-d-Orleans.html>

²⁵ L'appellation de « *Rivière de Charlemagne* » est même employée au lien <https://fiches-risques.brgm.fr/georisques/cavite/CENAA0012239>

Par exemple, des injections de colorants traceurs ont été réalisées dans la perte des Petites-Bruyères dans le lit mineur de la Loire à Jargeau et au nord de la Loire dans le fond du ruisseau de la vieille noue à Saint-Denis-de-l'Hôtel et dans le forage absorbant de l'étang de la Coniche à Fay-aux-Loges²⁶ (voir la carte de la fig. 36 suivante pour une localisation).

Premier constat : jusqu'à présent tous les traçages effectués à l'est se sont avérés négatifs (Jozja, Maget et al. 2010) et tel qu'écrivent Binet, Auterives et Charlier (2013 ; d'après Lepiller ; 1996, 2006) : « *L'existence d'un conduit karstique développé sous le plan d'eau de l'île Charlemagne ne semble pas être en relation directe avec les eaux de la Loire ou celles des sources du Loiret. Cet axe de drainage est indépendant de l'axe Jargeau - Loiret* ».

En revanche, deuxième constat, comme l'indiquent les traçages d'injection récapitulés dans les figures 34 et 35 suivantes, la rivière souterraine des galeries en connexion avec le gouffre de l'île Charlemagne circule à une vitesse de 160 m/h environ jusqu'à la source des Capucins située juste en aval du duit Saint-Charles à plus de 2,3 km puis continue jusqu'à l'émergence sous fluviale de la source de la Bellevue à La-Chapelle-Saint-Mesmin située à presque 8 km de là, à une vitesse moyenne de 110 m/h environ.

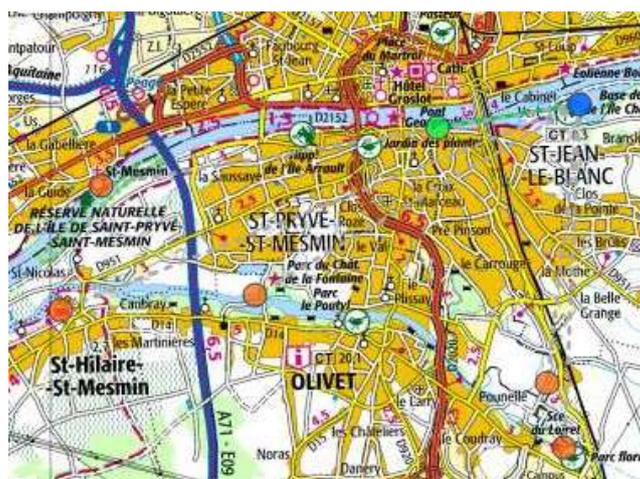


Fig. 34. Résultats de traçages au niveau du gouffre de l'île Charlemagne du 21 février 1998²⁷, à la Rhodamine par le Laboratoire d'Hydrogéologie de l'Université d'Orléans et le Groupe spéléologique orléanais (Application <https://sigescen.brgm.fr/?page=carto>).

- lieu d'incorporation du traceur : gouffre de l'île Charlemagne,
- traçage positif,
- traçage négatif.

- Source des Capucins, derrière le duit Saint Charles, sur la commune de Saint-Jean-le-Blanc : **traçage positif**. L'eau aurait parcouru 2 380 m en 15 heures et 5 minutes soit à une vitesse de 157,79 m/h.
- Source du Bouillon sur la commune d'Orléans : traçage négatif.
- Puits Theuriet sur la commune d'Orléans : traçage négatif.
- Source des Béchets sur la commune d'Olivet : traçage négatif.
- Source de la Pie sur la commune de Saint-Hilaire-Saint-Mesmin : traçage négatif.
- Source de Bellevue sur la commune de La-Chapelle-Saint-Mesmin : traçage négatif.



Fig. 35. Résultats de traçages au niveau du gouffre de l'île Charlemagne du 08 mars 1998²⁸, à la fluorescéine par P-H Mondain, P. Muet, N. Jozja, P. Boismoreau et J. Munerot.

- Source des Capucins, derrière le Duit Saint Charles, sur la commune de Saint-Jean-le-Blanc : **traçage positif**. L'eau aurait parcouru 2 380 m en 22 heures et 14 minutes soit à une vitesse de 107,05 m/h.
- Source de Bellevue sur la commune de La-Chapelle-Saint-Mesmin : traçage négatif. **traçage positif**. L'eau aurait parcouru 7 725 m en 50 heures et 31 minutes soit à une vitesse de 148,96 m/h.

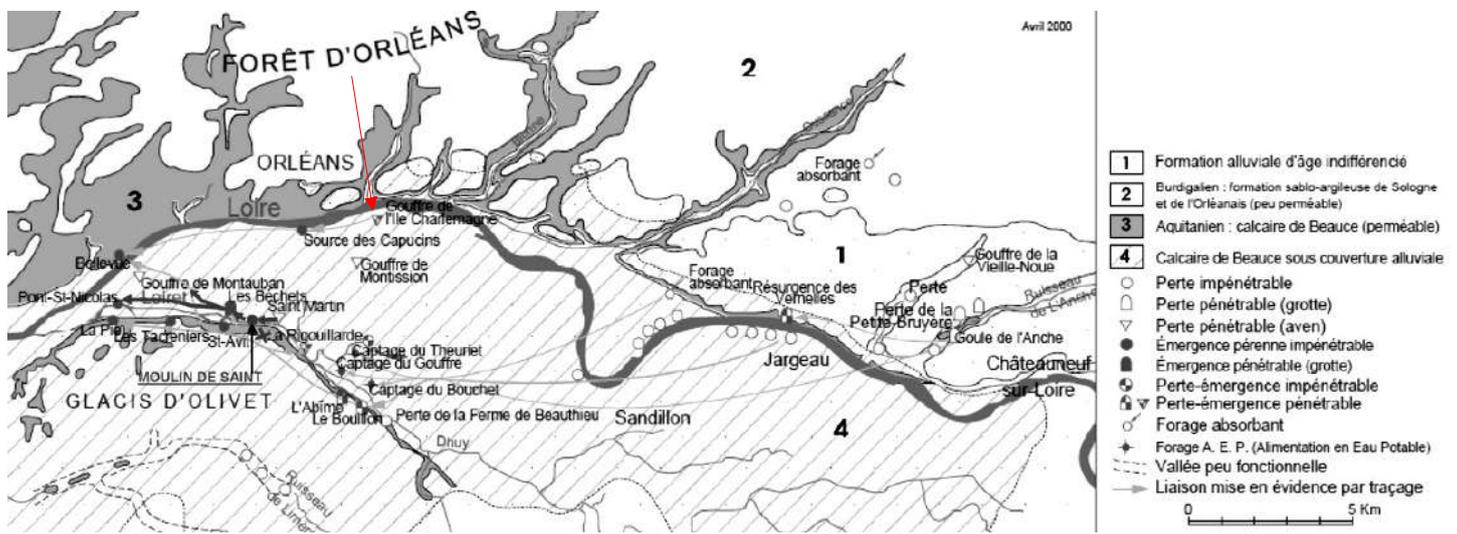
Bilan : par rapport au fonctionnement hydrique d'émergence, l'origine du flux de la rivière circulant sous l'île Charlemagne n'est pas connue et ne semble pas connectée au réseau Jargeau – Loiret situé plus au sud. Les scientifiques pensent qu'elle pourrait être située plus au nord du bassin versant du ruisseau de l'Anche (Jozja, Maget et al. 2010). En revanche, en tant que perte hydrique, le flux circule de l'île en allant vers l'ouest pour réémerger dans le lit mineur de la Loire sur les communes de Saint-Jean-le-Blanc et de La-Chapelle-Saint-Mesmin.

Fig. 36. Carte des circulations karstiques du Val d'Orléans (d'après Nevila Jozja, Philippe Maget et al., 2010). Le gouffre de l'île Charlemagne est indiqué comme « pénétrable » et fonctionnant en « perte-émergence » (triangle bicolore inversé sur la carte ciblé par la flèche rouge). Selon les flèches des liaisons mises en évidence par traçage, deux grands systèmes de flux caractériseraient l'hydrologie du val : un système Jargeau – Loiret au sud et un système Charlemagne – Loire, plus au nord, dont l'origine demeure inconnue pour le moment.

²⁶ Consulter par exemple les résultats des traçage réalisés par le laboratoire d'hydrogéologie de l'université d'Orléans aux liens <https://fichetracages.brgm.fr/fichetracage?idtracage=1874>, 2150 et 2153 (modifier le nombre en fin de lien pour changer de fiche traçage)

²⁷ <https://fichetracages.brgm.fr/fichetracage?idtracage=1911>

²⁸ <https://fichetracages.brgm.fr/fichetracage?idtracage=1919>



Une dynamique géomorphologique visible à l'échelle historique

Au XV^e siècle

Nous proposons maintenant de changer d'angle de vue en analysant comment la morphologie de l'île a évolué au fil du temps sur une échelle historique afin de mettre en évidence la dynamique du phénomène sédimentaire. Le plus ancien document que nous avons pu recueillir donnant des informations sur la géomorphologie de l'île est une carte dessinée au 19^{ème} siècle sur les îles de Loire supposées présentes au 15^{ème} siècle d'après des documents contemporains de l'expédition de Jeanne d'Arc en 1429 (fig. 37 ci-dessous).

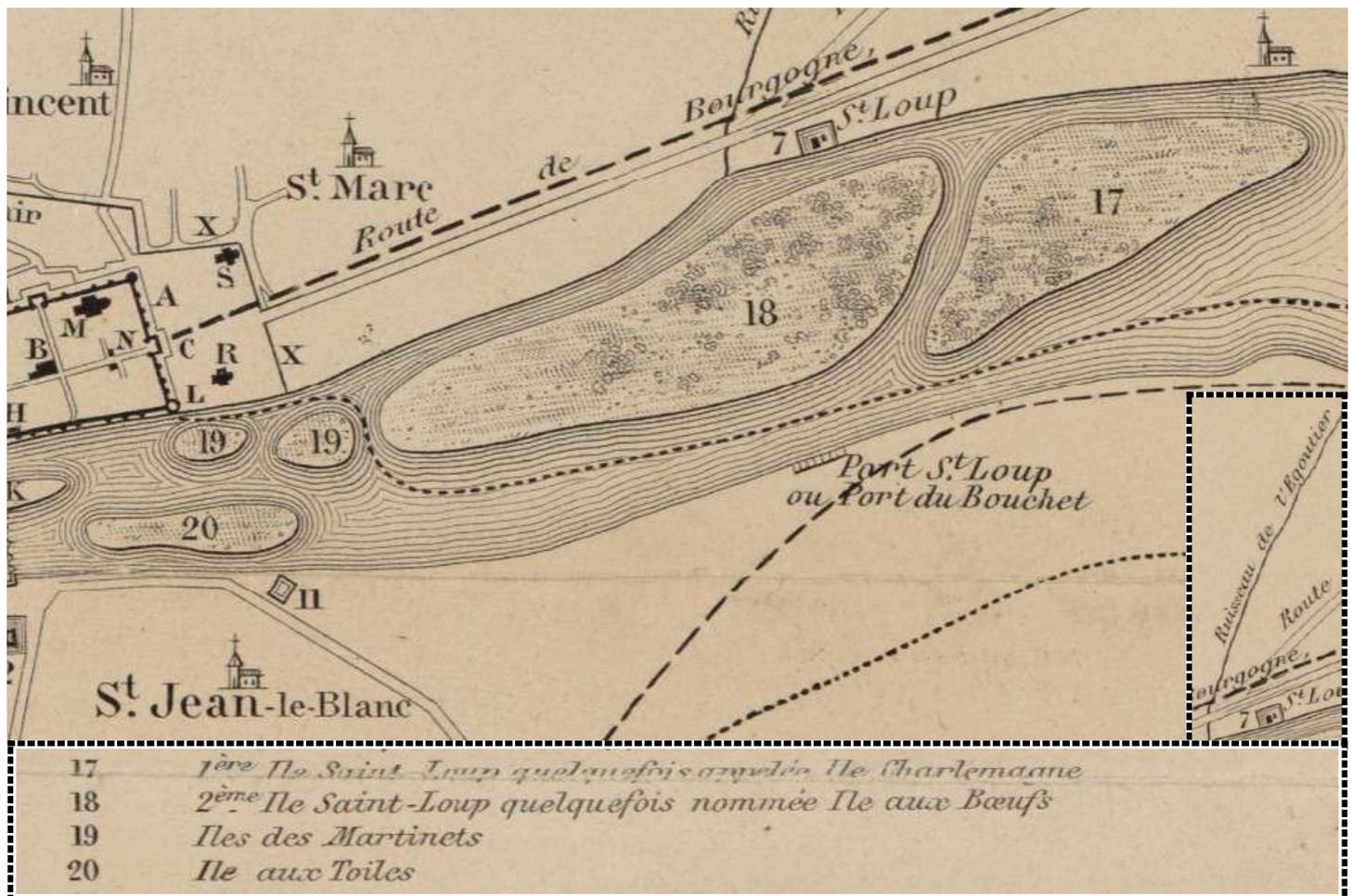


Fig. 37. Extrait de la carte « Orléans, la Loire et ses îles » du profil de la Loire au 15^{ème} siècle²⁹. Une partie de la légende de la carte est placée en bas. L'encart à droite représente la continuité du ruisseau situé au centre-haut de la carte (On voit le « R » de la légende « Ruisseau de l'Égotier » tronquée).

²⁹ Consultable sur Gallica, Bibliothèque nationale de France au lien <https://catalogue.bnf.fr/ark:/12148/cb40729801t>

Dans cet extrait, on aperçoit plusieurs îles à l'emplacement de l'île Charlemagne et positionnées exactement au même endroit, c'est-à-dire en face du quartier Saint-Loup. Un détail de précision nous est donné par la confluence d'un cours d'eau représentée par un trait oblique en haut de l'extrait et dans l'encart en bas à droite de la figure 37 appelé « *Ruisseau de l'Égoutier* » et qui circule aujourd'hui dans des buses souterraines. On aperçoit qu'à la place d'une île existaient deux îles qui s'appelaient à l'époque « *îles saint-Loup* » ou bien « *île aux Bœufs* » (n°18) et « *île Charlemagne* » (n°17). D'autres petites îles étaient également présentes à l'ouest comme « *l'île aux Toiles* » en face de Saint-Jean-le-Blanc. Un extrait d'un livre du 19^{ème} siècle³⁰ relate le changement dans la physionomie du lit mineur :

« La grande île aux Bœufs ou de Saint-Loup a été jointe à celle de Charlemagne, et toutes les deux n'ont plus formé qu'une vaste étendue de terre qui a été cultivée et, s'il en est disparu une partie, cette disparition tient sans doute à l'effet produit par le courant rapide et souvent, torrentiel des eaux du fleuve, surtout depuis la construction méthodique et sans interruption des levées » (p. 350).

Bien que ce texte n'ait pas été écrit dans l'objectif de décrire le phénomène sédimentaire et qu'il ne constitue pas en soi un document scientifique, on a tout lieu de penser que cette observation se base sur des faits réels d'une modification des îles de Loire au fil du temps avec des phénomènes d'ensablement et de remise en eau, déplacement des sédiments. On retrouve ici le diptyque érosion / sédimentation associé à la circulation du fleuve. Le texte parle d'un usage agricole de cette île dont les contours se modifient au gré de l'énergie du fleuve accentuée par la construction des levées.

Un autre exemple d'utilisation par l'Homme des îles nous est donné par l'extrait suivant :

« D'ailleurs cette construction a donné lieu à de considérables emprunts aux sables de la Loire, et elle a dû faire disparaître un assez grand nombre de ces grandes ou petites accrues qui s'étaient formées dans son lit, au temps où le cours de la Loire, non endiguée, pouvait en sortir. C'est ce qui est arrivé pour l'île aux Toiles dont il vient d'être parlé, et pour la petite île de la Barre- Flambart ou Flambert. L'une a été employée à former la levée de la rive gauche, en face le quartier de Saint-Jean-le-Blanc, l'autre employée aux travaux de la turcie Saint-Laurent » (p. 350)³¹

Il apparaît effectivement plausible que l'Homme se soit également emparé de ces îles ou de ces « *accrues* » comme les désigne l'auteur du texte, pour ses matériaux disponibles et utiles à la construction dont celle des levées de protection.

Autre élément notable sur la carte de la figure 37, les deux « *îles saint-Loup* » n°17 et 18 qui ont fusionné pour donner l'île Charlemagne sont clairement positionnées au nord dans le lit mineur et non au sud comme c'est le cas actuellement. Ce constat est cohérent avec le livre de Bimbenet qui atteste de cette configuration paradoxale :

« la grande île Charlemagne (...) tenait une telle place dans le lit du fleuve que, de la rive droite à l'île elle-même, un homme jeune et lesté pouvait d'un bond se trouver du rivage dans cette île » (p. 350).

Dans cet extrait, il est étonnant que le caractère étroit soit associé au chenal nord ligérien. Cette configuration est évidemment l'inverse de la configuration actuelle.

Bilan : au 15^{ème} siècle, la configuration du lit mineur était différente parce que les îles sont modelées au gré de l'énergie du fleuve. Utilisées comme espaces agricoles, elles peuvent aussi être détruites par l'extraction des matériaux pour la construction. Il est possible que l'érection des levées (et des duits, attestés depuis le 16^{ème} siècle, note 2 p. 1) ait impacté le cours naturel de la sédimentation en Loire en modifiant l'énergie du fleuve.

Au XVIII^e et XIX^e siècle

- Faisons un bond de trois siècles en avant maintenant pour nous retrouver au 19^{ème} siècle : Charles Pensée, peintre et illustrateur connu notamment pour ses œuvres dédiées aux paysages et à l'architecture de la cité johannique, immortalise une perspective générale de la ville³², datée de 1845 et 1846. Dans cette représentation panoramique d'Orléans et du Val de Loire, l'île Charlemagne apparaît centrale dans le fleuve, détachée de la rive sud et coupant le flux de Loire en deux chenaux qui paraissent d'égale importance quand on observe la partie orientale de l'île sur l'œuvre de la figure 38 ci-après.

³⁰ Histoire de la ville d'Orléans Volume 4 par Jean Eugène Bimbenet, 1888 ; disponible au lien https://www.google.fr/books/edition/Histoire_de_la_ville_d_Orleans/O2vSAAAAMAAJ?hl=fr&gbpv=0

³¹ *Idem* note 25

³² Charles Pensée, *Perspective générale de la ville d'Orléans*, 1845 et 1846, n° INV A. 4053, Hôtel Cabu – Musée d'histoire et d'archéologie de l'Orléanais, Orléans ; une photographie du tableau complet est visible au lien <https://galeries.limedia.fr/ark:/18128/d8lczmjsq581890w/>

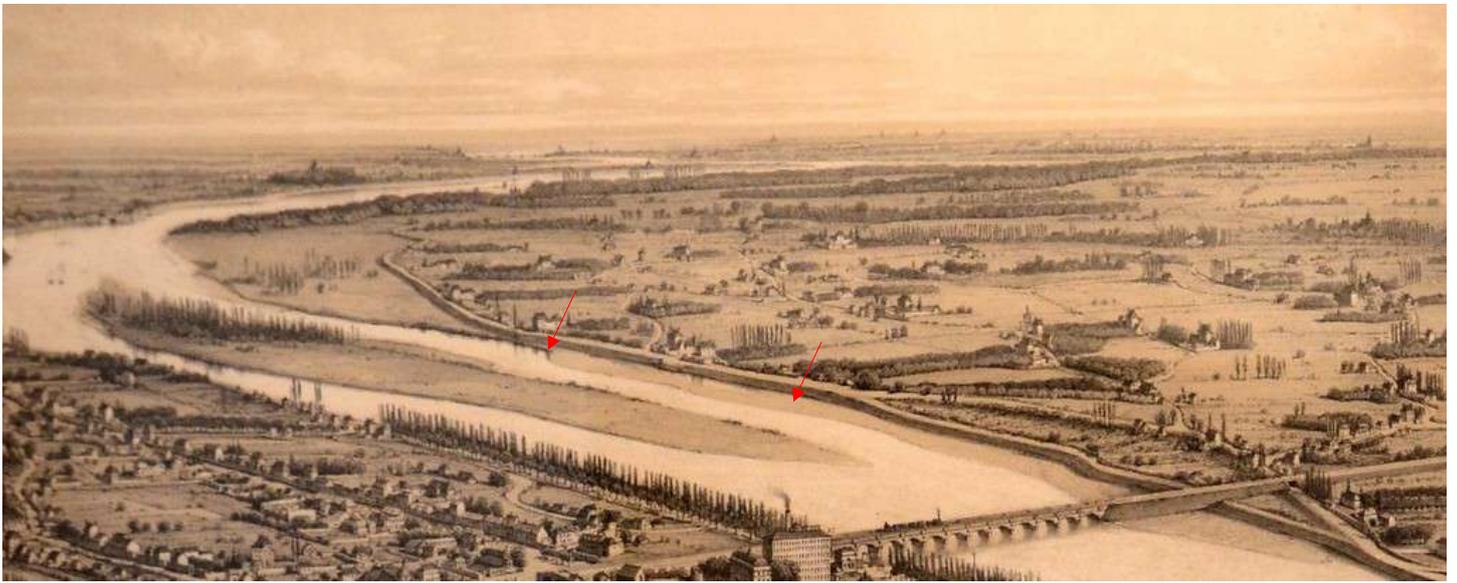


Fig. 38. Extrait d'une lithographie de Charles Pensée d'une perspective générale de la ville d'Orléans, 1845 et 1846

Autre élément notable, si l'on prend comme repère la route de la levée de la chevauchée qui se prolonge en rue de la levée avec un changement d'orientation vers le sud-est - en comparant avec la photographie panoramique actuelle de la figure 1 en page 1 - on voit que la Loire arrivait, au sud de l'île Charlemagne, juste en contrebas de la levée avec la rue éponyme circulant dessus (flèches rouges). Actuellement cet endroit accueille la « plaine des vents » et le parking de l'île (voir fig. 5). Le cours de la Loire arrivait donc, à cette longitude selon cette peinture, plus au sud qu'actuellement de 500 mètres si l'on mesure la distance entre le bord sud de la Loire actuellement et le contrebas de la levée.

Cette œuvre d'inspiration romantique de Charles Pensée visant selon toute vraisemblance une recherche esthétique n'est cependant pas une preuve scientifique d'une modification de la morphologie de l'île et du cours de la Loire, nous décidons d'étudier des cartes anciennes du territoire ayant fait autorité au niveau cartographique et/ou construites sur la base d'une échelle de longueur.

- La carte de Cassini dont la feuille d'Orléans aurait été réalisée en 1757³³ représente également bien une île centrale dans la Loire. Cette île ne porte pas l'appellation de « Charlemagne » puisqu'elle est appelée « île aux bœufs » et cette expression était déjà employée au 15ème siècle pour désigner l'île Saint Loup la plus occidentale (fig. 37). Sur la carte de Cassini, l'île représentée est située exactement à la longitude de l'île Charlemagne actuellement. Pour s'en convaincre on peut utiliser le repère de la confluence du ruisseau de l'Égoutier dont on a parlé précédemment (fig. 37). Force est de constater que cette carte du territoire est cohérente avec l'œuvre de Charles Pensée sur l'aspect îlien affirmé.



Fig. 39. Extrait de la carte de Cassini d'Orléans de 1757 →

- Sur la carte d'état-major du milieu du 19ème siècle³⁴, des dunes de sable semblent être représentées par un pictogramme en pointillé marquant un ensablement du lit mineur à cet endroit. Pas de canal parallèle à la Loire puisque celui-ci a été construit plus tard entre 1908 et 1921³⁵. Pas de duit de Saint-Jean-de-Braye³⁶ non plus mais le duit d'Orléans³⁷ est bien présent avec un autre duit passant sous le pont de Vierzon plus au sud. On peut noter que la pointe occidentale de l'île apparaît centrale par rapport au pont de Vierzon.

³³ Carte générale de la France établie sous la direction de César-François Cassini de Thury ; visible sur Gallica, notice du catalogue au lien <https://catalogue.bnf.fr/ark:/12148/cb408604993>. Sa date d'édition serait de 1757 d'après https://www.cdip.com/cassini/cassini_carte_liste.html

³⁴ Les cartes d'état major de cette série ont été éditées de 1820 à 1866. Comme sur la feuille d'Orléans, le pont de Vierzon est présent, étant donné que sa construction remonte de 1843 à 1847 pour la première version de ce pont, on peut en déduire que la carte d'état major d'Orléans date de 1847 à 1866 soit le milieu du 19ème siècle.

³⁵ D'après une page d'information historique du site des Archives d'Orléans au lien <https://archives.orleans-metropole.fr/histoires-dorleans/articles/la-loire-et-le-canal-dorleans/le-comblement-du-canal-dorleans>

³⁶ Pour connaître l'emplacement des duits actuels en fonction de leur nom, consulter la fig. 44 p. 27

³⁷ *Idem.*



Fig. 40. Extrait de la carte d'état-major du milieu du 19ème siècle (Accès via Géoportail)

- Dans une carte de 1867 (fig. 41), la pointe de l'île n'est plus centrale par rapport au pont à l'ouest et pour cause une nouvelle levée a été érigée côté sud Loire à l'est du pont en avant de l'île de Corse (flèche rouge). On constate qu'un réseau de duits entoure l'île afin d'aménager un chenal tout au nord pour la navigation. A noter l'apparition d'un duit à l'extrémité orientale de l'île à l'entrée du chenal sud (flèche violette) qui circule toujours en contre-bas de la rue de la levée (flèche jaune)



Fig. 41. Extrait d'une carte des environs d'Orléans de 1867³⁸.

- Une autre carte plus récente éditée en 1895³⁹ nous donne un aperçu similaire (fig. 42 ci-dessous). A l'extrémité orientale du chenal sud, une structure clairement représentée bloque (un duit également ?) le passage de l'eau excepté sur un mince espace proche de la rive sud. A noter l'apparition d'une petite île juste derrière cette digue orientale du chenal sud et légendée « Ile » sur la carte.

³⁸ Environs d'Orléans, 1867. Éd. Regnier et Dourdet; visible sur Gallica, notice du catalogue au lien <http://catalogue.bnf.fr/ark:/12148/cb40706386h>

³⁹ Carte des environs d'Orléans, 1895. Ed. Michau ; visible sur Gallica, notice du catalogue au lien <https://catalogue.bnf.fr/ark:/12148/cb407063886>



Fig. 42. Extrait d'une carte des environs d'Orléans de 1895. Encart en bas à droite : extrait de la légende représentant une digue.

- La figure 43 suivante est un montage superposant la carte d'état-major du milieu du 19ème siècle de la fig. 40 avec la couche des photographies aériennes de 2020. En ne prenant en compte que les grosses différences géographiques aux égards à une carte établie au milieu du 19ème siècle, il apparaît que le lieu-dit de la plaine des vents et le parking de l'île Charlemagne sont positionnés dans le lit mineur de la Loire du 19ème siècle, puisque venant à fleur de la levée de la chevauchée (flèche jaune). D'autre part, la construction d'une nouvelle levée au devant de l'île de Corse qui possédait déjà la levée de la chevauchée a en quelque sorte « poldérisé » un territoire du lit mineur (flèche rouge). Aussi, le chenal sud s'est ensablé au niveau occidental et oriental de l'île (2 flèches violettes).

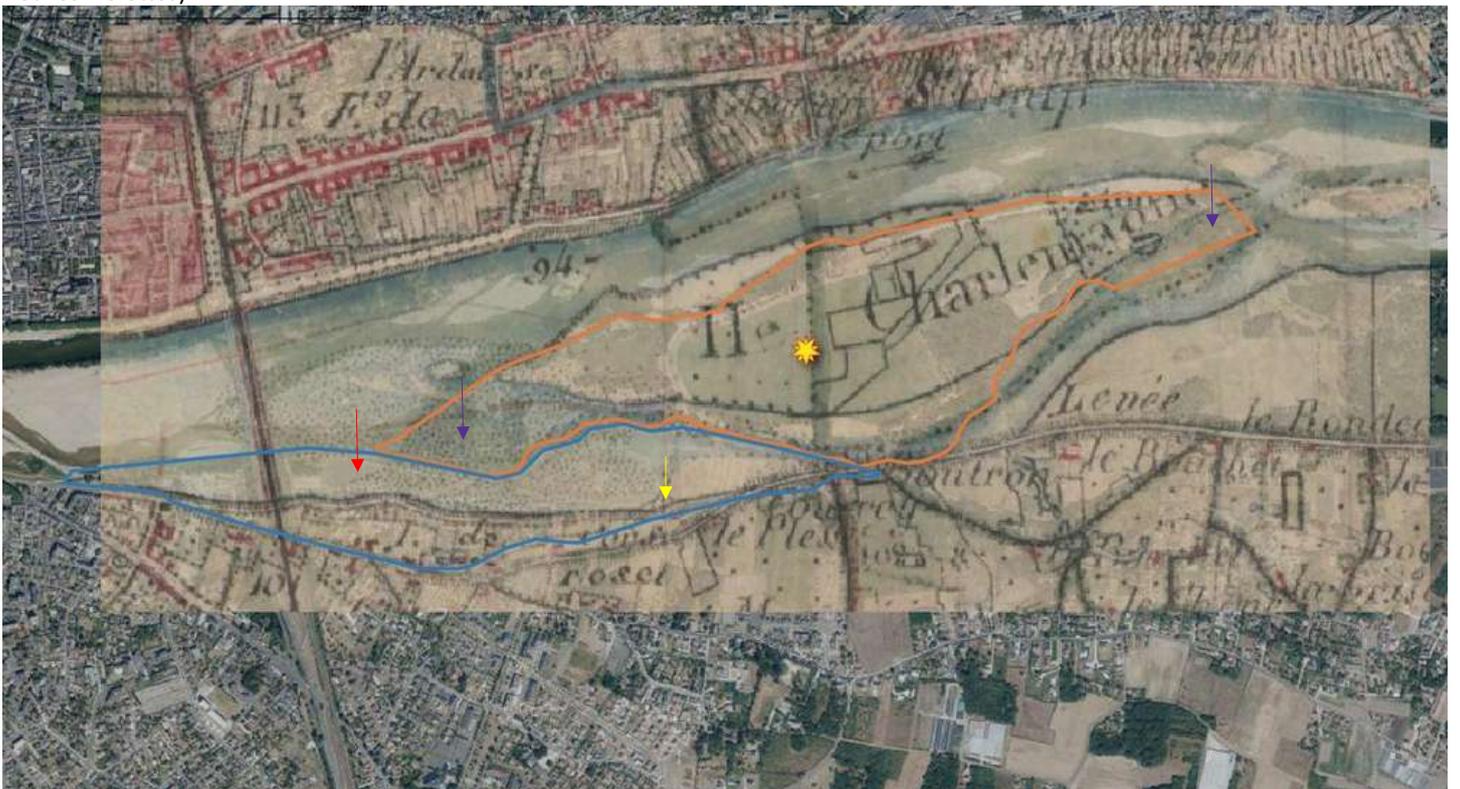


Fig. 43. Comparaison des contours géographiques du milieu 19ème avec ceux actuels. Ce montage est une superposition de trois couches cartographiques : les photographies aériennes 2020 de l'IGN en dessous, puis la carte d'état major milieu 19ème complétée au niveau supérieur par une couche délimitant l'île actuellement (en orange, l'étoile jaune situe le centre du plan d'eau principal de l'île) et les contours de la rive sud et de la rue de la chevauchée (dessiné en bleu en se basant sur la couche des photographies aérienne 2020 située en dessous).

D'un point de vue historique, l'œuvre de Charles Pensée (fig. 38) a été réalisée juste avant la première crue exceptionnelle du 19ème siècle qui a eu lieu en octobre 1846. Dans ce panorama du val, on aperçoit le pont de Vierzon tout récent dont la construction débute en 1843. Ici c'est la première version de ce pont qui fut détruit partiellement par la crue de 1846⁴⁰. L'ensemble de la levée de la chevauchée et sa continuité juxtaposent le lit mineur et il est étonnant de constater que la première version du pont ne présente pas d'arche dans sa partie méridionale mais plutôt une digue transversale sur laquelle circule le train. Devant cet obstacle à la

⁴⁰ Lire par exemple p. 3 « L'Indépendant: journal du Midi » du 27 octobre 1846, au lien <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k7355659r/f3.item> ou le compte-rendu des « Rapports et délibérations du Conseil général du Loiret » de 1947, <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k5761696m/f37.image>

circulation du fleuve il n'est pas étonnant que l'ouvrage ait lâché. Rappelons ici que ce 19^{ème} siècle a connu 2 autres crues exceptionnelles en 1856 puis en 1866. Par conséquent, on peut faire l'hypothèse que compte tenu des intérêts économiques que présentait le transport ferroviaire à l'époque en plein essor et des destructions déjà survenues, il ait été décidé de protéger ce côté-ci du lit mineur avec la construction d'une levée imposante en avant de l'île de Corse représentée sur la carte de 1867 (fig. 41).

Bilan et généralisation :

- Au cours de la deuxième moitié du 19^{ème} siècle, en quelques dizaines d'années seulement, la morphologie de l'île a sensiblement changé avec un ensablement du chenal sud. Cette île qui était plutôt centrale dans le lit mineur en présentant des extrémités « ouest » et « est » pointues a pris une morphologie arquée, convexe due à cet ensablement.
- L'ensablement est accentué par l'aménagement du réseau de digues submersibles appelés duits (fig. 44).
- Le positionnement méridional de l'île s'est encore plus accentué avec l'érection de la nouvelle levée sur la rive sud (fig. 43).



Fig. 44. Positionnement des duits et ensablement du lit mineur. Cette photographie aérienne estivale actuelle est éloquent sur la capacité d'ensablement du lit mineur à l'intérieur des duits. En augmentant le tirant d'eau dans un chenal au nord pour favoriser la navigation fluviale, l'Homme a provoqué l'ensablement du reste du lit mineur au sud. Dans ce contexte, on comprend que l'île Charlemagne elle-même endiguée au niveau oriental de son chenal sud fusse finalement déterminée à se rattacher à la rive sud. (Les trois duits sont dessinés en couleur, l'île Charlemagne est délimitée en orange et une étoile jaune positionne approximativement le centre du plan d'eau ; couche des photographies aériennes 2020 de l'IGN – logiciel QGIS)

Cette observation locale orléanaise d'un ensablement est cohérente avec l'évolution globale du lit mineur ligérien qui a été l'objet d'une extraction de granulats dans la seconde moitié du 20^{ème} siècle jusqu'au début des années 1990 provoquant l'enfoncement du lit mineur par incision d'un ou deux mètres selon les secteurs de la Loire moyenne conduisant à une déstabilisation des ponts (Gasowski, 1994). Cet enfoncement provoque aussi une exondation plus fréquente et plus longue des bancs alluviaux et chenaux secondaires. La végétation s'y développe ou s'y densifie, ralentissant le courant. Cette diminution des vitesses d'écoulement favorise le dépôt des sédiments, ce qui amplifie le processus. Dans le cas orléanais, ce sont les aménagements des duits canalisant un chenal unique qui provoque l'ensablement des zones en aval de ces duits (fig. 44) et l'incision du lit mineur au fond du chenal unique. Aujourd'hui, le fleuve change de style fluvial en passant d'un cours d'eau à chenaux multiples à une rivière à chenal unique (Figure 45). Ce processus amplifie le risque de crue (Braud, Patouillard & Bouvard, 2021)⁴¹ et des projets sont conçus pour y remédier⁴².

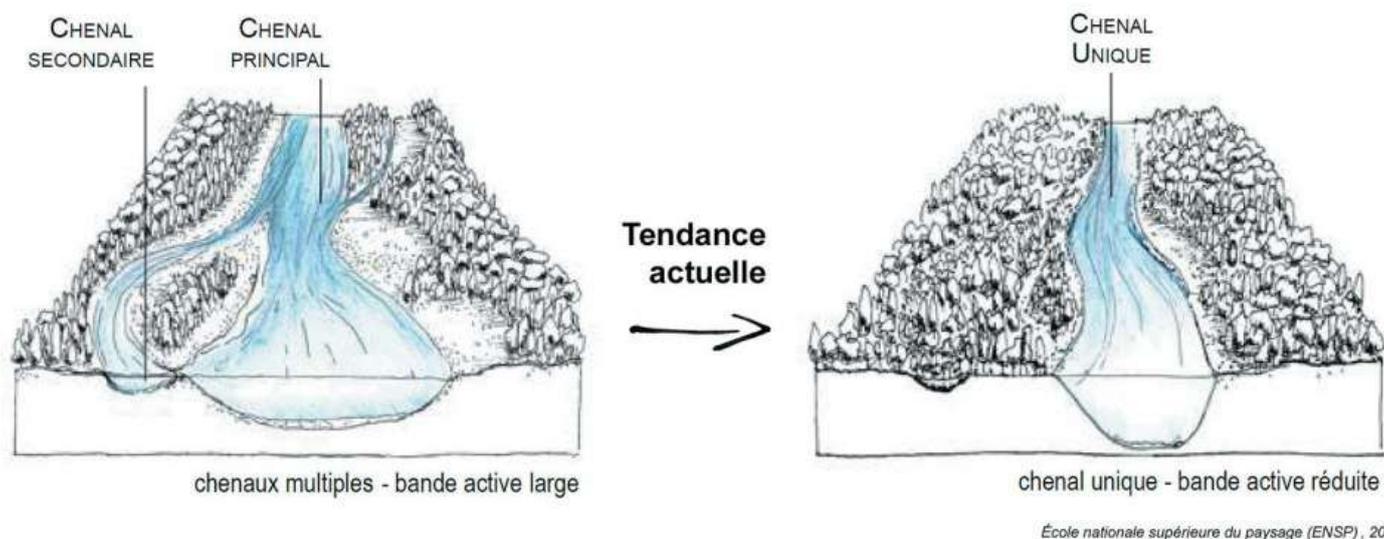


Fig. 45. Changement de style fluvial d'un cours à chenaux multiples à un chenal unique (extrait de Braud, Patouillard & Bouvard, 2021 à partir de École nationale supérieure du paysage, 2016).

La mutation engendrée à l'île Charlemagne nous apparaît donc comme un bon exemple du phénomène global d'ensablement et de végétalisation puisque cet endroit présentait à l'origine deux chenaux sur une largeur de 800 m et une végétalisation ligneuse maîtrisée avec son exploitation agricole. Depuis le début du 20^{ème} siècle, le chenal nord est prépondérant tandis qu'une large bande sud s'ensable et se végétalise.

⁴¹ Lire en complément la fiche géolithothèque APBG sur l'île Budan, au lien <http://orleanstours.apbg.free.fr/IMG/pdf/Arret1.pdf>

⁴² Lire « Restauration de l'écoulement de la Loire à Orléans », au lien https://www.centre-val-de-loire.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/festival_loire_2011.pdf

Cette étude nous a renseigné sur la perte du caractère îlien due à l'Homme de ce lieu-dit, elle ne nous dit en revanche rien sur sa métamorphose en plan d'eau et étangs couvrant une part importante de sa superficie. Nous proposons d'y remédier en abordant l'histoire récente de l'île par l'intermédiaire de photographies aériennes.

L'histoire récente de l'île

Au début du 20ème siècle, l'île n'est séparée du bord sud que par l'entremise de la rivière du Rio qui opère un cours méandrique à plusieurs chenaux par endroit (flèches bleues par exemple). Le sud de l'île est occupé par le lit de la rivière du Rio laissé à la broussaille et ennoyé uniquement à la faveur d'une crue alors que le reste de la surface est cultivé. La photographie de la figure 46 suivante a été prise en août 1944 et l'on aperçoit qu'une ferme est construite au nord-est (flèches vertes) et les parcelles sont cultivées jusqu'à la rive au nord, la ripisylve semblant réduite ou absente (par exemple aux endroits des flèches jaunes).

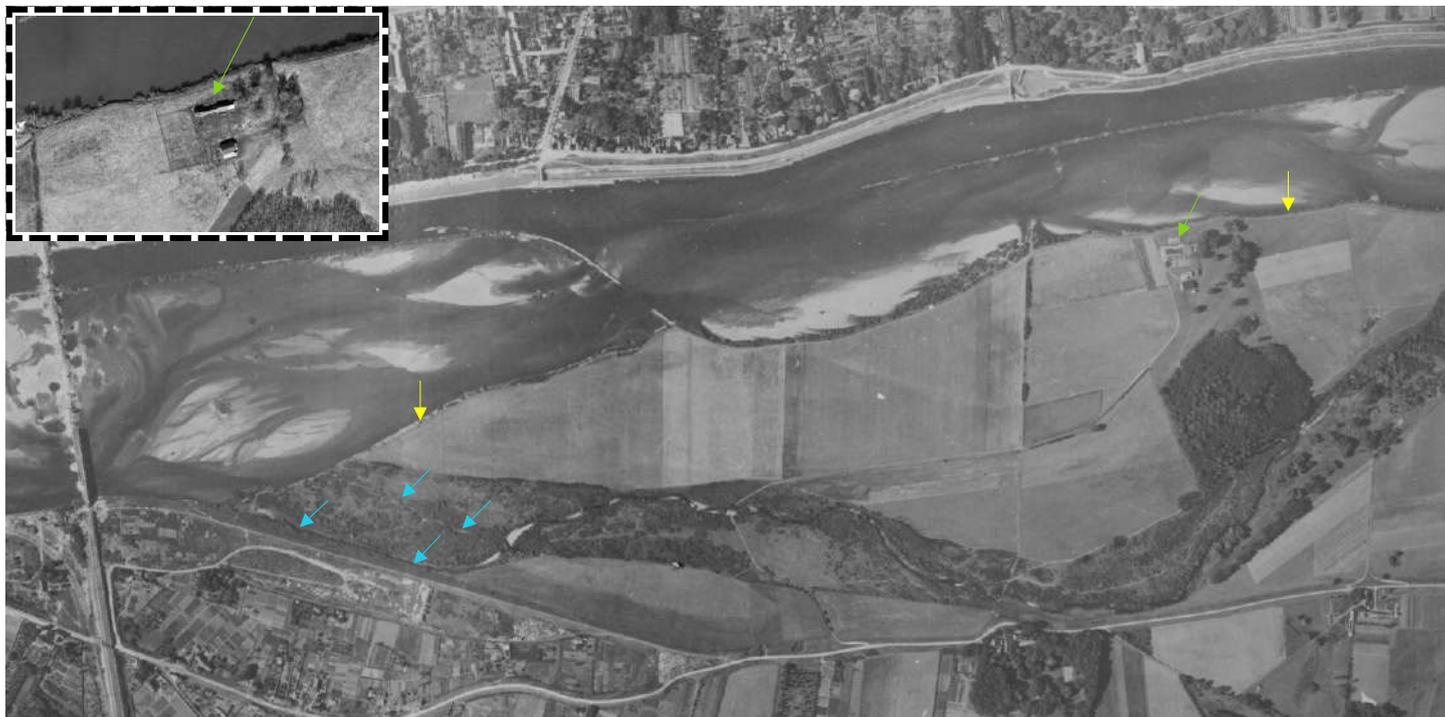


Fig. 46. Photographie aérienne de l'île Charlemagne prise le 11 août 1944. L'encart en haut à gauche dans lequel on perçoit distinctement la ferme est extrait d'une photographie aérienne de mars 1961.

(Source : Remonter le temps avec Géoportail).

Jusqu'au début des années 1960, l' « île » conserve son caractère agropastoral.



Fig. 47. Photographie aérienne de l'île Charlemagne prise le 8 juillet 1963. Les zones claires correspondent aux endroits déblayés, c'est le début de l'ère des ballastières. L'île devient une carrière à ciel ouvert où s'activent les pelleteuses afin d'en extraire la ressource de sables.

(Source : Remonter le temps avec Géoportail).

Au début des années 1960 (mais après mars 1961, fig. 46), l'île est exploitée pour ses sables. C'est le début du déblaiement des alluvions qui va se faire progressivement et par endroits. Ces creusements vont être à l'origine des étangs et de la majeure partie du plan d'eau actuel. On peut voir que les zones creusées sont rapidement ennoyées (flèches rouges fig. 47). Cela nous amène à aborder une autre problématique scientifique hydrogéologique que l'on associera à cette étude historique récente : Comment l'eau parvient-elle à combler les zones déblayées ?



Fig. 48. Photographie aérienne de l'île Charlemagne prise en 1973.

(Source : Remonter le temps avec Géoportail)

En 1973, l'exploitation de l'île continue et mise à part à proximité de la rivière du Rio et en dehors des chemins aménagés pour la circulation des engins, les deux tiers de l'île à l'ouest sont déblayés. Systématiquement les zones excavées sont ennoyées. La partie orientale est utilisée pour des activités sportives puisqu'on aperçoit des terrains de football (flèches jaunes fig. 48).



Fig. 49. Photographie aérienne de l'île Charlemagne prise le 30 mai 1978.

(Source : Remonter le temps avec Géoportail)

Puis, c'est au tour de la partie orientale d'être déblayée (flèche rouge fig. 49) et encore une fois l'eau vient inonder les creux dégagés par les engins de chantier. Au final quasiment l'ensemble de la surface a été exploitée exceptée la parcelle boisée (flèche verte fig. 49). Si l'on considère que sur les 74 ha de l'île, 70 ont été déblayés sur une hauteur d'alluvions de 7 m telle que nous avons définie précédemment, cela représente un volume considérable de 4 900 000 m³ de sables extraits. En considérant un prix de 25 euros le mètre cube de sable, cela représente un total de 122,5 millions d'euros en valeur marchande actualisée offerts par le fleuve et vraisemblablement sans contre-partie pour l'environnement.

Pasquet (1982) explique dans un rapport du BRGM titré : « *Aménagement d'un bassin de voile dans l'île Charlemagne – Étude des fluctuations saisonnières du plan d'eau* » que le niveau de l'eau dans la ballastière centrale (flèche jaune fig. 49) suit le niveau de la Loire mais que celui-ci est supérieur à celui de la Loire de 1,15 à 1,3 m selon la saison (d'après des relevés réalisés au début des années 1980). Par exemple, au débit d'étiage de la Loire, le niveau de la ballastière est de 1,3 m plus élevé et cet écart diminue avec l'augmentation du niveau de la Loire.

Dans le rapport, il est indiqué que 3 types de flux hydriques concourent à inonder la ballastière :

- un flux d'infiltration provenant de la nappe alluviale qui atténue la diminution du niveau de la ballastière en période d'étiage de la Loire ;
- un flux par l'intermédiaire du calcaire de Pithiviers karstifié. Rappelons ici que le gouffre de Charlemagne est catégorisé en tant que perte-émergence (voir partie « *Hydrogéologie* » p. 20) ;
- lorsque son niveau est suffisamment élevé, un flux par l'intermédiaire de la rivière du Rio qui est reliée au plan d'eau par le biais de buses hydrauliques.

La rivière du Rio, qui n'est plus connectée à la Loire en période de basses eaux, ne présente plus un cours continu. Mais elle possède toujours des flaques tout au long de son parcours. Ainsi, deux fonctionnements hydrauliques opèrent : en période de hautes eaux, la rivière est alimentée directement par la Loire et en période de basses eaux, l'eau provient de la nappe alluviale.

La ballastière principale possède un fonctionnement analogue. Par conséquent, pendant les crues le niveau d'eau dans la ballastière s'équilibre avec celui de la Loire avec le flux des buses hydrauliques du Rio. En période d'étiage il s'équilibre avec celui de la nappe phréatique dont le niveau est supérieur d'un peu plus de 1 mètre à celui du fleuve (Pasquet, 1982).

Selon ce principe, on comprend pourquoi chacune des sablières est ennoyée systématiquement, même sans connexion directe au Rio, par infiltration de la nappe alluviale ou via les drains éventuels du calcaire de Pithiviers sous-jacent⁴³. Ce phénomène démontre le caractère dynamique du flux hydrique de la nappe alluviale et la grande perméabilité des formations géologiques.



Fig. 50. Île Charlemagne, creusement d'un bassin de voile : vue aérienne avant travaux.

(Photographie d'octobre 1985 par M. Berger⁴⁴).

Entre 1985 et 86, le plan d'eau pour la pratique de la voile est nivelé, creusé dans d'anciennes ballastières et il est inauguré le 15 juin 1987 à l'occasion des fêtes de Loire⁴⁵.

⁴³ 6 excavations à ciel ouvert sont référencées dans la BSS sur le territoire de l'île, références BSS d'ouest en est : BSS001ADQF, -ADQK, -ADQJ, -ADQH, -ADQG, -ADQE dont 2 sous le plan d'eau de loisirs avec le gouffre réf. ADQJ déjà abordé dans la partie « *Hydrogéologie* ».

⁴⁴ Site des Archives municipales d'Orléans, au lien <https://archives.orleans-metropole.fr/offre-educative-et-culturelle/expositions-virtuelles/brouillon--orleans-tous-aux-bains->

⁴⁵ *Idem.*

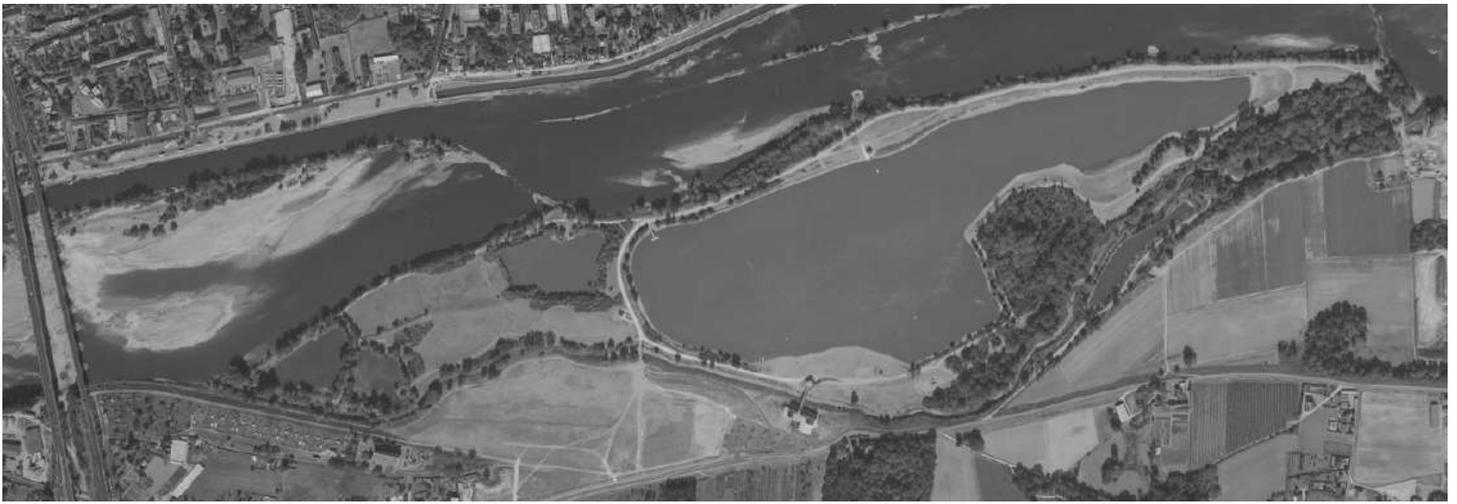


Fig. 50. Photographie aérienne de l'île Charlemagne prise le 13 septembre 1990.

(Source : Remonter le temps avec Géoportail)

Cette dernière photographie aérienne de l'île date de 1990 (fig. 50). Elle laisse à voir la physionomie actuelle du site avec son plan d'eau de loisirs de 33 ha et les autres univers écologiques similaires à ceux que nous nous avons présentés précédemment dans ce document. A cette hauteur de vue, aucune différence n'est perceptible avec la vue d'aujourd'hui (fig. 3 par exemple) et d'ailleurs d'un point de vue géologique ou sédimentaire depuis 30 ans l'histoire de l'île semble sellée en étant durablement rattachée à la rive sud.

Bilan : Dans son histoire récente, l'île, qui jusqu'au début des années 1960 présentait une activité agricole, est ensuite exploitée pour ses matériaux sableux et autres ballasts. Ainsi progressivement, mais en deux décennies seulement, quasiment toute la couche alluvionnaire est retirée. Ces déblaiements ont profondément modifié l'aspect de l'île qui s'est retrouvée systématiquement ennoyée au niveau des creux par l'infiltration de l'eau de la nappe alluviale. Dans les années 1980, il fut décidé l'aménagement d'un plan d'eau dédié à la pratique de la voile qui conféra sa physionomie actuelle à l'île.

Cette activité humaine d'extraction du sable nous amène à réfléchir au concept de nature vis-à-vis des milliers de personnes qui viennent profiter du cadre de l'île. En effet, toute la couche alluviale a été retirée, remuée, remblayée... des étangs ont été comblés, nivelés... il ne reste donc pratiquement rien du substrat originel. L'ensemble de la zone est artificialisé et ne peut, sous cet angle de vue, être qualifiée de « naturelle ».

En ce début de 21ème siècle, il n'y a plus de gros travaux de modification de l'île sur le plan de la matière minérale sableuse mais dans le domaine écologique, le végétal s'accapare des lieux artificialisés. Cette résilience fait qu'aujourd'hui le lieu offre un cadre verdoyant à une population urbaine à l'intérieur de l'agglomération et que certains tronçons font même l'objet d'un classement écologique. Cependant, l'île et ses alentours sont le lieu d'une compétition interspécifique féroce avec l'apparition d'espèces invasives que l'Homme tente d'éradiquer.

Écologie et lutte contre les espèces invasives

L'île est intégrée ou reliée à trois zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF) qui sont considérées d'un grand intérêt biologique ou écologique. Elles sont identifiées pour la qualité de leurs habitats et la présence d'espèces rares ou menacées. Ces zones identifiées sont remarquables pour deux grands critères écologiques, si bien que deux types de ZNIEFF sont définies⁴⁶ :

- Les ZNIEFF de type I comportent des espèces ou des habitats naturels remarquables et caractéristiques de la région. Elles sont généralement de superficie limitée.
- Les ZNIEFF de type II correspondent à de grands ensembles naturels riches ou peu modifiés, offrant des potentialités biologiques ou écologiques importantes. Les ZNIEFF de type II peuvent inclure des ZNIEFF de type I dans leur superficie.

Parmi les trois ZNIEFF en relation avec le secteur de l'île, on retrouve (fig. 51 ci-après) :

- la ZNIEFF de type I appelée « *Grèves de Loire à l'amont et à l'aval du pont Thinat* » (Identifiant national : 240030735)⁴⁷ qui inclus au nord-ouest la ripisylve ligérienne de l'île Charlemagne ;
- la ZNIEFF de type I « *île et grèves de Combleux* » (Identifiant national : 240009434)⁴⁸ qui juxtapose l'extrémité orientale de l'île ;
- la ZNIEFF de type II appelée « *La Loire orléanaise* » (Identifiant national : 240030651)⁴⁹ qui intègre les étangs, la grande prairie, les ripisylves et forêt bordure du Rio mais exclut le plan d'eau de loisir et ses alentours.

⁴⁶ D'après https://www.biodiversite-centrevaldeloire.fr/sites/default/files/content/ressources/pdf/2021-11/Ea2_ZNIEFF_2021_VF.pdf

⁴⁷ Fiche au lien <https://inpn.mnhn.fr/zone/znieff/240030735.pdf>

⁴⁸ Fiche au lien <https://inpn.mnhn.fr/zone/znieff/240009434.pdf>

⁴⁹ Fiche au lien <https://inpn.mnhn.fr/zone/znieff/240030651.pdf>

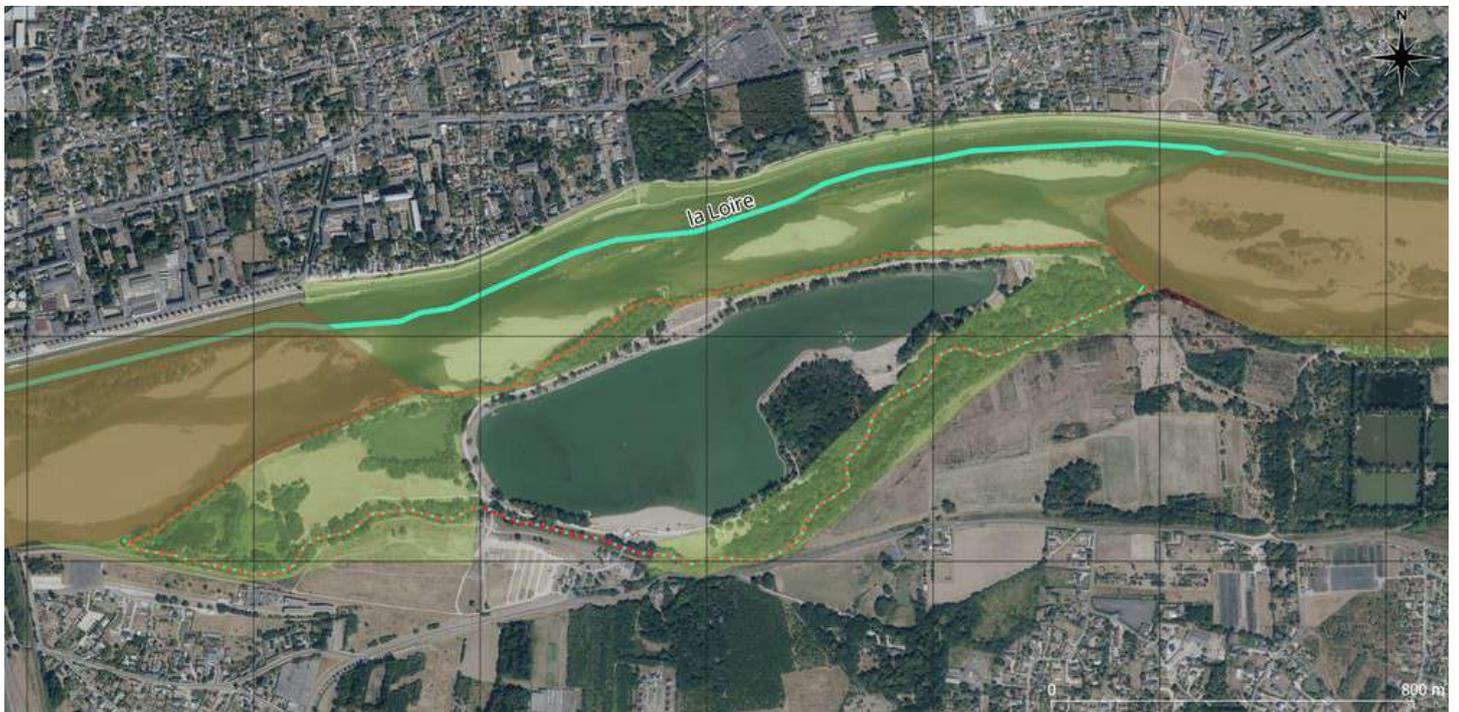


Fig. 51. Les ZNIEFF en relation avec le territoire de l'île. A l'est en orange, la ZNIEFF I « île et grèves de Combleux », à l'ouest en orange, la ZNIEFF I « Grèves de Loire à l'amont et à l'aval du pont Thinat » et en vert sur l'ensemble du lit mineur, le ZNIEFF II « La Loire orléanaise ». Ces zones se poursuivent au-delà des limites de la photographie aérienne.

(Le trait pointillé rouge délimite l'île Charlemagne, la rivière du Rio au sud en trait bleu azur discontinu, le quadrillage a des carrés de 500 m de large, échelle 1/7 000 ; Couches de l'IGN : Zone fonctionnelle de nature remarquable ZNIEFF II, Zone fonctionnelle d'habitat remarquable ZNIEFF I, photographies aériennes 2020 – logiciel QGIS)

- La zone des îles et grèves de Combleux est un ensemble d'îlots et de grèves nus ou plus ou moins végétalisés dans lesquelles sont implantés le saule blanc (*Salicion albae*) et des espèces hygrophiles pionnières des lieux inondés comme les *Nanocyperions*⁵⁰ et les *Bidentions*⁵¹ qui ont la particularité d'être adaptées à ces conditions environnementales : les graines de très petite taille sont capables de résister plusieurs années dans le sol dans l'attente de conditions favorables. Dès que celles-ci sont réunies, elles réalisent rapidement leur cycle de vie, produisant un grand nombre de graines qui, une fois mélangées à la boue, se colleront aux animaux de passage, ce qui assure leur dissémination. La *Pulicaria commune* (*Pulicaria vulgaris*⁵²) y est très présente. Le Castor (*Castor fiber*) est installé de manière pérenne et s'y reproduit chaque année. Cet espace assure une fonction de halte migratoire pour les oiseaux du fait de sa situation dans la partie la plus septentrionale du fleuve et de la présence de surfaces notables de grèves. La zone, au gré des défrichements (entretien) des grèves, redevient périodiquement site de nidification des Sternes pierregarin et naine. Parmi les Mollusques, on note la présence de *Musculium lacustre* et de plusieurs espèces de moules d'eau douce. Il faut mentionner enfin la présence de frayères à carpes (*Cyprinus carpio*) et à sandres (*Lucioperca lucioperca*).

- La zone des grèves de Loire à l'amont et à l'aval du pont Thinat se compose de bancs de sable et de graviers qui se découvrent à chaque saison et sont occupés régulièrement (mais pas systématiquement tous les ans) par une petite colonie de Sternes naines (*Sterna albifrons*), espèce fragile, caractéristique des grèves de Loire sans végétation. En fin d'été, la flore qui colonise les grèves est caractéristique de la végétation des sables exondés avec des espèces comme *Cyperus michelianus*, *Pulicaria vulgaris*, *Chenopodium glaucum*, *Chenopodium rubrum*. Grâce aux vasières qui entourent les îles, c'est un site de stationnement migratoire pour de nombreuses espèces de limicoles tels que Bécasseaux variable et minute, Bécassine des marais, Chevaliers gambette, guignette et culblanc ainsi que des passereaux tels que Pipit farlouse, Bergeronnettes printanière et des ruisseaux, Traquet motteux. Les grèves elles-mêmes servent de reposoirs à de nombreux laridés (Goéland brun, Goéland leucophaea, Mouette rieuse, mélanocéphale et pygmée, Vanneau huppé, Grand Cormoran, etc.). En hiver, les courants d'eau libre sont propices à l'alimentation de nombreux anatidés tels que Oies cendrées, Sarcelles d'hiver, Tadornes de Belon, Canards souchets ou encore Harles bièvres.

- La zone de type II de la Loire orléanaise au niveau septentrional du fleuve se caractérise par un lit mineur largement occupé par des îles et grèves sableuses. Ces milieux soumis au marnage annuel recèlent de multiples habitats plus ou moins temporaires. C'est pratiquement la seule section qui présente des méandres. On observe, sur les basses terrasses, quelques formations sablo-calcaires. Le rôle écologique principal tient dans la fonction d'étape migratoire et de territoire de chasse de nombreuses espèces inféodées à l'eau. Depuis les années 1970, on note la fermeture de nombreux espaces ouverts du lit mineur et du lit majeur (extension du Peuplier noir en particulier).

⁵⁰ Voir la description au lien https://inpn.mnhn.fr/habitat/cd_hab/16693

⁵¹ par exemple https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/85986

⁵² https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/116405

En aval de l'île Charlemagne, trois espèces végétales invasives sont visibles et implantées durablement. Il s'agit de la jussie rampante (voir fig. 52 et la fiche indicative p. 6), de la renouée du Japon (fig. 53) et de l'ailante glanduleux (fig. 54). Pour ces deux dernières espèces (voir fiches indicatives ci-après p. 33 et 35), l'Homme tente une éradication par les méthodes du bâchage pour la renouée du Japon et de l'annelage pour l'ailante glutineux :

- La méthode du bâchage (fig. 56 et 57) consiste à étendre une toile opaque à la surface du sol pour empêcher la croissance de la plante par absence de lumière et donc du métabolisme photosynthétique, peut réduire l'envergure d'une colonie, mais il faut y mettre du temps et l'éradication n'est pas garantie ;
- l'annelage (ou cerclage, fig. 55) consiste à entailler et écorcer les troncs de l'arbre (près du sol) sur 80 à 90 % de la circonférence de l'arbre pour en retirer le cambium. Il est important de laisser une petite partie de l'écorce intacte, sinon l'arbre peut réagir en drageonnant. Ainsi, il ne peut plus accumuler de réserves dans ses racines. Le peu d'énergie restant dans les racines est consommée au printemps suivant. L'annelage du tronc peut alors être complété sur toute la circonférence du tronc. L'arbre meurt et peut être abattu.

Renouée du Japon, *Reynoutria japonica* – Famille des Polygonacées

Originaire d'Asie orientale et naturalisée en Europe ainsi qu'en Amérique du Nord dans une grande diversité de milieux. La renouée est considérée comme une plante exotique envahissante du fait de la grande capacité de multiplication végétative conférée par ses rhizomes.

Ces rhizomes sont ligneux, brun foncé à l'extérieur et orange à l'intérieur. Ils peuvent croître jusqu'à une profondeur de 3 mètres et s'éloigner jusqu'à 7 mètres du plant d'origine.

Un plant de renouée du Japon est souvent formé de plusieurs tiges qui émergent d'une même masse compacte de rhizomes.

Les tiges de la renouée du Japon présentent les caractéristiques suivantes : elles sont vertes à rougeâtres et présentent parfois des taches pourpres; Elles sont lisses, creuses et ressemblent à du bambou.

Les feuilles sont ovales à triangulaires. Leur extrémité est pointue et leur base est tronquée. Elles ne sont pas dentelées. Elles mesurent de 7 à 15 centimètres de long par 5 à 12 centimètres de large. Elles sont placées en alternance sur les tiges.

Bien que la renouée du Japon puisse produire des graines viables, elle se propage essentiellement de façon végétative. De petits fragments de rhizomes ou encore de tiges peuvent produire de nouveaux plants.



Source de l'illustration : Renouée du Japon -
Curtis's botanical magazine, 1880 ;
<https://ps.zoethical.org/t/a-practical-guide-to-making-an-energy-drink-from-japanese-knotweed/6973>



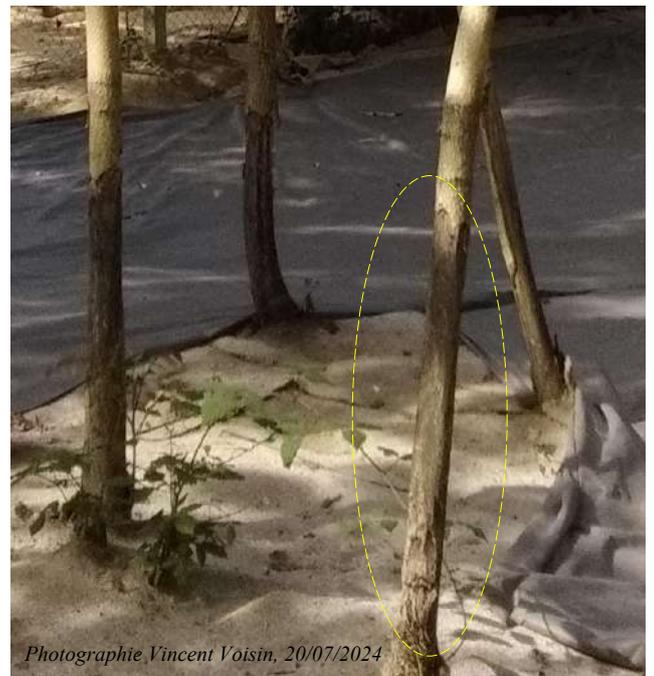
Fig. 52. Étang sauvage de la partie occidentale recouvert par la jussie rampante.



Fig. 53. Renouée du Japon dans la « Grande prairie » de l'île.



← Fig. 54. Ailantes glanduleux avec les tronc cerclés au milieu d'une zone bâchée.



↑ Fig. 55. Détail du retrait de l'écorce des ailantes par annelage



Fig. 56. Bâche disposée sur la levée de la chevauchée à Saint-Jean-le-Blanc



Fig. 57. Dispositif décimétrique de bâches sur un talus de la rive sud de la Loire

Ailante glanduleux, *Ailantus altissima* – Famille des Simaroubacées

Originaire de la Chine où on l'utilisait comme plante hôte pour le ver à soie, l'ailante glanduleux a été introduit en Europe vers le 18^e siècle. D'abord considéré comme un sujet magnifique pour les jardins, il a aujourd'hui le statut d'espèce invasive à éradiquer. C'est un arbre à feuilles caduques et opposées, longues de 40 à 60 cm, dont les folioles généralement impaires (feuille imparipennée) atteignent 10 cm de long, lancéolées, acuminées, entières, avec, à la base sur la face inférieure, des petites glandes rondes proéminentes et sécrétant une huile à l'odeur désagréable. La plante est dioïque avec des fleurs vertes blanchâtres, très petites (5 mm de diamètre), à 5 pétales, en racèmes de 10 à 20 cm de long. Le fruit est une samare ailée torsadée, longues de 4 cm, larges de 0,5 à 1 cm portant une graine à la moitié du fruit. Les fleurs produisent également une forte odeur qui attirent de nombreux insectes qui les pollinisent. Le vent permet également la pollinisation.

Source de l'illustration: planche de P. J. Redouté dans le *Traité des arbres et arbustes que l'on cultive en France en pleine terre*, par H. L. Duhamel du Monceau, 2^{de} édition augmentée par Brisseau de Mirbel, 1800-1805 - Site de l'herbier de la bibliothèque nationale de France <https://gallica.bnf.fr/>



Ce sont des arbres à croissance extrêmement rapide, de l'ordre de 1,50 m par an et qui peuvent atteindre une quinzaine de mètres en 25 ans. Ils se reproduisent abondamment par drageonnement et par dissémination de graines qui se ressement donc en quantité, ce qui est une caractéristique des plantes exotiques envahissantes pouvant devenir invasives. Ils produisent également une substance chimique allélopathique, l'ailanthone, qui gêne la croissance d'autres espèces de plantes poussant à proximité.

Conclusion

Pour conclure, tout au long du développement de cette fiche, nous avons étudié l'histoire humaine de l'île Charlemagne qui fût d'abord exploitée de manière agricole grâce à la ressource de son sol que l'Homme retira ensuite entièrement avec l'ensemble du sable sous-jacent dans une activité industrielle. Elle est maintenant utilisée pour le cadre « naturel » non urbanisé qu'elle peut conférer à des activités de loisirs.

Son histoire est également reliée à la navigation fluviale que l'Homme favorisa avec la construction du réseau de digues submersibles appelées duits. Ainsi le processus de disparition du caractère îlien est la conséquence de ces aménagements du lit mineur de la Loire. La circulation en continu du fluide aqueux opère un processus d'hydrolyse des roches situées en amont, de transport de particules, qui lentement mais continuellement, se déposent à la faveur d'un ralentissement de la vitesse du courant. L'ensablement constaté est la conséquence *sine qua none* de la volonté d'influer sur le phénomène naturel de circulation du fleuve.

Ainsi l'exemple traité dans cette fiche peut être relié au concept de l'anthropocène avec les conséquences multifactorielles non souhaitées, non envisagées, engendrées par l'activité humaine qui apparaissent à différentes échelles de temps. Par exemple, en première intention la canalisation d'une Loire sur un chenal unique, favorise l'activité humaine et l'économie, mais provoque dans un second temps l'ensablement à moyen terme du reste du lit mineur et sa végétalisation ainsi que l'incision du fond du chenal unique. Ces conséquences provoquent à leur tour une déstabilisation des ponts au niveau du chenal sollicité et un accroissement de l'aléa d'une crue exceptionnelle ayant des conséquences défavorables pour l'Homme.

Cette phénoménologie sédimentaire nous paraît être un bon exemple pédagogique parce qu'elle contraste aisément avec l'idée qu'on se fait des objets géologiques par sa vélocité de transformation et la préoccupation locale qui peut en dépendre. Alors qu'il faut des millions d'années pour ériger une chaîne de montagnes, l'exemple orléanais laisse à voir une rapidité dans le processus géologique dont les effets deviennent « visibles » dans le paysage à une échelle de temps humaine. Alors que des objets géologiques peuvent, dans des représentations naïves ou impensées, sembler statiques, immuables et inaltérables, on comprend aisément que lentement la sédimentation fait son œuvre et modifie le paysage ligérien. Par extension, c'est la compréhension de la capacité de l'Homme à impacter l'environnement qui peut être perçue, non par un changement brutal et soudain mais par la continuité du phénomène sédimentaire. Cela peut constituer un changement de représentation que de considérer notre environnement comme pouvant être sujet à modification sans l'avoir prévu à l'avance en conséquence d'un aménagement d'origine humaine agissant insidieusement sur le phénomène naturel dont il est question. Si l'on évoque également le développement des espèces invasives dans les milieux artificialisés, on établit le lien entre l'activité humaine, la géologie et la biologie puisque l'artificialisation des milieux de vie peut conduire à une perturbation écologique aux conséquences possiblement multiples et difficilement évaluables à l'avance.

Pour finir, l'Homme aurait-il été capable d'aménager un espace de loisirs interdit d'urbanisme dédié à la biodiversité aussi vaste au cœur de l'agglomération si le territoire n'avait pas été exploité et artificialisé auparavant ? Si l'on considère que l'urbanisation du reste du Val de Loire ne cesse de prendre de l'ampleur et qu'aucun autre espace d'une taille équivalente au parc de Loire n'est destiné à des fins de préservation de la biodiversité, il semblerait que l'initiative politique se réalise sur la base d'un désintéret d'activités économiques plus lucratives. Cette initiative orléanaise est évidemment louable mais au prix financier d'un territoire inondable correspondant à d'anciennes sablières. Dans un objectif différent d'approvisionnement en denrées agricoles de proximité pour l'agglomération par exemple, serait-il possible de favoriser, maintenir et sanctuariser un territoire vivrier d'une surface équivalente et à haut potentiel d'urbanisme dans l'agglomération orléanaise ?

Vincent Voisin
vincent.voisin@ac-orleans-tours.fr
Pour l'académie d'Orléans – Tours
Août 2024

Préambule des programmes de lycée

Mise en œuvre du programme

Les études et prélèvements sur le terrain favorisent les apprentissages : les élèves mettent en œuvre des stratégies d'observation, d'échantillonnage, de recueil de données, qu'ils peuvent ensuite traiter avec des outils d'analyse.

Activités expérimentales et sorties favorisent l'éducation à la sécurité et aux risques par le respect des règles de sécurité indispensables.

Le numérique et les SVT

Les SVT ... « doivent aussi développer de nouvelles compétences numériques chez les élèves : l'usage des bases de données scientifiques, de systèmes d'informations géoscientifiques, de la modélisation numérique, de la programmation, des calculs quantitatifs, voire de la réalité virtuelle et de la réalité augmentée. Ce sont autant de possibilités offertes aux lycéens de manipuler les outils actuels des sciences du vivant et de la Terre, qui leur ouvrent de nouvelles perspectives de formation, comme la bio-informatique ou l'exploitation de données ».

Classe de seconde

La Terre, la vie et l'évolution du vivant : La science construit, à partir de méthodes de recherche et d'analyse rigoureuses fondées sur l'observation de la Terre et du monde vivant, une explication cohérente de leur état, de leur fonctionnement et de leur histoire.

Enjeux contemporains de la planète : Les élèves appréhendent les grands enjeux auxquels l'humanité sera confrontée au XXI^e siècle, ceux de l'environnement, du développement durable, de la gestion des ressources et des risques, etc. Pour cela, ils s'appuient sur les démarches scientifiques de la biologie et des géosciences.

➤ **Géosciences et dynamique des paysages**

Dans ce thème, l'étude des paysages actuels permet de comprendre les mécanismes de leur évolution, le caractère inexorable de l'érosion et l'importance des mécanismes sédimentaires. Par de **nombreuses manipulations**, les élèves abordent également, dans une première approche, l'étude pétrologique qui sera ensuite enrichie dans l'enseignement de spécialité. Enfin, ils saisissent l'intérêt des géosciences pour comprendre le monde qui nous entoure mais aussi pour identifier les ressources utilisables par l'humanité et prévenir les risques.

➤ **Activités possibles sur site et en classe :**

Décrire la **composante géologique d'un paysage local** avec ses reliefs, ses pentes et ruptures de pente, et proposer des hypothèses sur leurs origines. Relier reliefs et circulation de l'eau. **Extraire des données**, issues de l'observation d'un paysage local, de manière directe (observations, relevés, etc.) et/ou indirecte (imagerie satellitaire).

Relier la **nature de la roche à sa résistance à l'altération**. Relier l'intensité de l'altération avec l'importance du relief et les conditions climatiques.

Étudier et modéliser les mécanismes de l'érosion des paysages (altération physico-chimique, transport).

Étudier et identifier la **fraction solide et les éléments solubles** transportés par les cours d'eau. Relier la puissance d'un cours d'eau à sa capacité de transport des éléments solides.

Identifier par des **tests chimiques** des éléments solubles issus de l'altération.

Étudier, notamment en microscopie, quelques roches sédimentaires détritiques pour en déduire la nature des particules sédimentaires, leur morphologie et la nature du liant.

Identifier les produits d'érosion/sédimentation utilisés par l'humanité pour répondre à ses besoins dans les matériaux du quotidien.

Identifier des zones d'érosion (déserts, littoraux, sols, éboulements) et les risques associés, comme les moyens de prévention mis en œuvre.

Utiliser des bases de données ou des images pour quantifier l'importance des mécanismes d'érosion actuelle et éventuellement la part liée aux activités humaines.

Classe de première générale – Spécialité SVT

➤ **La dynamique interne de la Terre**

Les élèves découvrent le fonctionnement interne actuel de la Terre, une planète active. Ils apprennent comment les méthodes des géosciences permettent de construire une approche scientifique de la dynamique terrestre. C'est aussi l'occasion pour eux de s'approprier les ordres de grandeur des objets (échelles de temps, échelle de taille) et des mécanismes de la géologie, en mobilisant différents objets géologiques, de la roche au globe terrestre.

➤ **Activités possibles sur site et en classe :**

Utiliser des cartes géologiques (carte géologique mondiale) comme des données d'observation directe (faille VEMA, forages) pour identifier les compositions des croûtes océaniques et continentales.

Utiliser la carte de France au millionième pour identifier la répartition des principaux types de roches sur le territoire.

Classe de terminale générale – Spécialité SVT

Le programme de la classe terminale vise à **renforcer cette compréhension des géosciences** en développant, dans une première partie, la **dimension temporelle** des études géologiques. Il importe de comprendre comment un objet géologique, quelles que soient ses dimensions, **témoigne d'une histoire** que l'on peut reconstituer par l'application de **méthodes chronologiques**. Cette étude temporelle permet de comprendre comment a été établie **l'échelle internationale des temps géologiques** et combien l'histoire de la Terre et **l'histoire de la vie** sont indissociables. Les élèves sont invités à **s'appuyer sur des données de terrain obtenues lors d'une sortie**.

Le programme de cycle 4

Préambule:

Permettre à l'élève d'appréhender la complexité du réel en utilisant le concret, en observant, en expérimentant, en modélisant. Cette posture de scientifique est faite d'attitude (curiosité, ouverture d'esprit, esprit critique, exploitation positive des erreurs...) et de capacités (observer, expérimenter, modéliser...).

➤ **Thème : La planète Terre, l'action humaine et son environnement**

Attendu de fin de cycle : Identifier les principaux impacts de l'action humaine, bénéfiques et risques, à la surface de la planète Terre.

➤ **Activités possibles en classe et sur site :**

Les **exemples locaux ou régionaux** ainsi que les faits d'actualité sont à privilégier tout comme l'exploitation de banques de données, de mesures, d'expérimentation et de modélisation.

Toutes les **notions liées aux aléas et aux risques** peuvent être abordées à partir des phénomènes liés à la **géodynamique externe** puis réinvesties dans le domaine de la **géodynamique interne** ou inversement (ex. : aléas météorologiques ou climatiques, séismes, éruptions volcaniques, pollutions et autres risques technologiques...).

Les activités proposées permettront à l'élève de prendre conscience des **enjeux sociétaux** et de **l'impact des politiques publiques** et des comportements individuels.

Quelques exemples permettent aux élèves d'identifier, en utilisant notamment les biotechnologies, des **solutions de préservation ou de restauration** de l'environnement compatibles avec des modes de vie qui cherchent à mieux respecter les équilibres naturels.

Cette thématique est l'occasion de faire prendre conscience à l'élève des **conséquences de certains comportements et modes de vie** (exemples : pollution des eaux, raréfaction des ressources en eau dans certaines régions, combustion des ressources fossiles et réchauffement climatique, érosion des sols, déforestation, disparitions d'espèces animales et végétales, etc.).

➤ **Thème : Le vivant et son évolution**

Attendu de fin de cycle : Expliquer l'organisation du monde vivant, sa structure et son dynamisme à différentes échelles d'espace et de temps.

➤ **Activités possibles sur site :** On privilégie des observations de terrain pour recueillir des données, les organiser et les traiter à un niveau simple, ainsi que la mise en œuvre de démarches expérimentales. Utilisation des outils de détermination et de classification.

Le terrain au cycle 3 : sciences et technologie

➤ **Thème : La Terre, une planète peuplée par des êtres vivants / La Terre, une planète singulière et active**

Attendus de fin de cycle : Construire une argumentation scientifique pour expliquer le réchauffement climatique actuel

➤ **Activités possibles en classe :**

A partir de données (évolution de la température moyenne depuis la période préindustrielle, fonte de glaciers, etc.) ; relier le réchauffement climatique à l'évolution de la teneur en gaz à effet de serre, conséquence des activités humaines.

Décrire quelques conséquences du réchauffement climatique récent sur le peuplement des milieux.

Citer des stratégies d'atténuation ou d'adaptation au réchauffement climatique

➤ **Thème : La Terre, une planète peuplée par des êtres vivants / Ecosystème: structure, fonctionnement et dynamique**

Attendus de fin de cycle : Décrire un écosystème et caractériser les interactions qui s’y déroulent. Mettre en évidence la place et l’interdépendance de différents êtres vivants dans un réseau trophique. Caractériser les conséquences d’une action humaine sur un écosystème.

➤ **Activités possibles sur site et en classe :**

Décrire et interpréter les composantes biologiques, géologiques et anthropiques d’un paysage local à partir d’une sortie. Comparer deux écosystèmes, à partir de données recueillies lors de sorties et/ou de recherches documentaires, pour établir un lien entre le milieu et son peuplement (écosystèmes aquatique et terrestre). Suivre les changements de peuplement au cours des saisons pour un même écosystème et les relier aux changements des paramètres physiques et biologiques (température, ensoleillement, précipitations, présence de nourriture, etc.). Décrire les effets d’une perturbation naturelle sur un écosystème (chablis, incendie, etc.) et son évolution au cours du temps.

➤ **Thème : La Terre, une planète peuplée par des êtres vivants / Ecosystème: structure, fonctionnement et dynamique**

Attendus de fin de cycle : Caractériser les conséquences d’une action humaine sur un écosystème.

➤ **Activités possibles sur site et en classe :**

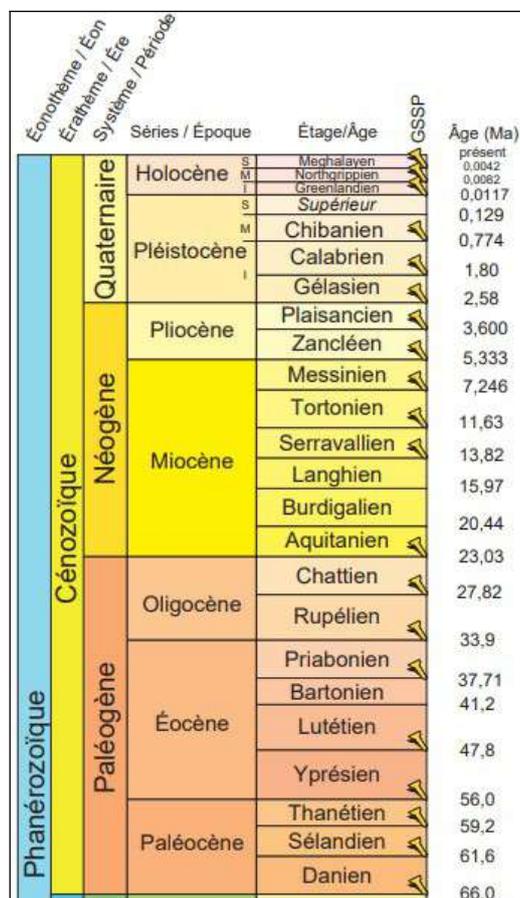
Identifier les conditions favorables à la vie et à la reproduction des êtres vivants d’un milieu pour concevoir et fabriquer en conséquence des objets techniques favorisant la biodiversité (nichoir, mangeoire, hôtel à insectes, etc.). S’impliquer dans des actions et des projets relatifs à l’éducation au développement durable sur un thème au choix (alimentation responsable, santé, biodiversité, eau, énergie, gestion et recyclage des déchets, bioinspiration). Mener des démarches permettant d’exploiter des exemples proches de l’école, à partir d’études de terrain et en lien avec l’éducation au développement durable.

Annexes

Échelle stratigraphique du Cénozoïque

Fig. 58. Ère cénozoïque de l'échelle stratigraphique internationale

(Extrait de l'échelle stratigraphique internationale version 2021/05 accessible au lien : <https://stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2021-05French.pdf>).



Pétrologie sédimentaire

Pourcentage de calcaire	Pourcentage d'argile	Nom de la roche	Comportement mécanique
0	100	Argile	Très friable
10	90	Marne argileuse	
35	65	Marne	Friable
90	10	Calcaire marneux	
100	0	Calcaire	Roche cohérente

Fig. 59. Tableau des propriétés mécaniques du calcaire et de l'argile. Les marnes sont un mélange de deux roches (calcaire et argile) dont les propriétés dépendent du pourcentage de chacune de ces deux roches (Source : manuel SVT, Ed. Nathan).

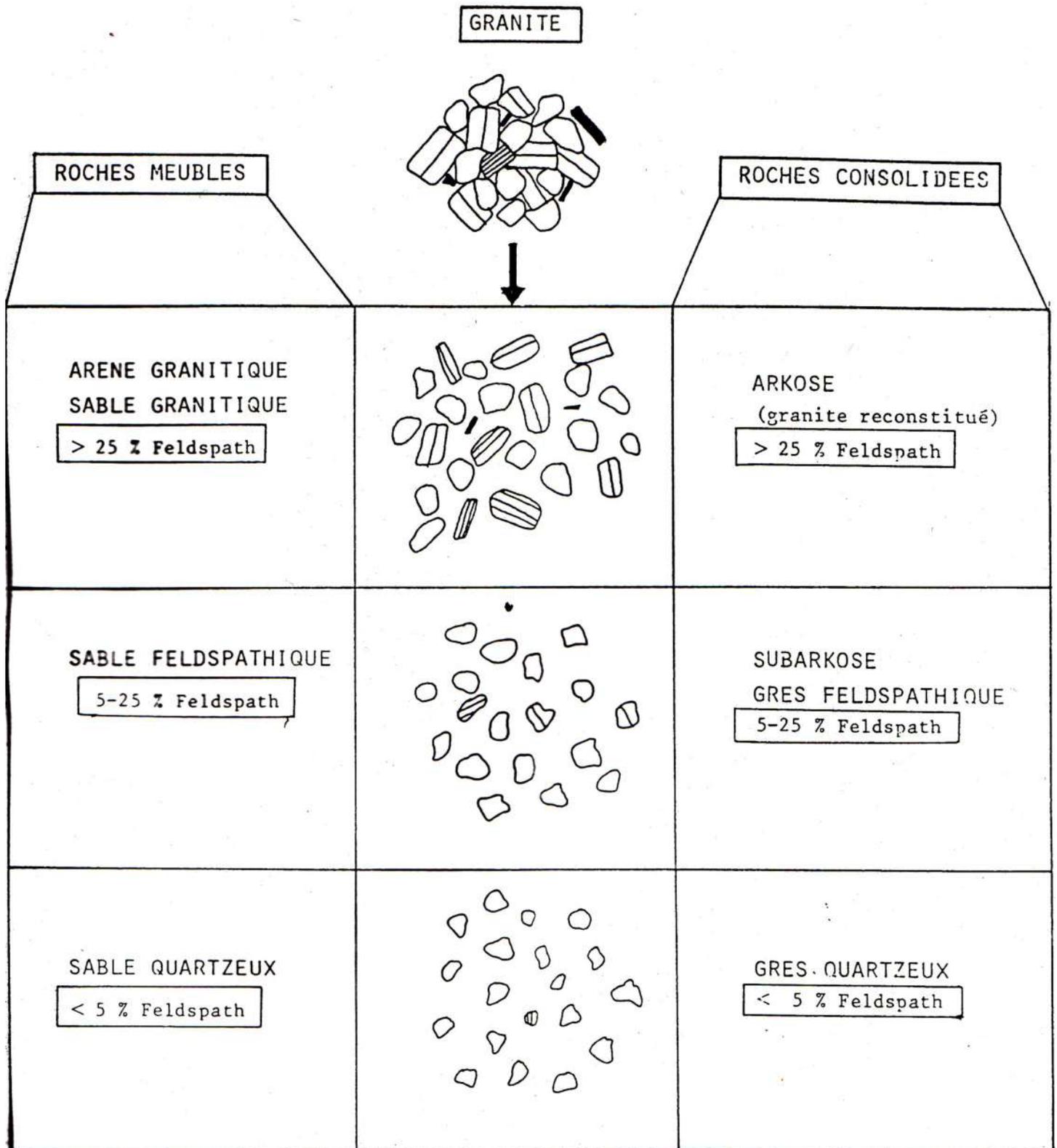
Récapitulatif de granulométrie

Diamètre du grain	Sédiments	roches
256 mm 64 mm 4 mm 2 mm	Blocs	Rudites
	Galets	
	Cailloux	
	Gravillons	
0.063 mm	Sables	Arénites
	0.004 mm	Limons
Argiles		

Fig. 60. La taille des grains sédimentaires et granulométrie (d'après la classification granulométrique de Wentworth). L'élément descriptif fondamental des roches sédimentaires et des sédiments est la taille des grains.

Fig. 61. Exemple d'évolution pétrographique par altération d'un granite (Extrait d'un fascicule sur les roches détritiques de l'Université d'Orléans datant de la fin des années 1990).

Classification des roches meubles et consolidées



Les quartz se concentrent progressivement par élimination graduelle des feldspaths

Fig. 62. Définitions de la notion de transparence et d'éclat utile à la diagnose minéralogique.

La transparence

Propriété des minéraux de laisser passer la lumière.

D'après le degré de transparence, on distingue les minéraux :

- **transparents** : on peut lire l'écriture même au travers d'une couche épaisse du minéral (exemple : topaze, diamant),
- **semi-transparents** : l'écriture lue au travers le minéral n'est pas nette (exemple : quartz rose, émeraude),
- **translucides** : le minéral est traversé par la lumière sous une forte épaisseur (exemple : quartz laiteux),
- **non transparents** : même en couche mince le minéral ne laisse pas passer la lumière mais en poudre, sous le microscope, il est translucide, en coupe mince, il est translucide et même transparent (exemple : amphibole, augite),
- **opaques** : le minéral ne laisse pas passer la lumière, même en poudre ou en lamelle mince (exemple : magnétite).

L'éclat

Propriété du minéral de réfléchir la lumière.

On distingue l'éclat :

- **métallique** : c'est le plus fort éclat, caractéristique des minéraux opaques (exemple : magnétite),
- **adamantin** : c'est le fort éclat des minéraux transparents et translucides (exemple : diamant, zircon),
- **vitreux** : éclat qui rappelle le verre (exemple : quartz, corindon),
- **gras** : rappelle l'éclat d'un papier gras (exemple : hornblende),
- **nacré** : qui a le miroitement irisé de la nacre à partir de laquelle on perçoit les couleurs de l'arc en ciel, typique des minéraux transparents ou semi-transparents à clivage en feuillet ou en lamelles minces (exemple : gypse)
- **soyeux** : aspect brillant doux (exemple: grenat)
- **mat** : degré d'éclat le plus faible, apparence terreuse (exemple : magnétite).

Le même minéral n'a pas toujours le même éclat. Pour la magnétite par exemple, l'éclat des surfaces cristallines est métallique alors qu'une surface granuleuse sera mate.

Fig. 63. Tableaux des formations géologiques par département proches du lit majeur de la Loire en amont de l'île Charlemagne. Hors alluvions, colluvions et autres formations fluviatiles holocènes et pléistocènes. Classées chronologiquement par département de la plus récente à la plus ancienne. Le code couleur identifie la nature de la roche en reprenant celui de la légende de la figure 27 p. 16.

Loiret

Marnes et calcaires de l'Orléanais, Burdigalien	m2MCO
Marne de Blamont, Aquitanien	m1MBI
Calcaire de Pithiviers, Aquitanien	m1CPi
Calcaire d'Etampes, Stampien supérieur	g1CEt
Marne et calcaire lacustre de Lion-en-Sulias, Eocène supérieur à Oligocène	e7-g1MCL
Calcaires de de Gien et de Briare, Eocène supérieur à Oligocène	e7-g1CBr
Poudingue de Nemours, Paléocène-Eocène inférieur	e4PN
Formations détritiques (argiles, sables, conglomérats) et Argiles à silex, Paléocène-Eocène inférieur	e1-4S
Complexe argilo-sableux à silex = Argiles à silex, Paléocène-Eocène inférieur	e1-4Rc
Craie blanche à silex, Sénonien	c3-5Cr
Craie blanche à silex, Santonien	c4Cr
Craie blanche à silex, Coniacien	c3Cr
Craie blanche à silex, Turonien	c2Cr
Craie blanche à silex, Cénomanién	c1CrM

Cher

Calcaires, argiles, marnes lacustres du Berry. Marnes blanches à vertes et calcaires localement silicifiés (aspect de meulière) et décalcifiés. Marnes, calcaires et meulières lacustres du Nivernais (Priabonien à Stampien)	e7-g1c
Calcaires silicifiés de la Butte des Varennes et faciès silicifiés des calcaires lacustres du Boulleret (Priabonien-Stampien)	e7-g1a
Calcaire lacustre du Boulleret et de Gien. Calcaires, marnes et argiles (Eocène supérieur, Priabonien, Ludien moyen)	e7a
Argiles rubéfiées à minerai de fer pisolithique, dites "sidérolithiques" (Bartonien-Priabonien)	e6-7Fe
Conglomérat siliceux (Perron) de Sancerre et de l'Orme-au-Loup. Grès conglomératique	ePS
Formation caillouteuse à silex roulés ou non, dans matrice sablo-argileuse. Silicification locale (Poudingues siliceux à silex). Formation siliceuse et argileuse résiduelle du Crétacé et de l'Eocène. Cône de déjection.	eP
Argile à silex issue du Crétacé supérieur, parfois recouvert de sables à silex (Tertiaire inférieur)	e/cS
Argiles blanches à silex, silex libre ou aggloméré (Turonien à Sénonien indifférencié)	c2-c3-6
Craie, argile, marne, silicoïde, spongolites Cénomanién moyen)	c1aA
Sables de Vierzon : sables glauconieux, fins, jaunes à verts et passées d'argiles calcaires noires (Cénomanién inférieur à moyen)	c1ab
Craie marneuse de la Puisaye. Marnes, marnes crayeuses, craie, gaize (Cénomanién indifférencié)	c1
Gaize : marnes noires et argiles à spicules d'éponges et passées sableuses, glauconieuses ; gaize argilo-sableuse gris blanchâtre (Cénomanién inférieur)	C1a
Blocs de grès abondants dans les Sables de La Puisaye, et galets de quartz, souvent déplacés par action anthropique dans les Sables blancs, jaunes ou rouges, consolidés en grès, et passées argileuses (Albien terminal)	n6-1
Argiles sableuses rouges et sables moyens jaunes à passées de grès indurés, quartzifiés, dans les Sables verts de la Puisaye (Albien terminal)	n6c
Marnes et argiles gris noir, silteuses, rubanées d'argile rouge, sable argileux. Argiles de Myennes (Albien inférieur à moyen)	n6b
Sables fins, argileux, jaune rougeâtre, blancs ocre clair, parfois grésifiés. Sables verts (Albien inférieur à moyen).	n6a
Sables blancs, jaunes ou rouges, consolidés en grès, et passées argileuses. Albien sableux indifférencié	n6
Argiles bariolées, sables, grès silicifiés, grès argileux ferruginisés, argiles à minerai de fer (Barrémien)	n4
Formation grésocalcaire à oolites ferrugineuses (Hauterivién)	n3
Calcaires du Barrois et de Saint-Martin-d'Auxigny. Calcaires fins (Portlandien, Tithonien inférieur).	j7a
Marnes de Saint-Doulchard, marnes et lumachelles à Exogyra virgula (Kimméridgién inférieur à moyen)	j6b-c
Calcaires de Buzançais et de la Butte d'Archelet. Calcaires à Astartes (Kimméridgién inférieur).	j6a
Intercalation marneuse dans les calcaires de l'Oxfordien supérieur-Kimméridgién inférieur : lités inférieurs, calcaires de la Guenoisterie, calcaires lités supérieurs (Oxfordien supérieur à Kimméridgién inférieur)	j5c-6a3
Calcaires lités supérieurs, calcaires de Levroux, partie supérieure (Oxfordien supérieur à Kimméridgién inférieur)	j5c-6aLev
Calcaires crayeux de Bourges et calcaires de Tonnerre, indifférenciés (Oxfordien supérieur)	j5c13
Alternances de marnes et de calcaires à la base des Calcaires lités inférieurs (Oxfordien supérieur)	j5c10
Calcaires récifaux de la Vignonne dans les deux-tiers supérieurs des calcaires lités inférieurs (Oxfordien supérieur)	j5c6
Calcaires lités inférieurs du Berry ou calcaires lithographiques inférieurs ; marnes subordonnées (Oxfordien supérieur)	j5c5
Calcaires à oolites ferrugineuses, calcaires et marnes à spongiaires (Oxfordien inférieur à supérieur)	j5ac
Calcaires et marnes à Spongiaires (Oxfordien moyen et supérieur)	j5bc1
Marnes et argiles noirâtres à Ammonites pyriteuses, calcaires et marnes versicolores, calcaires argileux noduleux, glauconieux, marnes glauconieuses (Callovién supérieur à Oxfordien inférieur à moyen).	j4c-5ab
Oolites ferrugineuses à glauconie fine (Callovién supérieur à Oxfordien moyen)	j4c-5b2
Oolites ferrugineuses, argiles, calcaires argileux (Callovién-supérieur à Oxfordien moyen)	j4c-5b1
Marnes feuilletées à brachiopodes (Callovién moyen à supérieur)	j4bc2
Calcaire peu argileux (Pierre de Nevers). Callovién inférieur à supérieur.	j4bc1
Marnes sableuses et calcaires argileux à entroques, à Collyrites, calcaires bioclastiques, marno-calcaires, calcaires argileux ferrugineux, calcaires à oolites ferrugineuses (Callovién inférieur à supérieur).	j4ac
Calcaires argileux, calcaires oolitiques, ferrugineux, calcaires bioclastiques roux à entroques, calcaires spathiques	j3-4a
Marnes blanches, calcaires à digonelles, marnes à brachiopodes (Bathonien supérieur)	j3c2
Marnes et calcaires argileux jaunâtres à blanchâtres, de Guichy (Bathonien supérieur)	j3c1
Calcaires gris, fins, bioturbés, calcaires marneux ; Calcaires de Nérondes, Calcaires de Charly, Calcaires d'Apremont (Bathonien inférieur à moyen)	j3ab2
Calcaire argileux et marnes terminés par des niveaux à phollades dans l'ensemble de calcaires et marnes du Bajocien supérieur-Bathonien inférieur	j2c-3a3
Marnes et calcaires blanchâtres à bleuâtres, argileux (Bajocien supérieur et Bathonien inférieur)	j2c-3a2
Calcaires jaunâtres organo-détritiques à entroques (à la base) et oolites, riches en chailles ; calcaires argileux à oolites ferrugineuses. Calcaires de Dejointes. Calcaires à entroques d'Arbouse (Aalénién à Bajocien supérieur basal).	j1-2c
Schistes cartons, puis marnes et argiles jaunâtre, puis gris-sombre, micacées. Marnes noires à miches calcaires ; calcaires gris à gryphées (Toarcién inférieur à moyen , à Aalénién inférieur)	l4a-j1a

Nièvre

Argiles d'altération à silicites, développées au dépend des faciès du Crétacé supérieur	Rc
Argiles d'altération à silicites, développées sur les calcaires du Dogger et du Malm	Rj
Argiles limoneuses d'altération développées au dépend des formations marneuses du Lias	RI
Limons dérivés des formations du socle et du Trias	Rt
Calcaires lacustres et marnes	e5-m1C
Argiles rubéfiées, remaniées, résiduelles, à minerai de fer pisolithique, dites "sidérolithiques"	eFe
Formation caillouteuse à silex roulés ou non, dans une matrice sablo-argileuse. Silicification locale (Poudingues siliceux à silex). Formation siliceuse et argileuse résiduelle du Crétacé et de l'Eocène. Cône de déjection.	eS
craie marneuse, craie à silex, songolites	C1
Craie marneuse et glauconieuse, à Rotalipora	C1a
Sables glauconieux (Sables de la Puisaye)	n7b-C1a
Sables, sables argileux, grès ferrugineux. Sables de la Puisaye	n6b
Sables et grès ferrugineux, puis argiles de Myennes	n6a
Calcaire à polypiers et Calcaire à spatangues	n2-3
Calcaires du Barrois	j7
Marnes et calcaire à Nanogyra (Exogyra) virgula	j6c
Calcaires à astartes (Calcaires de Villiers)	j6b
Calcaire de Tonnerre	j5f-6a
Calcaires de Bazarnes	j5e
Calcaire, calcaire argileux et marnes (Calcaires lités inférieurs, calcaires de Vermenton, Marnes et calcaires argileux de Crezan-les-Fontaines, Calcaires de Cravant)	j5c-d
Complexe récifal/ Calcaires récifaux	j5cR
Calcaires et marnes à Spongiaires (Nevers)	j5b
Argiles glauconieuses, oolithes ferrugineuses	j4c-5
Calcaires marneux et marnes ; Marnes à brachiopodes, calcaire graveleux à chailles, calcaires oolitiques	j4b
Marnes et calcaires argileux à Collyrites	j4a
Marnes avec intercalations de niveaux calcaires, calcaires bioclastiques, calcaires oolitiques	j3c
Marnes à oolites ferrugineuses, marnes et calcaires, calcaires bioclastiques à brachiopodes au sommet	j3
Marnes très fossilifères à la base, marno-calcaires peu fossilifères	j3a-b
Marnes avec intercalations de calcaires/Calcaires argileux et marnes	j3b
Alternances de calcaires, marnes sombres, à niveaux à oolithes ferrugineuses	j2b-3a
Calcaires à entroques et calcaire argileux à oolites ferrugineuses, riche en ammonites	j2
Alternances de calcaires et de marnes	j2b
Calcaire bioclastique à entroques	j2a
Schistes cartons, puis marnes et argiles jaunâtre, puis gris-sombre, micacées. Marnes noires à miches calcaires ; calcaires gris à gryphées	l4
Marnes micacées et calcaires à gryphées géantes	l3b-c
Calcaires à gryphées géantes, Calcaire roux très fossilifère, à belemnites et gryphées géantes	l3c
Marnes gris-bleu à beiges à rares intercalations calcaires, calcaires argileux gris	l3
Marnes gris-foncé, Alternances de calcaires argileux et de marnes	l3a
Calcaires à gryphées, puis marno-calcaires et marnes gris-bleu à gryphées	l2
Argiles vertes, calcaires dolomitiques, calcaires sublithographiques, calcaires "pavés", bioclastiques, grès à ciment calcaire	t7-l1
Argiles rouges	tA
Alternances de grès et d'argilites lie-de-vin	tG
Calcaire dolomitique silicifié : Assise de Chitry, Silcrète anté-Hettangien, arkose silicifiée	tS
Sables et grès, dolomies, argiles bariolées à la partie supérieure	t
Sables et argiles rouges conglomératiques, grès	r2
Schistes à couches d'antracite	h5
Leucogranites à 2 micas et parfois cordiérite, de type Pierre-qui-Vire, Mesvres ou Folin	lā2
Micaschistes feldspathiques rubéfiés et altérites rouges	ñ2 (1)
Micaschistes feldspathiques, silico-alumineux : micaschistes à biotite et sillimanite, plus ou moins feldspathiques, rétomorphosés	ñ2
Gneiss migmatitiques : gneiss silico-alumineux à cordiérite, parfois sillimanite, rétomorphosés et associés à des "yeux" ou passées très leucocrates, à quartz et plagioclase	Mæ2
Conglo CaCO3 perforés glauconieux et ferrugineux + lumachelles	j6b-1
Argiles de Myennes sensu stricto	n6M

Allier

Bassins des Limagnes : Formation des Argiles et sables argileux verts	g2-(m1)L
Bassins des Limagnes, bassins d'Ebreuil, Moulins : Marnes et calcarénites, plus ou moins détritiques, localement à petits récifs et à passées de sables (calcaires de Saint-Menoux)	g2-(m1)CM(1)
Bassins des Limagnes : Marnes et argiles beiges à vertes, calcaires argileux, à Cypris	g2-(m1)MA
Formation volcano-sédimentaire du horst de Saint-Léon : Siltites, siltites à nodules calcaires, calcaires, grès, conglomérats, rhyolites	h1-2avsSL
Formation des Siltites, siltites tuffacées, siltstones, siltites à débris calcaires de Diou - Gilly-sur-Loire : Niveaux de tufs et brèches andésito-basaltiques, plus ou moins remaniés	t-brd7b-cDG
Formation des Siltites, siltites tuffacées, siltstones, siltites à débris calcaires de Diou - Gilly-sur-Loire	d7b-cDG
Formation des Calcaires de Diou : Calcaires bioclastiques, dolomies gréseuses, dolomies massives	d6-7aD
Lamprophyres, microdiorites, microdiorites quartziques, en filons	i-ïè

Saône-et-Loire

Calcaires lacustres et marnes (Lutétien - Aquitanien)	e5-m1C
Basaltes s.l. en necks et dykes (Eocène)	eā
Argiles résiduelles d'altération à chailles (Crétacé inf. ou Eocène), localement colluvionnées	n-ej
Calcaires et marnes silicifiés (Bajocien sup.-Bathonien)	j2-3±
Marnes et calcaires lumallichiques à Praeexogyra acuminata (Bajocien sup.), latéralement faisceau oolitique, localement faciès siliceux à chailles	j2b
Calcaire bioclastique à entroques (Aalénien), oolithes ferrugineuses, marnes et calcaires marno-siliceux (Aalénien-Bajocien inf.)	j1-2a
Marnes gris-noir, calcaires microcristallins à lits argileux (Toarcien - Aalénien inf.)	l4-j1a
Marnes et argiles avec passées gréso-micacées (Toarcien)	l4

Calcaires et marno-calcaires à bélemnites et gryphées géantes (Domérien sup.)	I3c
Calcaires argileux, marnes fossilifères, argiles micacées sombres (Carixien-Domérien)	I3
Quartz minéralisé en Ba, F ou Fe, en filons (Lias)	Qm
Marnes micacées (Domérien inf.)	I3b
Quartz stérile, blanc ou gris, en filons (Stéphanien - Lias)	Q
Lamprophyre, microdiorite, microtonalite en filons (Stéphanien - Autunien)	h5-r1i
Leucogranite à topaze de Chavence (Stéphanien)	h5Lā
Microgranites porphyriques en filons ou stocks (Stéphanien-Permien)	h5-rā
Leucogranites à 2 micas et parfois cordiérite ou tourmaline, de type Mesvres (Namurien-Westphalien)	h3-4Lā2
Zone à intrusions de leucogranites dans le granite de Cuzy (Namurien-Westphalien)	h3-4pā3ba(1)
Granite porphyroïde subleucocrate à biotite, fréquente muscovite et localement cordiérite ou tourmaline, de Luzy s.s. (Viséen sup.-Namurien)	h2-3pā2
Granitoïdes hypovolcaniques (Viséen sup.)	h2ā
Microtrondhémite ou microdiorite en stocks (Tournaisien-Viséen)	h1-2iāē
Microdiorite, dolérite en filons (Tournaisien-Viséen)	h1-2iē
Granite porphyroïde à biotite et rare amphibole, de Grury (Tournaisien-Viséen)	h1-2pā3b
Unité volcanique : tufs et ignimbrites rhyolitiques à dacitiques (Tournaisien-Viséen)	h1-2óá
Siltites, grès et conglomérats subordonnés (Tournaisien-Viséen)	h1-2
Sills de dolérite albitique (Famennien)	d7i
Lentille de conglomérats (Tournaisien-Viséen)	h1-2cg
Siltites, siltites tuffacées, siltstones (Famennien)	d7
Lentilles calcaires (Famennien)	d7C
Tufs andésito-basaltiques (Famennien)	d7tfá
Tuffo-lave andésito-basaltique (Famennien)	d7tfl
Tufs et brèches dacitiques à basaltiques plus ou moins remaniés (Famennien)	d7tf
Stocks de dacite porphyrique (Famennien)	d7óá
Coulée d'andésite ou de basalte (Famennien)	d7áā
faciès autobréchique (Famennien)	d7áābr
Soda-dacite porphyrique (Famennien)	d7óáN
Calcaires, dolomies (Frasnien-Famennien)	d6-7

Loire

Formations de la bordure orientale, Sables et argiles de Sainte-Foy : argiles, sables et poudingues (Oligo-Miocène indifférencié)	g-m
4ème étage "Marnes vertes": argiles parfois sableuses (Oligo-Miocène)	(g-m)4(1)
4ème étage "Marnes vertes": marnes, calcaires et dolomies (Oligo-Miocène)	(g-m)4(2)
4ème étage "Marnes vertes": argiles plastiques (Oligo-Miocène)	(g-m)4(3)
3ème étage "Sables quartzeux": sables (Oligo-Miocène)	(g-m)3(1)
3ème étage "Sables quartzeux": argiles sableuses (Oligo-Miocène)	(g-m)3(2)
2ème étage "Grès de Veauche": grès et sables (Oligo-Miocène)	(g-m)2(1)
2ème étage "Grès de Veauche": argiles sableuses (Oligo-Miocène)	(g-m)2(2)
2ème étage "Grès de Veauche": argiles plastiques (Oligo-Miocène)	(g-m)2(3)
1er étage "Sables feldspathiques": sables et argiles sableuses (Oligo-Miocène)	(g-m)1(1)
1er étage "Sables feldspathiques": marnes et calcaires (Oligo-Miocène)	(g-m)1(2)
1er étage "Sables feldspathiques": argiles plastiques (Oligo-Miocène)	(g-m)1(3)
1er étage "Sables feldspathiques": poudingues de la bordure occidentale du fossé de Montbrison (Oligo-Miocène)	(g-m)1(4)
Brèches (porcelanites) (Roches volcaniques et volcano-sédimentaires)	g-pābr
Pépérites (Roches volcaniques et volcano-sédimentaires)	g-pāpr
Basanites à analcime et nodules d'olivine (Roches volcaniques et volcano-sédimentaires)	g-pāa
Basanites à analcime et olivine (Roches volcaniques et volcano-sédimentaires)	mā1a
Roches basaltiques non différenciées (Roches volcaniques et volcano-sédimentaires)	g-mā
Calcaire, marnes, argiles et sables à nodules calcaires (Oligocène)	gM
Sables, sables argileux et argiles (Oligocène)	gS
Facès des bordures : conglomérats, sables feldspathiques et argiles (Oligocène)	gA
Calcaire marneux (Bajocien supérieur)	J2b
Calcaires à entroques (Aalénien supérieur - Bajocien inférieur)	J1b-J2a
Marnes ferrugineuses et calcaires argileux (Aalénien inférieur)	J1a
Marnes grises (Toarcien)	I4
Calcaires (Pliensbachien supérieur)	I3b
Marnes pyriteuses et calcaires à entroques (Pliensbachien)	I3a-b
Calcaires et grès (Sinémurien)	I2
Brèches, calcaires et grès infraliasiques, souvent microconglomératiques à dragées de quartz (Trias-Lias)	t-I
Dôme migmatitique du Velay (300 Ma Stéphanien) : Granite à biotite	ā1
Dôme migmatitique du Velay (300 Ma Stéphanien) : Granite à biotite hétérogène	ā1h
Granites westphaliens du Velay (305-300Ma) : Granite porphyroïde à biotite	pā1G
Dôme migmatitique du Velay (300 Ma Stéphanien) : Granite à muscovite	ā1m
Dôme migmatitique du Velay (300Ma Stéphanien). Granite à deux micas, leucocrate à mésocrate, péri-Forez. Hercynien.(310-317 Ma)	ā1bm
Dôme migmatitique du Velay (300Ma Stéphanien). Granite monzonitique de grain variable, à biotite et cordiérite : granite du Forez (Roches plutoniques et métamorphiques)	ā1bc
Dôme migmatitique du Velay (300Ma Stéphanien). Granites namuro-westphaliens : microgranites et microgranites de type Coise	iā1co
Dôme migmatitique du Velay. Leucogranite namuro-westphaliens monzonitique hétérogène à cordiérite	ā2L
Dôme migmatitique du Velay - granite leucocrate namuro-westphalien	ā2LM
Leucogranite de grain fin à deux micas, intrusif dans les granites du Forez et péri-Forez (280-300 Ma)	ā4mb
Conglomérats supérieurs, grès et schistes à faciès rouge (Stéphanien supérieur-Autunien)	h5-r1(1)
Conglomérats supérieurs, grès et schistes à faciès gris (Stéphanien supérieur-Autunien)	h5-r1(2)
Grès arkosiques, schistes micacés et couches carbonneuses (Stéphanien supérieur)	h5f
Assise de St Etienne, série du Treuil, schistes, grès et charbon (Stéphanien moyen)	h5e
Assise de St Etienne, série de la Talaudière, schistes, grès, charbon et conglomérats polygéniques (Stéphanien moyen)	h5d
Monzogranite leucocrate à gros grain et à tendance porphyroïde (Monts du forez)	ā5
Granite leucocrate à grain fin et microgranites associés (Monts du forez)	fā5

Microgranites et faciès recristallisés indifférenciés (Monts du forez)	ã5if
Microgranites et faciès recristallisés dominants (Monts du forez)	ïã5
Granite à biotite de tendance microgrenue porphyrique (Monts du mâconnais)	ã6b
Granite porphyroïde à biotite (Monts du lyonnais)	pã7b
Monzogranite magnésio-potassique à calco-potassique à biotite et amphibole de St Laurent de Chamousset, de Sarcey et de Mayet-de-Montagne (granites namuro-westphaliens)	ã7ba
Monzogranite calco-alcalin à biotite de Salt en Donzy (Monts du lyonnais)	ã7Ca
Enclaves granodioritiques dans le granite de Salt-en-Donzy (Monts du lyonnais)	ã7Cae
Granophyre de Boën-sur-Lignon et granite de Cezay (Plateau d'Urfé - Monts du forez)	ã5B
Microgranite porphyrique en nappe (Monts du forez)	piã5
Microgranite en stock de Balbigny (Monts du lyonnais)	ïã7
Granite ou alaskite rose équigranulaire de Rozier-en-Donzy rapportés au cortège des granites rouges ou au granite de Salt-en-Donzy (Monts du lyonnais)	ã7al
Granite du Moulin Barbeau à grain fin rapporté au cortège des granites rouges (Monts du forez)	fã5c
Granite alumino-potassiques intrusifs synchronématiques (Viséen inférieur - Monts du lyonnais)	ã7Al
Vaugnérite et tonalites associées dans les granites intrusifs synchronématiques (Viséen inférieur - Monts du lyonnais)	ï7
Granite schisteux syntectonique (Tournaisien-Viséen)	ãs
Série des tufs anthracifères (Unité du Tuf Picard) : lave rhyolitique de Boisseret (Viséen supérieur)	h2c(tp)óB
Série des tufs anthracifères (Unité du Tuf Picard) : tuf soudé rhyo-dacitique, ignimbrite rhyo-dacitique, brèche, tuf plus ou moins soudé à débris lithiques (Viséen supérieur)	h2c(tp)ó
Série des tufs anthracifères (Unité du Tuf Picard) : ignimbrite, équivalent effusif du granophyre de Boën (Viséen supérieur)	h2c(tp)ió
Série des tufs anthracifères (Unité de Villerest) : rhyolite de Villerest et tuf rhyo-dacitiques (Viséen supérieur)	h2c(V)ó
Série des tufs anthracifères (Unité de Villerest) : lave de Fond, lave et tuf du barrage de Villerest	h2c(V)óL
Série des tufs anthracifères (Unité de Neaux) : lave de l'Isable, lati-andésite quartzique (Viséen supérieur)	h2c(N)óá
Série des tufs anthracifères (Unité de Neaux) : "tuf porphyrique": Lave de Lourdon (Viséen supérieur)	h2c(N)p
Série des tufs anthracifères (Unité de Neaux) : tufs communs (Viséen supérieur)	h2c(N)
Série des tufs anthracifères (Unité de Neaux) : tufs communs : niveau gréseux anthracifère (Viséen supérieur)	h2c(N)g
Série des tufs anthracifères (Unité de Neaux) : tufs communs : ignimbrite rose de St Julien d'Oddes (Viséen supérieur)	h2c(N)lg
Série des tufs anthracifères (Unité de Neaux) : tufs communs : conglomérat de base et brèches associées (Viséen supérieur)	h2c(N)cg4
Série des tufs anthracifères (Unité de Neaux) : conglomérat à faciès du Pont de Presle (Viséen supérieur)	h2c(N)cg1
Série de Montagny : volcanisme trachy-andésitique (Viséen moyen)	h2b(M)óá
Série de Montagny : Calcaire parfois interstratifié et parfois à Foraminifères (série d'Oddes) (Viséen moyen)	h2b(M)'
Série de Montagny : schistes et grès (Viséen moyen)	h2b(M)l
Unité de St-Marcel-l'Éclairé : alternances de siltite, grès et conglomérat (fréquemment à galets de calcaire) (Viséen moyen)	h2b(J)
Lave andésito-dacitique généralement intrusive en filons ou stock (Viséen inférieur et moyen)	h2a-b óá
Siltite, grès, intercalations de microconglomérat, étage schisto-gréseux (Viséen inférieur et moyen indifférenciés),	h2a-b
Série de la Gresle : kérautophyre (Viséen inférieur)	h2a(G)-Ã1
Série de la Gresle : spilites et volcanites associées (Viséen inférieur)	h2a(G)-Ã2
Série de la Gresle : grès et quartzites (grauwackes?) (Viséen inférieur)	h2a(G)-g
Série de la Gresle : schistes et grès, schistes noduleux (Viséen inférieur)	h2a(G)-l
Série de l'Aix : pélites et grès (Viséen inférieur)	h2a(A)-p
Série de l'Aix : calcaire cristallin azoïque (Viséen inférieur)	h2a(A)
Série de l'Aix : laves et tufs spilitiques, basaltiques ou andésitiques (Viséen inférieur)	h2a(A)-ãá
Série volcano-sédimentaire de la Brévenne, magmatisme basique : métagabbros, métadolérites (Tournaisien - 350-360 Ma)	h1ã
Série volcano-sédimentaire de la Brévenne, roches plutoniques associées : Trondhjémite et microtrondhjémite plus ou moins métamorphosées (Tournaisien - 350-360 Ma)	h1ë
Série volcano-sédimentaire de la Brévenne, magmatisme acide : métakérautophyres ou soda-rhyolites à soda-dacites métamorphosés (Tournaisien - 350-360 Ma)	h1óá
Série volcano-sédimentaire de la Brévenne : Volcanisme basique : basalte (lave), dolérite, microgabbro, tuf basaltique, tous métamorphosés, débit en coussins (dévonien supérieur)	d6-7ã
Complexe andésitique volcano-sédimentaire (dévonien supérieur)	d6-7i
Série du Beaujolais : Unité du complexe ophiolitique : dolérite massive et en filon (Silurien possible à Dévonien probable)	di(B)
Série du Beaujolais : Unité du complexe ophiolitique : cumulats gabbroïques (Silurien possible à Dévonien probable)	i(B)
Série du Beaujolais : Unité de Saint Vérand : Trondhjémite albitique de Chindo (Silurien possible à Dévonien probable)	e1ab
Série du Beaujolais, unité de valsonne : Grauwackes	ik
Complexe métamorphique du Lyonnais - Unités supérieures des gneiss : ensemble métasédimentaire sommital ; paragneiss migmatitiques à biotite et sillimanite	æ2(L)Ms2
Unités supérieures des gneiss : complexe métamorphique du Lyonnais : amphibolites et ortholeptyniques, gneiss à amphibole ou pyroxène	æ2(L)ãí
Unités supérieures des gneiss : complexe métamorphique du Lyonnais : ensemble métasédimentaire basal ; métagrauwackes peu ou pas migmatitiques (paléosomes)	æ2(L)Mb5
Unités supérieures des gneiss : complexe métamorphique du Lyonnais : ensemble métasédimentaire basal ; métagrauwackes migmatitiques	æ2(L)Mb4
Unités supérieures des gneiss : complexe métamorphique du Lyonnais : ensemble métasédimentaire basal ; métagrés-pélites migmatitiques ("migmatites à cordiérite de St Symphorien sur Coise")	æ2(L)Mb3
Unités inférieures des gneiss : complexe métamorphique du Lyonnais ; ensemble orthogneissique : orthogneiss rubanés (isogranulaires, granulométrie fine)	æ1(L)æã2
Unités inférieures des gneiss : Dôme anatectique du Velay-Forez : Migmatites plus ou moins anatectiques aux dépens de leptynites à biotite ou de gneiss alumineux	æ(F)Ã5
Unités inférieures des gneiss : formations métamorphiques d'Affoux ; gneiss ouillé à rubané : méta-tonalité (socle anté-dévonien)	æ(A)2
Unités inférieures des gneiss : formations métamorphiques d'Affoux et Série de la Chaveronderie ; gneiss micaschisteux (socle anté-dévonien)	æ(A)3
Série du Pilat, Unités supérieures des gneiss : gneiss à deux micas	æ2(P)gn2
Série du Pilat, Unités supérieures des gneiss : micaschistes "à minéraux" type lyonnais	æ2ñ(P)ms
Série du Pilat, Unités inférieures des gneiss : micaschistes à biotite ou à deux micas	æ1ñ(P)
Série du Pilat, Unités inférieures des gneiss : anatectes sombres à cordiérite et/ou sillimanite ; faciès gneissique	æ1(P)Mcs
Série du Pilat, Série micaschisteuse de basse pression : micaschistes à deux micas, cordiérite et andalousite	ñ(P)3
Série du Pilat, Série micaschisteuse de basse pression : micaschistes à sillimanite	ñ(P)4
Leucogranite à biotite et muscovite en filon, localement en massif	fã1
Aplite et microgranite	fã2
Roches filoniennes : Microgranite porphyrique (Viséen supérieur à post Viséen)	fãP
Roches filoniennes : Micro-alaskite porphyrique (Post Viséen)	fã3

Roches filoniennes : Lamprophyre (carbonifère)	fi
Rhyolite en filon	fó
Roches filoniennes : Quartz	fQ

Haute-Loire

Produits in situ d'altération météorique - arènes granitiques anciennes	ia
Formations épicastiques pléistocènes - lahars plio-pléistocènes	BL
Formations épicastiques pléistocènes - dépôts lacustres de maar	LvM
Formations volcaniques pyroclastiques pléistocènes - brèches et tufs bréchiques basaltiques de maar, localement à nodules de péridotites	TâE(1)
Formations volcaniques laviques pléistocènes - pyroclastites basaltiques des cônes stromboliens	pyâ
Formations volcaniques pyroclastiques pléistocènes - brèches basaltiques soudées (et basaltes en filons associés)	âF
Formations volcaniques pyroclastiques pléistocènes - brèches basanitiques	Bâ1
Formations volcaniques pyroclastiques pléistocènes - brèches indifférenciées	Bv
Formations volcaniques laviques pléistocènes - néphélinites à olivine ou pyroxène	Æop
Formations volcaniques laviques pléistocènes - basaltes et basanites à olivine, localement à nodules de péridotites	â3ol
Formations volcaniques laviques pléistocènes - basaltes et basanites à olivine et pyroxène, localement à nodules de péridotites	â3Û
Formations volcaniques laviques pléistocènes - basaltes et basanites indifférenciés	â3
Formations volcaniques laviques pléistocènes - basaltes et basanites indifférenciés en necks ou filons	dâ3
Formations épicastiques: brèches à éléments volcaniques remaniés sous les coulées plio-pléistocènes	vs
Formations volcaniques pyroclastiques pliocènes - brèches et tufs bréchiques basaltiques liés au dynamisme surtseyen	TâS(1)
Formations volcaniques pyroclastiques pliocènes - brèches indifférenciées	Bv(1)
Formations volcaniques pyroclastiques pliocènes - pyroclastites basaltiques des cônes stromboliens	pyâ(1)
Formations épicastiques pliocènes - dépôts lacustres de maar	LvM(1)
Formations épicastiques pliocènes - lahars	BL(1)
Formations volcaniques laviques pliocènes - hawaiites	â2À(1)
Formations volcaniques laviques pliocènes - basaltes et basanites à olivine, localement à nodules de péridotites	â2ol
Formations volcaniques laviques pliocènes - basaltes et basanites indifférenciés	â2
Formations continentales tertiaires - sables oranges et "sables à chailles" (Miocène supérieur et Pliocène)	p
Formations continentales tertiaires - dépôts sablo-argileux, à niveaux de lignite (Miocène probable)	m
Formations volcaniques laviques néogènes - basaltes et basanites indifférenciés	â1
Formations volcaniques pyroclastiques miocènes - brèches et tufs bréchiques basaltiques liés au dynamisme surtseyen	TâS(2)
Formations volcaniques pyroclastiques miocènes - tufs hyaloclastiques et cinérites, y compris tufs jaunes des Boutiers	hâ
Formations volcaniques pyroclastiques miocènes - projections volcaniques indéterminées	Pv
Formations volcaniques pyroclastiques miocènes - brèches et tufs bréchiques basaltiques de maar, localement à nodules de péridotites	TâE(2)
Formations volcaniques pyroclastiques miocènes - pyroclastites basaltiques de cônes stromboliens	pyâ(2)
Formations volcaniques laviques miocènes - phonolites	Û1
Formations volcaniques laviques miocènes - phonolites agpaïtiques	ôÛ1a
Formations volcaniques laviques miocènes - trachytes	ô1
Formations volcaniques laviques miocènes - trachytes, trachyphonolites et phonolites indifférenciées	ôÛ1
Formations volcaniques laviques miocènes - benmorérites	ôâB1
Formations volcaniques laviques miocènes - mugéarites	âM1
Formations volcaniques laviques miocènes - benmorérites et mugéarites indifférenciées	ôâ1
Formations volcaniques laviques miocènes - hawaiites	â1À(2)
Formations volcaniques laviques miocènes - basaltes et basanites à olivine et pyroxène, localement à nodules de péridotites	â1Û
Formations volcaniques laviques miocènes - basaltes et basanites à olivine, localement à nodules de péridotites	â1ol
Formations volcaniques laviques miocènes - basaltes ankaramitiques	â1py
Formations continentales tertiaires - dépôts sablo-argileux indifférenciés (Oligocène et Miocène)	g-m
Formations continentales tertiaires - sables supérieurs, avec concrétions calcaires (Oligocène)	gS
Formations continentales tertiaires - sables argileux grossiers de la Laussone (Oligocène inférieur - Stampien inférieur)	g1
Formations continentales tertiaires - marnes et calcaires avec gypse accessoire de Ronzon: Oligocène inférieur et moyen (Oligocène inférieur - Sannoisien)	e-gM
Formations continentales tertiaires - argiles vertes à illite, à nodules calcaires (Eocène terminal - Ludien)	É
Formations continentales tertiaires - sables argileux verts à kaolinite (Eocène terminal - Ludien)	eAv
Formations continentales tertiaires - sables argileux bariolés à kaolinite (Eocène terminal - Ludien)	eA
Formations continentales tertiaires - sables inférieurs rouges localement grésifiés (Eocène supérieur probable)	eS
Formations continentales tertiaires - dépôts argilo-calcaires indifférenciés (Eocène)	eC
Formations continentales tertiaires - arkoses de Blavozy, d'Auteyrac, de Brives et de Noustoulet (Eocène moyen - Lutétien)	eK
Formations continentales tertiaires - sables de Noustoulet (Eocène moyen - Lutétien)	eSn
Filons minéralisés en Sb, F, Ba, Pb, Zn (Stéphanien-Lias)	fm
Quartz, localement minéralisé, en filons (Stéphanien-Lias)	Ê
Microgranite à faciès de rhyolite, en filons (Autunien)	r1ó
Leucogranite à deux micas et localement cordiérite, post-vellave (Autunien)	r1LâV
Leucogranite de la Rivoire, localement cisailé, post-vellave (Autunien)	r1LâR
Granite à biotite, post-vellave (Autunien)	r1âV
Lamprophyres, en filons (Stéphanien - Autunien)	h5-r1I
Formations continentales paléozoïques - Brèches de la Fouillouse : débris flow et diamicite fluvio-glaciaire, brèche de pente (Bassin Houiller de Saint-Étienne, Stéphanien supérieur)	h5e
Formations continentales paléozoïques - Dépôts de plaine d'inondation : grès fins en remplissage de chenaux et shales carbonées à plantes et nodules (Bassin Houiller de Saint-Étienne, Stéphanien supérieur)	h5t
Formations continentales paléozoïques - Dépôts fluviaux, type réseau en tresse à dominante de grès grossier arkosique (Bassin Houiller de Saint-Étienne, Stéphanien supérieur)	h5f
Pegmatite ou aplito-pegmatite en filons (Stéphanien)	h5aÉ
Dôme anatectique du Velay - Leucogranite à biotite et cordiérite, localement riche en enclaves (Stéphanien : environ 300 Ma)	h5LâcV
Dôme anatectique du Velay - Granite à biotite, et localement cordiérite (Stéphanien : environ 300 Ma)	h5âbV
Dôme anatectique du Velay - Granite hétérogène à biotite et cordiérite prismatique et/ou en cocardes (Stéphanien : environ 300 Ma)	h5hâbcV
Dôme anatectique du Velay, bordure ouest - Granite hétérogène +/- rubané à biotite, localement à muscovite ou sillimanite (Stéphanien : environ 300 Ma)	h5râ2V
Granites porphyroïdes à biotite péri- et intra-Velay (Viséen-Namurien : 315-335 Ma)	h2-3pâ3V

Diorites, diorites quartzifères et syéno-diorites à amphibole et/ou biotite (vaugnérites) intra-Velay (Viséen-Namurien)	h2-3ôèV
USG (Unité Supérieure des Gneiss) : Gneiss de Semène	USGæS
UIG (Unité Inférieure des Gneiss) : Paragneiss et micaschistes à biotite, sillimanite, et localement grenat, staurotide ou disthène	UIGæñ
UIG : Micaschistes, migmatites, enclaves surmicacées	UIGñæM
UIG : Amphibolites, en lentilles	UIGä
UIG : Paragneiss migmatitiques sombres à biotite, cordiérite et localement sillimanite (anatexie vellave)	UIGVæM
UIG : Orthogneiss oeilés à biotite et localement sillimanite ou cordiérite, migmatitiques (anatexie vellave)	UIGVøæM

Ardèche

Formations volcaniques tertiaires dites "des plateaux", d'âge miocène supérieur à pliocène, Coulées et intrusions basaltiques : basalte aphyrique	fâ2
Formations volcaniques cénozoïques indifférenciées	âi
Formations quaternaires dites "des fonds de vallées": "nepheline-basalt": première phase éruptive (plus de 35 000 ans)	Nâ(1)
Formations quaternaires dites "des fonds de vallées": "nepheline-basalt": deuxième phase éruptive (environ 12 000 ans)	Nâ(2)
Formations quaternaires dites "des fonds de vallées": basaltes scoriacés, pouzzolanes, bombes	âs
Formations quaternaires dites "des fonds de vallées": influence phréatomagmatique	âstf
Formations quaternaires dites "des fonds de vallées": projections bréchiqes hétérogènes à blocs des cônes de projection strombolien	brâ
Formations quaternaires dites "des fonds de vallées": scories basaltiques, pouzzolanes	scâ
Formations quaternaires dites "des fonds de vallées": Produits de maar, riches en enclaves de péridotites	tfâ
Formations quaternaires dites "des fonds de vallées": coulées boueuses (lahars)	lhâ
Basaltes alcalins post-villafranchiens (souvent sur pente ou dans le fond des vallées)	â2
Formations villafranchiennes dites "des pentes": basanites à olivines	olâ2
Formations villafranchiennes dites "des pentes": basanites à olivines et enclaves de péridotite	â1ol R
Formations villafranchiennes dites "des pentes": brèches d'intrusions et de remplissage	brâ1
Formations villafranchiennes dites "des pentes": projections bréchiqes hétérogènes à blocs liées aux cratères d'explosions et maars	brâ1B
Formations volcaniques tertiaires dites "des plateaux", d'âge miocène supérieur à pliocène : Phonolite alcaline à néphéline ou analcime	ûn
Formations volcaniques tertiaires dites "des plateaux", d'âge miocène supérieur à pliocène : Trachyte alcalin à analcime	mô1
Formations volcaniques tertiaires dites "des plateaux", d'âge miocène supérieur à pliocène : Trachyte alcalin à analcime, parfois à amphibole	mô1a
Formations volcaniques tertiaires dites "des plateaux", d'âge miocène supérieur à pliocène, Coulées et intrusions basaltiques : basalte alcalin porphyrique à augite et olivine	pâ2
Formations volcaniques tertiaires dites "des plateaux", d'âge miocène supérieur à pliocène : Coulées et intrusions basaltiques : basaltes à olivine	â2ol
Formations villafranchiennes dites "des pentes": Scories basaltiques	scâ1
Formations volcaniques tertiaires dites "des plateaux", d'âge miocène supérieur à pliocène : Rhyolite alcaline à riébeckite et barkévicite	ô1
Formations volcaniques tertiaires dites "des plateaux", d'âge miocène supérieur à pliocène : Pyroclastites basaltiques	vs
Dépôts sablo-argileux, parfois à niveaux ligniteux - dalle sommitale de silicite - Miocène	m6-p1
Leucogranite subalcalin à alcalin de grain moyen à fin à biotite, muscovite +/- cordiérite et andalousite (Massif granitique du Pont-de-Chervil, granite des Quatre Vios)	â1
Leucogranite calco-alcalin à biotite et à cordiérite prismatique	â1c
Granite calco-alcalin à tendance porphyroïde, à deux micas (Granite de Tanargue et de Planas)	ôâ2t
Leucogranite calco-alcalin porphyroïde de grain moyen à grossier, à biotite et muscovite et quartz globuleux (Complexe granitique de Saint-Cierge-la-Serre - Tournon)	â2p
Dôme migmatitique du Velay - Granite calco-alcalin à biotite hétérogène	Mâ3
Dôme migmatitique du Velay - Leucogranite calco-alcalin hétérogène à cordiérite	Mâ3c
Gneiss fins sombres à biotite, cordiérite et orthose - Série de basse pression du Pilat et du Vivarais occidental - Unité supérieure des gneiss	æ(P)o
Anatexites sombres à cordiérite et/ou sillimanite ; faciès gneissique - Série de basse pression du Pilat et du Vivarais occidental - Unité inférieure des gneiss - Formations métamorphiques et effets de la migmatitisation Vellave	Mc(P)
Gneiss leptynitiques et leptynites à orthose et sillimanite - Série de basse pression du Pilat et du Vivarais occidental - Unité inférieure des gneiss - Formations métamorphiques et effets de la migmatitisation Vellave	æi(P)o
Gneiss leptynitiques et leptynites à orthose et sillimanite parfois à rubans de quartz - Série de basse pression du Pilat et du Vivarais occidental - Unité inférieure des gneiss - Formations métamorphiques et effets de la migmatitisation Vellave	æi(P)q
Gneiss grossiers hétérogènes à biotite, cordiérite et orthose - Série de basse pression du Pilat et du Vivarais occidental - Unité inférieure des gneiss - Formations métamorphiques et effets de la migmatitisation Vellave	Mæ(P)c
Skarns, Quartzites à minéraux calcomagnésien - Série ardéchoise - Unité inférieure des gneiss	û(V)
Micaschistes, micaschistes massifs, gneiss et quartzites à sillimanite - Série ardéchoise - Unité inférieure des gneiss	æñ(A)s
Gneiss oeilés - Série ardéchoise - Unité inférieure des gneiss	æo(A)
Migmatites de gneiss oeilés, gneiss leptynitiques et leptynites associées - Série ardéchoise - Unité inférieure des gneiss	Mi(A)
Migmatites hétérogènes (dictyonites, crocydites) des roches de la série quartzofeldspathiques - Série ardéchoise - Unité inférieure des gneiss (Granitisation vellave)	Mhæi(A)
Nébulites et agmatites à cordiérite de roches de la série quartzofeldspathique - Série ardéchoise - Unité inférieure des gneiss (Granitisation vellave)	Næic(A)
Migmatites indifférenciées - Série ardéchoise - Unité inférieure des gneiss (Granitisation vellave)	M(A)
Nébulites à cordiérite indifférenciées - Série ardéchoise - Unité inférieure des gneiss (Granitisation vellave)	Nc(A)
Nébulites sans cordiérite indifférenciées - Série ardéchoise - Unité inférieure des gneiss (Granitisation vellave)	N(A)
Migmatites hétérogènes (dictyonites, crocydites) de gneiss - Série ardéchoise - Unité inférieure des gneiss (Granitisation vellave)	Mhæ(A)
Nébulites et agmatites à cordiérite de gneiss - Série ardéchoise - Unité inférieure des gneiss (Granitisation vellave)	Nñûc(A)
Migmatites hétérogènes (dictyonites, crocydites) de leptynites - Série ardéchoise - Unité inférieure des gneiss (Granitisation vellave)	Mhi(A)
Nébulites et agmatites à cordiérite de leptynites - Série ardéchoise - Unité inférieure des gneiss (Granitisation vellave)	Nic(A)
Migmatites hétérogènes (dictyonites, crocydites) de gneiss oeilés - Série ardéchoise - Unité inférieure des gneiss (Granitisation vellave)	Mhæo(A)
Nébulites et agmatites à cordiérite de gneiss oeilés - Série ardéchoise - Unité inférieure des gneiss (Granitisation vellave)	Næo(A)
Migmatites sans cordiérite, de gneiss oeilés - Série ardéchoise - Unité inférieure des gneiss (Granitisation vellave)	Mæo(A)
Vaugnérites et roches assimilées (diorites, diorites quartziques)	ôè
Filon de microgranite, rhyolite	iâ
Amphibolites massives ou litées avec pyroxénites accessoires	â
Mylonites	Myl

Bibliographie

Articles et rapports scientifiques

- BERGER, G., & DESPREZ, N. (1969). Notice de la carte géologique d'Orléans au 1/50000. Éditions du BRGM. [En ligne]. Consultée sur Internet le 19 août, 2024, sur <http://ficheinfoterre.brgm.fr/Notices/0363N.pdf>
- BINET, S., AUTERIVES, C., & CHARLIER, J.-B. (2013). Impact des Changements Environnementaux sur la ressource en eau – Construction d'un modèle hydrogéologique d'étiage sur le val d'Orléans. Rapport final, Institut des Sciences de Terre d'Orléans, Université d'Orléans, 47 p. [En ligne]. Consulté le 17 août, 2024, sur <https://sage-val-dhuy-loiret.fr/wp-content/uploads/2013/04/ICERE-RAPPORT-FINAL-2.pdf>
- BRAUD, S., PATOUILARD, S., & BOUVARD, G. (2021). Gestion durable de la forêt alluviale ligérienne pour limiter l'aléa de rupture de digue, *LHB: Hydrosience Journal*, 107(1). [En ligne]. Consulté le 19 août, 2024, sur <https://doi.org/10.1080/00186368.2021.1913008>
- CALLEC, Y., CHEVREMONT, P., ROGER, J., & COMBEAU, A. (2003). Carte géologique harmonisée du département de la Nièvre – Rapport Final. Éditions du BRGM. 187 p. [En ligne]. [En ligne]. Consulté le 17 août, 2024, sur <https://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-52614-FR.pdf>
- CHARLES, N., & GRAVIOU, P. (2016). *Curiosités géologiques du Loiret*. Orléans : Éditions du Bureau de recherches géologiques et minières. 90 p.
- DUD'A, R., REJL, L. (1991). *La grande encyclopédie des minéraux*. Paris : Éditions GRÜND. 520 p.
- DOURNEL, S. (2014). Géohistoire du risque d'inondation dans les villes du Val de Loire (Nevers, Orléans, Blois, Tours, Angers) : de l'analyse paysagère à la gestion territorialisée de la prévention. Rapport de recherche, Université d'Orléans - EA CEDETE 1210, 140 p. [En ligne]. Consulté le 17 août, 2024, sur <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/GIP-BE/hal-01016668>
- GASOWSKI, Z. (1994). L'enfoncement du lit de la Loire. *Revue de Géographie de Lyon*, 69(1), pp. 41–45. [En ligne]. Consulté le 19 août, 2024, sur https://www.persee.fr/doc/geoca_0035-113x_1994_num_69_1_4236
- JOZJA, N., MAGET, P., DÉFARGE, C., MAUGET, C., PIDON, A., PROD'HOMME, S., ROUSSEIL, K., MUNEROT, J., & DUFOUR, A. (2010). Apport des traçages à la connaissance du système karstique du Val d'Orléans. Historique et nouvelles avancées. *Géologues, Société Géologique de France*, (167), 70-74. [En ligne]. Consulté sur Internet le 18 août, 2024, sur https://hal-insu.archives-ouvertes.fr/file/index/docid/558114/filename/0_Val_d_OrlAns_extrait_du_167.pdf
- LE DOUSSAL, C. (2015). *Découverte géologique du Loir-et-Cher*. Blois : Comité départemental de la protection de la nature et de l'environnement. 196 p.
- LIARD, M., TISSOUX, H., & DESCHAMPS, S. (2017). Les alluvions anciennes de la Loire en orléanais (France, Loiret), une relecture à l'aune de travaux d'archéologie préventive et d'un programme de datations ESR. *Quaternaire*, vol. 28/1, 105-128. [En ligne], consulté le 17 août, 2024, sur <http://journals.openedition.org/quaternaire/7914>
- NOURY, G., PERRIN, J., & GOURDIER, S. (2018). Rôle des intempéries dans les mouvements de terrain liés aux cavités : retour sur la crise « Loiret » juin 2016. *Présenté aux Journées Nationales de Géotechnique et de Géologie de l'ingénieur, Juin 2018, Champs-sur-Marne*, France. [En ligne]. Consulté le 17 août, 2024, sur <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01799134/document>
- PASQUET, R. (1982). Aménagement d'un bassin de voile dans l'île Charlemagne – Étude des fluctuations saisonnières du plan d'eau (2ème phase). Rapport du BRGM. 20 p. [En ligne], consulté le 19 août, 2024, sur <https://infoterre.brgm.fr/rapports/82-SGN-470-CEN.pdf>

Fiches des zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique

- IE&A (ALLION Y., STEVAN F.), 240030651, LA LOIRE ORLEANAISE. - INPN, SPN-MNHN Paris, 8P. [En ligne], consulté le 17 août, 2024, sur <https://inpn.mnhn.fr/zone/znieff/240030651.pdf>
- PRATZ J.L, 240030735, GREVES DE LOIRE A L'AMONT ET A L'AVAL DU PONT THINAT. - INPN, SPN-MNHN Paris, 8P. [En ligne], consulté le 17 août, 2024, sur <https://inpn.mnhn.fr/zone/znieff/240030735.pdf>
- SENOTIER JL, 240009434, ILE ET GREVES DE COMBLEUX. - INPN, SPN-MNHN Paris, 8P. [En ligne], consulté le 17 août, 2024, sur <https://inpn.mnhn.fr/zone/znieff/240009434.pdf>

Vidéo

POINCLOU, C., & MUNEROT, J. (2005). *Les secrets de Charlemagne*. Association Spéléologique Subaquatique Loiret (SSL). 21 min 55 sec. [En ligne]. Consulté le 18 août, 2024, sur <https://sigescen.brgm.fr/Karst-du-Val-d-Orleans.html>

Cartographie

Orléans, la Loire et ses îles, lors du siège de 1429 d'après les titres et documents contemporains / par M. Boucher de Molandon ; Dessiné par Eugène Moreau, Première expédition de Jeanne d'Arc. Ravitaillement d'Orléans Boucher de Molandon, Rémi (1805-1893). Cartographe. Consulté le 10 août 2024, sur <http://ark.bnf.fr/ark:/12148/cb40729801t>

Orléans. N°8. Flle 10°, échelle: 1/86 400, établie sous la direction de César-François Cassini de Thury. Publication: 1756-1760. [En ligne], consulté le 19 août, 2024, sur <http://ark.bnf.fr/ark:/12148/cb408604993>

Environs d'Orléans. Pub. Paris : Regnier et Dourdet, 1867. [En ligne], consulté le 19 août, 2024, sur <http://ark.bnf.fr/ark:/12148/cb40706386h>

Carte des environs d'Orléans [Document cartographique] Échelle : 1/20 000, Publication : Orléans : Michau, 1895. [En ligne], consulté le 19 août, 2024, sur <http://ark.bnf.fr/ark:/12148/cb407063886>

Lithographie

Perspective générale de la ville d'Orléans et de ses environs, prise de l'ouest par Charles Pensée, Auteurs : Pensée, Charles (1799-1871), Desjardins, Joseph-Isnard-Louis (1814-1894), Graveur. 1845-1846, n° INV A. 4053, Hôtel Cabu – Musée d'histoire et d'archéologie, Orléans. [En ligne], consulté le 19 août, 2024, sur <https://galeries.limedia.fr/ark:/18128/d8lczmjsq581890w/>

Livre ancien

BIMBENET, E. (1888). *Histoire de la ville d'Orléans – Tome IV*. Orléans : Ed. Herluison. 680 p.

Sitographie des visualiseurs

- <http://www.geoportail.fr/> Le site de Géoportail
- <http://infoterre.brgm.fr/> Le visualiseur du BRGM
- <https://sigescen.brgm.fr/?page=carto> Le visualiseur de la base de données des traçages
- <https://www.georisques.gouv.fr/mes-risques/connaitre-les-risques-pres-de-chez-moi/3166/detail/45286/Saint-Jean-le-Blanc/commune/45650/> / <https://www.georisques.gouv.fr/risques/cavites-souterraines/carte#/dpt/45> Le visualiseur des cavités souterraines