



Rapport de stage

Licence Professionnelle Géomatique et Environnement

Création d'un référentiel SIG de données drainage et identification de zones drainées par analyses croisées de données thématiques et télédétection.



Clémentin SAUVION

03/09/2024

Ce rapport a été modifié pour assurer l'anonymat et éviter toute divulgation d'informations sensibles.

Résumé

Mon stage s'inscrit dans le cadre du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) Authion, porté par le Syndicat Mixte du Bassin de l'Authion et de ses Affluents (SMBAA). Ce dernier a pour objectif de pouvoir exploiter les données relatives au drainage agricole du bassin de l'Authion afin d'améliorer la compréhension du territoire, et pouvoir répondre aux cinq enjeux du SAGE Authion : gestion quantitative de la ressource, préservation des milieux aquatiques, amélioration de la qualité des eaux, prévention des inondations et renforcement de la gouvernance locale.

Cependant, les données sur le drainage agricole sont actuellement dispersées entre divers organismes publics et privés, et ne sont pas intégrées dans un système d'information géographique (SIG) unifié, limitant ainsi leur utilisation efficace.

L'objectif de ce stage a été de centraliser ces informations existantes, de les géoréférencer et de leur attribuer des caractéristiques qualitatives. De plus, j'ai exploré des indices de présence de drainage à travers l'utilisation de la télédétection et de données thématiques.

À l'issue de cette mission, les données collectées et traitées sur le drainage agricole pourront servir d'outils précieux d'aide à la décision dans le cadre de projets visant à gérer de manière optimale la qualité et la quantité des ressources en eau sur le territoire.

Drainage agricole ; télédétection ; NDVI, NDMI ; gestion de l'eau ; qualité de l'eau ; quantité de l'eau ; Système d'information géographique (SIG), concertation territoriale

I. Table des matières

I.	Table des matières	3
II.	Liste des figures	4
III.	Introduction.....	5
IV.	Structure et Territoire.....	6
V.	Le drainage : un enjeu fort pour la ressource en eau	7
	Principe du drainage	7
	Ses potentiels impacts	7
	La réglementation sur le drainage	8
VI.	Capitalisation des données de drainage.....	9
	Recueil et numérisation des données de drainage.....	9
	Archivage.....	9
	Géoréférencement.....	10
	Les limites des plans.....	12
	Concertation avec les acteurs du territoire.....	14
VII.	Analyses croisées des données SIG pour identifier les zones propices au drainage.....	16
	Données thématiques sur le territoire.....	16
	Interprétation des croisements.....	24
VIII.	Télédétection et analyse spatiale	26
	Acquisition et traitement des images satellites	26
	Corrélation des indices de télédétection avec les données SIG	28
IX.	Conclusion	29
X.	Liste des acronymes	30
XI.	Annexes	30
XII.	Glossaire.....	31

II. Liste des figures

Figure 1 Bassin versant de l'Authion et de ses Affluents	6
Figure 2 Numérisation des données cartographique.....	11
Figure 3 Estimation des décalages des étapes de numérisation	13
Figure 4 Estimation des décalages des étapes de numérisation	14
Figure 5 Estimation des décalages des étapes de numérisation	15
Figure 6 Répartition des tailles de parcelles agricoles sur le BV de l'Authion	16
Figure 7 Évolution des quantités de surfaces drainées.....	17
Figure 8 Évolution des surfaces drainées à Fontaine-Guérin (ha)	17
Figure 9 Évolution des surfaces drainées aux Ponts-de-Cé (ha)	18
Figure 10 Représentation du RGA sur le BV de l'Authion par type de culture	18
Figure 11 Représentation de la surface totale arable estimée sur le BV de l'Authion	19
Figure 12 Représentation des types de sols sur le BV de l'Authion.....	20
Figure 13 Représentation de la topographie du BV de l'Authion	21
Figure 14 Graphique sur la proportion de parcelles non/drainées par rapport à la distance des cours d'eau.....	22
Figure 15 Graphique sur la proportion de parcelles non/drainées par rapport à la distance des plans d'eau.....	22
Figure 16 Carte des pentes sur le bassin versant de l'Authion	24
Figure 17 Intersection d'indices des sols et de culture	25
Figure 18 Représentation des indices de gauche à droite : NDVI, NDMI, WISOIL via EO Browser	27
Figure 19 Logigramme de la mise en place drainage, gers.gouv.fr	30
Figure 21 Bandes spectrales pour Sentinel-2.....	30

III. Introduction

Le Syndicat Mixte du Bassin de l'Authion et de ses Affluents (SMBAA) est une collectivité territoriale située à Beaufort-en-Anjou dans le Maine-et-Loire. Porteuse du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE), le SMBAA est la structure unique s'assurant de rétablir et maintenir une continuité écologique et un équilibre quantitatif et qualitatif de la ressource en eau tout en respectant les espèces faunistique et floristique qui y ont élu domicile à une échelle cohérente : celle du bassin versant (BV) de l'Authion. Le SMBAA participe donc à la gestion équilibrée et durable de la ressource en eau, à la préservation des cours d'eau et des milieux aquatiques afin de mieux répondre aux enjeux présents sur le territoire dans le cadre de l'intérêt général.

Le bassin versant de l'Authion est caractérisé par une prédominance d'espaces agricoles, représentant les deux tiers de sa surface totale. Depuis les années 1980, l'essor des systèmes de drainage agricole a permis la mise en culture de terres hydromorphes vers des cultures à fortes valeurs ajoutées (semences, maraîchages). Cependant, la collecte et la gestion des données sur ces installations demeurent lacunaires et fragmentées.

A la lumière des enjeux sur la ressource en eau, le SMBAA souhaite se doter d'un référentiel sur le drainage agricole afin d'assurer la pérennité des données et limiter le risque de perte d'information.

Ce projet a pour vocation d'être coconstruit avec les acteurs du territoire pour, à terme, guider stratégiquement les travaux sur les environnements aquatiques en actionnant l'ensemble des leviers identifiés dans la stratégie territoriale du bassin, dans l'objectif de reconquête du bon état des masses d'eau superficielles et souterraines.

Ce stage de 17 semaines porte sur la bancarisation et la consolidation des informations relatives au drainage agricole dans le bassin versant de l'Authion.

Cette mission comprend un état des lieux des connaissances par les acteurs locaux. Elle se poursuit par la recherche d'indices de drainage à travers l'analyse de données SIG thématiques en lien avec les données environnementales disponibles et le contexte local. La mission se complète par des techniques de télédétection ainsi que des échanges avec les acteurs du territoire pour tenter de catégoriser au mieux les données.

Le terrain d'étude se concentre sur le bassin versant de l'Authion et de ses affluents, limité à la partie située dans le Maine-et-Loire. Étant donné l'étendue déjà significative de la zone de travail, inclure la surface située en Indre-et-Loire aurait rendu les échanges avec les acteurs plus difficile à mettre en place et chronophage. Toutefois, la méthodologie et les résultats obtenus pour cette partie du territoire pourront être appliqués ultérieurement au reste du bassin versant de l'Authion.

IV. Structure et Territoire

Le SMBAA se charge de la gestion d'un vaste réseau hydrographique de 1 283 km de cours d'eau et dont le bassin versant couvre 1 497 km². Il s'étend sur 55 communes réparties dans 2 départements (Maine-et-Loire et Indre-et-Loire) et 2 régions (Pays de la Loire et Centre Val-de-Loire), abritant une population de 220 000 habitants en 2020 (Figure 1). Le SMBAA assure depuis le 1^{er} janvier 2018 la compétence pour le compte de ses 6 Etablissements Publics de Coopération Intercommunale (EPCI). Ce territoire fait partie du bassin hydrographique Loire-Bretagne et est reconnu comme le plus grand territoire inondable de la Loire, identifié par le Plan de Prévention des Risques Naturels Prévisibles (PPRNP).



Figure 1 Bassin versant de l'Authion et de ses Affluents

Les enjeux du bassin ont été hiérarchisés dans le cadre de l'élaboration du SAGE en fonction de l'expertise technique du territoire, des préoccupations majeures des acteurs et des plus-values attendues. Le SAGE Authion doit répondre à plusieurs enjeux pour la gestion durable de l'eau :

ENJEU N°I : Gérer globalement la ressource pour assurer la pérennité de tous les usages de l'eau, qu'il s'agisse de l'alimentation en eau potable, de l'industrie, de l'agriculture ou de la préservation de l'environnement.

ENJEU N°II : Protéger et restaurer la morphologie des cours d'eau et des zones humides.

ENJEU N°III : Maintenir et améliorer la qualité des eaux souterraines et superficielles.

ENJEU N°IV : Prévenir et gérer les risques d'inondation dans le Val d'Authion.

ENJEU N°V : Porter, promouvoir, faire connaître le SAGE et appliquer ses dispositions.

Depuis la signature du Contrat Territorial Eau (CTEau) Authion 2020-2025, le SMBAA porte un programme d'actions ambitieux sur son territoire, avec la prise en compte de compartiments supplémentaires dans les projets de restauration des milieux aquatiques. Dans le cadre du Contrat Territorial Eau Authion 2020-2025, différents leviers opérationnels ont été identifiés afin de répondre aux enjeux du SAGE de l'Authion :

1. Levier gestion quantitative ;
2. Levier restauration hydromorphologique des cours d'eau et des milieux aquatiques ;
3. Levier réduction des pollutions ciblées ou diffuses ;
4. Levier « Trames verte et bleue » : réduction des transferts vers les milieux récepteurs ;
5. Levier de gouvernance et de communication des actions.

Pour déployer les compétences de la collectivité au service du territoire, l'équipe du SMBAA est composée de 16 agents répartis dans 4 pôles : pôle Administratif et Comptabilité, pôle Technique divisé selon la GEstion des Milieux Aquatiques (GEMA) et le Réseau Stratégique du Territoire à Risque Inondation (RSTRI) ainsi que le pôle SAGE, auquel je suis rattaché pour la durée de ma mission.

V. Le drainage : un enjeu fort pour la ressource en eau

Principe du drainage

Le drainage agricole est une technique pour la gestion de l'eau dans les sols visant à améliorer la productivité des terres cultivées en évacuant l'excès d'eau qui peut nuire aux cultures. Il aide à prévenir l'engorgement des sols, réduit les risques d'érosion et permet un meilleur enracinement des plantes. Il existe deux types principaux de drainage :

- **Drainage gravitaire** : ce type de drainage repose sur la gravité pour évacuer l'eau excédentaire des sols vers des canaux, fossés ou cours d'eau. Il utilise des systèmes de canalisations souterraines ou de tranchées ouvertes pour permettre à l'eau de s'écouler naturellement vers des points de collecte plus bas. C'est une méthode passive qui nécessite peu d'entretien une fois installée.
- **Drainage dynamique** : contrairement au drainage gravitaire, le drainage dynamique utilise des pompes pour déplacer l'eau. Cette méthode offre un contrôle plus précis des niveaux d'eau dans les sols agricoles, permettant une régulation active en fonction des besoins spécifiques des cultures et des conditions météorologiques. Elle est particulièrement utile dans les zones dans lesquelles le terrain plat ou les variations de la nappe phréatique rendent le drainage gravitaire inefficace.

Le drainage permet une plus grande période d'accès aux parcelles et améliore la fertilité du sol en éliminant l'excès d'eau, ce qui favorise une croissance plus uniforme des cultures et augmente les rendements.

Ses potentiels impacts

Le drainage agricole artificiel, tout en permettant une meilleure gestion de l'eau pour l'agriculture, peut avoir des impacts significatifs sur l'environnement et les écosystèmes locaux :

Qualité : le drainage peut entraîner le lessivage de nutriments comme les nitrates et les phosphates vers les cours d'eau, ce qui peut provoquer l'eutrophisation, une prolifération excessive d'algues et une dégradation des écosystèmes aquatiques. ([Eutrophisation : manifestations, causes, conséquences et prédictibilité, INRAE](#))

Les indicateurs de niveaux pour les risques d'inondations et la vitesse d'écoulement de crue : Le drainage peut modifier le régime hydrologique d'une région en réduisant le temps pendant lequel l'eau est stockée dans le sol et en dirigeant l'eau plus rapidement vers les cours d'eau. Ce changement peut entraîner des fluctuations plus prononcées dans les niveaux d'eau des rivières et des ruisseaux, augmentant les risques d'inondations et modifiant les régimes de crue naturels. ([Le niveau d'eau et le débit des rivières, eauxfrance.fr](#))

Les activités des écosystèmes : Le drainage agricole peut affecter les écosystèmes en entraînant la perte de zones humides, ce qui réduit les habitats pour de nombreuses espèces et modifie les régimes hydrologiques locaux. En abaissant le niveau de la nappe phréatique et en augmentant la vitesse d'écoulement de l'eau, le drainage modifie les habitats aquatiques, ce qui peut nuire à la faune aquatique et altérer les cycles biogéochimiques en perturbant les cycles du carbone et des nutriments. Le drainage permettant des surfaces plus exploitables plus conséquentes, modifie également le paysage, réduisant la biodiversité et la connectivité écologique, ce qui peut compromettre les corridors de migration et les interactions entre espèces. ([Zones humides et agriculture : effets des pratiques agricoles et pistes pour la durabilité, Ramsar](#))

La réglementation sur le drainage

Le drainage agricole en France est encadré par une série de lois et de règlements visant à protéger les ressources en eau et les écosystèmes aquatiques. La principale réglementation est la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA), adoptée en 2006, qui fixe les règles relatives à l'utilisation et à la gestion des ressources en eau. Elle impose des obligations en matière de préservation de la qualité de l'eau, de gestion des débits et de protection des zones humides.

Pour les projets de création de drainage agricole, les démarches réglementaires varient en fonction de la superficie drainée et de l'impact sur les zones humides. En effet, les projets sont soumis à des procédures allant d'une déclaration (notification aux administrations compétentes) à une autorisation (permission officielle) (Annexe Figure 19). Un projet n'est soumis à aucune procédure si :

- La superficie est inférieure à 20 ha
- Sans rejet dans un cours d'eau
- N'impactant pas une zone humide (ou impact -0,1 ha)

C'est sur ce point que le sujet du drainage devient complexe pour le SMBAA. Puisque qu'il n'y a pas de document pour de nombreux travaux et qu'aucune base de données sur le sujet n'existe, il est difficile de mettre en place un suivi des surfaces drainées. Toutefois, l'amélioration des connaissances est une priorité clairement définie dans le Plan d'Aménagement et de Gestion Durable (PAGD). Ce plan inclut l'objectif GR-1 « Améliorer la connaissance », notamment la sous-action 1.A.2 « Affiner la connaissance hydrologique du réseau hydrographique », ainsi que l'objectif GR-4 « Orienter les opérations d'aménagement du territoire », en particulier la sous-action 4.B.2 « Réserver des zones-tampon pour limiter les effets du drainage ».

Ce manque de connaissance et de bancarisation sur le sujet du drainage est identifié au niveau national. En 2015, L'Association de recherche sur le Ruissellement, l'Erosion et l'Aménagement du Sol (AREAS), le Bureau de Recherche Géologique et Minier (BRGM) et Agence de l'Eau Seine-Normandie (AESN) se sont associés pour concevoir la première base de données cartographique en ligne sur le drainage agricole (BD Drainage). En 2023, celle-ci prend une dimension nationale, dans laquelle des territoires pilotes sont invités à participer par leurs expériences de terrain, comme c'est le cas du bassin versant de l'Authion. Le SMBAA prend donc part aux groupes techniques pour une éventuelle future diffusion dans le référentiel technique Sandre pour le système d'information sur l'eau du Service d'administration nationale des données et référentiels sur l'eau (SANDRE).

VI. Capitalisation des données de drainage

La capitalisation des données de drainage est la première étape vers une meilleure connaissance de la ressource en eau. L'évaluation des surfaces drainées peut permettre de mieux comprendre leurs interactions avec les milieux et par la suite envisager si des pratiques pourraient être adoptées pour améliorer les impacts sur la ressource en eau.

Recueil et numérisation des données de drainage

L'une des principales problématiques rencontrées dans la gestion du drainage agricole dans le bassin versant de l'Authion est l'absence de bases de données numériques consolidées. Actuellement, il n'existe aucune couche SIG rassemblant les informations de drainage. Les seules données disponibles sont des documents papier, souvent dispersés. Ces documents, susceptibles de se dégrader, ne font pas toujours l'objet de suivi lors des échanges entre communes, communautés de commune et locaux d'archives ou lors de reprises d'exploitations.

Face à ces défis, la numérisation et la consolidation des données de drainage deviennent impératives pour préserver ces informations. La création de couches SIG permettrait non seulement de centraliser les données existantes, mais aussi de les rendre plus accessibles et utilisables pour des analyses futures. Cette démarche s'inscrit dans un contexte où la connaissance précise et actualisée du drainage agricole est essentielle pour la gestion durable des ressources en eau, la prévention des inondations et l'amélioration des pratiques agricoles.

Cette mission inclut la numérisation de dossiers disponibles uniquement sous forme papier ainsi que la création de trois couches SIG contenant des données géoréférencées. Ces couches nous offrent une première évaluation de l'état des connaissances sur le territoire.

Archivage

La première mission a été de se rendre à la DDT 49 pour récupérer les dossiers du territoire du BV de l'Authion. Sur trois journées sur site, la numérisation de 92 dossiers a été réalisée. Ceux-ci datent de 1988 à 2022. Les mêmes opérations ont été réalisées sur les dossiers dans les locaux du SMBAA.

Chaque dossier contient des informations sur le demandeur, la localisation des parcelles et les surfaces déclarées au projet de drainage ainsi que plusieurs types de cartes : cadastre, drainage et pédologique du projet. Celles-ci sont de différents formats : A4, A3 (taille max. du scanner) et A2. Les cartes dont le format n'était pas numérisable en un seul scan ont été numérisées en plusieurs fois puis assemblées pour une meilleure emprise et reconnaissance des parcellaires.

Les dossiers sont complétés des courriers administratifs et des échanges réalisés avec les instructeurs de la DDT49, dans le cas où les demandes ne correspondraient pas aux prérogatives ou nécessitent des informations complémentaires et/ou des modifications particulières. Cette étape, par la multiplicité des informations dispersées dans les documents, appuie l'importance du temps impliqué à la numérisation du dossier dans son intégralité et non uniquement des cartes concernées. La numérisation chronophage est nécessaire pour conserver la donnée historique et retrouver les détails de chaque projet de drainage. Dans le cas où des travaux le nécessiteraient, tout comme des demandes expresses des exploitants repreneurs de parcelles agricoles, par exemple.

Géoréférencement

Avec les cartes au format numérique, les informations relatives au drainage ont pu être géoréférencé sur SIG dans des fichiers correspondant aux différentes géométries (ponctuels, linéaires, polygones). Le format geopackage a été choisi pour de multiples avantages :

1. Un fichier unique ;
2. Sa compatibilité avec SQLITE permettant des requêtes SQL lors des traitements ;
3. Ses capacités étendues de stockage ;
4. Son standard ouvert.

La période étendue des projets de drainage et la multiplicité des monteurs de dossiers Loi sur l'Eau mènent à différentes représentations des cartes, notamment (légendes variées, tracés manuels ou numériques, niveau de détails hétérogène...) :

Échelles de précision : jusqu'aux années 2000, les cartes de cadastre et de drainage sont à l'échelle 1/2000 et segmentées en plusieurs cartes format A4 représentant la surface des travaux. Après 2000, les cartes cadastrales sont à une échelle de 1/4000 ou 1/6000 et sur une seule carte, dont le format varie en fonction de la surface (A3 ou A2). Les cartes de drainage sont restées aux mêmes échelles en raison du besoin de précision pour les drains et collecteurs.

Projection : les coordonnées et la projection utilisées ne figurent sur aucun des types de cartes rencontrés (cadastre, drainage, pédologique). Cette information est néanmoins importante car la représentation de la Terre sur une surface plane induit une déformation des surfaces. Celle-ci peut être contrôlée afin de préserver certaines propriétés géométriques aux dépens des autres. Lors de la numérisation, il est possible d'interpréter le plan avec une projection qui n'est pas celle de la carte, changeant les déformations et donc la localisation des informations. Seulement 4 plans parmi les 92 numérisés sont en Lambert-93. Les projections des autres cartes ont été choisies en fonction de leurs dates de créations en choisissant la projection réglementaire de l'époque, Lambert 2 étendu pour les cartes de 1940 à 1999 puis Lambert-93 à partir de 2000.

La numérisation a commencé par les parcelles, portion de terrain de même culture, constituant l'unité cadastrale. Deux types de dossiers ont été rencontrés : ceux dont les parcelles ont une attribution claire du cadastre (décrite dans le dossier) et ceux dont le cadastre n'est pas fourni (Figure 2).

Parcelles avec cadastre :

1. Trouver la commune, le lieu-dit à partir du dossier.
2. Effectuer une recherche sur le site Géoportail par sa fonctionnalité de recherche de parcelles cadastrales
3. Copier les coordonnées WGS (EPSG : 4326) vers QGIS pour les convertir en Lambert-93 (EPSG : 2154)
4. A partir d'une couche vectrice contenant le Plan Cadastral Informatisé (PCI), il a été possible de copier les parcelles du cadastre le plus récent (Millésime 1^{er} avril 2024) vers la couche polygonale.

Parcelles sans cadastre :

1. Trouver la commune, le lieu-dit à partir du dossier.
2. Rechercher via le parcellaire cadastral du « service web experts – parcellaire » du site geoservices.ign.fr, la localisation des parcelles par déduction en fonction des formes des parcelles, des routes et des bâtiments alentours.
3. Copier les coordonnées WGS (EPSG : 4326) vers QGIS pour les convertir en Lambert-93 (EPSG : 2154)
4. A partir d'une couche vectrice contenant le Plan Cadastral Informatisé (PCI), il a été possible de copier les parcelles du cadastre le plus récent (millésime 1^{er} avril 2024) vers la couche polygonale.

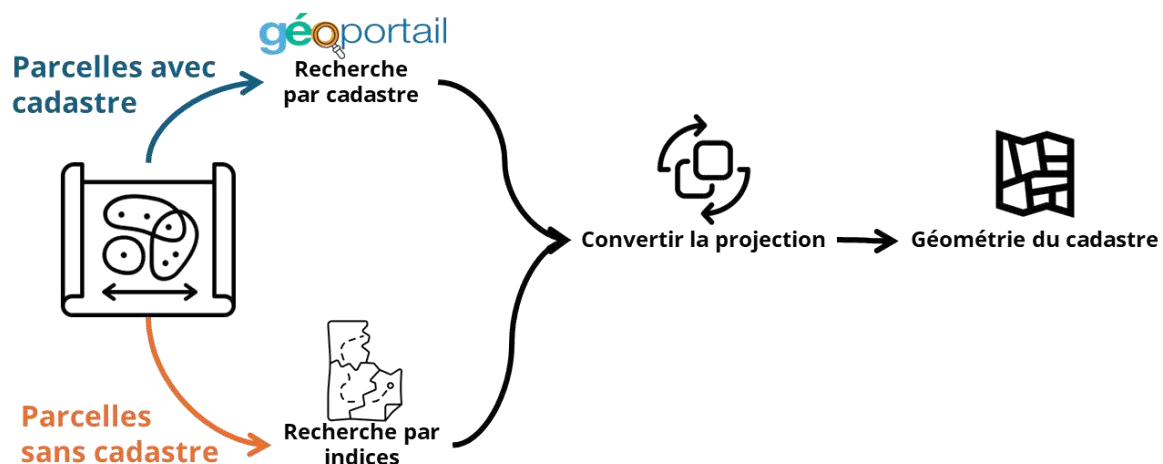


Figure 2 Numérisation des données cartographique

Sur une même parcelle, une distinction a été faite entre la surface drainée (connue via le plan), les surfaces non-drainées (surfaces totales moins surfaces drainées), pour une connaissance plus fine.

La couche de géométrie linéaire est constituée des collecteurs, des conduits souterrains, destinés à recueillir et à évacuer l'eau excédentaire du sol. Celle des géométries ponctuelles est composée des ouvrages hydrauliques liés au drainage comme les exutoires (points de sorties des collecteurs) ou les pompes de drainage.

1. Placer le point le plus précis possible en premier car le reste du réseau découle de celui-ci. Les pompes de drainage sont des bons points du fait d'un découpage spécifique dans le cadastre permettant de réduire le décalage.
2. Pour placer les linéaires, deux longueurs sont disponibles sur les plans :
 - . Le mètre linéaire d'un collecteur. Celui-ci est souvent inutilisable puisque le collecteur n'est pas droit.
 - . L'écart entre deux drains : celui-ci varie entre 8, 10 et 12 m, mais reste constant sur une exploitation. Cet écart a permis de mesurer les linéaires. De plus, afin d'avoir un réseau correct, il a été nécessaire de mesurer les angles des collecteurs à chaque changement de direction.

L'objectif est d'assurer la compatibilité des attributs des différentes couches SIG avec la base de données nationale en cours de développement, tout en minimisant le besoin de retravailler les données. Ces couches SIG sont conçues pour être simples et claires, afin que tous les membres du SMBAA puissent les comprendre et les utiliser facilement.

Les trois couches partagent une structure commune : un identifiant unique pour chaque entité et une référence de dossier pour assurer la traçabilité. Des attributs supplémentaires sont ajoutés selon la nature des informations pertinentes. Pour les points, un attribut « type_ouvrage » précise la nature de l'ouvrage concerné. Les polygones incluent un booléen indiquant la présence ou l'absence de drainage, ainsi que la surface, permettant ainsi leur exploitation sans nécessiter de manipulations complexes dans un logiciel SIG. Quant aux données linéaires, elles ne comportent pas d'attributs qualitatifs supplémentaires, car elles représentent uniformément les collecteurs de drainage. Cependant, elles sont structurées du point amont vers le point aval, afin de garantir leur compatibilité avec la future base de données nationale de drainage.

Les limites des plans

Les limites de la numérisation par cette méthode sont multiples. En ce qui concerne la précision et l'exactitude, les cartes papier anciennes ou de mauvaise qualité peuvent contenir des erreurs ou des imprécisions, qui seront transférées dans le SIG. La détérioration physique des cartes papier constitue également une contrainte. Elles peuvent être endommagées, usées ou partiellement illisibles. De plus, la numérisation peut introduire des pliures, ce qui complique le processus.

Les diverses manipulations et transformations nécessaires peuvent entraîner des écarts par rapport aux plans originaux (Figure 3). La précision des relevés topographiques dépend fortement des outils utilisés. Depuis l'introduction des stations totales dans les années 1980, qui sont des instruments avancés utilisés en géodésie, la précision des mesures a considérablement augmenté pour atteindre environ un mètre ([Topographie : un demi-siècle d'évolution technologique, xyz Paul Courbon](#)). En revanche, avant cette période, la précision pouvait varier de quelques mètres à une dizaine de mètres.

Numérisation : Celle-ci dépend du soin apporté lors de la numérisation. Pour une carte au 1:2000, un pli de 1 mm sur papier peut induire un décalage de 2m sur la version numérique ($1 \times 2000 \text{ mm} = 2 \text{ m}$).

Calage : Dépend des technologies de topographie et géodésiques utilisées. L'estimation est faite via les informations disponibles sur le site geodesie.ign.fr.

Reprojection : Les ellipsoïdes de référence (WGS84, GRS80) ont une précision de l'ordre du millimètre au centimètre. Les grilles de transformation permettent de corriger les erreurs locales.

Placement des géométries : Une fois géoréférencé, les géométries n'ont quasiment pas de décalage. Les erreurs peuvent venir de l'épaisseur du trait et de la qualité de son placement originel.

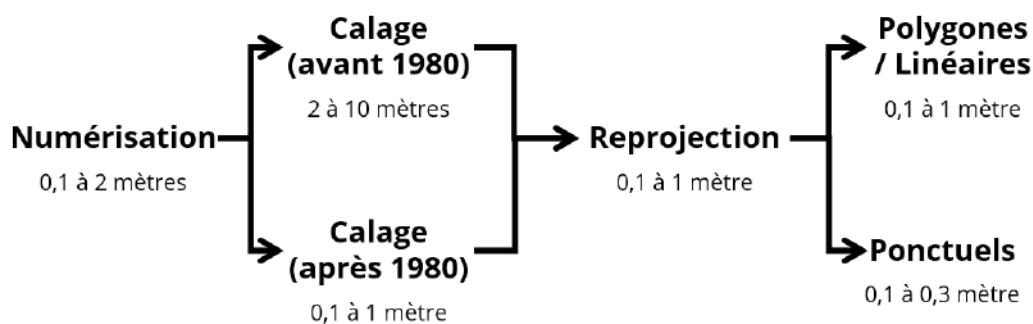


Figure 3 Estimation des décalages des étapes de numérisation

Dans le scénario le moins favorable (cumul des décalages les plus forts du schéma), le décalage total peut atteindre 5 mètres (voire 14 mètres avant 1980). Cependant, le calage pour ce projet est estimé avec une précision minimale de 3 mètres, prenant en compte la qualité de la numérisation, les relevés topographiques récents, et une faible déformation due à la reprojection.

Avec les données actuellement disponibles, il est difficile d'améliorer cette précision sans une connaissance plus approfondie de la création des plans et du parcellaire drainé.

Concertation avec les acteurs du territoire

La récupération des données auprès de la DDT et du SMBAA a constitué une première étape cruciale pour établir un référentiel de drainage agricole. Cependant, ces sources s'avèrent insuffisantes pour obtenir une vision complète et à jour de la situation. Ses informations peuvent être incomplètes, fragmentées ou obsolètes rendant la nécessité d'une concertation directe avec les acteurs locaux d'autant plus évidente.

Les principaux acteurs concernés sont les exploitants agricoles. Souvent les détenteurs des informations les plus récentes et les plus précises, car ils sont à l'origine des demandes de drainage et connaissent parfaitement leurs terrains. La concertation avec eux permet non seulement de compléter les données existantes, mais aussi de recueillir d'autres informations complémentaires comme l'historique de l'utilisation d'une parcelle (Figure 4).

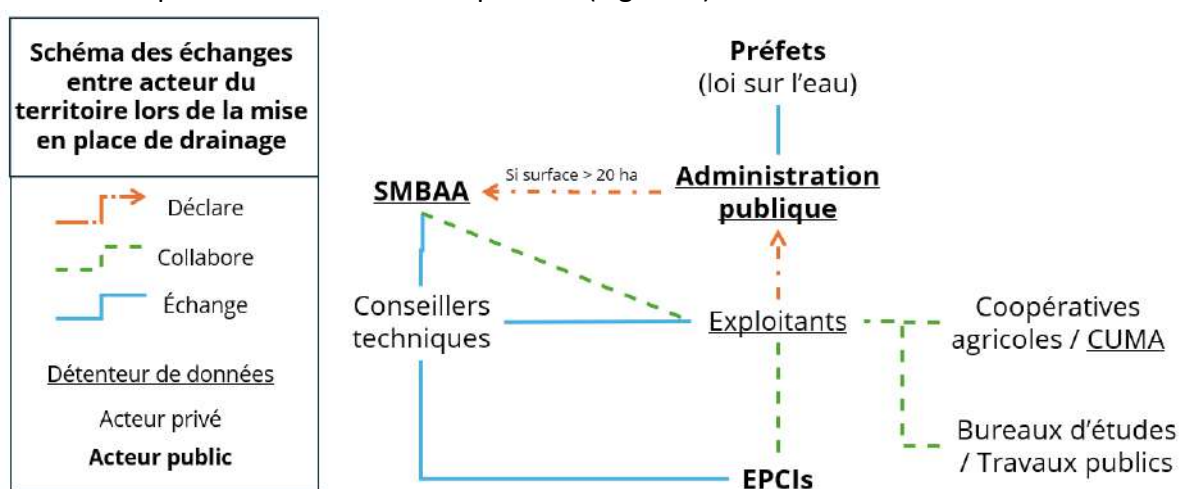


Figure 4 Estimation des décalages des étapes de numérisation

En plus des exploitants, il était également nécessaire de se tourner vers différents autres acteurs du territoire, tels que les bureaux d'études, les CUMA (Coopératives d'Utilisation de Matériel Agricole), les élus des EPCIs, ainsi que les conseillers techniques dans le domaine de l'agriculture. Ces acteurs apportent des perspectives complémentaires, notamment en termes de diagnostic territorial, d'expertise technique et de décision politique (Figure 5). Par exemple, les bureaux d'études et les CUMA jouent un rôle en amont, en produisant des diagnostics et des plans de drainage, tandis que les élus ont une vision globale des activités agricoles sur leurs territoires. Les conseillers techniques, quant à eux, apportent leur expertise sur les pratiques agricoles et les besoins spécifiques des exploitants.

Les exploitants et autres professionnels choisis pour cette mission avaient déjà eu des échanges précédents avec le SMBAA, ce qui a considérablement simplifié la prise de contact et augmenté les chances d'obtenir des rendez-vous. Sur les 40 contacts établis, 34 ont répondu positivement. Parmi ces réponses, 25 entretiens individuels ont pu être menés, principalement avec des exploitants, des exploitants à la retraite, un représentant d'une association, trois élus locaux, plusieurs conseillers techniques en agriculture, et des professionnels du terrain, dont les techniciens de rivière du SMBAA. Ces entretiens ont permis de récolter des informations sur 1 000 hectares de surfaces drainées, atteignant ainsi l'objectif initial, et de découvrir près de 4 000 hectares supplémentaires non drainés.

Les entretiens ont été menés entre mi-juillet et mi-août. Bien que peu favorable aux entretiens, cela a permis d'effectuer les recherches de drainage basée sur des données thématiques en premier lieu. Cette démarche avait pour objectif de cibler les zones potentiellement drainées. Elle a été complétée par la recherche de drainage par télédétection, qui s'est déroulée en parallèle. L'objectif était de maximiser les échanges tout en continuant à affiner la connaissance des territoires concernés. La méthode d'entretien choisie a été le semi-directif. Cela permet de ne pas manquer d'informations cruciales dans le cadre de l'étude, tout en laissant suffisamment de liberté aux personnes interrogées pour aborder les sujets qu'elles maîtrisent et ainsi enrichir l'historique.

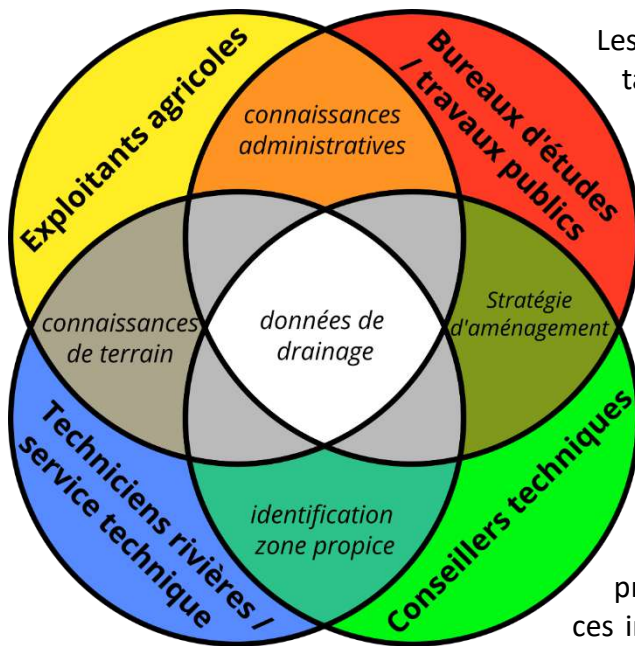


Figure 5 Schémas des acteurs autour des données de drainage

Les échanges ont révélé une bonne volonté des exploitants envers cette mission, malgré la sensibilité du sujet liée à la réglementation stricte, aux pressions économiques associées au drainage, et à la gestion de la ressource en eau. Ces discussions ont permis de recueillir des perceptions précieuses concernant l'évolution des pratiques face aux changements climatiques, ainsi que les défis liés à la gestion efficace des infrastructures existantes, telles que les fossés.

Les conseillers techniques, initialement considérés comme détenteurs d'une certaine quantité de données, se sont finalement révélés peu informés, exprimant eux-mêmes un intérêt pour l'acquisition de ces informations. Les techniciens de rivières et services techniques possèdent une certaine connaissance du terrain permettant de cibler des zones plus probables ainsi que de prendre contacts avec les acteurs de ses zones directement. Les bureaux

d'études et entreprises de travaux publics, agissant comme des intermédiaires dans le processus, ne disposent des données que de manière temporaire. En raison de leur position concurrentielle sur le marché, ils se montrent généralement moins disposés à partager ces informations.

Par ailleurs, une CUMA présente sur le territoire a été identifiée par plusieurs exploitants comme une source potentielle d'informations. Cependant, il n'a pas été possible de prendre contact avec cette structure dans le cadre de cette mission.

Malgré ces défis, les résultats obtenus grâce à une sélection rigoureuse des contacts sont encourageants. Il serait envisageable d'élargir les échanges à d'autres exploitants, potentiellement moins familiarisés avec le SMBAA, ce qui pourrait non seulement enrichir la base de données, mais également renforcer la notoriété et les liens de confiance avec le syndicat.

VII. Analyses croisées des données SIG pour identifier les zones propices au drainage

Les dossiers et les échanges avec certains acteurs du territoire nous permettent de retrouver une partie des informations sur le drainage. Néanmoins, il reste des zones d'ombres où on ne sait pas s'il y a ou non du drainage, et le cas échéant, en quelle proportion.

L'objectif de ses recherches est d'identifier, grâce à des données thématiques libres, si des facteurs sont susceptibles de déterminer l'installation de systèmes de drainage dans les secteurs les plus appropriés. En superposant plusieurs informations thématiques, on peut déterminer avec plus ou moins de certitude la possibilité que du drainage existe. Ces analyses permettent d'affiner les recherches sur le terrain et de faciliter les échanges avec les parties prenantes locales.

Données thématiques sur le territoire

Les données des dossiers de déclarations et d'autorisations de drainage nous permettent d'avoir un état initial des connaissances.

Dans le bassin versant de l'Authion, la majorité des parcelles drainées connues ont une taille de 1 à 5 hectares (55 %), indiquant une prépondérance de petites exploitations agricoles. Les parcelles drainées connues de plus de 10 hectares sont rares, représentant seulement 3 % des parcelles drainées connues (Figure 6).

Les plus grandes surfaces agricoles sont concentrées dans quelques localités. Toutefois, les localités avec le plus grand nombre de parcelles ne correspondent pas nécessairement aux plus grandes surfaces agricoles. Cette distinction entre le nombre de parcelles et la superficie totale souligne la diversité des structures agricoles dans le bassin versant.

Taille des parcelles		
< 1 ha	193	29 %
1-5 ha	365	55 %
5-10 ha	85	13 %
10-15 ha	14	2 %
15-20 ha	6	1 %
20-25 ha	3	0,45 %
25-30 ha	1	0,15 %
> 30 ha	1	0,15 %
Total	668	100 %

Figure 6 Répartition des tailles de parcelles agricoles sur le BV de l'Authion

Pour approfondir cette analyse, le Recensement Général Agricole (RGA) permet de mettre en perspective les informations manquantes (Figure 7).

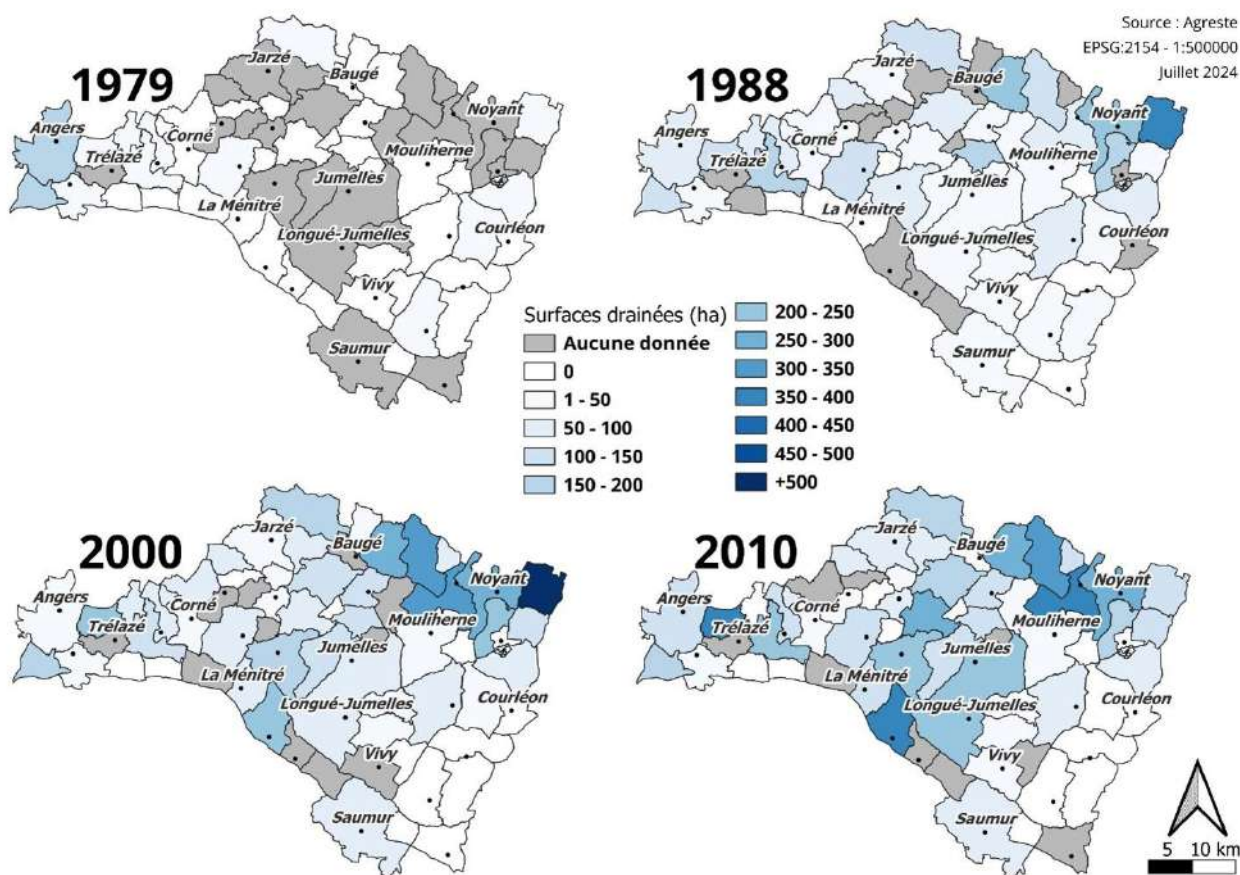


Figure 7 Évolution des quantités de surfaces drainées

Selon ses données, on peut constater que la surface totale drainée a augmenté de 580 ha en 1979 à 5 676 ha en 2010, montrant une tendance générale à la hausse. L'évolution est marquée par une augmentation significative entre 1979 et 1988 (+1 512 ha), une hausse continue de 1988 à 2000 (+1 696 ha) et une légère augmentation de 2000 à 2010 (+577 ha).

Des exemples notables incluent la commune de Fontaine-Guerin (Figure 8), qui est passée de 0 ha en 1979 à 265 ha en 2010, avec une augmentation majeure entre 2000 et 2010 (+205 ha), ainsi qu'Auverse, passant de 0 ha en 1979 à 371 ha en 2010.

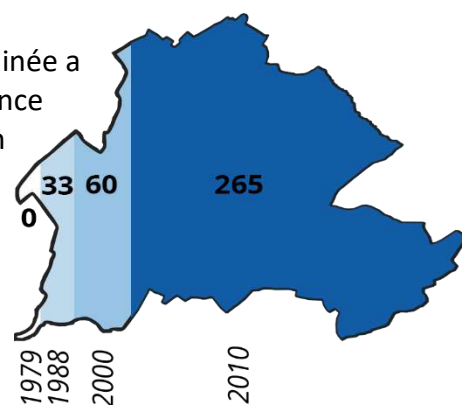
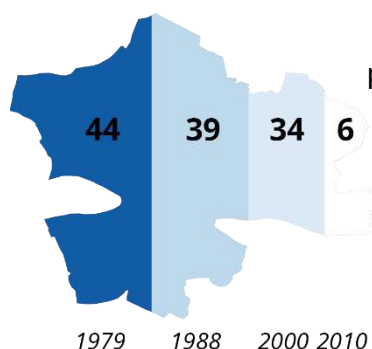


Figure 8 Évolution des surfaces drainées à Fontaine-Guérin (ha)



À l'inverse, certaines communes comme Bohalle (Figure 9) ont montré peu ou pas de changement, tandis que les Ponts-de-Cé ont connu une diminution progressive (de 44 ha en 1979 à 6 ha en 2010). Ces informations historiques offrent un aperçu précieux, bien que les données puissent ne pas refléter la situation actuelle en raison des évolutions depuis 2010.

Figure 9 Évolution des surfaces drainées aux Ponts-de-Cé (ha)

En complément, le Registre Parcellaire Général (RPG) nous permet de détailler les informations à un niveau parcellaire plutôt que communal, et de détecter d'éventuelles corrélations avec les types de cultures pratiquées (Figure 10). Le total des Surfaces Agricoles Utiles (SAU) est de 56 613 hectares, dont 1 958 hectares sont des surfaces drainées connues et 509 hectares des surfaces non-drainées connues. Les pourcentages de la SAU drainée et non-drainée par rapport au total de la SAU sont faibles, représentant respectivement 1,3 % et 0,3 %.

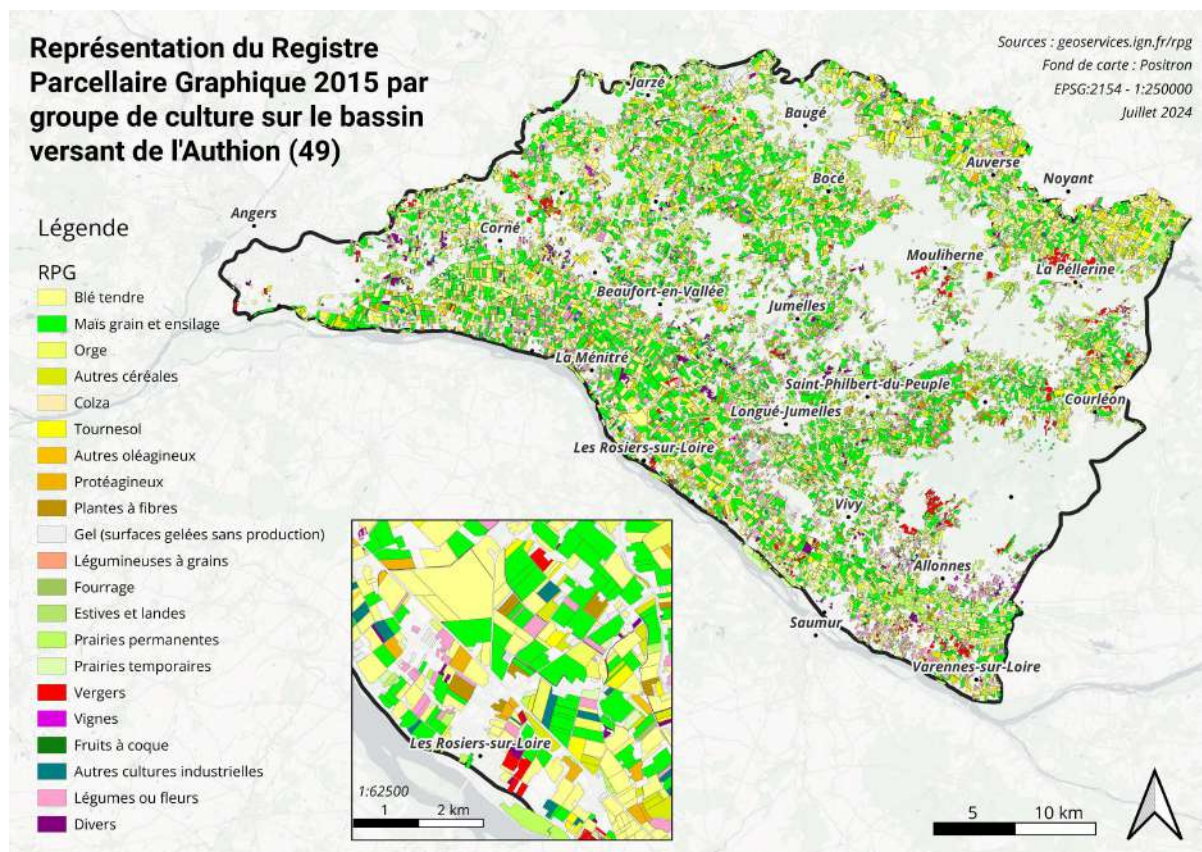


Figure 10 Représentation du RGA sur le BV de l'Authion par type de culture

Les communes montrent une variabilité significative en termes de surface agricole et de proportion de terres drainées. Certaines possèdent de grandes surfaces agricoles avec une proportion notable de terres drainées. En revanche, d'autres communes présentent une combinaison notable de terres drainées et non-drainées, suggérant une diversité dans les techniques de gestion des terres.

Le RPG fournit ainsi des informations précieuses, enrichissant notre compréhension des pratiques agricoles locales. Cependant, il est important de noter que ces données se basent uniquement sur les exploitations détenant un numéro PAC. Pour obtenir une vue d'ensemble du bassin versant de l'Authion, il est nécessaire d'élargir l'analyse aux surfaces arables totales.

Cette surface estimée (Figure 11) a été réalisée à partir de la surface totale du territoire en y soustrayant les éléments suivants : les informations de la BD Topo (bâtis, hydrographie, transports, etc.) et les données du Corine Land Cover (territoires artificialisés, surfaces en eau). Pour affiner les résultats malgré les limitations des données disponibles, il a été possible d'utiliser l'outil « overpass-turbo » pour récupérer des données sur l'utilisation des sols de la base OpenStreetMap, telles que les terres agricoles, fermes, rizières, prairies, vergers et gazon. Une vérification par image satellite a permis de valider cette méthode. Cette surface est de 91371 ha, soit 78.8% de la zone de travail (115844 ha). La totalité des données bancarisées se situent à l'intérieur de cette surface.

L'estimation de la marge d'erreur est faite comme suit :

- BD Topo (IGN) : Erreur géométrique de ± 2 à ± 5 mètres, avec une erreur de classification des éléments estimée à 2 %.
- Corine Land Cover (CLC) : Erreur thématique estimée à 15 %, et une résolution de 100 mètres.
- OpenStreetMap (OSM) : Erreur de classification estimée à environ 10 %.

La formule pour estimer l'erreur repose sur le concept de propagation des erreurs, souvent utilisé en statistique pour combiner des incertitudes :

$$\text{Erreur totale} = \sqrt{(\text{Erreur BD Topo})^2 + (\text{Erreur CLC})^2 + (\text{Erreur OSM})^2}$$

$$\text{Soit : } \sqrt{(0.02)^2 + (0.15)^2 + (0.10)^2} = \sqrt{0.0329} = 0.18$$

Donc, l'erreur totale est approximativement 18 % soit +/- 16446 ha.

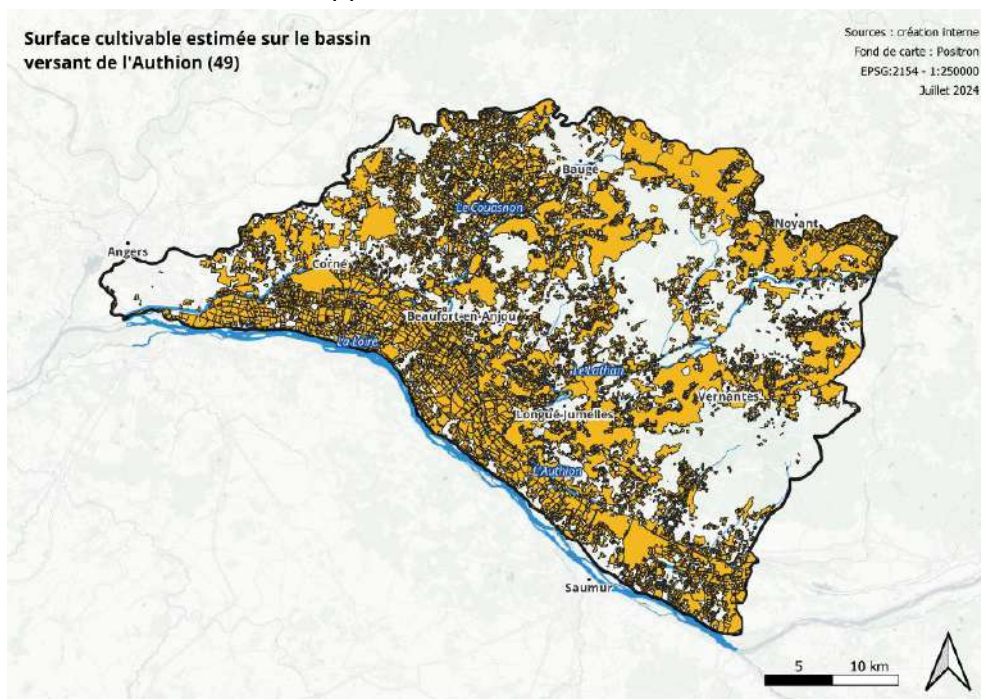


Figure 11
Représentation de la surface totale arable estimée sur le BV de l'Authion

Comme mentionné par les exploitants eux-mêmes, la nature des sols exerce une influence plus importante sur l'implantation du drainage que le type de culture (Figure 12).

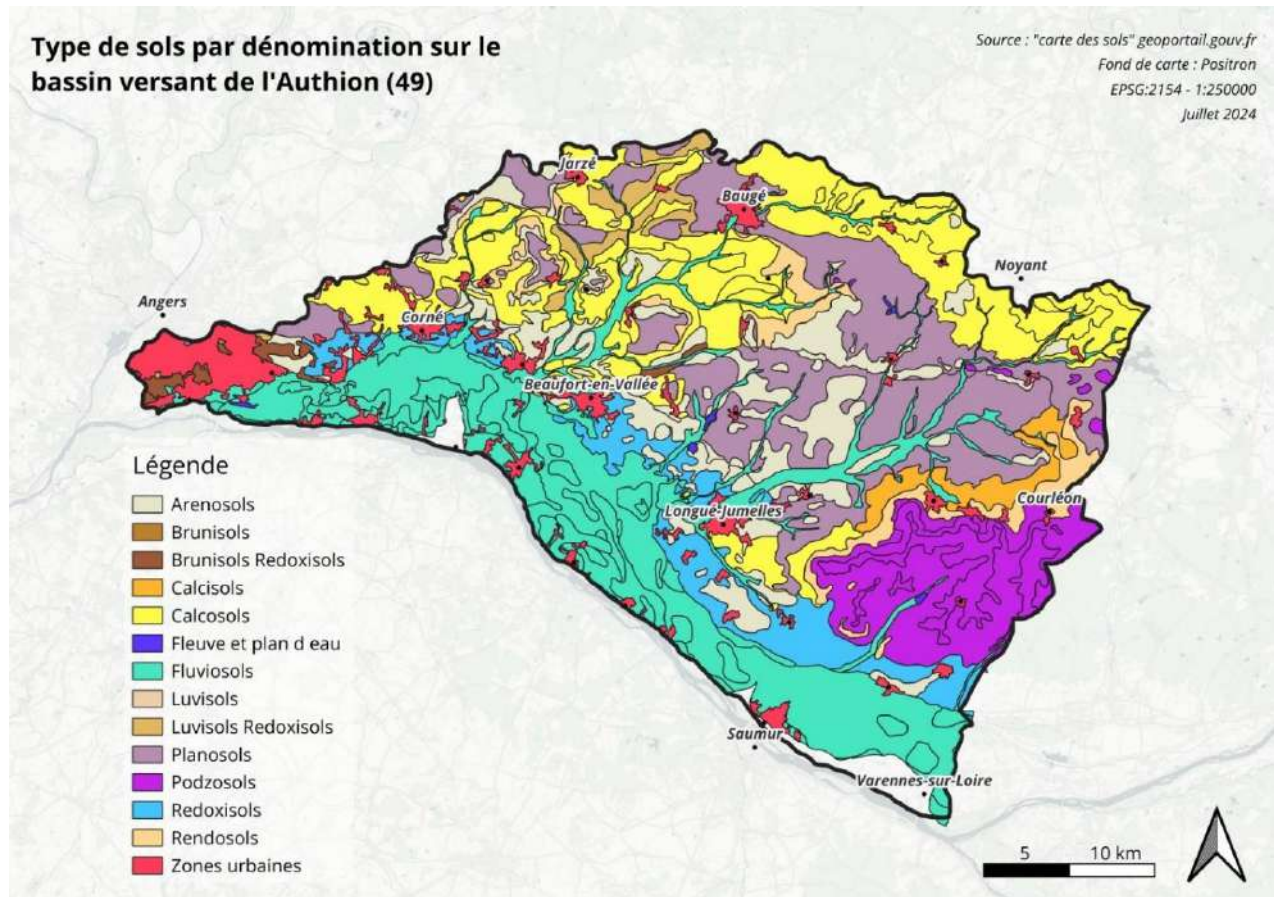


Figure 12 Représentation des types de sols sur le BV de l'Authion

Les Fluviosols, souvent confrontés à des problèmes de drainage en raison de la présence fréquente de nappes d'eau, sont particulièrement adaptés à l'installation de systèmes de drainage. Les Planosols, peuvent bénéficier de drainage, tout comme les Calcosols et Redoxisols, bien que leur besoin soit moins urgent. Les Arenosols, avec leur bon drainage naturel, nécessitent des interventions de drainage spécifiques et moins étendues. Selon les données, 78% des surfaces drainées connus se trouvent sur un sol de type fluviosols

La topographie est un indice plausible. En effet un sol hydromorphe en pente peut ne pas nécessiter de drainage ou requérir un drainage gravitaire, tandis qu'un sol plat est plus susceptible d'exiger un drainage pour prévenir l'hydromorphie. Le val, situé entre 0 et 50 mètres d'altitude, est la zone où se concentrent la majorité des surfaces déclarées à la PAC et les surfaces arables en général (Figure 13).

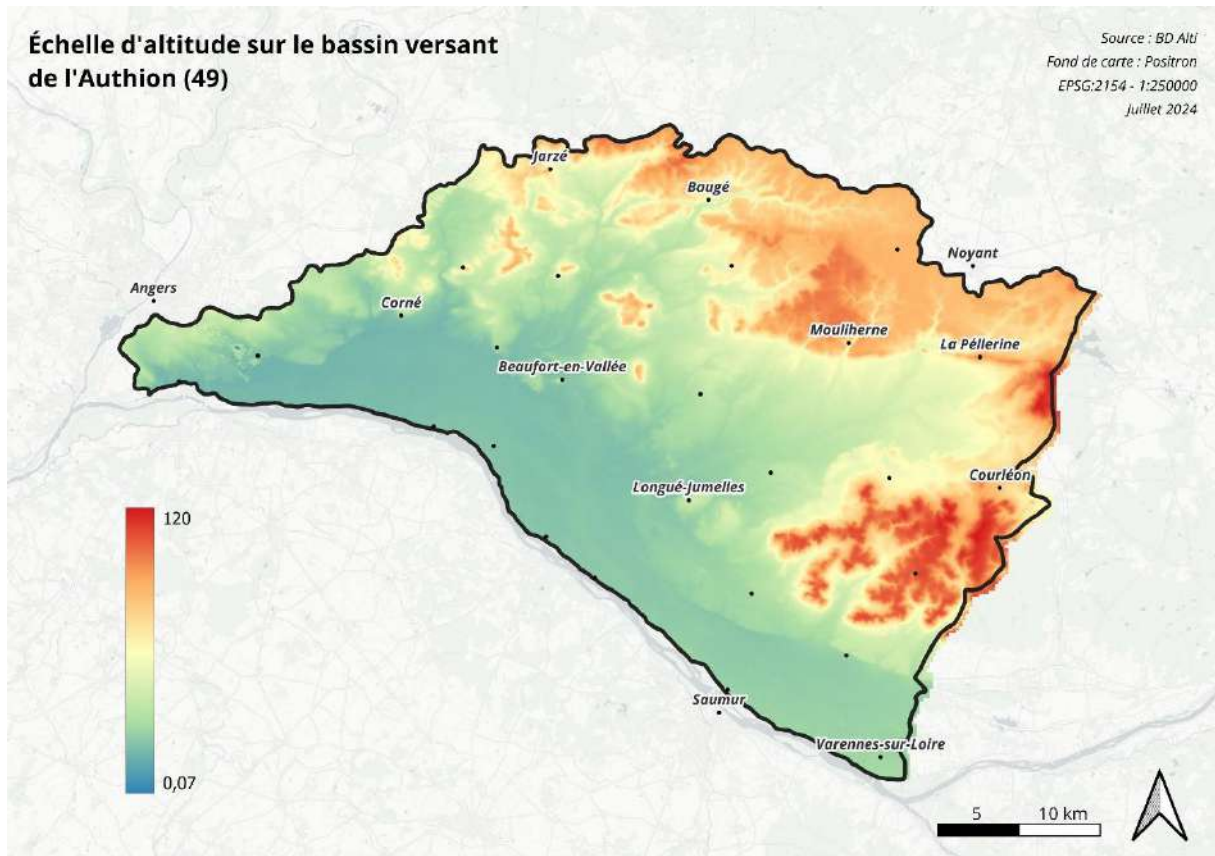


Figure 13 Représentation de la topographie du BV de l'Authion

Enfin, à la lumière de la réglementation du code de l'environnement (Art. 214-1 à 214-6) fixant l'interdiction des rejets directs en cours d'eau pour les nouveaux réseaux de drainage, il est pertinent d'examiner le lien éventuel entre le drainage et la proximité des cours d'eau ou des plans d'eau (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Pour cette étude, il a été limité la distance maximale des parcelles à 2 km des cours d'eau et des plans d'eau. Au-delà de cette distance, toutes les entités connues sont sélectionnées.

À 5 mètres, 41% des parcelles sont drainées, tandis qu'à 1,5 km, ce pourcentage atteint 53%. Inversement, la proportion de parcelles non-drainées diminue à mesure que l'on s'éloigne du cours d'eau, passant de 59% à 5 mètres à 47% à 1,5 km (Figure 14).

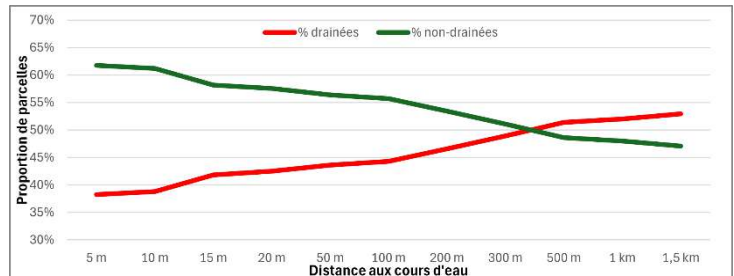


Figure 14 Graphique sur la proportion de parcelles non/drainées par rapport à la distance des cours d'eau

En l'absence de cours d'eau à proximité pour emporter cette ressource, les exploitants doivent gérer l'eau de pluie et les eaux souterraines de manière plus active. Les systèmes de drainage permettent de contrôler l'excès d'eau de pluie, empêchant ainsi la saturation du sol et les dégâts aux cultures.

En ce qui concerne les plans d'eau, la proportion de parcelles drainées augmente également avec la distance (Figure 15). À 5 mètres, 43% des parcelles sont drainées, tandis qu'à 1,5 km, ce pourcentage atteint 53%. Parallèlement, la proportion de parcelles non-drainées est plus élevée à proximité des plans d'eau et diminue avec la distance. À 5 mètres, 57% des parcelles sont non-drainées, tandis qu'à 1,5 km, ce pourcentage passe à 47%.

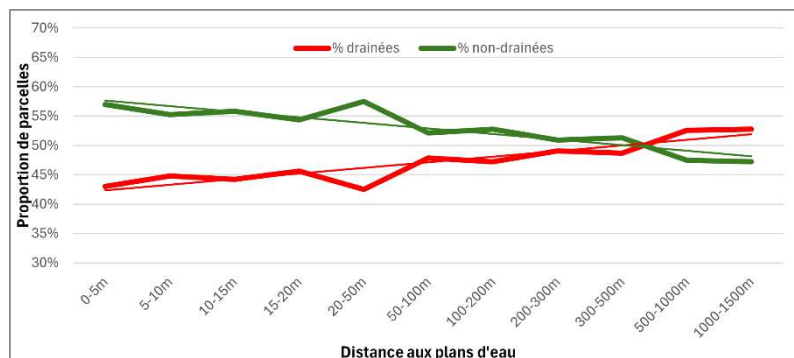


Figure 15 Graphique sur la proportion de parcelles non/drainées par rapport à la distance des plans d'eau

Ces tendances suggèrent qu'à proximité immédiate des plans d'eau, les parcelles non-drainées sont plus fréquentes, probablement en raison de l'apport en eau constant et substantiel des plans d'eau ce qui pourrait limiter la nécessité ou la faisabilité du drainage pour l'utilisation agricole des sols.

Les limites de ces données sont leurs complétudes. Tant du côté de la BD Topo, où il est possible que tous les canaux et fossés ne soient pas comptabilisés, tant sur les données de drainage que l'on sait incomplètes peuvent amener un biais, notamment sur l'est du territoire où l'absence de données drainage modifient les chiffres.

Avec ces indices, il est possible de prioriser les zones où la probabilité de drainage est la plus élevée. Il est démontré que les zones de faible altitude et faible pente, telles que la vallée de l'Authion, sont particulièrement propices au drainage. En combinant ces observations, notamment les surfaces arables du bassin versant et en superposant les différents indices (types de sols, types de culture, etc.), nous obtiendrons une vision claire des zones les plus susceptibles d'être drainées.

Interprétation des croisements

Afin de formuler des hypothèses robustes, les indices basés sur un large volume de données de référence ont été sélectionnés et dont les correspondances sont fortes. Certains indices testés comme les nappes souterraines ou les zones humides n'ont pas été utilisés, car leurs résultats n'ont pas été assez significatifs (-80 % de superposition avec les données de drainage).

L'analyse de la vallée de l'Authion est limitée par la topographie presque uniforme des données de référence, ce qui empêche de progresser au-delà des hypothèses déjà établies. Pour contourner cette contrainte, une approche pourrait consister à exclure certaines zones du bassin versant en fonction des pentes.

En utilisant la carte des pentes (Figure 16), il a été déterminé que les surfaces ayant une pente supérieure ou égale à 2,5 % couvrent 30 000 hectares sur les 150 000 hectares que compte le bassin versant. Ainsi, en écartant ces zones, environ 20 % de la surface totale du bassin serait exclue. Cette exclusion pourrait justifier l'exploration d'autres zones ou l'adoption de nouvelles approches pour poursuivre l'étude de manière plus efficace.

Représentation des pentes sur le Bassin Versant de l'Authion (49)

Source : RGE ALTI IGN
EPSG:2154 - 1:250000
Août 2024

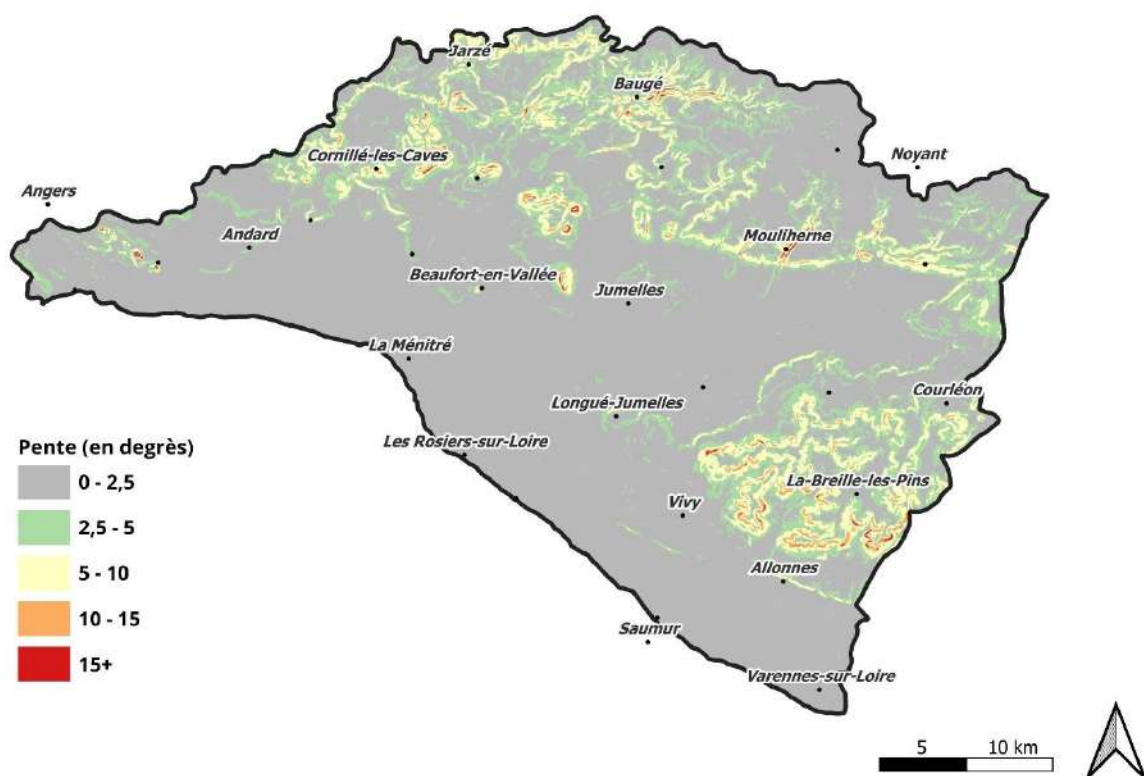


Figure 16 Carte des pentes sur le bassin versant de l'Authion

Il a été décidé de ne pas utiliser les données de précipitations Météo-France. Avec 3 stations météo sur le territoire d'étude, les variabilités entre les différentes stations ne permettent pas une assez bonne compréhension de la météorologie sur le territoire. A la vue de cette même variabilité, il est difficile d'extrapoler les précipitations.

Les types de cultures, notamment les cultures céréalières, ainsi que le type de sol Fluviosols, reconnu pour ses caractéristiques hydromorphes, ont été croisés. Pour ce faire, les données ont été intersectées afin de ne conserver que les localisations correspondant aux deux critères. La superposition révèle une correspondance de 43% avec les cultures céréalières drainées identifiées. Néanmoins, du fait que la majorité des surfaces restantes se trouve sur des sols de type Calcosols (40%) et en altitude (15% au-dessus de 50m), cette proportion de 43% reste intéressante (Figure 17).

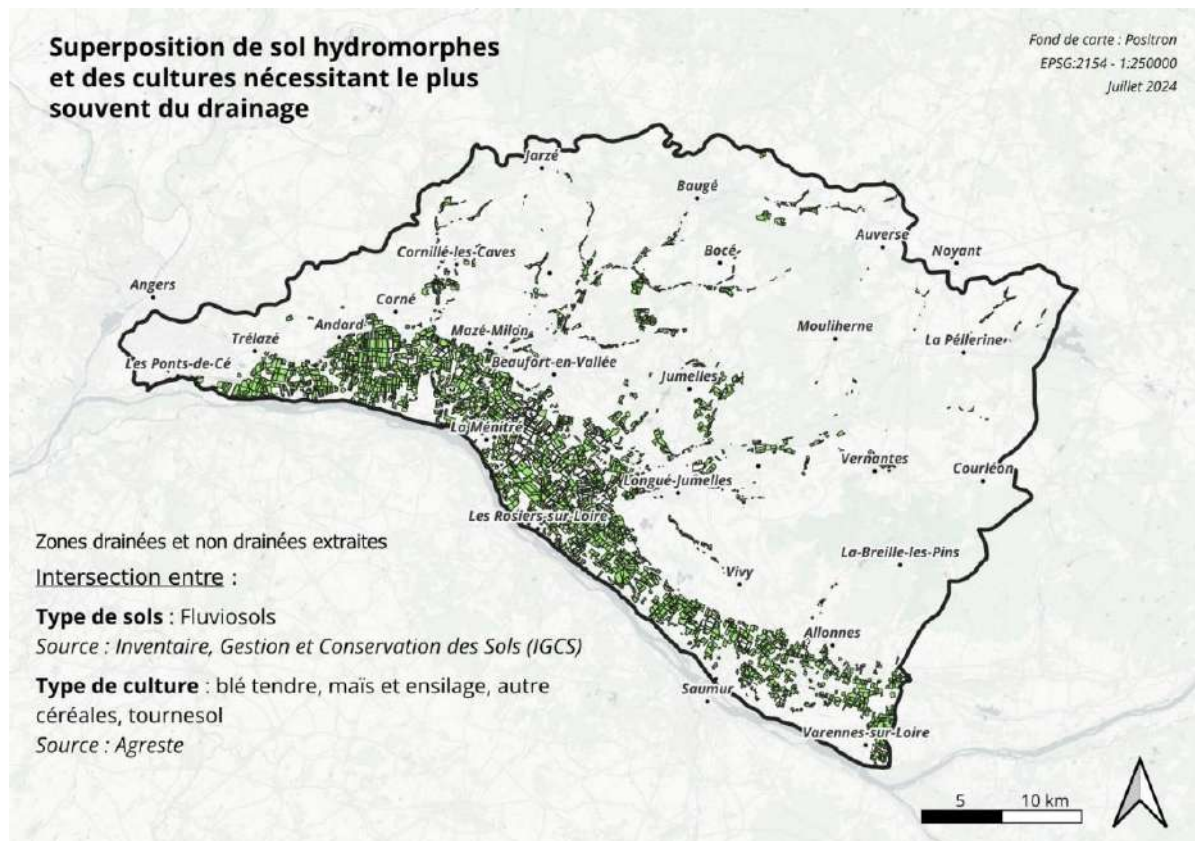


Figure 17 Intersection d'indices des sols et de culture

À la lumière de ces recherches, il est possible de formuler l'hypothèse que ces surfaces sont fortement susceptibles d'être propices au drainage. Cette information nous permet d'optimiser nos échanges avec les exploitants du bassin, en vue d'intégrer le plus grand nombre possible de surfaces drainées dans le SIG actuel.

L'analyse des zones propices au drainage présente plusieurs limites. La précision des données utilisées peut être variable, ce qui peut affecter la fiabilité des résultats. De plus, l'approche peut simplifier des interactions complexes en ne tenant pas compte de certains facteurs importants, comme les conditions climatiques locales. Enfin, une forte correspondance entre les indices ne garantit pas une relation causale, et les résultats peuvent ne pas être généralisables à d'autres contextes. Pour obtenir des conclusions fiables, il est crucial de compléter cette approche par des données actualisées et une analyse approfondie.

VIII. Télédétection et analyse spatiale

La mission de télédétection vise à chercher s'il est possible d'observer si une parcelle est drainée par analyses d'images satellites. Cela permettrait de croisées avec d'autres indices de drainage et ainsi cibler des échanges et améliorer la connaissance sur le sujet.

Acquisition et traitement des images satellites

La période choisie est composé d'échantillon de février à fin août 2023 afin de permettre une comparaison entre saison humide et saison sèche avec une couverture nuageuse maximum de 20%. L'acquisition a été réalisé à partir du plugin QGIS « Semi-Automatic Classification Plugin » qui permet le téléchargement d'images par bande avec une date et couverture nuageuse spécifique.

Les données de Sentinel-2 sont particulièrement pertinentes en raison de leur résolution spatiale élevée et de la disponibilité de bandes spectrales appropriées pour les indices d'humidité et de végétation. Les images Sentinel-2, avec une résolution spatiale de 10 à 60 mètres et une revisite tous les 5 jours, sont disponibles sous deux niveaux de traitement : Level 1C (L1C) et Level 2A (L2A). Les images L2A sont préférées car elles bénéficient d'une correction atmosphérique, ce qui améliore la précision des indices calculés.

En revanche, les images de Sentinel-3 SLSTR sont écartées en raison de leur résolution trop grande de 1 km, ce qui ne permet pas une analyse suffisamment détaillée pour les besoins du projet. Les images de Landsat 8, bien que de bonne qualité, sont également écartées en raison de l'absence de bandes spécifiques comme le SWIR qui est nécessaire pour certains indices d'humidité. De plus, les bandes thermiques de Landsat 8 ne sont pas utiles pour cette analyse à cette échelle.

Les différents indices utilisent 4 bandes spectrales du Sentinel-2 (Annexe Figure 20) :

- **Bande 4 (B4):** La bande rouge est située dans la partie visible du spectre électromagnétique (0.665 μm). Elle est essentielle pour évaluer la présence et la densité de la végétation, car la chlorophylle absorbe fortement la lumière rouge pour la photosynthèse.
- **Bande 8 (B8) :** La bande proche infrarouge (0.842 μm), aussi appelé Near Infra-Red (NIR) est sensible à la réflexion de la végétation. Les plantes en bonne santé reflètent fortement la lumière NIR.
- **Bande 11 (B11) :** La bande Infrarouge à Onde Courte ou « SWIR1 » capture des informations dans le court infrarouge (1.610 μm) et est sensible aux propriétés d'humidité des sols et des végétaux.
- **Bande 12 (B12) :** SWIR2 est similaire à la bande 11, néanmoins elle capture des informations dans une gamme plus longue du court infrarouge (2.190 μm) que la bande SWIR1.

Des documents de recherches comme [« Emploi de la télédétection pour l'étude de l'humidité des sols »](#) par Michel-Claude Girard ou [« Identifying artificially drained pasture soils using machine learning and Earth observation imagery »](#) par Rob O'Hara montrent que les indices NVMI et NDMI apportent des résultats intéressants. Il a été décidé d'ajouter le WISOIL pour certaines situations (Figure 18).

Le « **Normalized Difference Vegetation Index** » (NDVI) est un des indices les plus utilisés en télédétection. Il permet d'évaluer la densité et la santé de la couverture végétale. Dans ce projet, il permet de faire la différence entre une parcelle avec ou sans végétation. Son calcul est $(B8 - B4) / (B8 + B4)$. Les valeurs proches de 0 correspondent généralement à des surfaces à végétation clairsemée ou sol nu tandis que les valeurs proches de +1 à des surfaces denses (-1 étant les surfaces non végétalisées comme de l'eau).

Le « **Normalized Difference Moisture Index** » (NDMI) fournit une mesure de la teneur en eau des feuilles et permet de détecter les variations d'humidité dans les végétaux. Son calcul est $(B8 - B11) / (B8 + B11)$. Les valeurs proches de -1 indiquent des sols secs ou des végétaux en stress hydrique. Tandis que les valeurs proches de +1 indiquent des végétaux avec une teneur en eau plus élevée.

Le « **Water Index for Soil** » (WISOIL) est privilégié pour sa précision dans la mesure de l'humidité du sol nu (autrement NDMI donne les mêmes résultats). Sa formule complexe permet une évaluation plus détaillée et précise des variations d'humidité.

Son calcul est $(2*B8 - (B11+B12)) / (2*B8 + (B11+B12))$. Compris entre -1 et +1, -1 représente des zones où la réflectance dans les bandes SWIR (liées à l'humidité) est supérieure à celle du NIR. Cela pourrait être associé à des sols plus secs ou à une faible teneur en eau. Inversement pour les valeurs positives.

D'autres indices existent mais dont la pertinence est moindre pour le projet. Le « Normalized Difference Water Index (NDWI) mesure des masses d'eau et n'apparaît donc pas pertinent. Le « Normalized Soil Moisture Index » (NSMI) et « Soil Water Content » (SWC) fournissent des informations sur l'humidité du sol, mais sont généralement moins précis que le WISOIL.

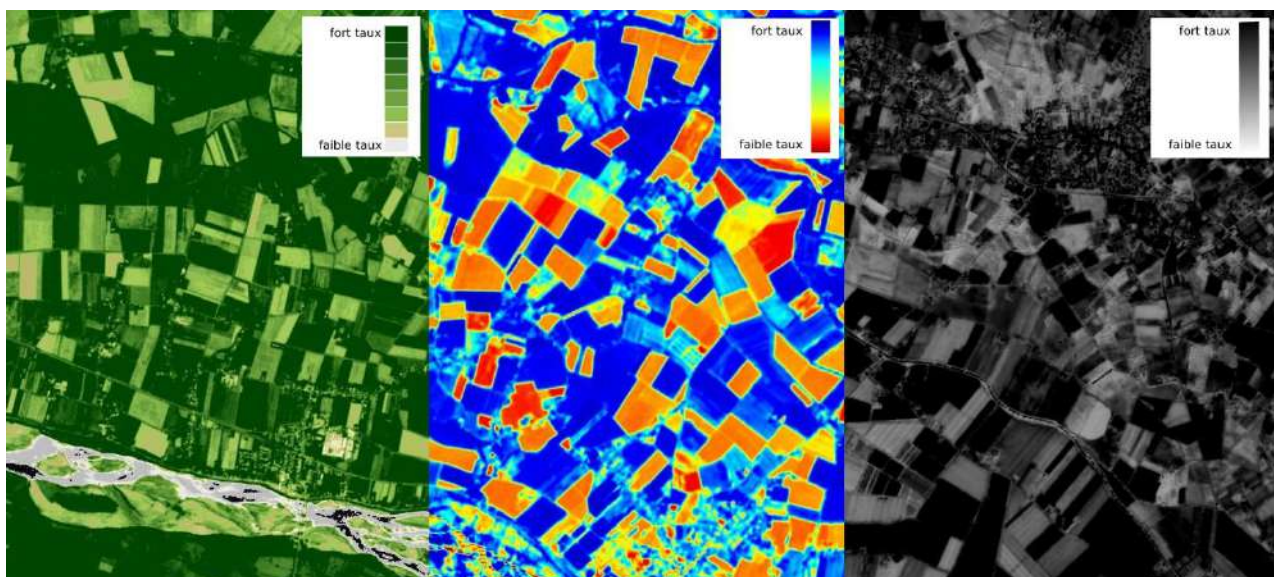


Figure 18 Représentation des indices de gauche à droite : NDVI, NDMI, WISOIL via EO Browser

Corrélation des indices de télédétection avec les données SIG

L'analyse des indices NDVI et NDMI sur les surfaces agricoles drainées et non drainées n'a pas révélé de corrélation claire entre ces indices et la présence de drainage souterrain (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.** et **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Les observations montrent que certaines zones présentent à la fois une forte densité de végétation (NDVI élevé) et une forte humidité (NDMI élevé), que ces zones soient drainées ou non. Ces résultats indiquent que la présence de végétation en bonne santé et une humidité élevée due à cette végétation peuvent se manifester indépendamment de la présence de systèmes de drainage.

De même, des zones avec une faible densité de végétation (NDVI faible) montrent également des valeurs faibles d'humidité (NDMI faible), sans distinction claire entre les parcelles drainées ou non. Cela suggère que, dans les conditions analysées, la densité de la végétation et l'humidité du sol ne sont pas systématiquement influencées par la présence ou l'absence de drainage souterrain.

Aucune des surfaces analysées n'a montré la combinaison critique d'un NDVI élevé avec un NDMI faible, qui aurait été un indicateur plus probant de la présence de drainage efficace, où le sol se dessèche rapidement après un apport d'eau tout en maintenant une végétation saine.

L'indice WISOIL a été testé sur certains sites pour mesurer l'humidité des sols nus.

Cependant, comme la plupart des surfaces étudiées étaient couvertes de végétation, cet indice s'est avéré peu utile comparé au NDMI, qui reste plus pertinent dans le contexte des surfaces végétalisées.

En conclusion, les indices NDVI et NDMI, bien qu'ayant démontré leur utilité pour évaluer la santé de la végétation et l'humidité relative des sols, n'ont pas permis d'établir un lien significatif avec la présence de drainage agricole souterrain dans les conditions et les parcelles étudiées.

Cette méthode pourrait donner des résultats plus intéressants si le sol était nu pour permettre des mesures directes du sol et non des végétaux.

Il est possible d'implémenter des modèles d'apprentissage automatique (« machine learning »). L'apprentissage automatique, permet aux algorithmes de détecter des patterns complexes à partir de grandes quantités de données, réduisant ainsi l'erreur d'interprétation humaine. Par ailleurs, détecter les systèmes individuels à la parcelle nécessiterait des images à résolution plus fine ainsi que des observations à des moments clés, comme après de fortes précipitations.

IX. Conclusion

L'analyse thématique a permis de mieux comprendre les dynamiques territoriales liées au drainage agricole dans le bassin de l'Authion. En regroupant et en structurant les données, cette démarche a mis en lumière des zones où un travail plus approfondi pourrait contribuer significativement à la consolidation des informations sur le drainage.

Les missions accomplies lors de ce stage ont permis de structurer et de valoriser des données qui, autrement, auraient été vouées à disparaître. La création d'un référentiel SIG dédié au drainage agricole constitue une avancée importante pour le SMBAA, en fournissant un outil performant pour la centralisation et l'analyse de données auparavant dispersées. Grâce à cette initiative, le SMBAA dispose désormais d'une meilleure visibilité sur le drainage agricole et des besoins nécessaires pour approfondir la connaissance de ce sujet.

Bien que le sujet du drainage soit sensible, les acteurs ayant une connaissance directe des informations ont été les plus collaboratifs et intéressés par la démarche. Cependant, ma mission constitue un état des lieux, et il manque encore un grand nombre d'informations pour être exhaustif sur le sujet. Il est possible de continuer à améliorer cette base de données en effectuant une veille sur les dossiers de drainage et en les numérisant au fur et à mesure. Poursuivre les échanges avec les acteurs permettra également de démystifier le sujet du drainage et d'améliorer la confiance des parties prenantes envers le SMBAA.

Ce stage m'a permis de développer des compétences techniques en SIG et en télédétection, tout en renforçant ma capacité à analyser des données territoriales et environnementales. J'ai acquis une expérience pratique précieuse en gestion de projet, en travaillant en collaboration avec divers acteurs du territoire. Cette immersion dans un projet de gestion de la ressource en eau a enrichi mes connaissances des politiques environnementales et m'a donné l'occasion de contribuer activement à la préservation des ressources naturelles.

X. Liste des acronymes

SMBAA : Syndicat Mixte du Bassin de l'Authion et de ses Affluents

SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux

BV : bassin versant

DDT 49 : Direction Départementale des Territoires 49

LEMA : Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques

PAGD : Plan d'Aménagement et de Gestion Durable

AREAS : Association de recherche sur le Ruissellement, l'Érosion et l'Aménagement du Sol

BRGM : Bureau de Recherche Géologique et Minier

AESN : Agence de l'Eau Seine-Normandie

SANDRE : Service d'administration nationale des données et référentiels sur l'eau

CUMA : Coopérative d'Utilisation de Matériel Agricole

XI. Annexes

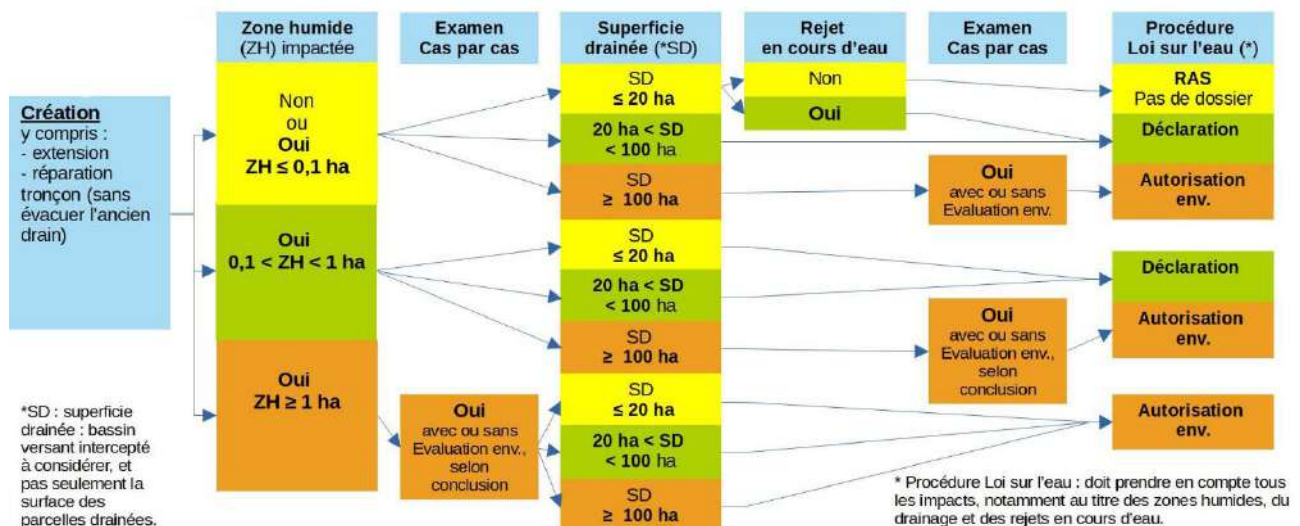


Figure 19 Logigramme de la mise en place drainage, gers.gouv.fr

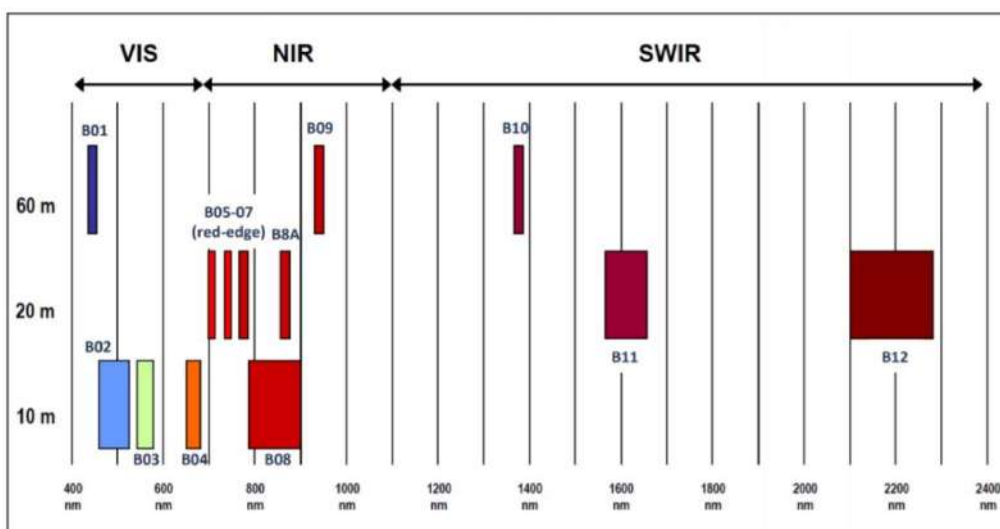


Figure 20 Bandes spectrales pour Sentinel-2

XII. Glossaire

RGA

Le Recensement Général Agricole établit des statistiques sur le nombre d'exploitations, les orientations technico-économiques des communes, les surfaces agricoles utilisées, les productions et surfaces concernées, les surfaces toujours en herbe et les surfaces herbagères principales. Ces données sont associées à la commune pour laquelle le siège d'exploitation est rattaché et non au lieu géographique de l'entité. Ces données sont générées par le ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire.

Enfin, les données sont agrégées à l'échelle communale, ce qui peut masquer des variations importantes à des échelles plus fines, comme celle de la parcelle. Des différences locales en termes de types de cultures et de pratiques agricoles peuvent ainsi être perdues.

Les RGA sont organisés tous les 10 à 12 ans. Nous n'utilisons pas 2022, car le questionnaire ayant été mis à jour, celui-ci ne contient plus d'informations sur les surfaces drainées.

RPG

Le registre parcellaire graphique est une base de données géographiques servant de référence à l'instruction des aides de la politique agricole commune (PAC). Ces données fournissent des informations sur l'usage agricole des sols ainsi que sur les structures foncières. Ainsi, seules les parcelles des agriculteurs déclarées font l'objet d'un référencement et d'une représentation graphique dans cette base de données. Les données sont produites par l'Agence de Services et de Paiement et mise à jour chaque année.

La surface agricole utile (SAU) est définie par l'Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques (INSEE) comme un concept statistique destiné à évaluer le territoire consacré à la production agricole. Elle comprend les terres, les surfaces toujours en herbe et les cultures permanentes. Il est important de noter que les parcelles déclarées sont comptabilisées dans les communes du siège d'exploitation, et non dans la commune où elles sont géographiquement.

Pédologie

L'Office National de Forêts définit la pédologie comme la science qui étudie les couches superficielles du sol, leurs formations et leurs évolutions. Suivant certains critères, on peut analyser sa composition, sa réserve en eau, sa sensibilité au tassement, etc.

Il nous intéresse ici d'observer si des types de sols sont plus ou moins hydromorphes (limitent l'écoulement vertical de l'eau) et si l'implantation de zones non/drainées à un rapport avec ses sols.

MNT et Lidar

Les technologies Lidar et le Modèle Numérique de Terrain (MNT) de l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN) fournissent des données topographiques détaillées. Ces informations permettent d'identifier les pentes et autres caractéristiques géomorphologiques qui influencent les écoulements de surface, permettant de déterminer les zones susceptibles de nécessiter un drainage artificiel.

Cours d'eau et plan d'eau

Les données de la BD Topo incluent des informations sur les cours d'eau et les plans d'eau, permettant d'examiner la relation entre la proximité des plans d'eau et les besoins en drainage. Celles-ci aident à comprendre comment les réseaux hydrographiques influencent les conditions de drainage et à déterminer les zones où l'installation de systèmes de drainage pourrait être particulièrement bénéfique.