
Chantier école du Villarçon et de son bassin versant

4ème année - Génie Aménagement & Environnement

Partenaire professionnel : Syndicat Mixte
Nouvel Espace du Cher (NEC)
Adresse : 39 rue Gambetta - 37150 BLERE



BOCCHINO Julien, COUDRAIS Anna, NARDON Tanguy,
OLEJARZ Antonin, PEREIRA André, REQUILLART Nathan

Filière Ingénierie des Milieux Aquatiques
2021-2022

Remerciements

Nous voulons particulièrement adresser nos remerciements à Virginie SAUTER, chargée de mission au Syndicat *Nouvel Espace du Cher*, à l'équipe municipale de La Croix-en-Touraine, notamment Michèle GASNIER, Michel MULOT, et Jacqueline BOURGUIGNON, ainsi qu'aux habitants ayant répondu à nos questionnaires.

Enfin, nous sommes reconnaissants à l'équipe pédagogique et aux intervenants de la formation Ingénierie des Milieux Aquatiques de l'Ecole Polytechnique Universitaire de Tours (EPU) :

- Christophe BLANCHARD, *DDT d'Indre-et-Loire*
- Catherine BOISNEAU, *Université de Tours*
- Célestine DELBART, *Université de Tours*
- Francesca DI PIETRO, *Université de Tours*
- Sébastien LEHMANN, *INRAE*
- David RATHEAU, *Agence de l'Eau Loire-Bretagne*
- Stéphane RODRIGUES, *Université de Tours*
- Vincent ROTGE, *Université de Tours*
- Sébastien SALVADOR-BLANES, *Université de Tours*
- José SERRANO, *Université de Tours*

Résumé

Ce rapport vise à faire un état des lieux du bassin versant du Villarçon à travers des études géologiques, pédologiques, chimiques, d'occupation des sols, mais également en s'intéressant au patrimoine naturel et culturel ainsi qu'aux acteurs jouant un rôle dans la gestion du bassin versant.

L'analyse du bassin versant a montré que les sols sont d'une qualité faible pour l'agriculture, expliquant qu'une grande partie de la surface soit dédiée aux espaces forestiers. Les cours d'eau sont donc protégés par la forêt qui permet de limiter l'érosion des sols et de tamponner les pollutions. De plus, il n'y a pas d'industries qui pourraient affecter la qualité de l'eau.

Néanmoins, certaines zones de la ville de La Croix-en-Touraine sont sujettes aux inondations. Les crues sont susceptibles d'être plus fréquentes et davantage menaçantes avec l'expansion urbaine et le dérèglement climatique. Certains ouvrages existent déjà pour limiter les risques, comme l'étang écrêteur de crue des 3 Merlettes, bien que le Villarçon puisse déborder et que des buses mal dimensionnées puissent constituer des cols d'étranglement pour les écoulements.

Pour toutes ces raisons, il a été proposé de redimensionner des buses, de créer une association afin d'entretenir collectivement les berges, ainsi que de mener davantage d'études scientifiques sur le bassin versant du Villarçon.

Abstract

The aim of this study report is to diagnose the Villarçon's watershed by studying geology, pedology, chemistry, land cover, natural and cultural heritage but also by understanding the role of all the actors that manage the watershed. The analysis of the watershed showed that the soils have a low quality for agriculture and that is why the Amboise's forest has a big surface on the watershed. So, the rivers are protected from soil erosion and pollution. Moreover, there is no industry that could affect the water quality.

However, the city of La Croix-en-Touraine faces floods. Floods are susceptible to be more frequent and threatening with urban expansion and global warming. There are already hydraulic structures which limit the flood risk, like the 3 Merlettes lake, even if there are nozzles badly sized which can block the stream and increase floods.

For all these reasons, it was proposed to resize the nozzles, to create an association in order to manage the banks collectively and to lead more scientific studies on the Villarçon's watershed.

Sommaire

Introduction	1
PARTIE 1 : Diagnostic du bassin versant	2
1.1. Caractérisation physique des cours d'eau et du bassin versant	3
1. 2. Occupation du sol et paysage	39
Résumé : caractéristiques du sol et sous-sol ainsi que de l'eau ...	46
1.3. Patrimoine naturel et culturel	46
1.4. Acteurs et usages liés à l'eau	53
1.5. Synthèse des pressions sur l'eau et les milieux aquatiques	64
1.6. Diagnostic	64
Résumé : patrimoines et acteurs	66
PARTIE 2 : Enjeux, objectifs et préconisations	67
2.1. Mesures de gestion	68
2.2. Mesures d'aménagement de l'espace	68
Conclusion	70

Liste des abréviations

- A : *Argile*
- AAPPMA : *Association Agréée pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques*
- AEP : *Alimentation en Eau Potable*
- AL : *Argile Limoneuse*
- ALO : *Argile LOurde*
- AOC : *Appellation d'Origine Contrôlée*
- AS : *Argile Sableuse*
- BANATIC : *BAse NATionale sur l'InterCommunalité*
- BD : *Base de Données*
- BRGM : *Bureau de Recherches Géologiques et Minières*
- BV : *Bassin Versant*
- CA : *Communauté d'Agglomération*
- CARHYCE : *CARactérisation de l'HYdromorphologie des Cours d'Eau*
- CC : *Communauté de Communes*
- CPCS : *Commission de Pédologie et de Cartographie des Sols*
- C1Mo : *Marnes à Ostracées*
- C2CrM : *Craies marneuses*
- C2Tb : *Tuffeau de Bourré*
- C2Tj : *Tuffeau de Touraine*
- C3-4 CrV : *Calcaire de Cangey*
- DBO 5 : *Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours*
- DCE : *Directive Cadre sur l'Eau*
- DCO : *Demande Chimique en Oxygène*
- DDT : *Direction Départementale des Territoires*
- ENS : *Espace Naturel Sensible*
- EPU : *Ecole Polytechnique Universitaire*
- ESOD : *Espèce Susceptible d'Occasionner des Dégâts*
- e1-4 : *Eocène supérieur*
- Fv : *Terrasses alluviales hautes*
- Fw : *Terrasses alluviales moyennes*
- Fz : *Alluvions modernes*
- GEMAPI : *GEstion des Milieux Aquatiques et Prévention des Inondations*
- IBD : *Indice Biologique Diatomées*
- ICPE : *Installations Classées pour la Protection de l'Environnement*
- IGN : *Institut Géographique National*
- INRAE : *Anciennement INRA, Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement*
- INSEE : *Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques*
- jcS : *Argiles à silex*

- LA : *Limon Argileux*
- LAS : *Limon Argilo-Sableux*
- LEMA : *Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques*
- LL : *Limon Léger*
- LLS : *Limon Léger Sableux*
- LM : *Limon Moyen*
- LMS : *Limon Moyen Sableux*
- LS : *Limon Sableux*
- LSA : *Limon Sablo-Argileux*
- M.a. : *Millions d'années*
- MES : *Matière En Suspension*
- MESALES : *Modèle d'Evaluation Spatiale de l'ALéa Erosion des Sols*
- MNT : *Modèle Numérique de Terrain*
- m2-4SM : *Sables et graviers continentaux*
- NEC : *Syndicat de bassin Nouvel Espace du Cher*
- OFB : *Office Français pour la Biodiversité*
- pH : *Potentiel Hydrogène*
- PLU : *Plan Local d'Urbanisme*
- PLUi : *Plan Local d'Urbanisme Intercommunal*
- qN : *Sables éoliens*
- qOE : *Limons des plateaux*
- RGA : *Recensement Général Agricole*
- RP : *Référentiel Pédologique*
- RPG : *Registre Parcellaire Graphique*
- RU : *Réserve Utile*
- S : *Sable*
- SA : *Sable Argileux*
- SAGE : *Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux*
- SANDRE : *Service d'Administration Nationale des Données et Référentiels sur l'Eau*
- SAU : *Superficie Agricole Utilisée*
- SCOT : *Schéma de COhérence Territoriale*
- SDAGE : *Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux*
- SL : *Sable Limoneux*
- SRCE : *Schéma Régional de Cohérence Ecologique*
- TVB : *Trame Verte et Bleue*
- UE : *Union Européenne*
- UNESCO : *Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture*
- ZNIEFF : *Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique*
- ZNT : *Zone Non Traitée*

Introduction

La Directive Cadre sur l'Eau (DCE) du 23 octobre 2000 est un texte européen qui impose à tous les pays membres de l'Union Européenne de retrouver un bon état de leurs masses d'eau avant 2027. Cette notion de bon état se définit par un bon état chimique et écologique, qui sont caractérisés par des valeurs seuils sur plusieurs paramètres biologiques, chimiques et physiques.

Pour atteindre ces résultats, c'est la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA) de 2006 qui a transcrit la DCE en droit français. Ainsi, en France, la démarche à suivre est la suivante :

Tout d'abord, il est nécessaire d'établir des plans de gestion, créés par la loi sur l'eau de 1992 et de diagnostiquer les masses d'eau. Ces plans de gestion sont les Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) et les Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE). Les SDAGE définissent et orientent dans chacun des 6 grands bassins versants français la politique de l'eau. Quant aux SAGE, ils sont une déclinaison des SDAGE au niveau local. De plus, ils établissent des listes d'actions à mener et les rendent opérationnelles.

Enfin, une fois ces actions effectuées, des programmes de surveillance et de suivi sont réalisés pour vérifier l'atteinte du bon état des masses d'eau et ainsi savoir si les mesures ont fonctionné.

A noter que la DCE imposait en premiers lieux aux États européens d'arriver à un bon état des masses d'eau avant 2015. Ceci n'a pas été respecté et la première dérogation a été reportée à 2021. Cette échéance n'a, non plus, pas été tenue, ce qui amène la dernière date butoir à 2027.

C'est donc dans ce contexte urgent que les masses d'eau doivent être diagnostiquées puis restaurées pour qu'elles retrouvent un bon état chimique et écologique. Ainsi, dans le cadre de la formation Ingénierie des Milieux Aquatiques proposée par l'EPU de Tours, le Syndicat intercommunal *Nouvel Espace du Cher*, qui a la compétence Gestion des Milieux Aquatiques et Prévention des Inondations (GEMAPI), a proposé à notre groupe d'étudiants de diagnostiquer l'état de deux masses d'eau. Il s'agit de celle du ruisseau du Villarçon (code SANDRE : K6706200) et de celle du ruisseau de Bellefontaine (code SANDRE : K6706400), regroupées dans le même bassin versant et étudiées de septembre 2021 à janvier 2022.

PARTIE 1 :

Diagnostic du bassin versant

1.1. Caractérisation physique des cours d'eau et du bassin versant

1.1.1. Localisation

Le bassin versant du Villarçon se situe dans le département d'Indre-et-Loire (37). Il traverse 3 communes différentes : La Croix-en-Touraine pour la majeure partie, puis Amboise et Civray-de-Touraine (**Figure 1**). Il est à environ 25 km de Tours.

C'est le Cher qui collecte les écoulements de ce bassin, ce qui signifie qu'il est un sous-ensemble du bassin versant du Cher, lui-même s'inscrivant dans le grand bassin de la Loire.

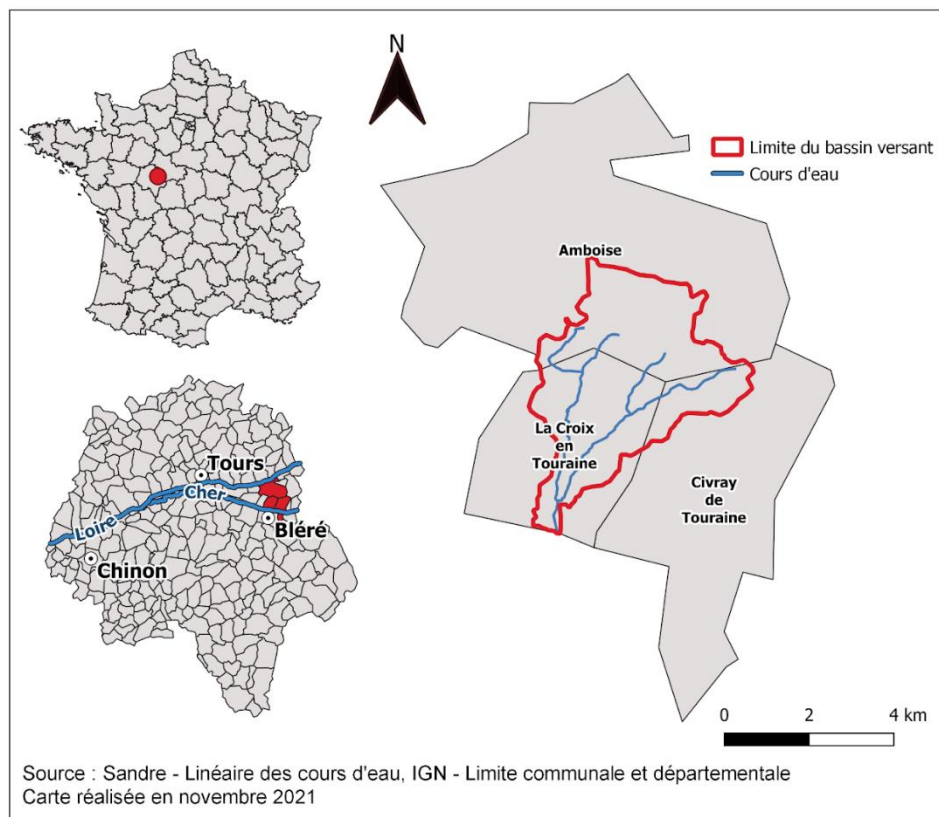


Figure 1 : Localisation du bassin versant du Villarçon

1.1.2. Le cours d'eau

1.1.2.1. Généralités

Le bassin versant se compose de deux principaux cours d'eau : le Villarçon (code SANDRE : K6706200) et le Bellefontaine (code SANDRE : K6706400). Les deux ruisseaux confluent dans le parc Edouard André sur la commune de La Croix-en-Touraine (**Figure 2**). Un bras du Bellefontaine se jette dans le Villarçon et un autre bras se jette directement dans le Cher.

Dans ce rapport, la détermination du bassin versant du Villarçon s'est faite en se basant sur l'exutoire du Villarçon et non sur celui du bras du Bellefontaine se jetant directement dans le Cher. Ainsi, le Bellefontaine est considéré comme affluent du Villarçon.

Sur le SDAGE, 2010-2015, le Villarçon a été prospecté et il est identifié comme enchevêtrement de fossé. Seul un indice biologique diatomées (IBD) a été réalisé en 2009, en aval de la confluence avec le Bellefontaine (**Figure 3 : f**). Les résultats de l'analyse ont montré une bonne qualité d'eau et d'habitat. Cependant, sur le SDAGE de 2016-2021, le Villarçon n'a pas été prospecté et il a été intégré avec la masse d'eau du Cher.

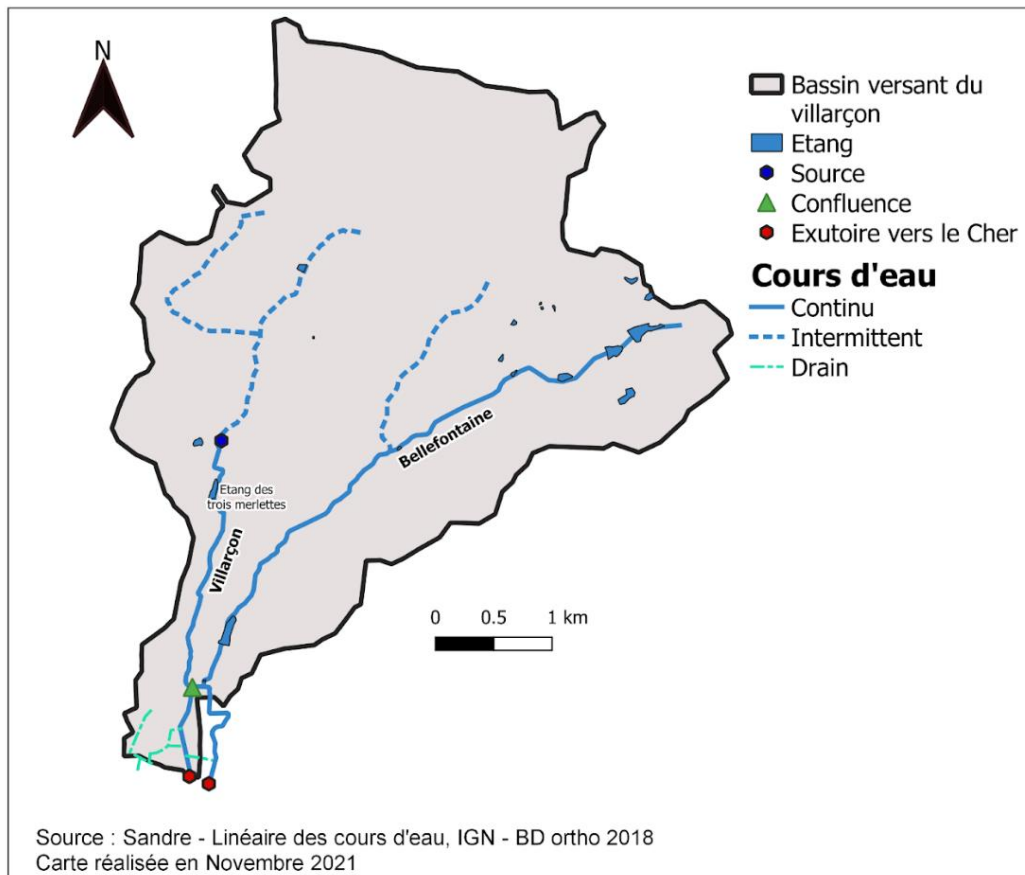


Figure 2 : Réseau hydrographique du bassin versant du Villarçon

La surface de drainage est de 17 km² pour un périmètre de 23 km. On peut ainsi calculer l'indice de compacité de Gravelius du bassin versant. Cet indice est de 1,56, ce qui indique une forme étirée car comprise entre 1,4 et 1,7 (Karimou et al., 2017). Cette forme est caractéristique d'écoulements aux débits de pointe faible lors d'une crue et donc avec un débit plus constant. Autrement dit, les précipitations en amont du bassin versant mettent plus de temps pour arriver à l'exutoire, ce qui signifie donc que l'apport en eau est constant et les pics de crue moins sévères.

Le cours d'eau du Villarçon fait 5,8 km de longueur et peut être séparé en 3 parties :

- La Forêt d'Amboise, caractérisée par une canopée de feuillus et tout un réseau de petits drains rectilignes qui se croisent. Dans cette zone le cours d'eau du Villarçon est intermittent, représentant un linéaire de 2,5 km (**Figure 3 : a**).

- Entre la source et la confluence avec le Bellefontaine. La source semble être pérenne (**Figure 3 : b**) et est directement suivie par un ouvrage avec un clapet (**Figure 3 : c**). Le Villarçon se jette ensuite dans l'étang des 3 Merlettes qui sert d'étang écrêteur de crue. Ensuite, il traverse la partie urbanisée de La Croix-en-Touraine. Cette portion de cours d'eau n'est pas assurément permanente même si la source alimente en continu le Villarçon, car des pertes en eau ont été remarquées, sûrement dues à de l'infiltration, à de l'évaporation ou à des prélèvements. Il a été remarqué qu'à la confluence, le Villarçon pouvait être en assec. La plupart du temps, celui-ci suit le tracé de la route et cette portion représente 2,8 km.

- La partie en aval de la confluence avec le Bellefontaine, caractérisée par de nombreux drains et fossés formant tout un chevelu. Certains drains se jettent directement dans le Cher et d'autres alimentent le Villarçon (**Figure 3 : e**). Cette partie est à dominante urbaine. Le cumul des linéaires des drains sur le bassin versant est de 3 km et 600 m séparent la confluence entre les deux ruisseaux de l'exutoire.



Figure 3 : les composantes du Villarçon

Le Villarçon a été profondément rectifié et curé en forme trapézoïdale surtout sur les parties qui longent les routes et dans la ville. Sur certaines parties, la hauteur à pleins bords peut atteindre 1,6 m. Certaines portions sont rectilignes et la section transversale est contrainte à garder cette forme sans laisser d'opportunités au cours d'eau de modifier son tracé (**Figure 3 : d**). Ces transformations sont préjudiciables pour la qualité morphologique du cours d'eau. En effet, la rectification accentue la pente et par conséquent la force de cisaillement. Ce phénomène augmente l'érosion du lit mineur qui va avoir tendance à se creuser. Cette incision est accentuée par l'artificialisation des berges qui limite la divagation latérale du cours d'eau. De plus, les matériaux non érodés sur les berges sont prélevés sur le fond du cours d'eau. Enfin, la dégradation de la morphologie ne permet pas une bonne diversité d'habitat.

Le linéaire du Bellefontaine est quant à lui de 7,1 km. Sur la partie amont, une mosaïque de plans d'eau de taille variable suit le linéaire du cours d'eau. En amont de la confluence avec le Villarçon, le Bellefontaine se sépare en deux parties. Une première alimente le Villarçon et l'autre alimente directement le Cher.

1.1.2.2. Débitmétrie

Un débit est un volume d'eau écoulée à travers une section donnée dans un laps de temps défini. Le débit du Villarçon et du Bellefontaine ont été mesurés afin d'apporter des connaissances supplémentaires sur ces cours d'eau. En premier lieu, il a été essayé de mesurer le débit du via la méthode d'exploration du champ des vitesses et dans un deuxième temps, c'est la méthode du seau qui a été utilisée.

- **Méthode d'exploration du champ des vitesses**

Cette méthode consiste à mesurer la vitesse d'écoulement de l'eau à différentes profondeurs et en différents points sur une transversale de la rivière. Ainsi, par une double intégration, nous obtenons le débit total de la rivière. Le matériel qui a été utilisé est un micro-moulinet qui mesure un nombre de tours pendant un temps donné, ainsi qu'un décimètre.

Cette méthode a été appliquée 10 mètres à l'aval de la confluence entre le Villarçon et le Bellefontaine. Cependant, lors du jour des mesures, le mercredi 6 octobre 2021, les niveaux d'eau étaient trop faibles pour que l'hélice du micro-moulinet soit entièrement immergée. Cette méthode a donc été abandonnée.

- **Méthode du seau**

Cette méthode vient se substituer à celle de l'exploration du champ des vitesses. Pour mesurer le débit, le matériel qui a été utilisé est un seau, une éprouvette graduée de 1 L et un chronomètre. Afin d'appliquer la méthode, il faut récolter dans un temps donné la totalité du volume d'eau qui passe dans une section donnée avec un seau. Ensuite, il faut mesurer le volume prélevé grâce à une éprouvette et ramener à un volume écoulé par seconde pour obtenir le débit. Pour effectuer ces mesures, nous avons choisi de nous positionner à l'aval d'une partie busée de la rivière afin d'être sûr de collecter l'ensemble du débit mais aussi pour pouvoir positionner le seau dans la chute d'eau à l'aval de la buse.

Finalement, le débit du Villarçon a été mesuré à l'aval immédiat de la buse servant d'exutoire à l'étang des 3 Merlettes et pour le Bellefontaine, à l'aval d'une buse située à côté du centre équestre du Ranch des Terres noires. Les résultats sont exposés dans le tableau 1 suivant :

Tableau 1 : Résultats des mesures de débits

		Mesure 1	Mesure 2	Mesure 3
Villarçon	Débit (L/s)	0,875	0,879	0,911
	Débit moyen (L/s)	0,888		
Bellefontaine	Débit moyen (L/s)	4,504	4,497	4,512
	Débit moyen (L/s)	4,504		

A noter qu'à la confluence, soit 1,5 km en aval du point de mesure sur le Villarçon, il a été remarqué que celui-ci peut être en assec. Nous en déduisons donc qu'il y a des pertes par infiltration, évaporation ou prélèvement entre l'aval de l'étang des 3 Merlettes et le bourg de La Croix-en-Touraine.

Enfin, il est important de souligner que les mesures de débits par cette méthode ont été effectuées en période de hautes eaux, le jeudi 25 novembre 2021. Ceci n'est donc pas représentatif du module hydrologique du Villarçon (débit moyen interannuel d'un cours d'eau).

1.1.3. Géologie

La géologie est par définition la science qui étudie la structure et l'évolution de l'écorce terrestre. Elle est aussi considérée comme la science du "sous-sol" de la Terre, puisque de nombreuses formations géologiques, caractérisées par des périodes datées et des propriétés bien distinctes, sont présentes.

En ce qui concerne ces formations géologiques, elles permettent de déduire et de prévoir les propriétés du sol qui en résultent, telles que la perméabilité et la composition minérale. Cela permet de connaître l'histoire de la création du cours d'eau, ainsi que sa qualité géochimique et morphologique. Cette étude indiquera aussi l'origine et la provenance des minéraux dissous.

L'histoire de la géologie en Touraine qui va principalement nous intéresser sur ce bassin versant, commence à l'ère Mésozoïque (250-66 M.a.), plus précisément au Crétacé (~145 - 66 M.a.), à l'étage du Cénomanién (100,5 M.a.). Dans cette étude, les affleurements correspondent à quatre périodes géologiques principales et cette partie va être consacrée à l'étude de ces périodes, s'étendant sur 100 M.a.

1.1.3.1. Affleurements du Crétacé (145 - 66 M.a.)

Les premiers dépôts à l'affleurement remontent au Crétacé supérieur (100 - 65 M.a.). Pendant cette période, la mer recouvrait la Touraine du fait d'une transgression marine mondiale. Les dépôts du Crétacé supérieur sont constitués d'une succession de variations de faciès, témoins des variations de profondeur de la mer et de la distance au rivage (Chambre d'agriculture d'Indre-et-Loire, 1968). On distingue trois étages : le Cénomanién (100-93 M.a.), le Turonien (93-88 M.a.), et le Sénonien (88-65 M.a.).

Au Cénomanién, les dépôts sont d'une épaisseur allant de 50 à 100 m. Dans le bassin versant du Villarçon, le toit du Cénomanién (zone correspondant sur la figure 6 à la limite des couches géologiques c1Mo et c2CrM) est situé à environ 150 mètres de profondeur, soit à une altitude de -58 à -60m par rapport au niveau de la mer (Figure 6). Selon la chambre d'agriculture d'Indre-et-Loire (1968), les dépôts du Cénomanién sont constitués de sables, de grès de Vierzon et de marnes à Ostracées (marnes à huîtres principalement), connus pour leurs propriétés imperméables.

La couche du Cénomanién supérieur contient la nappe captive des sables cénomaniens semi-profonde où les débits obtenus sont d'autant plus importants que l'on s'enfonce plus profondément dans les sables (un débit de l'ordre de 100 m³/h). Elle présente les caractéristiques d'une nappe captive lorsqu'elle est recouverte par les marnes à Ostracées.

Au Turonien (93-88 M.a.), les dépôts d'une épaisseur d'environ 100 m, sont divisés en trois sous étages géologiques : le Turonien inférieur, moyen et supérieur.

Au Turonien inférieur, ces dépôts se sont faits dans une mer calme, profonde de quelques dizaines de mètres. Ils ont abouti à la formation d'une craie marneuse à *Inoceramus labiatus* (Mollusque bivalve ressemblant aux huîtres), d'une épaisseur de 35 mètres.

Au Turonien moyen, la mer devient moins profonde, moins calme et les sédiments déposés deviennent légèrement plus sableux. Cet étage est formé du "Tuffeau de Bourré", une craie blanche, riche en grains de quartz et en paillettes de muscovite, qui se présente en bancs homogènes d'épaisseur inférieure à 1,50 mètres séparés par des zones d'existence de nodules siliceux durs, les appelés "cherts branchus" (Rasplus L, et al, 1982). La couche a une épaisseur totale d'environ 40 mètres.

Subséquent, au Turonien supérieur, la mer devient littorale, la sédimentation se fait en milieu plus agité et en eau peu profonde. Les dépôts détritiques proviennent de l'érosion des massifs rocheux à proximité (Massif Central et Massif Armoricaïn). Cette roche est appelée le "Tuffeau jaune", formée des calcaires gréseux, de craie jaune sableuse et tendre, riche en quartz. Elle contient également des fossiles sous forme de couches à bryozoaires bien développées et la partie terminale se trouve sur un banc à *Ostrea columba* (Chambre d'agriculture d'Indre-et-Loire, 1968). Cette formation a une épaisseur de 20 m sur le bassin versant du Villarçon.

Enfin pendant le Sénonien, les dépôts marins se poursuivent, même si la mer tend progressivement à se retirer à la fin de cette période. Avec une épaisseur d'environ 7 à 10 mètres de calcaires durs, appelés Craie de Cangey (c3-4CR sur la figure 4), qui affleurent dans les escarpements crayeux qui bordent les vallées de la Loire et du Cher (Chambre d'agriculture d'Indre-et-Loire, 1968). Sur le bassin versant, la Craie de Cangey est la plus ancienne roche présente à l'affleurement, même si sa présence reste faible (2,4% de l'affleurement total du BV), notamment sur les fonds de vallées aval du ruisseau de Villarçon et du ruisseau de Bellefontaine.

1.1.3.2. La Touraine au Cénozoïque (65 - 0 M.a.)

Le Cénozoïque correspond aux dépôts des périodes du Paléogène, du Néogène, ainsi que de la période Quaternaire. La période du Paléogène (65-23 M.a.) est divisée en trois époques, le Paléocène, l'Eocène et l'Oligocène, qui présentent une épaisseur maximale totale de 20 m.

Au début du Paléogène (Paléocène 66-56 M.a.) les formations à l’affleurement sont soumises à une altération intense sous un climat tropical humide. Ceci conduit à la formation d’une grande quantité d’argiles à silex, (jcS sur la **figure 4**) dans lesquelles on trouve des silex entiers ou peu fragmentés ainsi que des fossiles silicifiés d’âge Sénonien, ainsi qu’à la formation d’oxydes de fer. Cette formation d’argiles à silex se retrouve à l’affleurement dans les fonds de vallées du Villarçon et du Bellefontaine et représente 10 % de l’affleurement total de la superficie du bassin versant étudié. L’Eocène, sous étage géologique du Paléocène (e1-4 sur la **figure 4** et sur la coupe **figure 6**), est caractérisé par des périodes plus sèches, des éléments de silex et de spongiaires remaniés du Sénonien. Ces derniers ont pu être cimentés par de la silice, sous forme de blocs, appelés « perrons » en Touraine. Cette formation est observable à des altitudes de 95 à 100 m en remontant les vallées des deux ruisseaux et représente 8,7% de la superficie totale des roches en surface.

A la fin du Paléogène (Oligocène 34-23 M.a.) des lacs de faible profondeur bordés de marais s’installent et sont à l’origine des calcaires lacustres, contenant de rares fossiles, marnes et meulières. Cependant sur le bassin versant du Villarçon et du Bellefontaine, on ne retrouve pas de ces formations à l’affleurement sur la **figure 5**.

Le Néogène, qui s’étend du Miocène au Pliocène (23-1,75 M.a.), est marqué par diverses phases marines et fluviales qui sont à l’origine de dépôts de sédiments variés.

Le Langhien (16-11 M.a.) ou Helvétien, s’étend sur la majeure partie de la Touraine. Il est caractérisé par une mer peu profonde avec des dépôts de sédiments de type sable et gravier appelés les « faluns ». Toutefois, cette couche présente un léger affleurement dans le bassin versant du Villarçon (1,3% de l’affleurement total) et se retrouve sur l’amont de la vallée du ruisseau de Bellefontaine (m2-4SM sur la **figure 4 et 5**).

Au cours du post-Langhien (11-2.6 M.a.), on observe un vaste épandage détritique de graviers, sables grossiers et argiles à partir de matériel local et provenant de l’érosion du Massif central.

Au Quaternaire (depuis 2.6 M.a.), la surface est modelée et couverte d’une pellicule de dépôts minces. Le climat est alternativement tempéré et froid. L’alternance d’érosion fluviale et d’engorgement alluvial assure le creusement des vallées et donc l’enfoncement de tout le réseau hydrographique dans les plateaux tertiaires.

Des limons appelés « limons des plateaux » et des sables éoliens (respectivement qOE et qN sur la **figure 4**) sont transportés sur de courtes distances, les sables notamment sont soufflés à partir des alluvions de cours d’eau.

On observe des limons des plateaux correspondant à 69,3% du bassin étudié, démontrant que ce dernier est un bassin jeune. A noter également que sur toute la partie sud du bassin versant la présence des alluvions modernes et la présence de vestiges d’anciennes terrasses alluviales témoignent de l’enfoncement de ces cours d’eau (ils représentent une infime partie de la surface totale de l’affleurement des roches du bassin versant).

1.1.3.3. Les roches à l'affleurement aujourd'hui

Grâce aux données présentes sur le site internet InfoTerre - BRGM (partie banque du sous-sol, 2006), la carte géologique des affleurements décrits précédemment, a pu être établie sur le bassin versant du Villarçon et du Bellefontaine (**Figure 4**). Elle vient donc illustrer nos propos et informer l'endroit spécifique de la coupe géologique réalisée (**Figure 6**).

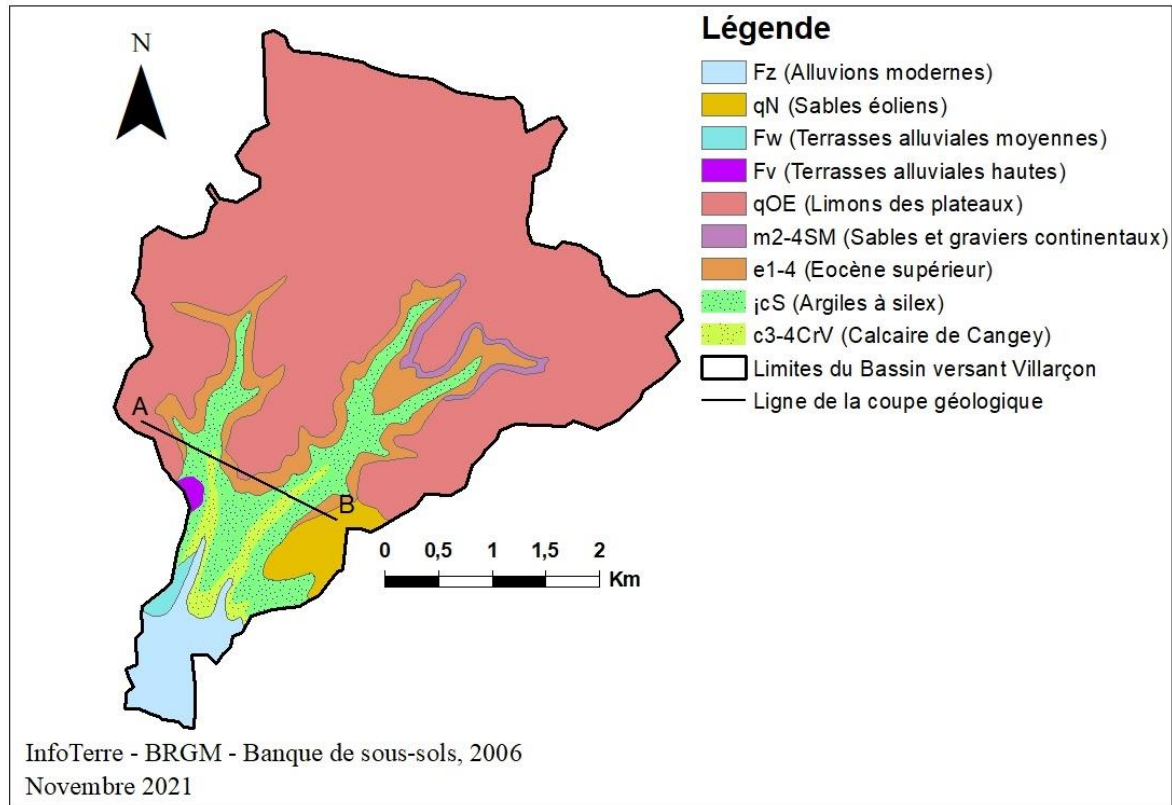


Figure 4 : Géologie du Bassin Versant du Villarçon

A travers la figure ci-dessous, il a été possible de construire un graphique des pourcentages de la surface du bassin, afin de quantifier la proportion de certaines couches par rapport aux autres et ainsi de faciliter la compréhension des études centrées sur le sol. Le graphique est représenté ci-dessous (**figure 5**)

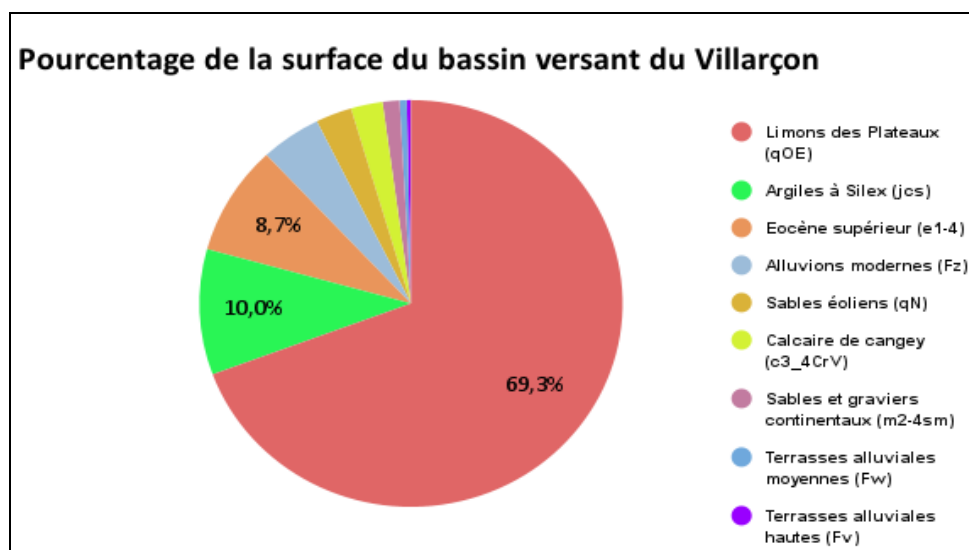


Figure 5 : Pourcentage de la surface géologique présent dans le bassin versant du Villarçon

La carte géologique et le diagramme de répartition de la surface couverte par les affleurements peuvent être mis en relation avec une coupe géologique, dans le but d'avoir une vision plus globale des successions de couches et des périodes décrites dans les paragraphes ci-dessus. De plus, cette coupe nous permet d'observer l'érosion des matériaux par les cours d'eau.

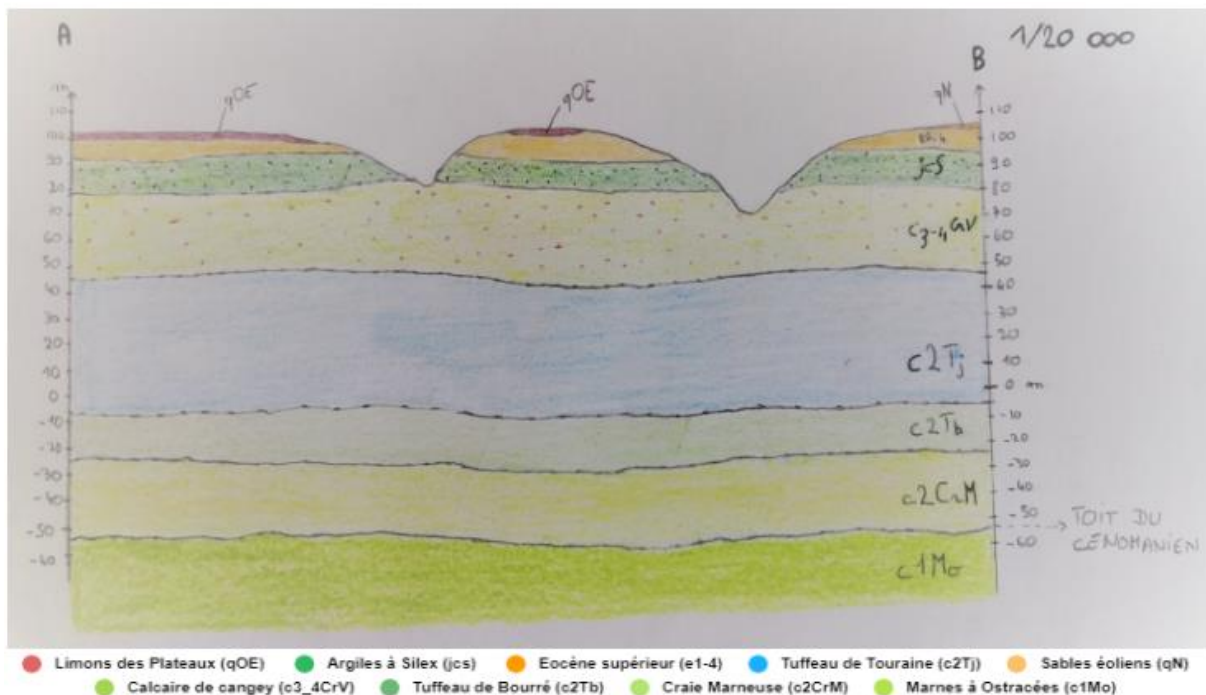


Figure 6 : Coupe géologique réalisée du point A au point B sur la figure 4

Pour s'imaginer l'érosion réalisée au cours du temps, il faudrait remplir les deux creux visibles des vallées présentes (celle de gauche représentant la vallée du Villarçon et celle de droite celle de Bellefontaine) pour avoir un terrain globalement plan. A la suite des événements hydrologiques, couplés aux pentes (faibles mais existantes), les limons des plateaux ont été érodés, évacués par les deux ruisseaux vers le Cher, laissant apparaître deux dépressions : c'est le début du creusement des vallées. En conséquence, la couche de l'Eocène supérieur apparaît à l'affleurement. C'est cette érosion progressive qui a fait disparaître les couches les plus jeunes dans les vallées et a donc fait apparaître les dépôts les plus anciens à l'affleurement, comme les argiles à silex (jCs sur la figure 4) ou le Calcaire de Cangey (c3-4 CrV sur cette même figure).

Cette coupe géologique nous fournit également une autre information : la présence de faibles pentes sur le bassin versant. La présence de ces dernières peut être déduite de la coupe, notamment grâce à la topographie présente sur cette dernière et grâce aux caractéristiques des limons des plateaux.

L'épaisseur de la couche des limons des plateaux est très fine, seulement 2 à 3m environ, tandis que cette structure occupe la majeure partie du bassin versant, essentiellement sur la partie Nord. Celle-ci est occupée par la forêt d'Amboise, témoignant donc de la présence de pente faible sur ce bassin, car malgré le temps et les événements météorologiques, ces limons sont restés présents à l'affleurement. Les limons des plateaux, définis comme très fins et peu perméables, vont donc engendrer des conséquences sur les types de sols présents en surface, sur l'exploitation agricole du bassin versant ainsi que sur l'hydromorphie comme nous le verrons par la suite.

1.1.4. Pédologie

La pédosphère se trouve à l'interface entre l'atmosphère, la biosphère, la lithosphère et l'hydrosphère. Le sol est un élément naturel et essentiel qui évolue et se forme constamment, en relation avec la roche mère, le temps, le climat, la topographie et les organismes vivants. Il est le résultat d'une altération, de la transformation et de l'organisation de la couche terrestre superficielle.

C'est donc pour ces propriétés et leur importance que nous nous intéressons à la pédologie, c'est-à-dire l'étude des sols.

Nous étudierons la classification générale, les textures superficielles, l'hydromorphie, les réserves utiles et les aptitudes agricoles des sols du bassin versant du Villarçon (Boutin J.D, Mai 86 et Boutin J.D. , A. Thomas, Février 87).

1.1.4.1. Classification des sols

Les deux paramètres principaux qui influencent la distribution et la composition des sols sont la géologie et la topographie. Selon la nature de la roche mère en profondeur et les caractéristiques topographiques comme la pente et la proximité d'un thalweg, les sols seront de nature différente. Ainsi, au sein du bassin versant du Villarçon, on retrouve une mosaïque de classification des sols, dominée par deux types : les sols lessivés et les sols bruns faiblement lessivés (**Figure 7, Annexe 1**).

Au nord du bassin versant, ce sont les sols lessivés que l'on rencontre. Deux conditions ont été nécessaires pour les former. Tout d'abord, comme vu précédemment dans la partie géologie, ce sont des limons qui peuplent le nord du bassin. Ces limons des plateaux sont des particules de taille très fine. Ensuite, la deuxième raison est que les pentes sont faibles. Le transfert de l'eau (le lessivage) se fait donc verticalement entre les limons, appauvrissant ainsi la surface en nutriments. Plus la pente diminue, plus le lessivage par l'eau et donc l'appauvrissement de la surface augmentent. On parle de sols lessivés, ou évolués. Ils sont peu compatibles aux pratiques agricoles, ce n'est donc pas un hasard si la forêt d'Amboise installée sur ces sols pauvres, est restée en place depuis que François 1er venait y chasser.

Les sols bruns faiblement lessivés sont également des sols lessivés mais à un degré moins important (**Figure 8**). Ces sols dits bruns sont non carbonatés, c'est-à-dire non calcaires. Ils sont situés dans des conditions topographiques différentes, souvent plus pentues, ce qui a limité les transferts d'eau verticaux. La surface s'est donc moins appauvrie en nutriments que pour les sols lessivés. Les pratiques agricoles sont davantage envisageables sur ces substrats.

Dans le bassin versant du Villarçon, on retrouve d'autres types de sols, plus minoritaires que les deux précédents. Tout d'abord, les sols proches du Cher, qui sont des sols très hydromorphes à cause de la présence de la nappe alluviale. Ensuite, on rencontre des sols colluviaux dans les *thalwegs* du Villarçon et du Bellefontaine. En effet, les cours d'eau ont apporté divers matériaux pendant leurs crues, ce qui a contribué à l'enrichissement de ces sols. Enfin, on constate d'autres types de sols comme les rendzines rouges recarbonatées et bruns modaux mésotrophes, notamment dans le sud-est du bassin versant, qui sont riches et compatibles avec l'agriculture.

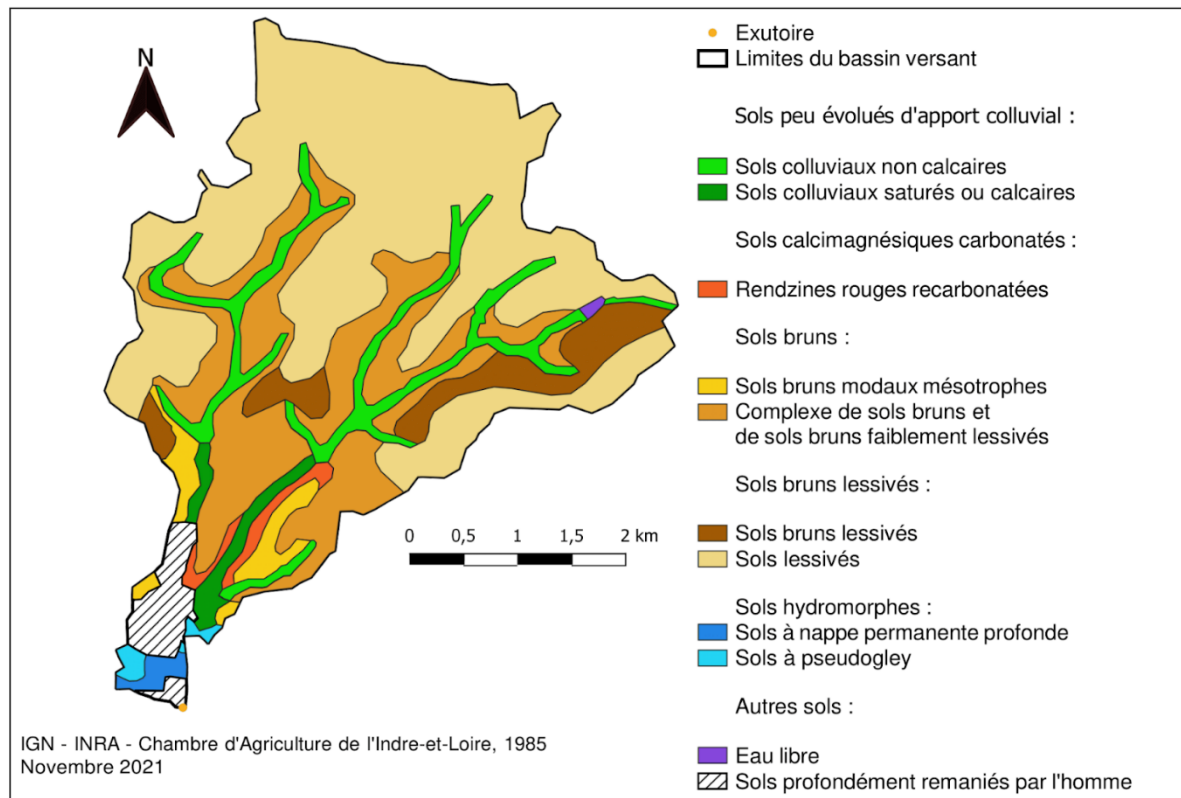


Figure 7 : Occupation du type de sols

A travers la figure ci-dessous, nous représentons les pourcentages de couverture des différents sols sur le bassin versant du Villarçon (**figure 8**). Ceci nous permet de compléter la carte précédente.

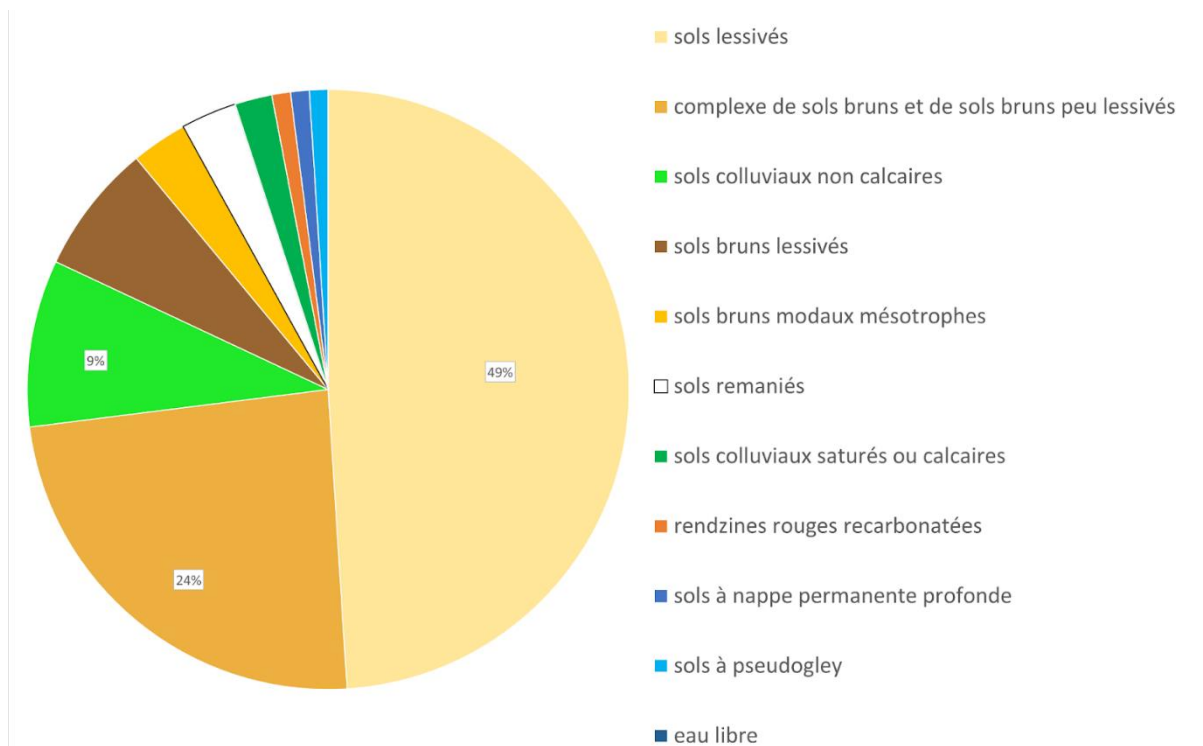


Figure 8 : fréquences d'apparition des différents types de sols au sein du bassin versant du Villarçon

On constate grâce à ce graphique que la moitié des sols du bassin versant du Villarçon sont lessivés. En prenant en compte les complexes de sols bruns et de sols bruns faiblement lessivés, on comprend que 75% du bassin a tendance à être lessivé, ce qui est énorme. Enfin, 9% des sols correspondent aux sols présents dans les thalwegs, dont la composition dépend des apports colluviaux des ruisseaux, mais qui sont généralement plus riches que les sols lessivés.

1.1.4.2. Textures superficielles des sols

La texture superficielle des sols correspond à une classification des sols selon la taille des particules dont ils sont composés. Ci-dessous est présenté le diagramme de Jamagne (1967) (**Figure 9**), qui illustre les différentes classes granulométriques que l'on peut retrouver.

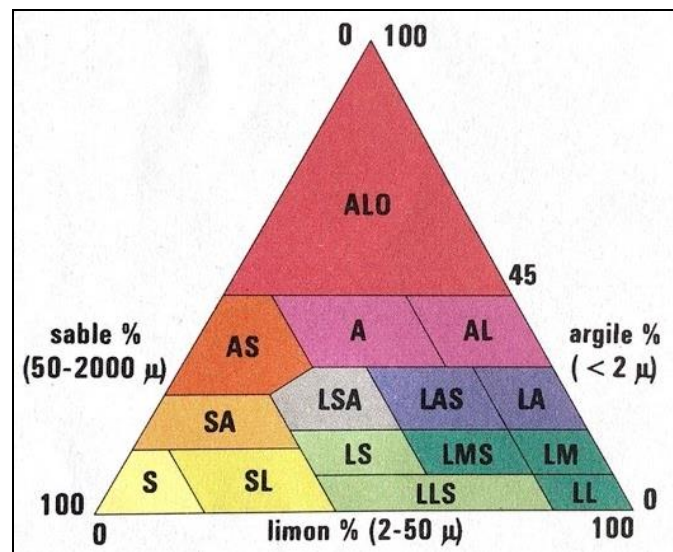


Figure 9 : Diagramme de Jamagne (1967)

S'intéresser à la texture des sols permet de faire le lien avec leur sensibilité à l'érosion. En effet, elle dépend de la taille des particules et du degré de cohésion des sols. C'est ce que l'on se proposera d'étudier dans la partie 2.1.3.3. *Aléa érosion des sols*.

Sur le bassin versant du Villarçon, comme vu grâce aux études géologiques, on retrouve très majoritairement des limons (**Figure 10 et 11**). Ce sont des particules fines dont le diamètre est compris entre 2 et 50 micromètres et qui n'ont pas été érodés à cause des faibles pentes. A noter que les sols limoneux sont sensibles à la battance, c'est-à-dire que leur structure est fragile.

Les sables quant à eux, sont plus grossiers et faciles à travailler par les agriculteurs. Ils sont perméables mais peuvent rapidement être saturés en eau quand le sous-sol est peu filtrant. Ces sols ne retiennent que peu les minéraux utiles à la nutrition des plantes. L'apport de nutriment est donc la pratique agricole majoritaire utilisée.

Enfin, la granulométrie lourde des argiles et leur perméabilité modérée rendent le travail des sols argileux difficiles. Ces sols sont généralement situés à proximité de zones submersibles, comme les plaines inondables.

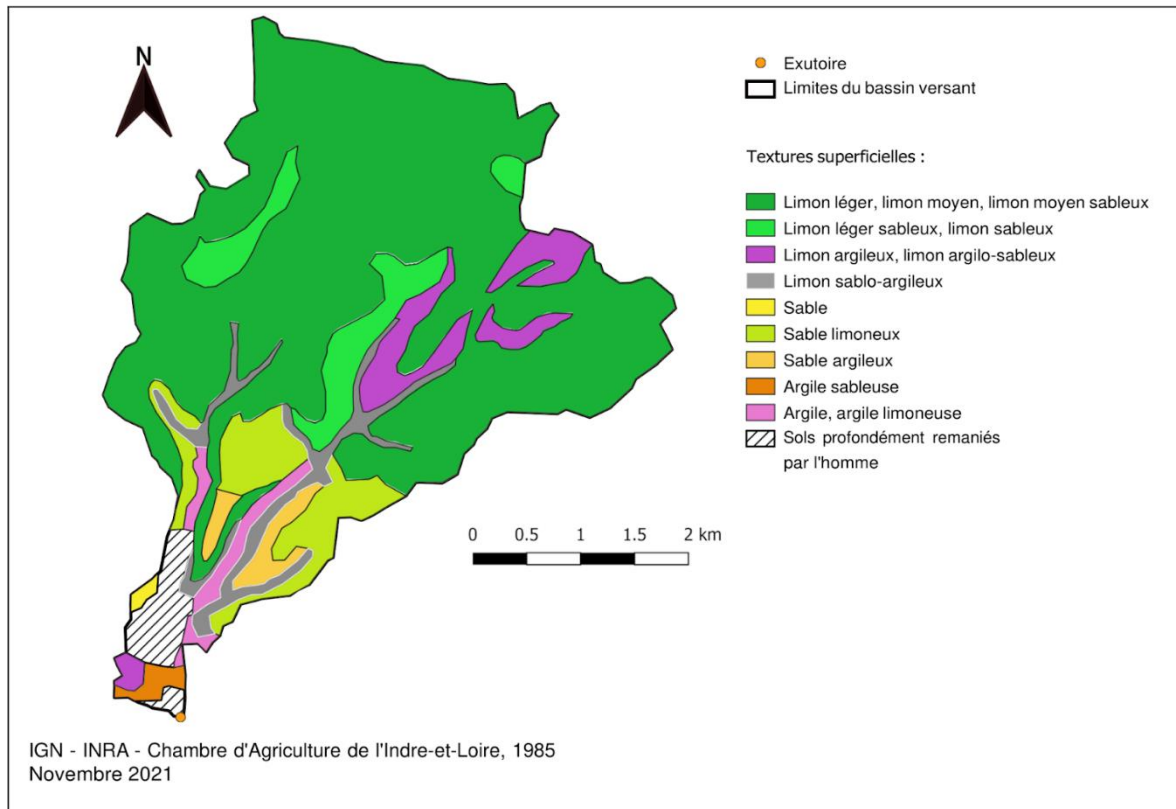


Figure 10 : Textures superficielles des sols

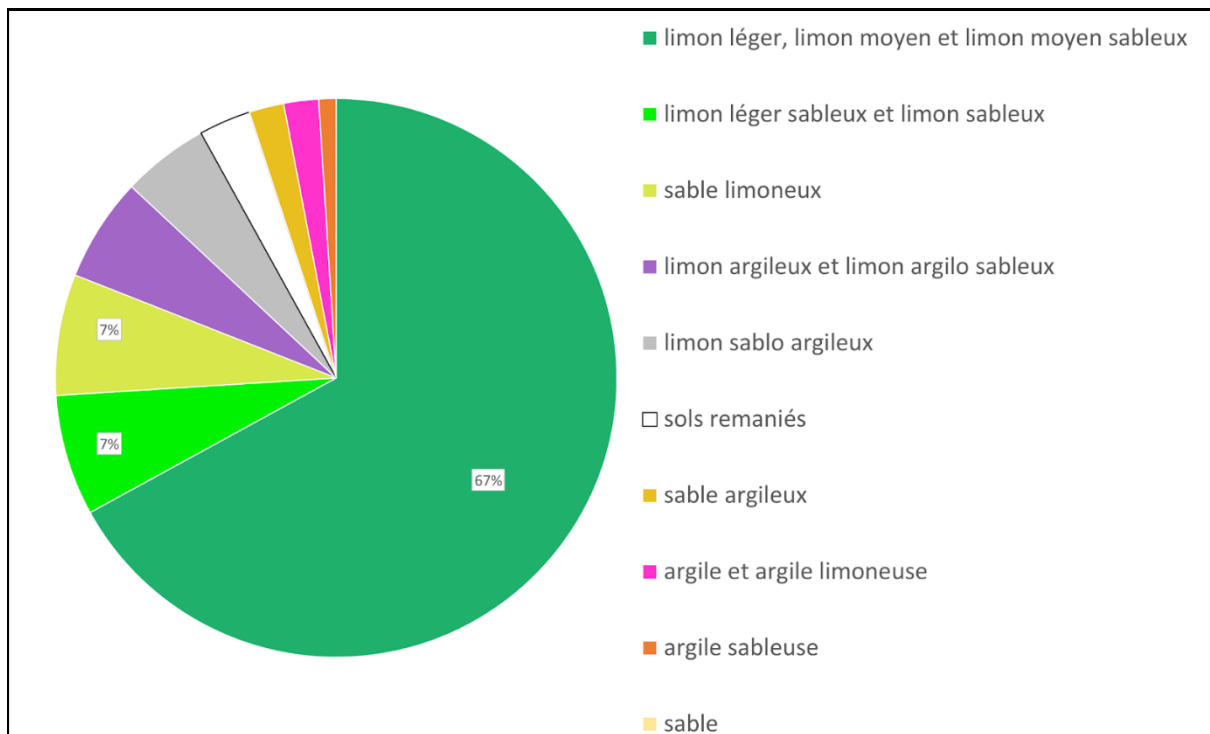


Figure 11 : Fréquences d'apparition des différentes textures des sols au sein du BV du Villarçon

Grâce à la carte **figure 10**, on constate que le bassin versant du Villarçon pourrait être divisé en deux parties : la moitié nord, qui est recouverte de limons dû aux conditions topographiques plutôt plates et la moitié sud qui est composée de textures plus grossières en raison des pentes plus importantes. A noter que l'on retrouve quelques traces d'argiles à proximité du Cher. En effet lors des

crues, les sédiments susceptibles de sortir du lit et de se déposer dans la plaine alluviale sont ceux transportés en suspension, c'est-à-dire les plus fins, donc les argiles.

Le diagramme (**Figure 11**) confirme les interprétations faites suite à la carte des textures : environ 75% des sols du bassin versant du Villarçon sont limoneux, donc potentiellement lessivés et sensibles à la battance. Ces résultats confirment également ceux obtenus lors de l'étude de la classification des sols. En effet, on retrouvait environ 75% de sols lessivés et bruns lessivés.

Nous verrons par la suite que la présence de limons liés aux faibles pentes, a un lien étroit avec l'hydromorphie du bassin versant.

1.1.4.3. Hydromorphie

L'hydromorphie des sols illustre la quantité d'eau retenue dans les sols (**Figure 12**). C'est un paramètre très important pour l'agriculture car les sols hydromorphes ne permettent pas de bonnes cultures ou alors ils doivent être drainés si l'on veut tout de même cultiver. A l'inverse, les sols dits perméables, c'est-à-dire dont l'hydromorphie est faible, sont compatibles avec l'agriculture.

- **Sols à hydromorphie permanente**

Les sols sont continuellement gorgés d'eau. Ils se situent dans notre cas, dans la vallée du Cher (présence de la nappe d'accompagnement du Cher). Pour cultiver, ce n'est pas un réseau de drains enterrés qui est nécessaire, mais de véritables fossés profonds.

- **Sols à hydromorphie à moins de 40 cm de profondeur**

Ces sols se caractérisent par une stagnation de l'eau dans les 40 premiers centimètres de profondeur. C'est un facteur limitant important et le drainage enterré devient donc une priorité pour l'agriculture. A noter que ce sont les sols que l'on retrouve le plus sur le bassin versant car celui-ci a des caractéristiques géologiques, topographiques et pédologiques favorables à cette hydromorphie peu profonde.

- **Sols à hydromorphie entre 40 et 80 cm de profondeur**

Ces sols subissent un engorgement temporaire dans le proche sous-sol entre 40 et 80 cm de profondeur. Cette hydromorphie plus profonde que la précédente est moins préjudiciable pour l'agriculture, même si le drainage par tuyaux enterrés est parfois nécessaire.

- **Sols sains et perméables**

Ce sont les sols compatibles avec les pratiques agricoles. Les drains ne sont pas une nécessité car ces sols ont un ressuyage rapide favorable. Au sein du bassin versant du Villarçon, on les retrouve ponctuellement au sud sur les côteaux et proches du bourg de La Croix-en-Touraine.

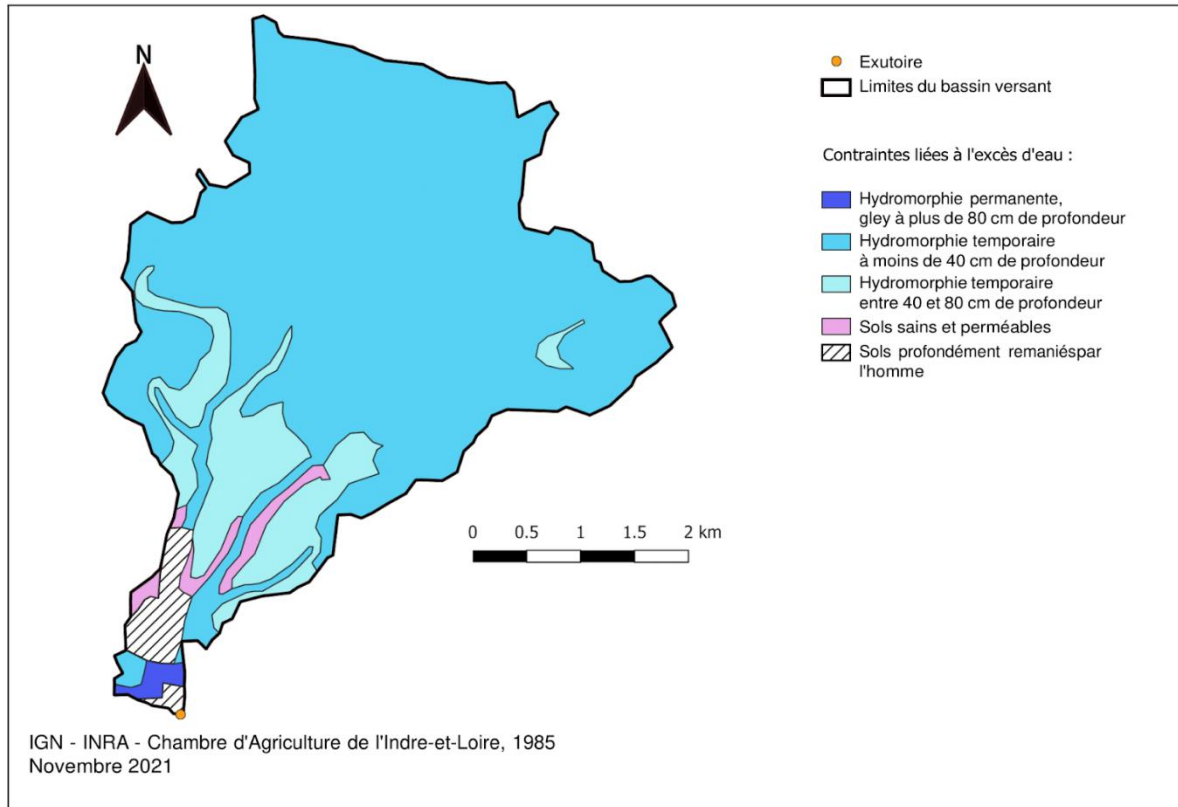


Figure 12 : Hydromorphie des sols du BV du Villarçon

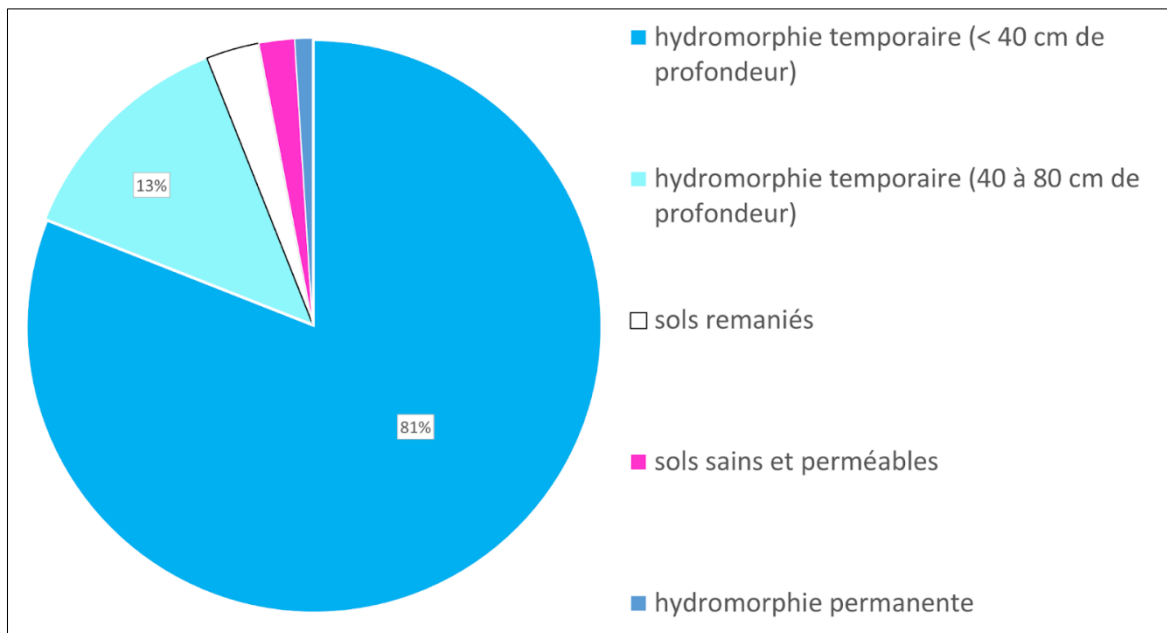


Figure 13 : Fréquences d'apparition des différentes classes d'hydromorphie au sein du bassin versant du Villarçon

Nous pouvons conclure de cette carte et de ce graphique (**Figure 12 et 13**) que le bassin versant du Villarçon est globalement hydromorphe. En effet, les faibles pentes et la présence de limons sont favorables à ces conditions. Pour l'agriculture, c'est un mauvais point : soit il est nécessaire de drainer abondamment, soit la forêt comme celle d'Amboise est conservée.

Enfin, cette hydromorphie est à comparer avec la réserve utile des sols.

1.1.4.4. Réserves utiles des sols

La réserve utile des sols (RU) est leur capacité, non pas à stocker l'eau, mais à la laisser disponible pour les plantes. Il s'agit de films d'eau retenus autour des particules du sols ou entre les interstices.

Alors que l'hydromorphie entraîne le drainage agricole, la réserve utile est à relier aux pratiques d'irrigation. En effet, une réserve utile suffisante pour une culture donnée n'induit pas d'irrigation, mais si elle est trop faible il sera alors nécessaire d'irriguer la parcelle.

La réserve utile des sols (**Figure 14**) est calculée selon leur texture : limons, argiles et sables n'offrent pas les mêmes possibilités. Elle est exprimée en millimètres d'eau par mètre carré et il s'agit de la même unité que pour les précipitations : 1 mm/m² est égal à 1 litre.

Au sein du bassin versant du Villarçon, c'est une mosaïque de réserves utiles que l'on rencontre. Lorsque le groupe était sur le terrain, il a été constaté que là où la réserve utile était faible, des vignes sont cultivées. En effet, ces plantes ont des systèmes racinaires profonds ce qui leur permet de pallier ce manque d'eau. Enfin, au nord du bassin versant (là où se situe la forêt d'Amboise), la réserve utile est importante. Cela est lié au contexte limoneux et hydromorphe des sols et celle-ci représente 38% du bassin versant (**Figure 15**).

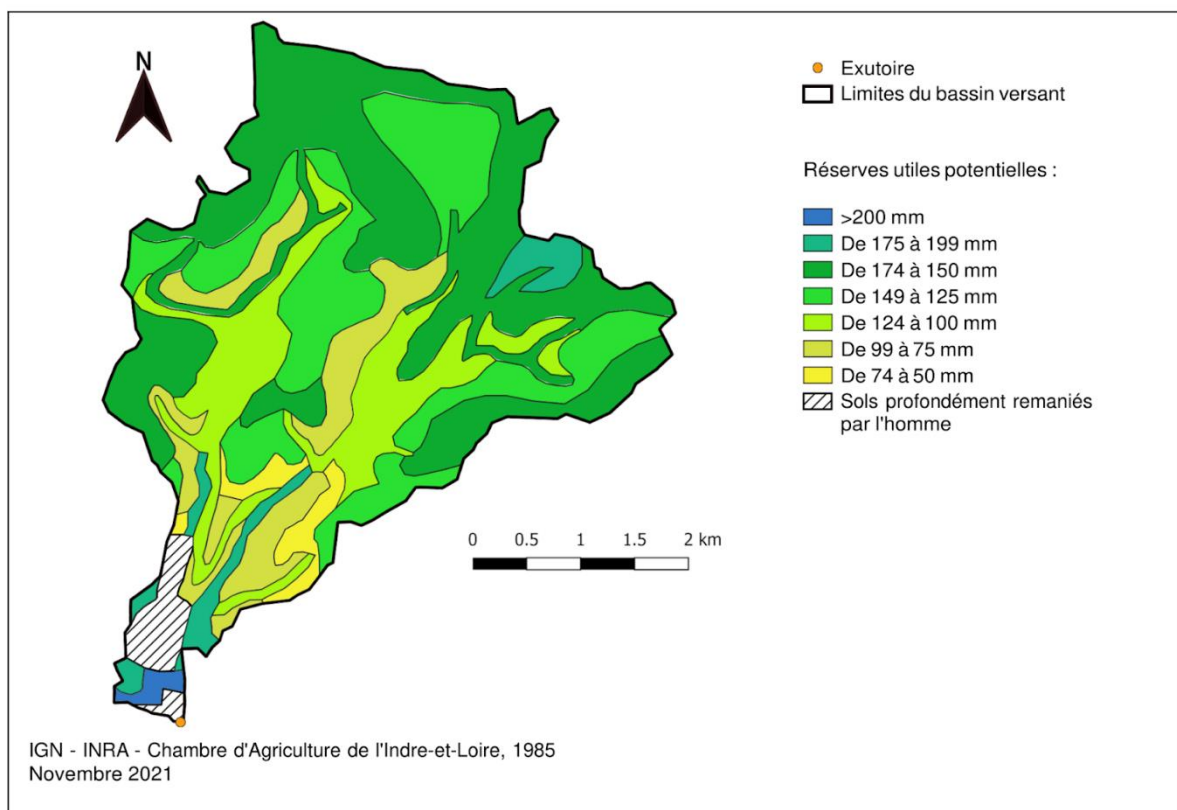


Figure 14 : Réserves utiles des sols du BV du Villarçon

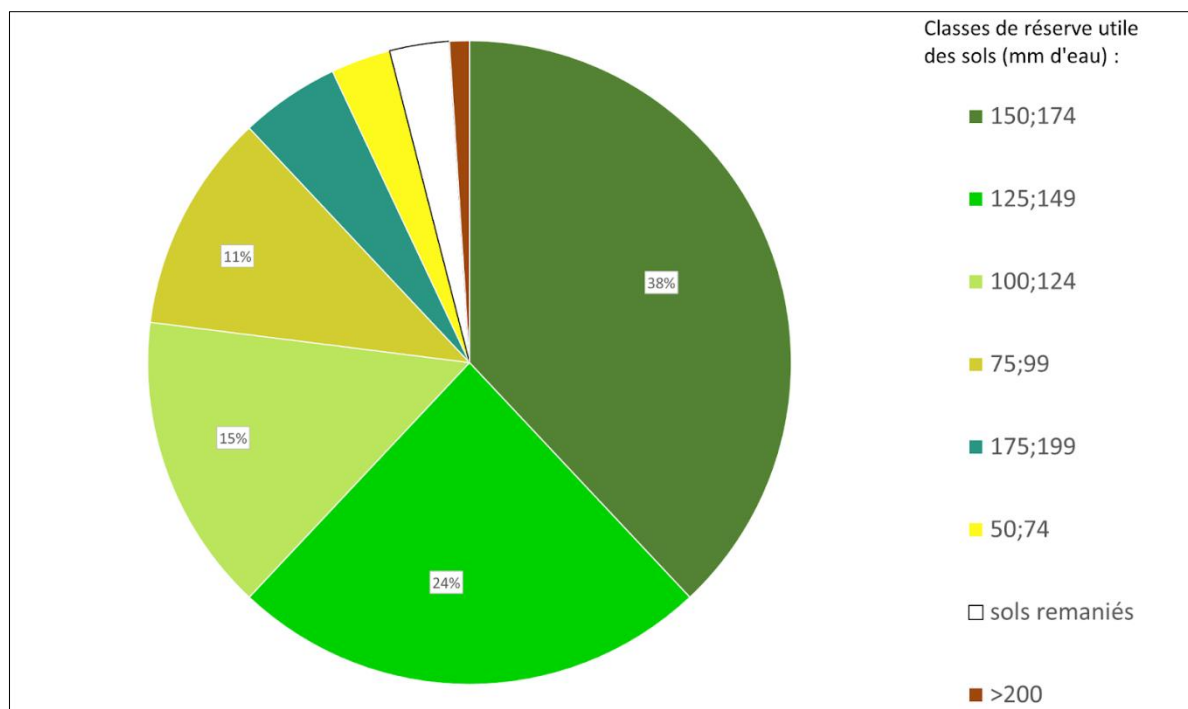


Figure 15 : Fréquences d'apparition des différentes classes de RU des sols au sein du bassin versant du Villarçon

On conclut finalement sur les réserves utiles des sols du bassin versant qu'il existe une diversité de cas. En effet, il apparaît que les sols sont majoritairement à bonne réserve utile. A noter que les sols avec peu de réserve utile sont peu représentés.

1.1.4.5. Aptitudes agricoles des sols

L'analyse des aptitudes agricoles des sols constitue un bilan des données vues précédemment en pédologie : type de sols, textures superficielles, hydromorphie, réserves utiles... L'objectif est de donner aux sols une note sur 100 qui illustre leur potentiel agricole.

A noter que dans le bassin versant du Villarçon, le facteur limitant est l'hydromorphie.

On constate que les aptitudes agricoles des sols du bassin versant du Villarçon sont globalement faibles (**Figure 16**). Les sols les plus aptes à l'agriculture, qui sont rares, se situent au sud du bassin, sur les côteaux ou proches des ruisseaux. L'explication est l'hydromorphie importante du bassin versant. De plus, la texture limoneuse des sols, qui est majoritaire, limite aussi les potentialités agricoles. Les sols sont lessivés, limoneux et hydromorphes, donc peu compatibles avec l'agriculture.

Le bilan de cette partie consacrée à l'étude des aptitudes agricoles des sols est complété par le graphique ci-dessous (**figure 17**). On constate que 75% du bassin versant du Villarçon est peu apte à l'agriculture. Ainsi l'activité agricole est limitée sur le bassin, ce qui constitue un atout pour le ruisseau car il est protégé des menaces engendrées par l'agriculture intensive.

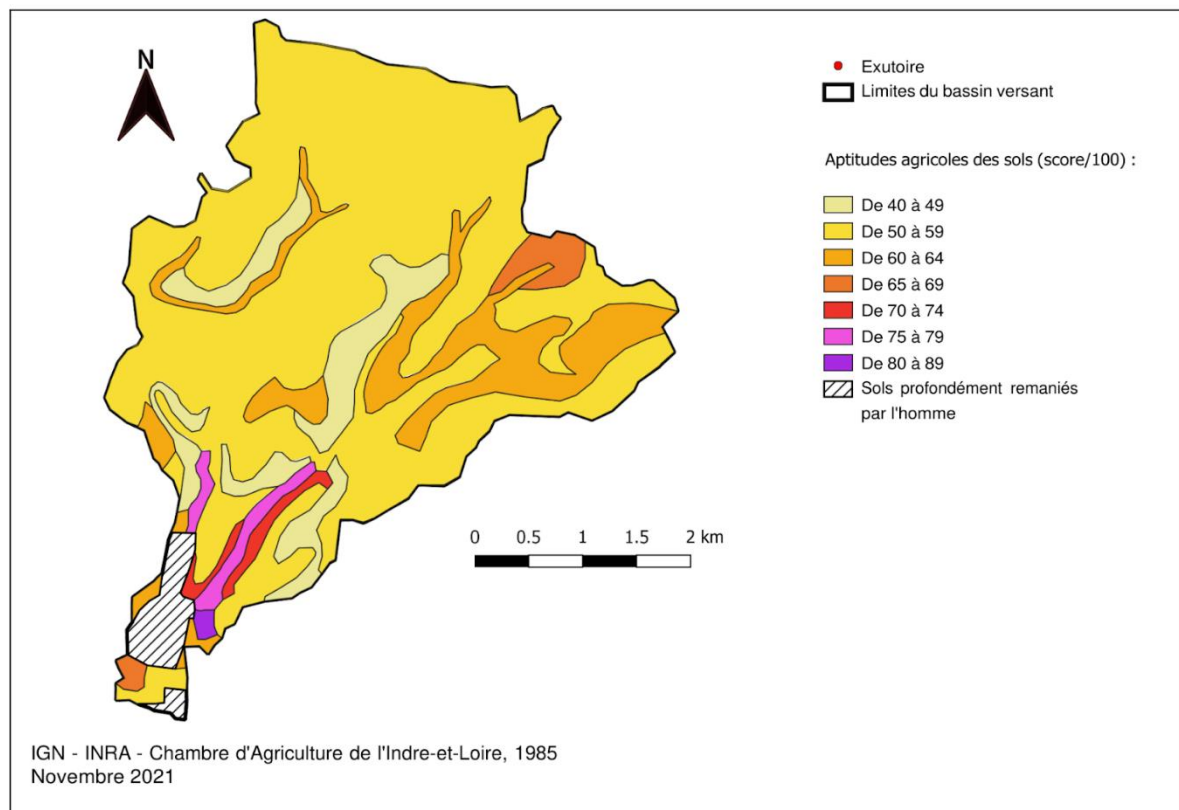


Figure 16 : Aptitudes agricoles des sols du BV du Villarçon

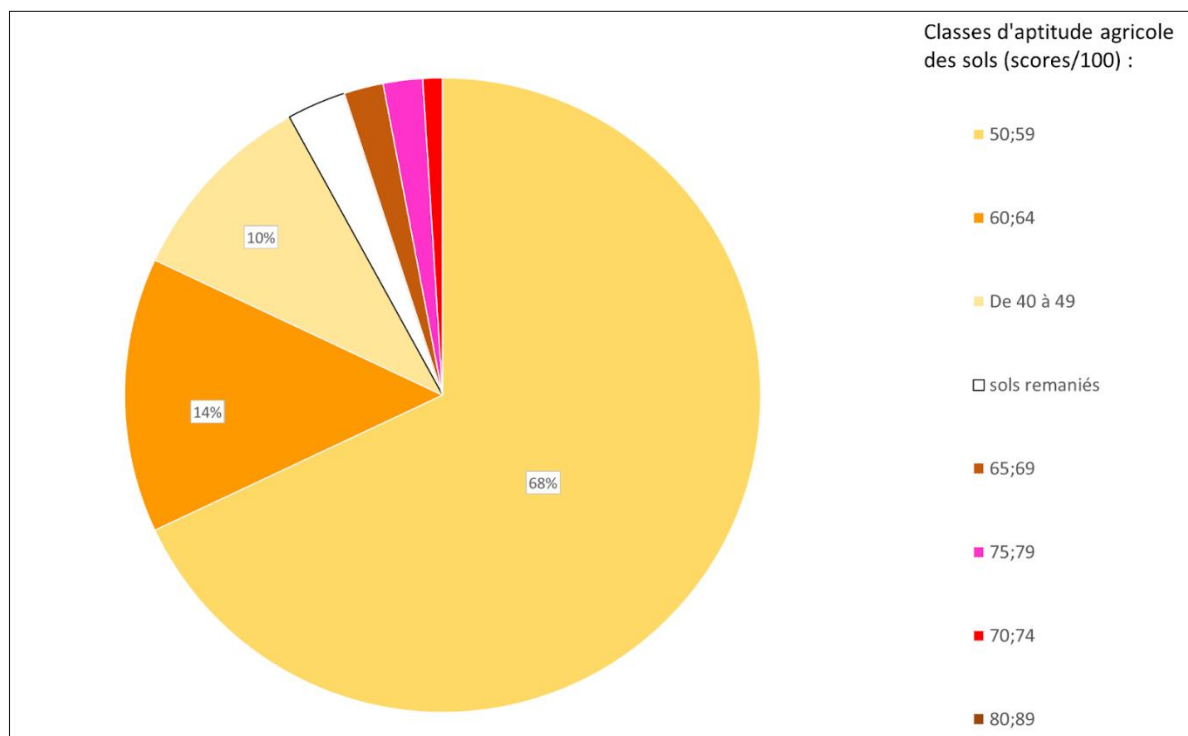


Figure 17 : Fréquences d'apparition des différentes classes d'aptitudes agricole des sols du bassin versant du Villarçon

En conclusion, les sols du bassin versant du Villarçon sont limoneux, lessivés, hydromorphes et peu compatibles avec l'agriculture. Afin de compléter les études géologiques et pédologiques effectuées, il est nécessaire de s'intéresser à la sensibilité à l'érosion des sols du bassin. En effet, même si d'un

point de vue agricole, les milieux aquatiques semblent être protégés, l'étude de l'aléa d'érosion et les problèmes de pollution qu'il engendre est nécessaire pour la suite du diagnostic.

1.1.5. Aléa érosion des sols

L'aléa érosif a été calculé en reprenant la méthodologie du rapport Verseau (Degan et al., 2015) via le modèle MESALES (Modèle d'Évaluation Spatiale de l'ALéa Erosion des Sols). Cette méthode de calcul se base sur l'occupation des sols, la pédologie, la topographie et le climat du bassin versant du Villarçon. L'objectif est ici de connaître la sensibilité des sols à l'érosion sur le bassin versant à la suite des épisodes pluvieux.

1.1.5.1. Taux de couvertures des sols

Le taux de couverture des sols correspond aux moments de l'année où un sol est couvert ou est à nu. Il est indispensable de savoir à quelle période un sol est le plus vulnérable, critère qui dépend notamment des saisons. L'enjeu de la vulnérabilité du sol est important pour l'agriculture car certaines méthodes ou types de cultures peuvent amener à ce qu'un sol soit une partie du temps à nu et s'érode bien plus facilement, car il n'est pas protégé par la végétation.

Le taux de couverture des sols est à l'origine de l'aléa de l'érosion, c'est lui qui conditionne les potentiels enjeux sur un bassin versant. Par conséquent, c'est sur l'amélioration de la couverture des sols qu'il faudra travailler pour diminuer l'érosion dans le cas où des zones à risque seraient observées.

Pour cela, il est nécessaire de réaliser une carte d'occupation des sols. Dans cette partie, l'occupation des sols n'est pas décrite puisqu'elle le sera dans la partie 1.2 *Occupation des sols et paysage*.

Pour réaliser la carte, les données suivantes ont été utilisées :

- Le Registre Parcellaire Graphique (RPG) des années 2017, 2018 et 2019 : il permet d'avoir les parcelles agricoles déjà numérisées avec le type de culture même s'il est incomplet. Les différentes années de RPG permettent de faire une moyenne de recouvrement par saison. Ceci est indispensable, puisque les pratiques agricoles peuvent changer d'une année à l'autre, il y a parfois des parcelles qui sont en rotations ou qui sont mises en jachère. Prendre en compte plusieurs années permet d'effacer cette diversification.

Dans le cas où une parcelle est renseignée pour une année mais pas pour une autre, nous avons supposé que la surface et le type de culture de la parcelle n'ont pas changé en fonction des années car cela est plus précis que l'identification par photo aérienne. Il est indispensable que chaque parcelle ait le même identifiant (id) pour les 3 années pour faciliter le travail de jointure entre les 3 années.

- La BD topo de l'IGN : permet d'obtenir les zones urbanisées et les routes en linéaires. Une zone tampon de 5 m a été vectorisée sur la couche route afin d'obtenir une surface.

- La BD Haie et la BD forêt de l'IGN : permet d'avoir la surface des forêts et le linéaire des haies. Concernant les haies, une zone tampon de 10 m a été faite sur les bases de la largeur moyenne des haies observées via l'orthophotographie.

- L'orthophotographie prise en 2018 par l'IGN : elle permet de combler les manques et de vérifier la qualité des autres couches. C'est grâce à cette couche que les étangs, le cours d'eau, les jardins/parcs et les parcelles agricoles non renseignées ont été numérisés. Toutes les parcelles qui n'ont pas pu être identifiées clairement ont été classées en autres cultures correspondant à une prairie permanente tout comme les jardins/parcs. Les jardins sont ici considérés comme des zones avec un faible aléa à l'érosion.

C'est à l'aide du logiciel QGIS 3.14 que l'occupation des sols a été représentée. Lorsque tout l'espace du bassin versant on a identifié, il faut appliquer un code en fonction du type d'occupation (**Annexe 2**).

Seul le taux de couverture des cultures change en fonction des saisons. Ce taux de couverture est directement donné dans le rapport Verseau et peut changer d'une année à l'autre (**Annexe 3**). Par exemple, la parcelle n°102 possède un taux de couverture de 1 à l'hiver 2017, de 2 à l'hiver 2018 et de 1 à l'hiver 2019.

Pour obtenir la moyenne de couverture du sol, il faut concaténer pour chaque saison le code à 1 chiffre des 3 années différentes. Par conséquent, chaque parcelle aura un code à trois chiffres pour toutes les saisons. Enfin à l'aide d'une clé (**Annexe 4**), ce code à 3 chiffres va correspondre au taux de couverture de l'**annexe 2**.

Ensuite une rastérisation à partir des codes de couvertures de sols est effectuée en veillant à ce que les pixels aient une résolution de 50/50 m. La carte **figure 18** est le résultat du taux de couverture des sols pour les 4 saisons et le diagramme de la **figure 19** montre la proportion de chaque couverture du sol pour chacune des saisons.

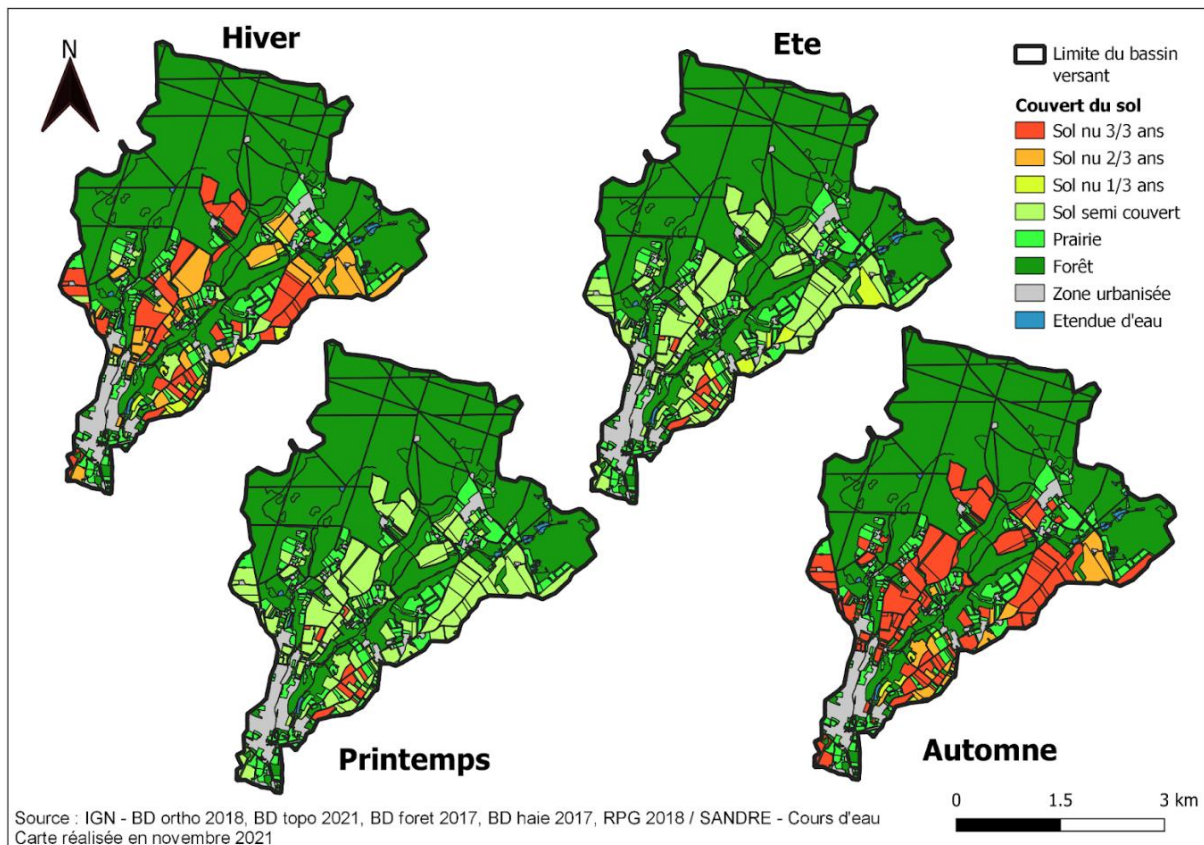


Figure 18 : Taux de couverture du sol sur le bassin versant du Villarçon pour les années 2017, 2018 et 2019

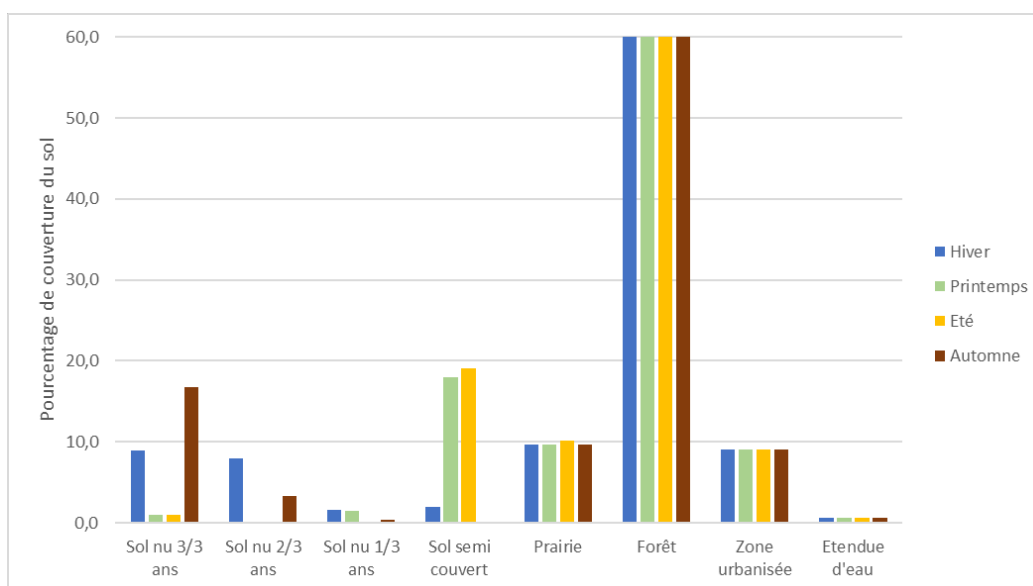


Figure 19 : Proportion du taux de couverture du sol par saison sur le bassin versant du Villarçon pour les années 2017, 2018 et 2019

Le modèle Mesales est un modèle faisant des suppositions qui ne représentent pas toujours la réalité. Ceci est particulièrement vrai pour les vignes qui sont notées avec un taux de couverture nu pour toutes les saisons à cause des sillons entre les pieds de vignes. Ce qui peut être faux dans le cas où l'agriculteur entretient une zone herbacée dans son champ. De plus, certains agriculteurs peuvent déjà mettre en place des outils pour limiter l'érosion sur leurs parcelles et le modèle Mesales ne le prend pas en compte. Le but ici est bien d'extraire les zones avec le plus d'enjeux face à l'érosion même si des précautions sont déjà mises en place.

Sur le bassin versant du Villarçon, la forêt représente 60% de la couverture des sols. Dans ce modèle, la forêt est considérée comme une zone peu sensible à l'érosion. C'est le système racinaire et la canopée qui sont des atouts pour protéger un sol. Ainsi, le bassin versant est donc bien protégé. Si on ajoute les 9% de prairies et les 1% d'étendue d'eau, le bassin versant n'a pas d'enjeux face à l'érosion sur environ les 2 tiers de sa surface.

Sur la carte **figure 18** on peut remarquer un réseau de chemin forestiers en terre tassée qui morcelle la forêt et qui accentue le ruissellement. En règle générale, les zones urbanisées augmentent le ruissellement superficiel et la vitesse des écoulements. Même si les espaces artificialisés ne sont pas soumis à l'érosion, le manque d'infiltration et l'augmentation du ruissellement peut entraîner des problèmes d'érosion, d'inondation et de pollutions plus en aval.

Concernant les espaces agricoles, c'est en hiver et en automne que les sols sont les plus à nu, avec environ 20% du territoire qui est à nu au moins 2 ans sur 3. L'automne reste la saison avec le plus d'enjeux face à l'érosion. Au printemps et en été, seul 1% des sols sont à nu en raison de la présence des vignes et des cultures.

1.1.5.2. Pédologie

La deuxième étape essentielle pour calculer l'aléa érosif du bassin versant est la pédologie. Elle consiste à connaître les propriétés du sol du bassin versant pour ensuite déterminer la sensibilité de ces sols à la battance et au ruissellement mais aussi à l'érodibilité.

La battance indique la propension des sols à former en surface une couche peu perméable, plus ou moins épaisse. La déstructuration des agrégats de sol et le remplissage de la porosité par les particules de sols désagrégées forment une croûte de battance qui diminue l'infiltration et la rugosité des sols en surface. La battance contribue aux phénomènes érosifs de type diffus et à l'augmentation du taux de ruissellement.

L'érodibilité indique l'entraînement des particules du sol à la suite de la désagrégation des agrégats. Elle dépend de la stabilité structurale, de l'état physique de la surface et de la cohésion des particules à la surface du sol, qui déterminent leur propension à être mobilisées.

L'érodibilité et la sensibilité à la battance sont dans le cas de cette étude donnés sous la forme d'un coefficient allant de 1 à 5, numérisant les niveaux d'aléas (1 = très faible, 2 = faible, 3 = moyen, 4 = assez fort, 5 = très fort). Ainsi pour produire les cartes de la battance (**Figure 20**) et de l'érodibilité (**Figure 21**) nous nous sommes basés sur la carte des textures superficielles des sols du bassin versant (**Figure 10**) mais aussi du rapport « Étude et Gestion des Sols » (Le Bissonnais et al. 2004) qui nous a permis d'attribuer une valeur pour la battance et l'érodibilité comme indiqué sur le **tableau 2** ci-dessous.

Tableau 2: Correspondances entre texture superficielle des sols et indice de battance et d'érodibilité

Texture de surface (T1)	battance	érodibilité
ALO : argile lourde	1	1
AL : argile limoneuse	2	2
AS : argile sableuse	1	2
A : argile	2	2
S : sable	2	5
SA : sable argileux	2	4
SL : sable limoneux	3	5
LM : limon moyen	5	4
LMS : limon moyen sableux	5	4
LS : limon sableux	4	4
LA : limon argileux	3	3
LAS : limon argilo sableux	3	3
LSA : limon sablo argileux	3	3
LL : limon léger	5	5
LLS et LSL : limon léger sableux	5	5
LC : limon crayeux ($\text{CaCO}_3 > 50\%$)	3	3
t : pseudo-tourbe ($12,5 < \text{MO} < 25\%$)	1	1
T : tourbe ($\text{MO} > 25\%$)	1	1
888 : zones remaniées	-	-
777 : plan d'eau	-	-

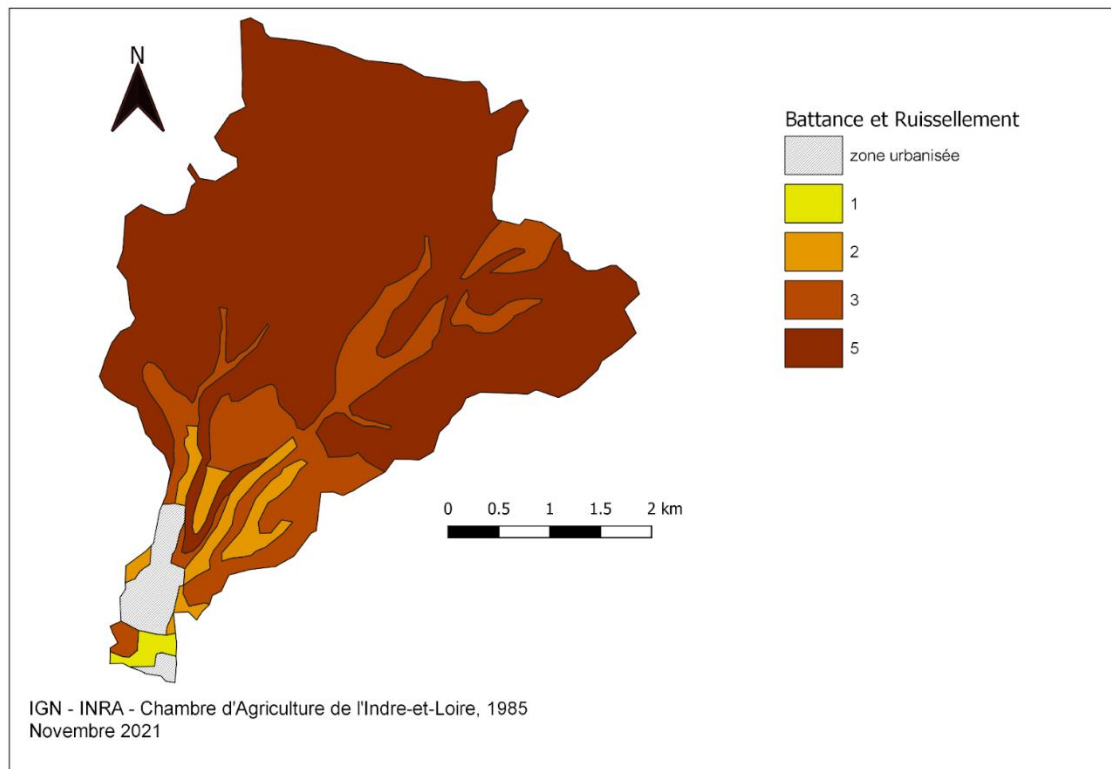


Figure 20 : Battance et ruissellement du bassin versant du Villarçon

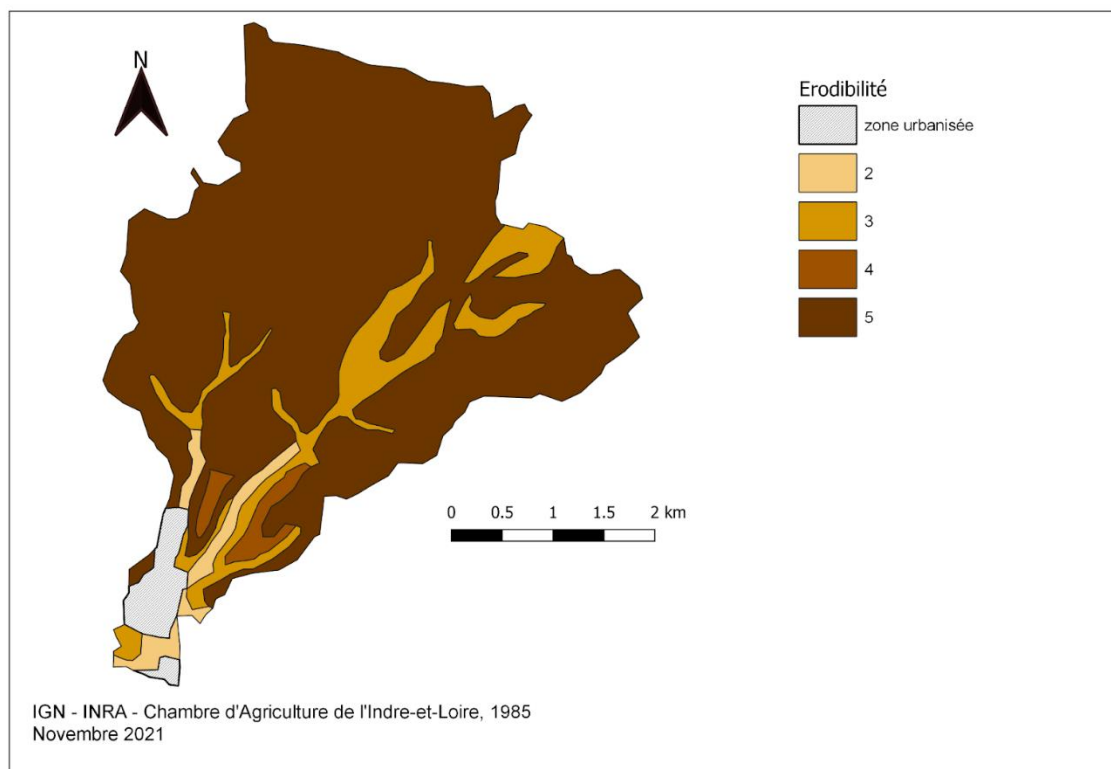


Figure 21 : Sensibilité du bassin versant du Villarçon à l'érodibilité

Nous pouvons donc observer dans un premier temps que la grande majorité des sols du bassin versant possède des indices élevés de battance et d'érodibilité. Ces indices sont liés uniquement à la texture du sol du bassin versant, c'est-à-dire que par nature, sans couvert végétal, les sols du bassin versant du Villarçon sont battants et très sensibles à l'érodibilité.

1.1.5.3. Topographie

Nous avons vu précédemment que la battance et l'érodibilité jouaient un rôle important dans l'aléa érosif des sols. Ces paramètres sont liés par le ruissellement qui peut être d'autant plus important en fonction de la pente des sols mais aussi de toute la quantité d'eau qui peut être amenée en amont. Pour estimer l'importance de la topographie du bassin versant, il est nécessaire d'obtenir la carte des pentes, en pourcentage, calculée à partir du Modèle Numérique de Terrain (MNT) au pas de 50 m (**Figure 30**), ainsi que de l'aire du bassin versant. L'aire drainée correspond à la proportion de flux amont qui est drainée dans chaque pixel (avec ici des pixels de 50*50m).

Elle est obtenue à partir de la carte des pentes à laquelle on va produire la direction des écoulements avec l'outil "direction des flux" sur Arcmap qui va nous permettre de connaître dans quelle direction se dirige le flux d'un pixel à un autre. A partir du sens des écoulements et de l'outil « Accumulation des flux », le logiciel calcule pour chaque cellule, le nombre de pixels qui se jettent dedans. Ainsi, une valeur de 0 est affichée au niveau des crêtes et la valeur maximale se situe au niveau de l'exutoire. En cumulant ces deux cartes, pente et aire drainée, on obtient l'indice du facteur pente (**Figure 22**). Pour obtenir cet indice, on applique une nouvelle valeur à chaque pixel de pente en fonction de l'aire drainée de ce pixel grâce au tableau présent dans le rapport Verseau (Degan et al., 2015) (**Tableau 3**).

On peut donc voir que l'indice facteur pente est généralement faible sur le bassin du Villarçon. Il reste souvent en dessous de 5 et les indices les plus élevés se trouvent à proximité des cours d'eau en rapport aux pentes plus fortes qu'on peut retrouver à ces endroits-là.

Tableau 3 : Combinaisons des classes de pentes et des classes de l'aire drainée

Valeur de pente	Classes de pentes	Aire drainée		
		< 1 ha	De 1 à 20 ha	> à 20 ha
0 à 1 %	0	0	1	2
1 à 2 %	1	1	2	5
2 à 5 %	2	2	5	10
5 à 10 %	5	5	10	15
10 à 15 %	10	10	15	30
15 à 30 %	15	15	30	30
30 à 75 %	30	30	30	30
Plus de 75 %	75	75	75	75

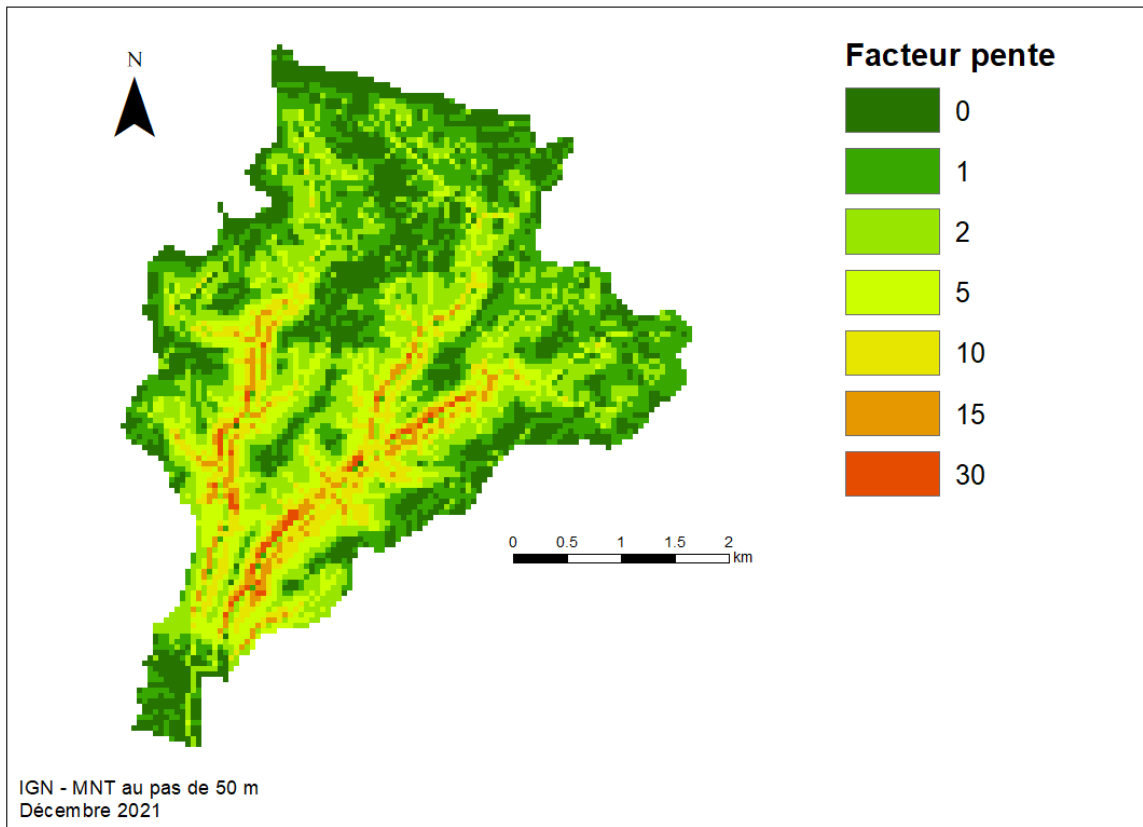


Figure 22 : Facteur pente du bassin versant du Villarçon

1.1.5.4. Climat du bassin versant

Le facteur climat est le dernier à entrer en jeu dans le rapport Mesales (Degan et al., 2015) et il permet de passer de la notion de risque d'érosion à celle d'aléa d'érosion. Dans notre cas et au vu de la superficie de la zone d'étude, le climat est considéré homogène sur toute la surface du bassin versant du Villarçon.

1.1.5.5. Résultats de la démarche

Une fois l'ensemble des couches utiles à la réalisation de la carte de l'aléa érosif créées, elles ont été jointes via l'outil "combinaison" dans Arcmap afin de pouvoir attribuer un indice de sensibilité des sols à l'érosion allant de 1 à 7, comme indiqué dans l'arbre de décision modifié (**Annexe 5**) du rapport MESALES (Degan et al., 2015). Toujours en nous basant sur ce rapport, nous avons ensuite regroupé ces classes de la manière suivante :

- En vert, aléa de nul à très faible (classe 1)
- En jaune, aléa de faible à moyen (classes 2 et 3)
- En rouge, aléa de fort à très fort (classes de 4 à 7)
- En gris, zone non modélisée (classes 11, 13, 44, 55).

Certaines cartes ont été obtenues sur Qgis et d'autres sur Arcmap, ainsi certaines n'avaient pas la même emprise que d'autres. En les combinant, c'est la plus petite emprise qui a donc été gardée par

le logiciel Arcmap. Il y a donc eu une légère perte de données sur les pixels de l'extrémité du bassin versant. Cette perte est néanmoins négligeable par rapport à l'ensemble du bassin versant.

Ainsi la carte des quatre saisons sur l'aléa érosif (**Figure 23**) montre que les sols avec un aléa fort à très fort sont presque exclusivement présents en automne et en hiver. En effet 12,3% de la surface du BV est soumise à un aléa fort en automne et en hiver ce pourcentage est de 8,3%. A contrario, les sols au printemps et en été n'ont pas de risques très élevés d'érosion. Les seuls comportant un aléa érosif fort correspondent aux vignes, car dans ce modèle, le sol où se situent des vignes est considéré comme toujours à nu.

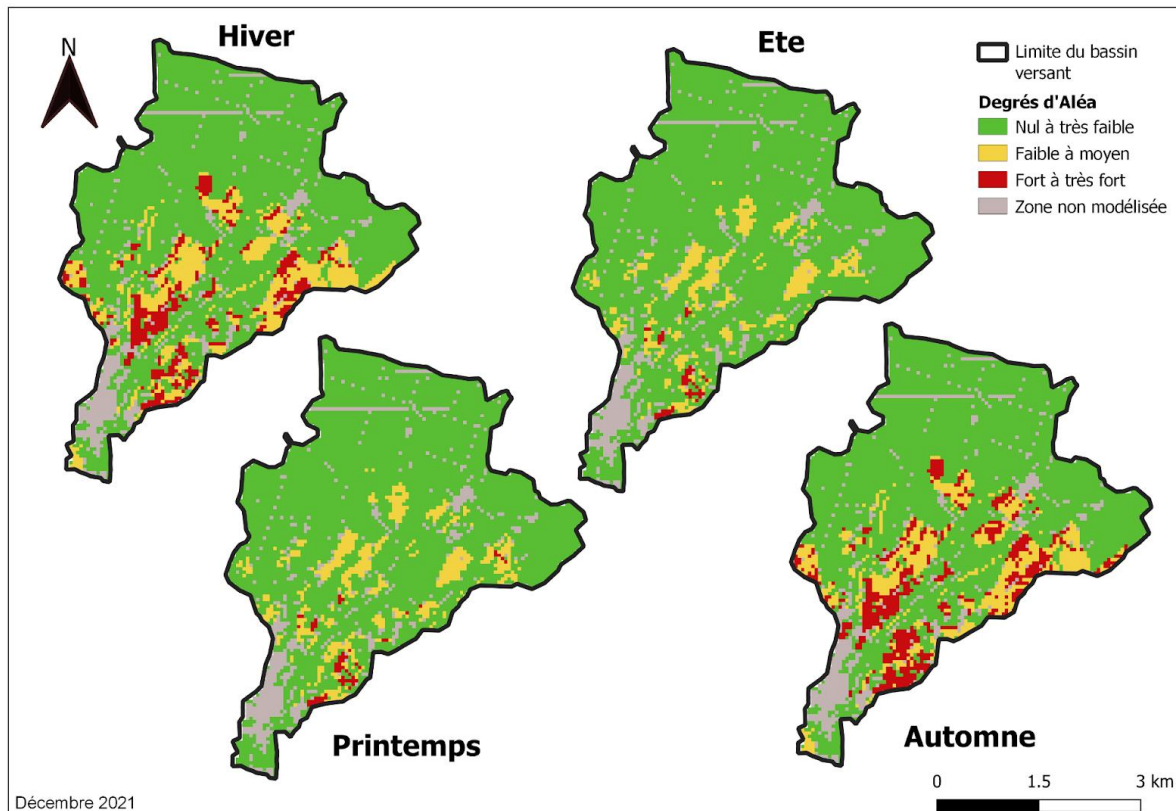


Figure 23 : Aléa de l'érosion du sol sur le bassin versant du Villarçon

Si l'on compare la carte de couverture du sol et d'aléa, on remarque qu'elles suivent les mêmes tendances. La couverture du sol est donc le paramètre qui est de loin le plus influençant face aux enjeux, puisque c'est celui-ci qui va mettre en évidence les zones avec le plus fort aléa à l'érosion.

Une des opportunités pour les milieux aquatiques est que même s'il y a des zones avec un aléa fort, aucune de ces zones n'est adjacente au cours d'eau. En effet, soit les cours d'eau sont entourés de forêt, soit ils traversent une zone urbaine. Comme indiqué dans la partie de couverture du sol, les forêts et les prairies ne sont pas considérées comme des zones à enjeux face à l'érosion. Les minéraux arrachés aux sols par des événements météorologiques comme les précipitations ou le vent sont donc tamponnés par la forêt d'Amboise ou la ripisylve avant d'accéder au cours d'eau.

Concernant les zones urbaines, elles ne sont pas considérées dans ce modèle, puisqu'il n'y a pas d'érosion. Mais cela ne signifie pas qu'elles n'ont pas d'impact. Tout d'abord l'infiltration est diminuée et par conséquent l'eau peut s'accumuler lors d'un épisode pluvieux. L'eau va donc raviner

directement dans le cours, pouvant apporter avec elle des polluants. Cependant, ces eaux vont avoir un pouvoir d'érosion bien plus important.

Les matériaux érodés apportés aux cours d'eau en grande quantité sont problématiques puisqu'ils détériorent la qualité des habitats en colmatant le substrat, en troublant l'eau et en altérant la qualité chimique, principalement par l'apport en phosphore.

1.1.5.6. Critiques de la méthode

Le modèle Mesales est à l'origine conçu pour cartographier l'aléa face à l'érosion sur des échelles spatiales bien plus grandes, comme à l'échelle des régions Loire-Bretagne. C'est pour cette raison que la taille des pixels est de 50/50 m, ce qui n'est pas assez précis pour l'échelle du BV du Villarçon. Hypothétiquement, il est possible d'aller jusqu'à une taille de 25/25 m puisqu'il existe un MNT sur l'IGN à cette précision. Néanmoins, le modèle Mesales est déjà basé sur le MNT 50/50 m.

Le principal défaut de ce manque de précision est visible sur la **figure 23**, puisque des pixels gris isolés parsèment le BV et correspondent à des routes. Malheureusement lors de la rastérisation, ces routes ont été découpées. Il a quand même été décidé de ne pas gommer ces imperfections afin de ne pas rajouter des biais.

En revanche, même si la précision n'est pas optimale, il est possible de mettre en évidence des parties de bassin qui sont plus sensibles que d'autres face à cet aléa érosif.

1.1.6. Chimie de l'eau

L'étude des roches et des sols, ainsi que de leur sensibilité à l'érosion est essentielle pour comprendre le fonctionnement chimique des hydrosystèmes et les molécules qu'ils contiennent. La chimie de l'eau est en lien étroit avec la géologie et la pédologie, on parle d'hydrogéochimie. Ce domaine d'étude est nécessaire si l'on veut étudier dans sa globalité un bassin versant, car il est au carrefour des sciences de la terre et de la vie. La chimie de l'eau influence la vie aquatique, mais les humains dépendent également beaucoup de la qualité de l'eau car elle nous est vitale, pour l'eau potable, l'agriculture, l'industrie, les loisirs, etc.

Ainsi, on se propose d'étudier brièvement la composition chimique de l'eau de surface du bassin versant. La répartition des points de prélèvements (**Figure 24**) se fait tel que suit :

- Le point 4 correspond à la source du ruisseau de Villarçon. Il nous permet de connaître l'état initial de l'eau en sortie de la nappe phréatique. A noter que la source du Bellefontaine est inaccessible (terrain privé).
- Les points 3 et 6 nous permettent de connaître la composition chimique du Villarçon et du Bellefontaine avant le passage en zone urbaine (en amont de la ville).
- Les points 2 et 5 nous informent quant à eux sur la qualité de l'eau en aval de la ville. Notre hypothèse est que la zone urbaine pollue l'eau et nous voulons la vérifier.
- Enfin, le point 1 permet une vision globale de l'état de l'eau en sortie du bassin versant, juste avant la dilution dans le Cher. A cet endroit, le Bellefontaine et le Villarçon se rejoignent. Cependant le jour des mesures et prélèvements (12 décembre 2021), il n'y avait pas d'eau dans le Villarçon et c'était le

Bellefontaine qui contribuait en totalité au débit en aval de la confluence. Les paramètres chimiques mesurés sont donc exclusivement ceux du Bellefontaine.

En résumé, les points 2,3 et 4 correspondent au Villarçon et les points 1,5 et 6 au Bellefontaine.

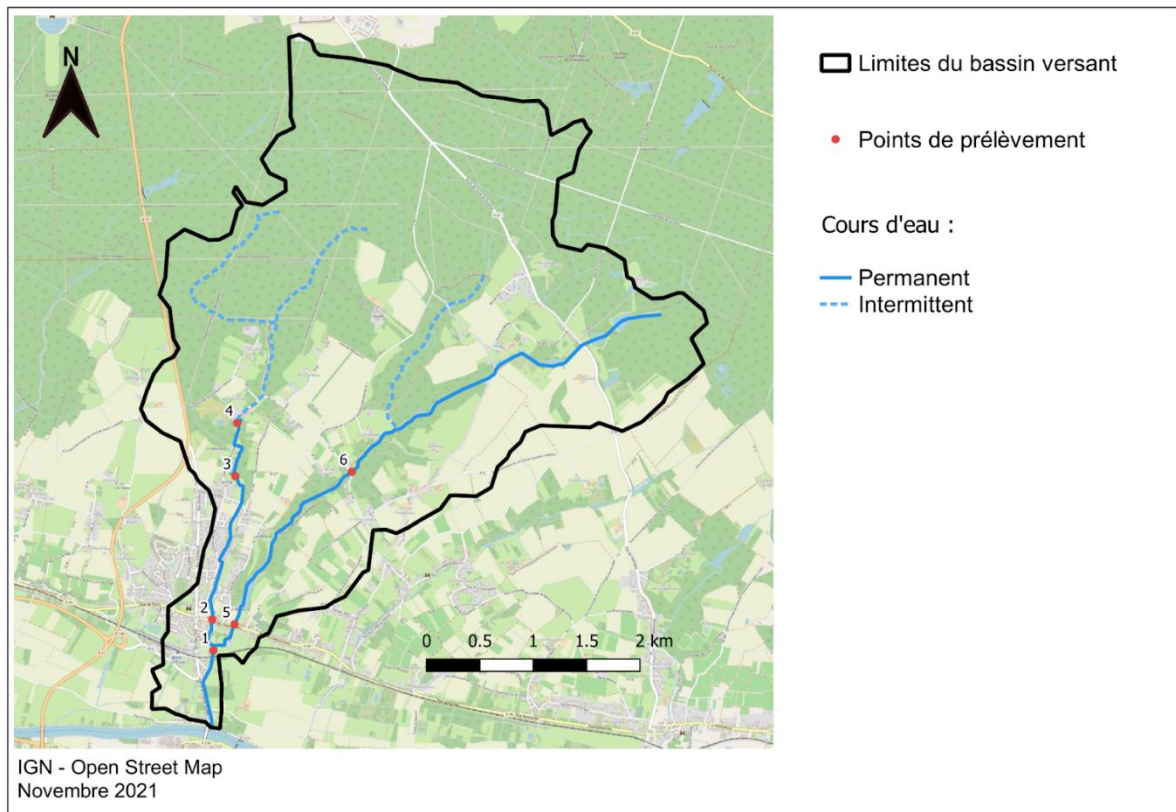


Figure 24 : Localisation des points de prélèvements chimique

On se propose d'étudier plusieurs paramètres physico-chimiques dans l'eau des deux ruisseaux. Tout d'abord, les mesures *in situ* sont celles du pH, de la conductivité et de la température. Ensuite, il est envisagé de mesurer les concentrations en phosphore total et dissous. Enfin, nous étudierons les ions bicarbonates (HCO_3^-), magnésium (Mg^{2+}) et calcium (Ca^{2+}).

1.1.6.1. Mesures *in situ*

Sur le terrain, il a été mesuré directement (**Figures 25**) :

- Le pH, qui illustre la concentration en ions oxonium (H_3O^+) de l'eau
- La conductivité qui reflète la concentration en ions dissous
- La température de l'eau.

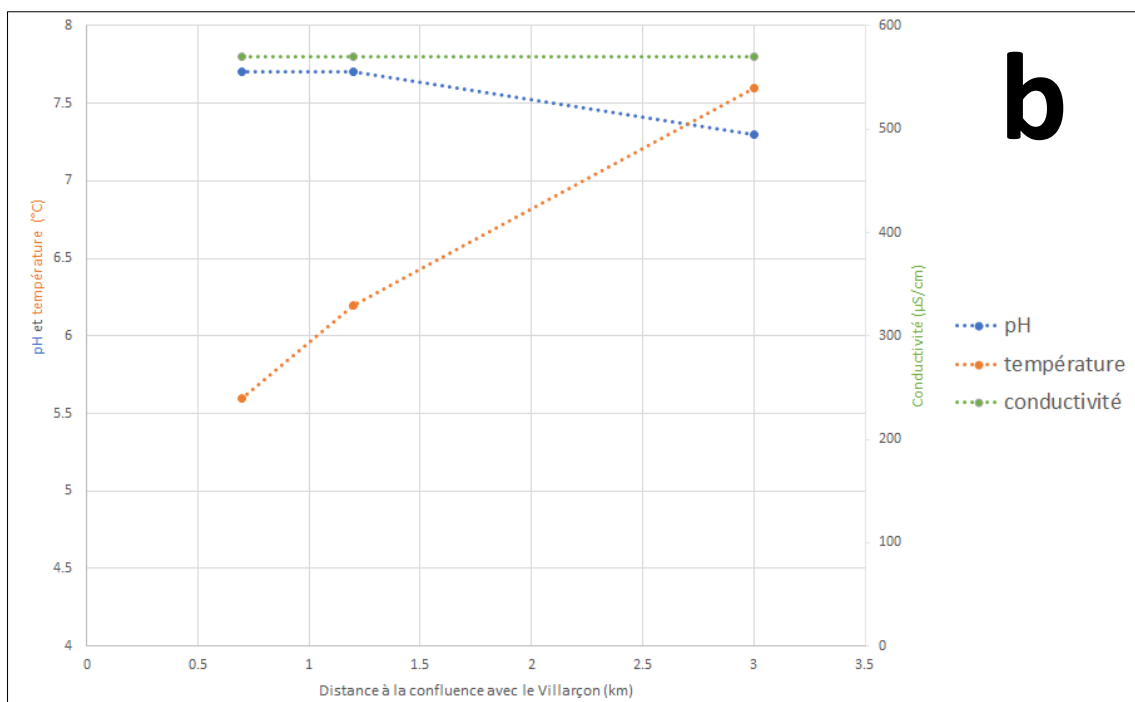
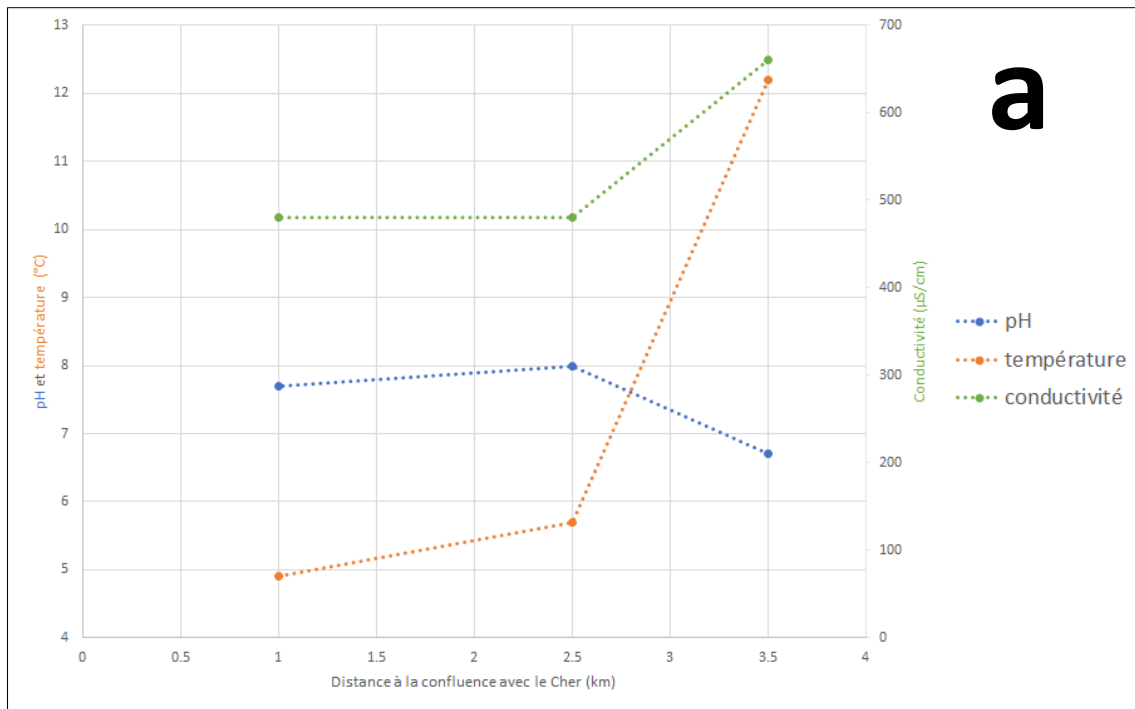


Figure 25 : Evolution du pH, de la température et de la conductivité : (a) Villarçon et (b) Bellefontaine

Sur ces graphiques, les points ne sont pas reliés entre eux par des traits continus car on ne connaît pas l'évolution des paramètres entre chaque point. On se propose ainsi de les relier en traits pointillés. Cette démarche sera valable pour tous les autres graphiques présentant l'évolution de paramètres physico-chimiques de l'eau.

Concernant l'analyse des graphiques, on voit que les valeurs de pH, de température et de conductivité sont globalement de même ordre de grandeur pour le Villarçon et le Bellefontaine.

Pour le pH, on constate qu'il n'évolue pas de manière significative, que ce soit pour le ruisseau de Villarçon ou bien pour celui de Bellefontaine.

En revanche, la température semble varier. Sur le Villarçon, l'eau de la source est à 12,2°C contre 5 à 6 °C pour les deux autres points en aval. Cette situation est typique d'une zone de source : la température de l'eau à la source est en équilibre avec celle du sol, c'est-à-dire 12°C le jour de la mesure. Quand l'eau est au contact de l'air, en aval de la source, elle s'équilibre avec ce dernier, ce qui donne des températures proches de celles de l'air ambiant.

Pour la conductivité de l'eau du Villarçon, on constate une légère diminution de la valeur en se rapprochant de la confluence avec le Cher. Ceci constitue une manifestation de l'effet de l'étang des 3 Merlettes mais aussi du ruissellement urbain. Premièrement, le plan d'eau dilue les concentrations en ions des eaux, ce qui fait diminuer la conductivité. Deuxièmement, l'arrivée d'eaux de surface par ruissellement dilue aussi les eaux du Villarçon. Enfin, selon Célestine Delbart, maître de conférence à l'Université de Tours en hydrogéologie, l'ordre de grandeur de la conductivité dans des eaux carbonatées correspond à ce qui a été obtenu ici (environ 660 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

1.1.6.2. Mesures du phosphore total et dissous

Il existe plusieurs formes de phosphore : le phosphore particulaire, adsorbé sur des particules et le phosphore dissous dans l'eau, sous la forme de phosphates PO_4^{3-} . Ces deux espèces chimiques sont généralement issues de l'activité biologique ou proviennent d'engrais agricoles ou de rejets domestiques et industriels.

Grâce aux analyses effectuées en laboratoire, nous avons tracé les graphiques suivants (**Figures 26 et 27**).

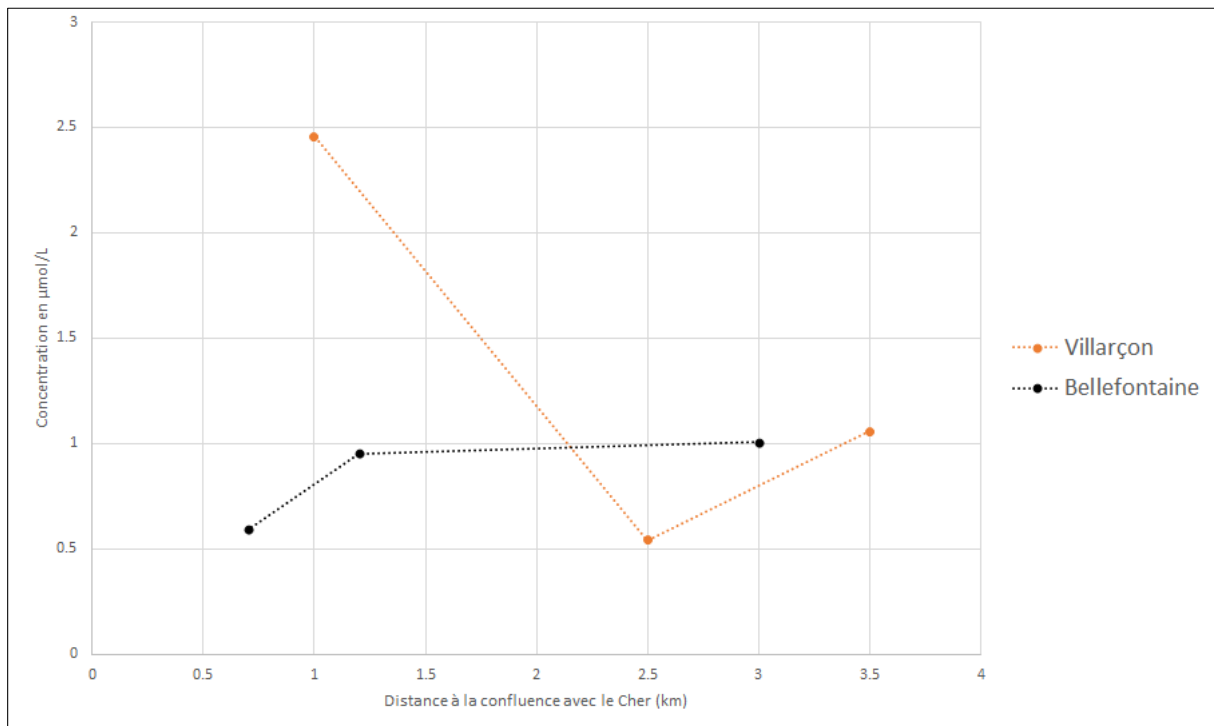


Figure 26 : Evolution de la concentration en phosphore total dans le Villarçon et le Bellefontaine

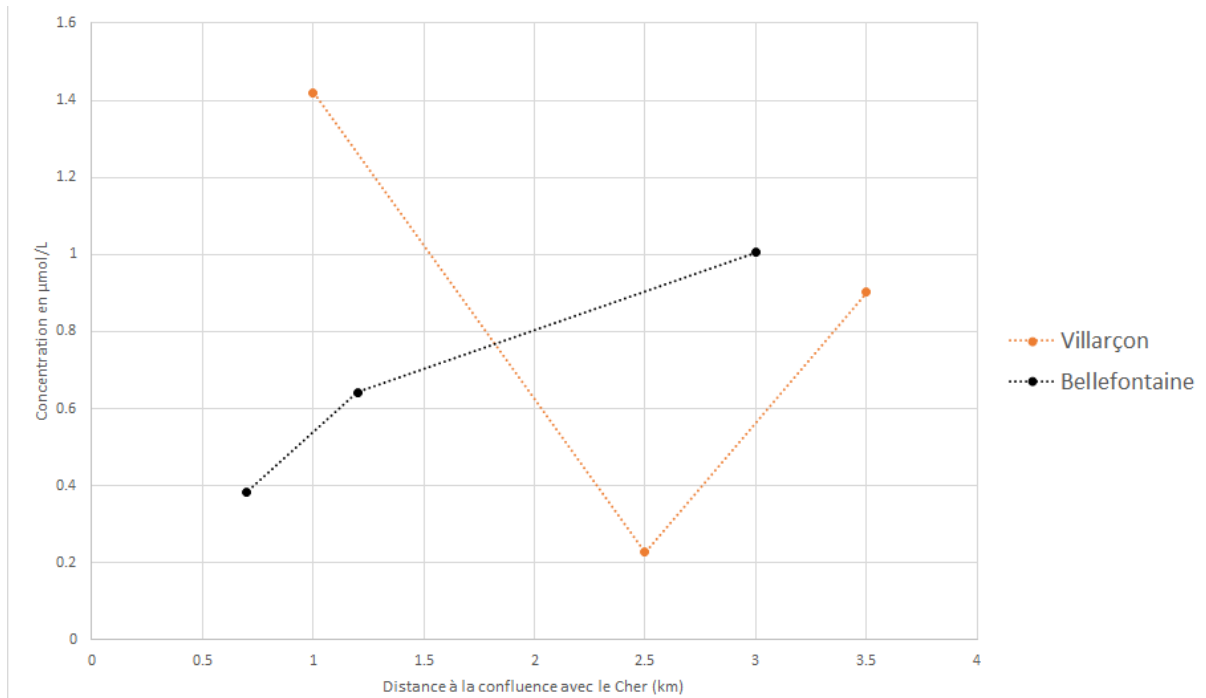


Figure 27 : Evolution de la concentration en phosphore dissous dans le Villarçon et le Bellefontaine

Les mêmes ordres de grandeur, en général, sont retrouvés dans le Villarçon et dans le Bellefontaine. On observe cependant qu'il y a toujours davantage de phosphore dans le Villarçon, surtout en aval, par rapport au Bellefontaine. Ceci pourrait être expliqué par le fait que le Villarçon passe en pleine zone urbaine, contrairement au Bellefontaine, ce qui induit l'augmentation de la concentration en phosphore. En effet, cet élément peut être entraîné par ruissellement sur des surfaces urbanisées mais peut aussi provenir de rejets domestiques. Le Bellefontaine, qui évite le centre de La Croix-en-Touraine, est préservé de ce type de menace.

Enfin, une limite importante de ces graphiques est que le nombre de points de prélèvement et donc d'analyse n'est pas suffisant. Il est difficile et non judicieux de dégager des tendances nettes avec si peu de valeurs.

1.1.6.3. Mesures de l'ion bicarbonate

L'ion bicarbonate, de formule chimique HCO_3^- , témoigne de l'équilibre entre le calcaire contenu dans les roches et le dioxyde de carbone gazeux ou dissous dans le sol (équilibre calco-carbonique). Le graphique suivant (**Figure 28**) présente les résultats des analyses de laboratoire :

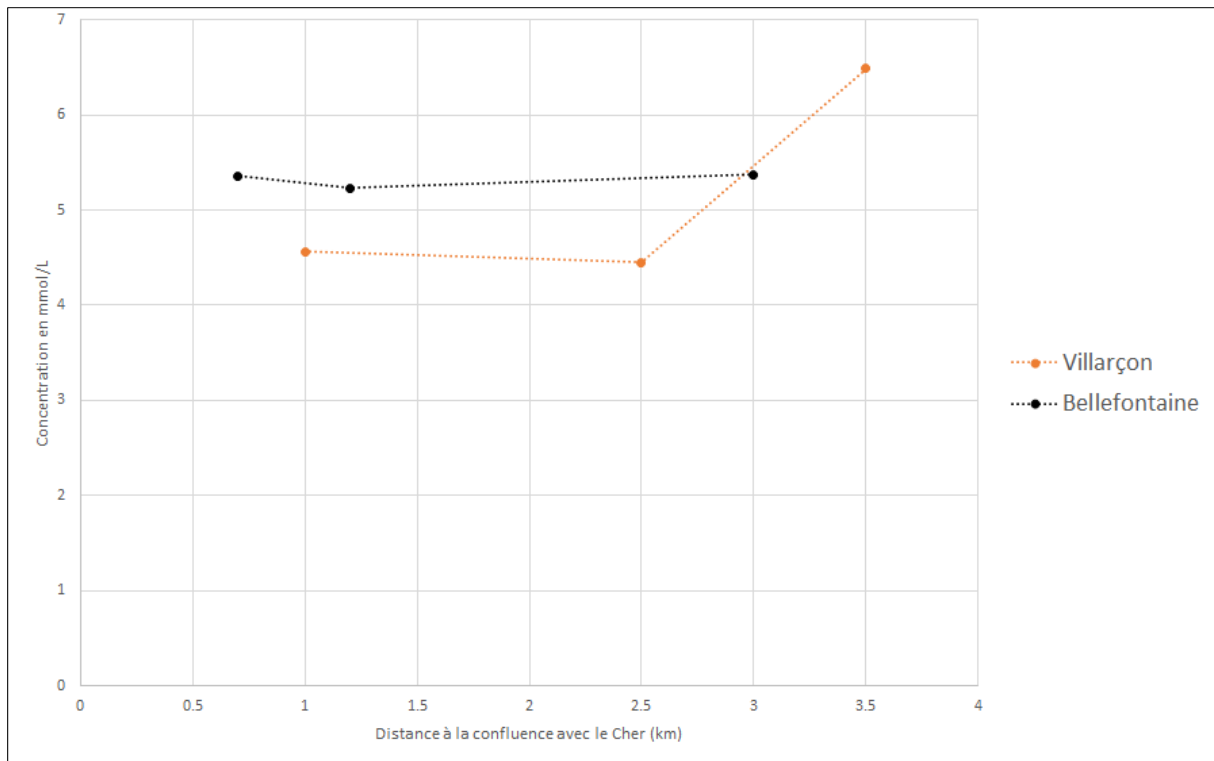


Figure 28 : Evolution de la concentration en bicarbonate dans le Villarçon et le Bellefontaine

On ne constate pas de variations significatives sur le ruisseau de Bellefontaine contrairement au Villarçon où l'on peut voir une évolution. A la source, la concentration en ion bicarbonate est élevée, ce qui est cohérent avec la géologie des lieux. En effet, la source se situe dans un substrat composé d'argiles à silex et de craie de Cangey (*cf. partie 1.1.3.3.*), c'est-à-dire plutôt calcaire, donc riche en carbonates (formule du calcaire : CaCO_3 qui donne par dissolution Ca^{2+} et HCO_3^- , l'ion bicarbonate). A l'aval de la source, l'activité biologique et l'équilibre avec le milieu font diminuer la concentration en ion bicarbonate de l'eau.

1.1.6.4. Mesures des ions magnésium et calcium

Enfin, regardons les concentrations de l'eau en magnésium (Mg^{2+}) et en calcium (Ca^{2+}), qui sont des ions témoins de la composition chimique du sol du bassin versant. En effet, dans les zones de source, l'eau qui sort de l'aquifère est en équilibre avec les roches qu'il contient.

L'aquifère étant le contenant, il correspond au volume de roches qui contient la nappe phréatique, c'est-à-dire l'eau (c'est le contenu).

Le graphique **figure 29** présente les résultats des analyses des eaux en laboratoire.

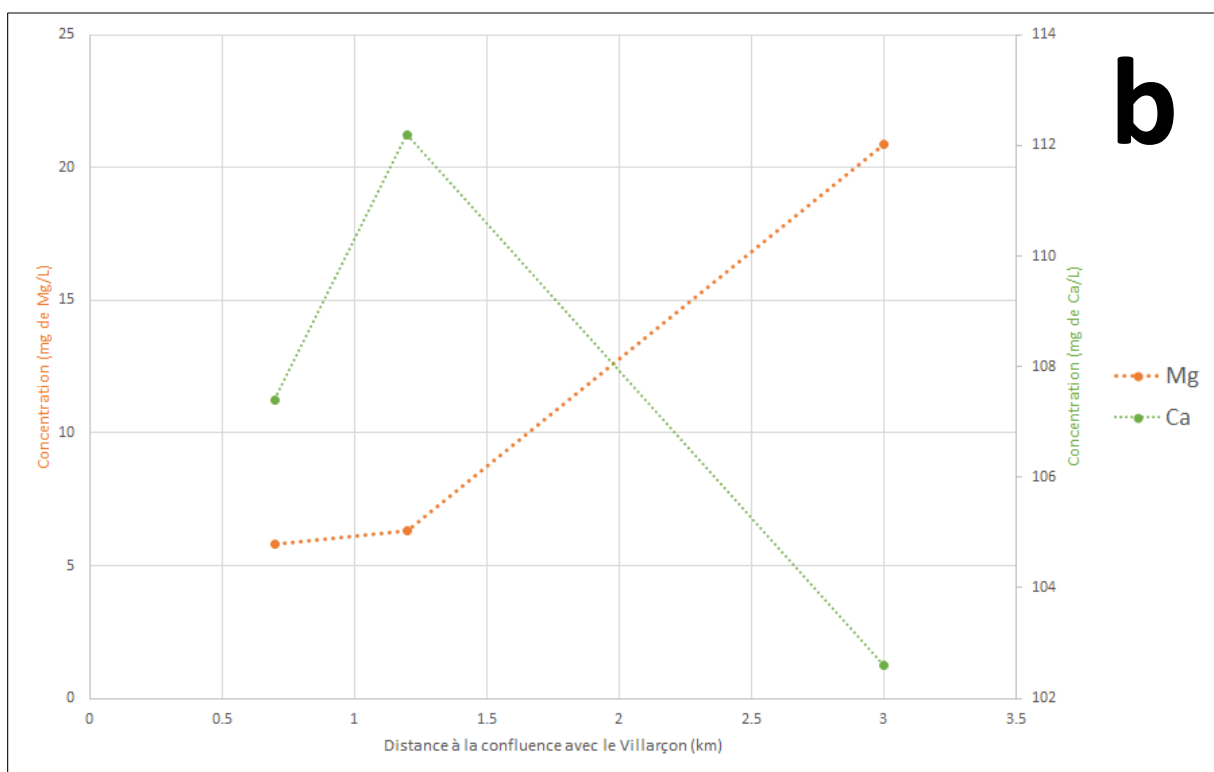
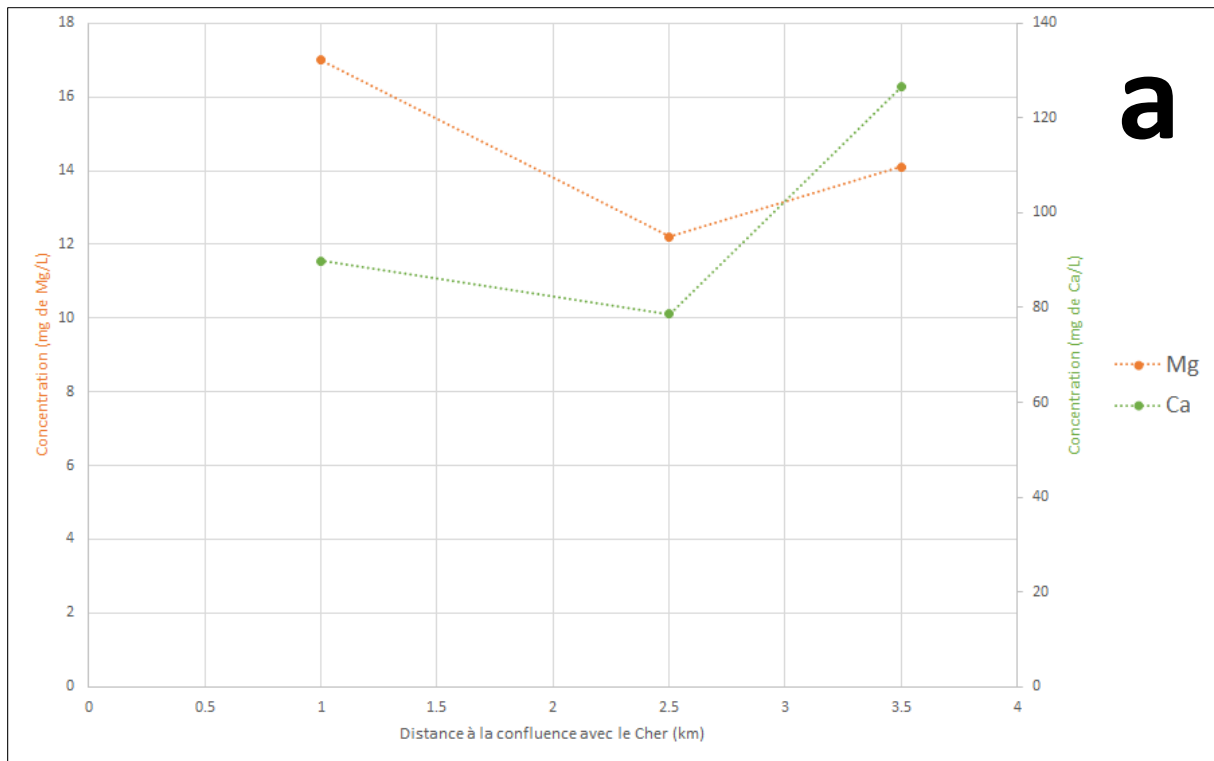


Figure 29 : Evolution de la concentration en magnésium et calcium : (a) Villarçon et (b) Bellefontaine

Dans les deux ruisseaux, on retrouve des résultats du même ordre de grandeur.

Pour le Villarçon, on constate une diminution de l'ion calcium de l'amont vers l'aval, ce qui est cohérent avec l'évolution de l'ion bicarbonate présentée précédemment. Rappelons en effet que le substrat de la source est plutôt calcaire et donc riche en calcium. L'eau sortant de la nappe en est alors concentrée mais par équilibre avec le milieu et par l'activité biologique du système, la concentration en calcium diminue en aval de la source. Concernant l'évolution de l'ion magnésium, aucune tendance

nette n'est observée. Enfin, pour le Bellefontaine, l'évolution de la concentration en calcium ne dégage pas de tendance claire, tandis que celle du magnésium diminue en allant de l'amont vers l'aval.

1.1.6.5. Bilan

Pour conclure sur l'état chimique des deux ruisseaux étudiés, comparons les résultats obtenus avec les normes en vigueur. En effet, il est prévu 5 classes d'état pour les cours d'eau : Très bon, Bon, Moyen, Médiocre et Mauvais, en fonction des résultats chimiques obtenus. A partir de l'arrêté du 25/01/2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface, il a été possible de récapituler les limites de classes pour les paramètres physico-chimiques étudiés :

Tableau 4 : Valeurs des limites des classes d'état pour certains paramètres physico-chimiques pour les cours d'eau (arrêté du 25/01/2010)

Paramètres	Limites des classes d'état			
	Très bon/Bon	Bon/Moyen	Moyen/Médiocre	Médiocre/Mauvais
Phosphore dissous (mg/L)	0,1	0,5	1	2
Phosphore total (mg/L)	0,05	0,2	0,5	1
pH minimum	6,5	6	5,5	4,5
pH maximum	8,2	9	9,5	10

Les résultats obtenus pour le Villarçon et le Bellefontaine sont présentés ci-dessous. Pour discuter de l'état chimique des eaux, nous avons retenu les valeurs maximales des concentrations en phosphore total et en phosphore dissous afin de se mettre dans les conditions les plus déclassantes possibles.

Tableau 5 : Valeurs des paramètres physico-chimiques mesurés in situ et obtenus en laboratoire pour le Villarçon et le Bellefontaine

Ruisseaux	Paramètres	Concentrations ($\mu\text{mol/L}$) ou pH	Concentrations (mg/L)
Villarçon	Phosphore dissous	1,42	0,13
	Phosphore total	2,46	0,08
	pH minimum	6,7	
	pH maximum	8	
Bellefontaine	Phosphore dissous	1,00	0,09
	Phosphore total	1,00	0,03
	pH minimum	7,3	
	pH maximum	7,7	

En comparant les résultats obtenus avec les normes en vigueur, concluons sur l'état chimique du Villarçon et du Bellefontaine.

Tableau 6 : Etat chimique du Villarçon et du Bellefontaine selon plusieurs paramètres physico-chimiques

Ruisseaux	Paramètres	Classe d'état chimique
Villarçon	Phosphore dissous	Bon
	Phosphore total	Bon
	pH minimum	Très bon
	pH maximum	Très bon
	pH	Très bon
Bellefontaine	Phosphore dissous	Très bon
	Phosphore total	Très bon
	pH minimum	Très bon
	pH maximum	Très bon
	pH	Très bon

Afin de surestimer le niveau de pollution pour chacun des deux ruisseaux, il a été choisi de retenir l'état chimique le moins bon. Ainsi, le ruisseau de Villarçon est en bon état chimique et le ruisseau de Bellefontaine est en très bon état chimique.

Nous n'avons cependant pris en compte que trois paramètres pour établir l'état chimique des deux ruisseaux. Ces états sont à nuancer car il existe des centaines de paramètres analysables. De plus, la Directive Cadre sur l'Eau prévoit l'analyse de 41 substances afin de connaître l'état chimique d'une rivière.

En résumé, il serait intéressant d'étudier davantage de paramètres. Même s'il faut de nombreux moyens techniques et financiers pour analyser par exemple les pesticides, il suffit de bandelettes réactives pour l'ion nitrate et l'ion ammonium.

1.1.7. Topographie

La topographie du bassin versant (**Figure 30**) révèle une augmentation des pentes de l'amont vers l'aval suivant le thalweg. En effet, en amont et dans la majeure partie du bassin versant on retrouve des pentes relativement faibles (de 0 à 5%) tandis que plus on se rapproche des deux cours d'eau plus les pentes sont élevées. Ceci démontre donc que les deux lits des cours d'eau sont assez encaissés. On observe qu'en aval de la confluence entre le Villarçon et le ruisseau du Bellefontaine les pentes redeviennent faibles (entre 0 et 2%), dû à la rentrée du cours d'eau dans le lit majeur du Cher.

Les pentes du bassin versant sont globalement faibles, en effet, la pente maximale est 22,64 % et les valeurs comprises entre 10% et cette valeur maximale restent tout de même minoritaires comparées aux valeurs en dessous de 10% de pente.

La valeur minimale sur l'altitude du bassin versant est de 55 m qui est atteint à l'exutoire du BV tandis que l'altitude maximale est de 126 m et on la retrouve sur les sols les plus à l'Est du BV.

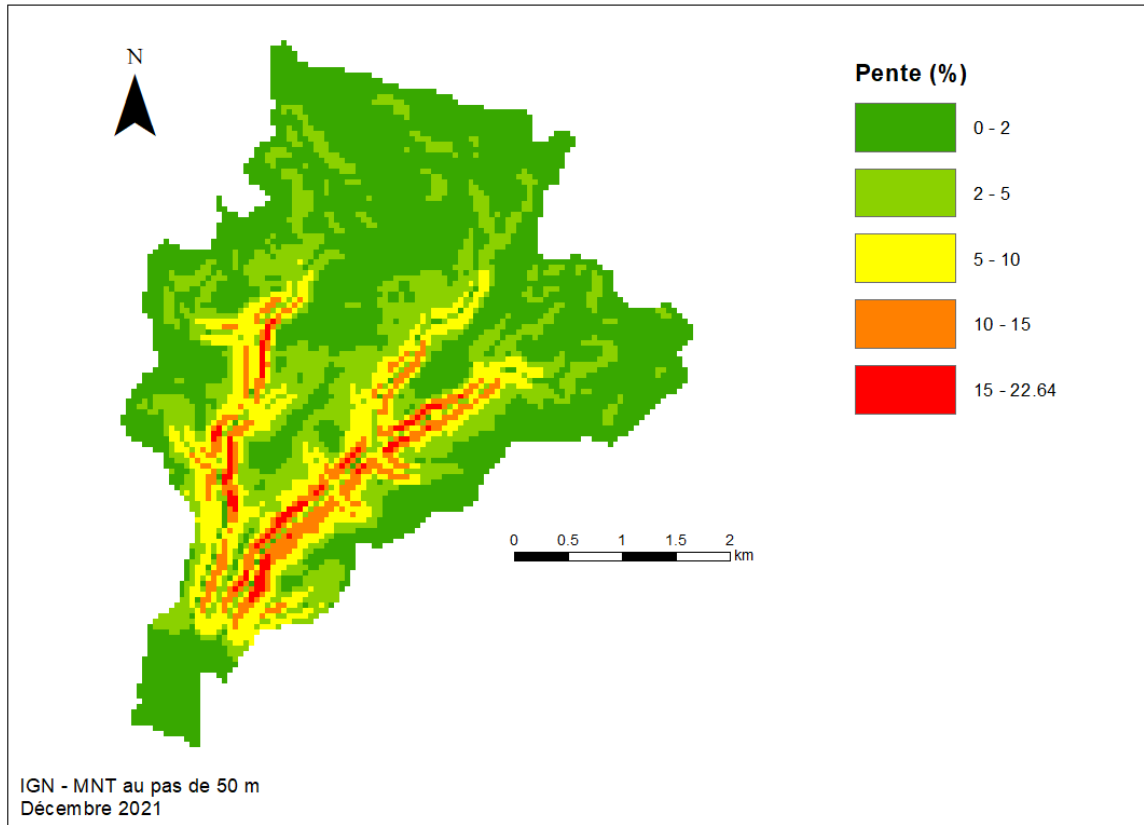


Figure 30 : Pente (en %) du bassin versant du Villarçon

Le profil en long des deux cours d'eau a été obtenu grâce au MNT 25 m et au réseau hydrographique de l'IGN (**Figure 31**). Malheureusement le tracé du cours d'eau ne passait pas exactement dans le thalweg, ce qui donnait un profil en long non cohérent car le cours d'eau semblait remonter à certains endroits. Pour pallier ce problème nous avons creusé le MNT de 5 m là où passait le cours d'eau du réseau hydrographique (cela explique pourquoi l'exutoire est à une altitude de 50 m au lieu de 55 m qui est censé être la valeur d'altitude minimale). Malgré cela, il y avait encore des endroits où les ruisseaux semblaient remonter. Par conséquent, les valeurs non cohérentes sous excel ont été supprimées. Pour cela, les valeurs d'altitude ont été mises dans l'ordre décroissant et dès qu'une altitude était supérieure à la précédente on a changé en la valeur de cette dernière.

On constate donc que globalement le Villarçon a une pente plus forte que le Bellefontaine. Ce dernier a plutôt des pentes fortes juste avant la confluence avec le Villarçon et sur la partie amont, tandis que le Villarçon a une pente globalement linéaire tout le long de son profil.

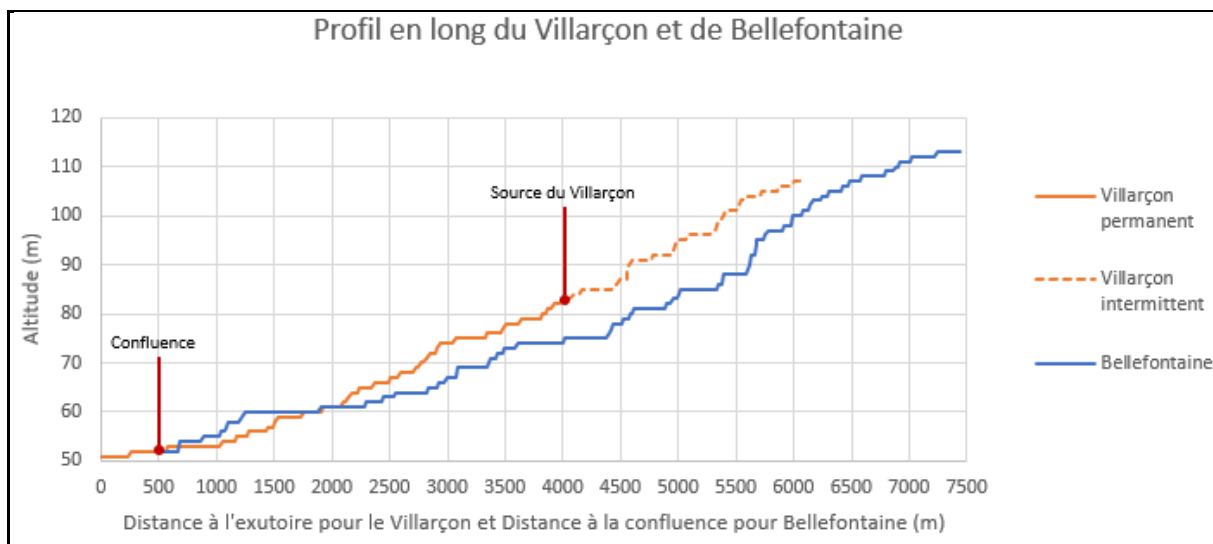


Figure 31 : Profil en long du Villarçon et du Bellefontaine

1.2. Occupation du sol et paysage

1.2.1. Carte d'occupation des sols

1.2.1.1. Méthodologie

Pour réaliser la carte d'occupation des sols, il a été utilisé la même méthodologie que celle énoncée dans la partie 1.1.5.1. *Taux de couvertures des sols*, à ceci près que nous avons conservé les routes, les haies, le cours d'eau et les bandes enherbées en linéaire. Cette modification est due à notre intérêt ici pour l'aspect de continuités de ces espaces. Les bandes enherbées ont été récupérées via le RPG et certaines ont été numérisées par photo interprétation.

Seul le RPG de l'année 2018 on a utilisé avec l'orthophotographie 2018 puisque celle-ci facilite l'interprétation par photo aérienne étant donné que l'orthophoto est prise en période estivale, lorsque les cultures sont le plus développées.

Certaines cultures agricoles ont été regroupées lorsque leur surface ne représente qu'une petite partie de la surface totale agricole (ex : protéagineux, féveroles et lin). Le label autre culture correspond à toutes les cultures qui n'ont pas pu être clairement identifiées par photo interprétation. Les jardins sont classés en tant que prairie permanente.

Concernant la couche forêt obtenue avec la BD forêt de l'IGN, les chenets, les peupleraies et les forêts mixtes à dominantes de feuilles sont regroupés sous le label feuillu. Les forêts de pins et forêts mixtes à dominante de résineux sont regroupées sous le label résineux.

Les zones urbanisées sont séparées en deux classes :

- Urbanisation continue : correspond au bourg de La Croix-en-Touraine, c'est-à-dire à un espace profondément artificialisé et bétonné avec peu de jardin. Cette zone a été délimitée par photo aérienne, et à l'aide de la couche bâti de la BD topo de l'IGN.

- Urbanisation discontinue : correspond à des maisons avec jardin ou isolées, ainsi que toutes les routes.

En effet, ces deux types d'urbanisation ne posent pas les mêmes problèmes face à la pollution ou à l'infiltration de l'eau.

1.2.1.2 Résultats et interprétation

La carte de la **figure 32** est le résultat de l'étude de l'occupation des sols et la **figure 33** montre la proportion de chacune des composantes du sol.

Le bassin versant est en grande partie composé de forêt de feuillus, principalement de chêne dû à la forêt d'Amboise sur la partie amont du bassin. En tout, les espaces boisés représentent 60%. Ceci est une véritable chance pour le bon fonctionnement écologique, chimique et la qualité des cours d'eau, car comme dit précédemment les forêts protègent de l'érosion mais aussi de la pollution à travers deux aspects.

La forêt peut jouer le rôle d'une zone tampon et de barrière de protection face aux épandages de pesticides, au ruissellement des eaux urbaines... Pour cela il faut que les espaces boisés entourent le cours d'eau, faisant office de ripisylve. C'est ce que l'on retrouve sur la partie intermittente du Villarçon et sur la quasi-totalité du linéaire de Bellefontaine. En effet, 95% de ce dernier est entouré par la forêt d'Amboise. Par conséquent, protéger ces espaces boisés est indispensable pour garder cet effet de barrière (ONF, 2014).

L'autre aspect intéressant des forêts sur la protection d'un cours d'eau est qu'elles offrent une meilleure épuration de l'eau dans le bassin. En effet, le sol d'une forêt est composé d'une grande quantité de champignons et bactéries qui favorisent la décomposition des substances nocives. Ce phénomène est couplé à une amélioration de l'infiltration de l'eau en zone forestière.

Enfin les espaces boisés permettent de minimiser l'impact des inondations, en réduisant les vitesses via le couvert végétal et par l'augmentation de l'infiltration de l'eau.

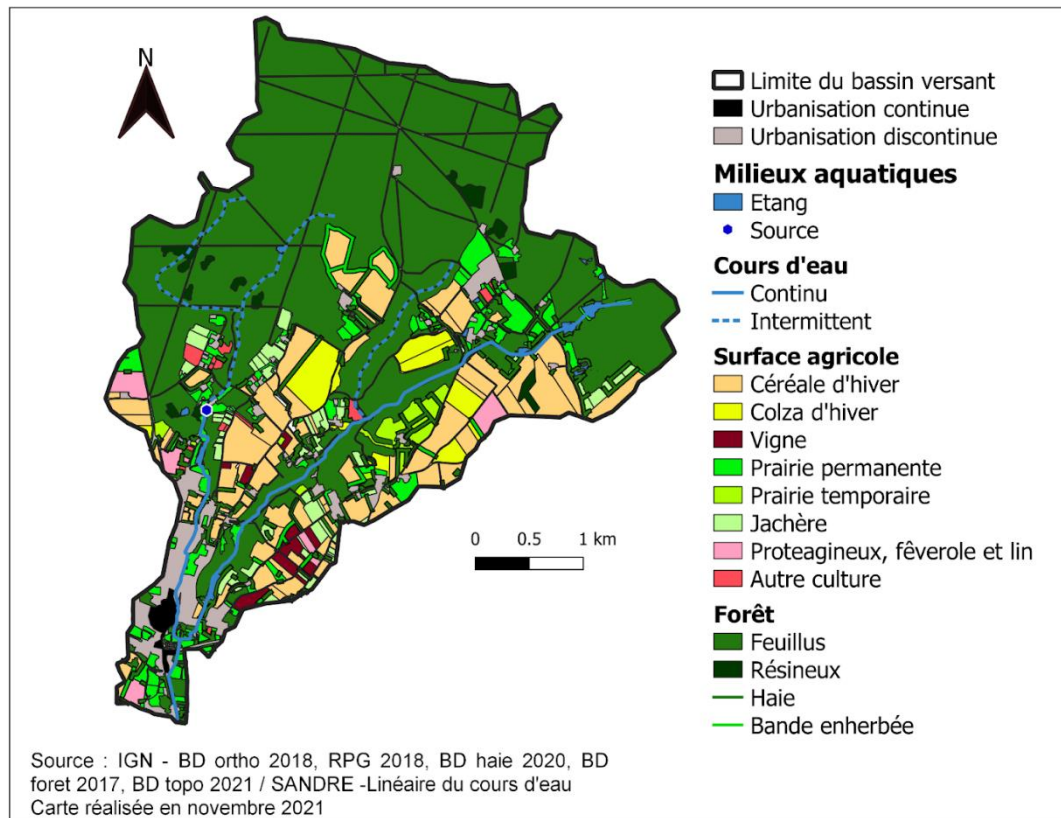


Figure 32 : Occupation des sols sur le bassin versant du Villarçon en 2018

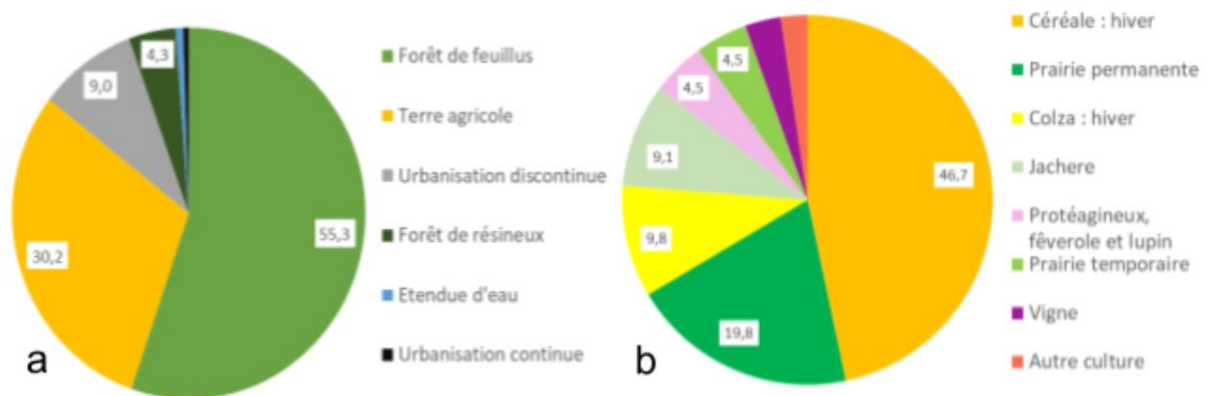


Figure 33 : Proportion des types d'occupations des sols (a) et du type de culture (b)

Cependant, la partie pérenne du Villarçon et une petite portion de Bellefontaine ne sont pas protégées par la forêt et passe par la ville. De la source jusqu'à l'étang des 3 Merlettes, le Villarçon traverse principalement des prairies permanentes où le cours d'eau reste protégé grâce un couvert végétal constant dans l'année. Cependant, aux environs de l'exutoire de l'étang, le Villarçon commence sa course dans des zones urbanisées discontinues jusqu'à arriver dans le bourg fortement artificialisé. C'est ici que des problèmes de pollution peuvent apparaître principalement à cause du ruissellement d'hydrocarbures des routes vers le cours d'eau.

Les terres agricoles peuvent aussi représenter un risque pour la pollution. Sur le bassin, on retrouve principalement des cultures d'hiver c'est-à-dire que les graines sont semées à la mi-automne et les récoltes se font à la mi-été. Les cultures de céréales représentent la moitié de l'exploitation agricole avec surtout le blé tendre et l'orge. Il n'y pas de cultures nécessitant de grande quantité d'eau comme

le maïs. On notera que 20% de l'exploitation agricole est alloué aux prairies permanentes. Seulement, 2% du territoire contient des vignes et enfin, il n'y a pas de cheptel sur le bassin versant en cours d'exploitation.

Les haies et les bandes enherbées sont de bonnes barrières de protection contre les pollutions diffuses et l'érosion. De plus, elles permettent une continuité écologique facilitant le déplacement de certaines espèces. Sur le bassin, il y a 21 km de haie et 4,1 km de bandes enherbées.

Aucun de ces éléments ne sont des zones non traitées (ZNT), correspondant à une distance de 5m par rapport au cours d'eau où aucune exploitation agricole peut être effectuée, afin d'éviter que les pesticides se retrouvent directement dans le cours d'eau, puisque ni le Villarçon ou le Bellefontaine n'est limitrophe avec des cultures. Les cours d'eau sont donc bien séparés géographiquement des cultures.

Nous pouvons faire l'hypothèse que grâce à la forêt d'Amboise et aux prairies permanentes, les zones agricoles ont pas ou peu d'impact sur la qualité chimique du cours d'eau. Cela ne veut pas pour autant dire que l'agriculture ne pose pas de problèmes sur la gestion de l'eau, puisque l'eau de pluie qui s'infiltre peut lessiver des pesticides et des nitrates puis se retrouver dans la nappe. De plus, cette hypothèse ne se fonde que sur une analyse cartographique et il n'y a pas assez de paramètres chimiques étudiés dans la partie 1.1.6. *Chimie de l'eau* pour la prouver. De même, le diagnostic de l'impact des zones urbanisées sur le cours d'eau ne quantifie pas ou ne prouve en rien l'influence de la ville.

1.2.2. Histoire de l'occupation des sols

1.2.2.1. Changements agricoles

L'occupation des sols change au cours du temps et des pratiques agricoles. Dans un premier temps, il a été réalisé une étude sur l'évolution de la forêt et de la taille des parcelles sur le bassin versant. Il a été choisi de mener cette étude sur seulement une portion (**Figure 34**). Cette portion qui fait 0,98 km², a été choisi car elle a pour intérêt de regrouper la forêt et l'agriculture. L'échantillon de parcelles semble être assez grand pour pouvoir obtenir une tendance d'évolution de la taille des parcelles qui peut être supposer la même sur le reste du bassin. Cependant, concernant l'expansion de la forêt, cette tendance n'est vraie que pour la portion étudiée.

Les années 1956, 1978 et 2018 ont été sélectionnées car elles caractérisent au mieux l'évolution des pratiques agricoles. Les images satellites ont été récupérées sur le site de l'IGN "remonter le temps".

Lors du géoréférencement des images, nous avons obtenu l'aide de la couche route de la BD topo pour vérifier la qualité des rasters car le tracé des routes n'a pas changé avec le temps. Malgré nos précautions, il restait tout de même un écart d'environ 1 m sur certaines parties mais celui-ci est négligeable.

Toutes les informations ont été numérisées par l'interprétation des photo aériennes à l'exception de celle de 2018 où nous avons seulement récupéré les informations sur la carte **figure 30**.

Il n'avait pas essayé de faire de la photo interprétation sur le type de culture même pour caractériser les prairies car les images satellites n'étaient pas d'assez bonne qualité.

La **figure 34** est le résultat de la numérisation de l'occupation des sols pour les 3 années étudiées et le **tableau 7** regroupe les données chiffrées de surface de différents types d'occupation.

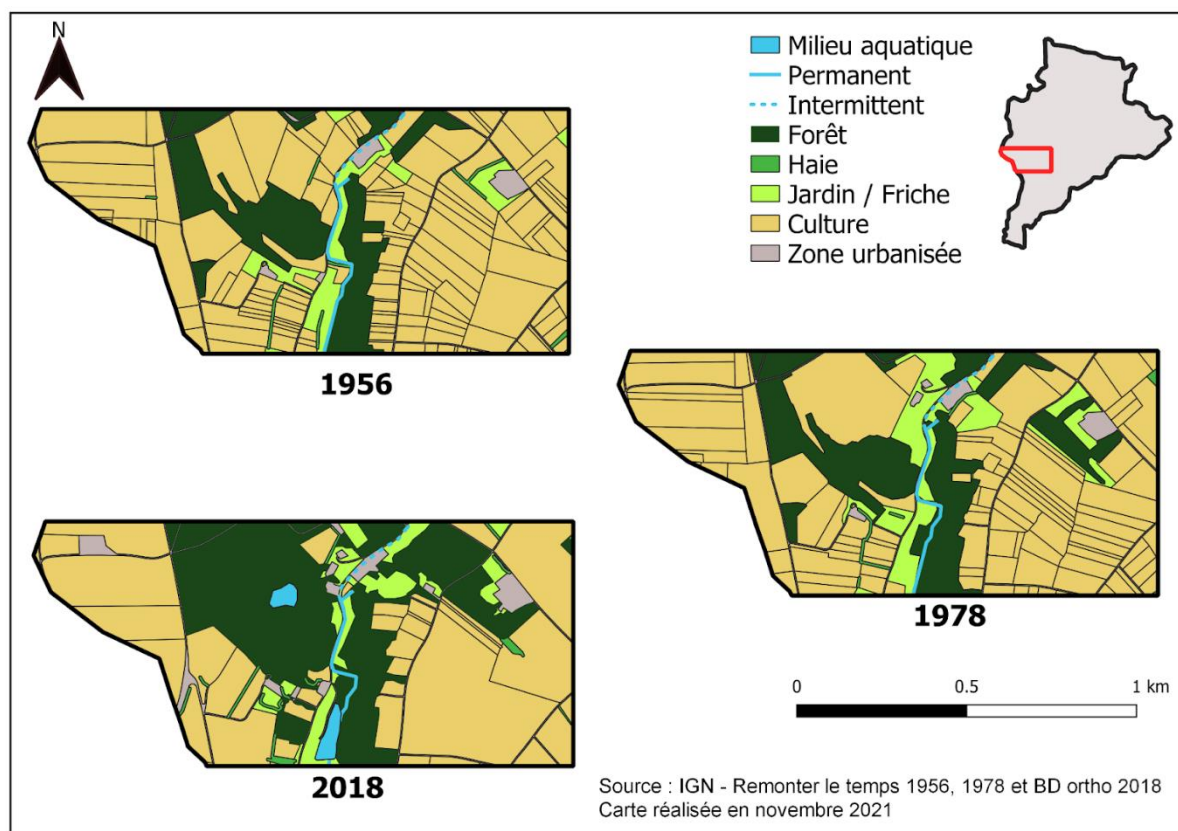


Figure 34 : Evolution de la taille des parcelles et de l'expansion de la forêt

Tableau 7 : Evolution de l'occupation des sols

Année	1956	1978	2018
Linéaire de haie (m)	863	732	956
Nombre de parcelles	143	104	43
Surface moyenne d'une parcelle (m ²)	5066	6295	12146
Proportion de la surface agricole (%)	74,7	67,5	53,9
Proportion de la surface forestière (%)	16,0	19,9	32,6
Proportion de la surface Jardin/parc (%)	5,3	8,6	6,2
Proportion de la surface de zones urabnisées (%)	3,3	3,5	5,1
Proportion de la surface des étangs			1,2

Tout d'abord, il a été remarqué que les tailles des cultures ont diminué de moitié en l'espace de 50 ans tout comme le nombre de cultures. Ceci est la cause de la modernisation et la mécanisation de l'agriculture qui a augmenté les rendements et les vitesses d'opérations. Garder de petites parcelles pour une agriculture familiale est devenue moins rentable et les petites parcelles ont été fusionnées : c'est le remembrement. Ce phénomène a été initié dans les années 1955/1975 et ce sont surtout les maires qui sont les moteurs de la fusion des parcelles. L'intérêt de rassembler les parcelles est de diminuer les coûts d'exploitation. Sur les cartes, on remarque qu'entre 1958 et 1978 le remembrement a commencé puisque la surface moyenne d'une parcelle a augmenté de 20%, puis jusqu'en 2018 cette surface a doublé.

Outre l'impact sur le paysage, les principaux impacts environnementaux du remembrement sur un cours d'eau sont multiples. Cela peut déjà être synonyme d'une modification du lit du cours d'eau afin de le rendre linéaire et faciliter les exploitations. Cependant, pour observer une potentielle modification du Villarçon et de Bellefontaine nous avons retracé tout le linéaire sur le bassin mais nous n'avons pas remarqué de changement entre ces années. Il y a bien eu un recalibrage des deux cours d'eau mais cela est antérieur à 1956 et n'est pas dû au remembrement.

Un autre impact du remembrement est la potentielle suppression des haies. Cependant sur la zone étudiée, le linéaire des haies reste constant en fonction des années bien que géographiquement certaines apparaissent et d'autres disparaissent.

Au niveau de l'expansion des forêts, il a été remarqué que, sur la zone étudiée, la surface des forêts a doublé entre 1956 et 2018 au détriment des zones agricoles qui ont perdu 38% de cultures. Cette tendance d'augmentation des zones forestières est observée à l'échelle de toutes les régions en France métropolitaine.

Plus anecdotiquement, en 2018 il est possible de noter l'apparition d'étangs dont celui des 3 Merlettes qui il a été construit à partir de 1979.

Pour vérifier cette tendance sur tout le bassin versant nous avons croisé les données obtenues avec la base de données Agreste pour avoir accès au Recensement Général Agricole (RGA). Ce recensement répertorie par commune des informations statistiques relatives à l'agriculture et se fait tous les 10 ans. Dans cette étude ont été utilisés les années 1970, 1979, 1988, 2000 et 2010 puisque l'année 2020 n'est pas encore disponible.

Il a été utilisé le RGA de la commune de La Croix-en-Touraine et celui de Civray-de-Touraine car ce sont les seules communes qui possèdent des espaces agricoles sur le bassin. Il faut cependant pondérer les données agrestes avec la superficie des communes au sein du bassin. Nous nous intéressons ici à la Surface Agricole Utilisée (SAU) et aux nombres d'exploitations.

La **figure 35** nous montre que sur tout le bassin, il y a une diminution de l'espace agricole et du nombre de parcelles surement dû à l'expansion de la forêt et des zones urbaines.

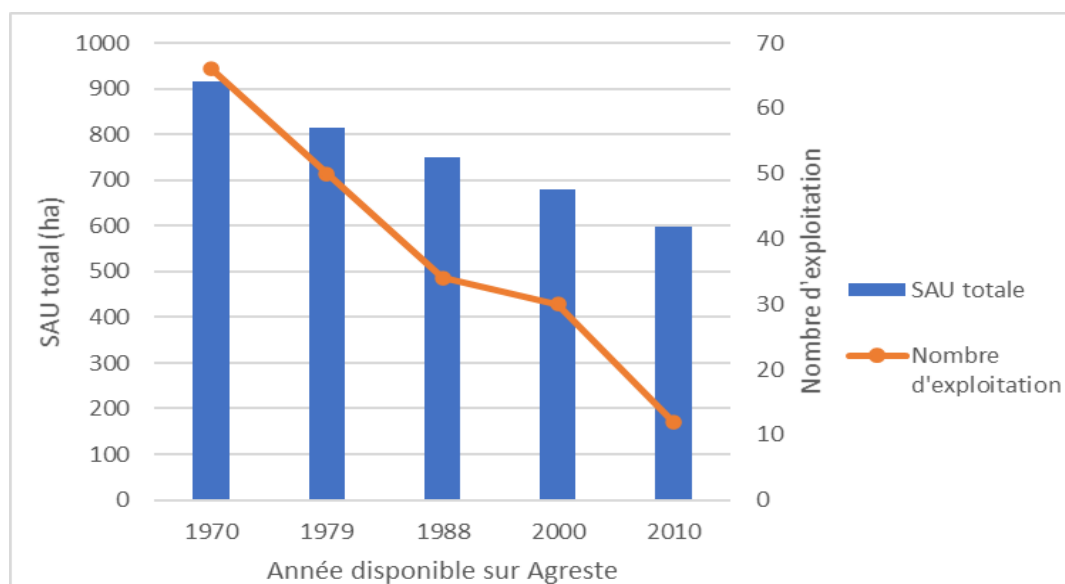


Figure 35 : Evolution du nombre d'exploitation agricole et de la SAU

1.2.2.2. Changements urbains

Afin de mieux observer l'expansion urbaine, il a été proposé d'étudier l'évolution de la surface qu'occupe le bourg de La Croix-en-Touraine à partir de la fin de la seconde guerre mondiale (**Figure 36**). On sait en effet qu'en France, l'urbanisation de masse et l'étalement urbain ont débuté dans ces années-là. Grâce aux orthophotographies disponibles sur le site de l'IGN, il a été possible de retracer l'évolution de la surface urbanisée du bourg de la commune. Le premier cliché aérien disponible pour le secteur étudié date de 1958 et le plus récent est de 2018.

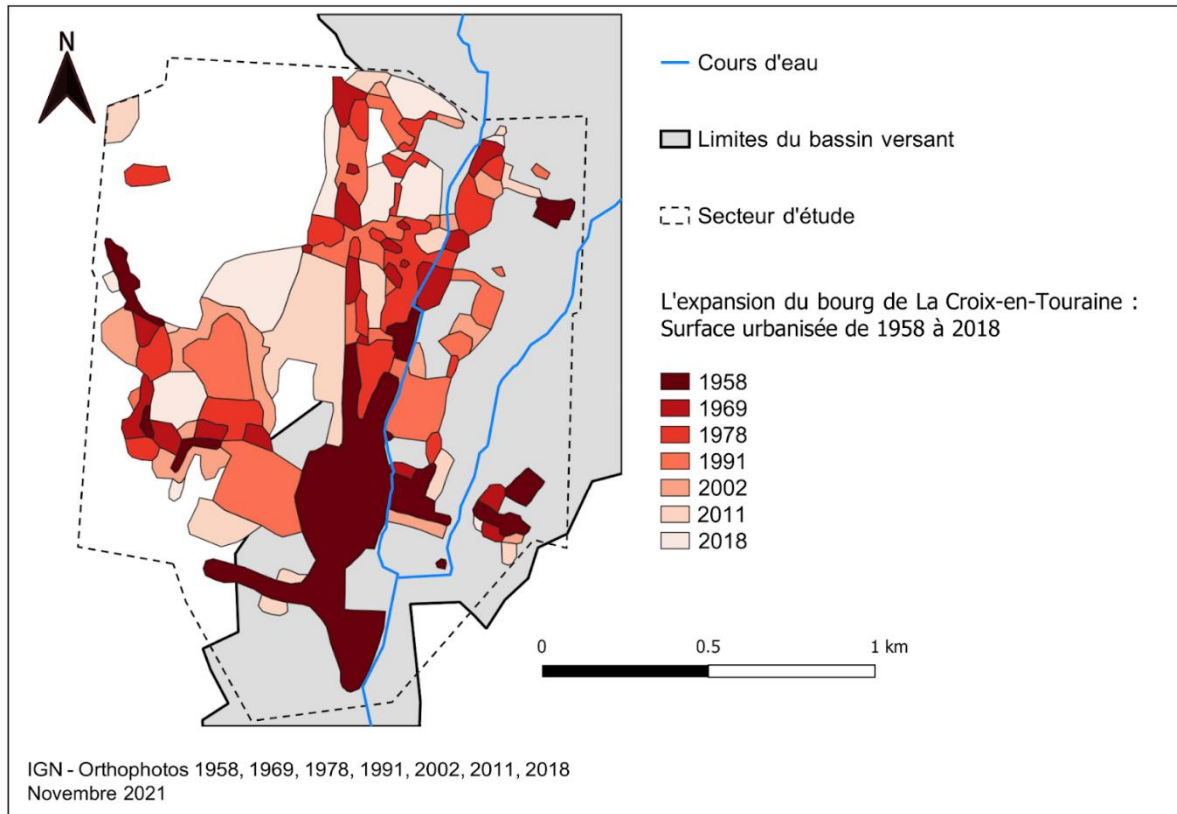


Figure 36 : Expansion du bourg de La Croix-en-Touraine

Ce que l'on peut extraire de cette carte est l'étalement du bourg de La Croix-en-Touraine depuis 1958. La surface urbanisée a augmenté selon un axe nord-sud, le long du ruisseau de Villarçon à l'est, depuis le vieux bourg.

Ce phénomène est menaçant pour le milieu aquatique pour plusieurs raisons. D'abord, l'artificialisation des sols par construction de routes et de logements les imperméabilise. Ceci augmente le ruissellement des eaux pluviales, qui ne s'infiltrent plus et se retrouvent rapidement dans le cours d'eau, ce qui a tendance à augmenter le risque inondation. De plus, les eaux pluviales ruissellent sur des surfaces potentiellement chargées en polluants, comme les routes sur lesquelles sont déposés des hydrocarbures, qui sont entraînés dans la rivière.

Ensuite, l'urbanisation et l'artificialisation des sols provoquent la perte d'habitats naturels et donc la perte de biodiversité.

Enfin, des aménagements liés à l'urbanisation tels que la pose de buses et de ponts, parfois mal calibrés, constituent des cols d'étranglement pour les écoulements de l'eau. En période de forts débits, les inondations sont ainsi favorisées et le bourg de la commune est menacé.

Résumé : caractéristiques du sol et sous-sol ainsi que de l'eau

Il a été vu que le sous-sol du bassin versant du Villarçon est essentiellement composé de limons des plateaux, qui sont une roche sédimentaire fine et peu perméable. Ces caractéristiques conditionnent directement la pédologie. En effet, le bassin versant du Villarçon contient 80% de limons, ce qui, avec les faibles pentes, rend les sols lessivés et très hydromorphes, avec des réserves utiles faibles. Tous ces éléments ne permettent pas une bonne aptitude agricole, ce qui explique en grande partie que toute la partie nord du bassin soit occupée par la forêt d'Amboise et que l'agriculture représente seulement une petite part dans l'occupation totale des sols.

Globalement, le BV est séparé en 3 parties : la forêt, la zone urbaine et les cultures agricoles. Chacune de ces parties possède sa propre problématique. Pour l'agriculture, ce sont surtout les céréales d'hiver qui sont exploitées. Les sols sont donc à nu en hiver et en automne, ce qui provoque des zones avec un aléa fort pour l'érosion. Cependant, aucune d'entre elles ne menace directement les cours d'eau puisque la forêt et la zone urbaine les entourent. La forêt sert de zone tampon et protège les cours d'eau contre un excès de matériaux fins et un trop grand apport en nutriments azotés ou phosphorés.

Les concentrations en phosphore sont donc faibles grâce à cette zone tampon et aussi car aucun rejet industriel ou d'assainissement collectif détériore la qualité chimique.

Néanmoins, une partie du Villarçon traverse la zone urbaine de la Croix-en-Touraine, ce qui apporte sûrement des polluants principalement en hydrocarbure. Aucun polluant n'a été mesuré dans cette étude alors que cela aurait permis de confirmer cette hypothèse.

La ville a tendance à s'étendre sur les parcelles agricoles qui diminuent de plus en plus l'infiltration des sols et augmentent le ruissellement.

1.3. Patrimoine naturel et culturel

1.3.1. Patrimoine naturel

1.3.1.1. Zones naturelles mises en valeur

Au sein du bassin versant du Villarçon, nous retrouvons un parc municipal ainsi qu'une Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Floristique et Faunistique de type 2 (ZNIEFF 2), c'est-à-dire un territoire classé pour son patrimoine naturel.

- **La ZNIEFF 2**

La surface de cette ZNIEFF 2 correspond à la forêt d'Amboise, ce qui se traduit par une emprise importante sur le bassin versant du Villarçon (**Figure 37**).

Le massif forestier d'Amboise est l'un des plus importants en Indre-et-Loire (Sepant, 2018). Il possède d'ailleurs un intérêt biologique intéressant. En effet, on y retrouve deux espèces protégées (**Annexe 6**) : *Osmoderma eremita*, le scarabée pique-prune, ainsi que *Caprimulgus europaeus*, l'engoulevent d'Europe. Certes, ce ne sont pas des espèces aquatiques mais elles témoignent de la qualité de l'habitat.

La classification ZNIEFF se divise en deux types : 1 et 2. Le premier correspond à des espaces abritant des habitats et des espèces rares et vulnérables. Ces zones sont les plus remarquables. Le type 2 illustre quant à lui que l'espace possède un intérêt et une richesse biologique plus élevés que les milieux voisins, sans pour autant accueillir des organismes rares.

Une ZNIEFF, 1 ou 2, n'est pas en elle-même de nature à interdire toute construction. Cependant, dire que cette classification n'entraîne aucune conséquence sur l'aménagement du territoire est faux. En effet, une ZNIEFF est un élément révélateur de la qualité et de l'intérêt d'un milieu. Elle constitue donc un indice pour les aménageurs et les élus afin d'apprécier et de distinguer la valeur naturelle d'un espace à protéger. Par exemple, comme toute décision administrative, l'autorisation d'une construction peut être conduite devant un tribunal administratif. C'est alors que le classement d'une zone en ZNIEFF permet au juge d'apprécier la valeur naturelle et biologique du territoire et ainsi d'annuler ou non la décision d'aménagement.

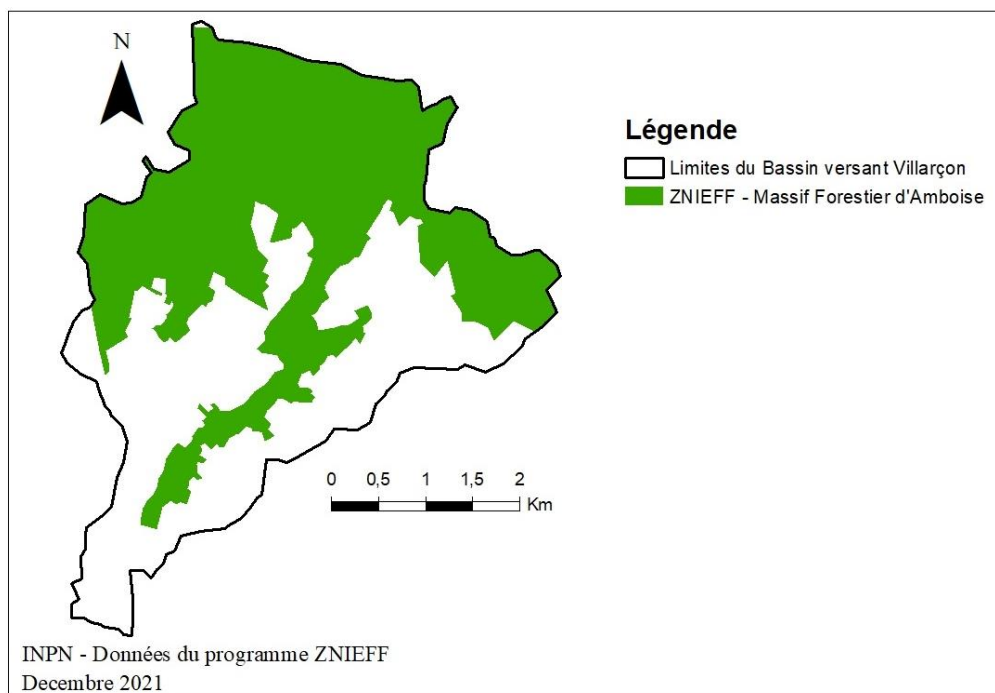


Figure 37 : la ZNIEFF de la forêt d'Amboise

- **Le parc municipal**

Le parc Edouard André est une propriété de la commune ouverte au public depuis 2003 et qui accueille la mairie depuis 2008. En plus de contenir de nombreuses aires destinées à se divertir et à se relaxer (bancs, aires de jeux pour enfants, kiosque), ce parc présente un intérêt écologique non négligeable. En effet, on y retrouve les ruisseaux de Villarçon et de Bellefontaine, des roseraies, des parterres fleuris, des pelouses, des bosquets, etc.

1.3.1.2. Zonage réglementaire des documents de planification

Grâce aux deux espaces étudiés précédemment, le bassin versant du Villarçon possède de la valeur ajoutée à son patrimoine naturel ainsi que pour son tourisme. A cela vient s'ajouter le Schéma Régional de Cohérence Écologique (SRCE) qui nous dévoile des zones de corridors diffus à préciser localement, ce qui signifie que les espaces concernés par cette appellation peuvent être classés en zones écologiques.

D'après les 3 cartes **annexes 7a, 7b et 7c** (Région Centre, Décembre 2014, "Schéma Régional de Cohérence Écologique du Centre - Bassin de vie d'Amboise"), le bassin versant du Villarçon possède des bocages et d'autres structures ligneuses linéaires qui ont une fonctionnalité faible. Le Cher est un cours d'eau inscrit au SRCE (ce qui n'est pas le cas du Villarçon et Bellefontaine). De plus, la tête du bassin versant du Villarçon (la forêt d'Amboise) fait partie d'un réservoir de biodiversité. Enfin à l'aval du bassin versant, on constate des zones de corridors diffus à préciser localement et des corridors écologiques potentiels à remettre en bon état. Cette zone se trouvant sur les rives du Cher.

On peut conclure à la lecture de ces cartes que le bassin versant, malgré une fonctionnalité faible des sous-trames de bocages et d'autres structures ligneuses linéaires, possède deux zones à potentiel : la forêt d'Amboise et les rives du Cher. En effet d'un côté nous avons un réservoir de biodiversité, classé en ZNIEFF 2 avec des zones de corridor et de l'autre côté un cours d'eau classé au SRCE avec des corridors écologiques à remettre en état.

La Croix-en-Touraine n'ayant pas un nombre important d'habitants, elle n'est pas pourvue d'un PLU (Plan Local d'Urbanisme) mais d'un PLUi (Plan Local d'Urbanisme Intercommunal) qui englobe la Communauté de communes de Bléré - Val de Cher (Communauté de communes de Bléré - Val de Cher, 2017). La carte en **annexe 8**, tirée de ce document, expose que la commune est un lieu de transition entre la vallée du Cher agricole, maraîchère et viticole et le plateau d'Amboise, plutôt forestier.

En joignant les données du SRCE et du PLUi, ainsi que la ZNIEFF et le parc Edouard André, on constate que le bassin versant du Villarçon sert de transition. En effet, il se trouve à proximité de deux endroits remarquables que sont Chenonceaux et Amboise et englobe aussi une partie de la forêt d'Amboise et des rives du Cher. Le bassin versant du Villarçon peut être rendu plus attractif en mettant en valeur ses zones intéressantes du point de vue de la biodiversité ainsi qu'en remettant en état les corridors écologiques du Cher.

1.3.1.3. Échantillonnage de macro-invertébrés

Le patrimoine naturel, c'est également la richesse d'espèces présentes dans les cours d'eau du Villarçon et du Bellefontaine. Ainsi, nous nous sommes proposés d'étudier ce patrimoine en échantillonnant à divers endroits les macro-invertébrés aquatiques. Les différents points de prélèvements, indiqués sur la **figure 38**, ont été sélectionnés stratégiquement dans un but précis : observer les possibles impacts sur la biodiversité de la ville de La Croix-en-Touraine et de la confluence des deux ruisseaux (en comparaison avec la biodiversité présente proche de la source du Villarçon). Pour information, les points 1, 2 et 3 ont été numérotés dans l'ordre chronologique de leur prélèvement.

A chaque point-station, nous avons réalisé plusieurs relevés avec le filet surbeur en fonction des différents types de faciès et des types de substrats. Le but est d'avoir un prélèvement représentatif et

diversifié en nombre d'individus. Au point le plus en amont (n°3), seulement trois prélèvements ont pu être réalisés en raison du peu de faciès et de substrats différents.

Pour chaque station, les invertébrés ont été triés et identifiés puis les résultats ont été récapitulés dans le **tableau 8**.

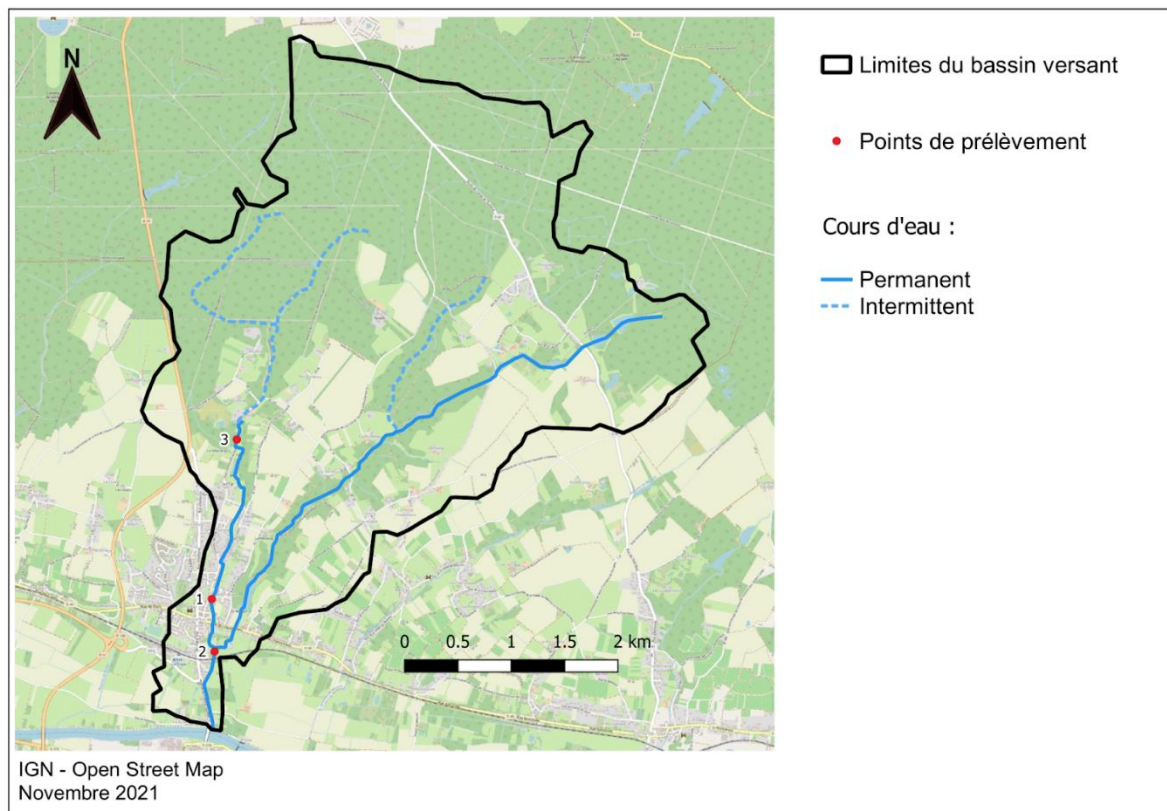


Figure 38 : Points de relevés sur le réseau hydrographique du bassin versant

Tableau 8 : Résultats par famille des prélèvements d'invertébrés pour chaque station

		Station 1	Station 2	Station 3
Insectes	Chironomidae	x	x	x
	Corixidae	x	x	
	Elmidae			x
	Goeridae			x
	Helodidae			x
	Limnephilidae		x	
	Scirtidae			x
	Tabanidae			x
Mollusques	Physidae	x		
	Planorbidae	x	x	
	Valvatidae	x		
Crustacés	Asellidae	x		
	Cambaridae, juvénile		x	
	Copépodes	x		
	Gammaridae	x	x	x
	Lymnaeidae	x		
Bivalves	Sphaeriidae	x		
Achètes		x	x	x
Oligochètes			x	x
Nombre de taxons		11	8	9



Figure 39 : Juvénile de salamandre observé à la station 3

La station dénombant le plus de taxons d'invertébrés est la station 1 avec 11 taxons d'invertébrés dont seulement 2 taxons d'insectes (*Chironomidae* et *Corixidae*). Cette station est située au niveau de la ville de La Croix-en-Touraine, en aval de l'étang des 3 Merlettes. La station la moins riche en diversité de taxons est celle située en aval de la confluence des deux ruisseaux (station 2). La station 3, la plus en amont, contient 9 taxons différents, dont aucun taxon de mollusque contrairement aux deux précédentes.

Ces résultats peuvent nous sembler incohérents quant à la diversité taxonomique présente d'aval vers l'amont (on aurait pu s'attendre à une diversité de plus en plus importante en remontant le cours d'eau), cependant ces résultats montrent que la station numéro 3 est celle qui contient la plus grande variété taxonomique de larves d'insectes avec 6 taxons différents contre seulement 3 et 2 différents pour les autres stations. De plus, sur cette station 3, la plus proche de la source, un juvénile de salamandre a été observé (**Figure 39**).

Cette biodiversité présente à la station 3 pourrait nous indiquer que la qualité de l'eau en amont serait globalement meilleure qu'en aval de la ville, où les taxons trouvés et identifiés sont à priori des taxons plus ubiquistes et moins exigeants en termes de qualité de l'eau.

Par conséquent, l'étang succédé du bourg de La Croix-en-Touraine pourrait avoir un impact sur la qualité de l'eau.

Toutefois, nos interprétations doivent être considérées avec la plus grande prudence car les prélèvements ont été réalisés en décembre, après une légère crue des ruisseaux, alors que les préconisations pour ce genre d'inventaire sont de le faire en étiage et en fin de printemps voire en été de préférence. Il se peut donc que de nombreux taxons n'aient pas été décelés aux différentes stations en raison des conditions climatiques. Cependant ces derniers résultats restent à titre informatif et il serait recommandé d'effectuer à nouveau cette manipulation à la bonne période.

Le patrimoine naturel inclut aussi les populations piscicoles des ruisseaux. Cependant nous n'avons pas pu réaliser de pêches électriques ni de prélèvements mais à la suite d'un échange par mail avec l'OFB, un sondage piscicole datant de 2010 nous a été fourni (**Figure 40**).

Ce sondage nous informe quant à la présence de poissons dans le Villarçon et le Bellefontaine. Quelques informations sur les débits sont également fournies dans cette figure, et nous pouvons observer que les débits sont cohérents avec nos calculs.

Pour terminer cet inventaire du patrimoine naturel, de la renouée du Japon *Reynoutria japonica* il a été observée. La présence de cette espèce est problématique puisqu'elle se développe densément et étouffe les espèces autochtones. Elle peut aussi entraver l'écoulement de l'eau lors de crues. Cette présence a été observée sur la partie urbaine, au niveau de la station 1 de prélèvement de macro-invertébrés et est donc à surveiller pour éviter une trop grande prolifération de cette Espèce Susceptible d'Occasionner des Dégâts (ESOD).

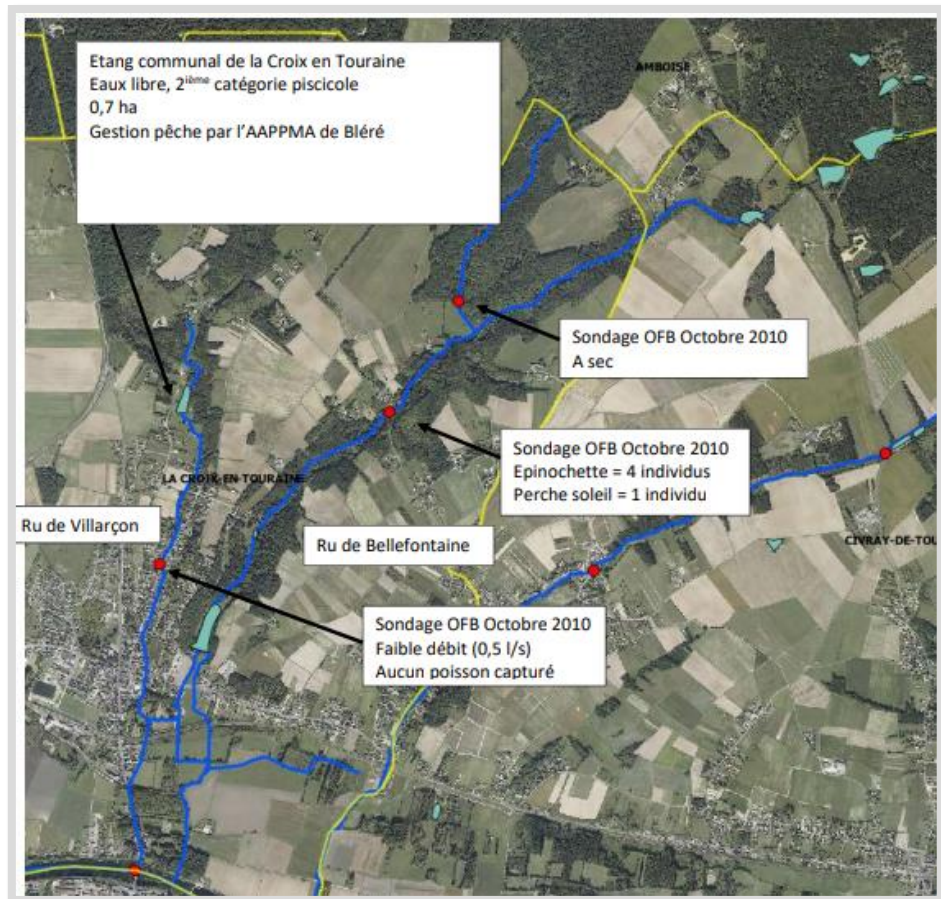


Figure 40 : Résultat du sondage piscicole OFB d'Octobre 2010 sur le Villarçon et le Bellefontaine

1.3.2. Patrimoine culturel

1.3.2.1. Patrimoine historique

Le Patrimoine historique est l'ensemble des biens matériels ou immatériels possédant une valeur historique. Comme mentionné précédemment, le bassin étudié se trouve dans 3 villes. La ville de Civray-de-Touraine fait partie de 13,5% du bassin versant. Cette ville a des monuments historiques comme l'ensemble du parc du domaine du château de Chenonceaux, l'église paroissiale Saint-Germain (XIII^{ème} siècle) et le Château de Mesvres, mais aucun ne fait partie du bassin étudié.

A Amboise, il y a plusieurs monuments historiques, comme les châteaux du Clos Lucé et Gaillard et les églises Saint-Florentin et Notre Dame du Bout des Ponts, cependant, même contenant une grande partie du bassin versant, il ne présente pas de monuments historiques. La partie représentée par la commune présente la forêt d'Amboise, qui a été constitué en patrimoine naturel.

Enfin, dans la ville de La Croix-en-Touraine, correspondant à 46,2% du bassin versant du Villarçon, on observe qu'environ 50% de la commune occupe le bassin versant et dans cette partie se trouvent certains monuments historiques, comme le Château du Paradis et l'église Paroissiale Saint-Quentin de La Croix-en-Touraine.

Le Château du Paradis (Figure 41a) a été édifié au 16^e siècle et 18^e siècle (Advercity, 2021). Sur ce bâtiment il y a des éléments protégés comme les façades et les toitures ; la salle du rez-de-chaussée garnie de boiseries, avec son plafond peint et sa cheminée de pierre et la porte Nord (Monumentum, 2021). Aujourd'hui, les propriétaires entretiennent régulièrement et en font un château d'hôtel.

L'église paroissiale Saint-Quentin (Figure 41b) de La Croix-en-Touraine a été construite au 12^e siècle et reconstruite en partie au 15^e siècle (Advercity, 2021). Elle est composée d'une nef simple, couverte d'une charpente lambrissée, d'un transept sur lequel s'ouvrent deux chapelles latérales avec absidioles, et d'un chœur communiquant avec ces chapelles et terminé par une abside semi circulaire (Monumentum, 2021). C'est une propriété de la commune qui est ouverte à la fois pour les célébrations de messe et le tourisme.

Le Château de la Gaillardière est un autre monument qui se trouve dans la commune, mais en dehors du bassin. La localisation des monuments historiques est indiquée sur la figure 42.



Figure 41 : Monuments historiques sur la Croix -en-Touraine : (a) Château du Paradis (Montoux, 2013) et (b) Eglise Paroissiale Saint-Quentin de La Croix-en-Touraine (Metayer, 2012)

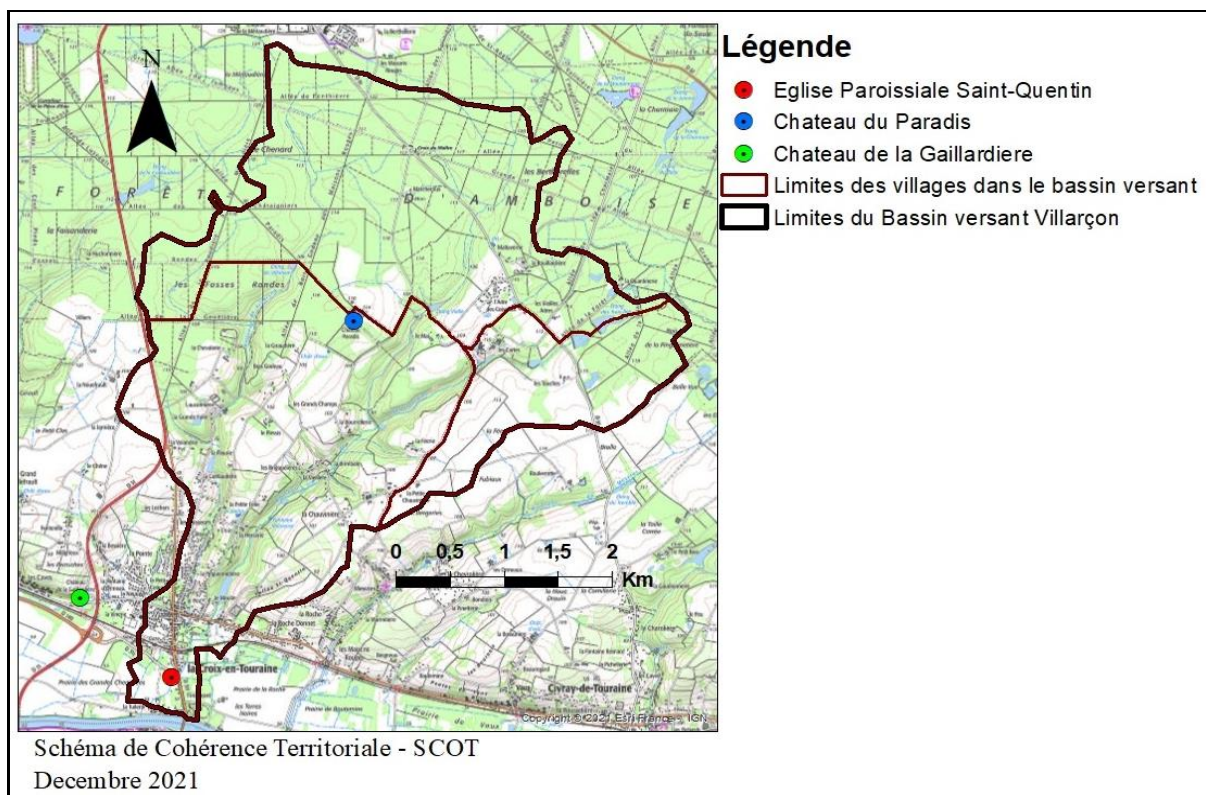


Figure 42 : Localisation des monuments historiques de La Croix-en-Touraine

1.3.2.2. Tourisme

Le bassin versant du Villarçon, riche de son patrimoine naturel et culturel, dispose aussi d'un patrimoine touristique. En effet l'office du tourisme *Autour de Chenonceaux, Vallée du Cher* qui est située à Bléré et à Chenonceaux propose de découvrir le château enjambant le Cher ainsi que différentes balades à vélo et randonnées dans les alentours. Certains parcours passent notamment au sein du bassin versant du Villarçon, plus particulièrement sur les bords du Cher (**Annexe 9**).

Le château de Chenonceaux, élément indissociable du Cher, se situe à seulement 6 kilomètres de La Croix-en-Touraine. C'est un site remarquable, classé monument historique et patrimoine mondial de l'UNESCO.

On retrouve aussi comme exposé dans la partie *1.3.2.1. Patrimoine historique*, le Château de Paradis utilisé comme hôtel, ainsi que 4 autres hôtels dans la commune, représentant un atout afin d'accueillir les personnes souhaitant visiter les environs.

Enfin la commune est propriétaire de l'étang des 3 Merlettes qui est un plan d'eau situé en amont du bourg, sur le cours du ruisseau de Villarçon. Géré par l'Association Agréée pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques de Bléré, il est classé en deuxième catégorie piscicole et toutes les personnes titulaires d'un permis peuvent y pêcher carpes, gardons et rotengles.

1.4. Acteurs et usages liés à l'eau

1.4.1. Les usages et conflits d'usages du bassin versant

1.4.1.1. Population et usages domestiques

Nous avons choisi d'étudier l'évolution démographique uniquement de la commune de La Croix-en-Touraine (**Figure 43**) pour plusieurs raisons. D'abord, car le bourg de ce village est sur le bassin versant et car la commune occupe la majorité du bassin (46,2 %). Ensuite, la commune d'Amboise (40,3 % du bassin) est représentée pour une grande partie par de la forêt et Civray-de-Touraine n'occupe que 13,5 % du bassin, essentiellement par des terres cultivées.

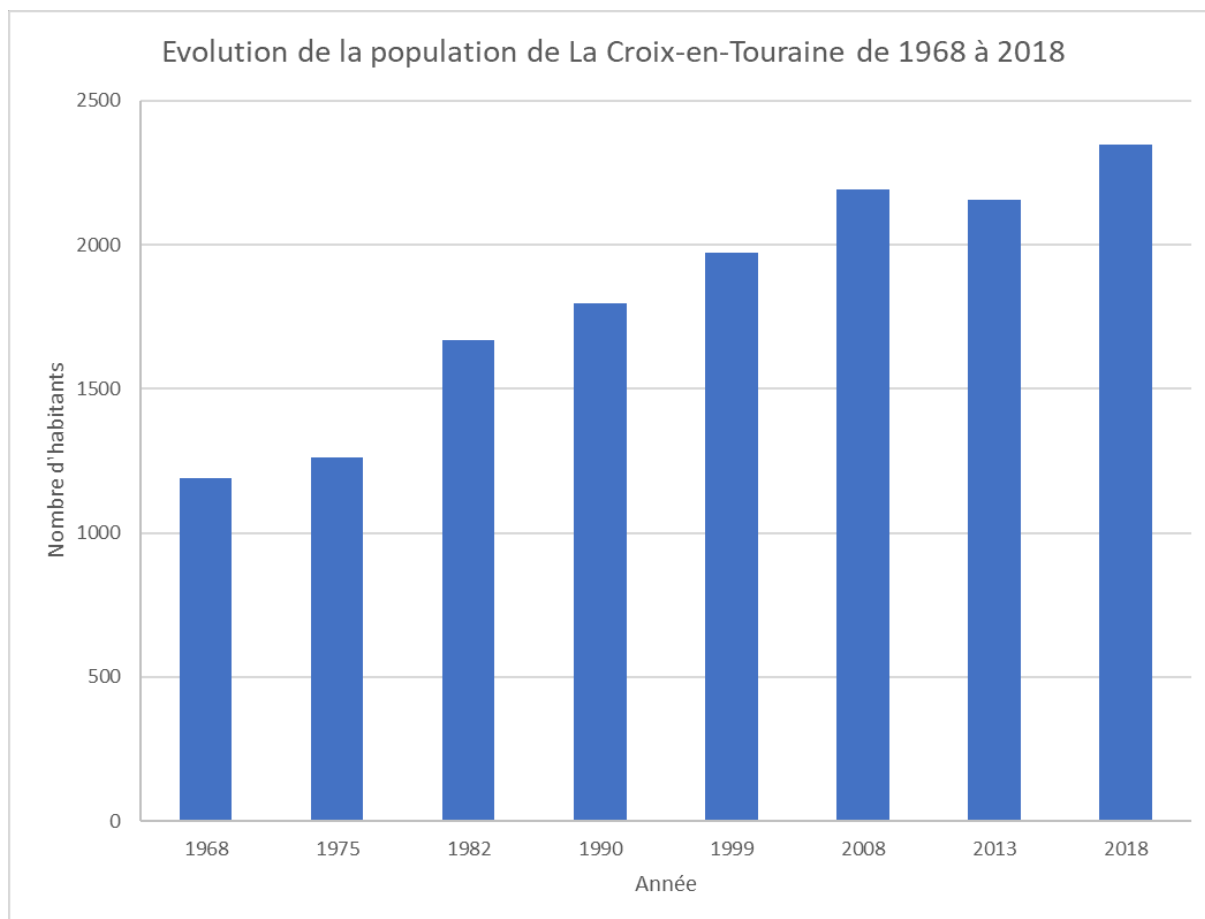


Figure 43 : Évolution de la population de La Croix-en-Touraine de 1968 à 2018 (Insee, 2021)

On constate une augmentation de la population de la commune depuis 1968, date à laquelle les premiers chiffres sont disponibles sur le site de l'Insee. Cette tendance est à mettre en relation avec la **figure 34**. En effet, avec l'augmentation de la population, de nouveaux logements sont construits et la surface occupée par la ville augmente. En plus des problèmes posés au milieu naturel (évoqués dans la partie 1.2 *Occupation du sol et paysage*), l'augmentation de la population génère une pression importante sur la nappe phréatique car davantage d'eau doit être prélevée pour la consommation humaine, notamment au point de forage du lieu-dit La Petite Folie (**Figure 42**). Si de plus grandes quantités d'eau sont prélevées dans la nappe pour être potabilisées, c'est autant qui ne sont plus disponibles pour le milieu naturel.

Enfin, l'augmentation de la population augmente le risque de pollutions accidentelles telles que la fuite ou la saturation des réseaux d'assainissement.

En ce qui concerne les usages de l'eau et des milieux aquatiques, on distingue trois lieux importants (**Figure 44**). Le parc Edouard André situé juste à côté de la mairie, l'étang des Trois Merlettes, qui est un lieu de promenade et de pêche, sont des usages de loisirs, et le point de captage d'eau de la Petite Folie qui est un usage domestique. Ce dernier, localisé au nord du bourg de La Croix-en-Touraine, est géré par le Syndicat d'eau de la Vallée du Cher. Il puise de l'eau, destinée à l'Alimentation en Eau Potable (AEP), à 239 mètres de profondeur dans la nappe du Cénomanien. En 2010, ce sont 206 605 m³ qui ont été prélevés et en 2015, 200 942 m³ (Association Eau-Touraine, 2019).

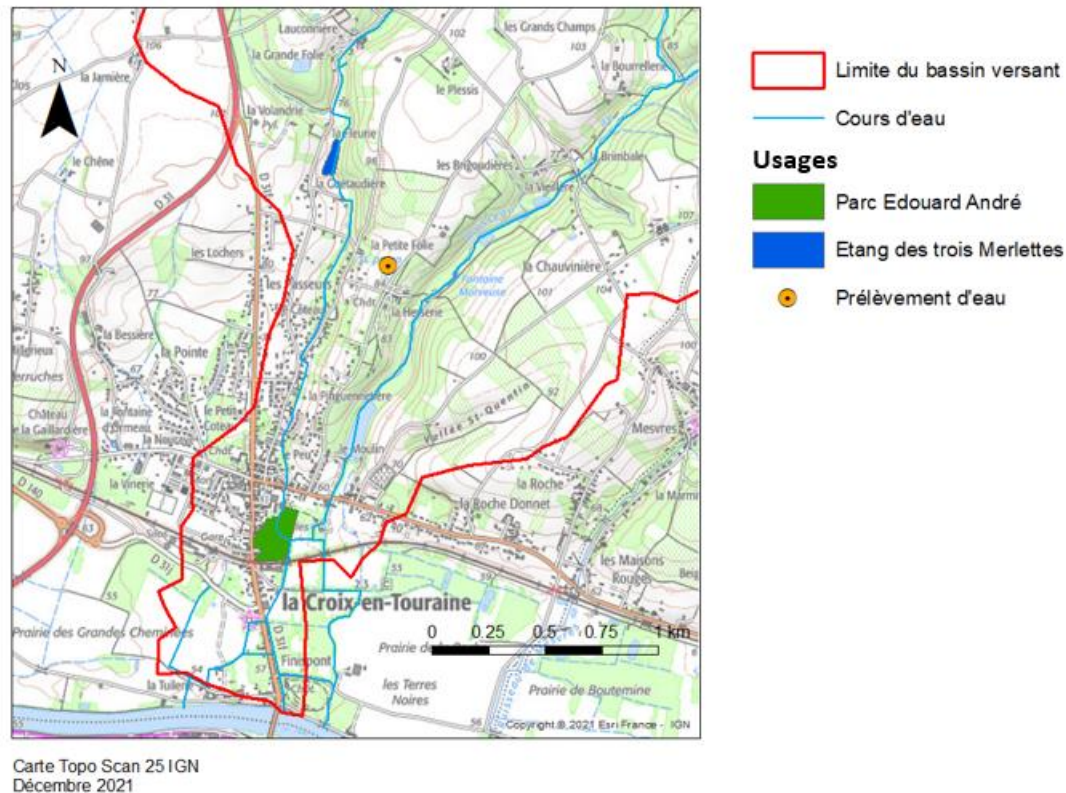


Figure 44 : Usages du bassin versant du Villarçon

1.4.1.2. Usages industriels

Le secteur de l'industrie n'est pas répertorié au sein de La Croix-en-Touraine, n'ayant qu'une seule Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE). Il s'agit de PAUL GODINAT ET COMPAGNIE, société spécialisée dans la location de terrains et de biens immobiliers et active depuis 62 ans dont le siège se trouve dans la commune. Cependant, elle ne représente aucun danger sur les milieux aquatiques (non SEVESO, non priorité nationale).

Cette directive SEVESO est une directive européenne qui a fait suite à la catastrophe de Seveso en Italie en 1976. Elle oblige les États membres de l'Union Européenne à recenser les entreprises industrielles possédant un risque d'accident majeur, pouvant entraîner des conséquences sanitaires et environnementales. Elle oblige aussi les industriels à classer leurs activités en fonction de la nomenclature des ICPE et de réaliser des études de dangers industriels pour identifier toutes les hypothèses possibles d'accident. Cependant, nous ne détaillerons pas davantage en quoi elle consiste précisément puisque le bassin versant du Villarçon et du Bellefontaine n'est pas concerné par de tel type d'ICPE.

Pour la commune d'Amboise, il existe de nombreux usages industriels mais ils ne nous concernent pas ici puisque la partie d'Amboise présente sur le bassin versant est uniquement forestière, ces ICPE ne sont donc pas à mentionner ici.

1.4.1.3. Usages agricoles

Sur le bassin versant du Villarçon et d'après nos recherches sur le site de la DDT d'Indre-et-Loire, nous n'avons trouvé aucune ICPE agricole classée à La Croix-en-Touraine. Cependant, cette commune avec Amboise et Civray-de-Touraine sont concernées par la directive nitrates et sont classées comme zones vulnérables selon la **figure 45**.

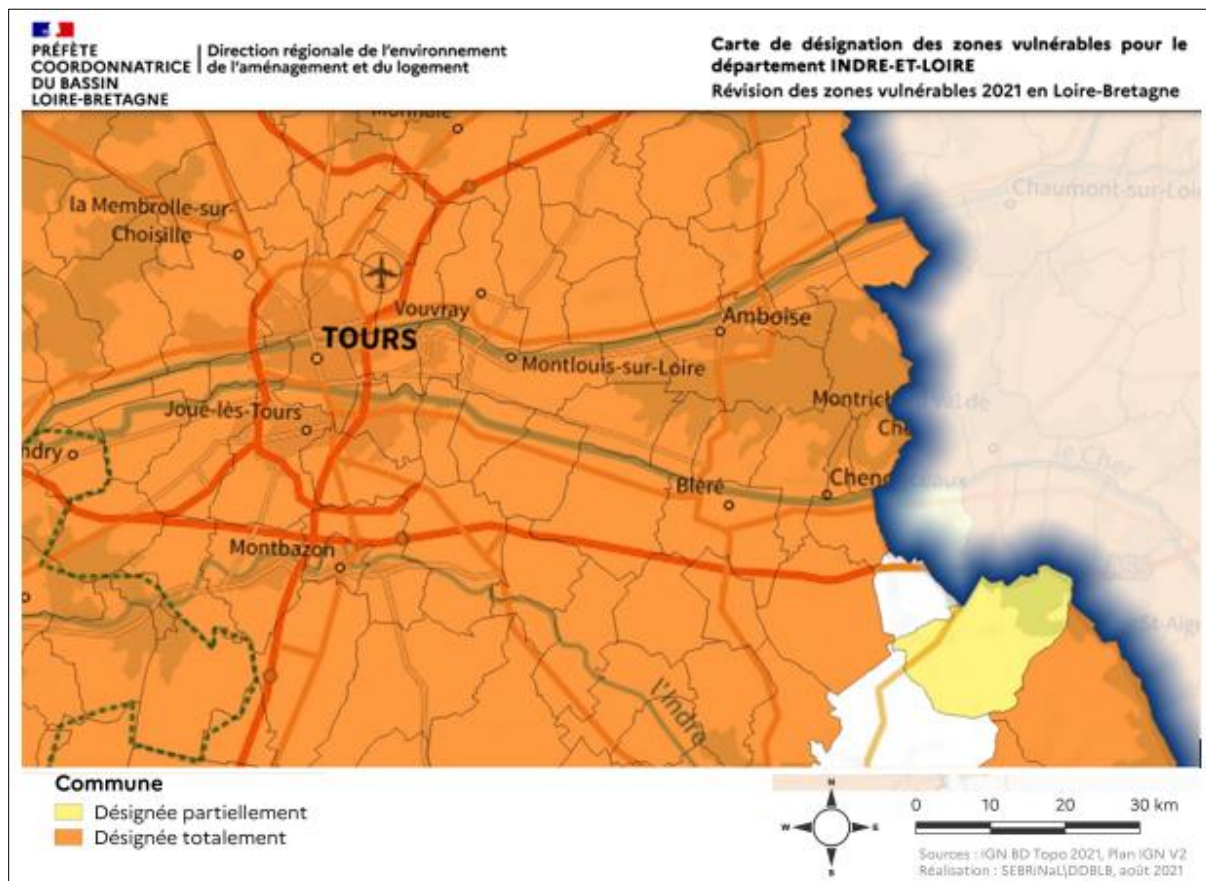


Figure 45 : Communes concernées par le plan de surveillance nitrates en 2021

Cette directive nitrates, entame sa 7^e campagne de surveillance en 2021. Elle vise à “protéger les eaux contre la pollution par les nitrates d’origine agricole grâce à plusieurs mesures dont la mise en œuvre incombe aux États membres. Ces mesures concernent la surveillance des eaux superficielles et souterraines, la désignation de zones vulnérables, l’élaboration de codes de bonnes pratiques agricoles, l’adoption de programmes d’action et l’évaluation des actions mises en œuvre.”

Cette information peut parfois être couplée à des données chiffrées sur les valeurs nitrates, disponibles sur le site internet [ADES eau France](https://www.adeseau.fr/), mais aucun piézomètre et qualitomètre n’est présent sur ce bassin versant. Par conséquent nous ne pourrions joindre des données chiffrées en teneur en nitrates des eaux du bassins versant.

Toutefois, cette directive nous permet de faire le lien sur les usages agricoles, comme les IFT et l’évolution de l’irrigation au sein du bassin versant.

Les IFT, Indicateurs de Fréquence de Traitement (phytosanitaire), sont assimilables à un nombre de doses homologuées employées, pondérées par la surface traitée. La formule de calcul est la suivante :

$$IFT \text{ d'untraitement} = \frac{\text{Dose appliquée} \times \text{Part de la surface traitée}}{\text{Dose homologuée}}$$

Malheureusement, après recherches sur plusieurs sites, nous n'avons pas réussi à trouver l'IFT à l'échelle du bassin versant ou de la commune de La Croix-en-Touraine. La carte la plus précise est celle des cantons en 2014 sur la région Centre-Val de Loire (**Figure 46**) prise sur l'Agreste.

Le bassin versant du Villarçon se situe dans la zone avec un indice d'IFT total compris entre 0 et 1,1 qui correspond à la catégorie la plus faible. On peut donc estimer que l'utilisation de produits phytosanitaires n'est pas très élevée sur la zone d'étude.

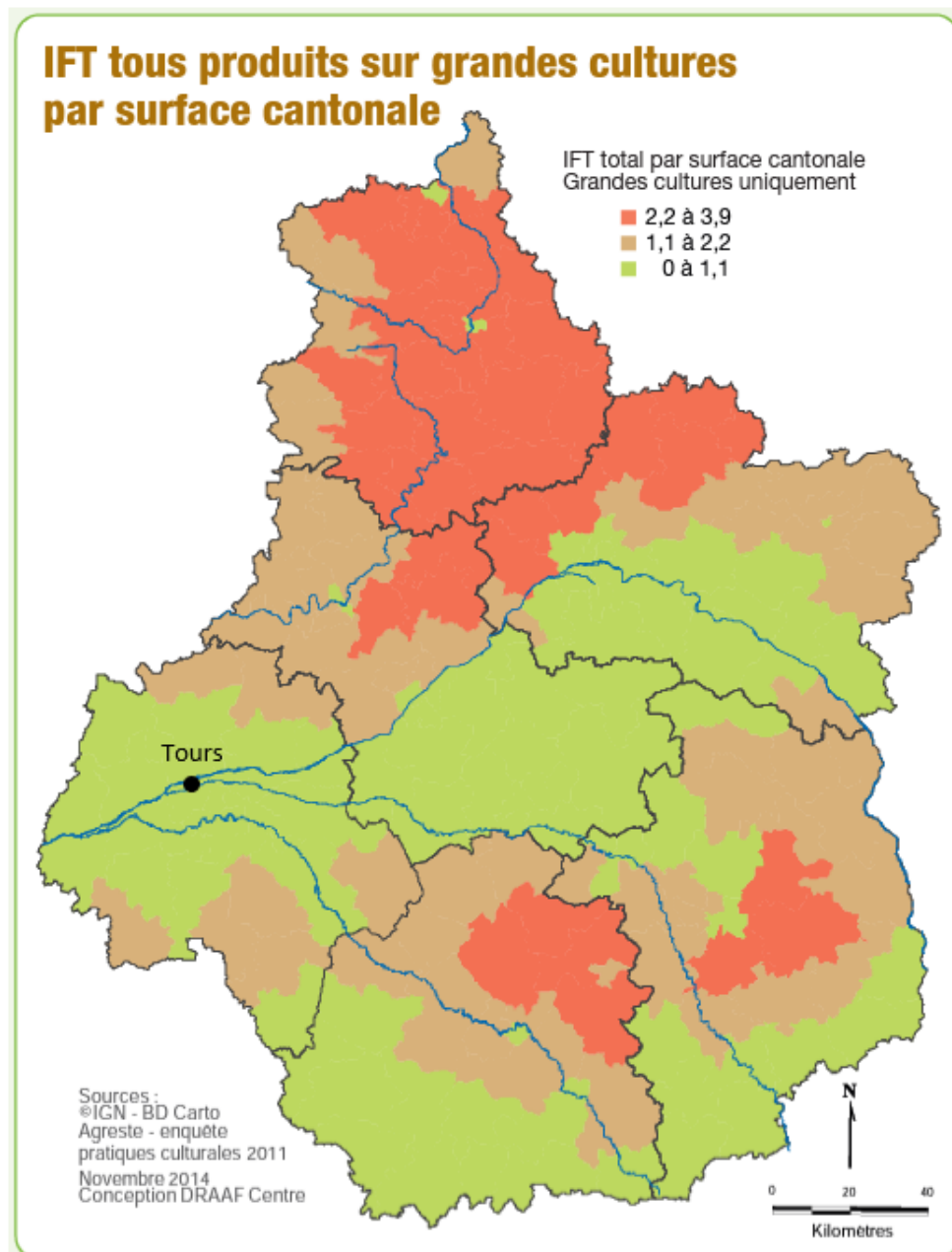


Figure 46 : Répartition des IFT en Centre-Val de Loire (Agreste, 2014)

L'irrigation est un outil fondamental dans l'agriculture, car elle permet le bon développement des cultures, et d'obtenir des récoltes multiples, ou encore d'augmenter les rendements.

Selon l'Agreste, les superficies irriguées comprennent les superficies irriguées au moins une fois au cours de l'année de récolte, quel que soit le mode d'irrigation. Pour les surfaces irriguées dans les villes représentées dans le bassin versant du Villarçon, les seules données trouvées sur le site de l'Agreste sont pour les années de 2000 et 2010, référent au SAU de chaque commune. Cela nous permet d'avoir une estimation en pourcentage de son évolution dans cette période.

En 2010, il y avait 4,5% de superficie irriguée sur le bassin versant étudié alors qu'en France il y avait une moyenne de 5,9%. Par rapport à l'année 2000, la différence entre les superficies irriguées en 2010 et en 2000 rapportée à la superficie irriguée en 2000 a été de 1,9% plus faible, en considérant seulement Amboise et Civray-de-Touraine car aucune donnée n'a été trouvée pour La Croix-en-Touraine. La moyenne nationale a été diminuée de 0,5%. Les valeurs relatives aux communes dans leur intégralité sont dans le **tableau 9** ci-dessous.

Tableau 9 : Evolution de la superficie irriguée en pourcentage entre 2000 et 2010 (Source : Agreste, 2010)

Communes	Evolution de la superficie irriguée entre 2000 et 2010 (en %)	
Amboise	10,26	8,70
La Croix-en-Touraine	pas de données	0,00
Civray-de-Touraine	5,47	7,20

Ces valeurs ne représentent qu'une estimation et ne peuvent pas nous donner l'évolution des superficies irriguées de manière exacte.

Concernant les surfaces drainées, le site de l'Agreste nous permet aussi d'évaluer la part de superficie drainée, pour l'année de 2010. Cette année le bassin versant avait eu 3,6% de superficies drainées sur le SAU alors que la moyenne nationale était de 10,6 %.

Les valeurs trouvées pour la surface irriguée et la surface drainée sont très faibles. Il est possible que ces valeurs soient influencées par les qualités du sol du bassin, qui sont faibles pour l'agriculture et qu'une grande partie de la surface soit dédiée aux espaces forestiers.

1.4.2. Les acteurs et la gestion du cours d'eau et du bassin versant

1.4.2.1. Présentation des acteurs et de leur rôle

Les acteurs de la gestion de l'eau en France peuvent être classés à différentes échelles : échelle nationale, niveau du bassin hydrographique, échelle régionale, puis départementale et locale. Il existe une interaction entre toutes ces échelles.

Le syndicat mixte *Nouvel Espace du Cher (NEC)*, créé le 01 janvier 2018, est un regroupement d'intercommunalités qui a pour compétence la GEMAPI. Son territoire correspond au bassin versant hydrographique du Cher, en aval de Saint-Aignan (41). Ainsi, les intercommunalités ayant tout ou partie de leur territoire sur ce bassin versant hydrographique sont normalement membres de ce syndicat mixte. Or, selon la base nationale sur l'intercommunalité (banatic.interieur.gouv.fr),

seulement Tours Métropole-Val de Loire et les Communautés de Communes (CC) de Bléré-Val de Cher, Touraine-Est-Vallées et Val de Cher-Controis, adhèrent au NEC. En effet, les intercommunalités qui ont une très faible surface sur le bassin versant hydrographique du Cher en aval de Saint-Aignan, ne font pas partie du syndicat mixte. C'est par exemple le cas de la CC Val d'Amboise et de la Communauté d'Agglomération (CA) de Blois Agglopolys.

Quant au bassin versant du Villarçon, il se situe à la fois sur la CC Bléré-Val de Cher et la CC Val d'Amboise (**Figure 47**). Comme cette dernière n'est pas membre du NEC, la seule intercommunalité compétente pour gérer le ruisseau de Villarçon, représentée par le NEC, est celle de Bléré.

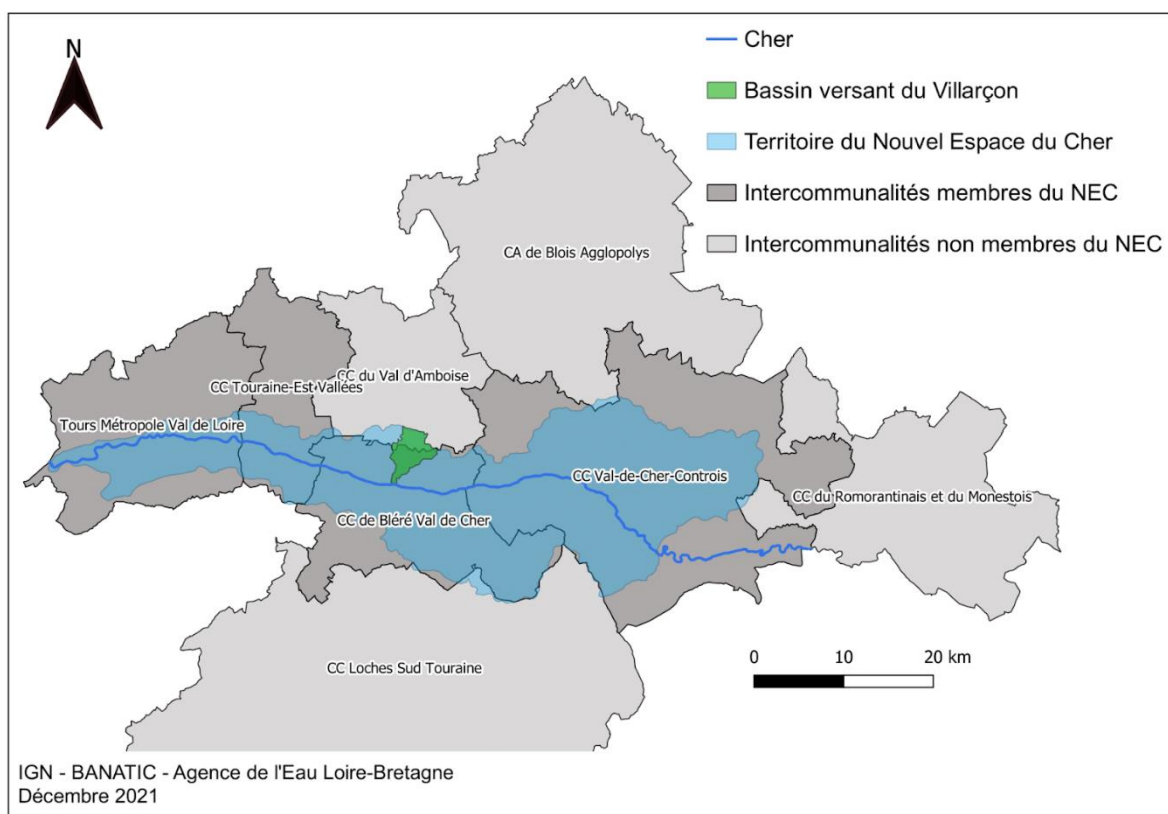


Figure 47 : Carte des intercommunalités

Les usages de l'eau sont divers et variés et c'est pour cela que cette gestion des cours d'eau est assurée par de nombreux acteurs et à différentes échelles (**Tableau 10**).

Cette dernière dépend tout d'abord des décisions de l'Union Européenne avec par exemple les Directives Européennes. L'Etat en assure l'application et le respect à l'échelle nationale. Une des orientations actuelles fixées par la DCE de 2000 concernant les écosystèmes aquatiques est le retour au bon état des cours d'eau.

Elle se traduit à l'échelle nationale par la mise en place de la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA) de 2006. Afin de mener à bien cette gestion, la France fonctionne sur un modèle déconcentré dans lequel l'Etat délègue des compétences en termes de gestion de l'eau. On retrouve donc des acteurs à l'échelle nationale qui assurent l'articulation avec l'Union européenne et gèrent la ressource de façon générale à l'échelle de la France et d'autres plus locaux dont la gestion est plus adaptée aux différents cas de figures et enjeux locaux.

Tableau 10 : Récapitulatif des échelles institutionnelles sur le bassin versant du Villarçon

ECHELLE	ACTEUR	RÔLE
Internationale	UE	DCE 2000
Nationale	Office Français pour la Biodiversité (OFB)	Police de l'Eau
Régionale	DREAL Centre Val de Loire	Service Eau, Biodiversité, Risques Naturels et Loire ; Service Hydrométrie, Préviation des Étiages, des Crues et des Inondations...
Départementale	DDT Indre et Loire	Grenelle de l'environnement
Bassin Hydrographique	Comité de bassin Loire-Bretagne	SDAGE
	Agence de l'eau Loire-Bretagne	Contrats Territoriaux de Restauration de Rivière
Locale	Nouvel Espace du Cher	Contrats Territoriaux de Restauration de Rivière, Déclaration d'Intérêt Générale + SAGE
	Communauté de communes Bléré Val de Cher	GEMAPI
	AAPPMA de Bléré, La Croix-en-Touraine	Gestion de pêche sur l'étang des 3 merlettes

Le **tableau 10** expose la liste des acteurs intervenants ou pouvant intervenir sur la gestion de l'eau du bassin versant étudié. Comme décrit précédemment avec la **figure 45**, le NEC et les intercommunalités jouent un rôle majeur dans cette gestion et dans les décisions d'interventions sur le Villarçon et le Bellefontaine. Ils mettent en œuvre les politiques du SDAGE Loire-Bretagne qui définit les orientations fondamentales pour une gestion équilibrée et durable de la ressource en eau. Le SDAGE fixe également les objectifs de qualité et de quantité à atteindre pour les cours d'eau et met en place des mesures pour améliorer l'état des eaux et des milieux aquatiques. A l'échelle du bassin versant, l'Agence de l'Eau Loire Bretagne agit également par ses apports financiers pour lutter contre les pollutions, gérer et préserver la ressource en eau et les milieux aquatiques. Ces objectifs sont appliqués localement avec le SAGE du Cher aval. Le NEC joue donc un rôle central dans la gestion de ces cours d'eau et de leur bassin versant. Il possède un pouvoir décisionnel dans les choix de projets, d'attributions de subventions pour certains cours d'eau mais possède aussi un pouvoir d'action avec les agents de terrains qui sont chargés de missions d'entretiens de berges ou de restauration d'ouvrages par exemple.

Viennent s'ajouter à ces actions, la participation des associations locales comme l'AAPPMA de Bléré qui est une société de pêche responsable de la gestion de la pêche sur l'étang des trois merlettes et du cours d'eau (même si la pratique de la pêche sur ce linéaire de cours d'eau est peu probable). En revanche, il n'existe pas d'autres associations locales, sur le bassin du Villarçon, qui peuvent interagir avec les autres acteurs précédemment énumérés et décrits.

Les grandes lignes et les objectifs sont donc dictés à l'échelle européenne et nationale, puis sont coordonnées et organisées par ordre de priorités au niveau régional et à l'échelle du bassin hydrographique.

L'acteur principal permettant de connecter les institutions législatives et les particuliers propriétaires des rives des cours d'eau en les sensibilisant et en les informant de leur droit et de leurs devoirs est la commune ainsi que ses élus. C'est donc pour cela que les entretiens avec ces acteurs sont devenus indispensables pour la compréhension de nos problématiques et des besoins évoqués.

Pour les mêmes raisons qui ont motivé notre choix d'étudier l'évolution de la population uniquement de la commune de La Croix-en-Touraine, nous n'avons donc enquêté qu'auprès de la mairie de cette commune.

1.4.2.2. Enquête sur les acteurs

- **La mairie de La Croix-en-Touraine**

Nous avons préparé un questionnaire pour la maire de La Croix-en-Touraine (**Annexe 10**), lui posant des questions d'ordre général d'abord puis des questions plus ciblées sur l'urbanisme, les usages, l'agriculture et l'eau.

Lors de notre arrivée au rendez-vous avec cette dernière nous avons finalement conversé avec deux élus, la maire étant trop occupée et ayant les mêmes informations que ses élus. Nous leur avons donc posé les questions du questionnaire et avons finalement eu une conversation avec eux sur tous les sujets concernant la commune et le Villarçon qu'ils avaient à nous donner.

Durant cet entretien les élus nous ont guidés sur les lieux problématiques ressortis durant la conversation, lieux où il y a des problèmes d'inondations.

À la suite de cet échange, nous avons pu formuler plusieurs hypothèses pour guider notre futur travail et propositions d'aménagement.

Les inondations sont plus fréquentes ces dernières années, dû en partie au réchauffement climatique qui entraîne des précipitations plus importantes et des épisodes de sécheresse plus importants qui induisent un ruissellement important pour les premières pluies.

Ce ruissellement augmente aussi en raison de l'artificialisation grandissante de la commune suite à la construction d'un nouveau quartier depuis 2018.

Une autre problématique qui augmente les crues est la présence et la mauvaise calibration de buses dans les ponts, traversés par le Villarçon, qui relie la route aux habitations, ainsi qu'un mauvais entretien des berges.

Après la discussion plusieurs éléments ont été mis en avant (**Figure 46**).

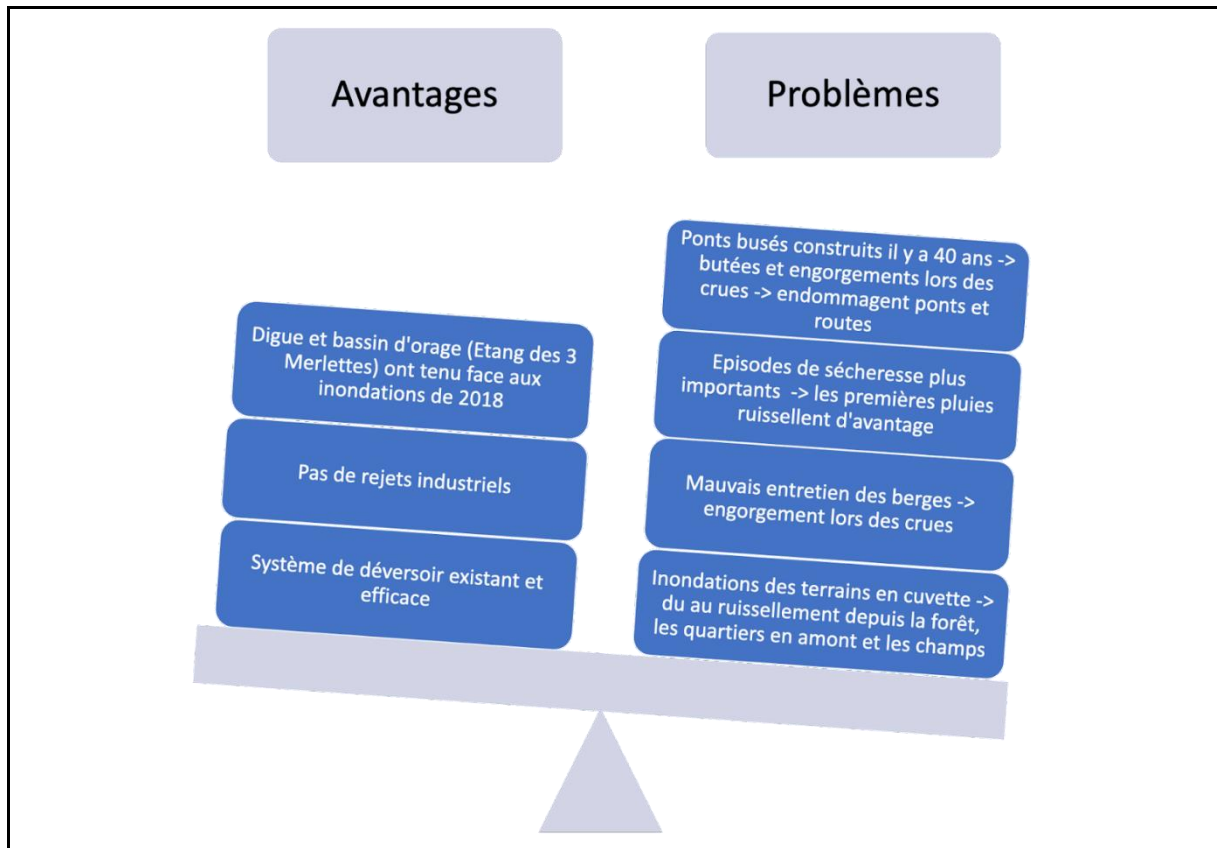


Figure 48 : Discussion avec les élus de la mairie de La Croix-en-Touraine

- **Les habitants concernés par les inondations**

Afin de recueillir l'avis des habitants nous avons déposé dans leur boîte aux lettres un courrier nous présentant ainsi que notre travail sur le Villarçon (**Annexe 11**). Ce courrier demandé aux habitants de nous contacter par mail s'ils étaient intéressés pour répondre à nos questions concernant le Villarçon et nous envoyons ensuite par mail le questionnaire.

Nous avons eu deux réponses à ce questionnaire visant, de manière globale, à savoir s'ils étaient propriétaires d'une partie du Villarçon, s'ils pensaient qu'il représente une contrainte ou un atout et s'ils ont subi des inondations.

Grâce à ces réponses nous avons pu constater que le Villarçon est vue comme une contrainte et que les buses et le mauvais entretien des berges sont un réel problème pour les inondations.

Dans le **tableau 11**, on retrouve les questions envoyées aux habitants accompagnées des réponses citées que nous avons pu recevoir.

Tableau 11 : Réponses des habitants au questionnaire

	Etes-vous propriétaire d'une portion du Villarçon/Bellefontaine ? Si oui, est-ce que vous considérez que posséder une partie de la berge est un atout à votre propriété ou vous le voyez comme une contrainte ?	Avez-vous le droit de prélever l'eau du cours d'eau ? Si oui, est-ce que vous le faites et pourquoi ? (Ex : arrosage)	Est-ce que vous essayez d'entretenir votre partie de berge ?
Habitant 1	Non, je ne suis pas propriétaire mais seulement riverain (la rue me sépare de la rive, sauf qu'en cas de débordement l'eau arrive rapidement dans ma propriété. Donc c'est plutôt une contrainte.	Non	Lorsque je suis arrivé en 1974, le maire de l'époque obligeait le "riverain" du côté opposé de la route à entretenir la berge et l'intérieur du ruisseau à moitié du fil d'eau ! Depuis 1985 il a été convenu que l'entretien de la berge incombait à la municipalité.
Habitant 2	Une contrainte	Non	Oui ainsi que celle de la commune et des avoisinants...

	Pensez-vous que votre propriété est sous le risque d'une inondation ? Si, oui est-ce que cela vous est déjà arrivé et quand ?	D'après vous, à quoi pourrait être dû ces inondations ?
Habitant 1	Oui. Le 7/7/1977 suite à un violent orage, l'eau déversant des coteaux environnants et la casse d'une bonde d'étang a transformé le ruisseau en véritable torrent dévastateur, les rues du Coteau et de la République transformées en rivière (60 à 70 cm d'eau). Par la suite le ruisseau a débordé de manière assez fréquente et ce après un orage violent. Ce qui a amené la Municipalité à faire une retenue d'eau qui a donné naissance à l'étang de 3 Merlettes. Mais, si la fréquence des mini inondations a diminué, il n'en reste pas moins vrai que, lors des épisodes de fortes pluies le ruisseau déborde sur la route et vient inonder les terrains en contrebas, (3 ou 4 fois en 10 ans)	x
Habitant 2	Oui, 2 fois 2016 et 2017	Busage (8 rue du coteau) et canalisation du cours d'eau de diamètre insuffisant couplé à un manque d'entretien. (La mairie détient un état des lieux réalisé par moi-même en 2017)

	Pensez-vous que le cours d'eau est bien intégré dans le paysage de la commune ou il devrait être plus mis en valeur ?	Avez-vous des idées ou des attentes dans la gestion du cours d'eau ?
Habitant 1	Je pense que ce ruisseau devrait être mieux entretenu par les riverains (il y en a beaucoup qui attendent que la Commune prenne en charge cette corvée !!!)	Les berges pourraient être agrémentées de quelques fleurs, mais il est vrai que le parcours du ruisseau passe auprès de rues peu fréquentées. Pour info, les anciens de la Commune appelaient ce ruisseau capricieux l'oued de Villarçon
Habitant 2	Peu m'importe je le mets en valeur devant chez moi en l'entretenant mais suis le seul à le faire...	Qu'il ne nous mette pas en danger

1.5. Synthèse des pressions sur l'eau et les milieux aquatiques

Le bassin versant du Villarçon présente peu de risques de pollutions ponctuelles ou diffuses. En effet, il y a peu d'industries qui pourraient affecter la qualité de l'eau. De plus, les parcelles agricoles ne sont pas tellement proches du cours d'eau, qui est, en plus, protégé par une ripisylve importante. Cela nous amène à dire que l'agriculture n'a pas ou peu d'impact sur la qualité chimique du cours d'eau. L'impact possible serait l'utilisation de produits phytosanitaires, mais considérant que le bassin versant du Villarçon se situe dans la zone avec un indice d'IFT total compris entre 0 et 1,1 cette pression se trouve très faible.

L'érosion du sol est quant à elle faible dans le bassin versant du Villarçon. De plus, les rivières sont protégées par une importante ripisylve qui est capable de filtrer les apports en Matière En Suspension (MES), en polluants comme les pesticides, ainsi qu'en nutriments azotés et phosphorés pouvant causer des problèmes d'eutrophisation. Du point de vue de l'érosion des sols, les cours d'eau du bassin sont donc peu menacés.

Ensuite, le bassin versant du Villarçon est menacé par les inondations. En effet, les crues peuvent lessiver des surfaces urbaines potentiellement polluées par des hydrocarbures, des microparticules... Ces polluants sont entraînés vers le cours d'eau sans avoir été traités, ce qui constitue une menace pour la qualité chimique de l'eau. De plus, la ville en aval du bassin constitue une menace pour la qualité morphologique du cours d'eau. En effet, l'aménagement du bourg contraint la rivière à ne pas modifier son lit et dégrade les habitats à cause du recalibrage, de la pose de buses, etc.

Concernant le point de captage d'eau destinée à être potabilisée situé au lieu-dit La Petite Folie, il s'avère que cet usage n'est pas vraiment menaçant pour la nappe phréatique. En effet, c'est un petit volume qui est prélevé annuellement (en 2015 : 200 942 m³) dans la nappe du Cénomanien.

Enfin, le manque d'entretien des berges est menaçant pour les cours d'eau car il favorise les inondations, ce qui peut amener à la pollution de l'eau par des substances chimiques. De plus, le manque d'entretien des berges peut bloquer la lumière incidente et limiter, non seulement le développement des végétaux aquatiques et donc l'oxygénation de l'eau, mais également la vie animale qui a besoin de milieux ouverts et éclairés.

1.6. Diagnostic

1.6.1. Atouts et Contraintes

Le bassin versant du Villarçon possède plusieurs atouts qu'il est nécessaire de mettre en valeur.

Un des principaux est la présence importante de la ripisylve et de la forêt d'Amboise qui apportent une protection au cours d'eau vis-à-vis des pollutions et du ruissellement. En lien avec cette forte emprise de la forêt d'Amboise sur le bassin versant, les terrains agricoles ne sont pas très nombreux,

ce qui préserve le cours d'eau des pollutions organiques, mais également des pollutions en pesticides et en matières en suspension.

Enfin, nous avons pu constater que la seule ICPE présente sur le bassin versant du Villarçon n'est pas menaçante pour les milieux aquatiques. Enfin, la qualité chimique des eaux de surface était bonne voire très bonne (selon les paramètres que nous avons utilisés).

Cependant, quelques contraintes sont à mentionner pour diagnostiquer correctement le bassin versant du Villarçon.

Tout d'abord, les sols sont fortement urbanisés à l'aval ce qui est source de pollution et qui dégrade les habitats. De plus, le Villarçon est intermittent en amont de la source, ce qui contraint les organismes aquatiques qui doivent s'adapter. Ensuite, les cours d'eau, que ce soit le Bellefontaine ou le Villarçon traversent beaucoup de propriétés privées ce qui limite le rayon d'action et complexifie la gestion. Enfin, nous avons constaté que les ruisseaux du bassin versant étaient fortement recalibrés et surcreusés, ce qui est préjudiciable pour la biodiversité.

1.6.2. Opportunités et menaces

Tout d'abord, il existe des opportunités pour la gestion du bassin versant du ruisseau de Villarçon. En effet, le Syndicat du NEC a exposé sa volonté de connaître davantage ce territoire en ayant commandé ce chantier école à Polytech Tours.

De plus, lors de nos entretiens avec des adjoints de la mairie de La Croix-en-Touraine, ces derniers ont montré un attachement au ruisseau mais aussi un grand intérêt pour le gérer et essayer de limiter les inondations.

Enfin, le bassin versant comprend deux zones naturelles particulièrement mises en valeur : la ZNIEFF de type 2 de la forêt d'Amboise et le parc municipal Edouard André. Ces deux espaces illustrent l'importance écologique de ces territoires.

Cependant, le bassin versant du Villarçon est menacé par plusieurs éléments.

Tout d'abord, nous avons vu que la population de La Croix-en-Touraine et l'urbanisation associée ont tendance à augmenter. Cela constitue ainsi une menace pour les milieux aquatiques.

Enfin, le manque d'entretien des berges, notamment dans le centre de La Croix-en-Touraine, favorise les inondations. Nous avons d'ailleurs constaté grâce à nos enquêtes et notre rendez-vous avec des élus de la mairie, qu'elles deviennent de plus en plus fréquentes et dommageables pour les habitants du bourg.

1.6.3. Bilan

Tableau 12 : Récapitulatif du diagnostic du bassin versant du Villarçon

ATOUTS	CONTRAINTES
<ul style="list-style-type: none"> Forêt d'amboise et ripisylve qui couvrent une importante surface Peu de pression agricole Bonne voire très bonne qualité chimique de l'eau de surface Pas d'ICPE menaçante 	<ul style="list-style-type: none"> Forte urbanisation à l'aval du bassin versant Cours d'eau intermittent Cours d'eau souvent privé Réseau hydrographique fortement recalibré et sur-creusé
OPPORTUNITÉS	MENACES
<ul style="list-style-type: none"> Intérêt du NEC et de la commune de La Croix-en-Touraine pour le Villarçon Présence d'une ZNIEFF 2 et d'un parc municipal d'intérêt 	<ul style="list-style-type: none"> Augmentation de la population et tendance à l'urbanisation Berges du cours d'eau peu entretenues Crues importantes

Résumé : patrimoines et acteurs

Le BV du Villarçon est situé sur une zone stratégique pour le tourisme, puisqu'il est proche de plusieurs monuments historiques qui attirent chaque année de nombreux touristes. De plus, plusieurs éléments d'intérêt sont implantés dans le bassin. Comme la forêt d'Amboise qui abritent des espèces protégées. L'inventaire réalisé sur les macroinvertébrés ont montré une diversité assez faible et les observations terrain ont montré la présence d'espèces invasives avec la Renouée du Japon.

Concernant les usages, l'expansion de la ville se fait au détriment des zones agricoles. Ce qui accentue le risque d'inondation dans les zones urbaines exposant plusieurs habitations. Les habitants ainsi que la mairie souhaiteraient une meilleure gestion des risques d'inondation. Pour toutes ces raisons l'axe des propositions d'aménagements va se concentrer sur les inondations.

PARTIE 2 :

Enjeux, objectifs et préconisations

2.1. Mesures de gestion

2.1.1. Augmenter les connaissances scientifiques

Nous avons vu que les ruisseaux de Villarçon et de Bellefontaine étaient des cours d'eau peu connus scientifiquement. Nous proposons ainsi de mener davantage d'études scientifiques. Des inventaires faunistiques et floristiques seraient intéressants, tout comme des études hydrauliques et hydrologiques pour approfondir les connaissances sur les inondations et les écoulements en crue dans les cours d'eau. De plus, nous n'avons analysé que trop peu de paramètres chimiques dans les eaux superficielles. Il serait important de s'intéresser à d'autres éléments tels que la matière organique dissoute, la demande biologique et chimique en oxygène (DBO5 et DCO), ou des polluants tels que les pesticides et les hydrocarbures. Enfin, il serait judicieux de mener un diagnostic de l'état de dégradation de l'hydromorphologie des cours d'eau (en utilisant par exemple la méthode CARHYCE : CARactérisation de l'HYdromorphologie des Cours d'Eau).

2.1.2. Créer une association pour entretenir les berges

Ensuite, nous proposons aux habitants de La Croix-en-Touraine de créer une association pour leur permettre d'entretenir collectivement les berges des cours d'eau, afin de limiter les inondations et donc de servir l'intérêt général. Cette association pourra être subventionnée par la mairie de La Croix-en-Touraine et permettra d'acheter du matériel d'entretien tel que des débroussailleuses, des tronçonneuses et d'organiser des journées de travail avec des habitants volontaires.

2.2. Mesures d'aménagement de l'espace

D'après le diagnostic que nous venons de réaliser, il nous apparaît nécessaire de traiter le problème d'inondations. En effet, de nombreux ponts busés sont présents, avec parfois des ponts très hauts par rapport au cours d'eau mais avec une buse relativement petite en diamètre. Il serait donc préconisé d'étudier les possibilités de remplacement de ces ouvrages, situés à moitié en domaine privé et à moitié sur la voie publique donc appartenant à la mairie (**Figure 49**). Si le budget d'un pont cadre peut s'avérer coûteux pour le seul propriétaire ou le seul acteur publique, il pourrait y avoir une demande de subventions auprès du NEC, de l'Agence de l'eau Loire-Bretagne ou encore du département d'Indre-et-Loire, après étude de ce cas dans l'intérêt public (voirie endommagée, habitations inaccessibles et endommagées, etc...). La structure des différents ponts permettant d'accéder aux habitations peut être reconsidérée par ces moyens. Une petite participation du propriétaire peut aussi être demandée si un projet de restauration de ces ouvrages doit aboutir, car il mène également à une amélioration de l'esthétisme de l'entrée aux habitations des riverains et permettrait aussi de mettre davantage en valeur le Villarçon.

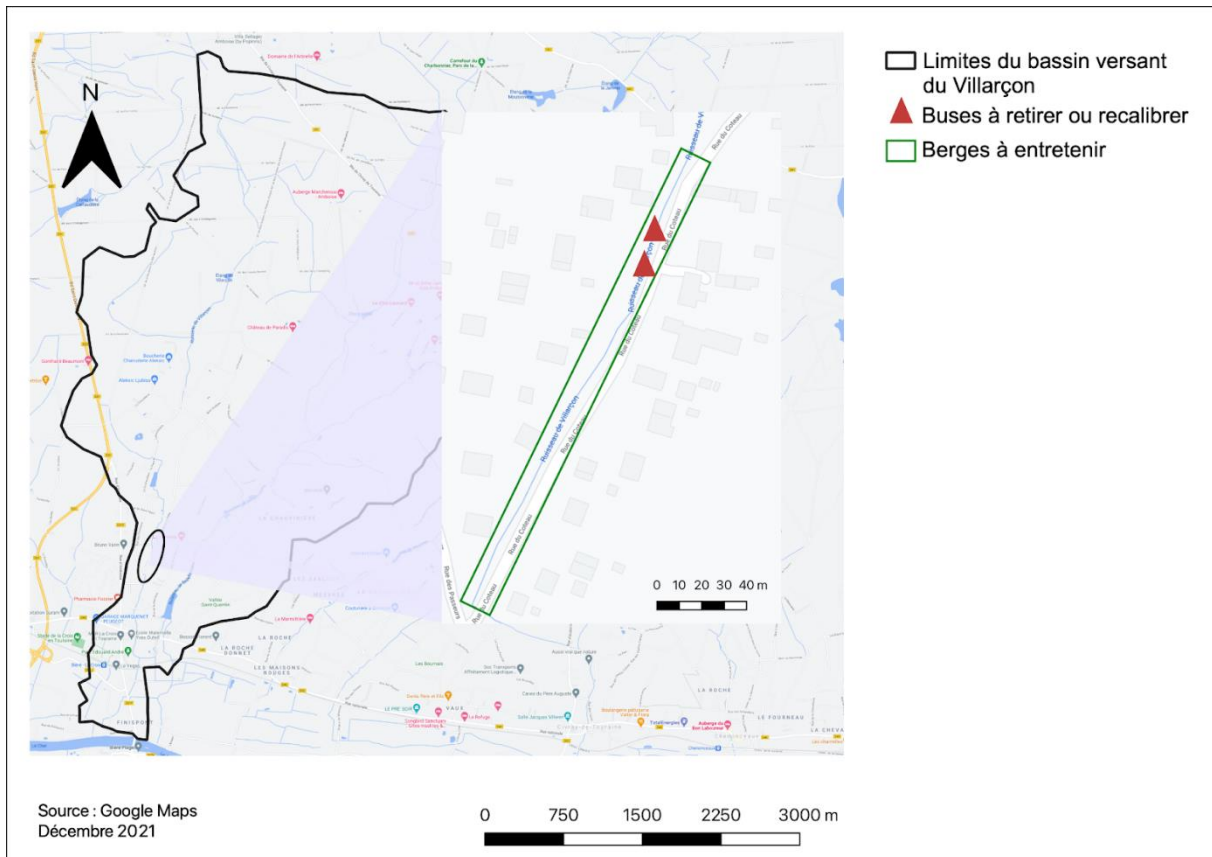


Figure 49 : Mesures d'aménagement de l'espace

Enfin, une autre proposition d'aménagement peut intervenir sur le bassin versant du Villarçon et plus précisément sur la commune de La Croix-en-Touraine. Une possible mise en réserve des espaces actuellement non construits serait judicieuse dans le but de garder ces zones non artificialisées. Ainsi, cela pourrait avoir le rôle de tampon pour retenir et différer l'apport des eaux de ruissellement en cas de fortes précipitations. De plus, l'eau qui déborderait en crue pourrait s'étendre sur ces zones et limiter le pic de crue à l'aval. Enfin, ces micro-réserves permettraient de favoriser la biodiversité locale en maintenant des espaces naturels en ville.

Au niveau spatial, le Villarçon reste contraint par l'agglomération et les différentes habitations qu'il traverse, il est donc difficile d'envisager la création de nouvelles zones tampons, c'est pour cela qu'à défaut d'en créer de nouvelles, il pourrait être judicieux de préserver celles encore existantes.

Conclusion

L'objectif de ce chantier école était de dresser l'état des lieux du bassin versant du Villarçon en abordant plusieurs thématiques afin de proposer des solutions aux problèmes.

Les études géologiques ont montré la grande présence de limons sur le bassin. Les études pédologiques ont quant à elles amené à conclure que les sols étaient peu propices à l'agriculture, ce qui explique en partie la présence de la forêt d'Amboise. Pour terminer sur l'étude des sols et des sous-sols, le modèle MESALES a montré que l'effet de l'érosion des sols sur le cours d'eau peut être considéré comme faible.

Après avoir analysé les eaux superficielles, nous avons conclu à une bonne qualité chimique, mais il manque de paramètres analysés.

Ensuite, les sols du bassin versant du Villarçon sont majoritairement occupés par la forêt d'Amboise et de la végétation rivulaire importante, ce qui apporte moult protections aux cours d'eau. Cependant, le bourg de La Croix-en-Touraine a tendance à gagner de l'espace ce qui constitue une menace pour les milieux aquatiques.

Nous avons également vu que le bassin versant du Villarçon disposait d'un patrimoine naturel et culturel non négligeable et qu'il y a des possibilités touristiques à valoriser.

Enfin, nous avons montré que la commune de La Croix-en-Touraine gagne des habitants, que les ruisseaux ont fortement été recalibrés et que les inondations ont tendance à augmenter et à s'amplifier dans le bourg. Il est également essentiel de noter que la mairie de La Croix-en-Touraine joue un rôle majeur dans la gestion des milieux aquatiques.

Enfin, concluons sur les aménagements et les mesures de gestion que nous proposons. Tout d'abord, nous pensons judicieux de mener davantage d'études sur le bassin versant : inventaires floristiques et faunistiques, études morphologiques, hydrauliques et hydrologiques, analyses chimiques, etc. Ensuite, nous proposons de créer une association pour permettre aux habitants d'entretenir collectivement les berges afin de limiter les inondations et de servir l'intérêt général.

Enfin, nous envisageons de redimensionner ou de remplacer des buses et des ponts qui constituent des cols d'étranglement pour les écoulements. En périodes de hautes eaux, cela favorise les inondations et menace les habitations voisines du cours d'eau.

D'un point de vue personnel, nous pensons que ce chantier école nous a enrichi et formé. En effet, il nous a permis d'avoir un lien avec le monde professionnel, de gérer un projet en groupe et de travailler sur le terrain. Cependant, nous aurions aimé avoir davantage de réponses à nos questionnaires envoyés aux habitants afin d'avoir des avis différents et d'améliorer le diagnostic.

Bibliographie

Advercity, Société (éditeur). « Monuments Historiques et Immeubles protégés sur La Croix-en-Touraine », 2021. Consulté le 29 décembre 2021, URL: <https://www.annuaire-mairie.fr/monument-historique-la-croix-en-touraine.html>

Agreste, 2010. Indicateurs : cartes, données et graphiques. Consulté le 06 janvier 2022. URL: <https://stats.agriculture.gouv.fr/cartostat/#c=indicator&view=map11>

Agreste, 2014. Agreste Centre - Analyse et Résultats, N° 2014-AR34. Consulté le 07 janvier 2022. URL: https://draaf.centre-val-de-loire.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Indice_de_frequence_de_traitement_grandes_cultures_2011_cle0741e8.pdf

Arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement. Consulté sur Légifrance le 20 décembre 2021

Association Eau-Touraine, 2019. Annuaire des services eau potable et assainissement collectif des communes d'Indre-et-Loire.

Autour de Chenonceaux - Vallée du Cher, "Les itinéraires de cyclotourisme", "Boucle 47 - La voix royale". Consulté le 4 décembre 2021; URL: https://www.autourdechenonceaux.fr/wp-content/carte/Boucle_47_avec_signal.pdf

Boutin J.D. , A. Thomas. 1987. Notice explicative : Carte des sols de la région Centre. France (1/50.000), feuille de Bléré. Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans. Univ Tours Polytech DA, D 251 014001 0)

Boutin J.D. 1986. Notice explicative : Carte des sols de la région Centre. France (1/50.000), feuille d'Amboise. Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans. (Univ Tours Polytech DA, D 251 013997 7

Chambre d'agriculture d'Indre-et-Loire, 1968. Notice explicative. Carte géologique. France (1/50.000), feuille d'Amboise. Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans. Univ Tours Polytech DA, D 251 018413 7

Communauté de communes de Bléré-Val de Cher, 2017. "Plan Local d'Urbanisme intercommunal-PLUI". Consulté le 15 décembre. URL: http://cdn1_2.reseaudescommunes.fr/cities/1365/documents/9iygdw8td7nlyzx.pdf

Degan Francesca, Sébastien Salvador-Blanes, and Olivier Cerdan. 2015. "Cartographie de l'aléa érosif". Projet Verseau p.102. Consulté le 29 décembre 2021. URL: https://sf12fbb23ccbb0bcd.jimcontent.com/download/version/1570723235/module/8853608820/name/15522948710_Rapport_Verseau-comprimee.pdf

Dunn, Margery G. (éditeur). (1989, 1993). « Explorer votre monde : l'aventure de la géographie. » Washington, DC : National Geographic Society.

Le Bissonnais, *et al.* 2004. "Modélisation et cartographie de l'aléa d'érosion des sols à l'échelle régionale." *Étude et Gestion des Sols*: 16. URL: https://unt.unice.fr/uoh/degso/EGS_11_3_lebissonnais-4.pdf

Mahamadou K. Barké, *et al.* « Caractérisation morphologique des cuvettes oasiennes du Centre-Est du Niger », *Physio-Géo* [En ligne], Volume 11 | 2017, mis en ligne le 16 décembre 2017, consulté le 30 décembre 2021. URL : <http://journals.openedition.org/physio-geo/5607> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/physio-geo.5607>

Metayer. Villes historiques. La Croix-en-Touraine : Eglise Saint-Quentin, 2012. Consulté le 05 janvier 2022. URL: <http://villes-historiques.eklablog.com/la-croix-en-touraine-eglise-saint-quentin-a47716901>

Montoux, André. Communauté de communes de Bléré-Val de Cher. Le Château de Paradis. Consulté le 2 janvier 2022. URL : <https://blere-val-de-cher.jimdofree.com/la-croix-en-touraine/ch%C3%A2teau-de-paradis/>

Monumentum, Carte des Monuments Historiques français. 2021. Consulté le 30 décembre 2021, URL: <https://monumentum.fr/chateau-paradis-pa00097729.html>

ONF, 2014. "SYLVICULTURE & COURS D'EAU GUIDE DES BONNES PRATIQUES. Consulté le 30 décembre 2021, URL : https://www.pnr-millevalches.fr/IMG/pdf/guide_bonnes_pratiques_sylviculture_et_cours_eau.pdf

Rasplus L, et al, 1982. Notice explicative. Carte géologique. France (1/50.000), feuille de Bléré. Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans. Univ Tours Polytech DA, D 251 019887 5

Région Centre, Décembre 2014, "Schéma Régional de Cohérence Ecologique du Centre - Bassin de vie d 'Amboise". Consulté le 30 novembre. URL: <http://www.donnees.centre.developpement->

durable.gouv.fr/SRCE/fascicules_par_Bassin_de_vie/SRCE_Centre_BASSIN_DE_VIE_AMBOISE_20140220.pdf

SCOT des Communautés de l'Amboisie, du Blémois et du Castelrenaudais. Annexe 3 : Présentation des réservoirs de biodiversité institutionnels, 2016. Consulté le 20 décembre. URL: http://www.cc-blere-valdecher.fr/sites/cdc-blere/files/fichiers/pdf/annexe_3_-_presentation_des_reservoirs_de_biodiversite_institutionnels.pdf

Sepant (Hérault E.), 2018. - 240031312, MASSIF FORESTIER D'AMBOISE. - INPN, SPN-MNHN Paris, 7P. <https://inpn.mnhn.fr/zone/znieff/240031312.pdf>

Liste des tableaux

<i>Tableau 1 : Résultats des mesures de débits.....</i>	<i>7</i>
<i>Tableau 2: Correspondances entre texture superficielle des sols et indice de battance et d'érodibilité</i>	<i>24</i>
<i>Tableau 3 : Combinaisons des classes de pentes et des classes de l'aire drainée</i>	<i>26</i>
<i>Tableau 4 : Valeurs des limites des classes d'état pour certains paramètres physico-chimiques pour les cours d'eau (arrêté du 25/01/2010)</i>	<i>36</i>
<i>Tableau 5 : Valeurs des paramètres physico-chimiques mesurés in situ et obtenus en laboratoire pour le Villarçon et le Bellefontaine</i>	<i>36</i>
<i>Tableau 6 : Etat chimique du Villarçon et du Bellefontaine selon plusieurs paramètres physico-chimiques</i>	<i>37</i>
<i>Tableau 7 : Evolution de l'occupation des sols</i>	<i>43</i>
<i>Tableau 8 : Résultats par famille des prélèvements d'invertébrés pour chaque station.....</i>	<i>49</i>
<i>Tableau 9 : Evolution de la superficie irriguée en pourcentage entre 2000 et 2010 (Source : Agreste, 2010).....</i>	<i>58</i>
<i>Tableau 10 : Récapitulatif des échelles institutionnelles sur le bassin versant du Villarçon</i>	<i>60</i>
<i>Tableau 11 : Réponses des habitants au questionnaire</i>	<i>63</i>
<i>Tableau 12 : Récapitulatif du diagnostic du bassin versant du Villarçon</i>	<i>66</i>

Liste des figures

Figure 1 : Localisation du bassin versant du Villarçon.....	3
Figure 2 : Réseau hydrographique du bassin versant du Villarçon.....	4
Figure 3 : les composantes du Villarçon	5
Figure 4 : Géologie du Bassin Versant du Villarçon.....	10
Figure 5 : Pourcentage de la surface géologique présent dans le bassin versant du Villarçon.....	10
Figure 6 : Coupe géologique réalisée du point A au point B sur la figure 4	11
Figure 7 : Occupation du type de sols.....	13
Figure 8 : fréquences d'apparition des différents types de sols au sein du bassin versant du Villarçon	13
Figure 9 : Diagramme de Jamagne (1967)	14
Figure 10 : Textures superficielles des sols	15
Figure 11 : Fréquences d'apparition des différentes textures des sols au sein du BV du Villarçon	15
Figure 12 : Hydromorphie des sols du BV du Villarçon	17
Figure 13 : Fréquences d'apparition des différentes classes d'hydromorphie au sein du bassin versant du Villarçon	17
Figure 14 : Réserves utiles des sols du BV du Villarçon	18
Figure 15 : Fréquences d'apparition des différentes classes de RU des sols au sein du bassin versant du Villarçon	19
Figure 16 : Aptitudes agricoles des sols du BV du Villarçon	20
Figure 17 : Fréquences d'apparition des différentes classes d'aptitudes agricole des sols du bassin versant du Villarçon	20
Figure 18 : Taux de couverture du sol sur le bassin versant du Villarçon pour les années 2017, 2018 et 2019	22
Figure 19 : Proportion du taux de couverture du sol par saison sur le bassin versant du Villarçon pour les années 2017, 2018 et 2019	23
Figure 20 : Battance et ruissellement du bassin versant du Villarçon.....	25
Figure 21 : Sensibilité du bassin versant du Villarçon à l'érodibilité.....	25
Figure 22 : Facteur pente du bassin versant du Villarçon	27
Figure 23 : Aléa de l'érosion du sol sur le bassin versant du Villarçon	28
Figure 24 : Localisation des points de prélèvements chimique	30
Figure 25 : Evolution du pH, de la température et de la conductivité : (a) Villarçon et (b) Bellefontaine	31
Figure 26 : Evolution de la concentration en phosphore total dans le Villarçon et le Bellefontaine	32
Figure 27 : Evolution de la concentration en phosphore dissous dans le Villarçon et le Bellefontaine	33
Figure 28 : Evolution de la concentration en bicarbonate dans le Villarçon et le Bellefontaine	34
Figure 29 : Evolution de la concentration en magnésium et calcium : (a) Villarçon et (b) Bellefontaine	35
Figure 30 : Pente (en %) du bassin versant du Villarçon.....	38
Figure 31 : Profil en long du Villarçon et du Bellefontaine	39
Figure 32 : Occupation des sols sur le bassin versant du Villarçon en 2018.....	41
Figure 33 : Proportion des types d'occupations des sols (a) et du type de culture (b)	41
Figure 34 : Evolution de la taille des parcelles et de l'expansion de la forêt	43
Figure 35 : Evolution du nombre d'exploitation agricole et de la SAU	44
Figure 36 : Expansion du bourg de La Croix-en-Touraine.....	45
Figure 37 : la ZNIEFF de la forêt d'Amboise.....	47
Figure 38 : Points de relevés sur le réseau hydrographique du bassin versant	49
Figure 39 : Juvenile de salamandre observé à la station 3.....	50
Figure 40 : Résultat du sondage piscicole OFB d'Octobre 2010 sur le Villarçon et le Bellefontaine.....	51
Figure 41 : Monuments historiques sur la Croix -en-Touraine : (a) Château du Paradis (Montoux, 2013) et (b) Eglise Paroissiale Saint-Quentin de La Croix-en-Touraine (Metayer, 2012)	52
Figure 42 : Localisation des monuments historiques de La Croix-en-Touraine	52
Figure 43 : Évolution de la population de La Croix-en-Touraine de 1968 à 2018 (Insee, 2021)	54
Figure 44 : Usages du bassin versant du Villarçon	55
Figure 45 : Communes concernées par le plan de surveillance nitrates en 2021	56
Figure 46 : Répartition des IFT en Centre-Val de Loire (Agreste, 2014).....	57
Figure 47 : Carte des intercommunalités	59
Figure 48 : Discussion avec les élus de la mairie de La Croix-en-Touraine	62
Figure 49 : Mesures d'aménagement de l'espace.....	69

Index des annexes

Annexe 1 : Traduction du nom des sols en CPCS, RS et Vernaculaire	1
Annexe 2 : Correspondance du taux de couverture du sol.....	2
Annexe 3 : Taux de couvertures par saisons du sol en fonction du type de parcelles.....	3
Annexe 4 : Clés pour passer du code à trois chiffres au taux de couverture du sol	4
Annexe 5 : Arbre de décision du modèle MESALES modifié	5
Annexe 6 : Espèces protégées au sein de la ZNIEFF de type 2, la forêt d'Amboise	7
Annexes 7 : SRCE du bassin versant du Villarçon	9
Annexe 8 : Document d'orientation et d'objectifs paysages, patrimoines et tourisme	10
Annexe 9 : Circuit touristique.....	11
Annexe 10 : Questionnaire pour la maire de La Croix-en-Touraine.....	12
Annexe 11 : Approche riverains	13

Annexe 1 : Traduction du nom des sols en CPCS, RS et Vernaculaire

Nature du substrat et profondeur de son apparition

Type de substrat	Altération (éventuelle) du substrat (lettre minuscule précédant la majuscule)	Texture (éventuelle) du substrat (lettre minuscule succédant à la majuscule)
<ul style="list-style-type: none"> G : granites et granulites R : schistes et gneiss Q : formations gréseuses M : marnes K : assises calcaires C : formations crayeuses X : formations à silex S : formations sédimentaires meubles F : dépôts faluniers L : formations loessiques P : complexe de pente V : dépôts alluviaux et colluviaux T : matériaux organiques B : dépôts de terrasses D : grèves alluviales N : niveau induré 	<ul style="list-style-type: none"> g : arénisation des granites et granulites r : arénisation des schistes et gneiss m : altération marneuse c : altération calcaire fine z : altération grèze s : texture sableuse i : texture sablo-limoneuse y : texture sablo-argileuse e : texture équilibrée e' : texture limono-sableuse l : texture limoneuse a : texture argileuse u : texture argilo-sableuse o : texture argileuse lourde 	<ul style="list-style-type: none"> s : sableuse i : sable-limoneuse y : sable-argileuse e : équilibrée e' : limono-sableuse l : limoneuse a : argileuse u : argilo-sableuse o : argileuse lourde m : marneuse

Classification des sols

SOLS BRUNIFIÉS

Sols bruns

Sols bruns modaux, mésotrophes

BRUNISOLS

Perruches

Complexe de sols bruns et de sols bruns faiblement lessivés

BRUNISOLS et BRUNISOLS luviques

Perruches

Sols lessivés

Sols bruns lessivés

NEOLUVISOLS

Bournaïs (bornais)

Sols lessivés

LUVISOLS

Bournaïs (bornais) sableux

SOLS PEU ÉVOLUÉS

Sols d'apport colluvial

Sols colluviaux non calcaires

COLLUVIOSOLS non calcaires

Varenne

Sols colluviaux saturés ou calcaires

COLLUVIOSOLS saturés ou calcaires

Varenne

SOLS HYDROMORPHES

Sols hydromorphes minéraux

Sols à pseudogley (hydromorphie temporaire)

REDOXILS

Sols à nappe permanente profonde (gley à plus de 80 cm de profondeur)

REDUCTISOLS

Varennes

SOLS CALCIMAGNÉSIQUES

Sols carbonatés

Rendzines rouges recarbonatées

RENDOSOLS

Rendzine, grouaillies

SOLS ANTROPHIQUES

Sols profondément remaniés par l'homme

Légende :

CPCS (Commission de pédologie et de cartographie des sols)

RP (Référentiel pédologique)

Vernaculaire

Annexe 2 : Correspondance du taux de couverture du sol

Taux de couverture	Labelle
1	Sol nu 3/3 ans
2	Sol nu 2/3 ans
3	Sol nu 1/3 ans
5	Sol semi-couvert et couvert 3/3 ans
6	Espace naturel degrade
7	Prairie et paturage
8	Foret
11	Zone urbanisee
55	Etendue d'eau et zone humide

Annexe 3 : Taux de couvertures par saisons du sol en fonction du type de parcelles

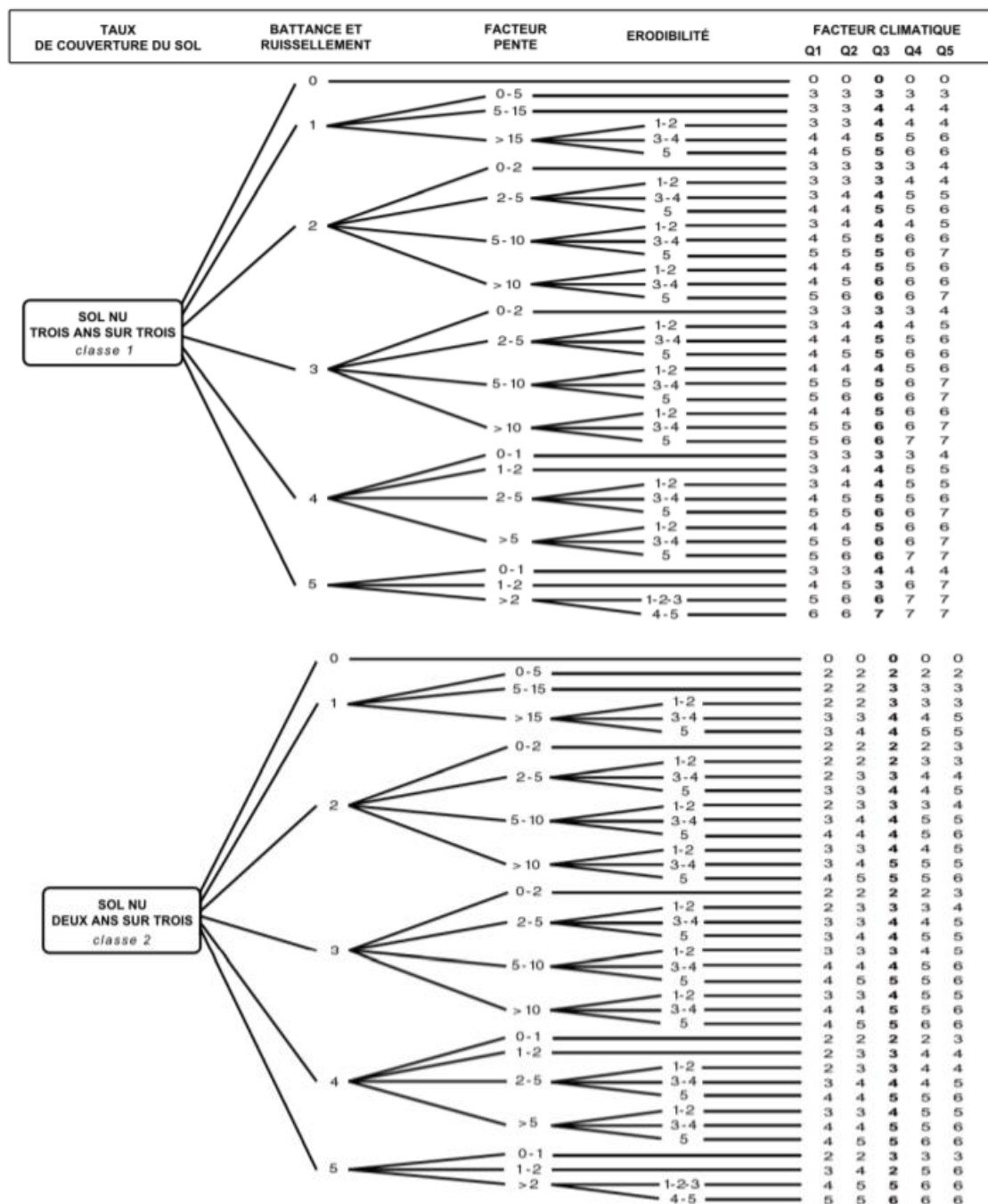
Code RPG	Type de culture	Occupation des sols pour Mesales	Occupation des sols	hiver	printemps	ete	automne
AVH	Avoine Hiver	Autres Céréales : hiver	Cereale : hiver	2	2	3	1
BFP	Bande admissible le long d'une foret avec production	Prairies	Bande herbacee	7	7	7	7
BTH	Ble tendre d'hiver	Ble tendre : hiver	Cereale : hiver	1	2	3	1
CZH	Colza d'hiver	Colza	Colza : hiver	1	2	3	1
FVL	Feverole semée tardivement	Feve, feverole	Proteagineux	1	2	3	1
J5M	Jachere de 5 ans	Fourrage	Jachere	7	7	7	7
J6P	Jachere de 6 ans	Fourrage	Jachere	7	7	7	7
J6S	Jachere de 6 ans déclaré comme surface d'interet ecologique	Fourrage	Jachere	7	7	7	7
MLF	Mélange de legumineuse fourrageres	Proteagineux	Proteagineux	1	2	2	1
MLT	Millet	Autres Céréales : hiver	Cereale : hiver	2	2	3	1
MOH	Moha	Autres Céréales : hiver	Cereale : hiver	2	2	3	1
ORH	Orge d'hiver	Orge : hiver	Cereale : hiver	1	2	3	1
PHI	Pois d'hiver	Proteagineux	Proteagineux	1	2	2	1
PPH	Prairie permanente d'herbe	Prairies	Prairie permanente	7	7	7	7
PRL	Prairie en rotation longue	Prairies	Prairie temporaire	7	7	7	7
RGA	Ray-grass de 5 ans	Autres Céréales : hiver	Cereales : hiver	2	2	3	1
SGH	Seige d'hiver	Autres Céréales : hiver	Cereales : hiver	2	2	3	1
SNE	Surface agricole temporairement non exploite	Prairies	Prairie temporaire	7	7	7	7
SRS	Sarasin	Autres Céréales : hiver	Cereale : hiver	2	2	3	1
VRC	Vigne	Vignes	Vigne	1	1	1	1
BFS	Bande admissible le long d'une foret sans production	Prairies	Bande herbacee	7	7	7	7
BOR	Bordure de champ	Prairies	Bande herbacee	7	7	7	7
BTA	Bande tampon	Prairies	Bande herbacee	7	7	7	7
MIS	Mais	Mais	Mais	2	1	3	3
MPC	Melange de proteagineux semes avant le 31/05 et de cereales	Proteagineux	Proteagineux	1	2	2	1
PCH	Pois chiche	Proteagineux	Proteagineux	1	2	2	1
PTR	Autre prairie temporaire de 5 ans ou moins	Praires	Prairie temporaire	7	7	7	7
TRE	Autre trefle	Proteagineux	Proteagineux	1	2	2	1
AUT	Autre cereale	Prairies	Autre culture	2	2	3	1
JAR	Jardin	Prairies	Prairie permanente	7	7	7	7
ORP	Orge de printemps	Orge : printemps	Cereale : hiver	2	1	3	2
TTH	Triticale d'hiver	Autres Céréales : hiver	Cereale : hiver	2	2	3	1
VE7	Vesce implantée pour la récolte en 2017	Proteagineux	Proteagineux	1	2	2	1
TRN	Tournesol	Tournesol	Tournesol	2	1	3	3
LIH	Lin non textile d'hiver	Lin oleagineux	Proteagineux	2	2	3	1

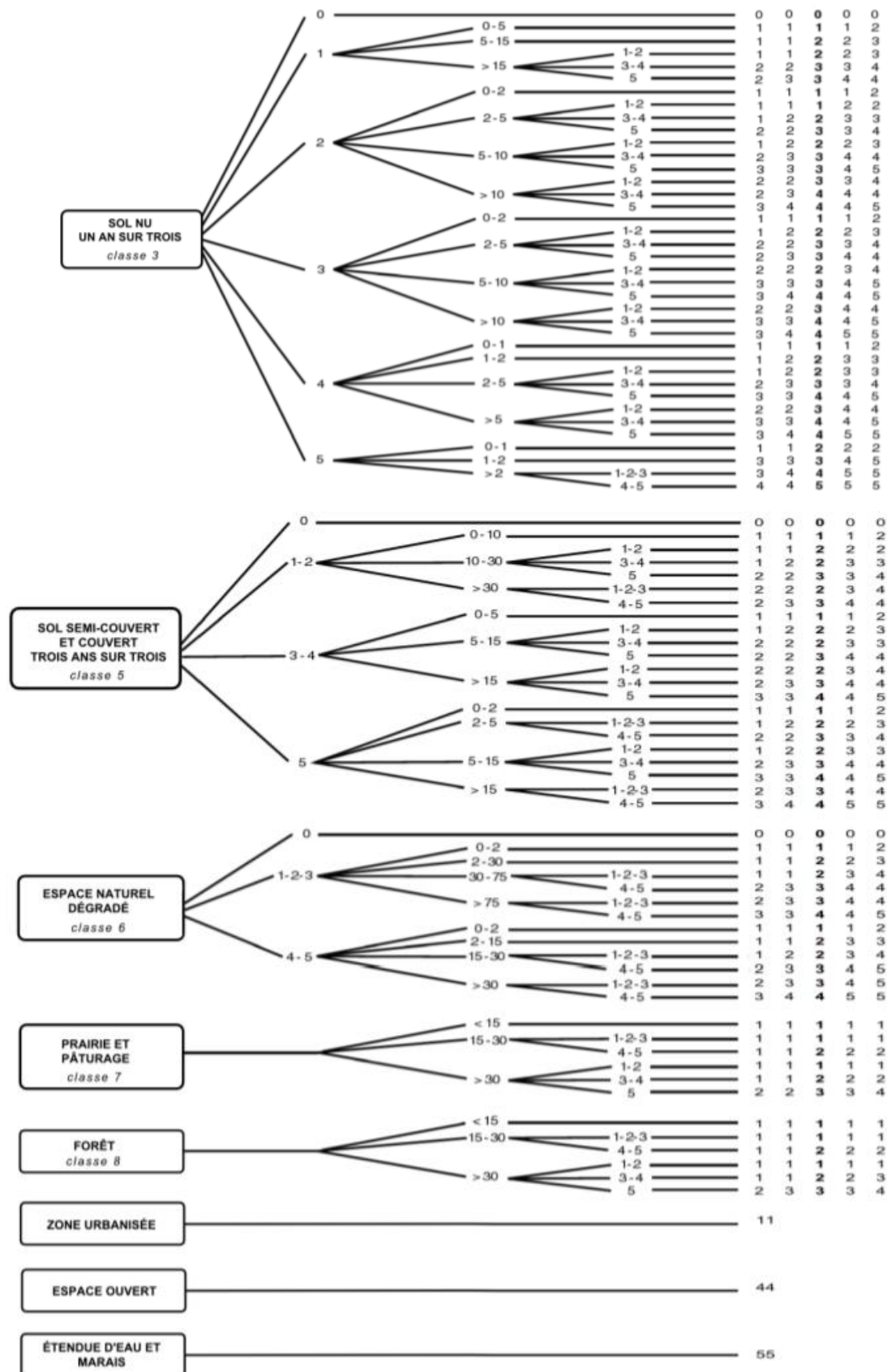
Annexe 4 : Clés pour passer du code à trois chiffres au taux de couverture du sol

Code à 3 chiffres	Taux de couverture
111	1
112	2
113	2
117	2
131	2
171	2
121	2
211	2
311	2
711	2
122	3
123	3
127	3
133	3
137	3
172	3
173	3
212	3
132	3
177	3
213	3
217	3
221	3
231	3
271	3
312	3
313	3
321	3
331	3
371	3
712	3
717	3

Code à 3 chiffres	Taux de couverture
317	3
713	3
721	3
731	3
771	3
222	5
223	5
227	5
232	5
233	5
237	5
273	5
272	5
277	5
322	5
323	5
327	5
332	5
333	5
337	5
372	5
373	5
722	5
723	5
727	5
732	5
733	5
772	5
377	7
737	7
773	7
777	7

Annexe 5 : Arbre de décision du modèle MESALES modifié





Annexe 6 : Espèces protégées au sein de la ZNIEFF de type 2, la forêt d'Amboise



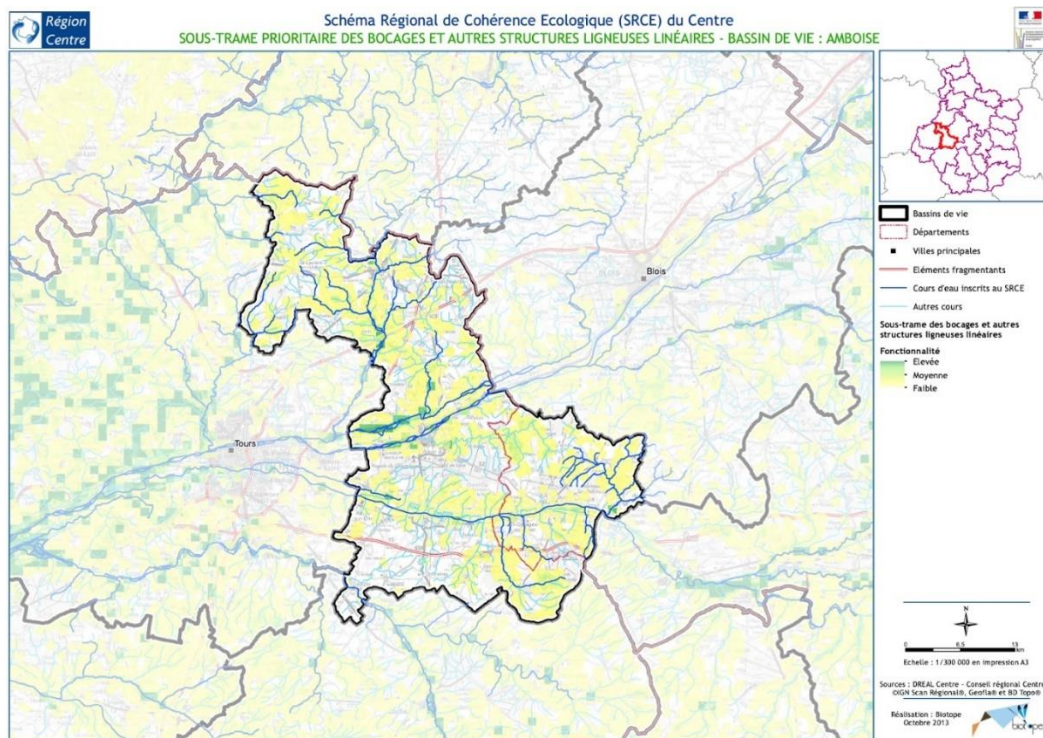
Caprimulgus europaeus – INPN



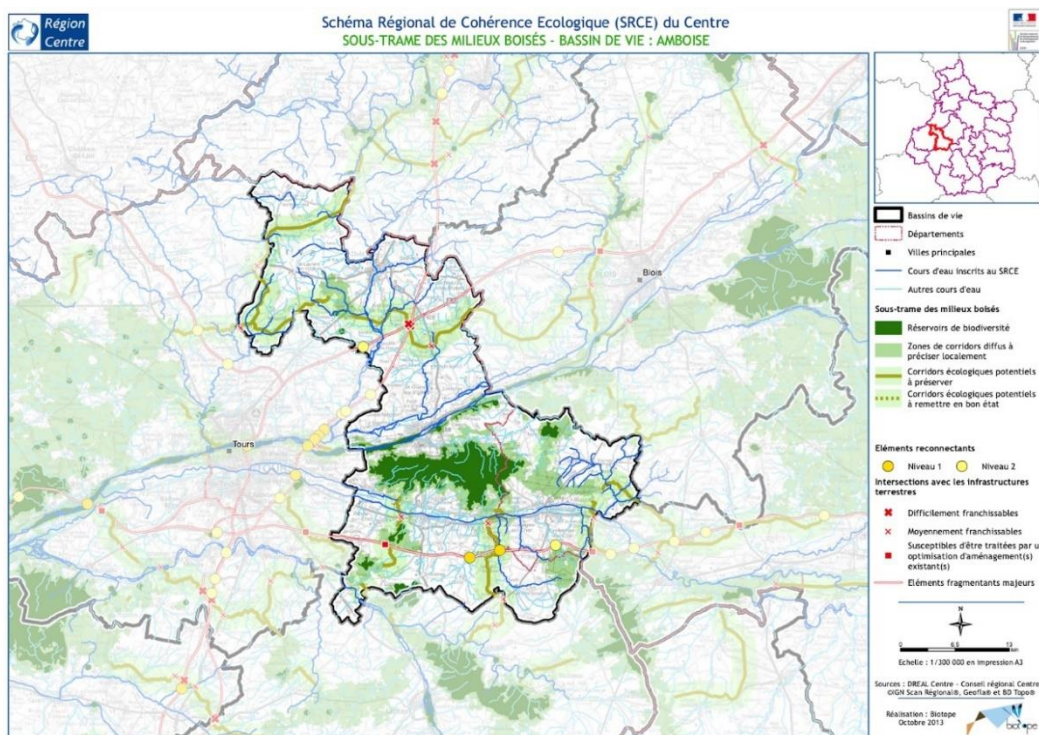
Osmoderma eremita - INPN

Annexes 7 : SRCE du bassin versant du Villarçon

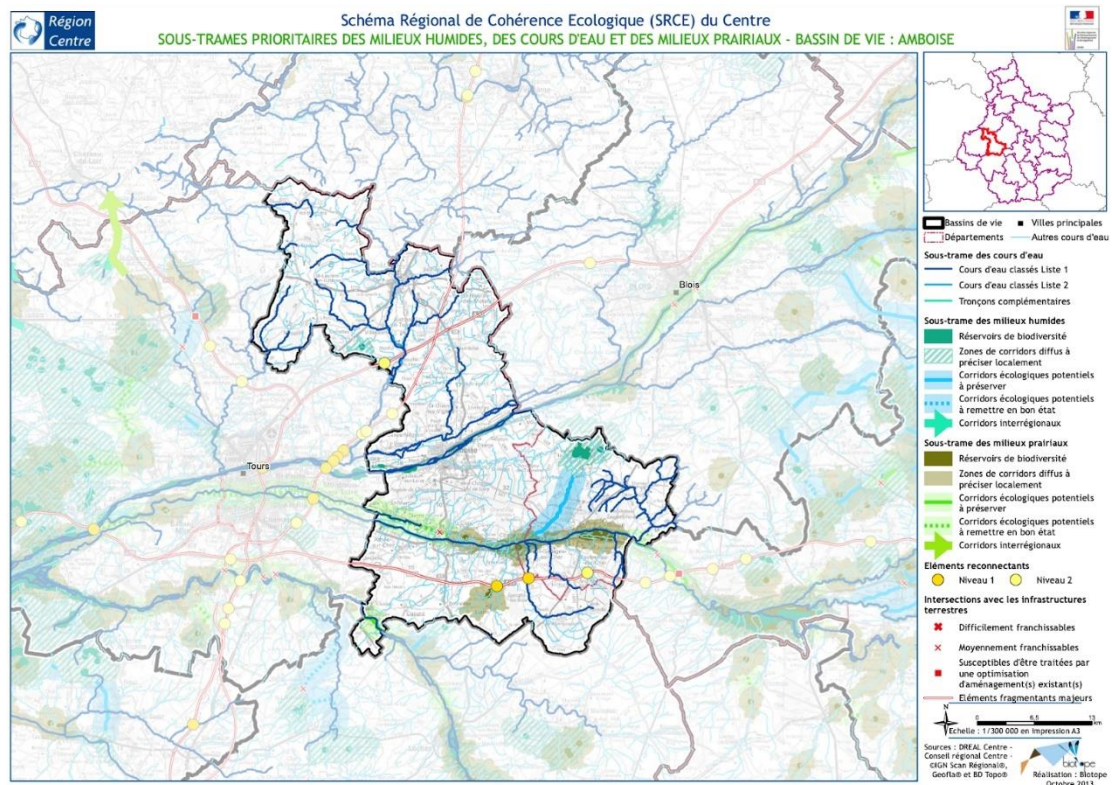
a : Sous-trame prioritaire des bocages et autres structures ligneuses linéaires - bassin de vie : Amboise



b : Sous-trame des milieux boisés - bassin de vie : Amboise

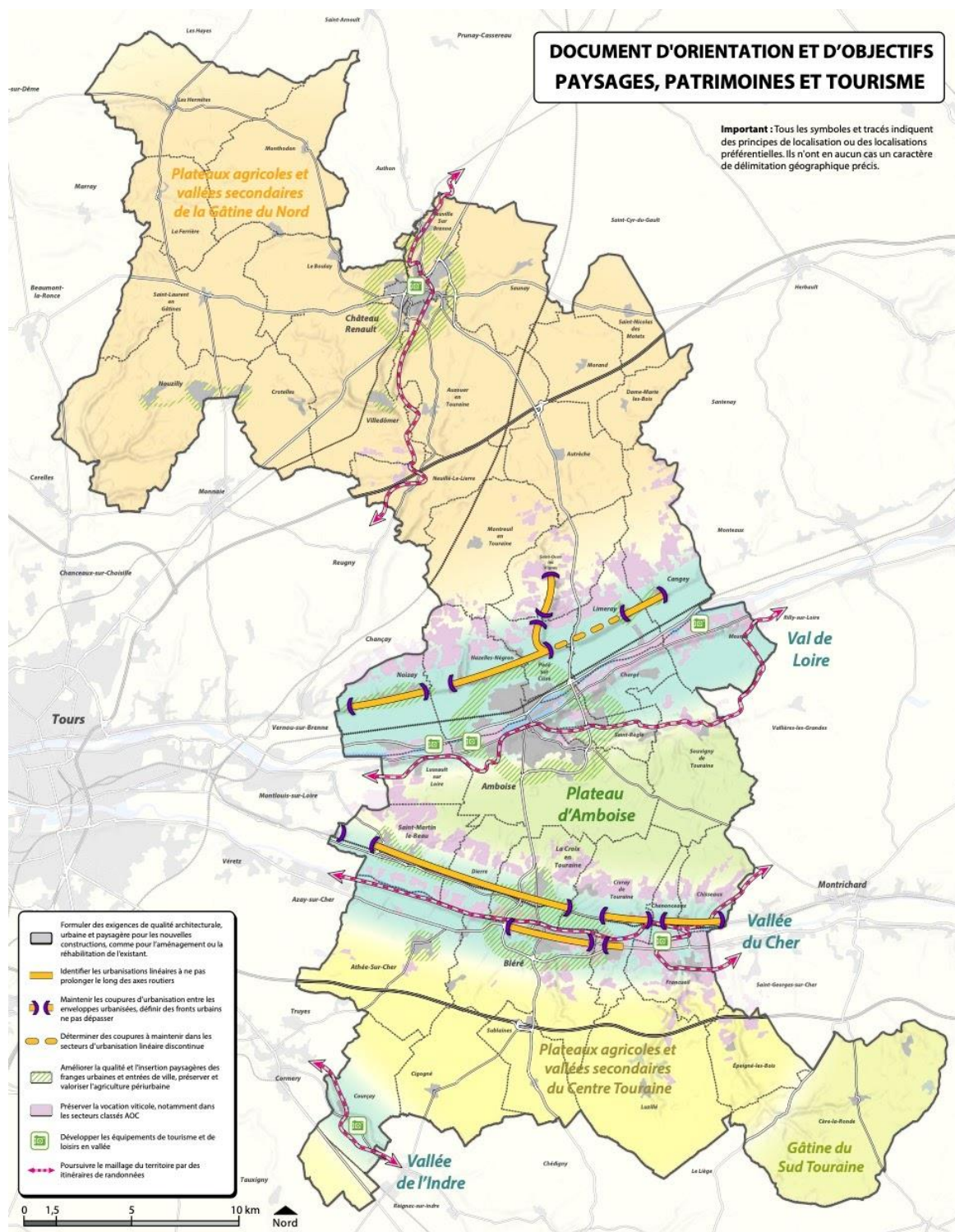


c : Sous-trame prioritaire des milieux humides, des cours d'eau et des milieux prairiaux - bassin de vie : Amboise



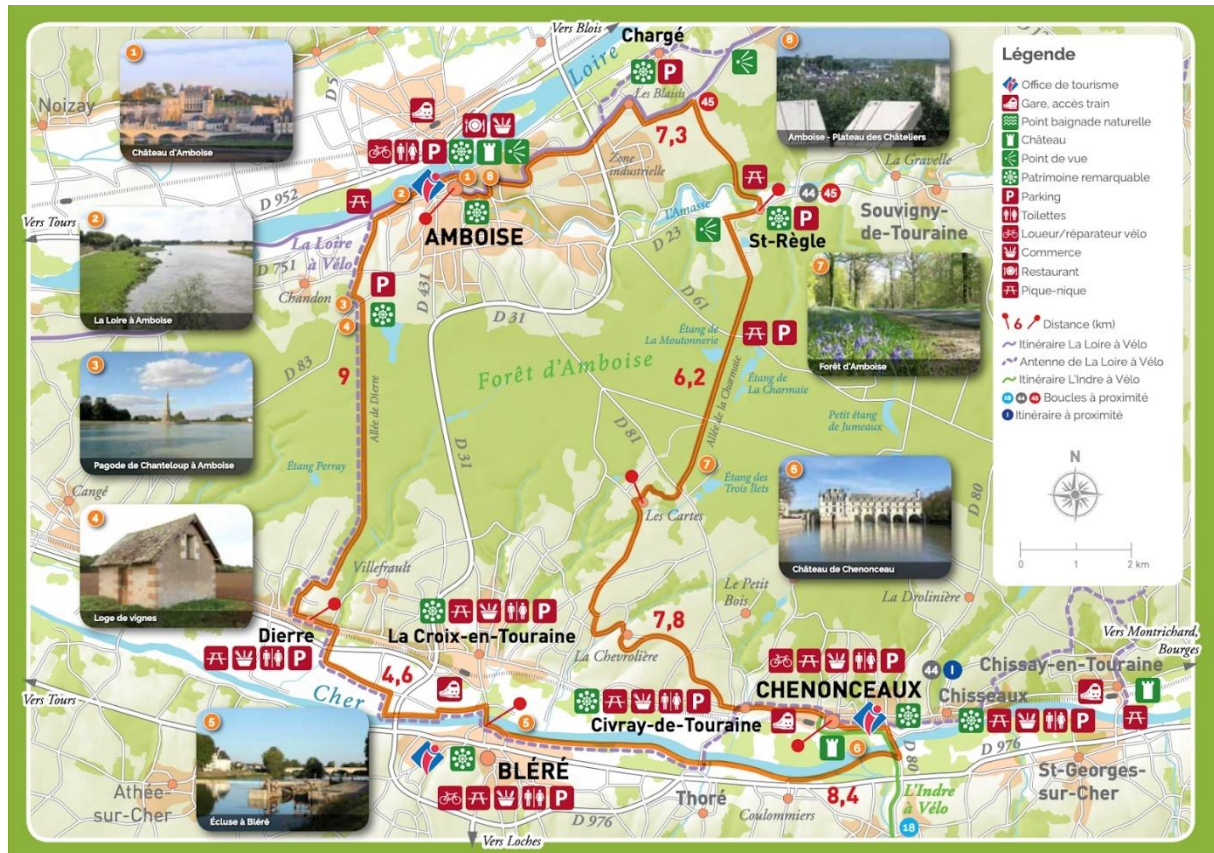
Source : Région Centre, Décembre 2014, "Schéma régional de cohérence écologique du Centre - Bassin de vie 'Amboise'".

Annexe 8 : Document d'orientation et d'objectifs paysages, patrimoines et tourisme



Source : Val d'Amboise, "3. DOO – Carte 3 Patrimoines Paysages et Tourisme-min".

Annexe 9 : Circuit touristique



Source : Autour de Chenonceaux - Vallée du Cher, "Les itinéraires de cyclotourisme", "Boucle 47 - La voix royal".

Annexe 10 : Questionnaire pour la maire de La Croix-en-Touraine

L'importance du Villarçon sur la commune de la Croix-en-Touraine

Nous sommes des étudiants à Polytech Tours en ingénierie des milieux aquatiques. Dans le cadre de nos études, nous devons réaliser un diagnostic sur le bassin versant du Villarçon, afin de concevoir des pistes d'aménagements. Il s'agit de mettre en évidence le lien entre les zones humides et le réseau hydrographique et les contraintes et potentiels associés en matière d'aménagement. Cela inclut des études (pédologiques, géologiques...), inventaires (faune, flore, patrimoine culturel et naturel associé aux zones humides, ...), une évaluation des risques (inondations, pollutions) et des besoins (aménagement et développement du territoire en lien avec les zones humides et économiques – agriculture, tourisme, industrie, ...). Il est également important pour nous de comprendre les jeux d'acteur à l'échelle du bassin versant.

Cet entretien avec vous nous permettra donc de mieux comprendre vos objectifs et souhaits pour le territoire de votre commune autour de votre politique de l'eau, et plus généralement en lien avec les zones humides et le Villarçon.

Question générale

- Comment percevez-vous le Villarçon et les zones humides (et les éventuels patrimoines associés) ?
- En particulier, en quoi le Villarçon pourrait être un atout pour votre territoire ?
- Pensez-vous que les habitants ont un lien particulier avec le cours d'eau ?

Urbanisme/aménagement

- Le PLU prend-il en compte les zones humides ?
- Y a-t-il des projets d'aménagement en lien avec ces problématiques sur le bassin versant ?
- Y a-t-il des zones naturelles et un patrimoine autour du Villarçon que vous cherchez à protéger ?

Possibles risques et conflits d'usages

- Avez-vous connaissance de problématiques de pollution de l'eau sur votre commune ?
- Est-ce que le Villarçon a déjà posé des problèmes d'inondations ?
- Existe-t-il des installations qui représentent un risque sur la commune (ICPE) ? (Entrepôt, industrie, méthaniseur, route...)
- Quels sont les conflits d'usages en rapport avec l'eau dont vous auriez connaissance ?

Agriculture

- Quelles sont les productions agricoles de la commune ?
- Quelles sont les pratiques agricoles ? (Agriculture extensive/intensive/biologique)
- Y a-t-il, à votre connaissance, des problématiques de pollutions, déficit en eau, etc., qui pourraient être rattachées aux pratiques agricoles existantes ?
- Quels ont été les principaux travaux d'aménagement agricole sur le bassin versant (drainage, irrigation, zone tampon...) ?

L'eau

- Savez-vous s'il y a de l'assainissement non collectif sur le territoire de la commune ?
- Est-ce qu'il y a des rejets industriels sur le territoire ?
- Est-ce que vous êtes en réseau unitaire ou séparatif ?

Demandes

- Existe-t-il des archives ou documents que nous pourrions consulter ?
- Auriez-vous les références de personnes clés à nous indiquer, que nous pourrions contacter, comme le gestionnaire de l'eau sur la commune, des agriculteurs et des propriétaires de berges concernés, des associations de naturalistes ou liées au patrimoine...

Annexe 11 : Approche riverains

Objet : Demande de participation à un questionnaire

Bonjour Madame/Monsieur,

Nous sommes un groupe de 6 étudiants en 4ème année d'ingénierie des milieux aquatiques à Polytech Tours. Dans le cadre de nos études nous devons travailler sur le bassin versant du cours d'eau du Villarçon. Tout d'abord nous devons faire un diagnostic des différents paramètres puis proposer des mesures d'aménagement.

Pour ce faire nous devons étudier la chimie de l'eau, la géologie, ainsi que comprendre les intérêts et positions des différents acteurs en lien avec le cours d'eau. Les particuliers qui vivent proches des berges font partie des acteurs qui nous intéressent. C'est pour cette raison que votre avis sur le Villarçon est une source indispensable dans notre étude afin de faire un diagnostic plus précis et proposer des aménagements les mieux adaptés.

Nous avons donc préparé un questionnaire d'une dizaine de questions sur l'entretien des berges, sur les risques d'inondations que vous pouvez rencontrer, sur l'affinité que vous pouvez avoir sur le cours d'eau... Si vous désirez répondre à nos questions pouvez-vous nous contacter à l'adresse mail bocchinojulien@gmail.com ? Nous vous enverrons ensuite notre questionnaire.

Dans tous les cas, nous vous remercions d'avoir pris connaissance de ce message.

Cordialement,

Le groupe d'étudiants à Polytech Tours

Table des matières

Introduction	1
PARTIE 1 : Diagnostic du bassin versant	2
1.1. Caractérisation physique des cours d'eau et du bassin versant	3
1.1.2.1. Généralités.....	3
1.1.2.2. Débitmétrie.....	6
1.1.3.1. Affleurements du Crétacé (145 - 66 M.a.)	7
1.1.3.2. La Touraine au Cénozoïque (65 - 0 M.a.)	8
1.1.3.3. Les roches à l'affleurement aujourd'hui	10
1.1.4.1. Classification des sols.....	12
1.1.4.2. Textures superficielles des sols.....	14
1.1.4.3. Hydromorphie.....	16
1.1.4.4. Réserves utiles des sols.....	18
1.1.4.5. Aptitudes agricoles des sols	19
1.1.5.1. Taux de couvertures des sols.....	21
1.1.5.2. Pédologie	23
1.1.5.3. Topographie	26
1.1.5.4. Climat du bassin versant	27
1.1.5.5. Résultats de la démarche.....	27
1.1.5.6. Critiques de la méthode.....	29
1.1.6.1. Mesures in situ.....	30
1.1.6.2. Mesures du phosphore total et dissous	32
1.1.6.3. Mesures de l'ion bicarbonate	33
1.1.6.4. Mesures des ions magnésium et calcium	34
1.1.6.5. Bilan	36
1.2. Occupation du sol et paysage	39
1.2.1.1. Méthodologie	39
1.2.1.2. Résultats et interprétation.....	40
1.2.2.1. Changements agricoles	42
1.2.2.2. Changements urbains	45
Résumé : caractéristiques du sol et sous-sol ainsi que de l'eau	46
1.3. Patrimoine naturel et culturel	46
1.3.1.1. Zones naturelles mises en valeur	46

1.3.1.2. Zonage réglementaire des documents de planification	48
1.3.1.3. Échantillonnage de macro-invertébrés.....	48
1.3.2.1. Patrimoine historique	51
1.3.2.2. Tourisme	53
1.4. Acteurs et usages liés à l'eau	53
1.4.1.1. Population et usages domestiques.....	53
1.4.1.2. Usages industriels	55
1.4.1.3. Usages agricoles.....	56
1.4.2.1. Présentation des acteurs et de leur rôle	58
1.4.2.2. Enquête sur les acteurs.....	61
1.5. Synthèse des pressions sur l'eau et les milieux aquatiques	64
1.6. Diagnostic.....	64
Résumé : patrimoines et acteurs	66

PARTIE 2 : Enjeux, objectifs et préconisations

67

2.1. Mesures de gestion	68
2.1.1. Augmenter les connaissances scientifiques	68
2.1.2. Créer une association pour entretenir les berges	68
2.2. Mesures d'aménagement de l'espace	68
Conclusion	70



POLYTECH[®]
TOURS

35 ALLÉE FERDINAND DE LESSEPS
37200 TOURS

BOCCHINO Julien, COUDRAIS Anna, NARDON Tanguy,
OLEJARZ Antonin, PEREIRA André, REQUILLART Nathan

2021-2022

Chantier école d'un bassin versant : Le Villarçon et son bassin versant

Résumé : Ce document est un rapport qui établit le diagnostic du bassin versant du Villarçon. L'objectif est de comprendre son fonctionnement et de déceler d'éventuels problèmes qui, dans le cas du Villarçon, sont portés pour la plupart sur les inondations. Ceux-ci sont ensuite hiérarchisés afin de proposer des actions prioritaires. Ainsi, au vu des pressions identifiées, un travail peut être réalisé sur la restauration de ponts d'une portion de cours d'eau, l'arasement de buses et sur l'entretien des berges du Villarçon ainsi qu'une mise en réserve de certaines zones non artificialisées.

Mots clés : Diagnostic, Bassin versant, Villarçon, Bellefontaine, Inondation.

Partenaire professionnel : Syndicat Mixte Nouvel
Espace du Cher (NEC) Adresse : 39 rue Gambetta
- 37150 BLERE

