
Chantier Ecole Bassin Versant

Le Bourdin et son bassin-versant

4^{ème} année [Génie Aménagement &
Environnement – Filière IMA]

Partenaire Professionnel : Syndicat
d'Aménagement de la Vallée de l'Indre
Adresse : 1 avenue de la Vallée du Lys
37260 PONT DE RUAU



Fabien CORDEBARD Marceau COUDERT Clément GARDIEN
Audrey GLOAGUEN Médéric JOLY Amaury RABOUAN
Mathilda REYNAUD Clément RICORDEL Agathe RIPOTEAU

Filière Ingénierie des Milieux Aquatiques - DAE

2018-2019

Résumé

L'étude suivante a pour objectif d'élaborer un diagnostic et des propositions d'aménagements en lien avec l'état des lieux effectué sur le bassin versant du Bourdin.

Ce bassin versant de 38 km² se situe au sud de Tours et se compose principalement du cours d'eau "le Bourdin" et de son affluent majeur "le Mardereau".

Les analyses de plusieurs paramètres physiques, chimiques, fonctionnels et culturels permettent d'établir un diagnostic du bassin versant. L'état des lieux met en évidence une forte pression agricole sur la qualité de l'eau et des sols (intrants, drainage, etc.) ainsi que l'existence de zones humides et d'un patrimoine naturel important à valoriser. Les aménagements proposés permettent de restaurer et d'améliorer le fonctionnement et les relations entre l'existant, le perdu et le retrouvé. L'arasement de seuils, l'implantation de zones humides ainsi qu'une meilleure sensibilisation aux cours d'eau font partie de ces propositions.

Remerciements

Le groupe de travail du bassin versant du Bourdin tient à remercier particulièrement les personnes ayant contribué à l'élaboration de ce chantier école :

- M. Christophe BLANCHARD de la Direction Départementale des Territoires d'Indre-et-Loire
- M. Damien AVRIL, de la Société d'Etude, de Protection et d'Aménagement de la Nature en Touraine
- Mme Marie-Christine POIRIER, Directrice et M. Aurélien GOLFIER, Responsable du pôle rivière du Syndicat d'Aménagement de la Vallée de l'Indre
- M. Michel VAH, Adjoint à la mairie de Louans
- M. Grégoire RICOU, de la fédération de pêche d'Indre-et-Loire

Nous tenons également à remercier l'équipe pédagogique et les intervenants pour leur disponibilité et leur aide pour ce projet :

- Mme Catherine BOISNEAU,
- Mme Célestine DELBART,
- M. Benoît DELEPLANCQUE,
- Mme Francesca DI PIETRO,
- M. Laurent ETIENNE,
- Mme Séraphine GRELLIER,
- M. François JOUBERT,
- M. Stéphane RODRIGUES,
- M. Vincent ROTGE,
- M. Sébastien SALVADOR-BLANES,
- M. José SERRANO,
- Mme Coraline WINTENBERGER.

Sigles

AAPMA : Associations Agréées de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques

AELB : Agence de l'Eau Loire Bretagne

AEP : Adduction d'Eau Potable

AFB : Agence Française pour la Biodiversité

AMM : Autorisation de Mise sur le Marché

ARIA : Analyse, Recherche et Information sur les Accidents

BASIAS : BAsSe des Inventaires historique de Sites Industriels et Activités de Service

BCAE : Bonnes Conditions Agricoles et Environnementales

CARMEN : CARtographie du Ministère de l'ENVironnement

CC : Communauté de Communes

CCTVI : Communauté de Commune Touraine Vallée de l'Indre

CLC : Corine Land Cover

CORPEN : Comité d'ORientation pour des Pratiques agricoles respectueuses de l'ENVironnement

CPCS : Commission de Pédologie et de Cartographie des Sols

CSP : Catégorie Socio Professionnelle

DBO₅ : Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours

DCE : Directive Cadre sur l'Eau

DERU : Directive Eaux RésiduaireS Urbaines

DDT : Direction Départementale des Territoires

DIG : Déclaration d'Intérêt Général

DRAAF : Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la forêt

DREAL : Direction Régional de l'Environnement, de l'Aménagement du Logement

DVP : Dispositifs Végétalisés Permanents

EARL : Exploitation Agricole à Responsabilité limitée

EqH ou EH : Equivalent Habitant

ERU : Eaux RésiduaireS Urbaines

FDAAPPMA : Fédération Départementale des Associations Agréées de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques

GEMAPI : Gestion des Eaux, Milieux Aquatiques et Prévention des Inondations

HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

IBGN : Inventaire Biotique Global Normalisé

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

INPN : Inventaire National du Patrimoine Naturel

INSEE : Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques

IREP : Registre des Emissions Polluantes

LEMA : Loi Eau et Milieux Aquatiques

LPO : Ligue pour la Protection des Oiseaux

MAEC : Mesures Agro-Environnementales et Climatiques

MAPTAM : Modernisation de l'Action Publique Territoriale et d'Affirmation des Métropoles

MEDD : Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable

MESALES : Modèle d'Evaluation Spatiale de l'Aléa d'Erosion des Sols

ONEMA : Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques

PAC : Politique Agricole Commune

RGA : Recensement Général Agricole

ROE : Référentiel des Obstacles à l'Ecoulement

RPG : Registre Parcellaire Graphique

SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux

SATESE : Syndicat d'Assistance Technique pour l'Epuration et le Suivi des Eaux

SAVI : Syndicat d'Aménagement de la Vallée de l'Indre

SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

SEPANT Société d'Etude, de Protection et d'Aménagement de la Nature en Touraine

SEQ-eau : Système d'Evaluation de la Qualité de l'eau

S.I. : Syndicat Intercommunal

SPANC : Service Public d'Assainissement Non Collectif

STEU : Stations de Traitements des Eaux Urbaines

UGB : Unité Grosse Bétail

UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature

ZNIEFF : Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique

ZNT : Zone Non Traitée

ZPS : Zone de Protection Spéciale

ZRE : Zone de Répartition des Eaux

ZSC : Zone Spéciale de Conservation

ZTHA : Zone Tampon Humide Artificielle

Glossaire

Alcalinité : Pouvoir tampon de l'eau ; capacité de l'eau à neutraliser l'acidité

Battance : Caractère d'un sol à se désagréger et à former une croûte en surface sous l'action de la pluie.

Cheptel : "ensemble des animaux d'une catégorie de bétail dans une exploitation, un pays."

Corridor écologique : Désigne un ou plusieurs milieux reliant fonctionnellement entre eux divers habitats. Ce sont des infrastructures naturelles essentielles aux déplacements de population.

DBO5: demande biologique en oxygène pour 5 jours, soit la quantité d'oxygène nécessaire au micro-organisme pour dégrader la matière organique dans une eau à 20°C dans l'obscurité sur 5 jours

Dureté : Teneur en ions calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}).

EqH : Equivalent habitant, unité de mesure permettant de mesurer la capacité épuratrice d'une station d'épuration

Espèce exogène : Espèce qui n'est pas native de l'endroit où cette dernière est retrouvée

Eutrophisation : processus naturels ou anthropique, d'augmentation de la production de matière organique accompagnant l'évolution des écosystèmes aquatiques.

Peupleraie : Plantations de peupliers.

Structure tabulaire : Structure présentant un pendage nul correspondant à une couche horizontale, ce type de structure caractérise plutôt des roches sédimentaires.

Talwegs : Représente la ligne formée par les points ayant la plus basse altitude dans un cours d'eau ou encore une vallée

Zone humide: La loi sur l'eau définit les zones humides comme «les terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire ; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année».

Sommaire

Table des matières

Résumé	2
Remerciements	3
Sigles	4
Glossaire	6
Sommaire	7
Table des figures.....	10
Table des tableaux.....	13
Introduction.....	15
1. Caractérisation physique du cours d'eau et du bassin versant.....	17
1.1 Localisation.....	17
1.2 Le cours d'eau et son bassin versant.....	18
1.2.1 Le réseau hydrographique.....	18
1.2.2 De nombreux obstacles à l'écoulement.....	19
1.2.3 La sectorisation du cours d'eau.....	21
1.3 Topographie	21
1.4 Géologie.....	23
1.4.1 Les terrains non affleurants.....	23
1.4.2 Les terrains affleurants.....	23
1.4.3 Coupe géologique.....	24
1.5 Pédologie.....	28
1.5.1 Carte pédologique	28
1.5.2 Textures superficielles.....	32
1.5.3 Contraintes liées à l'excès d'eau	33
1.5.4 Réserves utiles potentielles.....	35
1.5.5 Aptitudes agricoles	36
1.6 Hydrogéochimie	37
1.6.1 Points de prélèvement	37
1.6.2 Les résultats des analyses et évaluation de la qualité.....	38
1.6.3 Bilan des résultats et pressions	40

1.6.4 Limites de l'évaluation de la qualité des eaux de bassin versant.....	40
2. Occupation du sol et paysage.....	41
2.1 Occupation du sol.....	42
2.2 Unités paysagères.....	44
2.3 Historique du cours d'eau et du bassin versant	45
3. Patrimoine culturel et naturel	46
3.1 Patrimoine naturel	46
3.1.1 Identification des zonages réglementaires	46
3.1.2 Espèces réglementées présentes sur le bassin versant	48
3.1.3 Limites de la démarche	51
3.2 Patrimoine culturel.....	52
4. Acteurs et usages liés à l'eau.....	53
4.1 Les usages et conflits d'usages du bassin versant.....	53
4.1.1 Population	53
4.1.2 Industries	61
4.1.3 Activités agricoles.....	65
4.2 Les acteurs et la gestion du cours d'eau et du bassin versant	68
5. Synthèse de l'état des lieux des pressions sur l'eau et les milieux aquatiques à l'échelle du bassin versant.....	77
5.1 Détermination de la sensibilité à l'érosion.....	77
5.1.1 Etape 1 : Taux de couverture des sols.....	77
5.1.2 Etape 2 : Pédologie	78
5.1.3 Etape 3 : Topographie	81
5.1.4 Résultats et interprétations.....	82
5.2 Vulnérabilité du bassin versant	85
6. Diagnostic	86
6.1 Atouts et Faiblesses, Opportunités et Menaces	86
7. Mesures d'aménagement de l'espace	89
7.1 Création de Zones Tampon Humides Artificielles (ZTHA)	89
7.1.2 Etape 1 : Diagnostic hydrologique et localisation	90
7.1.3 Etape 2 : Conception	91
7.1.4 Etape 3 : réglementation et financement	92
7.1.5 Etape 4 : Construction	93

7.1.6 Etape 5 : Plantation	93
7.1.7 Etape 6 : Maintenance	94
7.2 Bandes enherbées	94
7.2.1 Réglementations.....	94
7.2.2 Aménagements	95
7.3 Arasement de seuils	96
7.3.1 Etape 1 : Objectifs de l'aménagement	96
7.3.2 Etape 2 : Localisation de l'aménagement	98
7.3.3 Etape 3 : Cadre réglementaire et financements	99
7.3.4 Etape 4 : Mise en place de l'aménagement et étude d'impacts	100
7.3.5 Etape 5 : Réalisation puis suivi de la bonne atteinte des objectifs fixés	101
7.4 Sensibilisation du grand public.....	101
8. Mesures de gestion	104
8.1 Zone humide.....	104
8.2 Bandes enherbées	105
8.3 Arasement de seuils	105
8.4 Oiseaux	105
8.5 Amphibiens.....	105
8.6 Odonates	106
8.7 Recensement des drains	106
Conclusion	107
Bibliographie.....	108

Table des figures

Figure 1 : Localisation du bassin versant du Bourdin à l'échelle de la vallée de l'Indre	17
Figure 2 : Réseau hydrographique du Bourdin et ordination de Strahler	18
Figure 3 : Courbe hypsométrique du bassin versant du Bourdin	19
Figure 4 : Recensement des obstacles à l'écoulement présents sur le bassin versant du Bourdin	20
Figure 5 : Photographies d'embâcles sur le Bourdin (10/10/2018 et 15/11/2018)	20
Figure 6 : Sectorisation du Bourdin en sept tronçons	21
Figure 7 : Carte des pentes du bassin versant du Bourdin	21
Figure 8 : Profils topographiques du Bourdin et du Mardereau	22
Figure 9 : Carte géologique du bassin versant du Bourdin	25
Figure 10 : Diagramme circulaire représentant les roches à l'affleurement dans le bassin versant du Bourdin	26
Figure 11 : Coupe géologique du bassin versant du Bourdin à l'échelle 1/50 000	27
Figure 12 : Log stratigraphique du bassin versant du Bourdin et interprétation hydrogéologique	28
Figure 13 : Carte des sols du bassin versant du Bourdin	29
Figure 14 : Carte des textures superficielles du bassin versant du Bourdin	33
Figure 15 : Carte des contraintes liées à l'excès d'eau du bassin versant du Bourdin	34
Figure 16 : Carte des réserves utiles potentielles du bassin versant du Bourdin	35
Figure 17 : Carte des aptitudes agricoles du bassin versant du Bourdin	36
Figure 18 : Carte des prélèvements d'échantillons sur le bassin versant du Bourdin	37
Figure 19 : Carte d'occupation du sol du bassin versant du Bourdin	42
Figure 20 : Les unités paysagères du bassin versant du Bourdin	44
Figure 21 : Localisation des seuils et barrages situés au Château de la Guéritaulde	45
Figure 22 : Emprise du bassin versant du Bourdin sur les communes avoisinantes	47
Figure 23 : Cartographie des zones humides sur le bassin versant	48
Figure 24 : Patrimoine culturel du bassin versant du Bourdin	52
Figure 25 : Proportion de population de chaque commune sur le bassin versant du Bourdin	53
Figure 26 : Répartition géographique des communes sur le bassin versant du Bourdin	54
Figure 27 : Taux d'évolution de la population entre 1975 et 2015 (Source : INSEE)	55
Figure 28 : Evolution globale de la population sur le bassin versant du Bourdin	56

Figure 29 : Répartition des STEP sur les communes du bassin versant du Bourdin	57
Figure 30 : Législation concernant les traitements en STEP	57
Figure 31 : Carte des prélèvements sur les communes du bassin versant	60
Figure 32 : Répartition des catégories socioprofessionnelles sur la commune de Louans en 2015.....	62
Figure 33 : Localisation des ICPE industrielles.....	63
Figure 34 : Evolution du nombre d'exploitations agricoles et de la SAU totale (Source : Agreste)	66
Figure 35 : Evolution du cheptel entre 1988 et 2010 (Source : Agreste)	66
Figure 36 : Evolution de la surface irriguée entre 2007 et 2009	67
Figure 37 : Limite des communes sur le bassin versant	68
Figure 38 : Proportion de la surface de chaque commune incluse dans le bassin versant	68
Figure 39 : EPCI englobant le bassin versant.....	69
Figure 40 : Territoire d'action du SAVI	69
Figure 41 : Organisation entre les acteurs de la gestion de l'eau en France	71
Figure 42 : Sous-bassin Loire Moyenne (Source : www.sdage-sage.eau-loire-bretagne.fr)	73
Figure 43 : Principales problématiques et solutions envisageables.....	75
Figure 44 : Organigramme des étapes de la construction de la carte de la sensibilité érosive (modifié, d'après Degan et al., 2015)	77
Figure 45 : Carte du taux de couverture saisonnier des sols du bassin versant du Bourdin (2014-2016)	79
Figure 46 : Erodibilité du bassin versant du Bourdin	80
Figure 47 : Carte de la battance du bassin versant du Bourdin	81
Figure 48 : Facteur pente du bassin versant du Bourdin	82
Figure 49 : Carte de la sensibilité à l'érosion selon les saisons	84
Figure 50 : Schéma récapitulatif de la vulnérabilité du bassin versant.....	85
Figure 51 : Diagramme Atouts/Faiblesse-Opportunités/Faiblesses.....	86
Figure 52 : Hiérarchisation des gestions limitant les effets négatifs des forces sur le bassin versant .	87
Figure 53 : Localisation des zones tampon humides artificielles (Source : Google Earth).....	89
Figure 54 : Schéma des principales réactions dans une ZTHA (Source : ONEMA, irstea)	90
Figure 55 : Schéma de la zone tampon humide artificielle	92
Figure 56 : Photographie de <i>Ranunculus flammula</i> (à gauche), <i>Festuca arundinacea</i> (au centre) et <i>Agrostis stolonifera</i> (à droite)	93
Figure 57 : Densité de bandes enherbées sur le bassin versant du Bourdin	95
Figure 58 : Localisation des seuils dans le Domaine du Château de la Guéritaulde (Source : GoogleEarth)	99

Figure 59 : Proposition de tracé du chemin de randonnée 1.....	101
Figure 60 : Proposition de tracé du chemin de randonnée 2.....	102
Figure 61 : Carte des points de mesure pour le suivi	104

Table des tableaux

Tableau 1 : Roches à l'affleurement dans le bassin versant	26
Tableau 2 : Récapitulatif des sols présents sur le bassin versant du Bourdin.....	30
Tableau 3 : Résultats bruts des analyses et mesures	38
Tableau 4 : Classement des points de prélèvements pour leur aptitude à la biologie	39
Tableau 5 : Classement des points de prélèvements pour les altérations globales	39
Tableau 6 : Qualification générale des points de prélèvements pour la qualité chimique	40
Tableau 7 : Types d'occupation du sol des classes présentes sur le bassin versant du Bourdin	43
Tableau 8 : Liste des espèces inféodées aux milieux aquatiques présentes dans la directive (n°79-409 (CE)) (Source : INPN).....	48
Tableau 9 : Liste des espèces inféodées aux milieux aquatiques présentes dans la directive (n°92-43(CEE)) (Source : INPN).....	49
Tableau 10 : Listes des espèces inféodées aux milieux aquatiques inscrites sur listes rouges européenne, nationale et en région Centre (Sources : INPN, SEPANT)	50
Tableau 11 : liste des espèces inféodées aux milieux aquatiques considérée comme susceptible de créer des désordres biologiques (Source : INPN).....	51
Tableau 12 : Population sur le bassin versant du Bourdin	54
Tableau 13 : Evolution de la population présente sur le bassin versant du Bourdin.....	55
Tableau 14 : Liste des STEU en service sur les communes du bassin versant.....	58
Tableau 15 : Système de gestion de l'assainissement non collectif sur le bassin versant	59
Tableau 16 : Système de gestion de l'assainissement collectif sur le bassin versant	59
Tableau 17 : Système de gestion de la potabilisation sur le bassin versant	60
Tableau 18 : Liste des forages présents sur les communes du bassin versant et le volume prélevé en 2016.....	61
Tableau 19 : Employabilité en fonction du secteur d'activité en 2015	61
Tableau 20 : Secteurs d'activités des entreprises actives sur les communes du bassin versant en 2015	62
Tableau 21 : Nombre d'entreprises créées en fonction du secteur d'activité en 2015 sur les communes du bassin versant.....	63
Tableau 22 : Liste des ICPE présentes sur les communes du bassin versant	64
Tableau 23 : Tableau récapitulatif des pollutions émises et des déchets produits sur le bassin versant	65
Tableau 24 : Superficie drainée par commune du bassin versant (en ha) (source : Agreste)	67

Tableau 25 : Liste des acteurs de la gestion de l'eau en France	72
Tableau 26 : Différents usagers du cours d'eau	74
Tableau 27 : Principaux résultats des entretiens	75
Tableau 28 : Superficie des zones tampon humides artificielles en projet (Source : Arcmap).....	90
Tableau 29 : Topographie de la zone 2 (Source : MNT 5m)	91
Tableau 30 : Budgétisation de l'aménagement (Source : ONEMA, Irstea)	92
Tableau 31 : Avantages et risques (inconvenients) d'un arasement de seuil (Source : Guide d'accompagnement 2017, Agence de l'eau)	98
Tableau 32 : Coût estimatif sommaire par seuil dans la phase projet (source : ONEMA, Agence de l'eau Seine Normandie).....	100
Tableau 33 : Estimation du coût de revenu des aménagements et mobiliers urbains	103

Introduction

Dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau et de l'amélioration des états des masses d'eau, le Syndicat d'Aménagement de la Vallée de l'Indre (SAVI) nous a mandaté pour réaliser le diagnostic du bassin versant du Bourdin.

Le bassin versant de l'Indre, situé en région Centre Val-de-Loire, est divisé en plusieurs sous-bassins dont l'un d'eux est celui d'un cours d'eau d'Indre-et-Loire : le Bourdin.

Ce cours d'eau d'environ 12 kilomètres de longueur présente un affluent principal, le Mardereau (10 kilomètres). Le linéaire total du réseau hydrographique est de 43 kilomètres pour un bassin versant de 38 km². L'agglomération de Tours située à une dizaine de kilomètres influence socio-économiquement ce territoire recoupant 5 communes : Louans, Montbazos, Saint-Branches, Sorigny et Veigné. Le secteur d'activité principal du bassin est l'agriculture céréalière.

L'objectif de l'étude est de réaliser un diagnostic complet du bassin versant du Bourdin, afin d'identifier les différentes pressions qui s'exercent sur celui-ci. Ce diagnostic permettra par la suite de proposer des aménagements permettant d'améliorer la qualité physico-chimique des cours d'eau, de limiter les impacts des pressions identifiées et de mettre en avant les forces naturelles et culturelles du bassin versant.

Le diagnostic s'appuie sur une caractérisation physique, chimique, fonctionnelle et culturelle du bassin versant. Pour cela, plusieurs facteurs ont été analysés tels que l'occupation des sols, les acteurs du bassin et le patrimoine naturel existant afin d'en déterminer les atouts, faiblesses, opportunités et menaces.

Les aménagements proposés permettront de valoriser les forces et limiter les pressions du bassin versant du Bourdin mis en évidence par le diagnostic établi.

Première partie :
Diagnostic du bassin
versant du Bourdin

1. Caractérisation physique du cours d'eau et du bassin versant

1.1 Localisation

Le bassin versant du Bourdin se situe dans le département de l'Indre-et-Loire, en région Centre-Val de Loire. Le Bourdin prend sa source au lieu-dit "La Couarde" à Saint-Branches, une petite commune située au sud de Tours. Il s'agit d'un affluent de l'Indre en rive gauche. La confluence est située au niveau de la commune de Veigné (Figure 1). Le bassin versant de l'Indre est situé sur deux départements, l'Indre et l'Indre-et-Loire.

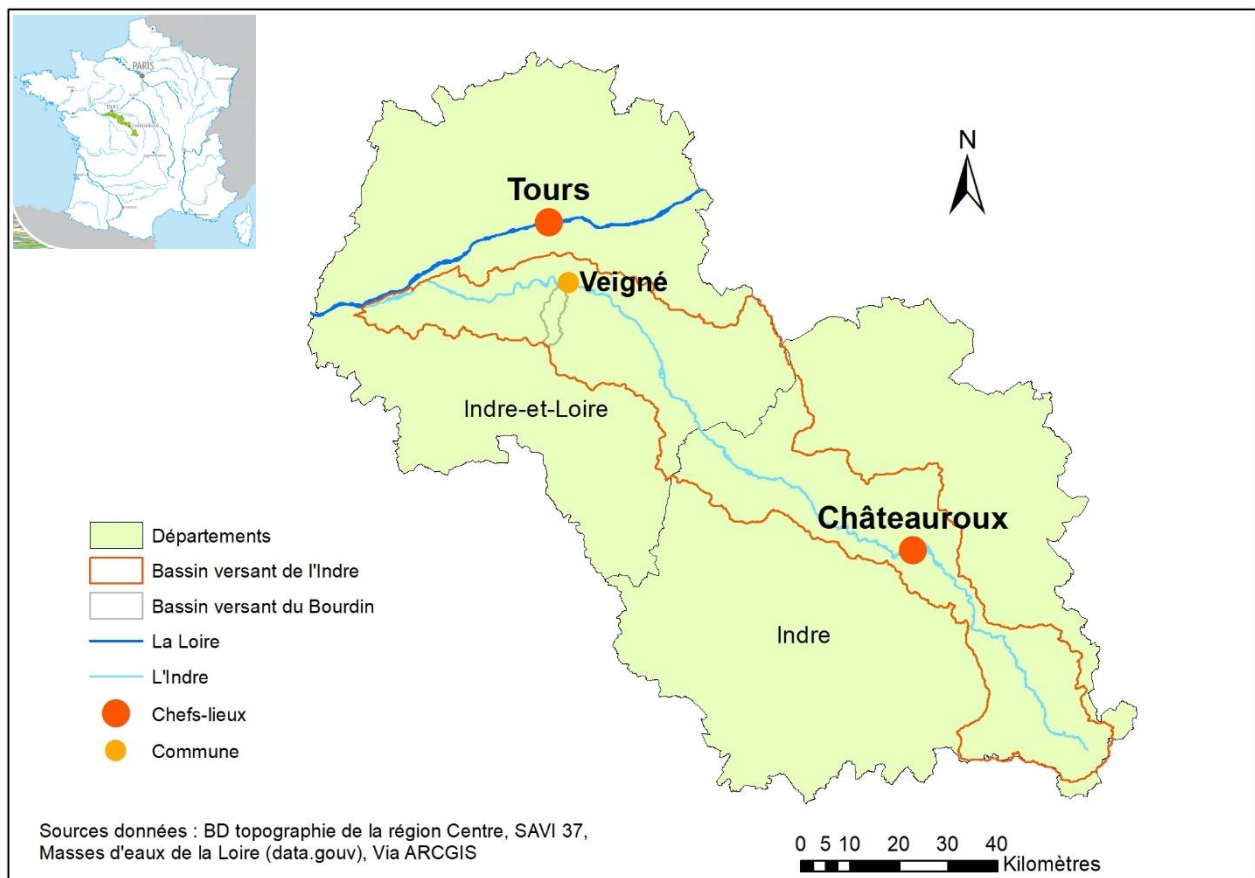


Figure 1 : Localisation du bassin versant du Bourdin à l'échelle de la vallée de l'Indre

La surface totale du bassin versant englobe cinq communes : Veigné, Montbazou, Sorigny, Saint-Branches et Louans.

1.2 Le cours d'eau et son bassin versant

1.2.1 Le réseau hydrographique

Le Bourdin est un cours d'eau possédant trois affluents principaux situés en rive gauche, notamment le Mardereau. Son réseau hydrographique présente un linéaire d'environ 12,5 kilomètres (Figure 2), celui-ci est très ramifié. Néanmoins, selon l'ordination de Strahler, le Bourdin a un rang égal à 3 au niveau de l'exutoire ce qui montre que la ramification est majoritairement présente en tête de bassin.

Afin de délimiter le bassin versant topographique du cours d'eau, nous avons utilisé le logiciel ARCGIS, et nous avons importé les données provenant du Modèle Numérique de Terrain (MNT) de l'Indre-et-Loire (37). La précision du MNT utilisé est de 25 mètres. Ce MNT permet de décrire le relief du département. Ce modèle correspond au bassin versant topographique. En effet, nous avons défini la ligne de partage des eaux comme étant la ligne de crête du bassin.

Nous avons calculé la limite du bassin versant à l'aide de la direction des écoulements. Les points d'écoulements les plus bas correspondent à la limite du bassin versant.

Afin de caractériser celui-ci, nous pouvons calculer l'indice de compacité de Gravelius :

$$K_G = \frac{P}{2 \sqrt{\pi \times A}}$$

P = périmètre du bassin versant = 39,50 km
et A = aire du bassin versant = 37,72 km²

On obtient alors $K_G = 1,8$

La valeur du coefficient de Gravelius indique que le bassin versant est très étiré. Le débit de pointe à l'exutoire en cas de crue sera donc relativement faible mais la décrue sera assez lente.

A noter que les limites du bassin versant qui apparaîtront dans la suite de ce dossier correspondent au bassin versant topographique. Le bassin versant réel, prenant en compte les écoulements souterrains, ne peut pas être délimité car aucune donnée n'est disponible concernant ces écoulements. Les écoulements souterrains sont, malgré tout, importants pour le cours d'eau car des résurgences de nappes ont été aperçues au cours des prospections de terrain.

L'analyse SIG a également permis de tracer la courbe hypsométrique du bassin versant du Bourdin (Figure 3). La courbe hypsométrique fournit une vue globale de la pente du bassin et donc du relief. Elle représente la répartition de la surface du bassin versant en fonction de son altitude. Elle porte en abscisse le pourcentage de surface du bassin qui se trouve au-dessus ou en dessous de l'altitude

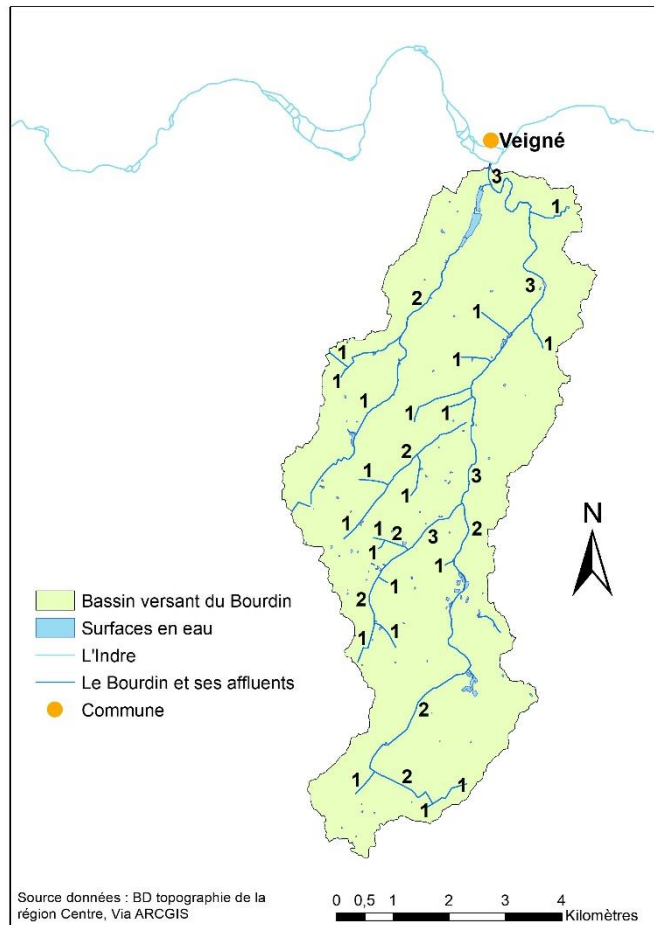


Figure 2 : Réseau hydrographique du Bourdin et ordination de Strahler

représentée en ordonnée. L'altitude moyenne du bassin versant est de 101 mètres, l'altitude maximale est de 127 mètres et le minimum est de 55 mètres d'après le MNT 5m. L'altitude médiane est de 103 mètres ce qui est relativement semblable à la moyenne. Cependant la répartition n'est pas homogène,

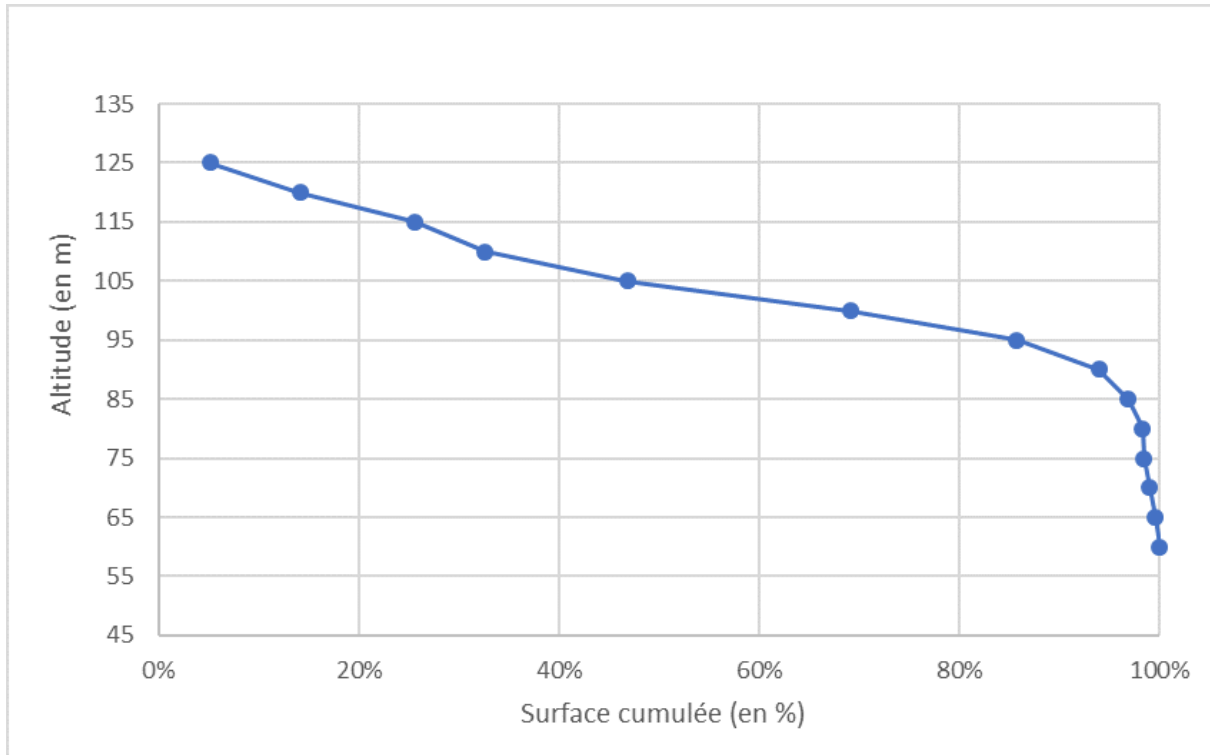


Figure 3 : Courbe hypsométrique du bassin versant du Bourdin

90% des valeurs sont comprises entre 125 et 90m et 10% sont comprises entre 90m et 55m. Le dénivelé est donc beaucoup plus important dans la zone en aval que dans la zone en amont. La zone aval présente des pentes importantes alors que la zone amont est relativement plate.

1.2.2 De nombreux obstacles à l'écoulement

Le Bourdin et le Mardereau sont des cours d'eau comprenant un nombre important d'obstacles à l'écoulement (Figure 4). On en compte 19 sur l'ensemble du bassin versant, selon le Référentiel des Obstacles à l'Écoulement (ROE) fourni par la Direction Départementale des Territoires de l'Indre-et-Loire (DDT 37). Le principal obstacle est le barrage de l'étang de la Baraudière. Il s'agit d'une retenue destinée à l'irrigation pour l'agriculture. Avec ses cinq mètres de haut (Figure 8), et l'absence de passe à poisson, il constitue un problème conséquent en ce qui concerne la continuité écologique du cours d'eau.

De plus, de nombreux embâcles (Figure 4 et Figure 5) ont été répertoriés lors des prospections de terrain. Généralement composés de bois, ils sont considérés comme des habitats pour de nombreux invertébrés aquatiques. Cependant, ils perturbent parfois, de façon plus ou moins importante, l'écoulement de l'eau. C'est pourquoi il est important de distinguer les embâcles pérennes induisant une diversification des paramètres physiques du cours d'eau et les embâcles accidentels qui ne se produisent qu'en cas de crue (Maridet et al. 1996). Néanmoins, il est difficile d'opérer une telle distinction dans le cas du Bourdin, ce qui est dû au faible débit voire même à l'absence d'eau à certains endroits.

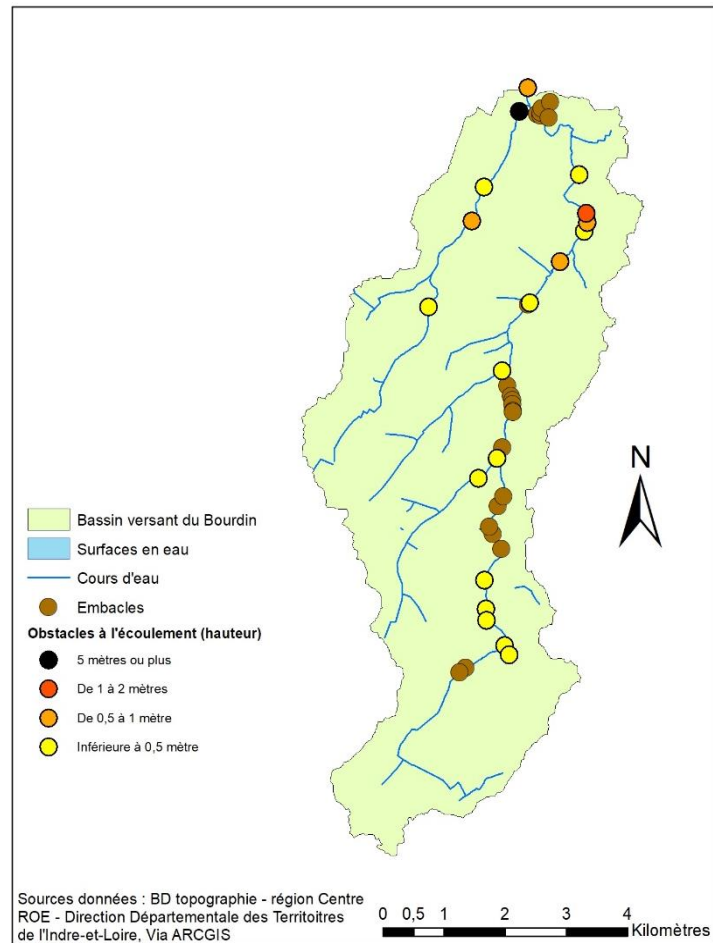


Figure 4 : Recensement des obstacles à l'écoulement présents sur le bassin versant du Bourdin



Figure 5 : Photographies d'embâcles sur le Bourdin (10/10/2018 et 15/11/2018)

1.2.3 La sectorisation du cours d'eau

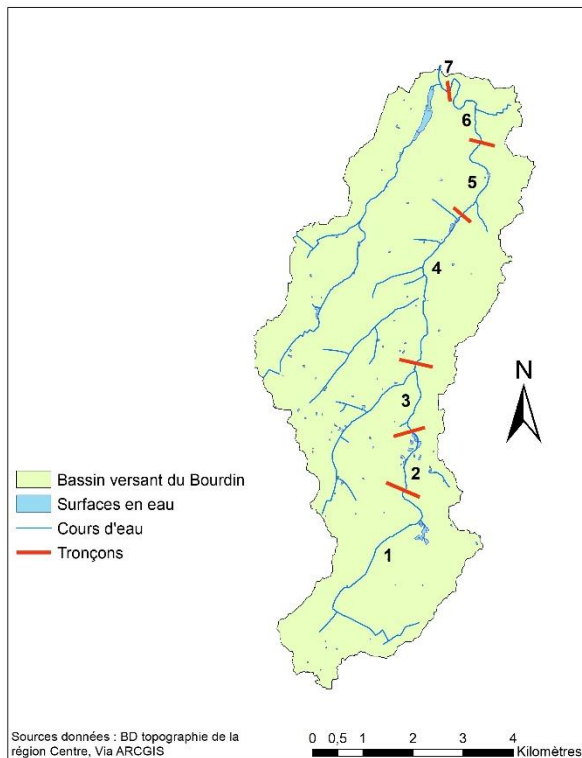


Figure 6 : Sectorisation du Bourdin en sept tronçons

Suite aux observations réalisées sur le terrain, nous avons décidé de sectoriser le Bourdin en sept tronçons (Figure 6). La sectorisation a été faite grâce à l'identification de critères morpho-écologique (Annexe 1). Les limites des tronçons ont été établies selon les paramètres et observations relevés ou mesurés se traduisant par de nettes modifications de la morphologie générale de la rivière ou de son environnement (Malavoi, 1989). Nous nous sommes appuyés sur différents critères tels que : la largeur du lit, la profondeur, la morphologie, l'environnement et les usages du sol aux abords du cours d'eau.

1.3 Topographie

La pente globale du bassin versant est relativement faible sur l'ensemble de la zone amont (Figure 7). Cependant, une augmentation de cette pente à proximité de l'exutoire pouvant atteindre jusqu'à plus de 30% dans ce secteur est notable.

De manière générale, la topographie n'engendrera pas une grande vitesse de ruissellement des eaux de pluie. De ce fait, cela réduit fortement le risque d'érosion sur le territoire.

Concernant la topographie linéaire du Bourdin (Figure 8), il y a une différence d'altitude de 50 mètres soit une pente moyenne de 0.0042 m.m^{-1} , ce qui n'est pas très élevé entre la partie amont et l'exutoire du cours d'eau soit un peu plus de 12km. Il y a également à quelques endroits une remontée

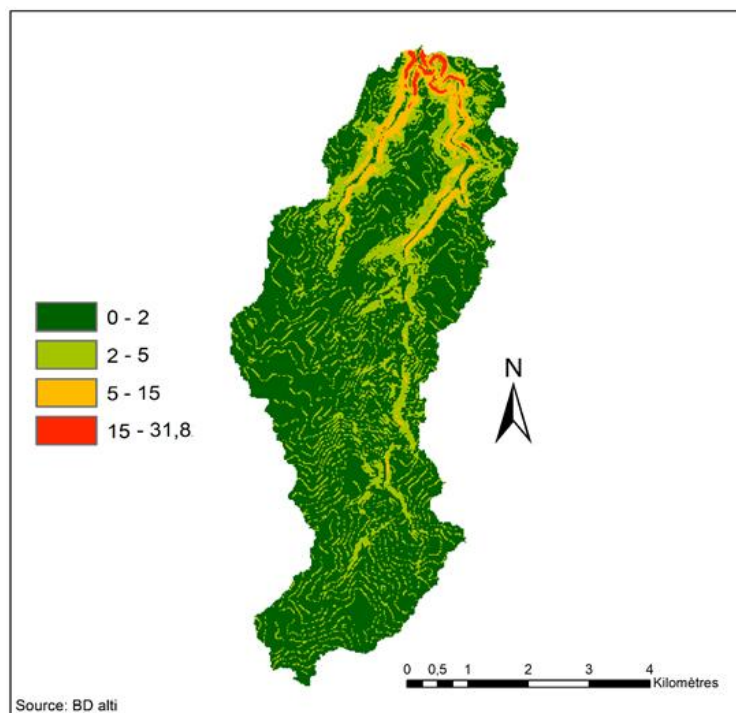
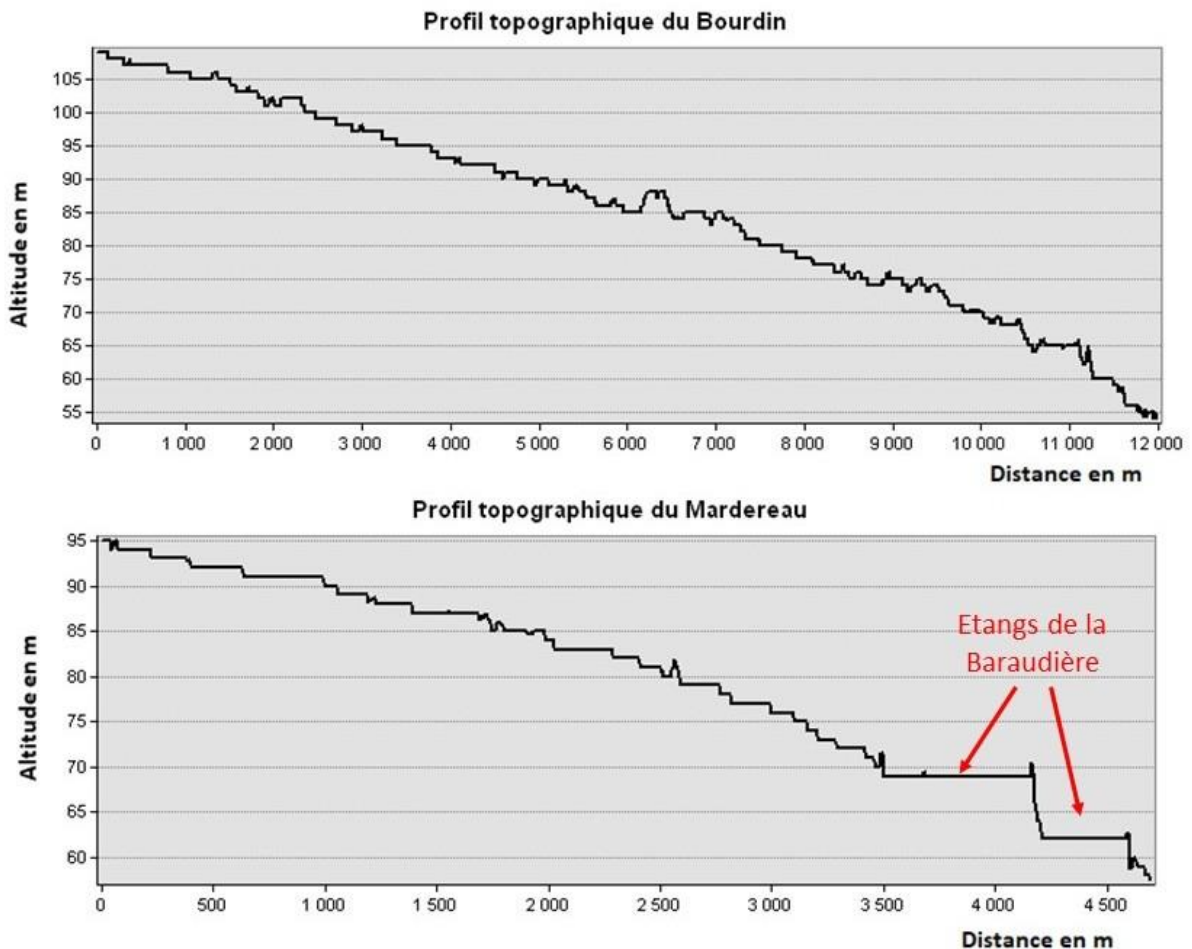


Figure 7 : Carte des pentes du bassin versant du Bourdin

d'altitude du lit du Bourdin ce qui pourrait peut-être expliquer la présence de zone sèche au milieu du cours d'eau.

Le même type de coupe topographique peut être réalisé sur l'affluent principal du Bourdin, le Mardereau (Figure 8). En aval, la présence de seuils est facilement identifiable avec un profil « en escalier », il s'agit des deux étangs vus par photographie aérienne avec, pour le passage de l'un à l'autre, une très grande différence d'altitude en très peu de distance. En ignorant la partie aval avec les deux étangs, la pente moyenne est de 0.0077 m.m^{-1} , ce qui représente une plus grande pente que pour le Bourdin mais qui reste malgré tout faible.



De manière générale, les cours d'eau du bassin versant présentent des pentes faibles mais aussi quelques irrégularités provoquant à certains endroits des zones sèches dans le lit du cours d'eau. Les deux étangs en aval du Mardereau sont séparés par un seuil de niveau non négligeable.

1.4 Géologie

Le bassin versant du Bourdin faisant partie de la Touraine, la géologie se rattache à l'histoire géologique de cette dernière. Cette histoire est relativement récente, elle a, en effet, commencé lors de l'Ère secondaire (- 252 à -65 M.a) (Annexe 2).

Une carte géologique a été digitalisée à l'aide du logiciel Arcgis et de Géoservices. La carte a ensuite été uniformisée car le bassin versant du Bourdin se situe sur deux cartes géologiques différentes, celle de Bléré ainsi que celle de Langeais. (R. Studer 1986 et 1989 respectivement)

Ces deux cartes n'ont pas été éditées la même année et n'ont pas les mêmes auteurs. L'auteur de la carte de Bléré, correspondant à la partie Est de notre bassin versant, a attaché plus d'importance à la représentation des formations superficielles.

L'étude géologique du bassin versant s'appuie sur les notices des cartes géologiques de Langeais et de Bléré.

1.4.1 Les terrains non affleurants

Certains terrains ne sont pas à l'affleurement sur le bassin versant, mais sont à l'affleurement dans la région. Ils ont une influence sur l'hydrogéologie, puisqu'ils comportent des nappes utilisées pour l'eau potable.

L'une des formations les plus anciennes s'est déposée lors du Cénomaniens (-100 à -94 M.a.). Elle se trouve à environ -100m NGF de profondeur. Dans cette couche se trouvent différents faciès de roche, tels que des graviers, des sables et des marnes.

Le "tuffeau jaune de Touraine", déposé lors du Turonien (-94 à -90 M.a.), se trouve à l'affleurement au niveau de certains versants de l'Indre. Cette formation, issue de dépôts marins, a été déposée dans des conditions environnementales très variées, ce qui permet d'expliquer les différents faciès dans lesquels on peut la retrouver.

1.4.2 Les terrains affleurants

Les roches les plus anciennes à l'affleurement datent du Sénonien (-88 à -65 M.a.) (Figure 9 et

Tableau 1). Cet étage géologique se situe dans le Crétacé supérieur (-95 à -65 M.a.). Les formations les plus récentes sont les dépôts actuels engendrés par les cours d'eau.

Les dépôts du Crétacé (-145 M.a. à -65 M.a.)

Lors du Sénonien, la mer qui se trouvait en Touraine s'est complètement retirée, mettant fin au processus de régression marine dans la zone. Plusieurs types de dépôts se sont mis en place, dont notre formation la plus ancienne, correspondant au C4-6S sur la carte géologique (Figure 9).

Cette couche géologique est une formation argilo-siliceuse.

Ces formations sont présentes sous deux formes : les “argiles blanches à silex” et les spongolites. Elles indiquent un dépôt dans une mer peu profonde, de type laguno-marin, et possédant des composantes siliceuses provenant des massifs cristallins bordiers. Ces formations sont à l’affleurement sur 14% de notre bassin versant (Figure 10).

Les dépôts du Tertiaire

La Touraine se retrouve ensuite émergée à l’Eocène (-55 à -34 M.a.). Les formations à l’affleurement vont alors subir de fortes altérations. Lors des périodes les plus sèches, des formes apparues au Sénonien comme des silex et des spongiaires vont être cimentées par la silice, et vont former des argiles à conglomérats, appelés “perrons” (eP). Ces formations sont un peu moins présentes que les précédentes sur le bassin versant, puisqu’elles ne représentent que 9% du territoire. (Figure 10)

A la fin de l’Eocène, au Ludien (-37 à -34 M.a.), les calcaires lacustres de Touraine (e7) se sont mis en place. Des lacs de faible profondeur et bordés de marais sont à l’origine de ces formations. De nombreux faciès lacustres sont alors représentés, comme les marnes, les meulière, et d’autres calcaires durs. Ces formations sont celles qui affleurent majoritairement sur le bassin versant. Elles représentent en effet 32% des affleurements. (Figure 10)

Une formation pelliculaire constituée de sables et de graviers continentaux s’est ensuite déposée. Cette formation (m3p) est régulièrement lavée et les dépôts les plus fins sont entraînés. Elle représente 25% des affleurements du bassin versant. (Figure 10)

Les formations superficielles quaternaires

Sur le bassin versant, des formations superficielles qui sont des dépôts minces de l’ère Quaternaire (-2,5 M.a. à aujourd’hui) peuvent être retrouvées, elles correspondent aux limons des plateaux (LP) et aux sables éoliens (N). Elles représentent à elles deux environ 14% des affleurements sur le bassin versant. (Figure 10) Les limons des plateaux sont des dépôts fins qui couvrent les zones topographiquement élevées. Les sables éoliens, surtout présents le long de la vallée de l’Indre, proviennent d’alluvions anciennes façonnées par le vent.

Les dépôts les plus récents sont les alluvions récentes et modernes composées d’argiles, de sables, de graviers et de galets (Fy-z). Ces dépôts sont liés au fait que le chenal de l’Indre est peu incisé, le lit majeur est donc susceptible d’être inondé. La rivière dépose alors des sédiments fins sur les berges et des sables sur le fond du lit. En dessous de ces dépôts, il est possible de retrouver des dépôts provenant d’une rivière plus active, et ayant une granulométrie plus grossière. Ces alluvions représentent moins de 2% des affleurements du bassin versant. (Figure 10)

Deux autres formations sont présentes à l’affleurement. Ce sont des couches remaniées. Les complexes résiduels à sables grossiers argileux et graviers dominants (Rm3p) sont situés à la périphérie des affleurements de sables post-helvétiques (m3p). Ils en dérivent par remaniement colluvial et lavage et sont peu présents à l’affleurement (moins de 1%). Les complexes résiduels d’altération à argiles et meulière abondantes (Re7), quant à eux, dérivent du substrat ludien (e7) par décarbonation. Ces complexes représentent moins de 4% des affleurements sur bassin versant.

1.4.3 Coupe géologique

La coupe géologique Est-Ouest de La Morillière (Veigné) à Fausse église (Montbazou) recoupe les deux principaux cours d’eau du bassin versant : Le Mardereau et le Bourdin. Elle met en évidence des structures monoclinales à tendance tabulaire (Figure 11). Des variations de pendage sont néanmoins identifiées à partir des profondeurs du toit du Cénomanien et du mur du Ludien qui sont représentés

sur les cartes géologiques de Langeais et de Bléré. Le forage 4-15 de Sorigny (R. Studer, 1989) a permis de déterminer certaines épaisseurs jusqu'à 30m de profondeur. Les données sur les couches inférieures proviennent de sondage pour la recherche d'eau et de pétrole dans la région centrale tourangelle qui sont également répertoriées dans la notice géologique.

Contrairement à la distribution Est-Ouest, la répartition Nord-Sud des formations à l'affleurement n'est pas homogène.

Suivant le principe stratigraphique de superposition, les formations les plus anciennes devraient affleurer dans des zones d'incision comme le fond de la vallée, car le bassin versant présente une structure tabulaire (Figure 11 et Annexe 3)

La profondeur du toit du Cénomaniens diminue vers la tête de bassin, passant de +100m (à l'aval) à +25m (à l'amont) de profondeur (Figure 12).

Du fait du pendage de la couche du Cénomaniens, un affleurement plus conséquent de la couche la plus ancienne (C4-6S) s'observe en tête de bassin (Figure 12) tandis que la présence de cette même couche géologique en aval du bassin est uniquement due à l'incision engendrée par les cours d'eau (Mardereau et Bourdin).

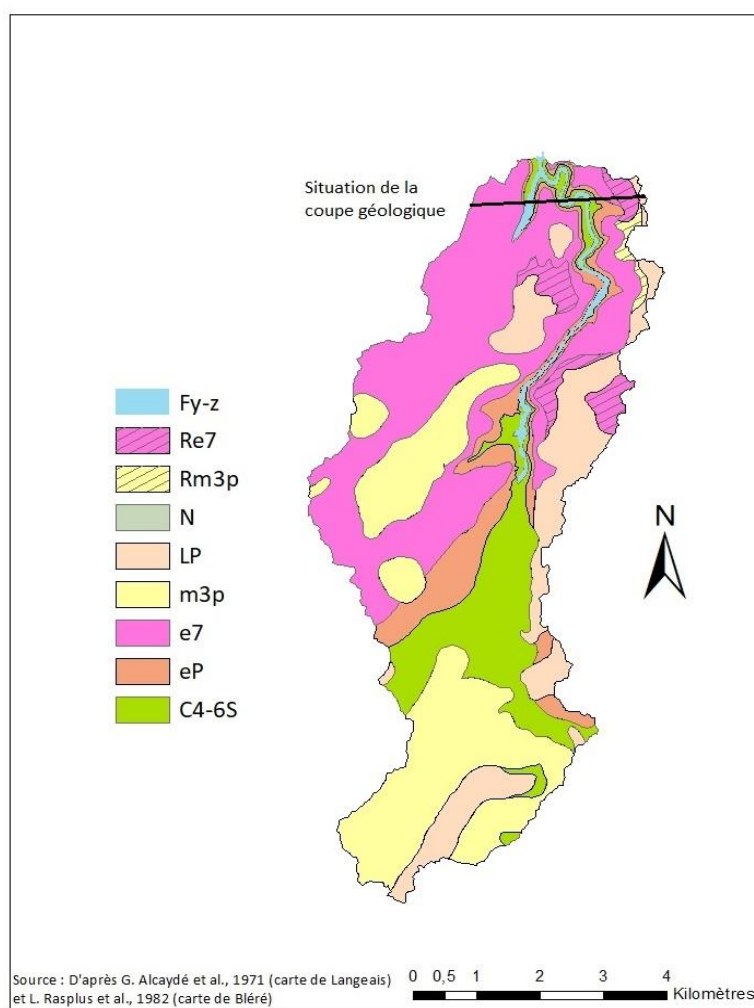


Figure 9 : Carte géologique du bassin versant du Bourdin

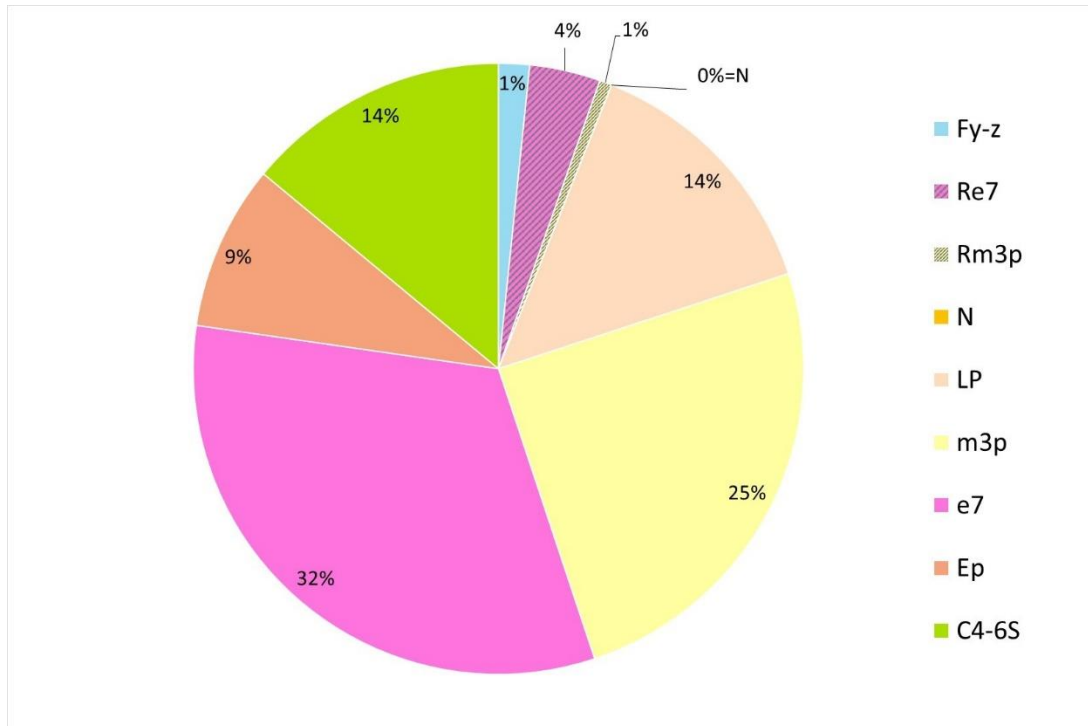


Figure 10 : Diagramme circulaire représentant les roches à l'affleurement dans le bassin versant du Bourdin

Tableau 1 : Roches à l'affleurement dans le bassin versant

Ere	Age de la couche	Identifiant	Type de roche
Quaternaire	Formation alluviale	Fy-z	Alluvions récentes et modernes : argiles, sables, graviers et galets
Quaternaire	Formation des plateaux	Re7	Complexe résiduel d'altération à argiles et meulières abondantes
Quaternaire	Formation des plateaux	Rm3p	Complexe résiduel à sables grossiers argileux et graviers dominants
Quaternaire	Formation des plateaux	N	Sables éoliens
Quaternaire	Formation des plateaux	LP	Limon des plateaux
Tertiaire	Post-helvétien	m3p	Sables et graviers continentaux
Tertiaire	Ludien	e7	Calcaire lacustre de Touraine
Tertiaire	Eocène détritique continental	eP	Argiles à conglomérats siliceux, dits "perrons"
Secondaire (Crétacé supérieur)	Sénonien	C4-6S	Formation argilo-siliceuse

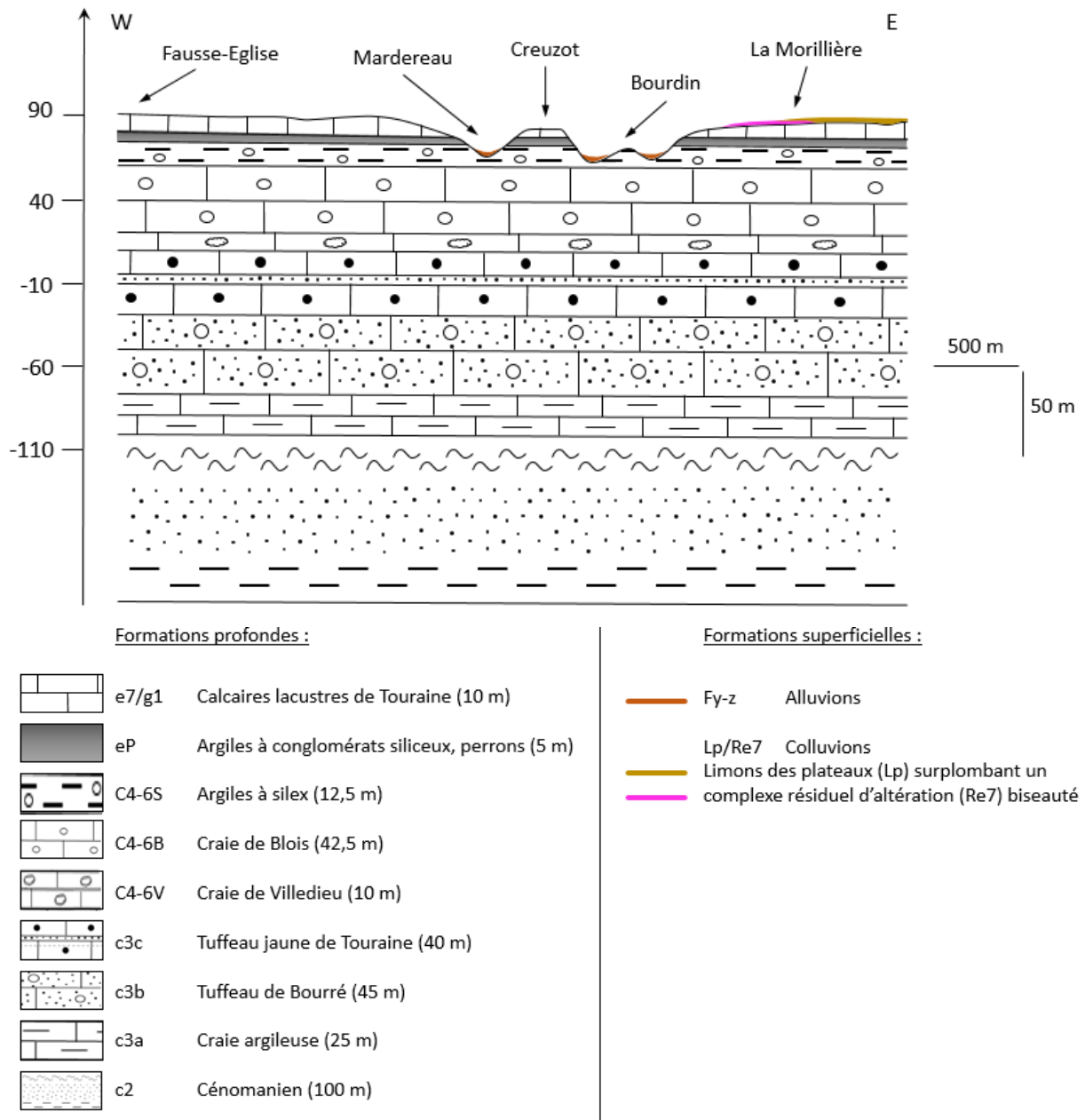


Figure 11 : Coupe géologique du bassin versant du Bourdin à l'échelle 1/50 000

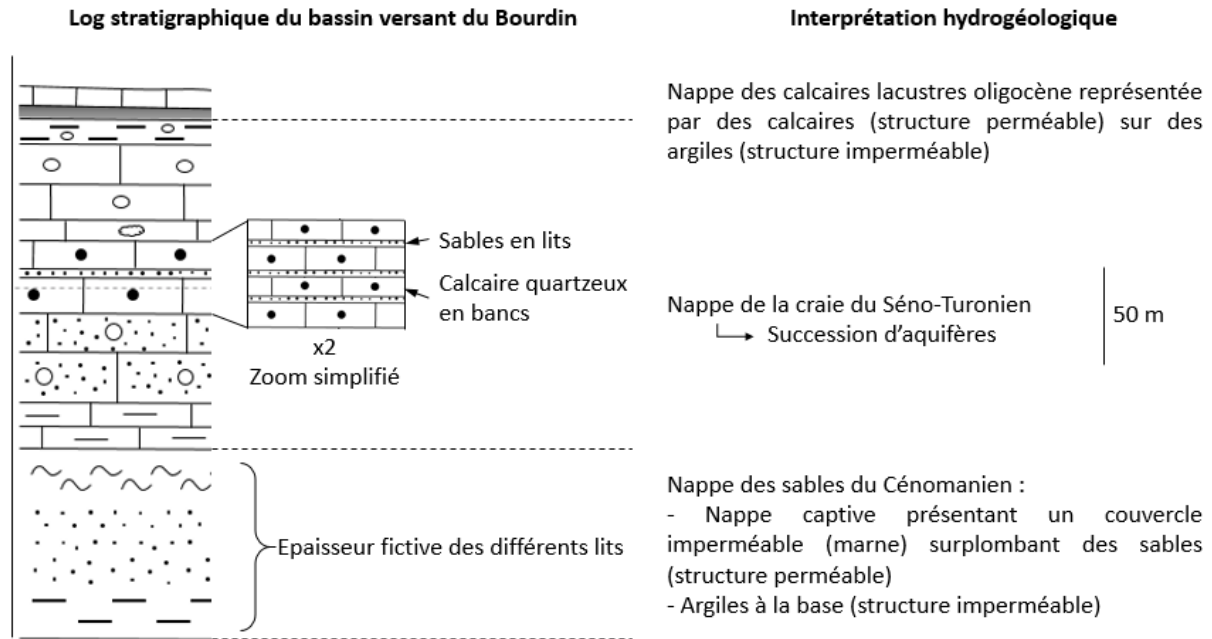


Figure 12 : Log stratigraphique du bassin versant du Bourdin et interprétation hydrogéologique

Le bassin versant du Bourdin présente une répartition des terrains Nord/Sud hétérogène. Au sud, on retrouve des formations plutôt argileuses, alors qu'au nord on retrouve des formations calcaires.

Ces formations géologiques vont avoir une influence sur la pédologie du bassin versant, et donc sur l'usage des sols. Cela va pouvoir se vérifier en étudiant la carte des sols du bassin versant.

A partir des propriétés des différentes couches géologiques identifiées sur le bassin versant, trois aquifères principaux ont été mis en évidence : la nappe oligocène des calcaires lacustres, la nappe de la craie du Séno-Turonien et une nappe profonde appelée la nappe de sables et grès du Cénomanien.

1.5 Pédologie

1.5.1 Carte pédologique

La pédologie est la science qui consiste à étudier la formation l'évolution des sols. L'objectif des cartes pédologiques est de pouvoir visualiser la répartition des sols sur un territoire et leurs propriétés afin de déterminer les potentialités agricoles et répondre à des problématiques environnementales. Les différents sols détiennent de nombreuses dénominations, le Référentiel Pédologique a pour but d'harmoniser ces différents noms (Tableau 2 et Référentiel pédologique, 2008). La carte permet de mettre en évidence la présence majoritaire de trois différents sols, regroupés en deux grands groupes

de sols : les sols bruns plus ou moins lessivés et les sols calcaires (Figure 13 et Figure). (Boudin et al., 2000)

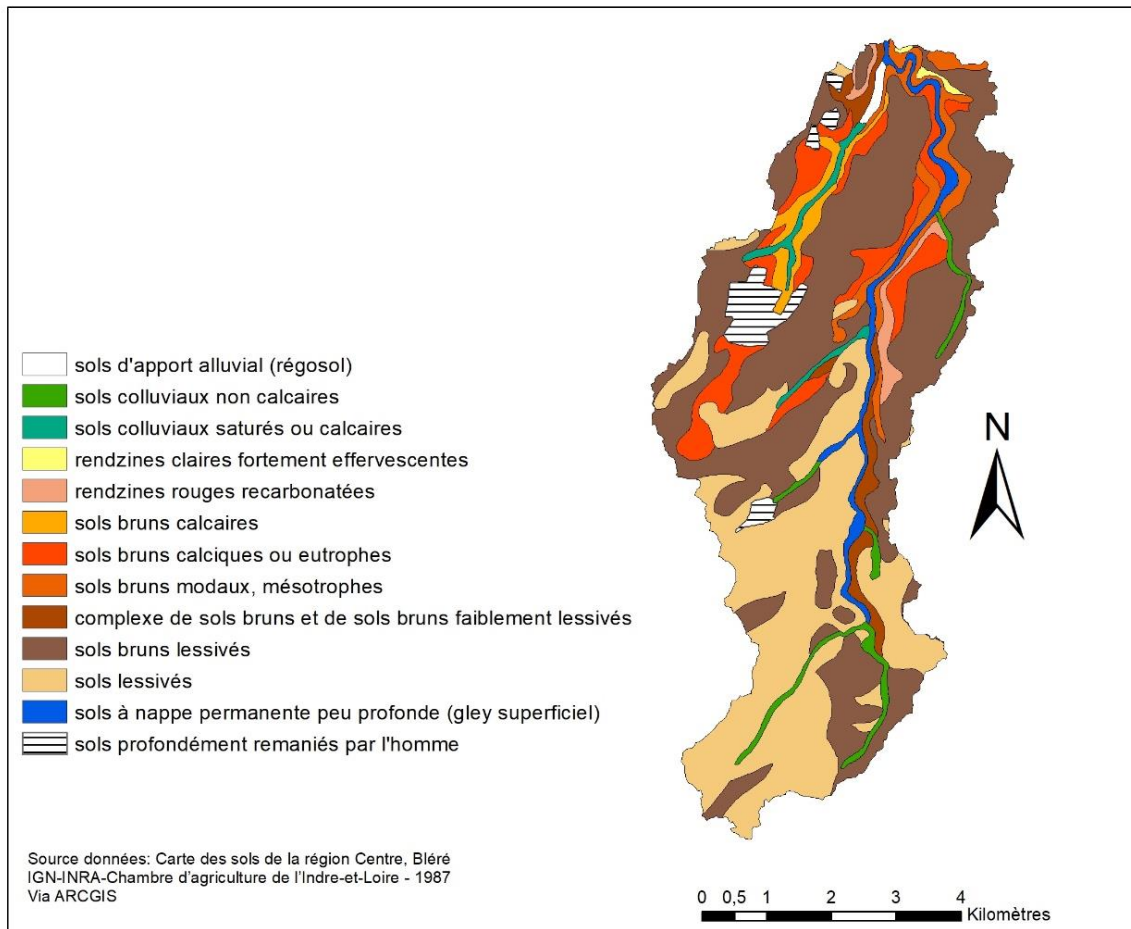


Figure 13 : Carte des sols du bassin versant du Bourdin

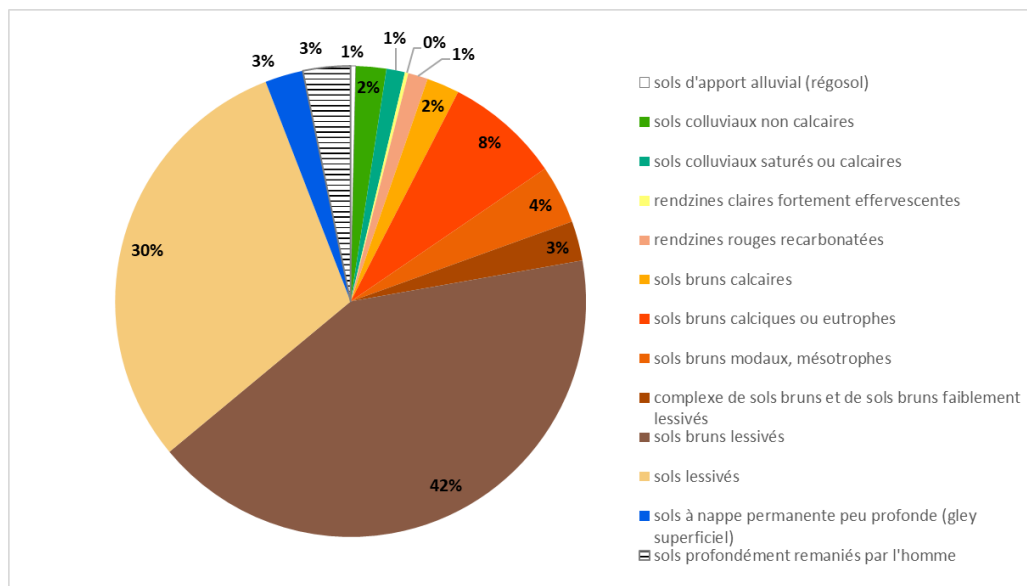


Figure 14: Répartition surfacique par type de sols sur le bassin versant du Bourdin
(Carte des sols de la région Centre)

Tableau 2 : Récapitulatif des sols présents sur le bassin versant du Bourdin

Nom carte pédologique	Nom vernaculaire	Nom référentiel pédologique
Sols d'apport alluvial (régosol)		Régosols
Sols colluviaux non calcaires		Colluviosols
Sols colluviaux saturés ou calcaires	Champeigne noire	Colluviosols
Rendzines claires fortement effervescentes	Tuf	Rendosols
Rendzines rouges recarbonatées	Champeigne	Rendosols
Sols bruns calcaires	Champeigne - Aubuis	Calcosols
Sols bruns calciques ou eutrophes		Calcisols
Sols bruns modaux, mésotrophes	Sables	Brunisols
Complexe de sols bruns et de sols bruns faiblement lessivés	Perruches	Brunisols luviques
Sols bruns lessivés	Bournais de Bléré	Néoluvisols
Sols lessivés	Bournais battants	Luvisols
Sols à nappe permanente peu profonde (gley superficiel)	Varennnes	Fluviosols
Sols profondément remaniés par l'homme		Anthroposols

Les sols bruns plus ou moins lessivés

Les sols brunifiés ou Brunisols occupent 79 % de la surface du bassin versant. Ces sols ont une couleur dominante brune due à une altération des minéraux primaires par une faible acidité et une mise en place d'un complexe argilo-humique avec une liaison Fe^{2+} . Les Brunisols intègrent les sols bruns et les sols lessivés qui intègrent eux-mêmes différents types de sols classés en sous-groupe selon la CPCS (Commission de Pédologie et de Cartographie des Sols). Parmi les sols bruns, on retrouve les sols bruns modaux, mésotrophes qui sont des sols légers et peu hydromorphes sur replat de terrasses et bas de pente de la Vallée de l'Indre. Ils représentent 4% de la surface étudiée et se localisent principalement en partie aval du bassin versant, le long du Bourdin. Il est également possible d'observer des complexes de sols bruns et de sols bruns faiblement lessivés qui occupent 3% du bassin versant. Ces sols sont principalement présents sur les pentes et versants de nombreux talwegs. Parmi les sols lessivés, il est possible de distinguer les sols bruns lessivés ou Néoluvisols qui occupent la plus grande surface du bassin versant avec 42%. Il s'agit de Bournais de Bléré qui sont des sols à texture limono-argileuse équilibrée, battants et sans cailloux, développés dans les limons des plateaux de Champeigne. Ils se retrouvent principalement sur la moitié nord du bassin versant du Bourdin. Ces sols sont affectés par des phénomènes de lessivage d'intensité moyenne qui sont présents sur des plateaux

et sur des pentes faibles. Ces sols conviennent parfaitement à la culture de céréales. On distingue également les sols lessivés ou Luvisols qui sont présents sur 30% du territoire. Il se retrouvent généralement sur une large partie de la couverture des plateaux. Les Luvisols sont issus des dépôts de limons éoliens (limons des plateaux sur la carte géologique) qui ont recouvert les formations tertiaires et ont subi un lessivage important des argiles. Cette migration des argiles vers le bas va imperméabiliser le sol et le rendre hydromorphe. Ces sols sont donc battants, hydromorphes et plus ou moins sableux. Ils nécessitent du drainage pour pouvoir être par la suite cultivés.

Les sols calcimagnésiques

Dans un second temps, nous pouvons observer la présence de sols calcimagnésiques sur le bassin versant à hauteur de 12%. Ces sols se développent sur les calcaires lacustres de Touraine lorsque cette couche géologique est présente à l'affleurement. Cependant les sols calcimagnésiques sont peu présents à l'affleurement sur la carte pédologique par rapport à la présence des calcaires lacustres sur la carte géologique. Des dépôts ont eu lieu sur ce calcaire lacustre et n'ont pas été représentés sur la carte géologique. Sur le bassin versant les sols calcimagnésiques sont présents sous la forme de sols carbonatés ou de sols saturés. Parmi les sols carbonatés, il est possible de distinguer les rendzines claires fortement effervescentes (Rendosols), les rendzines rouges recarbonatées (Rendosols) et les sols bruns calcaires (Calcosols). Les Rendosols (2 % du bassin versant) sont des sols superficiels, caillouteux, très calcaires, présents sur des pentes fortes. Les Calcosols occupent 2% du bassin versant et sont des sols limono-argileux et sans caillou.

Les sols bruns calciques ou Calcisols sont présent sur 8% du bassin versant. Leur complexe d'échange sont saturés en calcium. Les sols calcimagnésiques sont présents le long du cours d'eau sur la moitié aval du bassin versant étudié. Cela s'explique par une érosion plus importante sur ce secteur où les sols se sont développés sur des calcaires lacustres de Touraine.

Les sols d'apport colluvial

Pour finir, nous pouvons identifier des sols peu évolués et plus précisément des sols d'apport colluvial ou Colluviosols qui représentent 3% de la surface du bassin versant. Nous distinguons les sols colluviaux non calcaires et les sols colluviaux saturés ou calcaires. Ces sols héritent des colluvions leur nature minéralogique et granulométrique et sont donc indépendants du substrat géologique. Les matériaux sont arrachés après érosion des pentes de la vallée. Ces structures de sols sont présentes dans les lits des affluents du Bourdin lorsque la nappe est quasiment absente ou absente ce qui renforce l'accumulation de matériaux liée à l'érosion.

Autres sols présents

Le bassin versant présente également des sols à nappe permanente peu profonde faisant partie des sols hydromorphes. Ils se situent dans le lit du cours d'eau étudié, le Bourdin. Il s'agit de sols alluviaux à texture argileuse en permanence saturés en eau. Les sols d'apport alluvial ou Fluviosols (0,5% de la surface du bassin versant) sont présents sur l'affluent le Mardereau au niveau d'une retenue d'eau. Les sols profondément remaniés par l'homme ou Anthroposols sont également présents sur le bassin versant avec 3% de la surface occupée. La principale zone anthropisée correspond à la commune de Sorigny située à l'ouest du bassin versant.

Le bassin versant étudié se situe dans la région de la Fausse Champagne. La région de Champagne correspond normalement à une grande surface calcaire à paysage céréalier ouvert. Or, le territoire

étudié est un paysage morcelé et assez boisé avec des sols hydromorphes et acides. La carte géologique ne représente donc pas vraiment la réalité. Les calcaires lacustres de Touraine présents sur la carte géologique ont été recouverts de dépôt de l'ère Tertiaire sur une faible épaisseur ce qui change complètement les données pédologiques. Les formations détritiques continentales (m3p) et les limons des plateaux (LP) ont été mal cartographiés sur la carte géologique, ils sont en réalité beaucoup plus présents sur le territoire (Figure 9). Cependant, il est possible d'observer des sols calcaires à l'affleurement dans les vallées et les ruptures de pente.

L'analyse de la carte pédologique sur le bassin versant met en évidence la présence importante des sols lessivés et faiblement lessivés notamment dans la moitié amont du territoire étudié. Cela laisse supposer une problématique liée à des sols hydromorphes et donc la nécessité de drainer ces terrains dans le but de les cultiver. Afin de vérifier cette hypothèse et d'approfondir cette analyse il est indispensable d'étudier plusieurs paramètres tels que : les textures superficielles des sols, les contraintes liées à l'excès d'eau, les réserves utiles potentielles et les aptitudes agricoles des sols.

1.5.2 Textures superficielles

L'étude des textures superficielles permet de définir les propriétés des horizons et la surface des sols sur le territoire. Cela permet notamment d'évaluer les capacités d'infiltration ou de ruissellement des sols. La carte des textures superficielles du bassin versant du Bourdin permet donc de visualiser cette variation de texture (Figure 14 et Annexe 4a).

Le bassin versant du Bourdin présente des textures superficielles majoritairement limoneuses avec des tendances argileuses et sableuses, ces textures occupent 90% de la surface du bassin versant. En cas de sols nus et de précipitations, une croûte de battance va pouvoir se former notamment pour les limons légers et légers et sableux (Baize, 2000). Cela diminue l'infiltration, provoque une érosion plus importante et engendre des ruissellements plus importants. Les autres textures argileuses présentes sont des textures argileuses (Argile et Argile lourde). Les argiles lourdes sont présentes dans le lit du Bourdin. Ces textures argileuses engendrent normalement de très mauvaises capacités de drainage sauf si le sol est bien structuré.

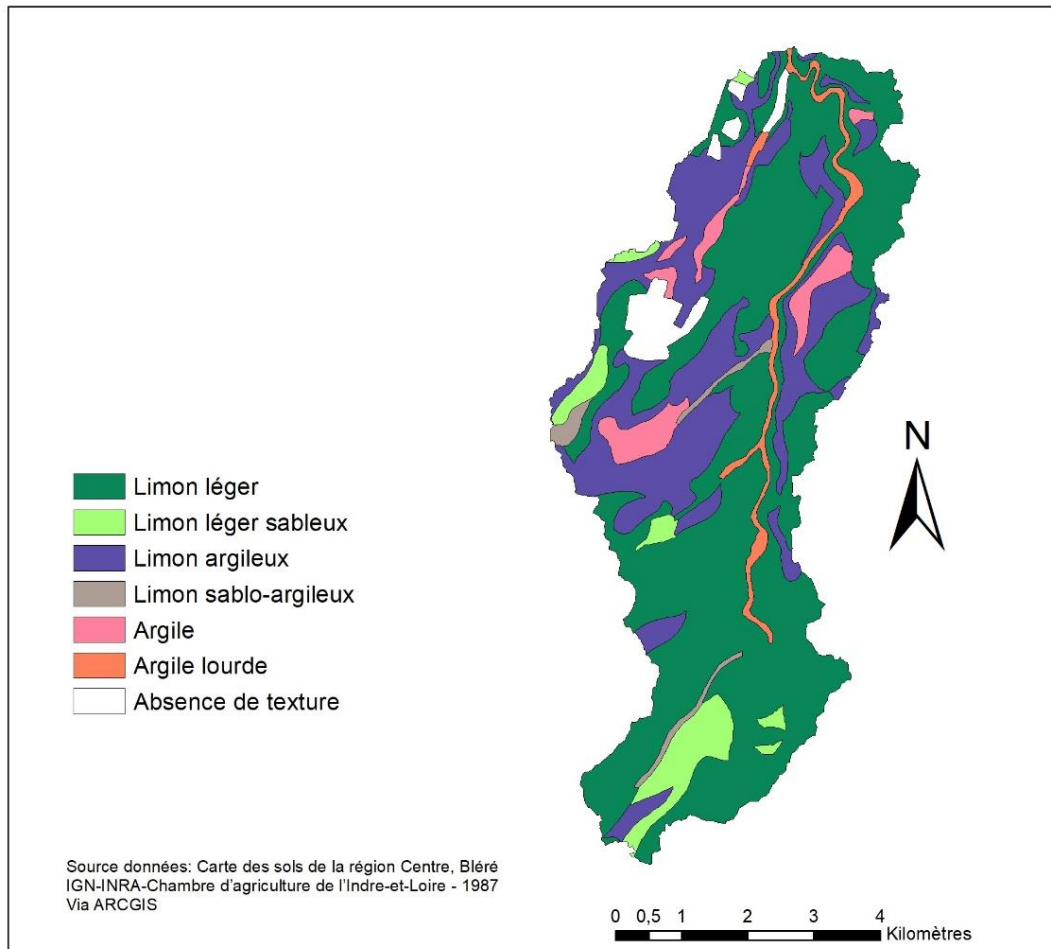


Figure 14 : Carte des textures superficielles du bassin versant du Bourdin

1.5.3 Contraintes liées à l'excès d'eau

Les excès d'eau sur un territoire ont de nombreuses conséquences agricoles néfastes. Un excès important en eau va provoquer une hydromorphie plus ou moins forte et va nécessiter la présence de drainage dans le but de cultiver ces sols. Sans la présence de ces drains les végétaux cultivés vont se développer dans un milieu anoxique et donc diminuer les rendements d'où la nécessité de drainer. La carte des excès d'eau sur le bassin versant du Bourdin permet donc de mettre en évidence les sols sains et les sols hydromorphes (Figure 15 et Annexe 4b).

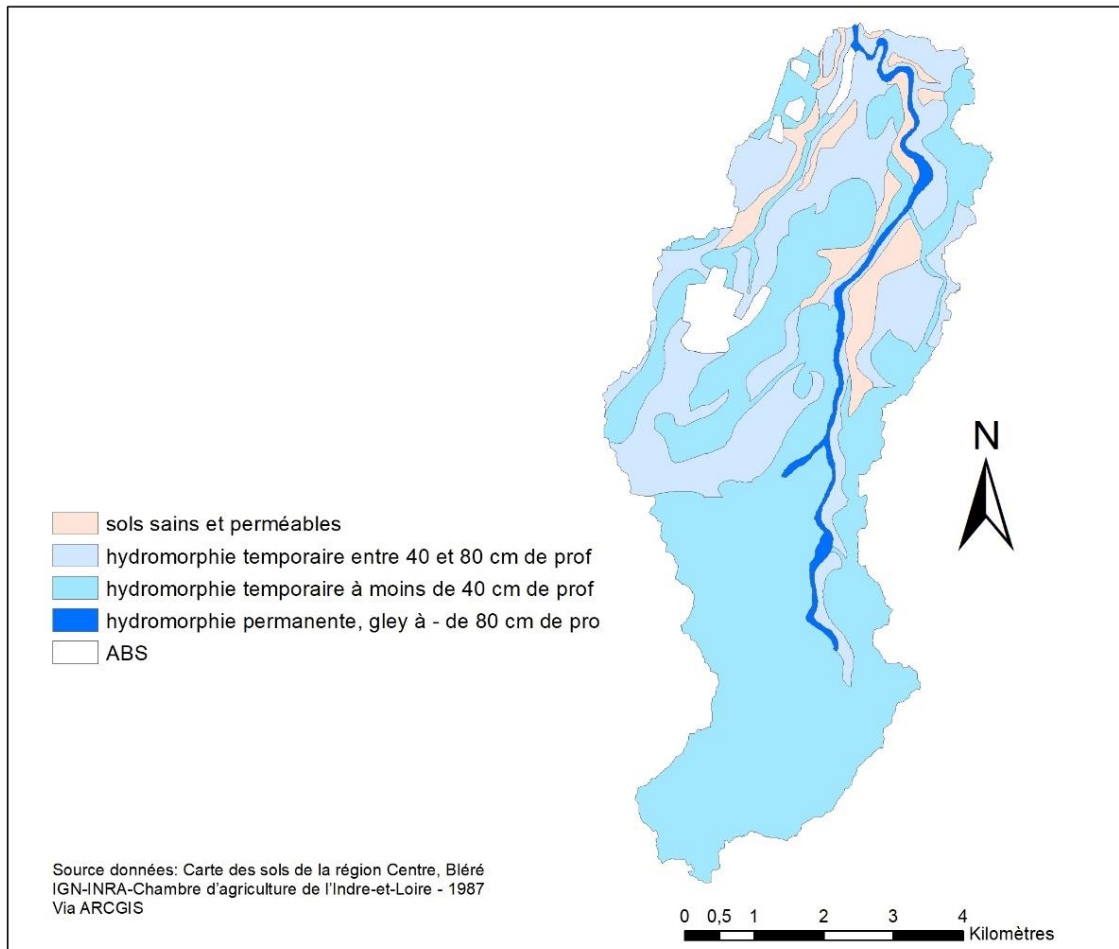


Figure 15 : Carte des contraintes liées à l'excès d'eau du bassin versant du Bourdin

Les contraintes liées à l'excès d'eau sont importantes sur le bassin versant du Bourdin. Le territoire est principalement occupé par des sols présentant une hydromorphie temporaire (entre 40-80cm ou à moins de 40cm), cela représente 87% de la surface du bassin versant. Les sols à hydromorphie temporaire entre 40 et 80 cm de profondeur, qui occupent 27% du territoire, sont des sols parfois humides qui peuvent nécessiter des aménagements ponctuels tel que le drainage. Ces sols se situent principalement au niveau des zones où se trouvent des sols bruns faiblement lessivés. Les sols à hydromorphie temporaire à moins de 40 cm de profondeur sont des sols très humides où le drainage est prioritaire. Ces sols occupent 60% de la surface du bassin versant ce qui laisse supposer une problématique liée au drainage important.

Seulement 6% du territoire étudié présente des sols sains et perméables, ils se situent dans la zone aval du bassin versant. Ces sols ne présentent aucune problématique de drainage et correspondent aux sols calcaires sur la carte pédologique présentée auparavant.

Pour finir, 3% de la superficie de bassin versant présente une hydromorphie permanente, il s'agit de sols à nappe peu profonde qui correspond au lit du Bourdin.

L'étude de cette carte des excès d'eau permet de mettre en évidence une problématique importante liée à une hydromorphie temporaire, principalement dans la zone amont du bassin versant. Cela va engendrer la présence de réseau de drainage pour cultiver ces sols et donc de nombreuses conséquences sur les transports hydro-sédimentaires et d'éventuels polluants.

1.5.4 Réserves utiles potentielles

La carte des réserves utiles potentielles du bassin versant présente le degré de résistance des sols à la sécheresse. Cette carte permet de mettre en évidence les zones les plus impactées en cas de stress hydrique et d'adapter le type de culture en fonction de cette réserve en eau. Elle met également en avant les zones qui vont nécessiter de l'irrigation pour pouvoir les cultiver (Figure 16 et Annexe 4c).

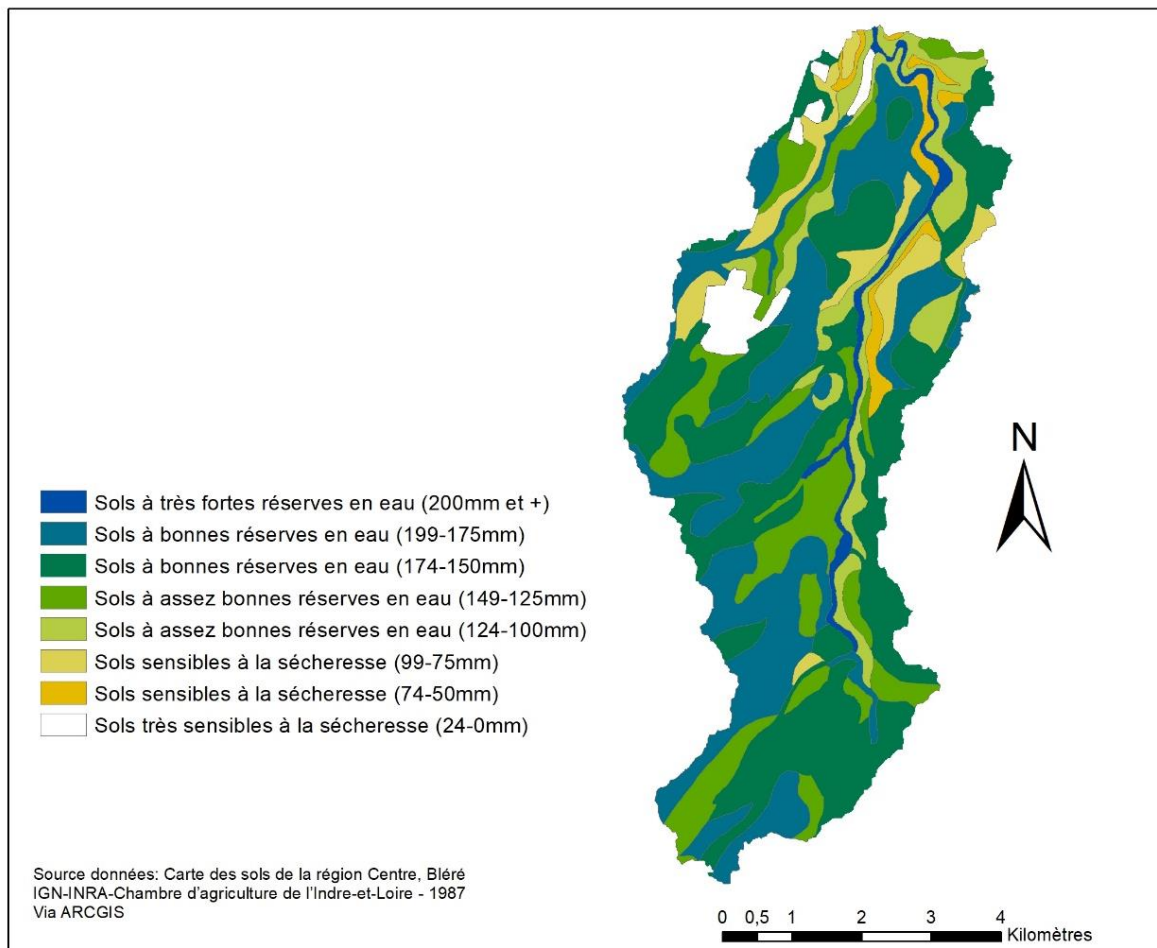


Figure 16 : Carte des réserves utiles potentielles du bassin versant du Bourdin

Seulement 8% du bassin versant est occupé par des sols sensibles à la sécheresse. Ces sols se trouvent dans la zone aval du bassin versant, là où se trouvent les sols perméables.

Les sols à assez bonnes réserves en eau représentent 24% du territoire étudié. Ces sols se prêtent bien à l'agriculture mais peuvent néanmoins nécessiter de l'irrigation l'été afin d'améliorer les rendements. Les sols à bonnes réserves en eau occupent la majorité du territoire avec 62% de la superficie du bassin versant. Ces sols sont adéquats pour tout type de culture. Pour finir, les sols à très fortes réserves en eau correspondent au linéaire du Bourdin et occupent 3% de la surface étudiée, l'alimentation en eau est assurée par la nappe.

De manière générale, le bassin versant du Bourdin ne présente pas de problématiques liées aux réserves utiles potentielles. Les réserves en eau permettent tout type de culture sur la majorité du territoire. Néanmoins, dans les zones les plus sensibles, notamment à l'aval, il sera nécessaire d'irriguer pour augmenter les rendements.

1.5.5 Aptitudes agricoles

La carte des aptitudes agricoles du bassin versant permet de représenter spatialement la qualité des terres. Afin d'obtenir cette carte, les auteurs de la carte ont pris en compte plusieurs facteurs : texture du profil, teneur en carbonates, profondeur exploitable par les racines, réserve utile en eau, pierrosité, hydromorphie, état calcique et organique de la surface. La pente n'est pas prise en compte dans ce travail ce qui représente une limite. L'analyse de ces six facteurs permet d'obtenir une note entre 0 et 100, avec 0 qui représente les sols à très faibles potentiels et 100 les sols à très hautes potentialités agricoles (Figure 17 et Annexe 4d).

Les sols à potentiels limités sont les sols ayant une note entre 40 et 59 points, ils occupent 44% du territoire. Ces sols se situent majoritairement dans la moitié amont du bassin versant et le paramètre influençant cette note est l'hydromorphie temporaire des sols due à des horizons profonds. Ces sols nécessitent d'être drainés afin de pouvoir être cultivés.

Les sols à bonnes potentialités et à hautes potentialités (60 à 100 points) occupent 53% de la superficie du territoire étudié et se localisent principalement dans la moitié aval du bassin versant. Cependant lorsqu'on étudie la carte d'occupation des sols, cette différence amont/aval est difficilement perceptible. Effectivement les grandes cultures occupent une grande partie du territoire. De plus la principale contrainte est liée à l'hydromorphie des sols et la mise en place de réseaux de drainages permet de réduire cette contrainte et les sols deviennent donc des sols à bon potentiel agricole.

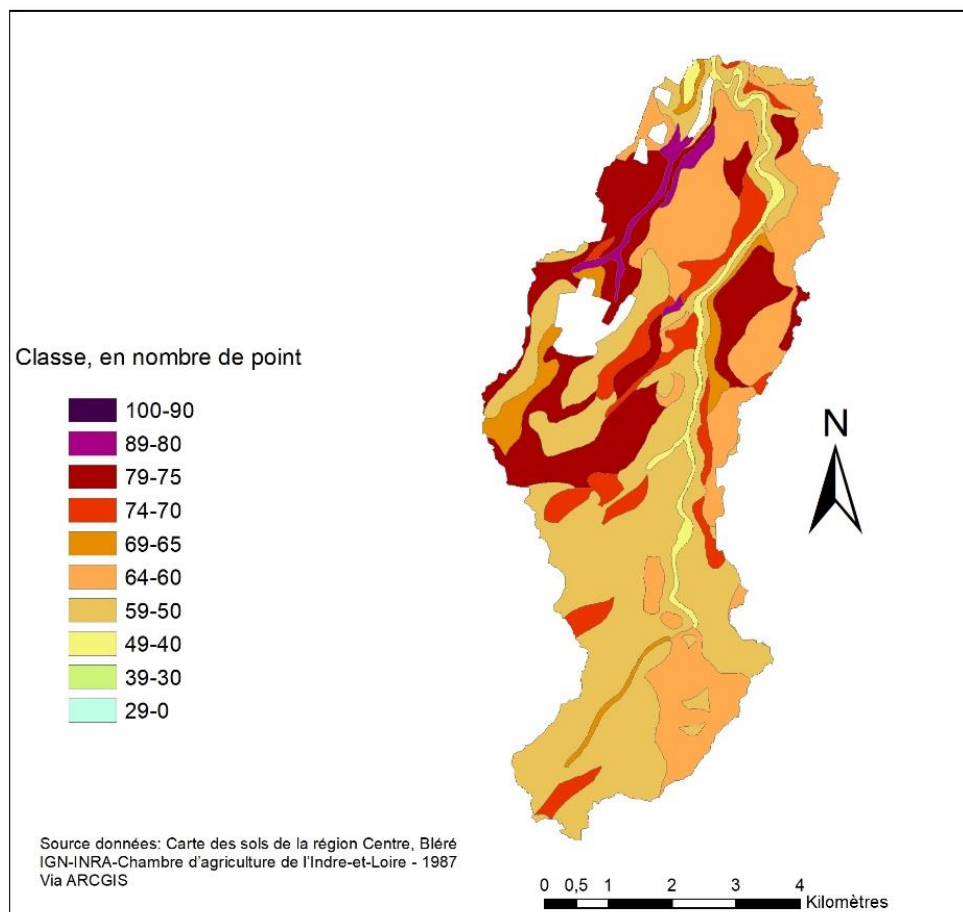


Figure 17 : Carte des aptitudes agricoles du bassin versant du Bourdin

1.6 Hydrogéochimie

L'hydrogéochimie permet d'appréhender l'altération de la qualité chimique des eaux souterraines et de surface liée à différents impacts et pressions. La qualité des eaux est influencée par la géologie, la pédologie, les usages des sols ainsi que les activités humaines présentes sur le bassin versant.

1.6.1 Points de prélèvement

Une analyse des eaux superficielles a été réalisée sur le Mardereau et le Bourdin. Les prélèvements ont été réalisés après les premières pluies de novembre pour que le Bourdin soit en eau. Les points de prélèvements sont situés dans des zones stratégiques et suffisamment inondées (Figure 18). Les trois premiers prélèvements ont été effectués à l'aval du cours d'eau où la hauteur en eau du Bourdin était la plus importante. Le prélèvement B3 est quant à lui situé à l'amont de la confluence Mardereau-Bourdin afin d'évaluer la différence de qualité chimique entre les deux cours d'eau. Dans le secteur du point B4, la dynamique hydrologique du Bourdin était importante avec de légers méandres et une alternance de seuils et de mouilles. Le point de prélèvement B5, situé sur le Mardereau, a été choisi selon des observations de terrain. En effet, à cet endroit des rejets de fosses septiques, de la mousse et d'autres substances ont été notés, le point semblait donc intéressant. Enfin, le point B6 est situé en tête de bassin versant dans une zone agricole importante qui caractérise l'amont du Bourdin.

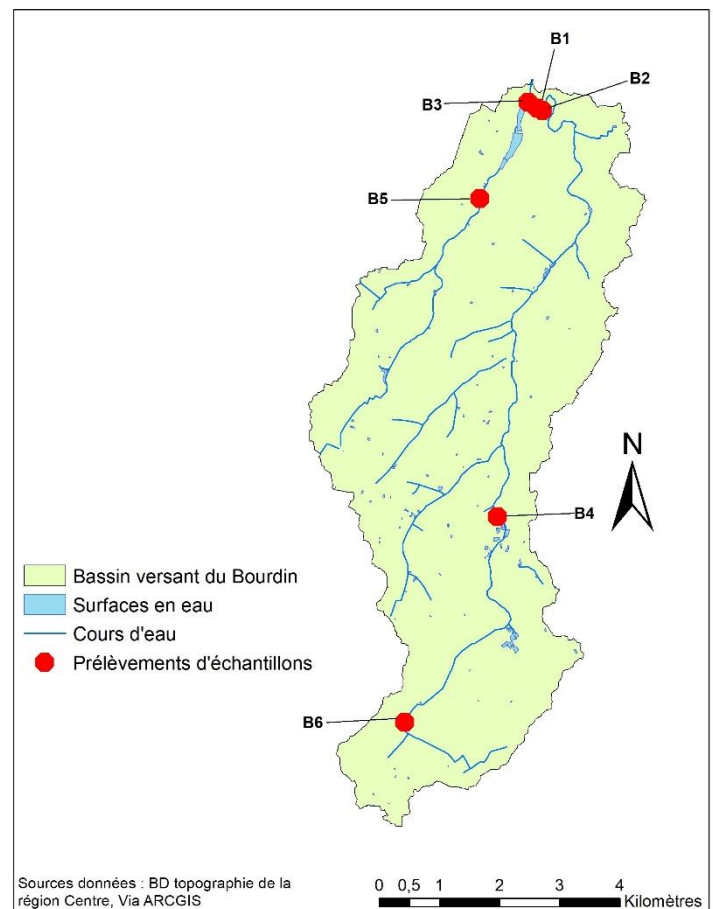


Figure 18 : Carte des prélèvements d'échantillons sur le bassin versant du Bourdin

L'étude de la carte pédologique du bassin versant du Bourdin permet de mettre en évidence une séparation entre la zone amont et la zone aval du territoire. La zone amont est principalement composée de sols lessivés ce qui engendre des problématiques d'hydromorphie temporaire. La solution pour y remédier a été la mise en place de réseaux de drainage afin de faciliter la culture de ces sols. La zone aval se compose majoritairement de sols bruns lessivés et de sols calcimagnésiques qui n'entraînent pas de problèmes importants. De manière générale, une fois la problématique liée au drainage résolue, la pédologie met en évidence le potentiel agricole correct du bassin versant du Bourdin notamment pour la céréaliculture. L'étude de l'occupation des sols permet d'approfondir les idées développées ci-dessus.

1.6.2 Les résultats des analyses et évaluation de la qualité

Les résultats, après analyses en laboratoire de l'alcalinité, de la présence d'orthophosphates, d'azote, de fer, de calcium et de magnésium; sont présentés dans la table ci-dessous (Tableau 3).

Tableau 3 : Résultats bruts des analyses et mesures

Points de prélèvements	B1	B2	B3	B4	B5	B6
Concentration HCO_3^- (mmol/L)	-	3,27	3,45	2,53	2,06	3,28
Dureté de l'eau (HCO_3^-) (d°F)	-	16,35	17,23	12,65	10,3	16,4
Concentration Fer Total (mg/L)	0,113	0,146	0,492	0,378	0,189	0,422
Concentration Fer II (mg/L)	0,03	0,016	0,352	0,093	0,157	0,157
Concentration Fer III (mg/L)	0,083	0,13	0,14	0,285	0,032	0,265
Concentration Orthophosphates (mg/L)	0	0,037	0,023	0,221	0,147	2,768
Concentration Nitrates (mg/L)	8,8	8,8	0	2,2	2,2	2,2
Concentration Ca^{2+} (mg/L)	90	136	54,7	5,2	8	41
Alcalinité (d°F)	22	34	14	1	2	10
Concentration Mg^{2+} (mg/L)	18,2	3,6	5,96	4,9	17	3,9
pH	7,6	-	7,7	7,7	7,3	7,1
Température	11,9	-	11,1	12	11,5	11,7
Conductivité (S/cm)	0,5	-	0,31	0,23	0,27	0,29

Le Système d'Évaluation de la Qualité de l'Eau des cours d'eau, SEQ-eau (MEDD et Agence de l'eau) est employé par les agences de l'eau pour classer les cours d'eau en termes de qualité chimique. Les cours d'eau peuvent être classés selon les catégories suivantes : **très bon** - **bon** - **moyen** - **médiocre** et **mauvais**. Pour cela, les concentrations ou la dureté de certains éléments sont comparées aux valeurs des classes pour différents usages de l'eau. La qualité de l'eau pour son aptitude à la biologie est notamment évaluée ainsi que la production d'eau potable par exemple. Une dernière partie évalue les altérations potentielles globales pour tous les usages toujours selon les cinq catégories de qualité.

Ainsi la dureté par rapport à HCO_3^- , la concentration en orthophosphate (PO_4^{3-}), la concentration en nitrate, la concentration en ion calcium (Ca^{2+}) et la concentration en ion magnésium (Mg^{2+}) sont quelques indicateurs de classement de la qualité des eaux selon les usages. Les mesures de pH, de température et de conductivité effectuées lors des prélèvements sont quant à elles uniquement comparées dans l'évaluation des altérations globales sur le cours d'eau.

D'après ce système d'évaluation, la qualité chimique de l'eau pour la biologie est évaluée à partir notamment des teneurs en orthophosphates, en nitrates et des valeurs de pH. Dans le cas du bassin versant du Bourdin, la qualité des eaux des points B1 et B2 situés à l'aval du bassin sont classés en mauvaise qualité à cause de la teneur en nitrates (Tableau 4). La quantité mesurée est de 8,8 mg/L contre 2 mg/L pour pouvoir être classé en très bonne qualité à la biologie. Les points de prélèvements B3 à B6 révèlent une bonne qualité des eaux qui permettent de fournir des conditions favorables à la biologie dans les cours d'eau. Ces points sont cependant toujours légèrement déclassés à cause de la concentration en nitrates qui est supérieure à 2 mg/L. Toutefois, d'autres éléments doivent normalement être analysés pour conclure sur la qualité chimique de l'eau comme les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) présents sur les sédiments ou encore les pesticides présents dans l'eau brute. Les taux en fer total de tous les prélèvements ne doivent pas dépasser 50 mg/L (Lenntech), la qualité des eaux selon ce paramètre est ainsi de très bonne qualité.

Tableau 4 : Classement des points de prélèvements pour leur aptitude à la biologie

Points de prélèvements	B1	B2	B3	B4	B5	B6
Concentration orthophosphates (mg/L)	0	0,037	0,023	0,221	0,147	2,768
Concentration Nitrates (mg/L)	8,8	8,8	0	2,2	2,2	22
pH	7,6	-	7,7	7,7	7,3	7,1

Très bonne – Bonne – Moyenne – Médiocre – Mauvaise

La qualité des eaux des points de prélèvements peut également être appréciée selon les altérations globales engendrées par plusieurs usages comme les loisirs, l'aquaculture, l'irrigation etc. L'évaluation a été effectuée à partir de la dureté de l'eau, des concentrations en orthophosphates et en nitrates mais également à partir des concentrations en ion calcium et en ion magnésium. Les valeurs mesurées de conductivité, de pH ainsi que de température sont elles aussi évaluées. D'après les résultats, (Tableau 5) le point B3 peut être classé en très bonne qualité, les points B1, B2, B4 et B5 en bonne qualité. Ces derniers points sont toujours déclassés à cause d'une concentration en nitrates supérieure à 2 mg/L. En revanche, le point B6 est classé en mauvaise qualité à cause d'une concentration en orthophosphates supérieure à 2 mg/L. Ce point situé à l'amont du bassin versant est entourés de terres agricoles. Les prélèvements ont été réalisés après les premiers événements pluvieux de la saison, alors les éléments concentrés dans les eaux peuvent provenir du premier ressuyage important des terres à proximité. De plus, les pluies ayant été rares durant l'été et l'automne 2018, il est possible que les eaux qui s'infiltrent habituellement dans la nappe supérieure aient ruisselé au lieu de s'infiltrer à cause du sol sec. Cependant, ce point de prélèvement est éloigné du point B4 et les analyses associées à ce dernier ne confirment pas la concentration importante en orthophosphates. Ainsi, la pollution en orthophosphates du point B6 a pu être diluée jusqu'au point B4 par les écoulements dans le lit du Bourdin mais également par les apports annexes le long du cours d'eau.

Tableau 5 : Classement des points de prélèvements pour les altérations globales

Points de prélèvements	B1	B2	B3	B4	B5	B6
Dureté de l'eau (HCO_3^-) (d°F)	-	16,35	17,23	12,65	10,3	16,4
Concentration Orthophosphate (mg/L)	0	0,037	0,023	0,221	0,147	2,768
Concentration Nitrates (mg/L)	8,8	8,8	0	2,2	2,2	2,2
Concentration Ca^{2+} (mg/L)	90	136	54,7	5,2	8	41
Concentration Mg^{2+} (mg/L)	18,2	3,6	5,96	4,9	17	3,9
pH	7,6	-	7,7	7,7	7,3	7,1
Température	11,9	-	11,1	12	11,5	11,7
Conductivité (S/cm)	0,5	-	0,31	0,23	0,27	0,29

1.6.3 Bilan des résultats et pressions

En considérant les deux aspects de l'évaluation de la qualité chimique des cours d'eau, les points B1, B2 et B6 sont classés en mauvaises qualité à cause des polluants nitrates et orthophosphates. Le point B3 est classé en très bonne qualité chimique et les points B4 et B5 sont classés en bonne qualité pour leur concentration en nitrates (Tableau 6).

Tableau 6 : Qualification générale des points de prélèvements pour la qualité chimique

Points de prélèvements	B1	B2	B3	B4	B5	B6
Classement pour aptitude à la biologie						
Classement pour les altérations globales						
Qualité chimique de l'eau						

Très bonne – Bonne – Moyenne – Médiocre - Mauvaise

Sur l'ensemble du bassin versant, la qualité globale du Bourdin et ses affluents serait ainsi qualifiée de mauvaise en tenant compte des résultats déclassant. Toutefois, les points de prélèvements effectués sur le Mardereau, affluent principal du Bourdin, mettent en évidence une bonne qualité chimique du cours d'eau.

Les altérations de la qualité chimique seraient donc plutôt localisées sur le Bourdin et davantage en aval vis-à-vis de la biologie et en amont pour les pollutions en orthophosphates. Ces pollutions provenant des terres à proximité permettent d'identifier une pression agricole potentielle qui pourrait être plus importante quant à la qualité chimique des eaux de la nappe supérieure des calcaires lacustres.

Les classements sont ainsi cohérents avec des classements évalués par l'Agence de l'Eau Loire Bretagne, AELB, pour la masse d'eau "Le Bourdin et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec l'Indre" (FRGR2158) qui indique que le cours d'eau est en mauvais état chimique (AELB et Annexe 4). L'AELB précise également que l'état chimique de l'eau souterraine sur le bassin versant est classé médiocre à cause des nitrates et des pesticides (AELB et Annexe 5).

1.6.4 Limites de l'évaluation de la qualité des eaux de bassin versant

L'évaluation de la qualité chimique des eaux des cours d'eau Bourdin et Mardereau n'est réalisée qu'à partir d'une seule campagne de prélèvements. Ceux-ci ont été effectués juste après la première réponse du bassin versant aux premières pluies tombées depuis une longue période sans précipitation. D'après les recherches sur la nature des sols du bassin, leurs propriétés et les données d'hydrogéologie, les eaux précipitées s'infiltrent majoritairement dans le sol et atteignent la nappe supérieure des calcaires lacustres. Des analyses de l'eau de cette nappe seraient pertinentes pour identifier d'autres pollutions et leurs pressions associées. Toutefois, d'autres analyses à des intervalles de temps réguliers n'ont pas pu être réalisées par manque de temps mais auraient permis une qualification chimique plus précise et plus approfondie des cours d'eau du bassin versant. De plus, des points de prélèvements supplémentaires et situés à des endroits pertinents en termes de topographie, de géologie etc. seraient nécessaires pour évaluer plus précisément et plus globalement la qualité chimique des eaux du bassin versant du Bourdin.

Les analyses chimiques effectuées pour évaluer la qualité des eaux du bassin versant du Bourdin mettent en évidence que celle-ci est mauvaise. La qualité de l'eau n'est donc pas favorable à la biologie notamment et elle est influencée par des concentrations en nitrates et en orthophosphates supérieures aux normes de très bonne qualité. Ces altérations proviennent essentiellement de l'amont du bassin versant où l'activité agricole est la plus importante sur le bassin versant du Bourdin.

2. Occupation du sol et paysage

2.1 Occupation du sol

La carte d'occupation des sols (Figure 19 et Tableau 7) montre que le bassin versant du Bourdin présente une forte activité agricole. Les activités agricoles diffèrent au nord et au sud du bassin versant. La culture de maïs se retrouve plus au sud, alors qu'au nord le blé est la culture majoritaire. La présence de deux zones urbaines, au nord Veigné / Montbazou et au centre de la carte Sorigny, peut aussi être constatée.

Les surfaces boisées suivent le tracé du cours d'eau, sauf le premier tiers amont du Bourdin. Sur le terrain, cette partie correspond au profil du cours d'eau qui ressemble le plus à un fossé agricole.

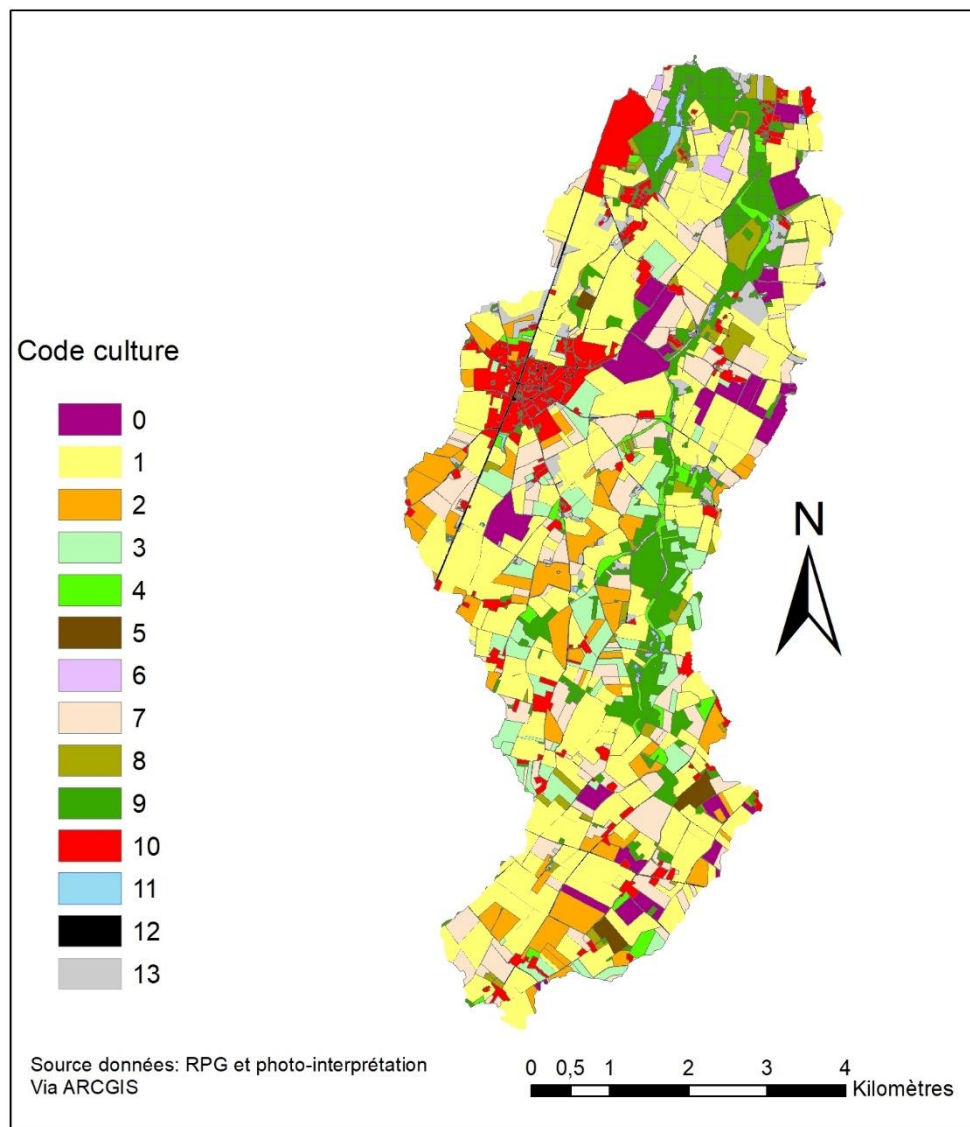


Figure 19 : Carte d'occupation du sol du bassin versant du Bourdin

Tableau 7 : Types d'occupation du sol des classes présentes sur le bassin versant du Bourdin

Classes	Numéro de classe	Types d'occupation du sol dans cette classe
Colza	0	colza d'hiver (CZH)
Céréales d'hiver	1	triticale d'hiver (TTH), orge d'hiver (ORH), blé tendre d'hiver (BTH), blé dur d'hiver (BDH), avoine d'hiver (AVH),
Maïs	2	maïs d'ensilage (MIE), maïs (MIS)
Prairie temporaire	3	fétuque de 5 ans ou moins (FET), mélange de légumineuses prépondérantes au semis de graminées fourragères de 5 ans ou moins (MLG), autre prairies temporaires de 5 ans ou moins (PTR), ray-grass de 5 ans ou moins (RGA)
Prairie permanente	4	prairie en rotation longue (6 ans ou plus) (PRL), prairie permanente-herbe prédominante (ressources fourragères ligneuses absentes ou peu présentes) (PPH)
Protéagineuses	5	féverole semée avant le 31/05 (FVL), mélange de légumineuses déshydratées (entre elles) (MLD), mélange de protéagineuses (pois ou lupin ou féverole) prépondérants semés avant le 31/05 et de céréales (MPC), pois de printemps semés avant le 31/05 (PPR)
Vergers	6	vergers (VRG)
Autres cultures	7	Autres cultures
Jachères	8	Jachères de moins de 5 ans (J5M), jachères de 6 ans ou plus (déclaré comme SIE (J6S))
Forêts	9	Surfaces boisées (BD Forêts_IGN)
Zones urbaines	10	Zones urbanisées (BD Bâti_IGN)
Eau	11	Surfaces en eau (BD IGN) et cours d'eau (BD Carthage)
Routes	12	Voies de communication (BD IGN)
Autres	13	indéfini

Les plateaux agricoles du centre Touraine (unité paysagère) occupent la majeure partie du bassin versant. Ils sont constitués de bois et de forêts qui sont dispersés. La différence nord-sud d'occupation des sols peut être expliquée par la répartition des différents types de sols. Au nord, des sols bruns lessivés sont retrouvés, alors qu'au sud, il s'agit essentiellement de sols lessivés (Figure 13). Les sols bruns sont de très bons sols agricoles, souvent occupés par les grandes cultures, comme le blé.

La moitié sud du bassin versant possède des sols lessivés (qui sont des sols pour lesquels un drainage est obligatoire afin de pouvoir cultiver). En effet, l'eau va stagner au niveau de ces sols, puis s'infiltrer. Des nappes perchées vont alors se former à de faibles profondeurs. Ces fortes quantités d'eau vont noyer les racines des plantations, ce qui va les faire pourrir. Les drains qui vont être mis en place vont avoir un fort impact sur le cours d'eau.

Les particules arrivant à la surface du sol dans les champs vont s'infiltrer, et arriver dans les tuyaux de drainage. Ces tuyaux vont se rejeter dans les points bas, c'est-à-dire dans le Bourdin. Ainsi, si l'on épand des pesticides ou autre traitement sur une culture, toutes les particules chimiques vont être rejetées dans le cours d'eau, ce qui va produire une pollution non négligeable, et donc une diminution de la qualité de l'eau.

La présence des drains se jetant dans le Bourdin est visible directement sur le terrain.

La deuxième pression liée aux cultures au sud du bassin versant correspond à la culture du maïs. En effet, le maïs est une des cultures les plus gourmandes en eau, notamment lors de sa période de croissance. Ce besoin en eau va diminuer la quantité d'eau arrivant dans le Bourdin.

2.2 Unités paysagères

Le bassin versant du Bourdin est concerné par deux unités paysagères (Figure 20) :

- la vallée de l'Indre au niveau des communes de Veigné et Montbazou
- les plateaux agricoles du centre Touraine au niveau des communes de Saint Branches, Louans et Sorigny.

L'unité correspondant à la vallée de l'Indre est caractérisée par un passé économique lié à l'eau, avec des moulins par exemple. Au niveau de l'exutoire du Bourdin, l'Indre a un tracé sinueux, et forme de grands méandres avec de nombreux bras. L'habitat est généralement regroupé au sein des bourgs, comme à Veigné. L'urbanisation est assez importante, avec des moulins, des châteaux et des bourgs. Le paysage est relativement fermé et verdoyant à cause de la présence des peupleraies le long de l'Indre. Au nord de la carte d'occupation des sols, la présence de forêts souligne ce paysage naturel. (Annexe 7a)

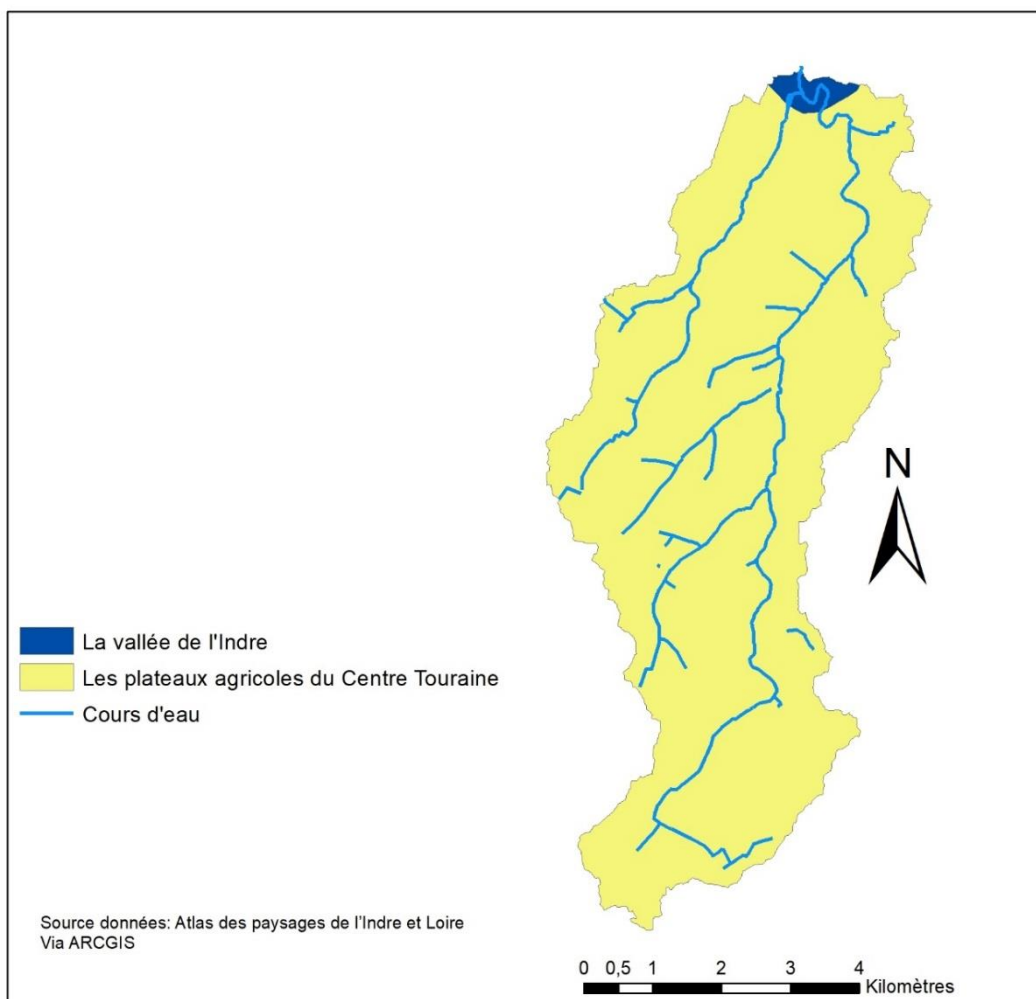


Figure 20 : Les unités paysagères du bassin versant du Bourdin

Au sud du bassin versant, les plateaux sont les témoins de la forte densité forestière qui existait autrefois et qui a été supprimée par l'homme afin d'augmenter les surfaces de culture. Les grandes étendues agricoles sont relativement planes. L'habitat est principalement rural et dispersé. Les maisons sont simples, des hameaux de 3 ou 4 maisons autour d'anciennes fermes sont observés. Le paysage est donc plus ouvert que l'unité paysagère présentée précédemment, les relais visuels correspondent aux clochers des églises ou aux infrastructures agricoles (comme les silos) qui rappellent le paysage cultivé dans lequel se trouve le bassin versant (Annexe 7b).

2.3 Historique du cours d'eau et du bassin versant

Afin de pouvoir expliquer la morphologie du bassin versant, et de pouvoir discuter des pressions qui s'exercent sur celui-ci, il a semblé judicieux de réaliser un historique du cours d'eau.

Nous avons donc analysé les photographies satellites que nous avons à disposition sur le site Géoportail. Nous avons ainsi pu approximer la date de création du bassin se situant à l'aval du Mardereau. En effet, la photographie de 1956 ne montre pas la présence d'un bassin, alors que sur celle de 1966 nous l'observons. La création du premier bassin a été donc réalisée dans ce laps de temps. De la même façon, nous pouvons dire que le bassin collé à l'aval de ce dernier a été réalisé entre 1972 et 1979. Ces ouvrages vont avoir un impact très important sur le cours d'eau, puisqu'ils vont retenir l'écoulement, et donc empêcher la continuité écologique du Mardereau.

Les dates de créations des différentes retenues se situant dans le domaine du château de la Guéritaulde, à Veigné ont aussi été déterminées (Figure 21). Ces seuils ont été identifiés comme étant des obstacles majeurs sur le cours d'eau, et ils se situent en série sur le cours d'eau.

La retenue se situant juste en face du château a été créée avant 1950 d'après les photographies aériennes.

Les trois étangs à l'amont de ce bassin ont été construits après. En effet, d'après l'analyse des photographies aériennes, l'un d'entre eux a été construit entre 1972 et 1977, les deux autres ont été construits entre 1981 et 1986.

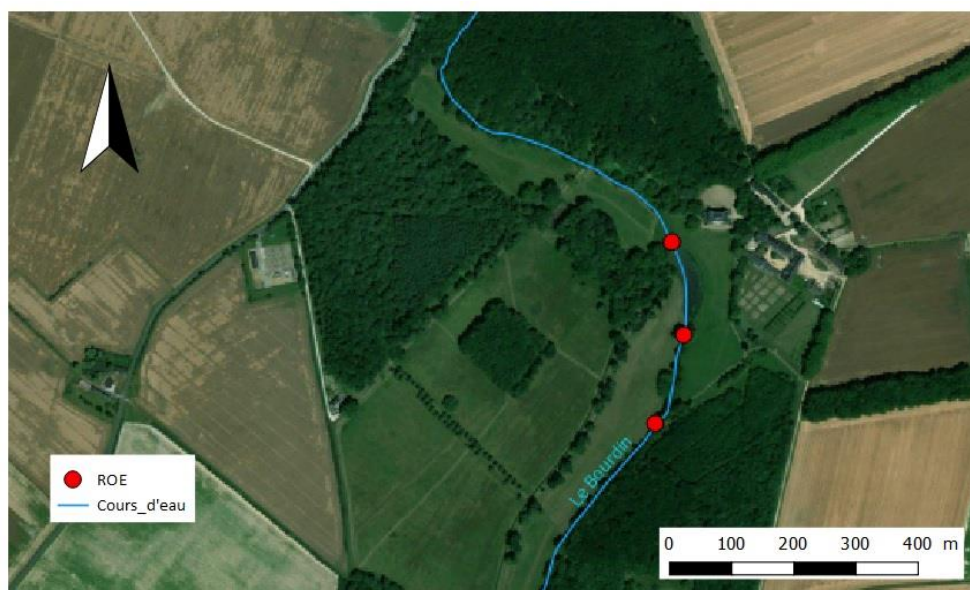


Figure 21 : Localisation des seuils et barrages situés au Château de la Guéritaulde

Nous avons également tenté de suivre l'évolution du tracé des cours d'eau de 1950 à aujourd'hui, mais nous n'avons pas réussi à déterminer visuellement sur les photographies aériennes de réels changements. Nous supposons, malgré tout, que les cours d'eau ont été modifiés par l'homme, car ils présentent à certains endroits une incision.

3. Patrimoine culturel et naturel

3.1 Patrimoine naturel

Le patrimoine naturel est recensé dans cette étude à partir de données d'inventaires faune-flore ainsi que par des observations de cartes de zonages réglementaires.

3.1.1 Identification des zonages réglementaires

Le bassin versant du Bourdin est un bassin versant majoritairement agricole. L'usage des sols peut être corrélée à la pédologie, puisque les cultures ayant besoin de plus d'eau se situent au sud, sur des terrains gorgés d'eau (qu'il faudra drainer au risque de faire d'abîmer les cultures).

Cet aspect agricole est aussi soulevé par l'analyse des unités paysagères. Le bassin versant est compris dans l'unité paysagère de la vallée de l'Indre, au nord au niveau de Veigné et de Montbazon qui correspond à un paysage relativement fermé. A l'inverse, le reste du bassin versant appartient aux plateaux agricoles du centre Touraine, un paysage semi ouvert avec des forêts dispersées.

Le cours d'eau a subi de nombreux ajouts d'obstacles à l'écoulement, et c'est une des raisons pour laquelle aujourd'hui, nous ne retrouvons pas d'eau sur tout le linéaire lors des périodes d'étiage.

Le patrimoine naturel du bassin versant a été étudié à partir de l'étude des données de l'Inventaire National du Patrimoine Naturel (INPN) sur les espèces et notamment les espèces protégées. Des inventaires floristique et faunistique ont été réalisés sur les communes de Veigné, Sorigny et Saint Branchs, qui occupent à elles trois la majeure partie du bassin versant (Figure 22). Il est important de noter que le bassin versant ne présente pas de zonages réglementaires de protection des habitats, des espèces comme les Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF), les zones Natura 2000 pour les habitats ou les oiseaux. Aucun zonage de parcs naturels, aucune Réserve Naturelle Nationale ni Réserve Biologique n'implique le bassin versant. (CARMEN)

Toutefois, plusieurs ZNIEFF entourent le bassin versant (CARMEN), il serait donc intéressant d'étudier la possibilité de créer des corridors écologiques entre ces différentes zones. De plus d'après les données de la Direction Départementale des Territoires d'Indre-et-Loire, DDT 37, et la carte Liz Map de la Société d'Etude, de Protection et d'Aménagement de la Nature en Touraine, SEPANT (Lizmap, SEPANT), des zones humides ont été identifiées sur le bassin versant (Figure 23). La zone située près de l'exutoire a été reconnue zone humide lors des sorties sur le terrain et présente sur la carte sur SEPANT par photo-interprétation (Lizmap, SEPANT). Cette zone est une ancienne peupleraie. Deux autres zones humides, nommées ZH115 et ZH116 par la DDT, couvrent environ 5 km du linéaire central du Bourdin pour la zone ZH116 et la zone ZH115 est une zone humide d'environ 100 ha située au centre ouest du bassin versant.

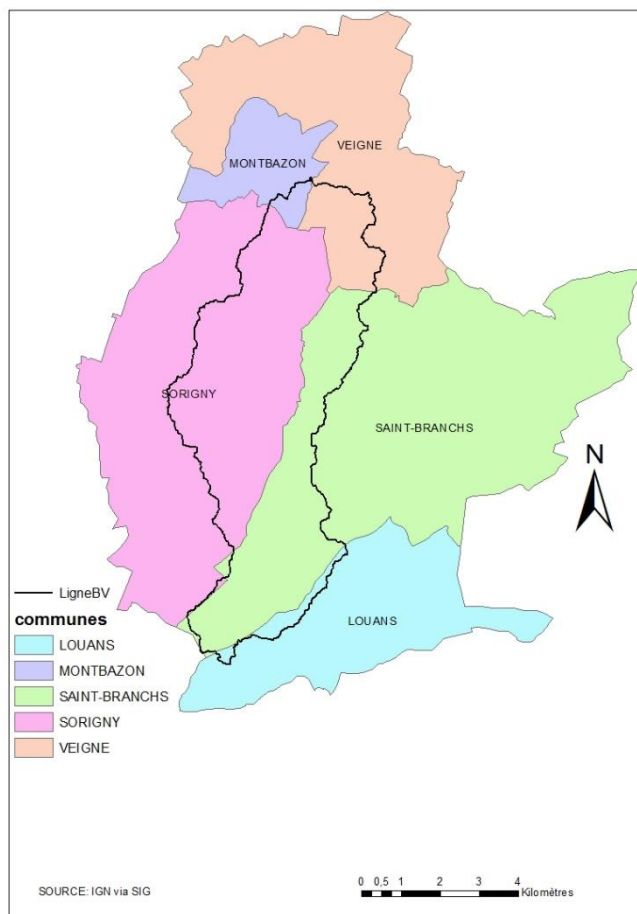


Figure 22 : Emprise du bassin versant du Bourdin sur les communes avoisinantes

3.1.2 Espèces réglementées présentes sur le bassin versant

Afin de ne pas prendre en compte des observations trop anciennes qui ne seraient plus représentatives des espèces présentes sur le bassin versant, des données sur les espèces ayant été observées entre 2010 et aujourd'hui ont été utilisées. Ces espèces, à statut réglementé, sont susceptibles d'influencer les modalités de gestion et d'aménagement du bassin versant, ainsi elles seules ont été retenues.

Une liste d'espèces d'intérêt pour la gestion du bassin versant du Bourdin est établie en fonction du statut juridique de celles-ci. De nombreuses espèces ont été inventoriées sur les différentes communes, 1169 pour Veigné, 1349 pour Saint Branches et 1256 pour Sorigny. Différents acteurs et organismes présents sur le territoire ont participé à la constitution de la base de données, tels que l'Agence pour la Biodiversité, AFB, la Ligue pour la Protection des Oiseaux, LPO, ou encore la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement, DREAL. Une attention particulière est portée dans la suite de l'étude aux espèces inféodées aux milieux aquatiques.

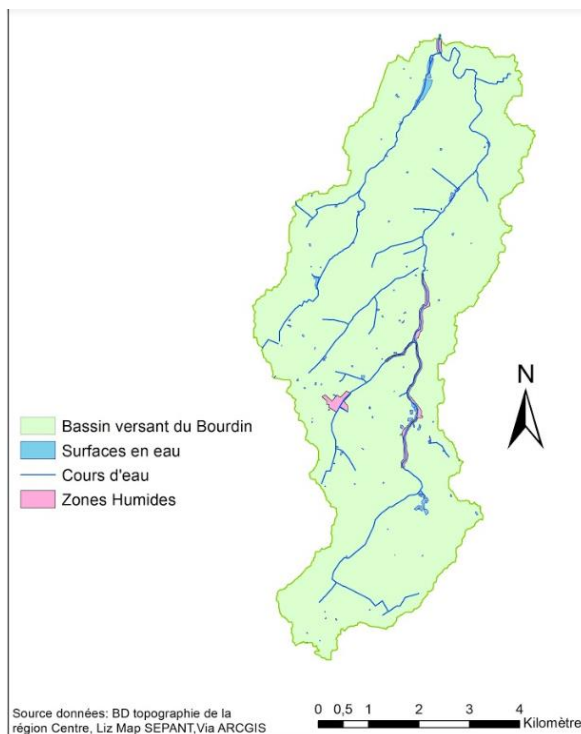


Figure 23 : Cartographie des zones humides sur le bassin versant

Ces types d'habitats sont intéressants en termes de gestion des cours d'eau, notamment de par le soutien à l'étiage qu'ils peuvent apporter ou encore par leur capacité filtrante via la végétation qui les compose. Il serait donc intéressant de répertorier ces milieux via une campagne de localisation et de description de ces zones, pour ainsi pouvoir prioriser des actions sur les zones les plus prometteuses.

Certaines espèces d'oiseaux recensées sur notre bassin versant apparaissent dans la Directive Oiseaux 2000 (n°79-409 (CE)). Ces espèces font l'objet de mesures de protection spéciales, et leurs habitats sont classés comme des Zones de Protection Spéciale, ZPS. Ces espèces peuvent être en voie de disparition, sensibles aux modifications de leur environnement et considérées comme rares. Elles peuvent aussi nécessiter une attention particulière pour la spécificité de leur habitat. Les espèces migratrices sont aussi prises en compte (Tableau 8).

Tableau 8 : Liste des espèces inféodées aux milieux aquatiques présentes dans la directive (n°79-409 (CE)) (Source : INPN)

Nom valide	Nom vernaculaire	Codes Habitats EUNIS
<i>Alcedo atthis</i> (Linnaeus, 1758)	Martin-pêcheur d'Europe	C – J – J5 – C1 – C2 – J5.4
<i>Asio flammeus</i> (Pontoppidan, 1763)	Hibou des marais	Zones humides – étangs E - E3
<i>Nycticorax nycticorax</i> (Linnaeus, 1758)	Héron bihoreau, Bihoreau gris	Zones humides – étangs C – C2 – C3 – G – G1

D'autres espèces recensées sur le bassin versant appartiennent à la Directive Habitat Faune-Flore Natura 2000 (n°92-43(CEE)). Les espèces mentionnées dans l'annexe II de la directive "Habitats" sont

des espèces d'intérêt communautaire. Elles sont qualifiées comme étant en danger de disparition, vulnérables, rares ou endémiques. Ces espèces impliquent la création de Zones Spéciales de Conservation, ZSC.

Les espèces mentionnées dans l'annexe IV sont des espèces communautaires nécessitant quant à elles une protection stricte (Tableau 9).

Tableau 9 : Liste des espèces inféodées aux milieux aquatiques présentes dans la directive (n°92-43(CEE)) (Source : INPN)

Nom scientifique validé	Nom vernaculaire	Annexe	Codes Habitats EUNIS
<i>Triturus cristatus</i> (Laurenti, 1768)	Triton crêté (Le)	Annexe II et IV	Non renseigné
<i>Cottus gobio</i> (Linnaeus, 1758)	Chabot, Chabot commun	Annexe II	C – C1 – C1.1 – C1.2 – C2 – C2.2
<i>Alytes obstetricans</i> (Laurenti, 1768)	Alyte accoucheur (L'), Crapaud accoucheur	Annexe IV	D – E – G – C – C2 – C2.3 – C1
<i>Hyla arborea</i> (Linnaeus, 1758)	Rainette verte (La)	Annexe IV	C – C1 – C1.1 – C1.2 – C1.6 – C3 – E – E3 – E5 – G – G1- G3 – G4 – G5

Certaines espèces présentes sur le bassin versant sont mentionnées sur les listes rouges européennes et nationales (Tableau 10). Ces listes rouges sont établies par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature, UICN. Elles constituent un inventaire mondial présentant l'état de conservation global des espèces végétales et animales. Elles prennent en compte de nombreux paramètres biologiques associés au risque d'extinction d'une espèce, tels que la taille de la population, le taux de déclin et les aires de répartition géographique par exemple.

Tableau 10 : Listes des espèces inféodées aux milieux aquatiques inscrites sur listes rouges européenne, nationale et en région Centre (Sources : INPN, SEPANT)

Source	Nom scientifique validé	Nom vernaculaire	Liste et statut	Codes Habitats EUNIS
INPN	<i>Alcedo atthis</i>	Martin-pêcheur d'Europe	Liste nationale : vulnérable(VU) liste européenne : vulnérable (VU)	C – J – J5 – C1 – C2 – J5.4
INPN	<i>Esox lucius</i>	Brochet	Liste nationale : vulnérable (VU)	C – C1 – C1.1 – C1.2 – C1.3 – C2 – C2.3
INPN	<i>Arvicola sapidus</i> Miller, 1908	Campagnol amphibie	Liste européenne : vulnérable (VU)	Non renseigné
SEPANT	<i>Mecostethus parapleurus parapleurus</i> (Hagenbach, 1822)	Criquet des roseaux	Liste nationale : en danger (EN)	D – E3 – F4.1
SEPANT	<i>Emberiza citrinella</i> Linnaeus, 1758	Bruant jaune	Liste nationale : vulnérable (VU)	F – F4 – FA – FB – G – G5 – G5.6 – G5.7 – G5.8 - X
SEPANT	<i>Fritillaria meleagris</i> L., 1753	Fritillaire pintade	Liste région Centre : quasi menacée (NT)	E3.41 – E3.412
SEPANT	<i>Dactylorhiza majalis</i> (Rchb.) P.F.Hunt & Summerh., 1965	Dactylorhize de mai	Liste région Centre : quasi menacée (NT)	E3.41
SEPANT	<i>Lathyrus pannonicus</i> (Jacq.) Garcke, 1863	Gesse de Pannonie	Liste région Centre : en danger (EN)	Non renseigné
SEPANT	<i>Gratiola officinalis</i> L., 1753	Gratiolle officinale	Liste région Centre : quasi menacée (NT)	E3.41 – E3.43

Des espèces exogènes ont été observées et recensées sur le bassin versant du Bourdin (Tableau 11). Ces espèces invasives doivent être considérées dans les aménagements et dans les recommandations de gestion afin de ne pas favoriser leur implantation et développement. Il paraît important de trouver des solutions alternatives aux dégâts que ces espèces peuvent engendrer, comme pour le Ragondin, *Myocastor coypus*, qui risque de détruire certains aménagements.

Tableau 11 : liste des espèces inféodées aux milieux aquatiques considérée comme susceptible de créer des désordres biologiques (Source : INPN)

Nom scientifique validé	Nom vernaculaire	Codes Habitats EUNIS
<i>Myocastor coypus</i> (Molina, 1782)	Ragondin	Non renseigné
<i>Acer negundo</i> L., 1753	Érable negundo, Érable frêne, Érable Négondo	G1.312
<i>Azolla filiculoides</i> Lam., 1783	Azolla fausse-fougère, Fougère d'eau	Non renseigné
<i>Bidens frondosa</i> L., 1753	Bident feuillé, Bident à fruits noirs, Bident feuillu	Non renseigné
<i>Lemna minuta</i> Kunth, 1816	Lentille d'eau minuscule	Non renseigné
<i>Ludwigia grandiflora</i> (Michx.) Greuter & Burdet, 1987	Ludwigie à grandes fleurs, Jussie à grandes fleurs	Non renseigné
<i>Myriophyllum aquaticum</i> (Vell.) Verdc., 1973	Myriophylle aquatique, Myriophylle du Brésil, Millefeuille aquatique	Non renseigné
<i>Reynoutria japonica</i> Houtt., 1777	Renouée du Japon	F9.35
<i>Robinia pseudoacacia</i> L., 1753	Robinier faux-acacia, Carouge	Non renseigné

3.1.3 Limites de la démarche

Aucun inventaire faunistique ou floristique n'a pu être effectué sur le terrain par manque de temps, ainsi l'utilisation des jeux de données était nécessaire. Toutefois ces données, qui concernent les communes majoritaires du bassin versant, sont valables sur l'ensemble de la superficie des communes qui sont différentes des limites du bassin versant. De plus, la présence de l'Indre sur la commune de Veigné influence de façon importante les relevés floristiques et faunistiques de la commune et peut donc influencer les données pour le bassin. Les inventaires effectués ne sont pas nécessairement représentatifs de la présence des espèces au moment de l'étude. Un approfondissement sur le terrain aurait donc été judicieux et sera réalisé par la suite.

3.2 Patrimoine culturel

La majorité du patrimoine culturel du bassin versant du Bourdin est regroupée aux alentours de la commune de Sorigny (Figure 24). La plupart des aménagements sont relativement récents, mis à part les bâtis religieux notamment les églises des communes qui datent du XIX^{ème} siècle (Mairie de Sorigny, Site officiel). Le reste du territoire est globalement dépourvu d'infrastructure culturelle. En effet, ce bassin versant est davantage valorisable par son patrimoine naturel.

Cependant, celui-ci est traversé par de nombreux sentiers de randonnées pédestres et notamment le chemin de Saint Jacques de Compostelle (FFRandonnées 37).

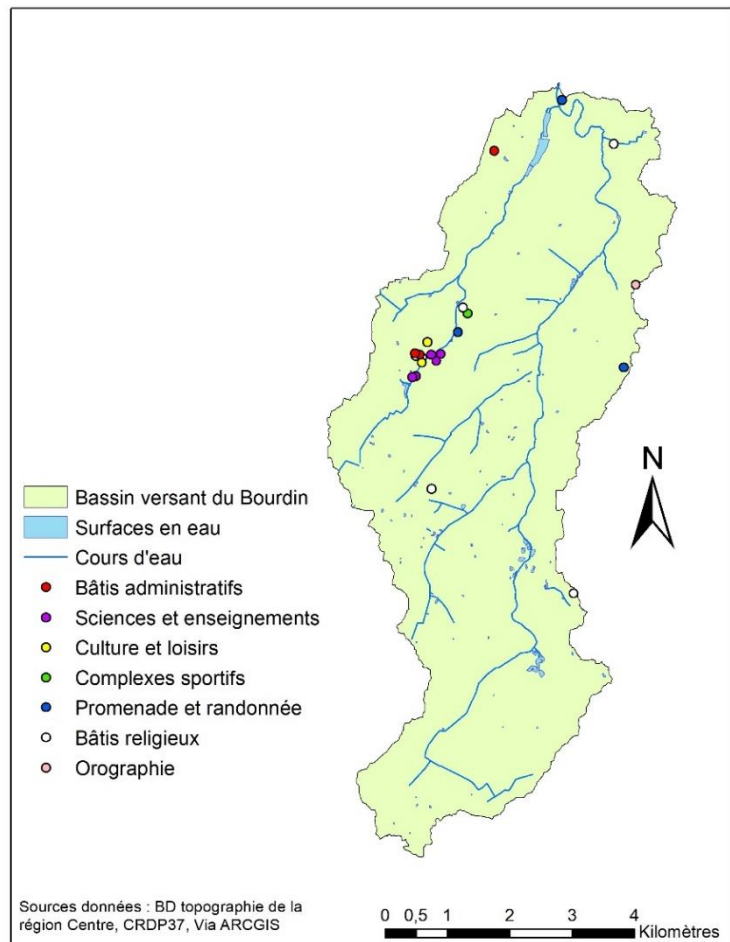


Figure 24 : Patrimoine culturel du bassin versant du Bourdin

Le patrimoine naturel du bassin versant présente pour seules zones réglementaires trois zones humides regroupant des espèces caractéristiques et protégées. Ces espèces peuvent être des atouts en termes de gestion des habitats et des milieux aquatiques hôtes. De plus, ces zones peuvent être des corridors écologiques pour relier les ZNIEFF avoisinantes.

Le patrimoine culturel est principalement représenté par les sentiers de randonnées et notamment celui de Saint-Jacques de Compostelle.

4. Acteurs et usages liés à l'eau

Le bassin versant du Bourdin regroupe près de 16 000 habitants en 2015 (Source INSEE) répartis sur cinq communes : Montbazon, Sorigny, Saint-Branchs, Veigné et Louans.

4.1 Les usages et conflits d'usages du bassin versant

4.1.1 Population

La population sur l'ensemble du bassin versant a principalement diminué depuis les 30 dernières années. Les communes de Veigné et Montbazon ont le plus grand nombre d'habitants, représentant chacune près de 40 et 26% (Figure 25). Toutefois, l'évolution démographique sur le bassin est à la hausse en 2010 et 2015. Cependant, l'emprise de chaque commune n'est pas identique puisque les communes de Sorigny et Saint-Branchs recouvrent près de 85% de la surface total du bassin versant ce qui signifie qu'elles n'ont pas le même impact que les autres communes (Figure 26). Il est alors nécessaire de déterminer la population effective sur le bassin. Sachant que l'emprise de chaque commune peut être déterminée sous QGIS, il suffit d'obtenir la densité de population de chaque commune pour déterminer approximativement la population effective (Tableau 12).

Taux de population de chaque ville

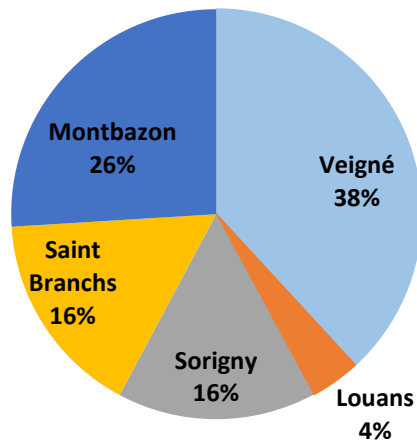


Figure 25 : Proportion de population de chaque commune sur le bassin versant du Bourdin

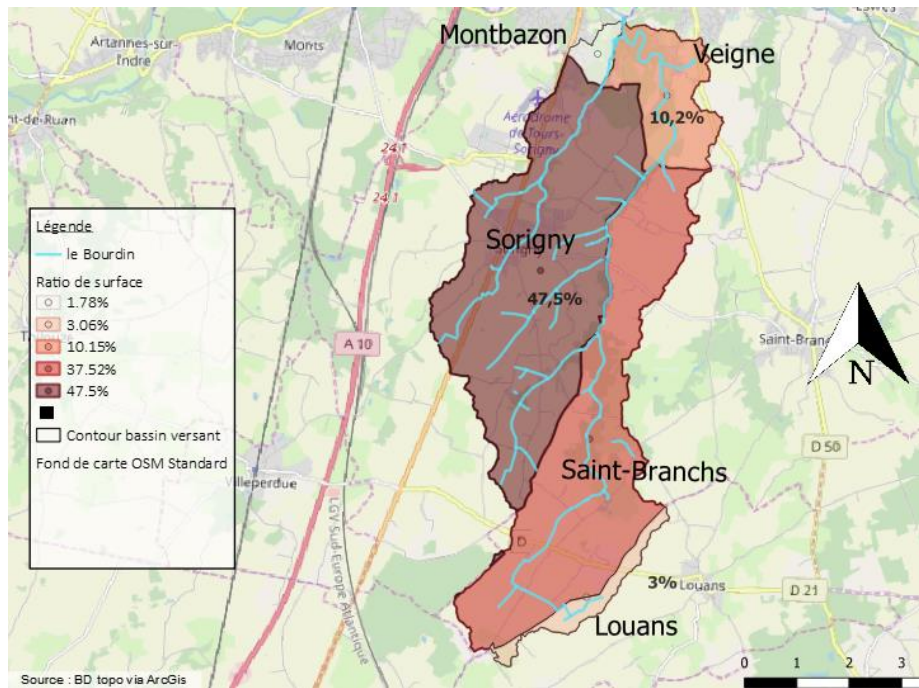


Tableau 12 : Population sur le bassin versant du Bourdin

Communes	Densité population (hab/km ²)	Surface communes Sur le BV (km ²)	Population sur BV (hab)
Sorigny	58	17,9	1038
Montbazon	639	0,67	428
Louans	35	1,16	41
Veigné	230	3,83	881
Saint-Branches	51	14,2	724

La commune de Sorigny a une emprise plus importante sur l'ensemble du bassin et représente donc la proportion de population la plus importante. En outre, l'évolution démographique sur l'ensemble du bassin est plutôt décroissante mais elle a connu d'importantes fluctuations depuis les années 1930. En 2015, les communes de Veigné et Montbazon ont respectivement 6 100 et 4 150 habitants ; cependant, elles n'ont pas le taux d'accroissement le plus important du bassin versant. En effet, les communes de Sorigny et Saint-Branches ont connu une expansion de leur population bien plus importante avec 20% d'accroissement entre 2010 et 2015. (Tableau 13 et Figure 27)

Tableau 13 : Evolution de la population présente sur le bassin versant du Bourdin

Communes	Populations 2010	Populations 2015	Evolution démographique
Veigné	6 091	6 101	+0,16 %
Saint-Branchs	2 444	2 594	+6,14 %
Montbazon	3 933	4 154	+5,62 %
Sorigny	2 203	2 511	+13,98 %
Louans	601	634	+5,49 %
Bassin versant	15 272	15 994	+4,73 %

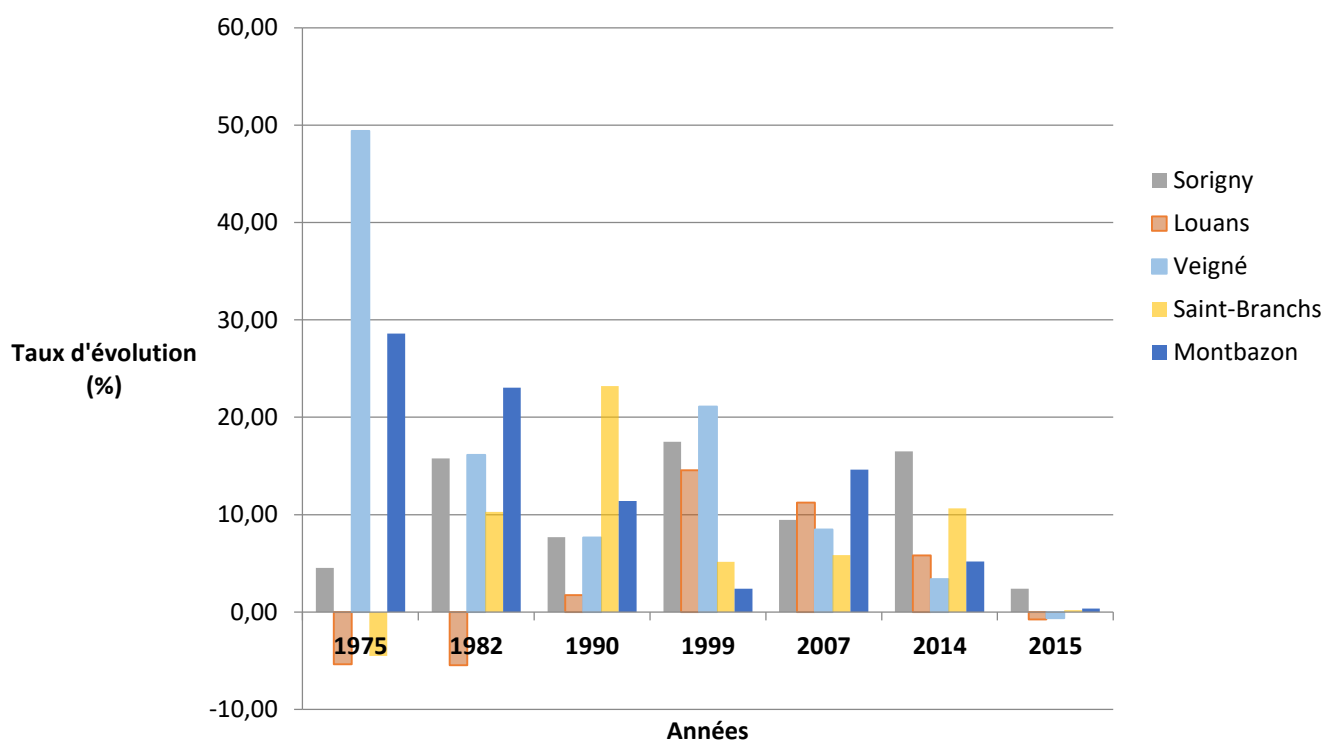


Figure 27 : Taux d'évolution de la population entre 1975 et 2015 (Source : INSEE)

L'ensemble des communes traversées par le bassin versant ont une croissance démographique considérable depuis 1975 avec des taux plus ou moins importants. La population de Sorigny a tendance à augmenter de manière plus importante que les autres communes. Toutefois, l'évolution de la population sur l'ensemble du bassin versant décroît jusqu'à quasiment stagner en 2015 mettant en évidence une croissance constante de la population (Figure 28).

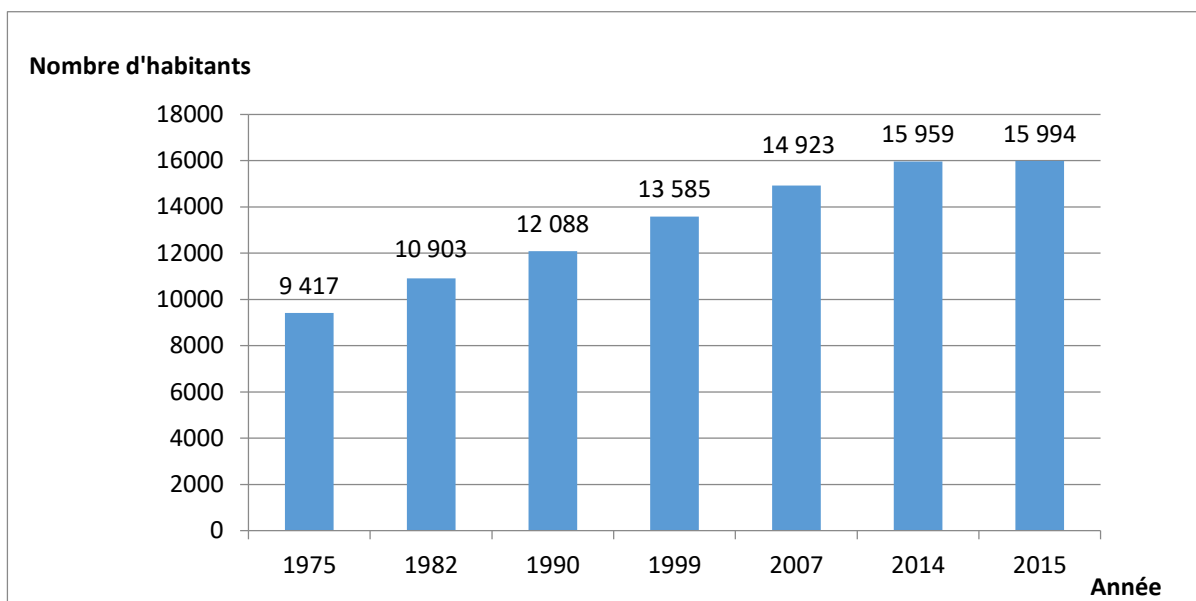


Figure 28 : Evolution globale de la population sur le bassin versant du Bourdin

Le cours d'eau, le Bourdin, est très peu connu et n'est pas un cours d'eau permanent. De fait, les usages liés à cet espace sont peu nombreux ; en effet, il n'existe pas de zone de navigation ni de zones de baignades. En outre, l'Association Agréée de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques, AAPMA, ne considère pas ce cours d'eau comme un lieu intéressant pour la pêche. Cependant, lors de prospections de terrains, la présence de système de drainage montre que le cours d'eau est tout de même sollicité et que cela peut fortement impacter la qualité des eaux. Toutefois le tourisme reste important sur l'ensemble des communes même s'il ne concerne pas spécifiquement le Bourdin.

L'ensemble de ces villes présente des animations touristiques intéressantes mais aucune n'est liée au cours d'eau le Bourdin. Par exemple, diverses activités aquatiques se déroulent sur le Loire et sur l'Indre. De plus, il existe plusieurs chemins de randonnées sur les communes de Veigné, Sorigny et Saint-Branchs.

Ces chemins de randonnées passent à proximité de lieux remarquables valorisés pour le tourisme. L'ensemble de ces sentiers parcourt le territoire et longe le Bourdin, en particulier à Saint-Branchs. En effet, un de ces parcours est orienté pour l'observation du cours d'eau. En outre, il existe très peu d'activités autour du Bourdin ; cependant, l'ensemble du bassin versant présente un potentiel touristique intéressant à exploiter.

Concernant les systèmes de gestions des eaux, cinq Stations de Traitements des Eaux Usées, STEU, sont implantées sur l'ensemble de notre bassin versant ; deux sont présentes à Saint-Branchs, les trois dernières sont respectivement implantées à Louans, Sorigny et Montbazon. Les stations présentes à Saint-Branchs et à Louans ont les capacités nominales les plus faibles allant de 130 à 500 EqH. La station de Sorigny peut accueillir jusqu'à 2000 EqH et celle de Montbazon dépasse les 10 200 EqH. Toutes ces installations sont dites conformes en équipements et en traitement mis à part la station de Montbazon qui n'est pas conforme en performance par rapport à son taux d'abattement en DBO₅, Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours. Toutes ces stations sont classées comme Installation Classée pour la Protection de l'Environnement, ICPE (Figure 29).

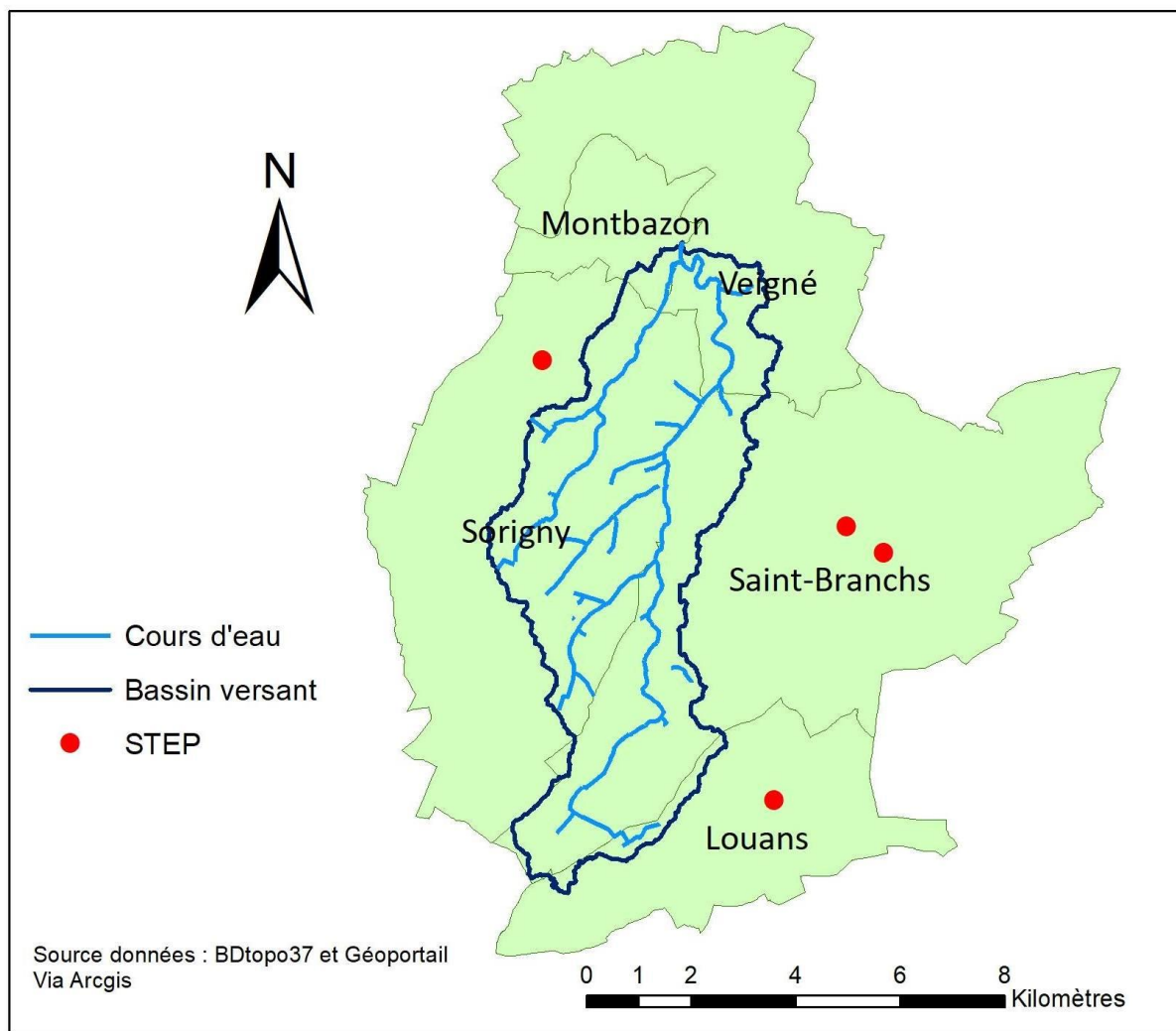


Figure 29 : Répartition des STEP sur les communes du bassin versant du Bourdin

La Directive Eaux Résiduaires Urbaines, DERU, du 21 Mai 1991 rend obligatoire la mise en place de traitements spécifiques en fonction de deux critères ; la sensibilité de la zone de rejets et la quantité, en EqH, de pollution en entrée de station (Figure 30).

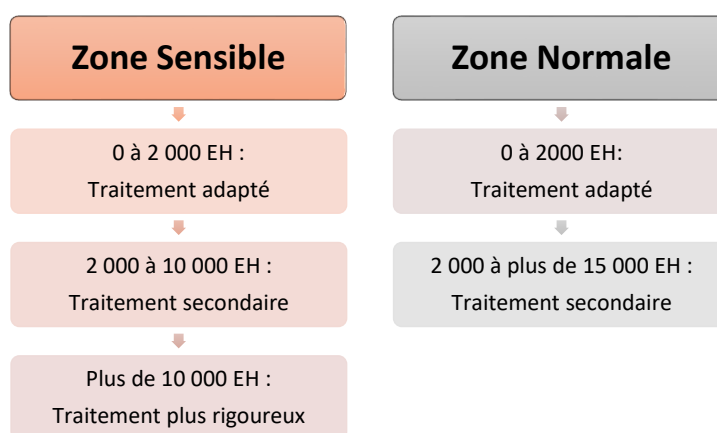


Figure 30 : Législation concernant les traitements en STEP

Les traitements adaptés correspondent aux traitements dits classiques pour atteindre les taux d'abattement minimaux, les traitements secondaires correspondent aux traitements biologiques et les traitements plus rigoureux ont pour objectif d'abattre des pollutions azotées et phosphorées. L'ensemble de ces stations rejettent dans l'Indre qui est caractérisée comme sensible aux pollutions

azotées et phosphorées. Seule la station de Montbazon recueille une charge polluante supérieure à 10 000EqH et détient une unité de déphosphoration et de dénitrification. En soit, elles respectent toutes la Directive ERU ; cependant, la commune de Sorigny, dont la population est croissante, n'a pas d'unité de traitement secondaire alors que les charges entrantes sont de pratiquement 2 000EqH (Tableau 14).

Tableau 14 : Liste des STEU en service sur les communes du bassin versant

Communes	Saint-Branchs		Sorigny	Louans	Montbazon
Année de mise en service	févr-08	mars-99	sept-09	juil-03	avr-07
Maître d'ouvrage	CCTVI	CCTVI	CCTVI	Syndicat d'Intercommunalité l'Echandon	CCTVI
Maître d'œuvre	Veolia Eau	Veolia Eau	CCTVI	Veolia Eau	Veolia Eau
Stations	Grandin -Code 0437211S0003	La Saulaie - Code 0437211S0002	Isoparc - Code 0437250S0003	Les Gains - Code 0437134S0001	Les Bourroux - Code 0437154S0002
Capacité nominale	800 EqH	700 EqH	4 000 EqH	350 EqH	12 000 EqH
Charges entrantes	500 EqH	467 EqH	1 992 EqH	134 EqH	10 267 EqH
Conformité	OK	OK	OK	OK	Equipement : OK Traitement : Non-conforme
Traitements secondaires	Disques biologiques	Disques biologiques		Disques biologiques	Dénitrification Déphosphatation
Traitement des boues	Epaississeur statique gravitaire- Pas de données sur valorisation	Epaississeur statique gravitaire- Pas de données sur valorisation	Boue activée - Centrifugation - Pas de donnée sur valorisation	Epaississeur statique gravitaire- Pas de données sur valorisation	Boues activées Centrifugation 100% boues pour épandages
Lieu de rejet	L'Indre- Zone sensible pour Azote et Phosphore				

Sur le cours d'eau, il n'existe pas de recensement des rejets ; cependant, la présence de drains est à prendre en considération. D'après le Service d'Assistance à l'Exploitation Technique des Stations d'Epuración de l'Indre et Loire, SATESE 37, seule la commune de Louans est adhérente au Service Public

d'Assainissement Non Collectif, SPANC. Ce qui signifie que cette commune, ayant une faible densité de population, a un fort taux d'habitations nécessitant le SPANC. Il existe une distinction de gestion entre l'ensemble des communes Montbazon, Sorigny, Saint-Branch et Veigné et la commune de Louans. En effet, les quatre premières communes sont gérées par la Communauté de Communes Touraine de la Vallée de l'Indre, CCTVI, pour la potabilisation, la distribution et l'assainissement de l'eau tandis que différents acteurs contribuent à fournir ces services pour la commune de Louans. Dans le premier cas, la CCTVI gère ; d'une part, la collecte, le transport ainsi que la dépollution des eaux usées et d'autre part, la potabilisation, le transfert et la distribution en eau potable. Pour l'ensemble de ces communes la gestion de ces services est réalisée par délégation c'est-à-dire que la collectivité locale, ici la CCTVI, confie l'exploitation de ses ouvrages à une personne morale extérieure, ici Veolia Eau. Tandis que pour la commune de Louans, la gestion de ces services est séparée entre différents acteurs. D'abord, l'assainissement non-collectif (Tableau 15) est géré en régie par la SATESE qui contrôle la conformité des installations individuelles et qui ne dépend pas des financements d'autres collectivités. Ensuite, l'assainissement collectif (Tableau 16) est géré en délégation par le Syndicat Intercommunal de l'Echaudon. Enfin, la Communauté de Communes de Loches Sud Touraine gère en régie le transfert en eau potable (Tableau 17). Jusqu'en 2014, le Syndicat Intercommunal à Vocations Multiples de Montbazon et Veigné s'occupait de la gestion de ces services mais il a été remplacé par la CCTVI qui a des compétences plus étendues et un statut juridique plus complet.

Tableau 15 : Système de gestion de l'assainissement non collectif sur le bassin versant

Assainissement non-collectif				
COMMUNES	Organisme de gestion	Nombre d'habitants desservis (Ensemble de la CC)	Conformité	Type d'adhésion
Montbazon-Veigné	CCTVI	34834	34,60%	Directe
Sorigny				
Saint-Branchs				
Louans	SATESE	91000	53,30%	Directe

Tableau 16 : Système de gestion de l'assainissement collectif sur le bassin versant

Assainissement collectif					
COMMUNES	Organisme de gestion	Nombre d'habitants desservis	Taux de desserte	Type d'adhésion	Prix TTC/m ³
Montbazon-Veigné	CCTVI	10255	98,60%	Directe	2,38 €
Sorigny	CCTVI	2554	98,50%	Directe	3,16 €
Saint-Branchs	CCTVI	1717	93,57%	Directe	2,27 €
Louans	S.I. de l'Echaudon	441	86,19%	Directe	2,87 €

Tableau 17 : Système de gestion de la potabilisation sur le bassin versant

Potabilisation				
COMMUNES	Organisme de gestion	Nombre d'habitants desservis	Type d'adhésion	Prix TTC/m ³
Montbazou-Veigné	CCTVI	7 116	Directe	2,03 €
Sorigny	CCTVI	2378	Directe	1,86 €
Saint-Branchs	CCTVI	2581	Directe	1,76 €
Louans	CC Loches Sud Touraine	22872	Directe	1,47 €

Toutes les communes sont plutôt bien desservies et ont accès à une eau de qualité ; cependant, le prix de l'eau est relativement élevé sur l'ensemble du bassin versant par rapport aux communes avoisinantes (Services.eaufrance).

Concernant l'extraction en eau souterraine, il existe dix-neuf forages permettant soit l'Alimentation en Eau Potable, AEP, soit l'irrigation sur le bassin versant ; huit sont présents à Sorigny, un à Montbazou, cinq à Saint-Branchs et cinq à Louans. De plus, un prélèvement en eau est fait sur la commune de Veigné dans le cours d'eau le Mardereau qui est un affluent du Bourdin (Figure 31).

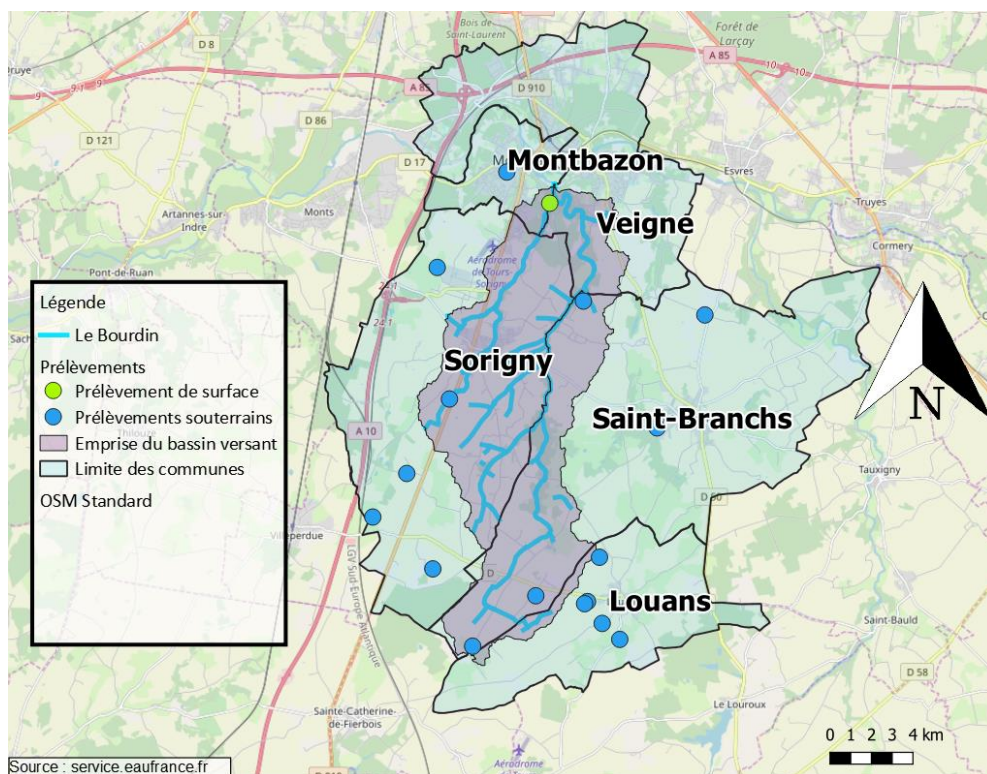


Figure 31 : Carte des prélèvements sur les communes du bassin versant

Les forages sont principalement réalisés pour l'AEP ; toutefois, une part non-négligeable de cette eau est utilisée pour l'irrigation comme pour les communes de Louans et Saint-Branchs (Tableau 18). Les prélèvements réalisés en 2016 sont considérables sur la nappe souterraine ainsi que sur le Mardereau, affluent principal du Bourdin.

Tableau 18 : Liste des forages présents sur les communes du bassin versant et le volume prélevé en 2016

Communes	Sorigny	Montbazon	Saint-Branchs	Veigné	Louans
Nombre de forages	8	1	5	1	5
Ressource	Souterraine	Souterraine	Souterraine	Surface	Souterraine
Utilisations	Irrigation et AEP	AEP	Irrigation et AEP	Irrigation	Irrigation et AEP
Volumes/ Utilisations m ³	Irrigation : 82 000	AEP : 547 537	Irrigation : 113 942	Irrigation : 18 020	Irrigation : 28 108
	AEP : 216 800		AEP : 96 175		AEP : 115 314
Volume Total m ³	298 884	547 537	210 124	18 020	143 422
Volume Total en 2012 m ³	202 069	571 375	121 966	1 802	111 262
Evolution depuis 2012	50%	-4,17%	72%	900%	29%

4.1.2 Industries

Afin de déterminer les activités économiques les plus importantes sur le bassin versant, une analyse sociodémographique concernant l'employabilité en fonction des secteurs d'activités et l'implantation des entreprises est réalisée. L'ensemble des données présentées ci-après provient du site insee.fr (Tableau 19).

Tableau 19 : Employabilité en fonction du secteur d'activité en 2015

Secteurs d'activité	Montbazon		Veigné		Sorigny		Saint-Branchs	
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Agriculture	9	0,6	14	0,9	24	1,6	65	16,3
Industrie	213	14	212	14	230	15,3	42	10,6
Construction	118	7,7	181	11,9	155	10,3	52	13,2
Commerce, transports, services	820	53,7	617	40,7	946	62,8	86	21,5
Administration publique, enseignement, santé	366	24	492	32,5	151	10	153	38,4

L'activité économique principale sur le bassin versant est axée sur le commerce, le transport ou l'administration. En soit, ces secteurs ne sont pas réputés pour être les plus impactant sur l'environnement par rapport au secteur de l'industrie ou de l'agriculture. Ces données ne sont pas disponible pour la commune de Louans, alors les catégories socioprofessionnelles permettent d'obtenir un point de vue des emplois sur la commune toutefois celles-ci ne fournissent pas d'information sur le lieu de travail puisque les habitants peuvent travailler hors de la commune (Figure 32).

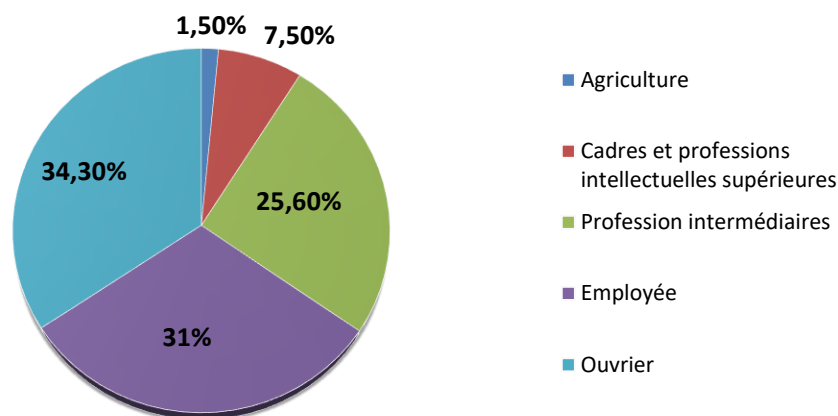


Figure 32 : Répartition des catégories socioprofessionnelles sur la commune de Louans en 2015

La principale activité économique peut également être visualisée grâce au nombre d'entreprises implantées sur la commune en fonction de leur secteur d'activité. Les communes de Veigné et Sorigny ont un nombre plus important d'entreprises dans les domaines du commerce, de la restauration, du transport et de l'hébergement ce qui sous-entend que le tourisme peut-être une activité économique intéressante pour ces communes. Tandis que les communes de Montbazou et Saint-Branchs ont un nombre important de sociétés de service soit aux particuliers soit aux entreprises. La commune de Louans quant à elle détient un nombre important d'entreprises de construction qui peuvent présenter un risque de pollution à considérer (Tableau 20, Source : INSEE 2015)

Tableau 20 : Secteurs d'activités des entreprises actives sur les communes du bassin versant en 2015

	Louans		Montbazou		Veigné		Saint-Branchs		Sorigny	
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Ensemble	31	100	227	100	362	100	123	100	161	100
Industrie	3	9,7	16	7	22	6,1	13	10,6	17	10,6
Construction	9	29	28	12,3	59	16,3	20	16,3	20	12,4
Commerce, transport, hébergement, restauration	5	16,1	52	22,9	113	31,2	21	17,1	52	32,3
Services aux entreprises	9	29	68	30	95	26,2	28	22,8	40	24,8
Services aux particuliers	5	16,1	63	27,8	73	20,2	41	33,3	32	19,9

En outre, l'analyse de la création d'entreprise permet de visualiser les secteurs d'activité au sein de la commune (Tableau 21, Source : INSEE 2017). Sur l'ensemble du bassin versant, les secteurs économiques en expansion sont les services aux entreprises. Sur la commune de Saint-Branchs trois sociétés tertiaires ont été créées mais également trois entreprises de construction comme sur la commune de Louans. La commune de Veigné connaît le plus grand nombre de création d'entreprises avec 43 pour l'année 2017.

Tableau 21 : Nombre d'entreprises créées en fonction du secteur d'activité en 2015 sur les communes du bassin versant

	Louans		Montbazon		Sorigny		Veigné		Saint-Branchs	
	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%
Tous secteurs	9	100	28	100	15	100	43	100	11	100
Industrie	1	11,1	2	7,1	0	0	2	4,7	0	0
Construction	3	33,3	4	14,3	1	6,7	3	7	3	27,3
Commerce, transport, hébergement restauration	2	22,2	3	10,7	3	20	11	25,6	3	27,3
Services aux entreprises	3	33,3	14	50	7	46,7	17	39,5	3	27,3
Services aux particuliers	0	0	5	17,9	4	26,7	10	23,3	2	18,2

Sur l'ensemble du bassin versant très peu d'industries polluantes (Figure 33) sont recensées, celles ayant un impact plus important sur le cours d'eau sont les Exploitations Agricoles à Responsabilités Limitées, EARL, puisque ce sont les seules qui peuvent potentiellement avoir des rejets directs dans le Bourdin. Cependant, douze industries sont classées comme Installation Classées pour la Protection de l'Environnement, ICPE, c'est-à-dire qu'elles peuvent avoir un impact sur la salubrité publique, l'environnement, la santé, la sécurité (Tableau 22). Ces ICPE sont soumises à la loi n°76-663 du 19 juillet qui permet d'encadrer le fonctionnement de ces industries. Ces dernières sont qualifiées par différents régimes juridiques ; la déclaration (D), l'enregistrement (E) ou l'autorisation (A).

Concernant les industries les moins dangereuses, elles sont soumises à déclaration, explicitée par l'article R. 512-47 du Code de l'Environnement, ce régime oblige l'exploitant à déclarer sa nouvelle activité ou la modification de celle-ci auprès du préfet. Ensuite, les industries soumises à enregistrement ont un impact plus important sur l'environnement, les exploitants sont soumis à l'article R. 512-46-3 qui oblige ceux-ci à déclarer leur activité auprès du préfet. Après cette déclaration, une procédure d'instruction est mise en place, elle comprend une consultation du public, des communes ainsi que du conseil départemental. Dès lors où toutes les parties ont partagé leur avis concernant l'installation de l'industrie, le préfet prend la décision finale. Enfin, les industries dites à autorisations sont mises en service à la suite de plusieurs étapes. D'abord, une étude d'impacts et une étude de dangers sont réalisées afin de déterminer si le territoire est en mesure d'accueillir cette industrie. Puis, une procédure d'instruction est menée avec une enquête publique, l'avis des services techniques de l'Etat et celui des communes puis l'avis du conseil départemental. Enfin, le préfet prend la décision d'accepter ou non l'installation de cette activité considérablement dangereuse. Pour les installations à enregistrement ou à autorisation, un arrêté est édité et des prescriptions particulières peuvent être mises en place comme l'interdiction de fonctionner dans certaines conditions. Le classement de ces industries en tant qu'ICPE permet à l'Etat via le préfet d'autoriser ou non leur fonctionnement, de les réglementer, de les contrôler grâce à des

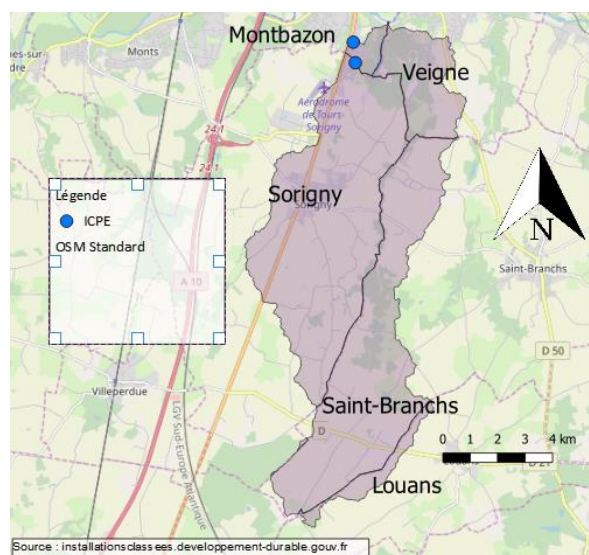


Figure 33 : Localisation des ICPE industrielles

inspecteurs, agents assermentés pas l'Etat, qui peuvent attribuer des sanctions allant de l'amende à la fermeture de l'entreprise. En parallèle, la directive n° 96/82 du 9 décembre 1996, appelée la directive SEVESO II, classe les industries en fonction du seuil de risque d'accident majeur. En effet, toutes industries pouvant causer un accident majeur, c'est-à-dire une activité industrielle incontrôlée pouvant engendrer un danger imminent ou non pour l'homme ou l'environnement, sont classées soit SEVESO seuil bas s'il existe un risque d'accident majeur ou seuil haut si ce risque est important. Sur le bassin versant aucune industrie ne présente un risque d'accident majeur donc aucune n'est classée SEVESO. Actuellement aucune autorisation de déversement d'effluents dans le milieu naturel n'a été réalisée ce qui signifie qu'officiellement aucun rejet industriel n'est fait (Services.eaufrance).

Tableau 22 : Liste des ICPE présentes sur les communes du bassin versant

	Nom	Activité	Service Inspection	Dernière inspection	Régime	Classée SEVESO
MONTBAZON	DAWN MEATS France	Industrie alimentaire	DD(CS)PP	févr-17	E	Non SEVESO
	DERET FASHION SAS	Entreposage et services des transports	DREAL	juil-15	E	Non SEVESO
	GENEXCO	Fabrication de produits métalliques	DREAL	avr-14	A	Non SEVESO
VEIGNE	SOURDILLON SN	Fabrication articles robinetterie	DREAL	juin-17	A	Non SEVESO
SORIGNY	DUFRESNE	Commerce de gros	DREAL	juin-12	A	Non SEVESO
	LIDL	Centrales d'achats	DREAL	oct-14	E	Non SEVESO
	SAS CARRIERES DE CLERE ET DE TP	Station de transit de matériaux	DREAL	déc-27	A	Non SEVESO
	SIRIUS SCI	Entreposage et stockage non frigorifique	DREAL	Aout 2018	E	Non SEVESO
	SNC	CESSATION				
	TOURAINNE AGREGAT_SOLUMAT	Commerce de gros	DREAL	Aout 2017	E	Non SEVESO
	TOURS ENROBES	Génie civil	DREAL	mai-16	A	Non SEVESO
SAINT-BRANCHS	EARL REAU DES CHAMPS	Culture et élevage	DD(CS)PP	juil-18	E	Non SEVESO
LOUANS	EARL BARANGER	Culture et élevage	DD(CS)PP	déc-11	E	Non SEVESO

En outre ces établissements, il faut également prendre en considération des stations d'épuration et de traitements des déchets. Concernant la gestion des déchets, il n'existe pas d'organisme de collecte ou

de traitement des déchets sur l'ensemble de bassin versant. Toutefois, la commune de Saint-Branchs accueille une déchèterie qui est classée ICPE.

Le site georisques.gouv.fr contient le Registre français des Emissions Polluantes, IREP, qui cartographie et liste l'ensemble des pollutions émises connues ainsi que les sociétés émettrices. Seules les communes de Sorigny et Veigné sont concernées par ces émissions. Sur la première commune, la plateforme LIDL a produit ou traité plus de 24 tonnes de déchets dangereux en 2017. Concernant la commune de Veigné, plusieurs émissions causées par la société Sourdillon ont été recensées entre 2006 et 2017, ces rejets ont été localisés sur la base de données BASIAS (Tableau 23).

Tableau 23 : Tableau récapitulatif des pollutions émises et des déchets produits sur le bassin versant

Emission dans l'air [kg/an]			Emission de déchets [kg/an]			Quantités de déchets produits ou traités [t/an]				
2006	2007	2008	2006	2007	2008	2013	2014	2015	2016	2017
2 950	3 490	2 650	2 290	0	0	98	107	107	66	86

Sur l'ensemble des communes, des rejets industriels sont considérables ; cependant, ceux-ci ne sont pas effectués sur le bassin versant de Bourdin.

En outre, peu d'accidents ont été recensés sur le bassin versant. En effet, la base de données ARIA recense un accident sur la commune de Veigné qui correspond à un incendie le 2 Novembre 2011 ; aucun blessé ne fut recensé. Le feu a été maîtrisé dans la matinée, l'activité de la société a repris l'après-midi même. Cette entreprise est spécialisée dans la fabrication de ressort automobile, il s'agit certainement de l'entreprise Sourdillon mais aucun nom n'a été mentionné.

4.1.3 Activités agricoles

Les données fournies par Agreste concernant les activités agricoles sur le bassin versant ont été analysées. Ces données sont fournies pour chaque commune, il a donc fallu pondérer les données avec le pourcentage de la superficie de la commune au sein du bassin versant.

La superficie agricole entre 1988 et 2010 a légèrement diminué, elle est passée de 2600 ha à 2400 ha (Figure 34). Cette diminution peut être liée à l'artificialisation des sols, ou à l'augmentation des boisements. Mais elle reste malgré tout peu importante.

Cependant, le nombre d'exploitations agricoles a fortement diminué. En 1988, il y avait 66 exploitations agricoles, alors qu'en 2010 il n'en restait que 30. Ce nombre a donc été divisé par deux, alors que la superficie agricole du bassin versant est restée quasiment la même.

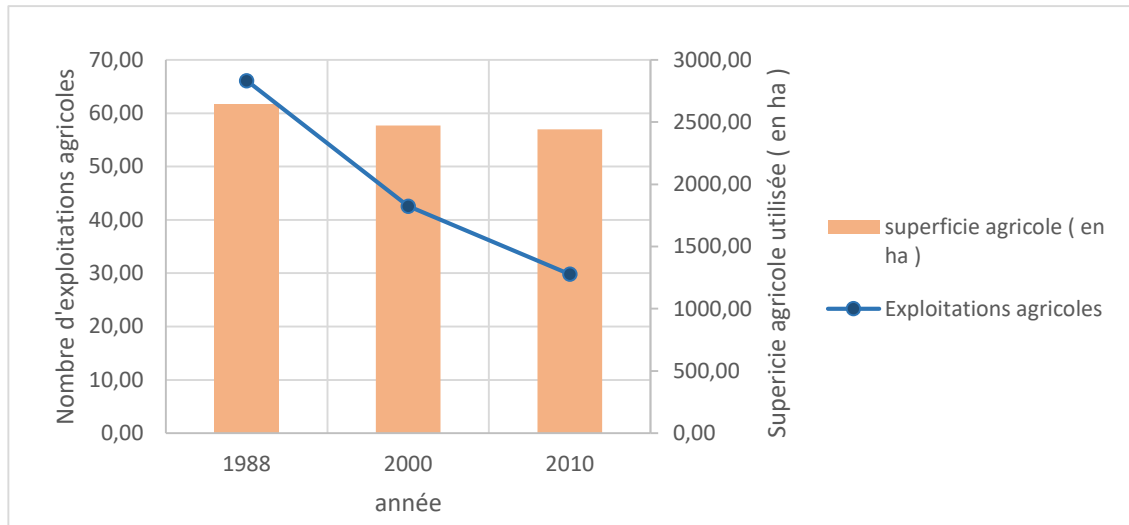


Figure 34 : Evolution du nombre d'exploitations agricoles et de la SAU totale (Source : Agreste)

Cette différence s'explique par le fait que les agriculteurs privilégient désormais les grandes surfaces, pour la culture intensive en céréales par exemple, alors qu'avant il s'agissait de plus petites exploitations. La surface agricole utile moyenne pour chaque exploitation agricole a donc augmenté au cours du temps. Le bassin versant du Bourdin est peu concerné par l'artificialisation des sols, car nous retrouvons peu de communes sur le territoire.

L'étude de l'évolution du cheptel au cours du temps permet de mettre en évidence une diminution de celui-ci notamment entre 2000 et 2010 (Figure 35). En effet, il y avait plus de 1800 UGB en 1988, alors qu'en 2010, il ne restait plus que 1200 UGB.

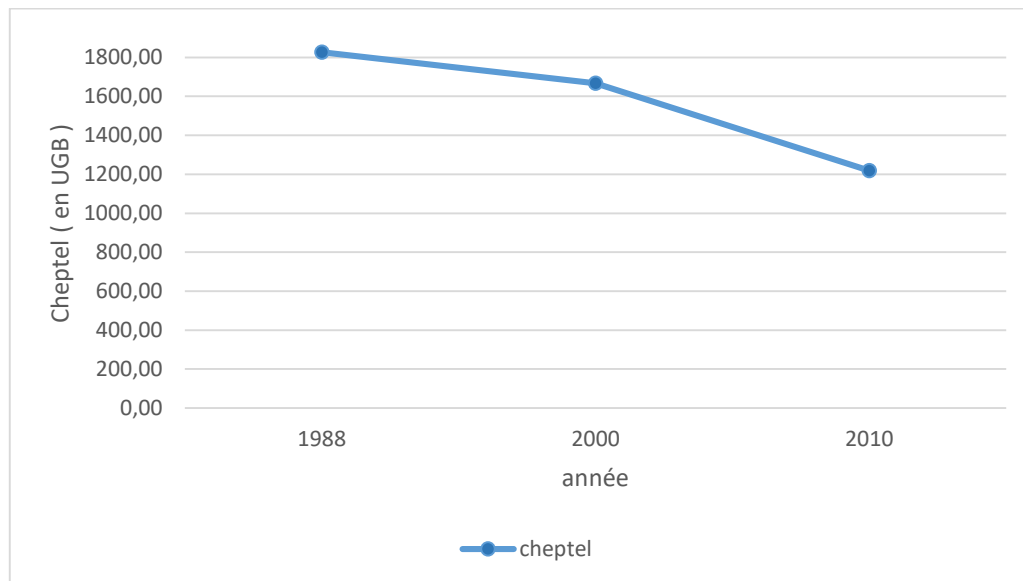


Figure 35 : Evolution du cheptel entre 1988 et 2010 (Source : Agreste)

D'après les données sur les surfaces drainées, la surface totale drainée sur notre bassin versant vaut 590 ha, soit 5,9 km². (Tableau 24) Afin d'obtenir cette surface, nous avons pondéré les données par le pourcentage de la superficie de la commune au sein du bassin versant. Environ 15% de notre bassin versant est donc drainé.

Nous n'avons cependant pas accès aux données pour les villes de Montbazou et Veigné. Cependant, d'après la carte des contraintes liées à l'excès d'eau (Figure 15), ces deux villes sont supposées être celles n'ayant peu ou pas besoin de drainage.

Tableau 24 : Superficie drainée par commune du bassin versant (en ha) (source : Agreste)

Ville	Superficie drainée par commune dans le bassin versant (en ha)
Louans	40,8
Montbazou	Pas de donnée
Saint-Branches	233,5
Sorigny	315,6
Veigné	Pas de donnée

Les données que nous avons reçu de la DRAAF nous ont aussi permis d'étudier l'évolution de la surface irriguée par commune. (Figure 36). Nous avons aussi pu remarquer que les différentes communes n'ont pas la même tendance d'évolution de surfaces irriguées. Ainsi, nous avons constaté que l'évolution des surfaces irriguées à Saint Branches n'évolue quasiment pas entre 2007 et 2010. Une importante augmentation des surfaces irriguées est constatée à Louans entre 2008 et 2010. Enfin, les surfaces irriguées de Sorigny augmentent entre 2007 et 2008 puis se stabilisent. L'augmentation observée pour Louans et Sorigny, pourrait s'expliquer par une variation climatique entre ces trois années et également par un changement de culture. Des parcelles utilisées pour la culture de blé ont pu, par exemple, être cultivée avec du maïs l'année suivante. Celui-ci nécessitant un apport d'eau beaucoup plus important que des cultures telles que le blé.

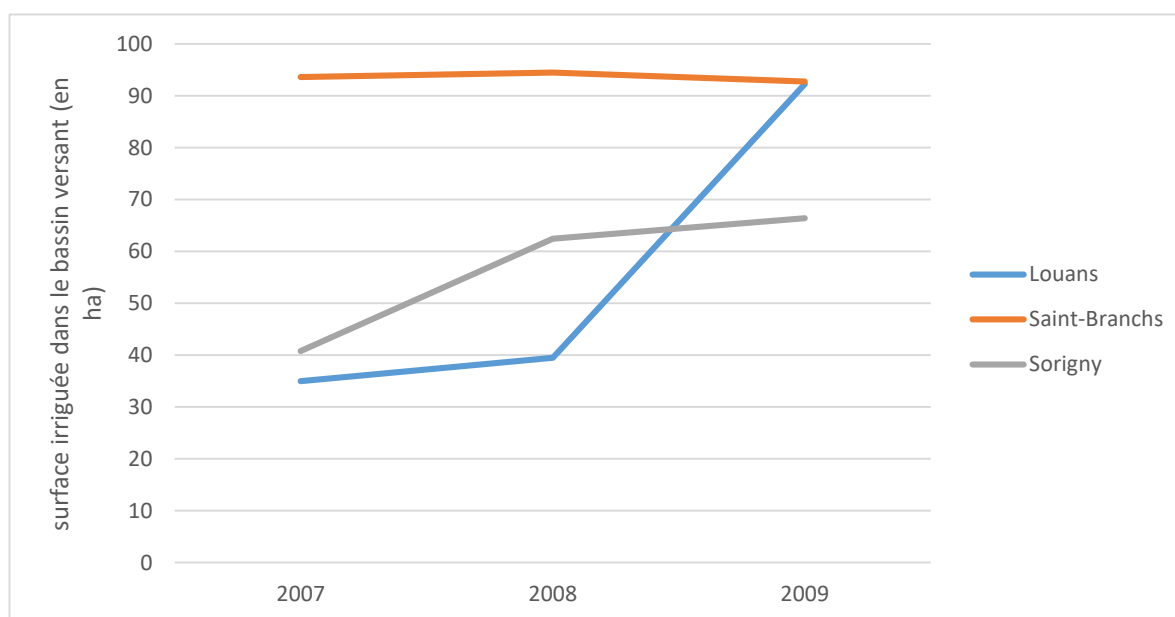


Figure 36 : Evolution de la surface irriguée entre 2007 et 2009

Depuis la directive européenne n°91/676/CEE datant du 12 décembre 1991 et son application nationale (articles R.211-75 à R.211-85 du code de l'environnement), une cartographie des zones impactant la qualité des eaux par rejet de nitrates d'origine agricole a été exécutée.

Cette cartographie montre que l'ensemble des communes du bassin versant sont considérées comme « zones vulnérables à la pollution des eaux par les nitrates d'origine agricole ». (DDT)

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

La carte représentant les limites des communes montre que les communes de Sorigny et Saint-Branches ont une plus grande superficie que les communes de Montbazon, Veigné et Louans (Figure 37). Le calcul du ratio de recouvrement du bassin versant sur chaque commune permet de déterminer quelle commune est susceptible d'avoir un impact sur le bassin versant (Figure 38). Le bassin versant recouvre une grande partie, 41%, de la commune de Sorigny ainsi que 27% de la commune de Saint-Branches. Ainsi, ces communes ont une influence plus importante sur le bassin versant. Ce résultat peut être expliqué par le fait que le Bourdin a été choisi comme frontière naturelle lors de la fondation de ces deux communes ; de fait, cette frontière suit précisément le tracé du cours d'eau. De plus, ce découpage montre que la gestion du cours d'eau implique l'ensemble de ces communes.

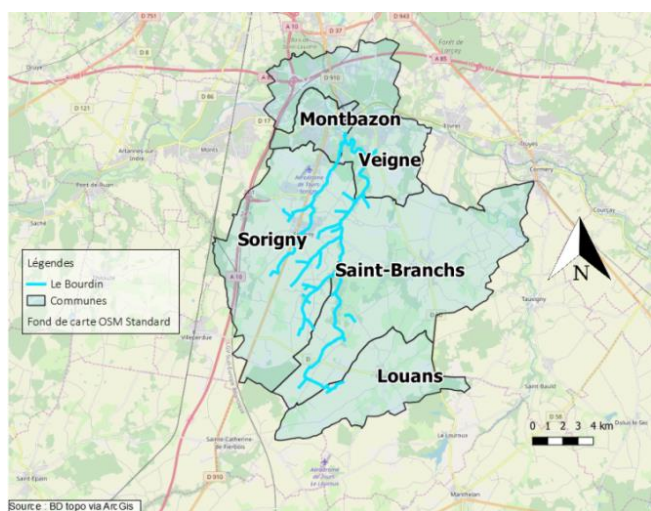


Figure 37 : Limite des communes sur le bassin versant

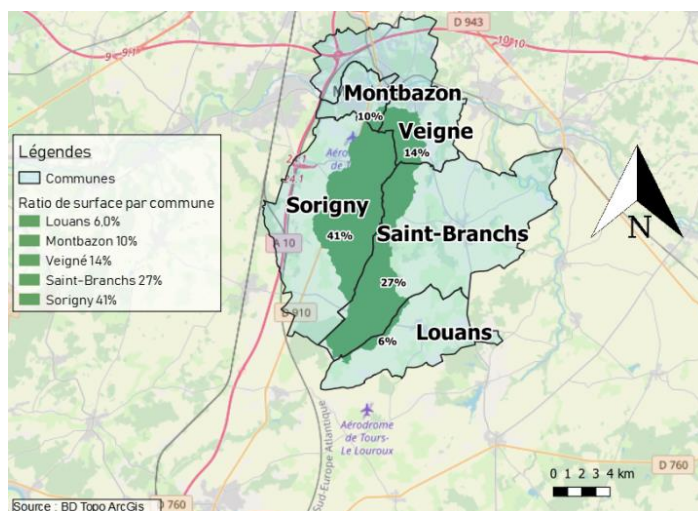


Figure 38 : Proportion de la surface de chaque commune incluse dans le bassin versant

En termes de gestion, l'ensemble de ces communes font partie de la Communauté de Communes Touraine de la Vallée de l'Indre mise à part la commune de Louans qui appartient à la Communauté de Communes Loches Sud Touraine (Figure 39). Le Bourdin est un petit cours d'eau peu connu puisqu'il n'est pas permanent ; de plus, la gestion de celui-ci est scindée entre les cinq communes avoisinantes mais également entre les deux Etablissements Publics de Coopération Intercommunale EPCI. En outre, la gestion du cours d'eau est également menée par la fédération de pêche de l'Indre-et-Loire plus particulièrement par les AAPPMA. Cette organisation participe à une échelle très locale. Cette segmentation entre les acteurs participant à la gestion complexifie la réalisation et confère de nouvelles compétences aux communes. L'Action Publique Territoriale et d'Affirmation des Moyens de Gestion des cours d'eau naturels et les moyens de l'Etat sont gérés par le Syndicat d'Aménagement de la Vallée de l'Indre, Saumur, Montbazoum entre autres participe à la gestion, la re dans le but premier de prévenir les risques d'inondation. Le Syndicat d'Aménagement de la Vallée de l'Indre, Loches Sud ainsi que la Métropole de Tours (Figure 40).

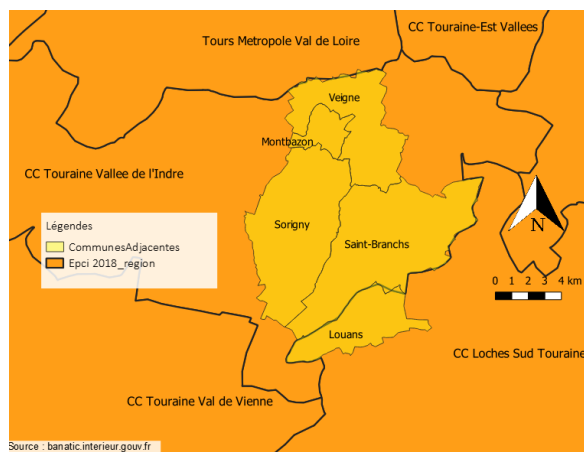


Figure 39 : EPCI englobant le bassin versant

acteurs participant à la gestion complexifie la réalisation de projets pérennes. En parallèle, la législation évolue et confère de nouvelles compétences aux communes par le biais de la loi de Modernisation de l'Action Publique Territoriale et d’Affirmation des Métropoles, MAPTAM, qui relie les compétences de gestion des cours d’eau naturels et les moyens de protection contre les inondations. Toutefois, le Syndicat d’Aménagement de la Vallée de l’Indre, SAVI, créé en 1983 par les communes de Veigné et Montbazou entre autres participe à la gestion, la restauration et l’entretien de l’Indre et ces affluents dans le but premier de prévenir les risques d’inondation. Son territoire s’étend sur les Communautés de Communes Touraine Vallée de l’Indre, Loches Sud Touraine, Chinon Vienne Loire, Bléré Val de Cher ainsi que la Métropole de Tours (Figure 40).



Figure 40 : Territoire d'action du SAVI

La gestion des cours d’eau et la protection de cette ressource sont impulsées par la Directive Cadre sur l’Eau approuvée en 2000 dont la Loi française sur l’Eau et les Milieux Aquatiques LEMA a découlé en 2006. Différents acteurs contribuent au respect de cette loi et à son évolution (Figure 41 et Tableau 25). L’Etat par le biais du Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire est responsable de la bonne

mise en place des lois grâce à une bonne transmission de celles-ci auprès des autorités compétentes. L'AFB contribue également à la bonne diffusion des lois concernant la biodiversité. La police de l'eau et de la pêche participe à la surveillance des pratiques des usagers. Elle se décline sous deux formes ; la police administrative et la police judiciaire. La première réalise un suivi des demandes de déclaration et d'autorisations pour les installations, les travaux pouvant engendrer un risque de rejets au niveau du cours d'eau. Gérée par le préfet, la DDT, instruit les dossiers qui sont donc acceptés ou non par le préfet.

Concernant les sanctions, elles peuvent être soit une amende, une mise en suspension de l'activité, la demande de réhabilitation ou même la demande de cessation d'activité. Tandis que, la police judiciaire est gérée par le Procureur de la République et le contrôle est réalisé par l'AFB, la gendarmerie, les garde-pêche, etc. Les sanctions peuvent aller du simple procès-verbal aux poursuites judiciaires.

Ensuite, le Préfet représente l'interlocuteur principal entre l'Etat et les échelles institutionnelles inférieures. On distingue le Préfet et le Préfet coordonnateur ; celui-ci est spécialisé dans le maintien de la législation sur l'ensemble du bassin versant. Le Préfet assure le bon respect des lois en surveillant les actes des collectivités. Au niveau du bassin versant, le pouvoir est scindé entre le comité de bassin qui précise les orientations de gestion pour le bassin versant et les Agences de l'Eau qui soutiennent financièrement les usagers par le biais d'aides, elles reçoivent des redevances présentes dans le prix de l'eau. La DREAL permet la visualisation des données cartographiques des zonages réglementaires comme Natura 2000, N2000 Directive oiseaux, Zone UNESCO, la localisation des captages, etc. mais également les limites des Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux, SAGE.

Toutefois, le bassin versant du Bourdin n'est concerné par aucun SAGE. A l'échelle du bassin versant, la gestion de la ressource piscicole est assurée par la fédération de pêche de l'Indre et Loire ; en effet, elle précise les règlements à suivre pour une bonne pratique de la pêche. De plus, elle délivre les cartes de pêche qui limite la pêche abusive et le braconnage. La Fédération des Associations Agréées de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques, FDAAPPMA, contribue également à la restauration et à la protection de la biodiversité aquatique. Cette association créée par des passionnés de pêche assure une gestion très locale et donc adaptée à chaque typologie de milieu. Enfin, les communes et EPCI comme les syndicats intercommunaux, les communautés des communes, etc. doivent développer les compétences de Gestion des Milieux Aquatiques et des Protection contre les Inondation, GEMAPI, afin de réaliser à une échelle locale des travaux de restauration et de protection des milieux tout en limitant les risques d'inondation.

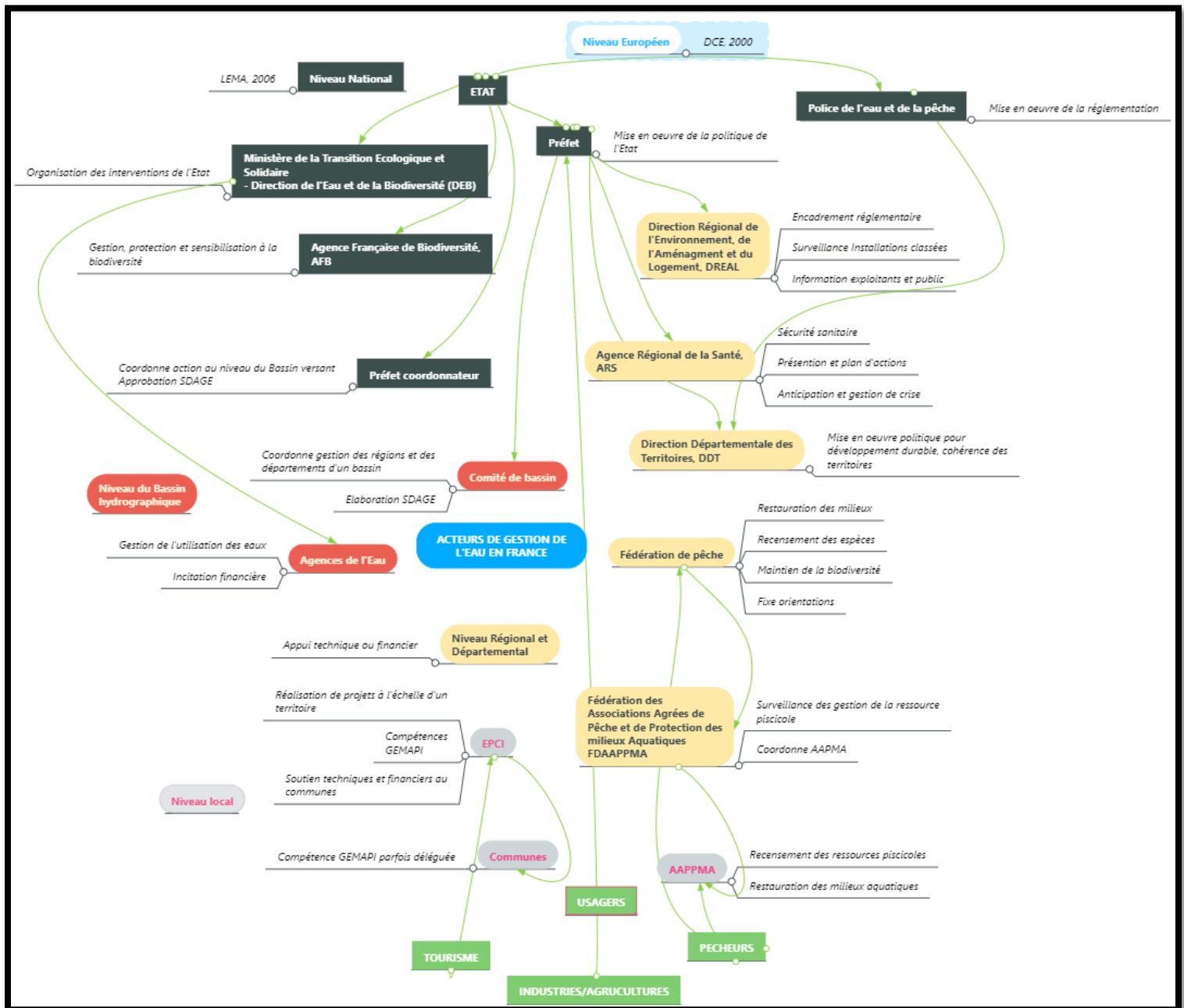


Figure 41 : Organisation entre les acteurs de la gestion de l'eau en France

Tableau 25 : Liste des acteurs de la gestion de l'eau en France

Echelle	Acteurs	Rôles	Outils
Nationale	Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire	Impulse la gestion à l'échelle nationale, mise en œuvre de la politique liée à l'écologie et la protection de la biodiversité	DCE 2000
	Agence Française pour la Biodiversité (AFB)	Assure la bonne mise en œuvre de la politique liée à la biodiversité Conseil auprès des professionnels	Réalisation de guide technique Mise à disposition de bases de données (Ponapomi)
	Office International de l'Eau (OIEau)	Transmettre l'information, former pour la gestion des eaux, développer des capacités d'expertise	Moyens techniques pour l'avancée technologique : autosurveillance des STEP, application de suivi de consommation en eau...
	Police de l'eau et de la pêche	Garantir la préservation de la qualité de l'eau et des milieux aquatiques	Dossier de déclaration ou d'autorisation Sanctions pénales ou administratives
Intermédiaire	Préfet et Préfet coordonnateur	Représentant de l'Etat, il assure la bonne mise en pratique des politiques par les collectivités locales	Arrêtés de protection, périmètre de zonage de protection
Bassin versant	Comité de bassin	Elaboration d'un politique de gestion à l'échelle du bassin	SDAGE
	Agences de l'Eau	Organisme exécutif qui assure la mise en pratique de la politique de gestion du bassin	Redevances perçues, aides distribuées et principe de pollueur-payeur
Régionale - Départementale	Direction Régionale de l'Environnement, l'Aménagement et du Logement, DREAL	Mise en œuvre d'une politique de protection et gestion de la ressource en eau. Protection du patrimoine naturel	Inventaire naturel, zonage réglementaire, Plans Nationaux d'Actions (PNA)
	Fédérations de pêche	Protection de la biodiversité, développement de la pêche, de l'éducation autour des cours d'eau douce	Recensement piscicole, déclaration de capture des salmonidés, "reempoisonnement", carte de pêche
	Fédérations des Associations Agréées de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques	Mise en valeur et surveillance du domaine piscicole départemental	Inventaire piscicole
Territoriale	EPCI (Syndicat, Communauté de communes, d'agglomération...)	Soutien financier et/ou technique aux communes pour la mise en œuvre de la GEMAPI	Contrat territorial, SAGE
Communale - Locale	Communes	Mise en œuvre de la GEMAPI	SAGE, PLU (zonage communal), principe de pollueur-payeur
	Associations Agréées de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques	Gestion des droits de pêche Protection des milieux aquatiques Mise en valeur du domaine agricole	Parcours de pêche

Le SDAGE est appliqué sur l'ensemble du bassin versant Loire-Bretagne et précise les objectifs de gestion afin de protéger la ressource en eau ainsi que la biodiversité. Son élaboration débute par un état des lieux des caractéristiques du bassin versant comme la sensibilité à l'érosion, la présence de poissons migrateurs, les captages, etc. Concernant le Bourdin, il n'apparaît pas sur les cartographies puisqu'il s'agit d'un petit cours d'eau non permanent. Cet état des lieux permet de déterminer les grands objectifs à suivre pour atteindre le bon état du bassin versant. Ces objectifs dépendent de la typologie de la masse d'eau et concernent l'aménagement du cours d'eau, la réduction des pollutions azotées, bactériologiques, organiques ou encore par les pollutions engendrées par les pesticides, la maîtrise des prélèvements et la préservation des zones humides soit de la biodiversité mais également

assurer une gestion cohérente et pérenne en sensibilisant la population sur l'importance des cours d'eau. Le bassin versant est segmenté en sous bassin sous forme de programme de mesures afin de réaliser un état des lieux précis par zones étudiées. Le Bourdin appartient au sous bassin de la Loire-moyenne (Figure 42). L'ensemble de ces programmes de mesures permettent de déterminer les grandes orientations sur le bassin versant. Il existe un autre outil de gestion à une plus petite échelle ; le contrat de milieu pouvant se décliner en contrat de rivière, de lac, de baie ou de nappe. Il correspond à un accord entre différents acteurs pour une coopération technique et financière afin de gérer une entité hydrographique. Toutefois, le bassin versant du Bourdin n'est pas concerné par un contrat de rivière. Le SAVI a signé deux contrats territoriaux de restauration avec l'Agence de l'eau afin d'améliorer la qualité des eaux et des milieux à l'horizon 2015. Le Bourdin appartient au contrat situé entre Pont-de-Ruan et Courçay, il prévoit un programme de travaux entre 2014 et 2018 de 3 500 000€ financé à moitié par l'Agence de l'eau. Ce contrat est axé sur des travaux de restauration du lit mineur et des berges comme des opérations de reméandrage, renaturation du lit, protection de berges, plantation de ripisylve ou de rechargement en granulat. Il est également axé sur la restauration de la ripisylve, de parcelles riveraines, de la continuité écologique par des opérations d'arasement de seuils, par exemple.

Le cours d'eau rassemble différents usagers chacun ayant un impact différent sur le cours d'eau. Le Bourdin est peu connu comme étant un lieu de pêche attirant, mais il représente un patrimoine intéressant où des randonneurs apprécient se balader. En outre, le bassin versant est caractérisé par une forte pression agricole puisque de nombreux drains sont observables sur le cours d'eau. Les

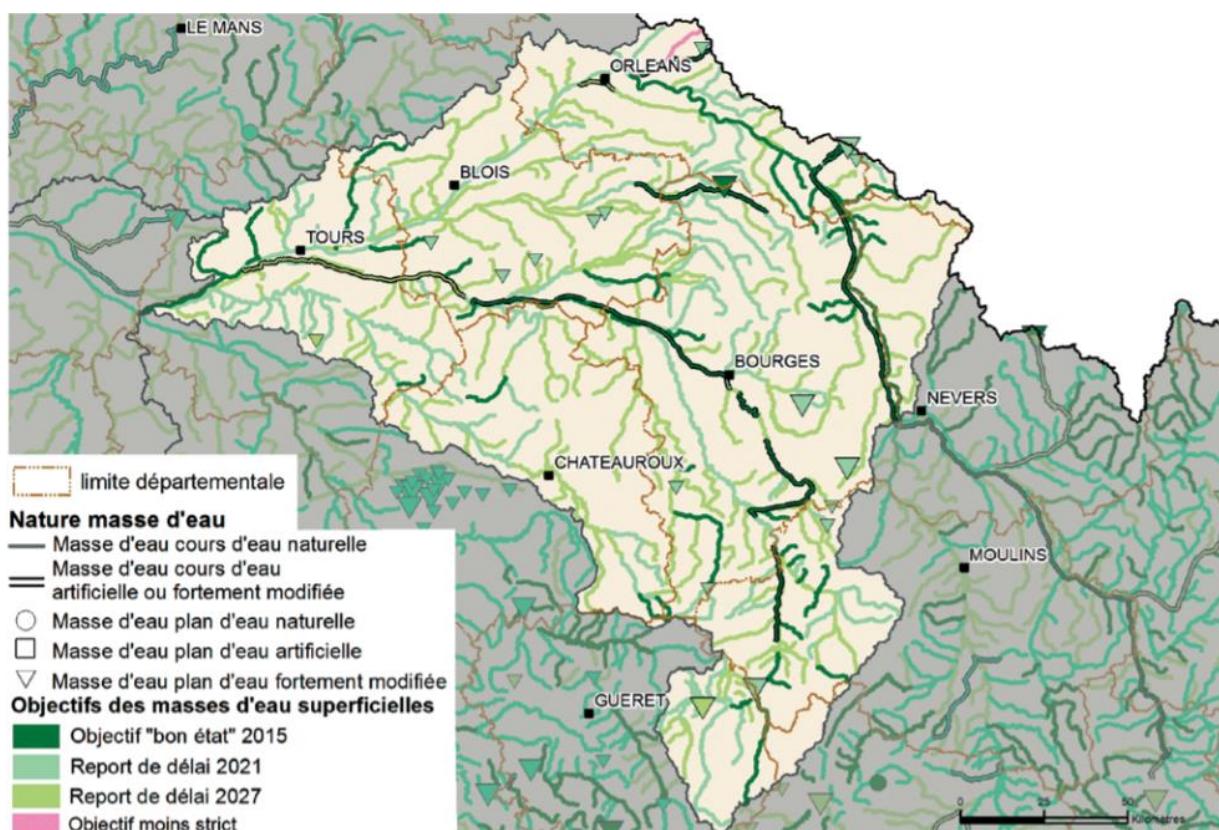


Figure 42 : Sous-bassin Loire Moyenne (Source : www.sdage-sage.eau-loire-bretagne.fr)

captages réalisés sont très importants, la base de données CARMEN montre que la Zone de Répartition en Eaux, ZRE, Souterraines s'étend sur l'ensemble du département Indre-et-Loire montrant ainsi une insuffisance des ressources par rapport aux besoins. Cette eau est utilisée par les industries pour la production de denrées mais surtout par les agriculteurs pour l'arrosage des cultures. Toutefois, cette eau prélevée est également destinée pour l'Adduction d'Eau Potable (Tableau 26).

Tableau 26 : Différents usagers du cours d'eau

Usagers	Associations	Utilisations	Actions	Présence sur le bassin versant
Agriculture		Arrosage/Drainage	Installations de drain, prélèvement d'eau, entretien des fossés agricoles	OUI
Industries		Eau de process/ Eau domestique	Prélèvement en eau	OUI
Pêcheurs	AAPPMA à Veigné	Loisir sportif	Entretien des zones rivulaires, de la ripisylve	NON
Randonneurs	Parcours le Bourdin à Saint-Branches Comité Départemental de la Fédération Française de Randonnée Pédestre pour l'Indre-et-Loire	Loisir sportif	Création de parcours aux bords du cours d'eau, modification des plaines inondables, ripisylve...	OUI

Le Bourdin est peu connu par l'ensemble des communes situées sur le bassin versant puisque sa gestion est réalisée par le SAVI. Ce cours d'eau regroupe très peu d'usagers puisque la navigation et la pêche sont difficilement envisageables. Toutefois, le cours d'eau et sa ripisylve représentent de jolies zones de promenade qu'il serait intéressant de mettre en valeur. Les principales problématiques liées à ce cours d'eau sont la présence de pollutions phosphatées en amont du bassin versant, la présence d'embâcles sur tout le linéaire du cours d'eau, une modification de la morphologie naturelle mais également des volumes d'eau prélevés bien trop importants.

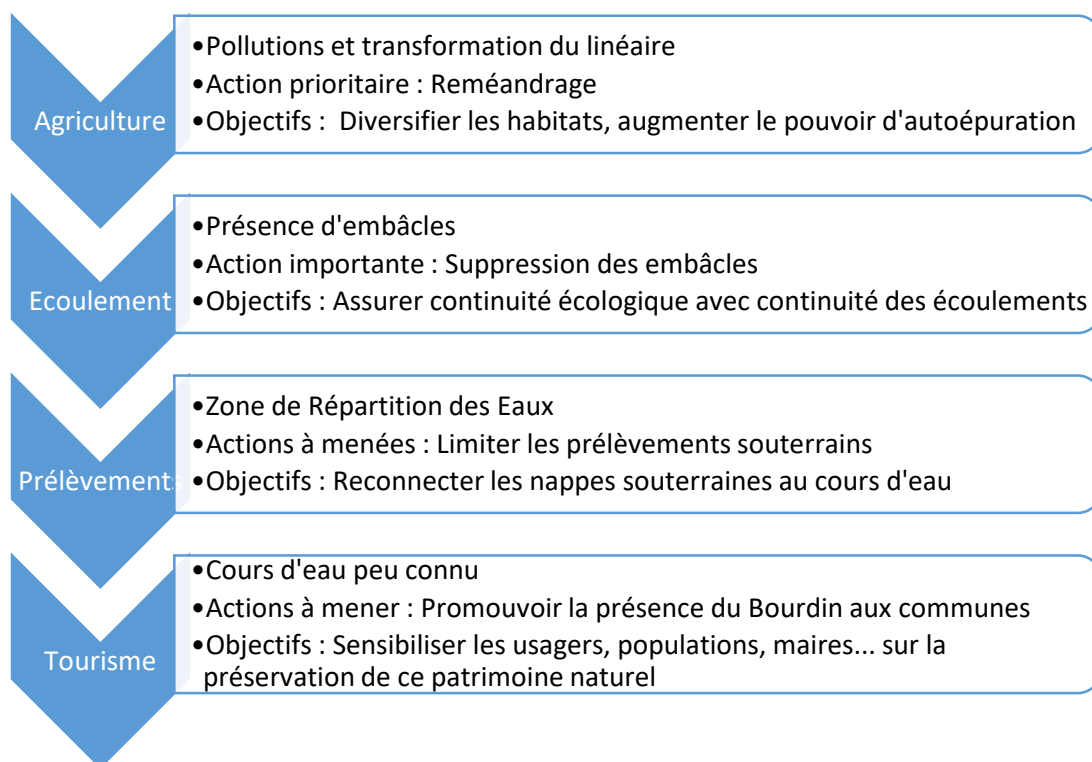


Figure 43 : Principales problématiques et solutions envisageables

Concernant l'enquête à réaliser, il est important d'interroger des particuliers ou des habitants ayant des exploitations à proximité du cours d'eau ainsi que les acteurs de gestion de celui-ci. Pour cela, la réalisation d'un entretien non directif est la méthode la plus appropriée puisqu'elle permet à la personne questionnée de répondre librement à un sujet donné. L'intérêt de cette enquête est de déterminer les usages du cours d'eau, son évolution au cours des années ainsi que la relation établit entre les usagers et le Bourdin. Ce cours d'eau est supposé peu reconnu par les usagers et peu plébiscité. Pour répondre à ces suppositions, les maires des communes, les habitants, le SAVI ainsi que la DDT ont été contacté afin de réaliser des entretiens (Tableau 27).

Tableau 27 : Principaux résultats des entretiens

Acteurs	
Communes	Les communes connaissent assez peu le Bourdin puisqu'elles ont délégué sa gestion au SAVI.
Agriculteurs	Les agriculteurs utilisent le cours d'eau pour drainer leurs parcelles. Au cours des années, ils ont observé une diminution importante du niveau de l'eau ce qui montre qu'il existe un impact important sur les quantités en eau.
SAVI	Histoire du cours d'eau, le linéaire a été fortement impacté à cause de travaux en 1980 Précision leurs attentes, leurs activités, leurs objectifs...
DDT	Précision de leurs rôles Pas d'eaux usées rejetées dans le Bourdin Nombre de plans d'eau au km ² parfois dépassé Rejets eaux pluviales dans le Mardereau

Les différents acteurs du bassin versant confirment que le cours d'eau est bel et bien peu connu même en terme de tourisme ; toutefois, les usagers ont observé une dégradation du milieu au cours des dix dernières années.

Le bassin versant du Bourdin est peu connu des usagers du fait de périodes d'étiages importantes aboutissant à de faibles volumes d'eau. La problématique de gestion des eaux est importante. En soit, le Bourdin ne subit pas de pressions directement liées aux usages mais la modification de sa morphologie ainsi que la diminution du niveau d'eau montrent une surexploitation des réserves naturelles qui se renouvellent en plusieurs années. Il est alors nécessaire de redonner la dynamique naturelle au cours d'eau afin que ses écoulements redeviennent plus importants et que la biodiversité puisse à nouveau s'établir.

5. Synthèse de l'état des lieux des pressions sur l'eau et les milieux aquatiques à l'échelle du bassin versant

5.1 Détermination de la sensibilité à l'érosion

L'érosion hydrique désigne les processus de détachement, de transport et de sédimentation du sol qui est une des principales formes de dégradation des milieux. Cette érosion est un phénomène naturel qui peut être fortement accentué par l'action de l'Homme et notamment avec l'agriculture. Aussi sera calculé dans cette partie la sensibilité à l'érosion du bassin en s'appuyant sur le modèle MESALES. (Degan et al. 2015).

Pour cela trois paramètres majeurs sont utilisés, qui représentent les principaux facteurs de cette érosion à savoir : le taux de couverture des sols, la pédologie et la topographie. (Figure 44)

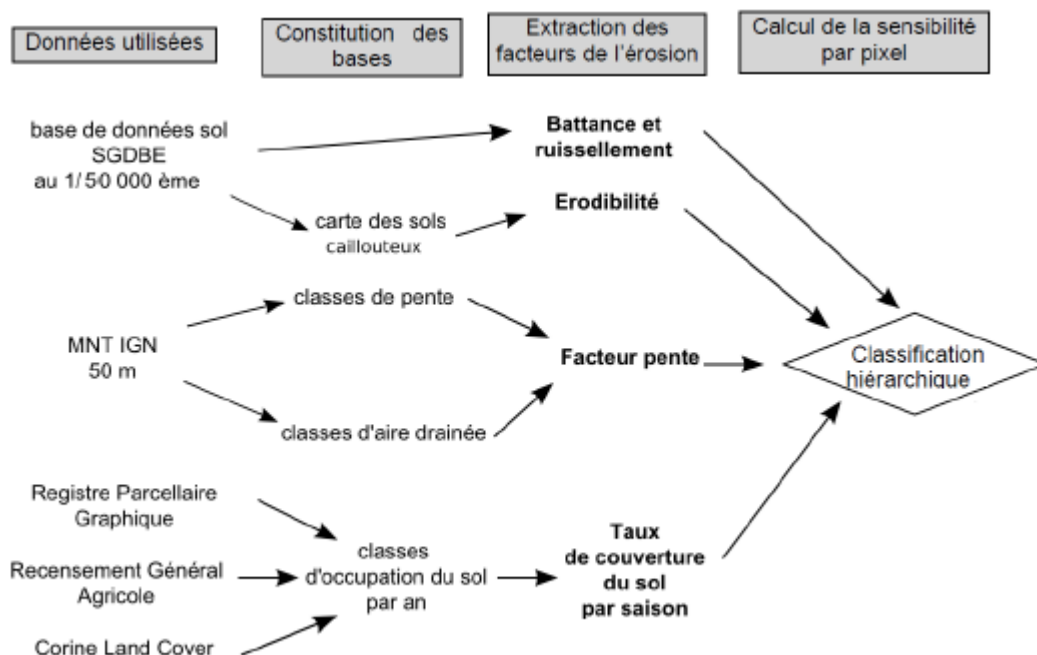


Figure 44 : Organigramme des étapes de la construction de la carte de la sensibilité érosive (modifié, d'après Degan et al., 2015)

5.1.1 Etape 1 : Taux de couverture des sols

Dans cette première étape l'objectif est de connaître le taux de couverture du sol sur trois ans afin de connaître l'état de chaque parcelle face à la force érosive de la pluie, puisqu'une forte présence de végétation arrête la chute des gouttes de pluie qui ne tomberont pas sur le sol et qui donc réduiront l'érosion. Pour cela, est utilisé le registre parcellaire graphique (RPG) sur trois années (2014, 2015, 2016) afin de connaître les types de cultures présents sur notre bassin permettant d'attribuer à chaque parcelles un taux de couverture du sol. Cependant des changements sont nécessaires puisque le RPG n'intègre que des données annuelles et il est nécessaire pour le modèle MESALES d'avoir les variabilités saisonnières afin de connaître l'évolution de la couverture du sol en fonction du cycle saisonnier des cultures données par le calendrier cultural (Annexe 8). Ces modifications sont faites en fonction du Recensement Général Agricole (RGA). Les zones n'entrant pas dans le RPG sont superposées avec

Corine Land Cover (CLC) qui permettra de compléter les zones manquantes du bassin versant. (Annexe 9)

Nous pourrons ainsi à partir du calendrier agricole (Annexe 9), du code de chaque parcelle combinés sur trois ans fournis par Degan et al.(2015) (Annexe 10-11) et du tableau de conversion fourni par le rapport MESALES, obtenir le taux de couverture du sol pour chaque saison durant les trois années.

Le diagnostic présenté dans la partie occupation des sols a montré qu'il y a deux cultures majeures sur le territoire, au nord avec la présence majoritaire de blé d'hiver et au sud de maïs. Il devra donc y avoir un taux de couverture important au printemps et en été qui correspond à la période de présence des cultures sur le territoire, et des sols plus à nu en automne et hiver qui est la période principale de semis sur le territoire.

Une carte par saison de couverture du sol sur nos trois années est produite (Figure 45).

Hiver : Le taux de couverture des sols agricoles est plutôt hétérogène avec malgré tout une tendance générale pour des sols toujours nus ou à l'inverse toujours couverts qui représente respectivement 24,4 et 16,5% de la surface totale du bassin versant.

Printemps : La tendance générale de cette saison est au sol totalement recouverts, soit 39.8% de la surface totale du bassin. Par rapport à la saison précédente le territoire tend vers un taux de couverture des sols plus important.

Été : C'est la même tendance que pour le printemps mais avec des superficies encore plus importantes pour le taux de couverture des sols totalement recouverts, soit 56.6% de l'aire totale. Ce phénomène s'explique par la saison où les cultures plantées sont à leur phase de croissance maximale et donc ont un recouvrement maximal, tandis que pour celles récoltées au milieu de l'été, c'est la période la plus propice où il peut rester des résidus de cultures.

Automne : Durant cette saison le taux de couverture du sol se rapproche de celui constaté pendant l'hiver avec des sols majoritairement toujours nus (27.4%) ou à l'inverse toujours couverts (16.6%).

A partir de ces quatre cartes du taux de couverture du sol par saison sur trois ans, deux grandes tendances générales se dessinent, d'une part le printemps et l'été avec un recouvrement des terres agricoles très importants, près de 25% pour le printemps et plus de 50% pour l'été. D'autre part l'automne et l'hiver ont des sols nus sur la quasi-totalité de leur territoire. En outre la sensibilité érosive devra donc être certainement plus importante dans le deuxième cas puisque comme indiqué par Degan et al. (2015) l'occupation du sol est le premier facteur déterminant de la sensibilité érosive.

5.1.2 Etape 2 : Pédologie

Le but de cette étape est de déterminer d'une part la battance qui représente le caractère du sol à former une croûte en surface sous l'action de la pluie, qui avec la porosité des particules plus ou moins forte formeront une couche qui diminuera l'infiltration des sols, et d'autre part l'érodabilité qui est la capacité d'un matériau à être érodé par la pluie. La battance est déterminée avec la texture du sol (Annexe 12) et l'érodabilité avec la structure du sol.

Pour arriver à exploiter ces informations les cartes pédologiques textures superficielles du bassin versant du Bourdin à l'échelle 1:100000 ont été utilisées. (Annexe 13)

A partir de cette carte pédologique, des tableaux présentés (Annexes 14-15, d'une détermination de la texture dominante ainsi que du type de matériau est créée une carte en fonction des valeurs d'érodabilité (Figure 46) et une autre en fonction de l'indice de battance (Figure 47).

L'érodibilité sur le bassin versant est très faible puisqu'elle représente 72.3%, cependant à l'inverse pour l'indice de battance, 88.6% du bassin a un indice battance fort s'expliquant par l'omniprésence de limon sur l'ensemble du territoire d'étude.

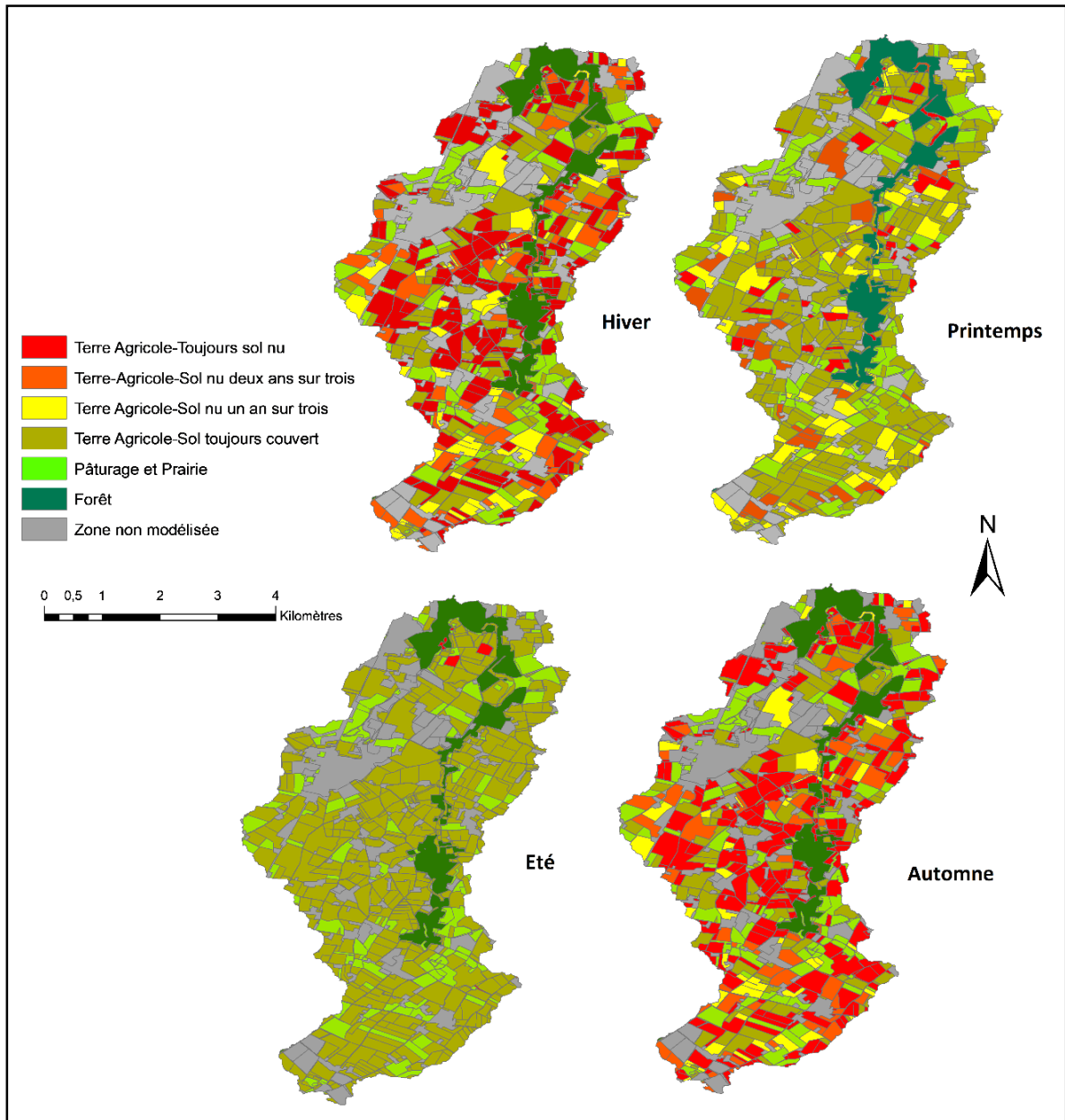


Figure 45 : Carte du taux de couverture saisonnier des sols du bassin versant du Bourdin (2014-2016)

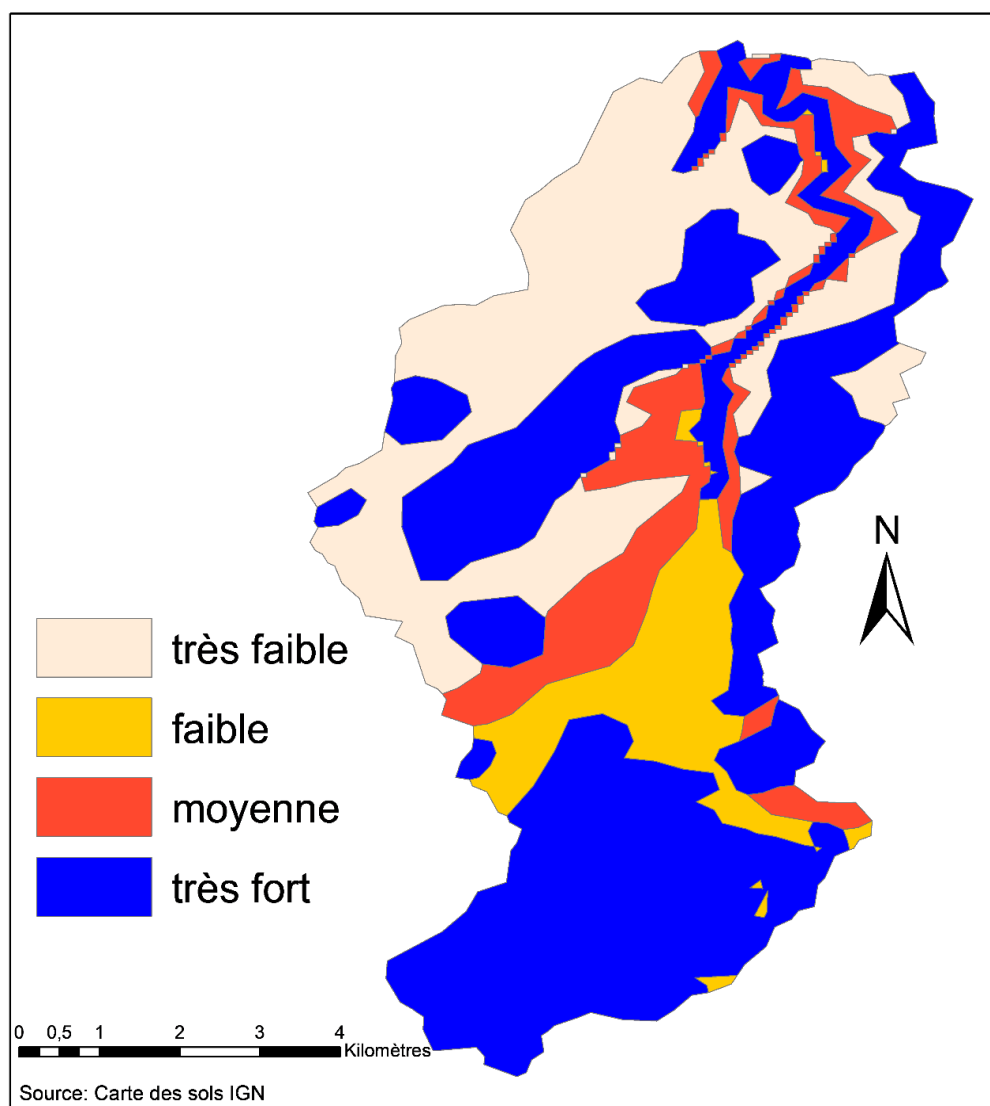


Figure 46 : Erodibilité du bassin versant du Bourdin

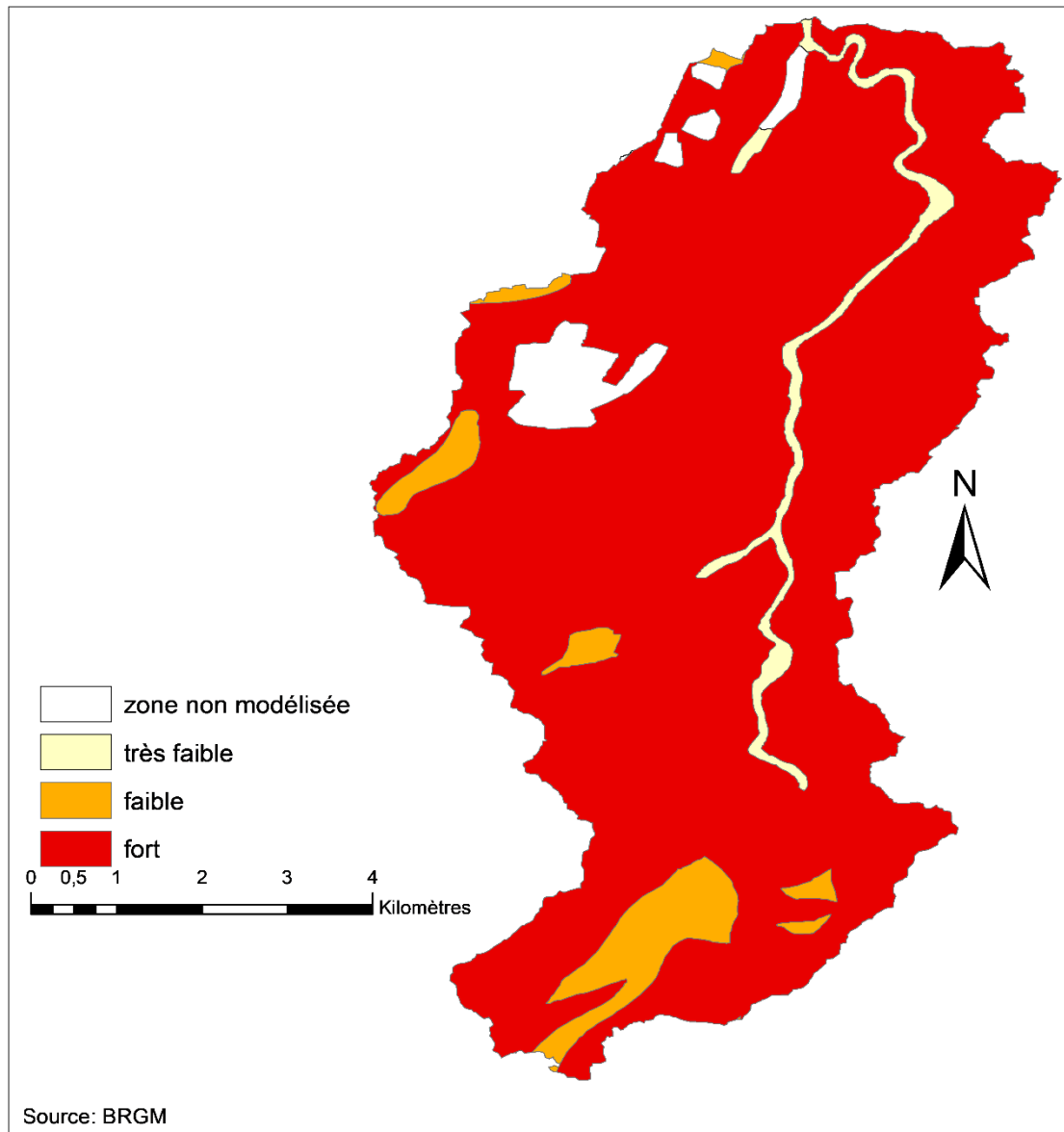


Figure 47 : Carte de la battance du bassin versant du Bourdin

5.1.3 Etape 3 : Topographie

L'objectif de cette dernière étape est de déterminer le facteur pente, calculé à partir du MNT et l'aire drainée, ce qui nous permettra de prendre en compte l'importance de la surface drainée en amont dans la concentration des flux d'eau.

Pour l'utilisation du MNT, un MNT à 50m est choisi car Degan et al. (2015) ont construit leur modèle à partir de ce MNT qu'il considère comme le plus représentatif pour le calcul des pentes au sein d'un bassin versant. Prendre un autre MNT même plus précis aboutirait à une incohérence dans la suite des étapes de la carte de sensibilité à l'érosion car l'arbre de choix construit par les différents facteurs est calculé et mis en place pour ce MNT. Ainsi le MNT à 5m bien que disponible gratuitement et plus précis que le MNT à 50m n'est pas utilisé (Annexe 16).

A l'aide du tableau fourni par Degan et al. (2015) (Annexe 18), des classes de pente sont obtenues pour l'ensemble du bassin versant (Figure 48). Cette carte fait transparaître un facteur pente principalement faible, avec une augmentation de ce facteur sur les zones représentant le Bourdin et ses affluents comme le Mardereau avec cette augmentation de plus en plus conséquente vers l'aval en étant maximale à son exutoire.

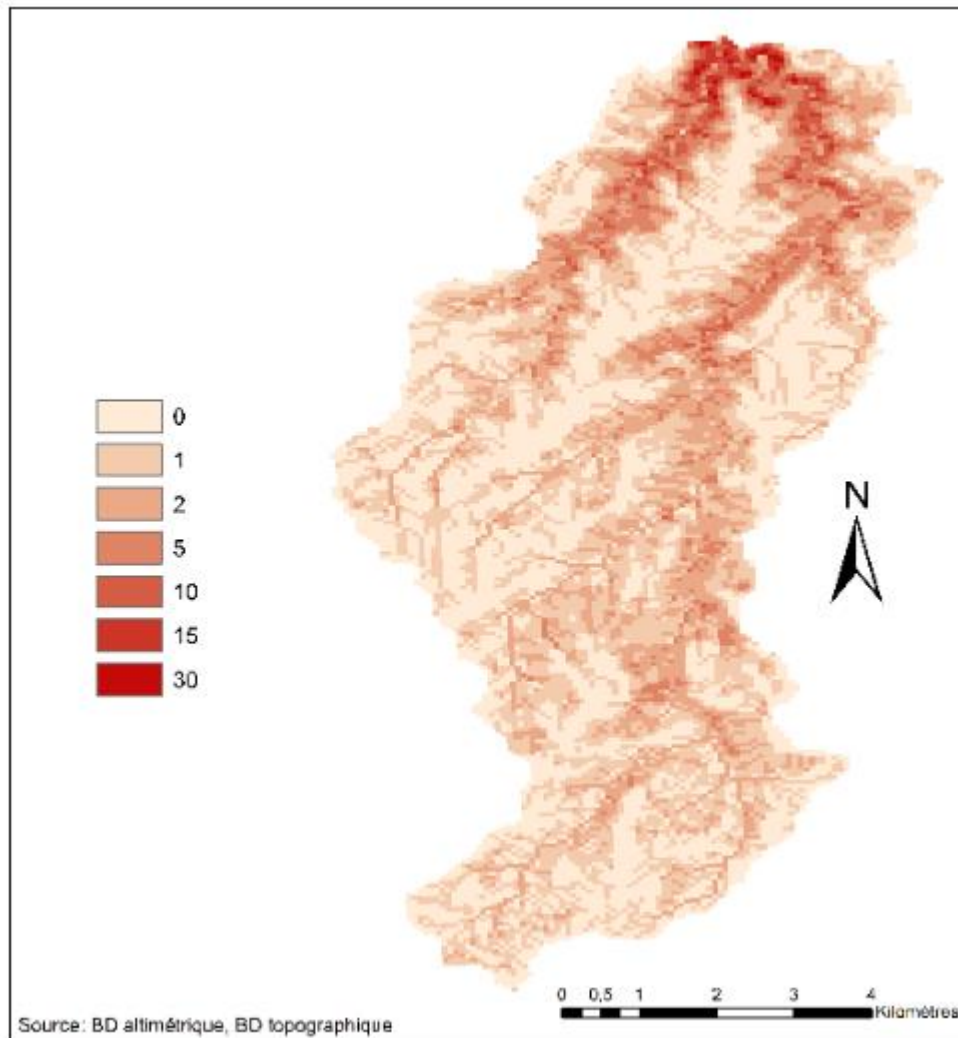


Figure 48 : Facteur pente du bassin versant du Bourdin

5.1.4 Résultats et interprétations

Il est construit à partir de l'arbre de décisions fournit par le modèle MESALES (Annexe 19) des cartes saisonnières représentant la sensibilité à l'érosion (Figure 49) à partir de tous les paramètres précédents.

Ainsi de manière générale le bassin versant du Bourdin a une sensibilité à l'érosion majoritairement faible à moyenne représentant sur toute l'année 36.9% des sols. Cependant, des différences apparaissent en fonction des saisons et cela principalement dues aux taux de recouvrements des sols, en effet à une échelle temporelle saisonnière c'est le seul paramètre susceptible de varier contrairement à la topographie ou encore à la structure des sols du territoire. D'une part il y a la carte de la sensibilité à l'érosion de l'été et du printemps ou pratiquement l'intégralité du territoire est en

sensibilité faible ou moyenne avec 48,6 et 47.4% respectivement, ce qui correspond à la conclusion faite pour le taux de recouvrement du sol de l'été du printemps à savoir que les parcelles sont protégées de l'érosion par la présence de cultures sur l'ensemble du territoire. Et d'autre part la carte de sensibilité à l'érosion de l'automne et l'hiver avec une présence non majoritaire mais pour le moins non négligeable sur l'ensemble du territoire de sensibilité forte à très forte, 7.5% pour l'hiver et 8.1% pour l'automne. Si l'on superpose la carte du taux de couverture du sol et la carte de sensibilité à l'érosion, la sensibilité forte correspond très majoritairement aux zones classées sans couverture. Il y a bien un lien direct entre le taux de couverture du sol et la sensibilité à l'érosion, de plus en regardant le type de culture majoritaire pour les zones avec une forte sensibilité à l'érosion, c'est principalement le blé qui ressort et donc pour diminuer cette sensibilité, il pourrait être intéressant de voir avec les agriculteurs une meilleure gestion des couvertures végétales comme par exemple en gérant les résidus.

Malgré tout il est important de comprendre la limite des résultats ici présentés. Premièrement sur l'échelle temporelle, puisque n'a été intégrés des taux de couvertures du sol uniquement sur trois ans, en prenant trois autres années consécutives les résultats auraient été différents puisque les rotations de culture sont non connues et sont susceptibles d'évoluer durant ce laps de temps. Il aurait été plus rigoureux de faire cette étude sur une bien plus grande période pour bien prendre en compte ces rotations. Deuxièmement pour la partie du taux de recouvrement, n'est pas tenues compte des cultures intermédiaires qui peuvent être mises en place par les agriculteurs et qui aurait pour conséquence d'augmenter le taux de couverture des parcelles et donc de diminuer la sensibilité à l'érosion. Sans oublier les linéaires entre les parcelles comme les bandes enherbées ainsi que les haies qui ne sont pas pris en compte par le modèle, et donc les valeurs de sensibilité à l'érosion obtenues représentent au final les valeurs maximales qui peuvent être trouvées avec une très forte chance qu'elles soient atténuées dans la réalité par les linéaires ainsi que les cultures intermédiaires et mixtes. Finalement il est important de comprendre que l'indice final obtenu ne reste que la sensibilité d'une parcelle à l'érosion, en aucun cas cette sensibilité ne signifie permet de identifier de manière sur les premières zones qui vont s'éroder. Cette sensibilité indique juste que plus l'indice est important et plus la probabilité que la parcelle s'érode est forte et inversement.

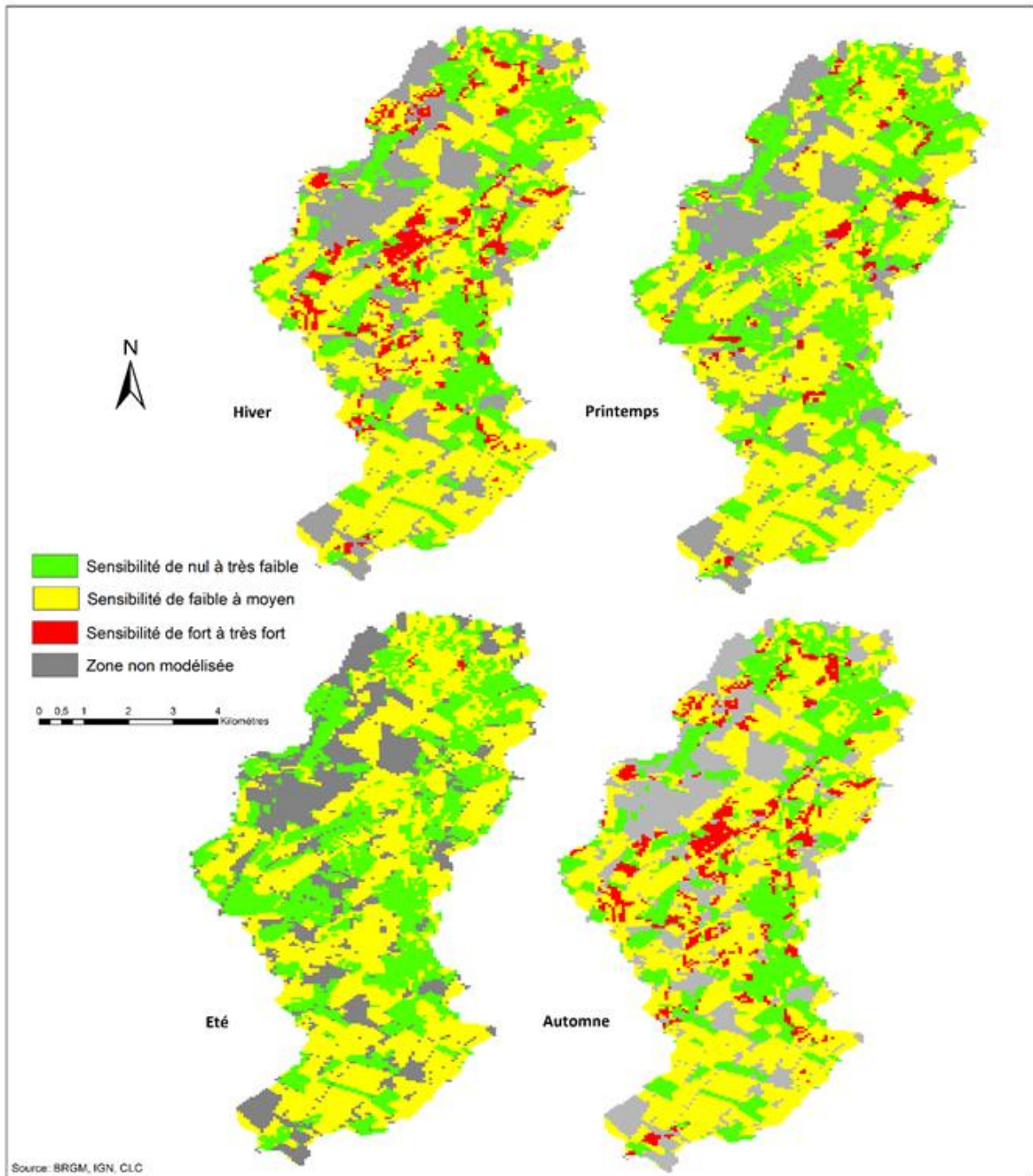


Figure 49 : Carte de la sensibilité à l'érosion selon les saisons

- Carte construite à partir du taux de couverture des sols, de la pédologie et de la topographie.
- Sensibilité érosive majoritairement faible surtout l'été et le printemps avec une influence principale du taux de couverture des sols. Sensibilité forte en automne et hiver sur des parcelles de blé majoritairement.
- Limite: Ne prend pas en compte les cultures intermédiaires ainsi que les haies et bandes enherbées. Echelle spatial de seulement 3 ans et ces valeurs ne représentent qu'un risque de sensibilité à l'érosion en aucun cas ce modèle ne dit que ce seront ces zones qui s'érodent en premier.

5.2 Vulnérabilité du bassin versant

Les émissions polluantes et dégradations de la dynamique du cours d'eau proviennent essentiellement de trois usages : domestique, industriel et surtout l'agriculture. L'ensemble des usages et de leurs impacts sur le bassin versant sont recensés ci-dessous : (Figure 50)

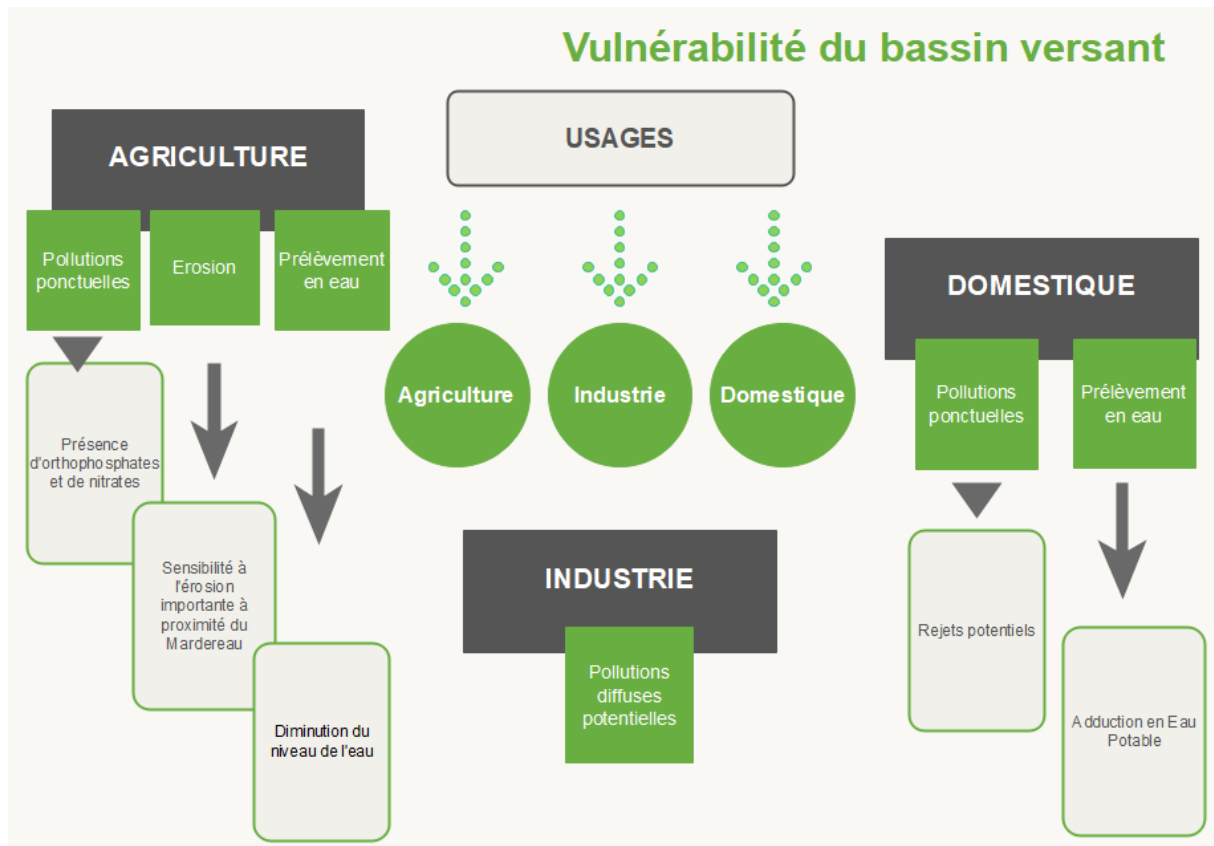


Figure 50 : Schéma récapitulatif de la vulnérabilité du bassin versant

6. Diagnostic

6.1 Atouts et Faiblesses, Opportunités et Menaces

L'état des lieux du bassin versant permet de classer les paramètres et analyses de ces paramètres selon quatre catégories : Atouts/Faiblesses - Opportunités/Menaces (Figure 51).

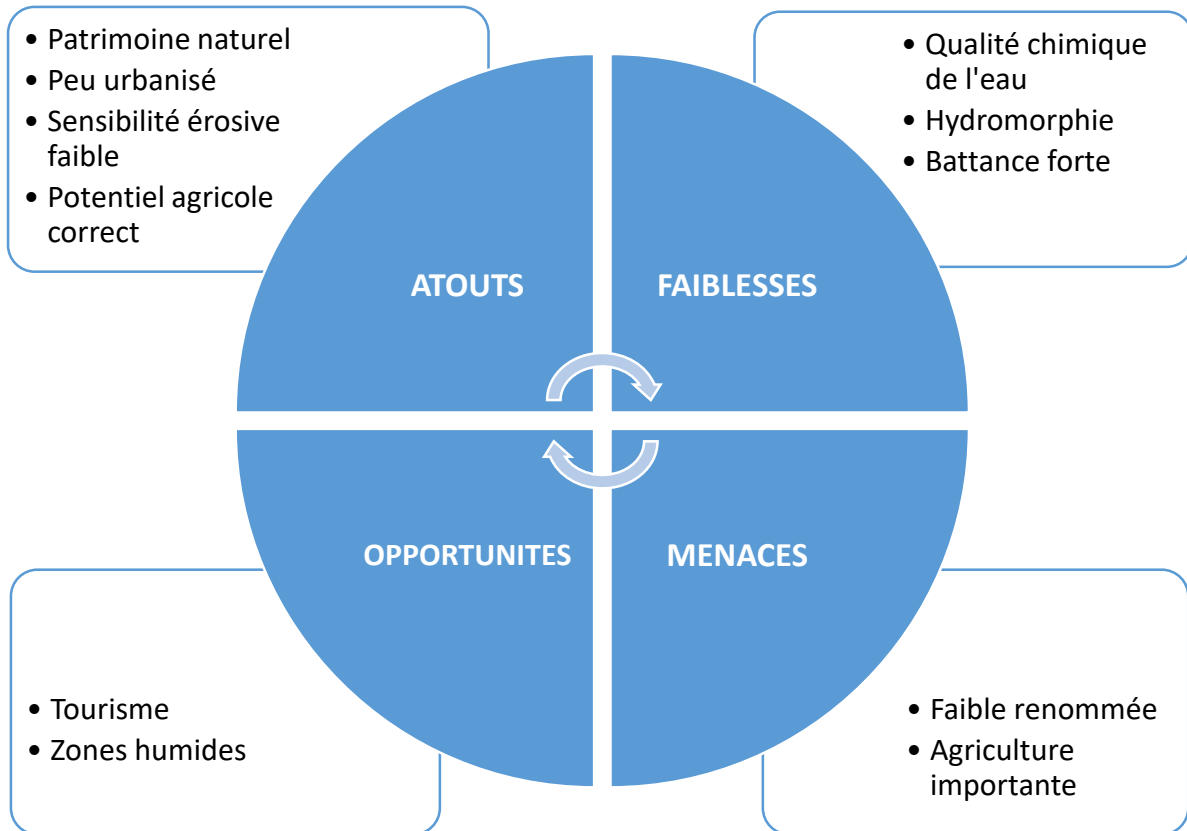


Figure 51 : Diagramme Atouts/Faiblesse-Opportunités/Faiblesses

Le diagnostic du bassin versant peut s'organiser de manière connectée (Figure 52). Les forces motrices identifiées sur le territoire sont l'agriculture et le patrimoine culturel (bâti existant et tourisme) qui engendrent des pressions. Ces forces sont hiérarchisées dans cet ordre : agriculture et patrimoine. L'aménagement agricole et les pratiques agroindustrielles soumettent le cours d'eau à un important apport d'intrants, tandis que la présence d'étangs a engendré la mise en place de structures en travers tels que des seuils. Pour l'agriculture, ces pressions ont des impacts pouvant se traduire par une altération de la qualité des sols et de l'eau, de par l'ajout de nutriments (organiques et minéraux) et la perturbation des écosystèmes. Quant aux ouvrages en travers, ils perturbent la continuité sédimentaire et biologique du milieu. Ces impacts influencent des composants du bassin versant (sols, eaux). Les états et les impacts sont interconnectés du fait que le mauvais état chimique et biologique est en lien avec l'ajout d'intrants et la pollution des eaux dans le cas de l'agriculture. L'état de la masse d'eau du bassin versant est donc mauvais. De même, le mauvais état morphologique et biologique est assimilable à la rupture des continuités qui est liée au patrimoine culturel du bassin.

Des projets d'aménagement pouvant réduire les impacts et améliorer les différents états ont été proposés de manière à conserver les forces motrices du bassin versant. Ces propositions sont priorisées d'après la hiérarchisation des forces, c'est-à-dire que l'activité agricole sur le bassin versant

sera en priorité modifiée. Le développement de zones tampons aux débouchés des drains agricoles et en bord de cours d'eau vont améliorer les aspects relatifs à l'agriculture. Les différentes opérations sur les structures en travers (mise en place de seuils mobiles, d'arasement partiel ou total) vont dans le sens d'une amélioration de la continuité sédimentaire et biologique.

De plus, l'efficacité des projets vis-à-vis de la bonne atteinte des objectifs fixés, sera suivie par un programme de gestion précis.

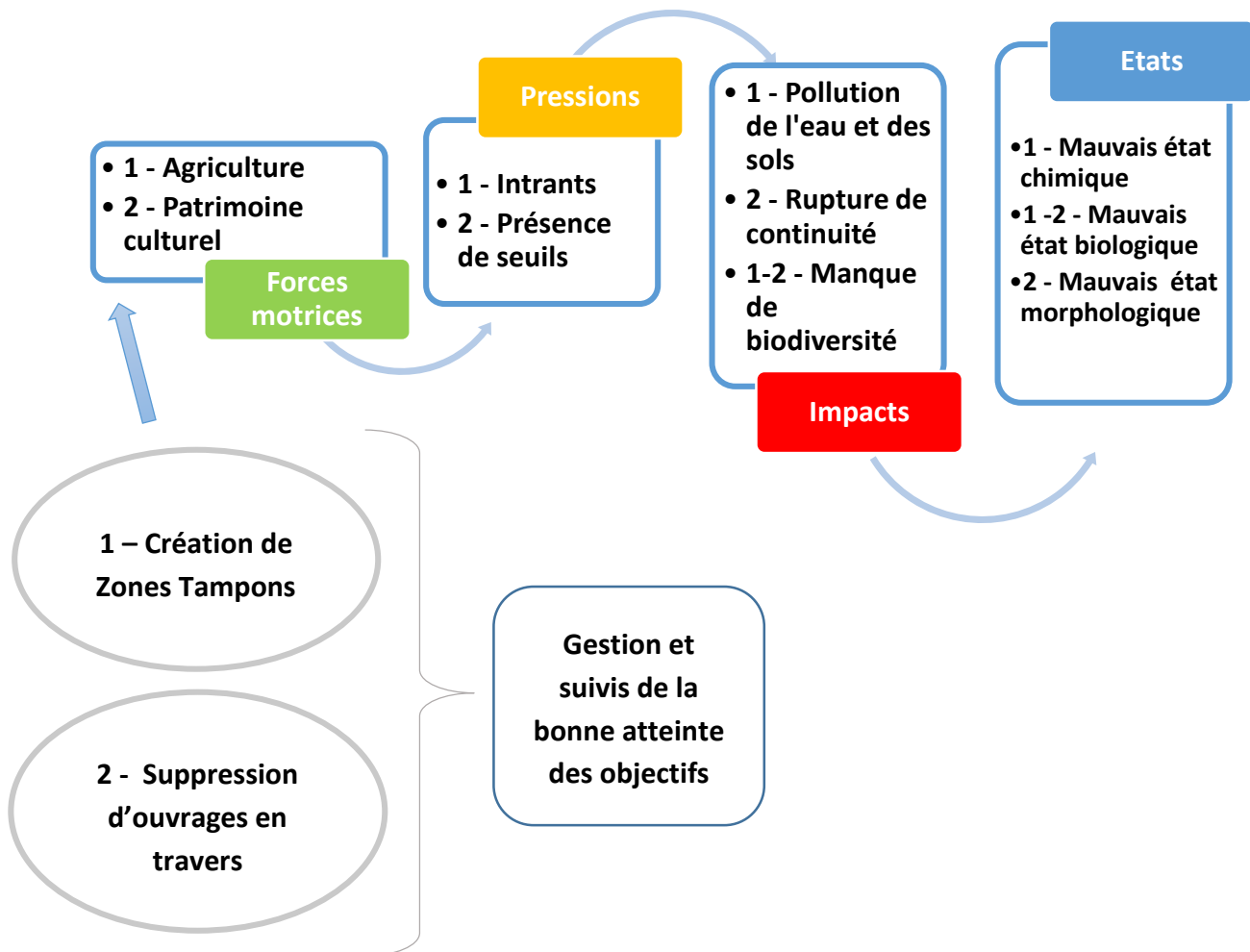


Figure 52 : Hiérarchisation des gestions limitant les effets négatifs des forces sur le bassin versant

Deuxième partie :
Enjeux, objectifs et
préconisations

7. Mesures d'aménagement de l'espace

7.1 Création de Zones Tampon Humides Artificielles (ZTHA)

Le deuxième aménagement que nous proposons correspond à la mise en place de zones humides artificielles à l'amont du bassin versant (Figure 53 et Tableau 28). En effet, nous avons constaté que c'est à cet endroit que débouche le plus de drains dans le Bourdin.

Le cours d'eau est considéré comme cours d'eau au titre de la Loi sur l'eau, il est donc interdit de le modifier. Nous créerons donc des zones humides artificielles entre la source de la pollution et le Bourdin, c'est-à-dire au niveau de parcelles se situant entre les champs et le Bourdin.

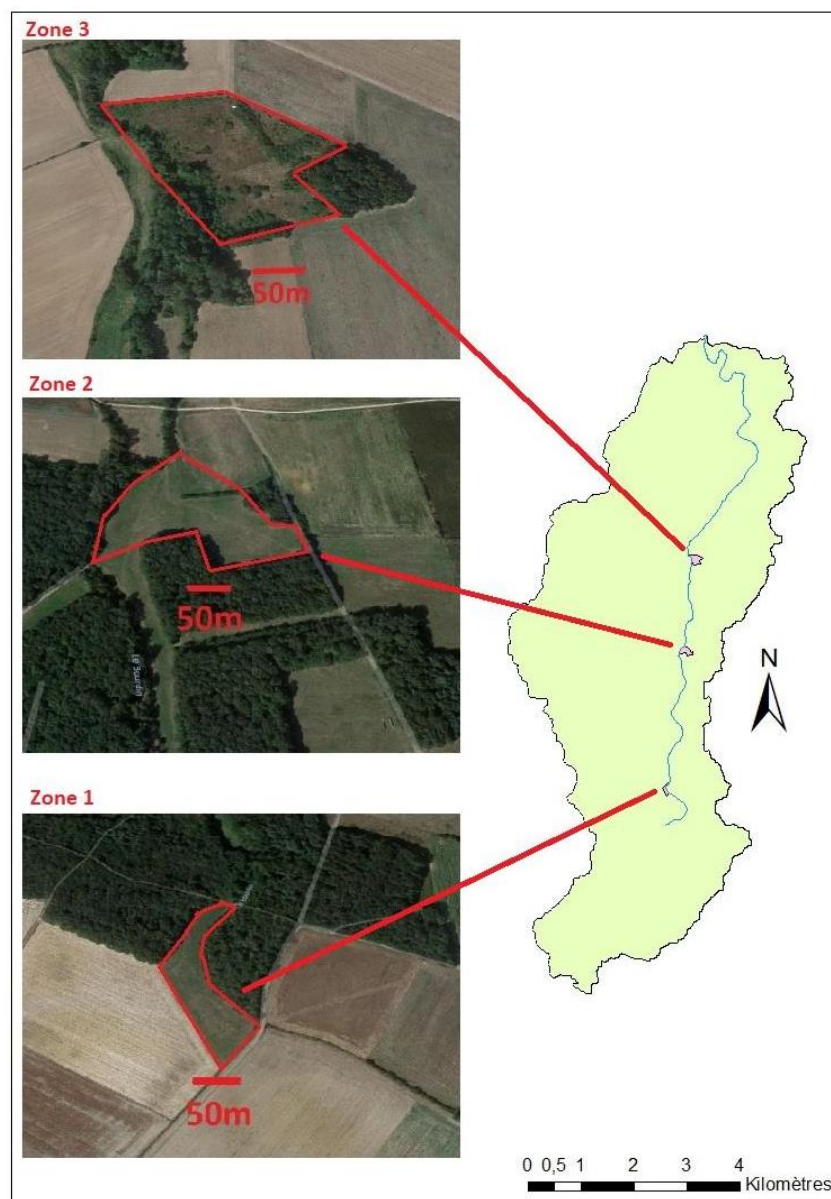


Figure 53 : Localisation des zones tampon humides artificielles (Source : Google Earth)

Tableau 28 : Superficie des zones tampon humides artificielles en projet (Source : Arcmap)

Zones	Aire (en m ²)
Zone 1	12 204
Zone 2	26 862
Zone 3	31 987

Si nous constatons une amélioration de la qualité de l'eau grâce à ces zones humides, nous en créerons de nouvelles afin de traiter la plus grande quantité des eaux de drainage.

Ces zones permettent de réduire les transferts en nitrate et en pesticide des eaux de drainage. L'excès de nitrate favorise la croissance excessive des algues, aussi appelée dystrophie. Cet excès diminue la teneur en oxygène dans l'eau, ce qui peut devenir très néfaste pour la faune et la flore du milieu. L'interception des eaux dans un bassin de rétention hydraulique permet à celles-ci d'être épurées grâce à des processus naturels et donc à l'ingénierie écologique. (Figure 54)

La création de cette zone humide artificielle passe par un diagnostic du territoire, un choix judicieux d'implantation, de nombreux travaux ainsi qu'un entretien a posteriori.

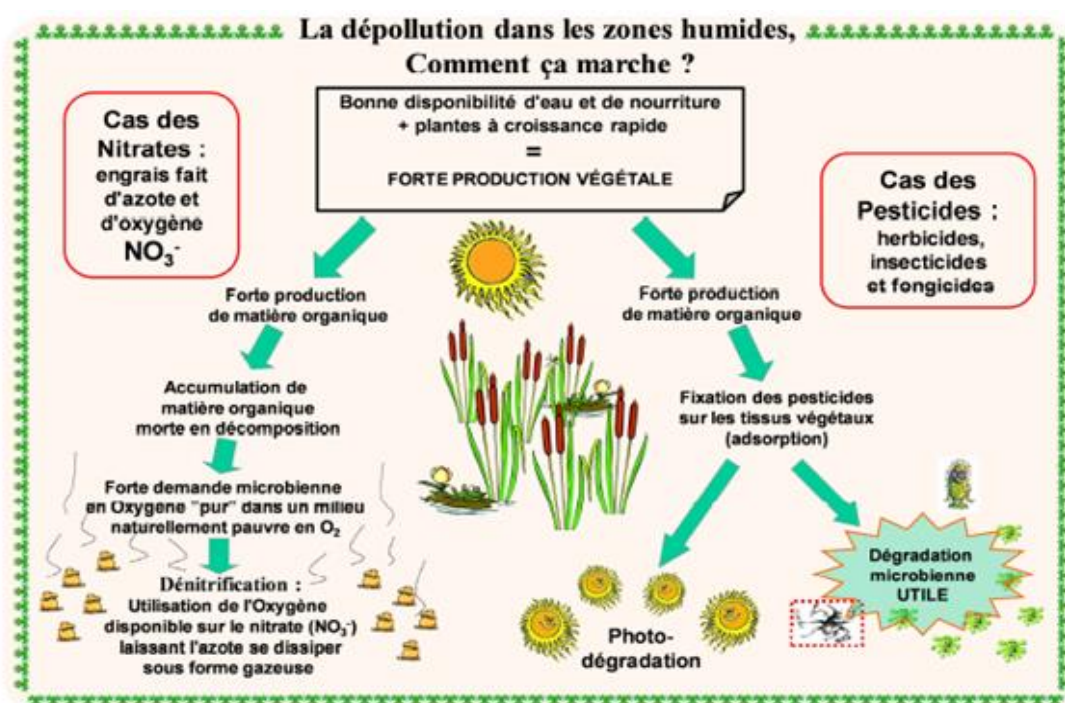


Figure 54 : Schéma des principales réactions dans une ZTHA (Source : ONEMA, irstea)

7.1.2 Etape 1 : Diagnostic hydrologique et localisation

Cette étape permet d'améliorer les connaissances qu'on a du territoire sur lequel on veut implanter la ZTHA, et ainsi de bien comprendre le fonctionnement hydrologique de la zone. Cela permet d'adapter au mieux le bassin créé. Il sera donc important de définir la part du drainage agricole, les chemins d'écoulement mais aussi de quantifier le ruissellement de surface et l'infiltration dans les nappes souterraines.

Afin de créer le bassin à l'endroit le plus approprié, il est important de prendre en compte la zone avec le plus de drainage ainsi que celle avec un intérêt environnemental important. Afin d'être la plus efficace possible, la ZTHA doit être implantée en amont du bassin versant, et si possible au plus près

des exutoires des drains, afin de capter la pollution agricole au plus près de sa source et d'éviter la dilution des polluants.

Il est nécessaire de réaliser une étude topographique sur la zone d'implantation de la ZTHA, car il faut un dénivelé d'au moins 0,5m entre l'exutoire des drains et la sortie de la ZTHA pour stocker un volume d'eau suffisant. (Tableau 29)

Tableau 29 : Topographie de la zone 2 (Source : MNT 5m)

Altitude (en m)	
Point d'entrée de la zone humide	97
Point de sortie de la zone humide	93

Une étude géotechnique doit aussi être menée, pour s'assurer de l'étanchéité de la couche du fond, car il faut que cette couche soit imperméable pour créer un bassin de rétention.

7.1.3 Etape 2 : Conception

Afin d'éviter l'effondrement et l'érosion des berges, une pente douce des berges sera privilégiée (2/1 ou 3/1). L'entrée et la sortie du bassin ne doivent pas être situées l'une en face de l'autre afin d'éviter les courts circuits hydrauliques, il serait donc intéressant de créer des diguettes.

D'après le guide (ONEMA, Irstea), un ratio longueur/largeur compris entre 3/1 et 5/1 devra être appliqué, car la surface du bassin versant à drainer sera supérieure à 1000 m².

Le temps de séjour hydraulique dans le bassin doit être calculé afin de contrôler le débit dans le bassin. Ce débit pourra être modifié grâce à l'ouverture et à la fermeture des vannes d'entrée et de sortie du bassin. En effet, si l'objectif est de réduire la concentration en nitrates par exemple, des études ont montré qu'un temps de séjour d'une semaine serait suffisant pour réduire la concentration de moitié.

Voici la formule à utiliser afin de calculer le temps de séjour hydraulique :

Temps de séjour hydraulique : $T \text{ (en s)} = V(m^3) / Q(m^3/s)$

Aucune donnée concernant le drainage, le ruissellement et l'infiltration dans les nappes n'a été prise en compte par manque d'accès à ces données.

Ainsi, il est compliqué de réaliser un calcul du volume de bassin nécessaire pour la zone.

Cependant, dans la notice explicative de la carte pédologique de Bléré, (Boutin et al., 2000), il est mentionné que le débit ordinaire du Bourdin vaut 0,22 m³/s.

Une zone tampon humide artificielle permettant de traiter des eaux ayant un débit de 0,01 m³/s a été dimensionnée, car seuls quelques drains déboucheront dans la zone. Cette zone tampon ainsi dimensionnée permettra un temps de séjour hydraulique d'environ une semaine. (Figure 55)

La zone aurait donc une hauteur de 4 mètres, une largeur de 30 m et une longueur de 100 m.

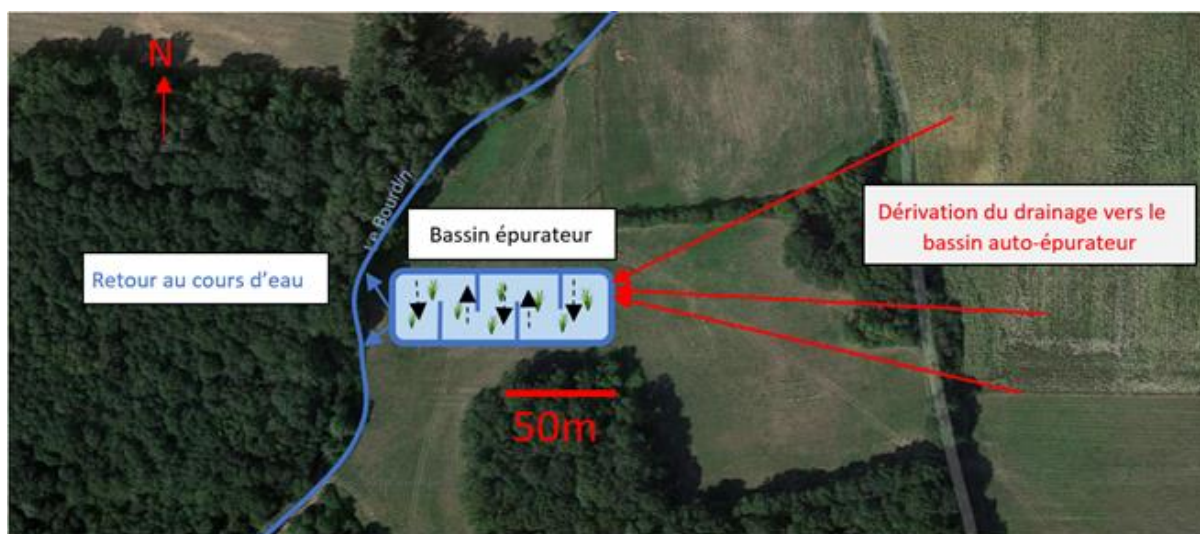


Figure 55 : Schéma de la zone tampon humide artificielle

7.1.4 Etape 3 : réglementation et financement

L'article 5.214-1 du code de l'environnement stipule que les « Installations, Ouvrages, Travaux et Activités » qui ont un impact sur les milieux aquatiques sont soumis à une procédure d'autorisation ou de déclaration dite Loi sur l'eau. Il sera donc nécessaire d'obtenir cette autorisation avant tout aménagement.

Afin de calculer le coût du projet, les données de l'étude réalisée par le guide ont servi d'appui. (guide ONEMA, Irstea) (Tableau 30).

Tableau 30 : Budgétisation de l'aménagement (Source : ONEMA, Irstea)

Action	Prix
Terrassement (par m ³ pelleté)	2€
Ouvrage d'entrée	1 000€
Ouvrage de sortie	1 000€
Etudes géotechnique, topographique et ingénierie	2 000€
Coût total	4 000€ + 2*nombre de m ³ pelletés

De nombreuses sources de financement peuvent être prises en compte dans le bassin versant, comme les MAEC (Mesures agroenvironnementales et Climatiques) et les aides aux investissements prévues dans les Programmes de Développement Rural Régionaux. Les collectivités peuvent aussi aider à financer ce projet, grâce aux aides financières proposées par les agences de l'eau et par les conseils régionaux et départementaux.

7.1.5 Etape 4 : Construction

Un terrassement est nécessaire pour avoir la profondeur et la géométrie du bassin souhaité. Ces travaux doivent être réalisés en période sèche du cours d'eau. Il est conseillé de garder la couche superficielle du sol afin de la remettre sur le fond du bassin, car elle est riche en matière organique et permettra des conditions optimales de croissance pour les plantes. Une couche d'argile sur le fond du bassin pourra aussi être ajoutée selon le résultat des études géotechniques. Cette couche sera compactée, ce qui permettra d'avoir un sol étanche.

7.1.6 Etape 5 : Plantation

Le choix des plantes à introduire dans le bassin s'effectuera en fonction de la hauteur d'eau attendue. Il faudra attendre environ 2 ans pour avoir une bonne couverture végétale.

De nombreux processus réalisés par les plantes ou grâce aux plantes sont bénéfiques pour un bassin épurateur. En effet, elles permettent la croissance des microorganismes, elles produisent de la biomasse qui est source de matière organique et qui rend donc possible les processus de dégradation comme celui de la dénitrification. Les plantes permettent le ralentissement des écoulements et donc une augmentation du temps de rétention de l'eau, ce qui favorise la sédimentation des particules. Elles créent de l'ombre à la surface de l'eau, diminuant l'apparition des algues, et elles stabilisent le sol grâce à leurs racines.

Dans la zone submergée, nous conseillons la plantation de macrophytes, comme les roseaux, les massettes et les nénuphars, car ils sont résistants aux variations de hauteur d'eau. Ces plantes permettent aussi de résister à l'invasion de mauvaises herbes.

Dans les zones semi immergées ; il est conseillé de planter des espèces dont les tiges sont plus petites, ce qui permet la réduction de l'érosion des pentes, et la réduction de mauvaises herbes. Nous proposons donc l'implantation de *Ranunculus flammula*, *Festuca arundinacea* et *Agrostis stolonifera*.(Figure 56)



Figure 56 : Photographie de *Ranunculus flammula* (à gauche), *Festuca arundinacea* (au centre) et *Agrostis stolonifera* (à droite)

7.1.7 Etape 6 : Maintenance

Cette dernière étape commence après la création du bassin. Il faut alors réaliser un entretien régulier, et mettre des panneaux signalant la présence du bassin et l'interdiction de baignade, ce qui correspond à des mesures de sécurité.

Ces aménagements permettent de traiter en partie les eaux de drainage, mais il reste important de coupler ces dispositifs à des actions préventives, qui permettent de limiter à la source la quantité d'apport en pesticides et en nitrates sur les parcelles agricoles. (*Voir mesure de gestion numéro 2*)

Cet aménagement aura non seulement un impact positif sur la qualité de l'eau, et nous espérons que cette zone humide sera un nouvel endroit de promenade le long du Bourdin.

7.2 Bandes enherbées

7.2.1 Réglementations

Les bandes enherbées correspondent à des zones tampons entre les cultures et le cours d'eau. Ces zones permettent d'intercepter et d'atténuer les transferts de contaminants d'origine agricole (produits phytosanitaires) et donc d'éviter de détériorer la qualité de l'eau.

Dans le but de préserver cette qualité des eaux, des zones de protection enherbées sont imposées à proximité de certains cours d'eau. Il existe plusieurs types de zones de protection selon les différentes réglementations en vigueur.

L'arrêté interministériel du 4 mai 2017 et l'arrêté préfectoral du 21 juillet 2017 impose à tous les utilisateurs des points d'eau du département d'Indre-et-Loire de respecter une zone non traitée (ZNT) d'au moins 5m de part et d'autre du point d'eau. La Direction Départementale des Territoires (DDT) d'Indre-et-Loire a donc cartographié les points d'eau à proximité desquels la ZNT doit être respectée.

L'Autorisation de Mise sur le Marché du produit (AMM) imposent aussi à tous ces utilisateurs de respecter une zone herbacée ou arbustive appelée Dispositifs Végétalisés Permanents (DVP) sur tous les points d'eau du département cartographiés par la DDP.

Le 6^{ème} programme d'actions Nitrate impose à tous les exploitants agricoles de mettre en place une bande enherbée de part et d'autre des cours d'eau cartographiés en zone vulnérable. Il s'agit d'une bande enherbée ou boisée d'au moins 5m (bande tampon).

Selon la conditionnalité des aides PAC, les exploitants percevant des aides (déclaration PAC) de tout le département doivent eux aussi mettre en place des bandes tampons BCAA (Bonnes Conditions Agricoles et Environnementales) d'au moins 5m à proximité du cours d'eau.

7.2.2 Aménagements

Afin de déterminer les zones ne respectant pas les réglementations concernant les bandes enherbées du bassin versant, nous avons procédé à une analyse par orthophotographie. La carte des bandes enherbées (Figure 57) nous permet rapidement de cibler les zones problématiques et donc à aménager. Nous constatons que ce sont les parties en amont du Bourdin et du Mardereau qui posent le plus de problème. En effet, ces zones sont celles qui sont les plus soumises à l'agriculture et donc aux problèmes de bandes enherbées. Cette carte répertorie le nombre de bandes enherbées présentes ou non de part et d'autre des cours d'eau. La couleur verte signifie qu'il y a bien présence de 2 bandes enherbées de 5m à proximité du cours d'eau, la couleur orange signifie qu'il n'y a qu'une seule bande sur deux et la couleur rouge signifie qu'il n'y a aucune bande enherbée présente.

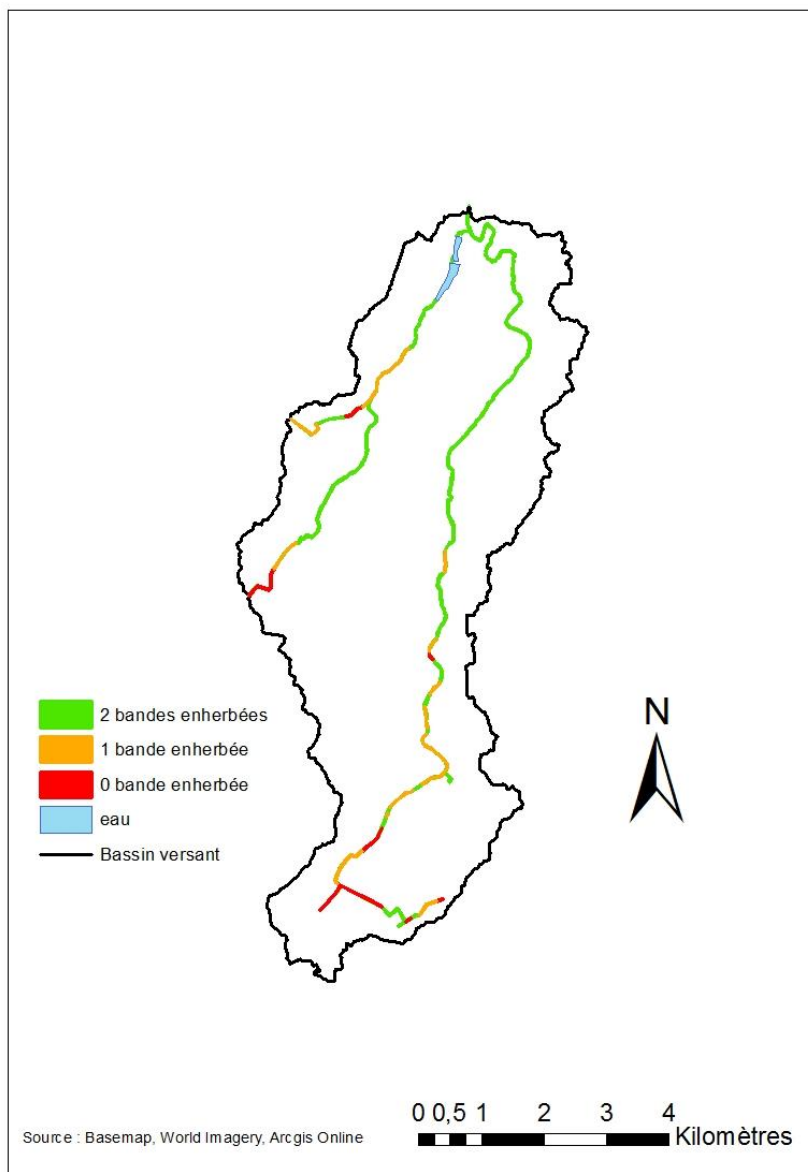


Figure 57 : Densité de bandes enherbées sur le bassin versant du Bourdin

Cette analyse cartographique montre que 13,6 km de linéaire possèdent seulement une seule bande enherbée et 6,7 km de linéaire n'en possède aucune. Cela représente 20% du cours d'eau à aménager.

Pour combler ce manque, nous proposons deux solutions d'aménagement. La première solution consiste à prévenir les agriculteurs concernés par cette absence de bandes enherbées et de leur rappeler les réglementations en vigueur. Par la suite, ils devront tous appliquer ces réglementations en laissant une bande enherbée non cultivée d'au moins 5m. Cette solution a l'avantage d'être peu coûteuse. La deuxième solution consiste à planter une bande enherbée sur les zones à combler. Pour cela nous avons estimé un coût moyen de cet aménagement. Nous avons 13.5 ha de bandes enherbées à combler. D'après le CORPEN, la préparation du sol coûte 176€/ha, les semis manuels coûtent 53€/ha et les semences ont un coût de 244€/ha. Cela a donc un coût total de 473€/ha. Dans notre cas les travaux d'aménagement de bandes enherbées auront un coût moyen de 6385€. Cette solution est plus coûteuse mais elle a l'avantage d'être plus esthétique et plus qualitative puisque ces bandes vont très bien remplir leur fonction de bande tampon.

Cette étude d'analyse du bassin versant par orthophotographie est en revanche limitée par la qualité des images satellites. Il est en effet assez difficile avec cette technique de cerner si les zones à proximité du cours d'eau sont enherbées ou non. Il faudrait donc affiner l'étude avant d'entamer les aménagements.

7.3 Arasement de seuils

Cette proposition d'aménagement concerne les différents seuils situés au niveau du château de la Guéritaulde à Veigné. Comme le montrent les cartographies des surfaces en eau et des seuils, une succession de retenues se situe dans cette zone. Le projet s'articule autour d'une discussion sur la faisabilité et l'intérêt de supprimer les différents seuils présents.

7.3.1 Etape 1 : Objectifs de l'aménagement

Le projet s'inscrit dans un cadre réglementaire spécifique car il a un impact sur les milieux aquatiques. Il répond aux objectifs de continuité biologique, fluviale et sédimentaire, exigés par la DCE. Préalablement, la validité du projet sera étudiée en comparant les avantages et les inconvénients de la suppression des seuils par rapport à la situation actuelle.

D'un point de vue hydromorphologique, la présence de seuils engendre une altération morphologique avec des dépôts régressifs en amont et de l'érosion progressive en aval des ouvrages. Le rétablissement d'une continuité, aussi bien fluviale que sédimentaire par l'arasement partiel ou la suppression de l'ouvrage hydraulique, permettrait de remobiliser les différents sédiments actuellement piégés. Dans des cours d'eau permanents et présentant un niveau d'eau supérieur à la crête des seuils, la charge de fond, correspondant à la charge grossière, est uniquement impactée présentant d'ores et déjà des déficits en termes de saturation sédimentaire en aval. Cependant, dans le cas d'un cours d'eau temporaire comme le Bourdin, la ligne d'eau est telle que les particules en suspension sont également piégées aboutissant à un phénomène de colmatage. La remise en mouvement des sédiments (charge de fond et matériaux en suspension déposés) est rendue compliquée par ce phénomène de colmatage aggravant ainsi le bon état morphologique du cours d'eau.

Ce projet permet de :

- Remobiliser les sédiments piégés en réinstaurant une dynamique sédimentaire orientée vers l'aval
- Favoriser la diversité des écoulements et des habitats du lit par une réponse morphologique à la restauration, se traduisant par une variabilité des vitesses et des profondeurs du cours d'eau, assimilable à des zones érosives et de dépôts
- Réduire le risque d'inondation par la suppression d'un obstacle aux écoulements

D'un point de vue écologique, la solution envisagée permet de favoriser les migrations des espèces entre l'amont et l'aval du cours d'eau. De plus, grâce au rétablissement du régime des écoulements, des zones humides vont se développer le long du cours d'eau, permettant une meilleure autoépuration des eaux. Enfin, la suppression de retenues d'eau limite le réchauffement des eaux, qui peut favoriser le phénomène d'eutrophisation.

Néanmoins, le Bourdin est considéré comme un cours d'eau temporaire. L'arasement partiel ou total des ouvrages peut engendrer un assèchement total du lit durant la période d'étiage. Dans ce cas, les objectifs de continuité écologique, fluvial et sédimentaire sont rendus difficiles. Une étude détaillée est donc à réaliser pour déterminer les impacts exacts de ce projet.

Le tableau suivant rassemble l'argumentaire possible pour favoriser le projet (Tableau 31, Guide d'accompagnement 2017). Le retour d'expérience pourra aussi s'avérer utile pour convaincre les acteurs.

Tableau 31 : Avantages et risques (inconvenients) d'un arasement de seuil (Source : Guide d'accompagnement 2017, Agence de l'eau)

Avantages	Risques (Inconvénients)
Restauration définitive et maximale de la franchissabilité (poissons, sédiments, canoës). Restauration des faciès d'écoulement (donc des habitats aquatiques) naturels. Restauration de la dynamique naturelle du cours d'eau et amélioration de la qualité physique. Restauration des milieux naturels ripariaux (se développant sur les rives et les bancs alluviaux : végétation pionnière et biocénoses associées) et de leur périodicité de rajeunissement (par les processus d'érosion/dépôt de la charge alluviale en transit lors des crues). Réduction des effets de réchauffement (et souvent d'eutrophisation) liés à la présence de la retenue et de l'effet plan d'eau. Réduction de l'envasement et amélioration du transit des alluvions grossières. Restauration d'une population de poissons d'eau courante dans l'emprise de l'ancienne retenue.	Erosion régressive pouvant générer des dégradations sur d'autres milieux (zones humides amont) ou sur des ouvrages (protections de berge, pont). Réactivation de l'érosion latérale en amont, le long des berges de l'ancien plan d'eau ainsi que dans l'emprise de l'érosion régressive du remous solide. Sur-alluvionnement en aval (mais effet souvent limité dans le temps). Abaissement de la nappe d'accompagnement. Remise en cause de l'équilibre écologique mis en place en amont depuis l'installation du seuil. Médiocre qualité d'habitat sur les cours d'eau ayant subi une chenalisation (recalibrage, rectification). Mortalité d'une partie de la ripisylve aux racines exondées. Remplacement d'un paysage de « plan d'eau » par un paysage de cours d'eau naturel. Réduction du volume de zones refuges pour les poissons en étiage sévère. Risques de déstabilisation de bâtiments/ouvrages situés au droit de l'ancienne retenue (notamment en zone sensible au retrait/gonflement des argiles, dans le cas d'ouvrages fondés sur pieux, etc.). Perte d'un usage initial de l'ouvrage.

7.3.2 Etape 2 : Localisation de l'aménagement

Dans le cas du bassin versant du Bourdin, plusieurs retenues d'eau ont été identifiées parmi lesquelles se trouvent l'étang de la Baraudière et celles situées sur le domaine du Château de la Guéritaulde (Figure 58). Dans le cadre du projet, les seuils du Château de la Guéritaulde sont privilégiés car ils font partie des retenues les plus importantes à travers le bassin versant. De plus, il a été noté lors de prospections de terrain, que les tronçons situés en aval de ces ouvrages se sont retrouvés à sec alors que des volumes d'eau étaient présents dans la retenue en amont. Néanmoins, l'arasement de ces retenues présente des inconvénients pour la maîtrise foncière du fait que ces ouvrages ne sont pas de la propriété de la collectivité, engendrant une demande auprès du propriétaire ou d'une Déclaration d'Intérêt Général, DIG, qui pourrait s'avérer très contraignante.

L'objectif est de supprimer l'ensemble des seuils présents à cet endroit en veillant à réaliser une étude d'incidence au préalable. Dans le cas de réticence du propriétaire, une alternative à la suppression des seuils pourrait être d'envisager un arasement partiel des ouvrages avec abaissement de la hauteur de crête. Enfin, le taux d'étagement pourra aussi être utilisé afin de privilégier les seuils à fort étagement. A ce titre, la retenue correspondant à l'ouvrage de l'étang de Guéritaulde serait le plus prioritaire du fait d'un étagement de 1.8 m contre 0.5 m pour le seuil de Guéritaulde (Figure 8). De plus, la mise en place progressive de l'arasement partiel de seuils et les retours d'expérience pourraient aussi inciter le propriétaire à revenir sur sa décision.

Néanmoins, il est nécessaire de conforter ce choix d'arasement total ou partiel par une étude visant à vérifier l'utilité d'un tel projet et notamment le risque d'un assèchement total du lit en période d'étiage.



Figure 58 : Localisation des seuils dans le Domaine du Château de la Guéritaulde (Source : GoogleEarth)

7.3.3 Etape 3 : Cadre réglementaire et financements

L'arasement de seuil entre dans le cadre de l'article 5.214-1 du code de l'environnement explicitant que les « Installations, Ouvrages, Travaux et Activités » qui ont un impact sur les milieux aquatiques sont soumis à une procédure d'autorisation ou de déclaration dite Loi sur l'eau. Une quantification des impacts cumulés des différentes opérations est nécessaire et sera réalisée à partir d'une étude d'incidence.

D'un point de vue financier, le retour d'expérience suggère que les investissements dans une optique de restauration de milieu sont à privilégier par rapport aux investissements des mesures d'entretien et de maintenance de l'existant. Des aides pouvant s'élever à 80 % du coût total sont en effet prévues pour ce type de projet d'aménagement (ONEMA, 2012). Ces aides peuvent provenir de l'Union Européenne, des Agences de l'eau et des collectivités territoriales (conseil régional, conseil général) (ONEMA, 2012). Néanmoins, du fait que les ouvrages ne soient actuellement pas de la propriété de la collectivité, une négociation avec le propriétaire devra être effectuée dans les conditions actuelles de financer le projet par ses propres moyens.

7.3.4 Etape 4 : Mise en place de l'aménagement et étude d'impacts

Une étude d'incidence doit obligatoirement être réalisée dans le cadre de la procédure d'autorisation ou de déclaration de la Loi sur l'eau. Les principaux effets de l'arasement partiel ou de la suppression des seuils sont :

- Mobilisation d'un volume d'eau stocké par la retenue surnommée remous liquide
- Mobilisation d'un volume de sédiments (grossiers et fins), stockés par la retenue surnommée remous solide. Ces transferts de volume peuvent aboutir à du sur-alluvionnement temporaire en aval. Ces volumes pourraient être estimés par la comparaison d'un relevé topographique avant implantation des seuils et d'un relevé récent
- Phénomène d'érosion régressive pour retrouver une pente d'équilibre pouvant engendrer un risque de déstabilisation des seuils plus en amont (cas de suppression du seuil de l'étang de la Guéritaulde uniquement)
- Apparition d'une érosion latérale en amont du seuil du fait de la remise en mouvement de la zone amont et du potentiel abaissement de la nappe
- Perturbation de l'écologie qui s'est mise en place dans la zone humide en amont de l'ouvrage. Ce dernier point est notamment important en lien le potentiel assèchement total du lit sur toute sa longueur durant la période d'étiage en lien avec le caractère temporaire du cours d'eau. Une estimation des flux à travers le cours d'eau pour conforter ce point négatif serait à réaliser.

Voici un devis estimatif sommaire du projet intégrant les coûts d'installation de chantier, le terrassement, l'arasement et l'évacuation des seuils (Tableau 32) :

Tableau 32 : Coût estimatif sommaire par seuil dans la phase projet (source : ONEMA, Agence de l'eau Seine Normandie)

Nature des opérations	Coûts
Installation de chantier	6.5 % du coût total des travaux
Terrassement et évacuation hors site	10 - 21.5€ / m ³
Terrassement et régalage sur site (déblai/remblai)	3 - 15€ / m ³
Suppression de seuils	10 – 100 K €/m de chute

Ce devis ne tient pas compte de la phase d'étude, représentée par les études d'incidence avec données géotechniques et les démarches administratives à effectuer. Une pêche de sauvegarde dans l'étang n'est également pas prise en compte, mais sera nécessaire afin de déplacer et de compter les différentes espèces présentes dans l'étang. Si l'arasement est progressif, autrement dit, si les différents seuils sont arasés progressivement, il sera possible de déplacer les communautés d'une retenue à l'autre.

7.3.5 Etape 5 : Réalisation puis suivi de la bonne atteinte des objectifs fixés

Un suivi des travaux doit être réalisé à partir d'un protocole précis qui a été cité dans la partie suivante.

7.4 Sensibilisation du grand public

De manière générale, le Bourdin n'est pas ou très peu connu par la population qui l'entoure. Il est donc important d'établir un lien entre celle-ci et son cours d'eau. L'objectif est de sensibiliser la population ainsi que les acteurs présents sur le bassin versant. Deux acteurs principaux devraient être sensibilisés.

Du fait de la forte activité agricole du bassin versant, les agriculteurs font partie des premiers acteurs à sensibiliser. En effet, ce sont les premiers exploitants du bassin versant ainsi que les premiers impactés par la qualité et l'état écologique du Bourdin. Il paraît donc important de les sensibiliser sur l'impact réel de l'utilisation de produits phytosanitaires, fertilisants, pesticides et tout autre produit pouvant nuire à la qualité écologique. Aussi, nous proposons, en lien avec la Chambre d'Agriculture, d'inciter les agriculteurs à participer à des formations subventionnées concernant la sensibilisation aux différents intrants notamment dans le cadre du plan Ecophyto 2. Ce plan a pour mission d'accompagner les agriculteurs vers l'agroécologie et de soutenir le bio contrôle ainsi que le renouvellement de l'agroéquipement. Il a été mis en place à la suite du projet Ecophyto 2018 et est co-piloté par le Ministère de l'Agriculture et de l'Environnement. Ce plan permettrait d'une part une prise de conscience des impacts de l'utilisation d'intrants agricoles ainsi qu'une meilleure connaissance du cours d'eau. Il permettrait aussi une gestion plus responsable des parcelles agricoles en vue d'améliorer la qualité de l'eau.

Il paraît aussi important de sensibiliser toute la population du bassin versant concernant la richesse faunistique, floristique et paysagère qu'apporte le Bourdin. Pour cela, il serait intéressant de réaliser des sentiers de randonnée accessibles à tout le monde le long du Bourdin. Cet aménagement pourrait être discuté avec le SAVI, les maires des communes du bassin versant ainsi que les offices de tourisme. Il faudrait aussi consulter les propriétaires des parcelles qui seraient traversées, et établir un accord avec eux afin d'avoir l'autorisation de créer un sentier publique.

Du mobilier urbain pourrait être ajouté, tout comme des parcours pédagogiques afin de faire découvrir à toutes les générations les espèces présentes sur le territoire. L'aménagement de jardins partagés à proximité pourrait attirer encore plus d'amoureux de la nature.

Deux nouveaux sentiers de randonnées ont ainsi été tracés sur le bassin versant (Figure 59 et Figure 60). Ces sentiers pourraient être étendus à l'ensemble du bassin versant si une forte affluence est constatée.



Figure 59 : Proposition de tracé du chemin de randonnée 1

Les itinéraires s'appuient sur des chemins déjà référencés sur la carte IGN, un accord devra donc être trouvé entre les différents acteurs pour entretenir ces sentiers. Les aménagements qui seront apportés ne détruiront pas la naturalité du paysage. Le mobilier urbain et les équipements sportifs et de loisir s'intégreront au paysage par leurs matériaux (Tableau 33).



Figure 60 : Proposition de tracé du chemin de randonnée 2

Tableau 33 : Estimation du coût de revenu des aménagements et mobiliers urbains

Mobiliers urbains	Prix	
Echelle horizontale	1500€ → 1 sur chaque parcours	 (www.casalsport.com)
Poutre	750€ → 1 sur chaque parcours	 (www.casalsport.com)
Rotation de bassin	750€ → 1 sur chaque parcours	 (www.casalsport.com)
Bancs	350€ → 5 bancs sur chaque circuit	
Panneau pédagogique (unité)	200€ → 3 panneaux sur chaque circuit	 (http://www.mayennnatureenvironnement.fr)
Somme	5350€ par circuit	

8. Mesures de gestion

Un suivi des modifications apportées au bassin versant et une récolte de données complémentaires sont nécessaires pour évaluer la qualité des aménagements réalisés.

8.1 Zone humide

L'aménagement d'une zone humide comme toute modification du territoire apporte son lot de changements dans la dynamique du cours d'eau et du bassin versant. Afin de mesurer l'étendue de ces impacts, leur nature et pouvoir justifier ou non de la pertinence de cet aménagement des mesures sur le terrain sont indispensables.

Tout d'abord des mesures de la qualité des eaux seront réalisées afin d'évaluer leur fonction épuratrice. Pour cela des points de mesure seront placés en amont, à l'intérieur et en aval de l'aménagement (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Ainsi l'impact de l'aménagement sur la qualité des eaux en fonction de nos prévisions pourra être constaté. De plus, la création de ce nouveau milieu pourra attirer une faune inféodée aux zones humides, il sera donc intéressant de mesurer l'apport en termes de biodiversité fournie par cet aménagement. Pour cela, des stations de relevé pour les amphibiens et l'avifaune seront installées à proximité. Les mesures seront surtout d'ordre qualitatif avec des relevés de présence pour définir les espèces attirées par la zone.

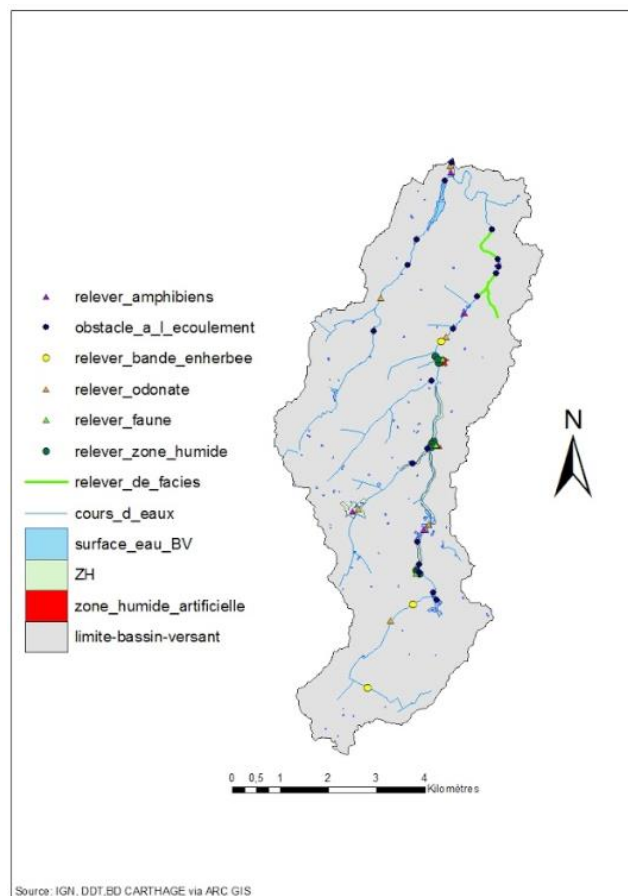


Figure 61 : Carte des points de mesure pour le suivi

8.2 Bandes enherbées

Plusieurs zones agricoles sur le bassin versant ne sont pas pourvues de bandes enherbées ou celles-ci ne sont pas dimensionnées correctement (Figure 57). Elles ont pourtant un rôle majeur dans la filtration des intrants d'origine agricole et aident à la réduction en apport de particules fines aux cours d'eau. Afin de déterminer l'impact de ce manque de zones filtrantes sur la qualité physico-chimique du cours d'eau, il est nécessaire d'établir un état des lieux de ces paramètres avant toutes installations de nouvelles bandes enherbées. Pour cela, des stations de mesures de la qualité physico-chimique de l'eau seront installées en amont, à l'intérieur et en aval de zones non pourvues de bandes enherbées ou de façon non satisfaisante. Pour cela, trois zones seront testées et suivies de façon régulière et en lien avec les pratiques agricoles effectuées sur place. L'une d'elle possédera une surface en bande enherbée conforme à la législation en vigueur, une autre en sera insuffisamment pourvue et la dernière en sera totalement dépourvue. Les mesures se concentreront sur les matières en suspension, les fertilisants minéraux et organiques ainsi que les pesticides. Comme dit précédemment, les différents prélèvements seront faits en lien avec les dates d'épandage et d'autres en période de repos des sols afin de ne pas biaiser les relevés.

8.3 Arasement de seuils

La restauration de la continuité biologique et sédimentaire sur les cours d'eau est enjeu primordial. De plus, il serait intéressant de constater les modifications hydromorphologiques du cours d'eau induites par l'arasement de ces seuils. Un inventaire des différents faciès en amont et aval pré et post travaux serait donc appréciable. De plus des relevés topographiques pourront être mis en œuvre afin de suivre l'évolution transversale et longitudinale du cours d'eau. Afin de suivre les gains possibles en termes de biodiversité, un protocole de recensement des macroinvertébrés serait intéressant. Une méthode telle que l'IBGN permettrait notamment de récolter des données annexes à la qualité des eaux. Ces inventaires comme précédemment devront se faire avant, après l'aménagement, en amont et en aval du seuil.

8.4 Oiseaux

L'avifaune sur le bassin versant du Bourdin comprend des espèces à fort intérêt patrimonial, mais les données concernant leur présence sont anciennes et doivent être réactualisées. L'acquisition de nouvelles données permettra de constater l'évolution des communautés aviaires depuis le dernier inventaire et en corrélation avec nos aménagements permettra de savoir s'ils ont eu un impact positif sur la biodiversité du bassin versant.

8.5 Amphibiens

De par les relevés de l'INPN et de CARMEN, il est apparu qu'une forte communauté d'amphibiens vivait sur le bassin versant du Bourdin. En lien avec les nombreuses zones humides présentes sur le site, ces espèces et leur dynamique locale doivent être mieux connues. Pour cela, il serait judicieux d'établir

une cartographie précise des zones humides sur le bassin versant. Plusieurs cartes de ce genre existent mais ne sont pas complètes. Le but serait de compiler toutes les données afin d'établir une cartographie définitive qui permettra la mise en place d'un protocole de suivi des amphibiens. Une fois les populations et les milieux cernés, un projet de trame verte et bleue pourra voir le jour afin de connecter les différentes populations dans le bassin et en dehors dans l'objectif d'accroître la biodiversité de la basse vallée de l'Indre. En effet, des obstacles tels que la départementale 910 entravent le passage de la faune, la reconstitution de corridors écologiques en lien avec les zones de présence des amphibiens améliorerait grandement la biodiversité présente sur le site.

8.6 Odonates

Le choix de cet ordre d'invertébrés se justifie en deux points. Premièrement, les odonates sont de bons indicateurs de la qualité et de la nature des milieux aquatiques. En effet, les différents genres d'odonates ont besoin d'une grande diversité de milieux aquatiques afin de subvenir à leurs besoins biologiques. Leur présence sur le bassin versant peut traduire la nature des zones en eau présentes sur le bassin versant (*agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse*). De plus, cet ordre d'invertébrés comporte plusieurs espèces d'intérêts patrimoniaux telles que l'Agrion de mercure (*Coenagrion mercuriale*) qui justifient que l'on recense leur présence ou leur absence sur le bassin versant.

En second point, les odonates peuvent faire l'objet d'inventaires tout au long de l'année car hormis leur stade adulte durant le printemps et la période estivale, les larves restent présentes dans le cours d'eau. De plus, les odonates sont facilement observables durant la période estivale et peuvent faire l'objet d'un recensement photographique.

8.7 Recensement des drains

Nous avons rencontré des difficultés lors de nos recherches de données concernant le recensement des drains sur le bassin versant. Ces drains sont responsables de l'apport d'intrants d'origine agricole. Nos terrains favorisant l'infiltration (Figure 13), une grande partie de l'eau arrivant à la surface va s'infiltrer dans le sol, tout en captant des molécules chimiques. L'eau ainsi infiltrée va se retrouver dans les drains, et se jeter dans le cours d'eau. Le recensement des drains s'avère donc important afin de comprendre la provenance des intrants agricoles, et donc d'expliquer une origine possible des pollutions. Ce recensement pourrait aussi être intéressant afin de créer de nouvelles zones tampons humides artificielles, comme dans l'aménagement 7.1.

Conclusion

Le cours d'eau du Bourdin, affluent de l'Indre, et son bassin versant (38 km²) sont implantés dans un territoire rural à proximité de l'agglomération tourangelle. L'étude se décompose en deux grandes parties : réalisation d'un diagnostic suivi des propositions d'aménagement pour répondre à celui-ci.

Le diagnostic a mis en évidence les atouts et les faiblesses de ce bassin versant. La problématique principale est liée aux activités agricoles dominantes sur le territoire. L'agriculture est source de nombreuses pollutions chimiques à cause notamment de l'apport de pesticides et de nitrates. De plus les sols étant majoritairement hydromorphes, un réseau de drainage important a été déployé afin de cultiver efficacement ces sols. L'analyse de la qualité de l'eau a appuyé ce diagnostic en révélant une pollution en nitrates et orthophosphates. Le bassin versant a également des atouts avec notamment un patrimoine naturel et culturel présent mais qui nécessite cependant d'être développé et exploité. Les espaces boisés sont également assez présents le long du cours d'eau notamment sur la moitié aval du bassin versant. L'état des lieux permet de mettre en évidence une distinction amont/aval qu'il est nécessaire de prendre en compte pour réaliser les aménagements.

Les aménagements proposés répondront au diagnostic établi précédemment afin de limiter les impacts négatifs mis en avant. Pour remédier à la problématique liée à la forte pression agricole, des zones humides artificielles vont être implantées dans la moitié sud du bassin versant. Elles auront pour but de filtrer les eaux drainées avant de les restituer au cours d'eau. Les nombreux ouvrages présents sur le cours d'eau impactent la continuité écologique de celui-ci. Pour résoudre cette discontinuité, certains seuils pourront être arasés notamment le seuil de la Guéritaulde qui représente un point noir. Il est également indispensable d'avoir un suivi sur le long terme et de ne pas se contenter d'une vision à court terme. Il est nécessaire de vérifier l'impact des travaux réalisés ainsi que de collecter des données afin de répondre au mieux au fonctionnement général du bassin versant.

Bibliographie

- « Agence de l'eau Loire-Bretagne - Les masses d'eau ». s.d. Consulté le 18 janvier 2019. http://www.eau-loire-bretagne.fr/informations_et_donnees/Etat_masses_d_eau.
- AUBEL, Christophe. s.d. « Observatoire des services publics de l'eau et de l'assainissement : prix de l'eau et performance des services ». Text. Observatoire des services publics de l'eau et de l'assainissement : prix de l'eau et performance des services. Consulté le 16 janvier 2019. <http://www.services.eaufrance.fr/>.
- « Avancées et enseignements pour la valorisation des services rendus par les zones humides ». s.d. Consulté le 18 janvier 2019. http://temis.documentation.developpement-durable.gouv.fr/docs/Temis/0078/Temis-0078084/Point_157.pdf.
- BAIZE, Denis s.d. « Guide des analyses en pédologie. 2ème édition revue et augmentée ». Consulté le 18 janvier 2019. <https://www.decitre.fr/livres/guide-des-analyses-en-pedologie-9782738008923.html>.
- BERTHELOT, Marie. s.d. « Guide effacement / arasement de seuils en rivière - Demain Deux Berges ». Consulté le 18 janvier 2019. <https://www.demain-deux-berges.fr/guide-effacement-d-arasement-de-seuils-en-riviere-133.html>.
- BONNAMY, Isabelle. 2017. « Office de Tourisme Azay Chinon Val de Loire ». 18 octobre 2017. <http://www.azay-chinon-valdeloire.com/>.
- BOSSUAT, Jean-François. s.d. « La référence du retour d'expérience sur accidents technologiques – ARIA : Retour d'expérience sur accidents technologiques ». Consulté le 16 janvier 2019. <https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/>.
- BOURILLET, Cédric. s.d. « Basias | Géorisques ». Consulté le 16 janvier 2019. <http://www.georisques.gouv.fr/dossiers/basias/donnees/carte#/com/37250>.
- « Cartographie de l'alea érosif.pdf ». s.d. Consulté le 18 janvier 2019. https://geosciences.univ-tours.fr/images/media/20160404103750-rapport_verseau.pdf.
- CHASSANDE, Christophe. 2019. « DREAL Centre-Val de Loire ». 14 janvier 2019. <http://www.centre.developpement-durable.gouv.fr>.
- COCHONNEAU, Claude. 2019. « Chambres d'agriculture ». Chambres d'agriculture. 14 janvier 2019. <https://chambres-agriculture.fr/>.
- CROQUET, Virginie, et Jean-Charles CROQUET. s.d. « La Directive Habitat-Faune-Flore, 1992 ». Consulté le 18 janvier 2019. <http://droitnature.free.fr/Shtml/DirectiveHFF.shtml>.
- Direction générale des collectivités locales. s.d. « BANATIC, la base nationale sur l'intercommunalité ». Consulté le 16 janvier 2019. <https://www.banatic.interieur.gouv.fr/V5/accueil/index.php>.
- DREAL. 2014. « Les atlas des paysages disponibles en région Centre-Val de Loire ». 4 août 2014. <http://www.centre.developpement-durable.gouv.fr/les-atlas-des-paysages-disponibles-en-region-a1804.html>.
- . s.d. « DREAL Centre Val de Loire-Carmen ». Consulté le 18 janvier 2019. http://carmen.developpement-durable.gouv.fr/index.php?map=nature_region2.map&id=lay_6;lay_7&service_idx=11.

- ESNAULT, Alain. s. d. « Communauté de Communes Touraine Vallée de l'Indre - Site officiel ». Consulté le 16 janvier 2019. <http://www.tourainevalleedelindre.fr/>.
- FAYOLLE-FREMONT, Florence. s. d. « Ministère de la Transition écologique et solidaire ». Ministère de la Transition écologique et solidaire. Consulté le 16 janvier 2019. <http://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/>.
- « Financement et évaluation économique des programmes de restauration ». s. d. Consulté le 18 janvier 2019. https://professionnels.afbiodiversite.fr/sites/default/files/pdf/RecueilHydro_17-financements_vbat.pdf.
- FNPF. s. d. « Fédération Nationale de la Pêche en France ». Consulté le 16 janvier 2019. <https://www.federationpeche.fr/>.
- Francesca, Degan. s. d. « Cartographie de l'alea érosif », 102.
- GOUGET, Micheline. s. d. « Louans - Site officiel de la commune ». Consulté le 16 janvier 2019. <http://www.louans.eu/>.
- « Guide entretien de cours d'eau ». s. d. Consulté le 18 janvier 2019. https://www.eptb-saone-doubs.fr/IMG/pdf/guide_entretien_de_cours_d_eau.pdf.
- GUIMARD, Jean-Pierre. s. d. « SAVI ». Syndicat d'Aménagement de la Vallée de l'Indre. Consulté le 16 janvier 2019. <http://www.savi37.fr/>.
- GUITTON, Martin. s. d. « Agence de l'Eau Loire Bretagne ». AELB. Consulté le 16 janvier 2019a. <https://agence.eau-loire-bretagne.fr/home.html>.
- . s. d. « Sdage et Sage - Agence de l'eau Loire-bretagne ». Consulté le 16 janvier 2019b. <https://sdage-sage.eau-loire-bretagne.fr/home.html>.
- « Le Système d'Evaluation de la Qualité des cours d'eau ». s. d. Consulté le 18 janvier 2019. https://www.eau-anjou.fr/fileadmin/documents/eau_anjou/cours_eau/qualite/SEQ.pdf.
- LEPLAY, Alexandre. s. d. « Syndicat d'Assistance Technique pour l'Épuration et le Suivi des Eaux 37 ». Consulté le 16 janvier 2019. <http://www.satese37.fr/>.
- « Les services de l'État en Indre-et-Loire - La mise en œuvre du 6ème programme d'action Nitrates / La lutte contre les pollutions diffuses / Eau et milieux aquatiques / Gestion de l'eau / Environnement / Politiques publiques / ». s. d. Consulté le 18 janvier 2019. <http://www.indre-et-loire.gouv.fr/Politiques-publiques/Environnement/Gestion-de-l-eau/Eau-et-milieux-aquatiques/La-lutte-contre-les-pollutions-diffuses/La-mise-en-oeuvre-du-6eme-programme-d-action-Nitrates>.
- Macaire, J.-J., Alcaydé, G., Rasplus, L., 1982. Carte géologique. France (1/50 000), feuille Bléré (488). Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans.
- Macaire, J.-J., Alcaydé, G., Rasplus, L., 1982. Carte géologique. France (1/50 000), feuille Langeais (487). Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans.
- Mairie de Sorigny. s. d. « mairie-sorigny : Mairie SORIGNY 37250 ». Consulté le 16 janvier 2019. <http://mairie-sorigny.com/>.
- MARQUET, Jacky. s. d. « Fédération de Pêche d'Indre-et-Loire 37 ». Consulté le 16 janvier 2019. <http://www.fedepeche37.fr/>.
- MICHAUD, Patrick. s. d. « Commune de Veigné ». Consulté le 16 janvier 2019. www.veigne.fr.
- MICHELET, Paul. s. d. « Les agences de l'eau | Ensemble, faire de l'eau une ressource d'avenir ». Consulté le 16 janvier 2019. <http://www.lesagencesdeleau.fr/>.

- Ministère de la Transition écologie et Solidaire. s. d. « Portail d'informations sur l'assainissement communal - Accueil ». Consulté le 16 janvier 2019. <http://assainissement.developpement-durable.gouv.fr/>.
- Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire. 2018. « Portail interministériel sur l'assainissement non collectif ». 13 décembre 2018. <http://www.assainissement-non-collectif.developpement-durable.gouv.fr>.
- Ministère de l'Égalité des territoires et du Logement / Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie. s. d. « Zones Humides d'Indre-et-Loire ». Consulté le 18 janvier 2019. http://cartelie.application.developpement-durable.gouv.fr/cartelie/voir.do?carte=ZonesHumides&service=DDT_37.
- Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer, MEEM. s. d. « Inspection des Installations Classées ». Consulté le 16 janvier 2019. <http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/>.
- MONCORPS, Sébastien. s. d. « La Liste rouge mondiale des espèces menacées ». *UICN France* (blog). Consulté le 18 janvier 2019. <https://uicn.fr/liste-rouge-mondiale/>.
- Muséum national d'Histoire naturelle. s. d. « INPN - Inventaire National du Patrimoine Naturel ». Consulté le 18 janvier 2019. <https://inpn.mnhn.fr/accueil/index>.
- NATHIE, Patrick. s. d. « Saint-Branchs - Site officiel de la commune ». Consulté le 16 janvier 2019. <http://www.saint-branchs.fr/>.
- OMS. s. d. « Normes de l'OMS sur l'eau potable ». Consulté le 18 janvier 2019. <https://www.lenntech.fr/applications/potable/normes/normes-oms-eau-potable.htm>.
- ORZECOWSKI, Corinne. s. d. « Les services de l'État en Indre-et-Loire ». Consulté le 16 janvier 2019a. <http://www.indre-et-loire.gouv.fr/>.
- . s. d. « Les services de l'État en Indre-et-Loire ». Consulté le 18 janvier 2019b. <http://www.indre-et-loire.gouv.fr/Politiques-publiques/Environnement/Gestion-de-l-eau/Eau-et-milieux-aquatiques/La-lutte-contre-les-pollutions-diffuses/Revision-2017-des-zones-vulnerables>.
- PATROINE, Michel, Québec (Province), et de l'environnement et des parcs Ministère du développement durable. 2010. *Influence du drainage souterrain sur la qualité de l'eau de la rivière Boyer Nord*. Québec: Développement durable, environnement et parcs Québec. <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/2062291>.
- POULAIN, Serge. s. d. « Comité Départemental de la Randonnée Pédestre ». Consulté le 16 janvier 2019. <http://cdrp37.fr/ou-marcher/test-rando-fiche>.
- REVECHE, Bernard. s. d. « Montbazou - Site officiel de la commune ». Consulté le 16 janvier 2019. <http://www.ville-montbazou.fr/>.
- RICHARD, Pierre. s. d. « Société d'Étude, de Protection et d'Aménagement de la Nature en Touraine ». Consulté le 18 janvier 2019. <http://www.sepant.fr/>.
- ROY, Laurent. s. d. « Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse ». Consulté le 16 janvier 2019. <https://www.eaurmc.fr/>.
- SEDILLOT, Beatrice. s. d. « Ministère de l'agriculture et de l'alimentation - agreste - La statistique, l'évaluation et la prospective agricole - Résultats - Données chiffrées ». Consulté le 18 janvier 2019. <http://agreste.agriculture.gouv.fr/recensement-agricole-2010/resultats-donnees-chiffrees/>

- STUDER, R., Leinen, R., Boutin, D., 1986. Carte des sols de la région Centre (1/50 000), feuille Bléré (1923). IGN-INRA-Chambre de l'agriculture de l'Indre-et-Loire
- STUDER, R., Leinen, R., Boutin, D., 1989. Carte des sols de la région Centre (1/50 000), feuille Langeais (1823). IGN-INRA-Chambre de l'agriculture de l'Indre-et-Loire
- « Suivi des zones humides ». s. d. Consulté le 18 janvier 2019. http://rhomeo-bao.fr/sites/all/themes/corporateclean/pdf/I10_ZH_Boite-outils.pdf.
- « SYSTEME D'EVALUATION DE LA QUALITE DE L'EAU DES COURS D'EAU - GRILLE EVALUATION ». s. d. Consulté le 18 janvier 2019. <http://rhin-meuse.eaufrance.fr/IMG/pdf/grilles-seq-eau-v2.pdf>.
- TAVERNIER, Jean-Luc. s. d. « Insee ». Consulté le 16 janvier 2019. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/zones/2011101?geo=COM-37266&debut=0&q=veign%C3%A9>.



POLYTECH[®]
TOURS

35 ALLÉE FERDINAND DE LESSEPS
37200 TOURS

Marceau COUDERT Fabien CORDEBARD Clément GARDIEN
Audrey GLOAGUEN Médéric JOLY Amaury RABOUAN
Mathilda REYNAUD Clément RICORDEL Agathe RIPOTEAU

Chantier école Bassin versant :

2018-2019

Le Bourdin et son bassin versant

Résumé : L'étude a pour objectif d'élaborer un diagnostic et des propositions d'aménagements en lien avec l'état des lieux effectué sur le bassin versant du Bourdin.

Ce bassin versant de 38 km² se situe au sud de Tours et se compose principalement du cours d'eau "le Bourdin" et de son affluent majeur "le Mardereau".

Les analyses de plusieurs paramètres physiques, chimiques, fonctionnels et culturels permettent d'établir un diagnostic du bassin versant. L'état des lieux met en évidence une forte pression agricole sur la qualité de l'eau et des sols (intrants, drainage, etc.) ainsi que l'existence de zones humides et d'un patrimoine naturel important à valoriser. Les aménagements proposés permettent de restaurer et d'améliorer le fonctionnement et les relations entre l'existant, le perdu et le retrouvé. L'arasement de seuils, l'implantation de zones humides ainsi qu'une meilleure sensibilisation aux cours d'eau font partie de ces propositions.

Mots Clés : Bourdin, Bassin versant, Restauration, Aménagement, Milieux aquatiques

Partenaire professionnel : Syndicat d'Aménagement
de la Vallée de l'Indre

Adresse : 1 avenue de la Vallée du Lys
37260 PONT DU RUAU

