

Diagnostic de la qualité de l'habitat des affluents du Ternin et restauration de la libre circulation piscicole pour l'espèce repère : la Truite fario (*Salmo trutta* L.)



Rapport de fin d'études pour l'obtention du Master 2 GHE spécialité IMACOF
Réalisé sous la direction de Mlle Maria GALIANA, Chargée de mission « Contrat
Territorial des Grands Lacs du Morvan » et M. PARIS Laurent, responsable du
Pôle Environnement au Parc Naturel Régional du Morvan (Saint-Brisson, 58)

Remerciements

Je souhaite remercier tout particulièrement Maria GALIANA, Thomas CORNUT, Pierre DURLET et Laurent PARIS, qui ont été disponibles tout au long de ce stage et qui m'ont suivi et donné une aide précieuse dans la réalisation de ce rapport.

Je tiens à remercier, le Directeur du Parc Naturel Régional du Morvan, pour son accueil au sein de l'établissement.

Je remercie également l'ensemble du personnel du Parc, ainsi que les stagiaires et le personnel de la SHNA, du CBNP pour leur sympathie et leur disponibilité sans faille.

Enfin, je souhaite remercier plus particulièrement Julien GUYOT pour m'avoir aidé lors des comptages nocturnes.

Résumé :

En Bourgogne, la situation piscicole de certaines rivières montre un déficit en truites adultes dans les cours d'eau principaux. L'origine du problème semble venir d'une altération de la fonctionnalité du système affluents - cours principal : connectivité et état physique des affluents.

Le Parc Naturel Régional du Morvan, en adéquation avec sa charte et la Directive Cadre Eau (DCE), entreprend la restauration de la fonctionnalité de ce système sur son territoire.

L'objectif de ce stage est de :

- recenser tous les obstacles à la libre circulation piscicole, plus particulièrement à la truite fario (espèce repère) au niveau des affluents du Ternin,
- caractériser la capacité d'accueil et le potentiel de reproduction de ces affluents
- hiérarchiser et chiffrer les actions à mettre en œuvre pour restaurer cette continuité longitudinale.

Mots clés : capacité d'accueil, potentiel de reproduction, obstacle, libre circulation piscicole, truite fario

Summary :

In Bourgogne, the piscicultural situation of certain rivers shows an adult trout deficit in the principal waterway rivers. The origin of this problem seems to come from a affectation of the functionality of the system tributaries - principal waterway river : connectivity and physical conditions of the tributaries.

The Parc Naturel Regional of Morvan wants to restore the functionality of this system in its territory.

The objectives of this training course are :

- to make an inventory of all the obstacles to the fishes, more particularly compared with trout fario (target specie) in the Ternin's tributaries,
- to characterize the reception's capacity and the spawning potential of these tributaries,
- to establish a hierarchisation and to evaluate the cost of the actions, in order to restore the biological continuity.

Key words : physical conditions, spawning potential, obstacle, biological continuity, trout fario

Sommaire

Introduction	1
I. Biologie de la Truite fario (Salmo trutta Linné, 1758)	2
I.1. Description.....	2
I.2. Biologie et écologie	2
I.2.1. Exigences physico-chimiques.....	2
I.2.2. Structure du peuplement dans un réseau hydrographique	2
I.2.3. Habitats des juvéniles.....	3
I.2.4. Habitats des adultes	3
I.2.5. Reproduction	3
I.2.6. Migration de reproduction	4
I.2.7. Vitesse de nage.....	4
I.2.8. Endurance.....	5
I.2.9. Capacité de saut	6
II. Cadre de l'étude	6
II.1. Présentation du Ternin.....	6
II.2. Géologie et Pédologie.....	8
II.3. Climat	9
II.4. Occupation du sol du Bassin versant du Ternin	9
II.5. Démographie du Bassin versant du Ternin.....	10
II.6. Ecologie et zones d'intérêt	12
II.7. Réseau hydrographique	12
II.8. Hydrologie	12
II.9. Qualité de l'eau.....	15
II.9.1. Physico-chimique.....	15
II.9.2. Hydrobiologique.....	15
III. Matériel et Méthodes	16
III.1. Paramètres retenus pour la caractériser l'habitat et le potentiel de reproduction.....	16
III.1.1. Type de vallée	17
III.1.2. Occupation du sol.....	17
III.1.3. Ripisylve.....	17
III.1.4. Caractéristiques générales du lit mineur	19
III.1.5. Faciès d'écoulement	19
III.1.6. Diversité des habitats des différents stades biologiques de la truite fario.....	20
III.1.7. Granulométrie.....	20
III.1.8. Colmatage	21
III.1.9. Types de caches et potentiel d'abris pour la truite	21
III.1.10. Perturbations du milieu	22
III.2. Recensement des obstacles à la libre circulation piscicole	23
III.2.1. Cas des seuils.....	23
III.2.2. Cas des étangs	24
III.3. Méthodologie pour l'analyse des données	24
III.3.1. Mise en place du système d'évaluation de la qualité du potentiel d'accueil.....	24
III.3.2. Mise en place du système d'évaluation de la capacité de reproduction.....	26
III.3.3. Mise en place d'un indice Enjeux intégrant la capacité d'accueil et le potentiel de reproduction	27

III.3.4. Méthodologie pour la prise de décision afin de reconnecter les aménagements prioritaires.....	27
--	----

IV. Résultats et Discussion28

IV.1. Diagnostic des différents compartiments et des pressions rencontrées	29
IV.1.1. Contexte topographique	29
IV.1.2. Occupation du sol	29
IV.1.3. Ripisylve.....	30
IV.1.4. Abris et caches pour la truite.....	32
IV.1.5. Diversité des habitats pour l'accueil des différents stades du cycle biologique	33
IV.1.6. Piétinement des berges.....	34
IV.1.7. Colmatage du lit mineur	35
IV.1.8. Travaux hydrauliques agricoles.....	36
IV.2. Diagnostic de la capacité d'accueil et du Potentiel de reproduction des affluents salmonicole du Ternin	36
IV.2.1. Capacité d'accueil	36
IV.2.2. Potentiel de reproduction	37
IV.2.3. Synthèse de deux indices précédents : définition des Enjeux	38
IV.3. Analyse de la continuité longitudinale.....	41
IV.3.1. Recensement des obstacles ponctuels (hors étangs).....	41
IV.3.2. Recensement des étangs de la zone étudiée	45
IV.3.3. Analyse des linéaires déconnectés	47
IV.4. Méthodologie pour la prise de décision	50
IV.4.1. Hiérarchisation des bassins versants	50
IV.4.2. Hiérarchisation des obstacles	51

V. Préconisations et plan d'actions52

V.1. Solutions techniques pour l'aménagement des obstacles infranchissables	52
V.1.1. Suppression de l'obstacle	52
V.1.2. Réalisation de prébarrage	52
V.1.3. Réalisation de ruisseau de contournement	52
V.1.4. Aménagement à l'intérieur de l'ouvrage : « déflecteurs »	52
V.1.5. Remplacement de l'ouvrage.....	53
V.2. Plan d'actions	53

Conclusion et Perspectives.....54

Volet européen55

Le Système Modulaire Gradué (SMG) de la Suisse	56
Un exemple d'évaluation de la qualité de l'habitat à l'échelle du bassin versant : Le module « écomorphologie » au niveau C.....	57
Comparaison entre la méthode utilisée à la méthode suisse	64

Introduction

Cette présente étude consiste à établir un bilan sur la fonctionnalité des cours d'eau affluents du Ternin vis-à-vis de l'espèce repère : la truite fario (*Salmo trutta*, Linné, 1758). La truite commune est l'espèce la plus adaptée et la mieux connue pour rendre compte de l'intégrité physique du milieu et de la connectivité longitudinale (entre le cours d'eau principal et ses affluents), car cette espèce effectue une migration automnale en direction des parties hautes de bassin versant (têtes de bassin). Ce déplacement est destiné à la recherche de secteurs favorables à la reproduction et ainsi contribuer au renouvellement de la population. L'importance des petits affluents de cours d'eau principal, comme ceux du Ternin, est primordiale. Ces petits hydrosystèmes sont de véritables pépinières pour la reproduction de l'espèce. Ils assurent une reproduction fiable d'année en année, car les variations de débits et de vitesses durant la période des hautes eaux sont faibles, du fait de leurs petits gabarits (bassin versant de petite taille et largeur inférieure à 1m), ce qui n'est pas le cas du cours d'eau principal.

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la restauration de la libre circulation piscicole, défini par la Directive Cadre Eau (DCE) de 2000. Elle aborde, de façon intéressante, la mise en place de cet aspect de la DCE en permettant la restauration de la connectivité des petits affluents au cours d'eau principal, de manière raisonnée, efficace et hiérarchisée.

Tout d'abord, ce rapport synthétise les données issues de la bibliographie afin de connaître les exigences de la truite en matière de qualité des eaux, de qualité physique du milieu et des besoins pour accomplir son cycle de développement.

En seconde partie, la présentation du bassin du Ternin sera réalisée afin de caractériser le site d'étude.

Ensuite, la méthodologie a été construite, en prenant compte les exigences de la truite, afin d'établir une évaluation de la capacité d'accueil et du potentiel de reproduction des affluents du Ternin. De plus, cette méthode permettra également de recenser et caractériser les obstacles artificiels et naturels, affectant la libre circulation piscicole.

Puis, cette étude dressera l'état des lieux de la situation de la continuité longitudinale et de la qualité des milieux des affluents prospectés.

Enfin, en dernière partie, un système de hiérarchisation des actions sera établi, en tenant compte de l'état des lieux précédent, pour permettre de restaurer la libre circulation piscicole au niveau des obstacles les plus intéressants au niveau écologique et piscicole.

I. Biologie de la Truite fario (*Salmo trutta* Linné, 1758)

I.1. Description

La truite possède une grande capacité d'adaptation à divers milieux entraînant un fort degré de polymorphisme. Cette aptitude a conduit à des formes régionales diverses rendant confuse sa systématique. La morphologie de la truite fario en fait une espèce adaptée aux cours d'eau de tête de bassin : forme du corps élancée, tête forte, bouche largement fendue et nageoire caudale grande et faiblement fourchue. Lors de la reproduction, la robe des truites mûres s'intensifie et s'assombrit, les mâles peuvent également présenter un bec à la mâchoire inférieure.

I.2. Biologie et écologie

I.2.1. Exigences physico-chimiques

La truite est généralement considérée comme une espèce sténotherme d'eau froide, elle exige des températures comprise entre 0 et 20°C avec un optimum thermique de croissance entre 13 et 14°C (COWX et WELCOME, 1998 ; LAGARRIGUE et al., 2001).

La température est un facteur de contrôle majeur qui agit de façon directe sur la physiologie et le comportement (migration, reproduction) des truites. Cette variable agit également indirectement sur les caractéristiques mésologiques et plus particulièrement sur la teneur en oxygène dissous, qui est l'autre facteur limitant de la présence des truites (concentration > 6 mg/l).

I.2.2. Structure du peuplement dans un réseau hydrographique

Il existe une répartition spatiale des individus de truite commune selon l'âge, au sein du réseau hydrographique : la part des juvéniles augmentent vers les ruisseaux situés en têtes de bassins, qui sont primordiales pour le recrutement en juvéniles tandis que les individus les plus âgés, occupent les parties avals des cours d'eau plus importants (BAGLINIERE et MAISSE, 1991).

D'après RICHARD A., 1995 (in LAGARRIGUE, LASCAUX et FIRMIGNAC, 2005), la structure du peuplement en place généralement observée est la suivante :

- Les ruisseaux et les petits cours d'eau du chevelu (inférieurs à 2m de largeur) hébergent une forte population de truitelles de l'année (0+). Des adultes peuvent y être rencontrés mais en quantité moindre.
- Plus en aval, les petites rivières (largeur de 2 à 3m) renferment toujours une majorité de truitelles de 1 à 2 étés (1+). La proportion d'adultes devient plus importante en raison de l'augmentation de leur habitat préférentiel, à ce niveau les zones de recrutement et de croissance se superposent.
- Dans les grandes rivières, la proportion de truitelles de l'année (0+) est généralement faible. Le peuplement est constitué d'adultes (> à 2+).

I.2.3. Habitats des juvéniles

Les juvéniles pratiquent une alimentation passive diurne dans le chenal en nageant de façon statique face au courant. La nuit, ils vont se réfugier le long des berges pour se protéger du courant et des prédateurs. Pour satisfaire leurs exigences, ils ont besoins :

- de milieux peu profonds (10 à 40 cm) sur un substrat de sable, graviers et petits galets où les vitesses doivent être assez lentes pour ne pas trop dépenser d'énergie tout en leur permettant d'attraper des proies pour s'alimenter.
- d'une diversité importante du milieu en terme d'abris au niveau des berges et dans le chenal (sous berges immergées, systèmes racinaires, pierres, plantes aquatiques, bois mort...).

I.2.4. Habitats des adultes

Les individus adultes ont besoin d'une multitude d'habitats pour satisfaire leurs exigences d'abris, de repos et de nutrition. Les truites adultes occupent des habitats profonds (supérieurs à 30cm), de type mouilles ou fosses, avec des vitesses de courant assez lente et sur un substrat plus grossier que les juvéniles. Pour assurer leur fonction d'alimentation, des zones plus rapides leurs sont nécessaire. Les abris ombragés sont particulièrement recherchés, notamment sous des racines, en sous berges ou sous le surplomb des branches à fleurs d'eau.

I.2.5. Reproduction

La reproduction se déroule de novembre à fin février, dans des zones graveleuses à courant vif, dans les parties hautes des bassins. La truite est une espèce lithophile, c'est-à-dire qu'elle utilise le sédiment comme support de ponte. Les œufs sont déposés dans une cuvette creusée par la queue de la femelle, puis recouverts de graviers et de galets dont le diamètre moyen augmente avec la taille des poissons. Une femelle pond environ 2000 œufs par kg de poids vifs. Après l'éclosion des œufs, les larves demeurent dans les espaces interstitiels du substrat en se nourrissant sur leur vésicule vitelline jusqu'à l'émergence de printemps. Après l'émergence, les alevins se dispersent surtout vers l'aval par des mouvements de dévalaison et colonisent les zones favorables de la rivière. Les juvéniles développent un comportement territorial marqué et un système de hiérarchie se met en place pour l'occupation des meilleurs postes alimentaires. En grandissant, les juvéniles effectuent des déplacements plus ou moins important vers l'aval du cours d'eau, dans des zones mieux adaptées à leur taille et à leurs besoins. La maturité sexuelle est atteinte à partir de 1+ an chez les mâles et 2+ ans chez les femelles (KEITH et ALLARDI, 2001).

La majorité des frayères est située dans la zone où le courant s'accélère (fin d'un profond, début d'un radier). Dans la rivière, 84% des frayères observées sont creusées dans des graviers de taille comprise entre 2 et 5 cm. Dans les affluents, la granulométrie est plus fine : 62% des frayères sont constituée de graviers de 2mm à 2cm (NIHOARN, 1983).

I.2.6. Migration de reproduction

La truite commune est relativement sédentaire, elle occupe la même station avec très peu de mouvements vers d'autres secteurs de la rivière. Les migrations de reproduction ont lieu en automne, lorsque la température de l'eau atteint 6 à 7 °C (HOOPER 1973 in DELACOSTE, 1995). Elle attend donc les conditions idéales de température, de vitesse, de débit et de hauteur d'eau pour se mettre à la recherche de secteurs favorables à la reproduction. Ces secteurs se situent en tête de bassin jusqu'où elle va remonter (10 à 40 km) et ainsi franchir de nombreux ouvrages transversaux qui peuvent constituer un obstacle à sa migration.

L'activité de migration dans les affluents est conditionnée par l'apparition de crues, mais elle est arrêtée en dessous de 6°C en conditions hydrologiques normales. Cependant la réceptivité à ces stimuli externes varie suivant le sexe : les mâles sont réceptifs plus tôt que les femelles qui migrent surtout lors des crues. Le stade de réceptivité des femelles se situe peu avant l'ovulation (BAGLINIERE et MAISSE, 2002).

Le cloisonnement des ces petits affluents par de nombreux ouvrages artificiels (type buses, ponts, seuils, murets...) sont autant d'obstacles ralentissant voire empêchant la migration des truites vers leurs sites de reproduction. Il faut alors connaître les capacités de franchissement des truites (vitesse de nage, endurance et capacités de saut) afin d'améliorer la connectivité longitudinale.

I.2.7. Vitesse de nage

Il existe différentes allures de nage correspondant à diverses fonctions biologiques et de mœurs des truites communes :

- La « **nage de croisière** », adaptée à des vitesses de courants faibles. Cette nage est employée pour la fonction d'alimentation.
- La « **nage soutenue** », utilisée pour la migration afin de remonter le chevelu hydrographique.
- La « **nage de sprint ou de pointe** », correspondant à un effort intense, permet le passage d'obstacle de type buse ou encore de seuils en effectuant un saut.

Les muscles assurant les allures de nage « soutenue » et « de pointe » sont les muscles « blancs » dont le fonctionnement est assuré par des mécanismes anaérobies. Ces mécanismes vont générer très rapidement une grande puissance musculaire mais limitée dans le temps (BLAXTER, 1969 ; BELL, 1986 ; WEDD, 1975 in BOUCHARD 2004).

D'après WARDLE, 1975 (in BOUCHARD 2004), la vitesse maximale de nage dépend de la température et de la longueur du poisson.

Pour une truite commune de 20cm, la vitesse de pointe varie de 1 à 3 m/s en fonction de la température (BARAN, com. pers.). Cette information se recoupe avec l'étude menée par BEACH en 1984 (in LARINIER, 1992), d'après la figure 1 page 5.

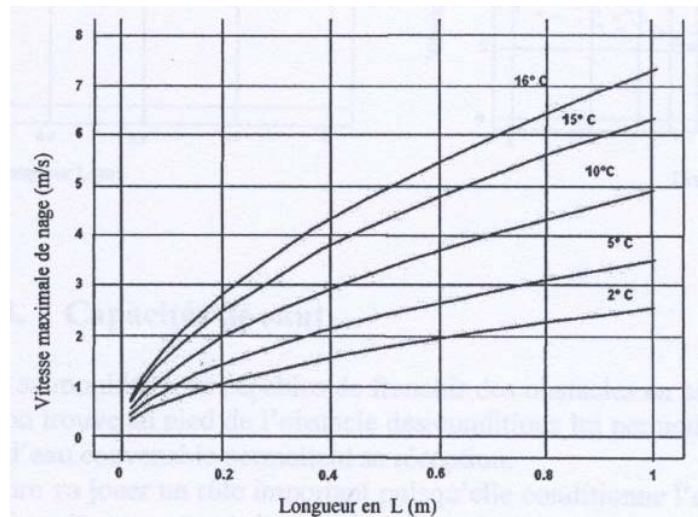


Figure 1 : Vitesse maximale de nage en fonction de la taille des poissons salmonidés, à différentes températures (BEACH, 1984 in LARINIER, 1992)

I.2.8. Endurance

L'endurance des poissons, que l'on considérera comme une durée d'effort maximal provoquant l'épuisement total du poisson, va dépendre aussi de la température de l'eau de la longueur et de la morphologie du poisson. L'endurance diminue quand la température augmente. Des courbes permettent de donner les distances maximales parcourues en fonction de la vitesse d'écoulement et de la température, le tout en fonction des tailles de poissons (cf. figure 2 et 3).

D'après BARAN (Com. pers.), lorsque les vitesses d'écoulement dépassent 1,2 m/s, la remontée des truites vers leurs sites de reproduction est impossible. Ces dernières peuvent nager durant 15 secondes au maximum dans ces conditions. Pour des vitesses d'écoulement de 1 m/s, la distance maximale qu'une truite peut parcourir est de 3 m.

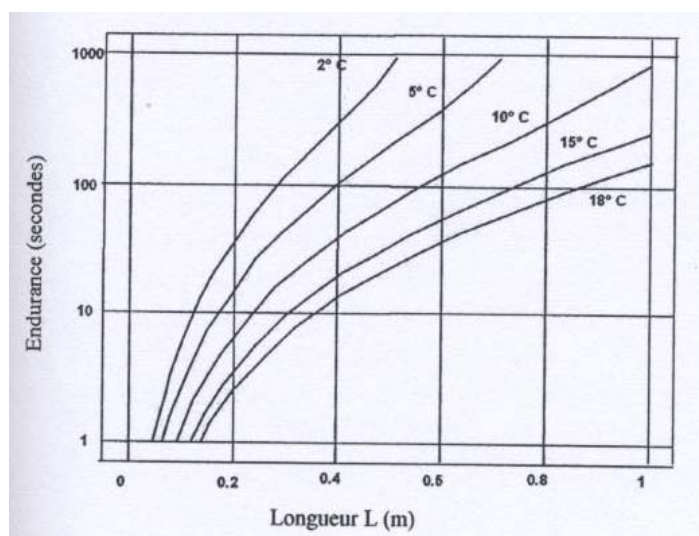


Figure 2 : Endurance à la vitesse maximale de nage en fonction de la taille du poisson et de la température pour les salmonidés (BEACH, 1984 in LARINIER, 1992)

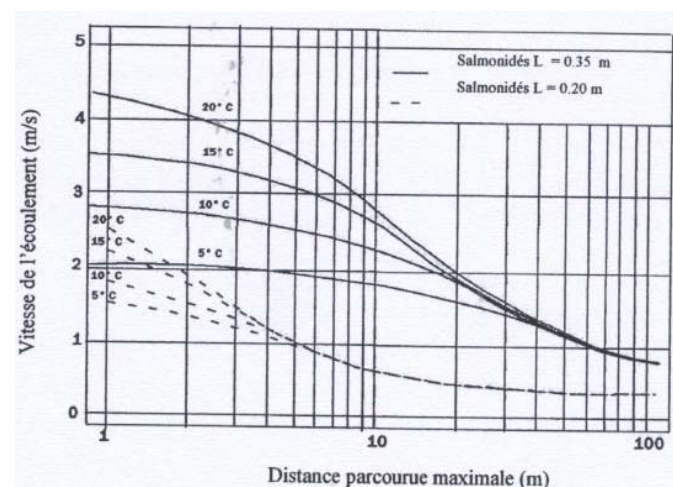


Figure 3 : Distance maximale parcourue en fonction de la vitesse d'écoulement et de la température pour deux tailles de salmonidés (LARINIER, 1992)

I.2.9. Capacité de saut

De part leur morphologie, les salmonidés peuvent franchir facilement des obstacles en sautant. Les performances de saut dépendent de la profondeur d'eau en aval d'une chute et de la capacité d'accélération du poisson. La température va jouer un rôle important, puisqu'elle va conditionner la vitesse maximale de nage qui sera atteinte au moment de la prise d'appel du saut.

D'après BARAN P. (Com. pers.), la capacité de saut varie de 20 à 60 cm en fonction de la taille du poisson et de la température.

Une fosse d'appel est nécessaire à la prise d'élan et à la réussite du saut des truites. Elle doit être égale à au moins 2 fois la hauteur de chute et 2 fois la longueur du poisson (Agence de l'Eau RMC, 2001).

La zone de réception en amont de l'obstacle doit avoir un tirant d'eau suffisant important (au moins 2/3 de la hauteur de chute) pour éviter les blessures du poisson (LEGAULT A., com. pers.).

En résumé de cette partie, on peut avancer qu'une grande diversité des habitats (vitesses d'écoulement, substrat et types d'abris) est un facteur primordial au bon déroulement du cycle biologique de la truite. Le tableau 1 reprend les principales exigences écologiques de la truite fario (D'après RICHARD A., 1995 in LAGARRIGUE, LASCAUX et FIRMIGNAC, 2005).

Tableau 1 : Exigences en terme d'habitat (hauteur, vitesse et substrat) des différents stades biologiques de la truite commune

	Reproduction	Croissance des juvéniles	Grossissement des adultes
Vitesse du courant (cm.s-1)	40 à 60	> 20	<20
Hauteur d'eau (cm)	15 à 30	10 à 30/40	20 à 50
Granulométrie	Galets et graviers	Galets et graviers	Pierres et blocs
Faciès d'écoulement	Radier et plats	Radier et plats	Profonds
Site préférentiel	Ruisseaux	Ruisseaux	Cours principal

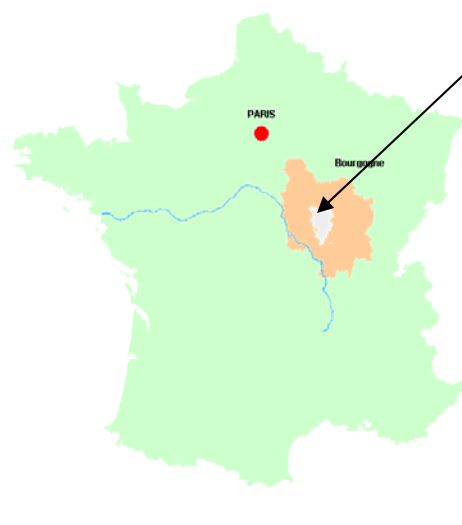
II.Cadre de l'étude

II.1. Présentation du Ternin

Le Ternin est un affluent abondant en rive droite de l'Arroux, d'une longueur de 48 km. Il prend sa source à Champeau en Morvan à 580 mètres d'altitude. Son bassin versant de 265 km² et s'étend sur deux départements bourguignons : la Côte d'Or (21) et la Saône et Loire (71). Son bassin est presque en totalité compris dans le territoire du Parc Naturel Régional du Morvan (cf. figure 4 et 5 page 7). Le Ternin s'écoule en direction du sud-est et reçoit les eaux de multiples ruisseaux affluents fort abondants, pour se jeter dans l'Arroux (affluent de la Loire) au niveau de la ville d'Autun (71). Alors, le Ternin est un cours d'eau situé dans le district de l'Agence de l'Eau Loire Bretagne. Ce cours d'eau appartient au domaine privé et est classé en première catégorie piscicole.

La police de l'eau relève de la Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt (DDAF) de Saône et Loire et la Direction Départementale de l'Équipement de la Côte d'Or. La police de la pêche relève de la DDAF de la Saône et Loire et de la DDAF de la Côte d'Or.

En France :



Massif
du
Morvan

En Bourgogne :

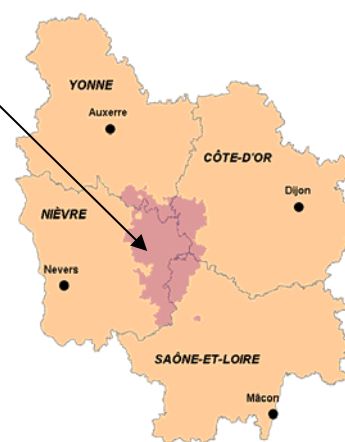


Figure 4 : Localisation du Massif du Morvan

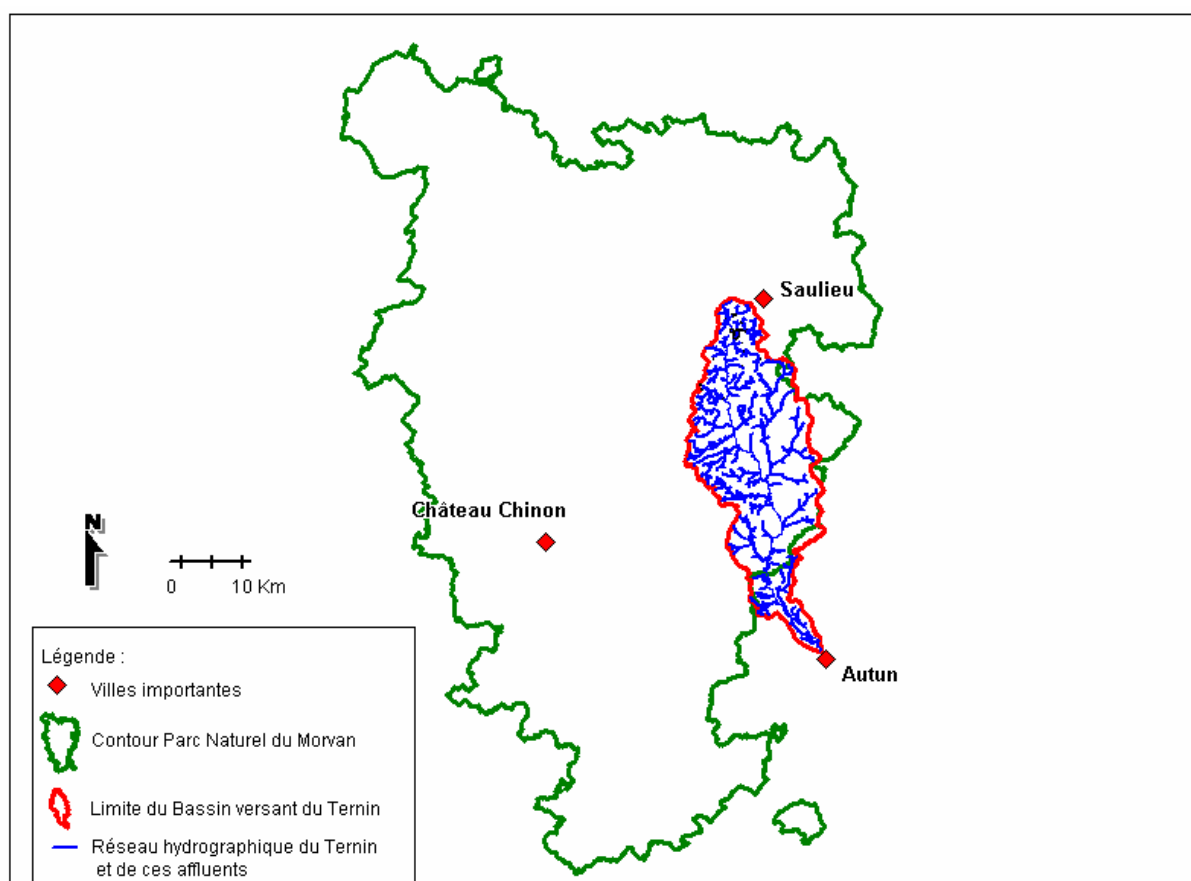


Figure 5 : Localisation du Bassin versant du Ternin par rapport au Parc Naturel du Morvan

II.2. Géologie et Pédologie

Le Morvan, prolongement nord du Massif Central, forme un îlot granitique et volcanique au sein d'une Bourgogne essentiellement calcaire (cf. figure 6 page 9). Il est constitué d'un Horst granitique (remontée du socle hercynien) formé pendant la surrection des chaînes alpines au cours du Tertiaire. Pendant le Quaternaire, une altération du substrat s'est produite pour aboutir à la formation des sols actuels.

La roche mère rencontrée est différente au nord et au sud du bassin versant :

- au nord, elle est constituée de roches granitiques : granite à biotite, microgranites.
- au sud, c'est un mélange de roches magmatiques, plutoniques et sédimentaires : grès, tufs, schistes.

Sur le bassin versant du Ternin, le socle primaire est constitué de roches plutoniques (granites divers), de roches métamorphiques (gneiss et formations silicifiées). La faible perméabilité du sous-sol favorise dans ces régions de très nombreux écoulements de surfaces.

Des formations quaternaires d'alluvions modernes de texture argilo-sableuse ou argilo-limoneuse colmatent les fonds de vallées. Elles résultent de l'altération de l'arène granitique avoisinante. Ce substratum imperméable supporte notamment l'ensemble des prairies marécageuses, paratourbeuses et tourbières présentes sur la zone.

Les sols développés sur granites et les gneiss sont issus de l'altération de la roche mère via un processus d'arénisation, ils sont globalement acides, pauvres et peu développés (en particulier sur les versants pentus).

Au final, il faut retenir que l'essentiel du bassin, tel qu'il a été défini, est caractérisé par des sols pauvres de types brun acide reposant sur des roches granitiques, plutoniques et sédimentaires et différenciables selon leur degré d'hydromorphie et la topographie. Ce contexte géologique explique notamment la faible minéralisation des eaux et la relative acidité des cours d'eau du bassin.

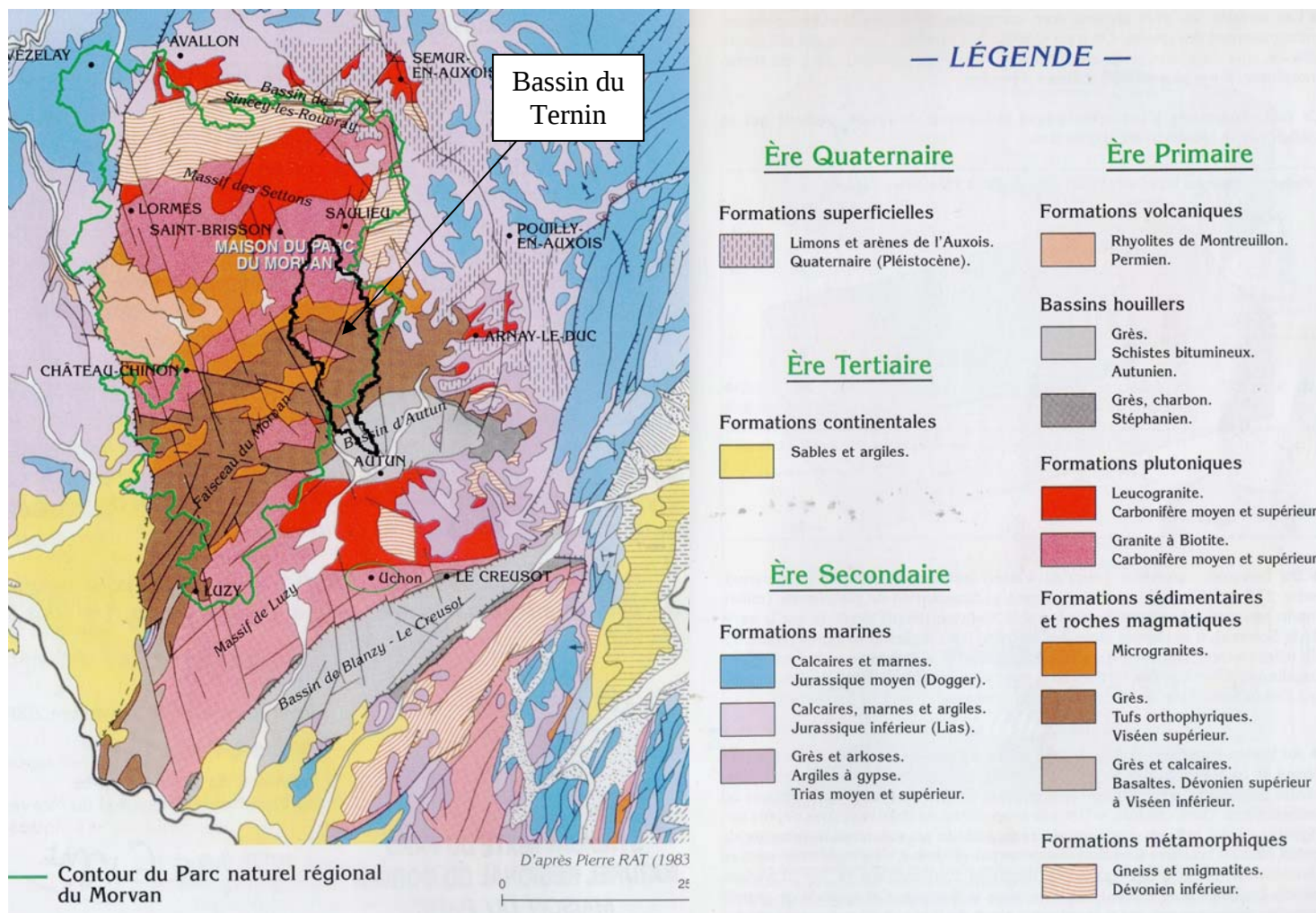


Figure 6 : Carte de la Géologie du Morvan (RAT, 1983 in BARBIN, 2000)

II.3. Climat

Le Morvan se situe dans une région où le climat est de type océanique humide à tendance montagnarde. Il est la résultante d'influences à la fois atlantiques, continentales, méditerranéennes et montagnardes. Une certaine disparité des courbes isohyètes est constatée, à l'échelle de la zone d'étude, avec des précipitations variant de 1400mm à 800mm par an (cf. carte en annexe 1). Les pluies sont plus abondantes en automne hiver. La température moyenne annuelle est proche des 10°C, les températures moyennes mensuelles varient entre 2°C en janvier et 17,7°C en juillet. Le climat du Morvan est humide et ne connaît pas de véritable saison sèche, ce qui permet une alimentation constante des petits ruisseaux de têtes de bassin.

II.4. Occupation du sol du Bassin versant du Ternin

D'après le tableau 2 page 10 et l'annexe 2 (carte), le bassin versant du Ternin est à dominante forestière (51% de la surface totale). Les prairies ont également une place importante dans le paysage et occupe 32% du bassin du Ternin. Les zones urbanisées et industrielles sont très peu développées et se présentent plutôt comme des hameaux en général. Alors, le bassin du Ternin possède un caractère rural qui associe milieux ouverts - milieux fermés, permettant le développement de biotopes très différenciés et ainsi une forte biodiversité. Cependant, il ne faut

pas négliger l'impact de l'exploitation des forêts de résineux car ces plantations rendent les milieux désertiques voir artificiels et modifient les caractéristiques physico-chimiques (acidification, pH et donc tous les équilibres ioniques) et physiques (présence de sous berges, stabilité des berges,...) des cours d'eau.

Tableau 2 : Superficie et proportion des types d'occupation du sol d'après le Corine land cover 2000

Type occupation du sol	Superficie (en ha)	% de type d'occupation du sol par rapport à la superficie totale du bassin du Ternin
Eaux continentales	66,12	0,25
Forêts	13498,84	50,99
Prairies	8463,7	31,97
Milieus à végétation arbustive et/ou herbacée	20,46	0,08
Terres arables	193,86	0,73
Zones agricoles hétérogènes	4065,2	15,35
Zones industrielles commerciales et réseaux de communication	11,89	0,04
Zones urbanisées	155,78	0,59
Total du bassin versant du Ternin	26475,85	

II.5. Démographie du Bassin versant du Ternin

22 communes se partagent le bassin versant du Ternin (cf. annexe 3). Les proportions de leurs territoires inclus dans ce bassin versant sont très disparates, allant de 2,4% pour la Celle en Morvan à 100% pour Villiers en Morvan ou encore Chissey en Morvan, Lucenay l'Evêque et Blanot.

12 communes ont leur bourg situé dans le bassin du Ternin (marquées par un Astérisque). Ces dernières servent au calcul du nombre d'habitants dans la zone d'étude, soit 3253 personnes. La densité de population sur le Ternin est de l'ordre de 12,28 hab/km², ce qui en fait un territoire rural (moyenne nationale : 106 hab/km²). Le tableau 3 page 11 donne des informations démographiques sur ces communes et sur leurs répartitions sur le bassin du Ternin (source : INSEE Recensement Général de la Population (RGP) de 1999 et des années 2000).

Cette approche nous permet d'aborder la problématique des eaux usées et des rejets domestiques. Le type d'habitat dominant est le hameau, qui généralement est propice à la mise en place de dispositifs d'assainissement autonome. L'efficacité de ces derniers est incertaine : mise au norme, vidange de la fosse toutes eaux. Cependant, le caractère diffus de ces rejets limite leur incidence sur la qualité des milieux récepteurs. Le chiffrage de ces rejets domestiques de manière qualitative et quantitative est difficile. Néanmoins, cette approche du nombre d'habitant situés dans le bassin versant du Ternin, renseigne sur l'importance de la pollution d'origine domestique. Il existe également quelques systèmes d'assainissement collectifs extensifs comme à Alligny (à casiers d'infiltrations pour 200 équivalent habitants) et Moux en Morvan (à lagunage aéré pour 333 équivalent habitants).

Tableau 3 : Statistiques sur la population et la répartition spatiale des communes au sein du bassin

Communes	Dpt	Population en 1999	Population lors du dernier recensement	Année du dernier recensement	% du territoire communal inclus dans le BV	% du BV occupé par la commune
Alligny en Morvan*	58	657	651	2004	79,0	14,6
Autun	71	18085			6,1	1,4
Bard le régulier	21	75	66	2005	18,2	0,6
Blanot*	21	148			99,8	6,9
Brazey en Morvan*	21	156	167	2007	64,1	4,2
Champeau en Morvan	21	237	251	2007	23,7	3,1
Chissey en Morvan*	71	282	300	2007	100,0	11,3
Cussy en Morvan	71	464	460	2007	34,5	4,6
La Celle en Morvan	71	502			2,4	0,2
La Petite Verrière	71	65			3,3	0,1
Liernais	21	593	557	2005	9,0	1,0
Lucenay l'Evêque*	71	385	389	2007	99,7	9,5
Menessaire*	21	88	70	2007	88,0	5,0
Moux*	58	676			50,1	8,4
Reclesne	71	293	315	2004	25,2	2,0
Saulieu	21	2969			7,4	0,9
Savilly*	21	68	76	2005	82,4	2,6
Sommant*	71	186	192	2006	97,4	7,6
St Martin de la Mer	21	286	279	2007	56,5	5,0
St Forgeot	71	478	525	2004	15,3	0,9
Tavernay*	71	536			78,8	7,7
Villiers en Morvan*	21	48			100,0	2,5
Total approché		3230	3253			

Dpt = Département

N.B. : Le bourg de la commune de Brazey en Morvan se situe sur la limite du bassin versant du Ternin, il est compris dans le calcul du nombre d'habitants approchés du territoire.

D'après AQUASCOP, 1999, la STEP de Moux en Morvan présente des rejets peu polluants, mais ponctuellement concentrés dans le cours du ruisseau de Chazelle. De plus, des signes de contamination plus marquée à l'égard du phosphore, soulignent l'impact de cette station de traitement des eaux usées et mettent en évidence l'irrégularité du niveau de traitement des effluves en fonction des heures de consommation d'eau dans la journée (pics de pollution au heures de repas de midi et début de soirée correspondant à une qualité moyenne).

Sur le Ternin en aval de Saint Léger des Fourches, la pollution directe non traitée est notée. Malgré l'absence de systèmes d'assainissement non collectif dans ces petits hameaux de la tête de bassin du Ternin, il n'est pas constaté d'altération notable de la qualité de l'eau.

II.6. Ecologie et zones d'intérêt

Le bassin versant du Ternin compte 8 Zones d'Intérêts Ecologiques pour la Faune et la Flore (ZNIEFF) de type I dont la ZNIEFF du « Teureau Brunot » qui est la propriété du Conseil Général de la Nièvre (CG58). Cette dernière constitue donc un Espace Naturel Sensible (ENS) géré par le CG58. On relève également la présence en partie d'une ZNIEFF de type II « Morvan Centre Est » (grands ensembles paysagers et écologiques sur le plan fonctionnel). L'ensemble de ces zones d'intérêts écologiques couvre 23,7 % de la superficie du bassin du Ternin soit 6270,62 hectares (cf. annexe 4). Le tableau 4 donne succinctement des informations sur les espaces inventoriés. Une fiche descriptive de chaque espace est consultable en annexe 5.

Tableau 4 : Récapitulatif des espaces inventoriés d'intérêts écologiques

Numéro identifiant (DIREN)	Nom	Statut	Superficie totale (ha)	Superficie dans le bassin du Ternin (ha)
10001001	TEUREAU BRUNOT	ZNIEFF I et ENS	6,33	6,33
10001002	L'ETANG NEUF	ZNIEFF I	65	65
00280003	LENTILLE CALCAIRE DE CUSSY-EN-MORVAN	ZNIEFF I	15,67	15,67
00280004	VALLÉE DE LA GAGERE	ZNIEFF I	139,04	139,04
00280007	VALLON DES FOULTERES	ZNIEFF I	51,08	51,08
01110122	ETANG DE VAROLLES	ZNIEFF I	25,79	25,79
01110123	TERNIN ET ARROUX	ZNIEFF I	380,8	188,5
0028	MORVAN CENTRE EST	ZNIEFF II	13370	5985

II.7. Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique du bassin versant du Ternin est impressionnant par la densité du chevelu associé, la densité de drainage (rapport linéaire kilométrique / surface du bassin versant en km²) est très importante : 1,3 km/km² (calculé sur MapInfo et théorique avant relevé terrain).

Le Ternin coule sur 65 kilomètres de long, alors que son réseau d'affluents (temporaires et permanents confondus) totalise 270 kilomètres et représente 4,2 fois la longueur du cours d'eau principal (cf. figure 7 page 14). Les prospections de terrain ont permis de redécouvrir des parties de cours d'eau qui n'étaient pas recensées sur les cartes IGN au 1/25000^{ème}.

II.8. Hydrologie

Cette partie a été rédigée à l'aide des données de la Banque Hydro disponible sur Internet.

Le débit du Ternin est suivi depuis 42 ans (1967-2008), à la station hydrométrique de Tavernay (71) située au nord-ouest de la ville d'Autun. A cet endroit, le bassin versant est drainé à 97% (257km²). Le régime du Ternin est de type pluvial, ce qui explique la présence des fluctuations saisonnières de débit assez importante (cf. figure 8 page 13). Son débit est en lien étroit avec les précipitations tombant sur le Morvan. Les hautes eaux d'hivers portent le débit moyen mensuel au niveau de 5,5 à 8 m³/s, de décembre à mars inclus, avec un maximum en janvier-février. La période des basses eaux

se situe entre juillet et octobre, avec des débits moyens mensuels pouvant aller jusqu'à 0,575 m³/s au mois d'août.

Les crues du Ternin sont souvent très importantes et contribuent à la montée des eaux de l'Arroux. Le 13 janvier 2004, un débit instantané maximal a été enregistré à 81,7 m³/s, correspondant à une crue vicennale. Un débit journalier maximal de 62,9 m³/s a été également recensé le 15 février 1990, correspondant également à une crue vicennale (cf. tableau 5). La lame d'eau écoulee dans le bassin versant du Ternin est de 456 mm par an, ce qui est supérieur à celui du bassin de l'Arroux, ainsi qu'à la moyenne nationale.

Le module mensuel interannuel est de 3,69 m³/s sur la période de 1967 à 2007 (40 ans), correspondant à un débit spécifique de 14,4 l/s/km² de bassin.

Les débits de crue sont calculés sur 40 ans avec la loi de Gumbel (septembre à août) et sont référencés dans le tableau 5.

Tableau 5 : Débits caractéristiques de crue à Tavernay sur le Ternin (source : Banque Hydro)

fréquence	QJ (m3/s)	QIX (m3/s)
biennale	34,00 [32,00 ; 37,00]	40,00 [37,00 ; 44,00]
quinquennale	46,00 [43,00; 52,00]	54,00 [50,00 ; 61,00]
décennale	54,00 [49,00; 62,00]	64,00 [58,00; 73,00]
vicennale	62,00 [56,00; 71,00]	73,00 [66,00; 85,00]
cinquantennale	71,00 [64,00; 84,00]	85,00 [76,00; 100,0]
centennale	non calculé	non calculé

QJ : débit journalier maximal
QIX : débit instantané maximal

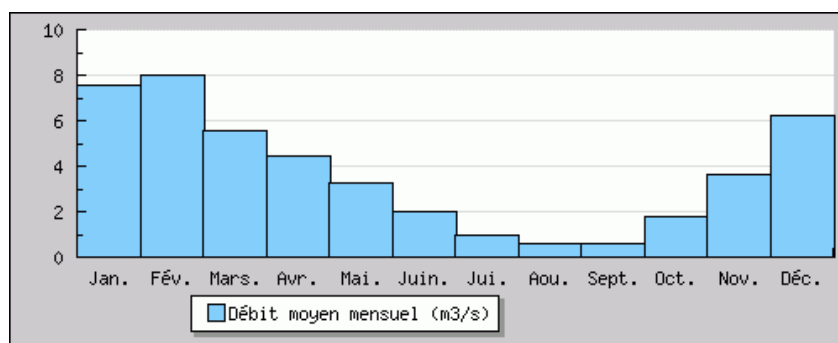


Figure 8 : Hydrogramme des débits moyens mensuels interannuels calculés sur 42 ans avec la loi de Gauss (septembre à août) pour le Ternin à Tavernay (Source : Banque Hydro)

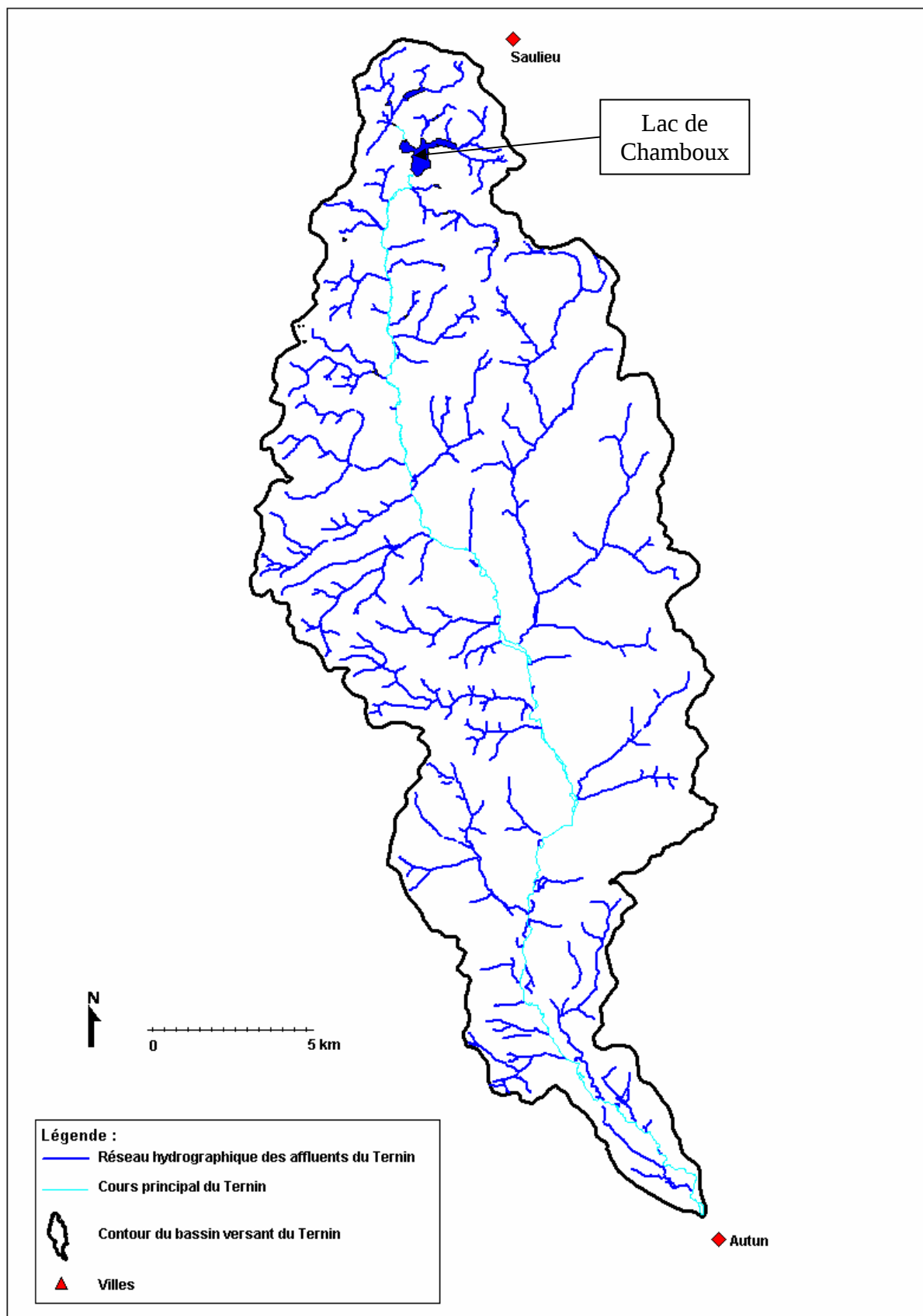


Figure 7 : Carte du réseau hydrographique du Ternin et de ses multiples affluents

II.9. Qualité de l'eau

Cette partie a été rédigée à l'aide des synthèses de l'Observatoire de la Qualité des Eaux du Morvan (synthèse interannuelle 1993-1997 de AQUASCOP, PNRM et AESN, et synthèse 1993-2005 du PNRM et SIALIS).

II.9.1. Physico-chimique

Il existe deux facteurs de dégradation de la qualité des eaux sur le bassin versant du Ternin : les rejets domestiques non traités ou traités et les barrages réservoirs.

Le premier facteur joue sur la qualité chimique des eaux, plus particulièrement en phosphore, en nitrates et en ammonium. Cependant, malgré des pollutions concentrées à certaines heures de la journée (repas du midi et début de soirée), ces pollutions sont peu polluantes.

En ce qui concerne le Lac réservoir de Chamboux, la dégradation de la qualité de l'eau est due aux eaux de restitution provenant du fond du lac. Ces eaux sont concentrées en ammonium et en fer, qui proviennent du relargage des sédiments et accentue le déficit en oxygène. Lors de la période estivale, ce déficit peut concerner les 2 tiers de la masse d'eau sur le Lac de Chamboux. Les concentrations peuvent descendre en dessous de 4 mg/l pour des taux de saturation inférieures à 20%. Cette valeur de 4mg d'oxygène dissous par litre d'eau, correspond au seuil limite de la grille de qualité piscicole pour les eaux cyprinicoles (circulaire du 9 novembre 1994) ainsi qu'au seuil légal pour la carpe commune (*Cyprinus carpio*). Une forte perturbation du cycle de transformation de la matière organique a été constatée due aux faibles concentrations en oxygène dissous. Ceci a pour effet de bloquer voire inverser les équilibres du processus de minéralisation de l'azote (passage des nitrates en ammonium) à cause des conditions réductrices de l'eau. Le suivi de la concentration en ammonium montre une dégradation depuis 1993 : cette concentration à 1 mètre du fond du lac, passe de 0,93mg/l en 1993, à 1,02mg/l en 1994, puis 1,6mg/l en 1997.

Cependant, cette pollution semble touchée uniquement les secteurs en aval immédiat du lac (dépôts de matières organiques riches en fer), car la récupération d'une meilleure qualité de l'eau plus en aval est assez rapide. Malgré tout, des observations sur d'autres bassins versants morvandiaux (la Cure par exemple) montre l'existence de modification de la structure des peuplements d'invertébrés benthiques sur plus de 20 km en aval d'un lac.

Le Lac de Chamboux joue également un impact sur la modification thermique de l'eau et peut également influencer sur la structure des peuplements macrobenthiques. Un réchauffement des eaux en fin d'été et au printemps, a pu être constaté.

II.9.2. Hydrobiologique

La qualité hydrobiologique est appréciée au moyen de l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN). Les notes d'IBGN sur le bassin du Ternin, révèlent une très bonne qualité biologique des eaux. La richesse faunistique y est remarquable : 33 taxons IBGN dans 85% des stations échantillonnées sur l'ensemble

des Bassins du Morvan. Notamment, la présence de nombreux taxons d'éphémères, plécoptères et trichoptères ; au sein desquels sont reconnues les formes les plus exigeantes vis-à-vis de la qualité des eaux : Chloroperlidés, Perlidés, Perlolidés ou Taenioptérygides... Si les notes IBGN sont régulièrement excellentes (note de 19 à 20/20), il ne faut pas exclure qu'il existe des déséquilibres constatés par une analyse plus fine de la composition et de la structure des peuplements d'invertébrés (glissement des niveaux typologiques à l'aval des plans d'eau,...).

Pour résumer, la **qualité des eaux des stations du bassin versant du Ternin, observées de 1993 à 2005 est globalement de bonne qualité physicochimique**, par rapport aux valeurs seuils du SEQ - Eau (cf. Annexe 6). Les classes de qualité varient :

- de **Bonne à Très Bonne**, pour les variables des Matières Organiques et Oxydables : **oxygène dissous, taux de saturation, DBO5, ammonium**.
- **Bonne** sur l'ensemble des stations échantillonnées pour les **nitrates**.
- **Bonne** sur l'ensemble des stations échantillonnées pour les variables des Matières phosphorées : **phosphates, phosphore total**.
- **Passable à Bonne**, pour les variables des Matières azotées : **ammonium, azote Kjeldahl, nitrites**.

Nb : Cependant, les seuils du SEQ - Eau sont à relativiser car ils sont maximalistes par rapport aux seuils qui ont été définis par NISBET et VERNAUT en 1970 qui sont beaucoup plus déclassant en terme de niveau de qualité de l'eau (seuils pour une même classe de qualité sont plus faibles).

La **qualité biologique des eaux des stations du Ternin, observées de 1993 à 2005 est globalement de bonne** (13 à 16/20) **à très bonne qualité** (> ou = 17/20). Sauf en aval immédiat du Lac de Chamboux, où la qualité biologique est **passable** (9 à 12/20).

Nb : En théorie, la note IBGN de chaque station étudiée devrait être égale à 20/20. Toute note inférieure à 20 traduit une perturbation du milieu.

III. Matériel et Méthodes

La mise en place de ce protocole de terrain possède un **double objectif** :

- de **caractériser la qualité de l'habitat et le potentiel de reproduction** pour la Truite fario sur les affluents du Ternin.
- de **recenser et cartographier tous les obstacles** naturels et artificiels limitant l'accès à la zone de frayère pour cette espèce.

III.1. Paramètres retenus pour la caractériser l'habitat et le potentiel de reproduction

La fiche de terrain concernant les paramètres suivants se trouve en annexe 7.

III.1.1. Type de vallée

Ce critère est relevé sur le terrain, au moyen d'une appréciation globale de la pente moyenne du cours d'eau.

D'après AMOROS et PETTS (1993), on peut retrouver quatre types de tronçons géomorphologiques différents, correspondant à une forme de vallée, en fonction de la pente (p) :

- Gorges très pentues ($p > 25\%$),
- Gorge ($10\% < p < 25\%$),
- Montagnard ($2\% < p < 10\%$),
- Plateau ou plaine ($p < 2\%$).

La pente est un indicateur important de l'habitat, car elle conditionne les vitesses de courant, le substrat et les faciès d'écoulement.

III.1.2. Occupation du sol

L'occupation du sol décrite lors des relevés de terrain, correspond à l'environnement proche du cours d'eau, c'est-à-dire la vocation des parcelles rivulaires.

Les types d'occupation des rives des affluents du Ternin sont résumés dans le tableau suivant.

Tableau 6 : Différents types d'occupation du sol pouvant être rencontrés

Type d'occupation du sol	Code
Boisements feuillus	BF
Boisements résineux	BR
Prairies	P
Cultures	C
Friches	F
Zones bâties	ZB
Jardins	J
Routes	R

Le critère « culture » regroupe les différents types de culture suivante : cultures céréalières (blé et maïs), plantations de sapins de Noël, peupleraies ou encore d'autres plantations (érable sycomore,...).

III.1.3. Ripisylve

La ripisylve est le compartiment le plus important dans le fonctionnement des petits hydrosystèmes de têtes de bassin. Elle assure le maintien et le bon état d'écosystèmes diversifiés par ses multiples fonctions : régulation de la température de l'eau, structuration des habitats aquatiques, rôle trophique, maintien des berges, dissipation de l'énergie hydraulique, rôle d'auto-épuration et de réservoirs biologiques. **Quatre paramètres** seront relevés : la **stratification**, la **densité**, l'**âge de son peuplement** et l'**ombrage**. Pour les trois premiers, chaque rive est différenciée : rive gauche et rive droite. L'ombrage sera estimé de façon globale en regroupant les deux rives.

III.1.3.1. Stratification de la ripisylve

La présence ou l'absence des strates de végétation est renseignée selon les critères suivants :

- strate arbustive, correspondant à une végétation ligneuse et semi-ligneuse d'une hauteur inférieure à 7 mètres,
- strate arborescente, caractérisée par une végétation ligneuse d'une hauteur supérieure à 7 mètres.

III.1.3.2. Densité de la ripisylve

La description de la densité de la ripisylve permet d'obtenir des précisions sur son état de conservation et d'entretien, ainsi que sur sa fonctionnalité. Pour cet indicateur, il y a quatre classes descriptives qui sont résumées dans le tableau suivant.

Tableau 7 : Diverses densités de la ripisylve et leur signification

Densité ripisylve	Signification	Code
absente	pas de ripisylve	0
très clairsemée	espacement entre les arbres et/ou arbustes est important (> 6m)	1
clairsemée	espacement encore élevé (4 à 6m)	2
moyenne / discontinue	espacement se réduit et devient moyen (2 à 4m)	3
dense / continue	espacement est nettement réduit et devient très faible (<2m) et la largeur est supérieure à un alignement d'arbres	4

III.1.3.3. Age du peuplement rivulaire

Cet indicateur permet de renseigner sur la structure de la ripisylve, afin d'envisager des actions d'entretien de la ripisylve. Par exemple, une ripisylve vieillissante pourra être rajeunie par la cépée de certains arbres, permettant de trouver un meilleur équilibre entre les spécimens jeunes et adultes.

L'âge du peuplement peut être :

- jeune, avec une dominance des jeunes tiges,
- adulte, avec une dominance d'arbres matures (diamètre supérieur à 30cm),
- équilibré, avec une proportion équilibrée entre les jeunes tiges et les arbres matures,
- vieillissant, avec une dominance de tiges adultes et présence de tiges sénescences.

III.1.3.4. Ombrage

Ce paramètre dépend de nombreux indicateurs influençant son importance : la densité, la largeur, la hauteur et les essences constituant la ripisylve, l'exposition du talweg (nord, sud...) et parfois la hauteur des berges. L'ombre est un critère important dans la prise en compte de la qualité de l'habitat physique pour les peuplements piscicoles des têtes de bassins.

Les quatre classes suivantes (cf. tableau 8), prennent en compte la superficie de zone ombragée sur chaque segment de cours d'eau étudié.

Tableau 8 : Classe d'importance de l'ombrage et leur correspondance en superficie

Classe d'ombre	% de superficie de zone ombragée sur le segment	Code
Absence	0%	0
Faible	] 0 ; 20%]	1
Moyenne	] 20 ; 80%]	2
Importante	>80%	3

III.1.4. Caractéristiques générales du lit mineur

La largeur moyenne, la largeur à débit de plein bord, la profondeur moyenne et la vitesse moyenne du lit mineur des cours d'eau affluents du Ternin sont relevées pour chaque segment homogène. Ces paramètres donnent des indications sur les dimensions spatiales de ces petits hydrosystèmes.

Les berges font également l'objet d'une attention particulière, car elle joue un rôle important dans le fonctionnement géomorphologique des cours d'eau. Elles permettent la recharge sédimentaire du cours d'eau et servent de frein hydraulique via le frottement mécanique de l'eau sur des surfaces rugueuse ou encore grâce aux systèmes racinaires de la ripisylve.

Alors, la hauteur moyenne et la stabilité des berges seront relevées.

III.1.5. Faciès d'écoulement

La description des faciès d'écoulement est réalisée à l'aide de la clé de détermination de MALAVOI et SOUCHON (2001), qui considèrent 3 paramètres principaux : la hauteur d'eau, la vitesse du courant et la géométrie de la section en travers. Une combinaison précise de ces paramètres donne un type de faciès particulier (cf. Annexe 8). Cependant, un relevé exhaustif de la totalité des faciès des affluents du Ternin n'est pas envisageable en raison de la longueur du linéaire à prospecter. Seulement, le faciès dominant et les faciès secondaires (2 au maximum) seront décrits par segment homogène.

Tableau 9 : Différents types de faciès d'écoulements (selon MALAVOI et SOUCHON, 2001)

Faciès d'écoulement	Code
Radier	RAD
Plat lotique	PLO
Plat lentique	PLE
Mouille	M
Rapide	RAP
Cascade	CA
Chute	CH
Fosse de dissipation	FD
Fosse d'affouillement	FA

III.1.6. Diversité des habitats des différents stades biologiques de la truite fario

Pour compléter cette description de facteurs mésologiques (du milieu), une évaluation de la diversité d'habitats sera réalisée pour l'espèce repère de ce diagnostic, la truite fario. D'après RICHARD (1995) in LAGARRIGUE et al. (2005) (cf. tableau 1 page 6), une grande diversité de substrats, de vitesses de courant et de hauteurs d'eau, est un facteur primordial au bon déroulement du cycle biologique de cette espèce.

Par rapport au tableau 1, une évaluation de la diversité des habitats sur chaque segment homogène de cours d'eau est construite (cf. tableau 10). Elle tient compte de la présence ou l'absence d'habitats disponibles pour l'un et/ou plusieurs stades biologiques de la truite : croissance des juvéniles, grossissements des adultes et la reproduction.

Tableau 10 : Diversité des habitats en fonction des stades du cycle biologique de la truite présents en théorie

Diversité des habitats	Code
Absence d'habitats disponibles pour au moins un des stades du cycle biologique de la truite	0
Présence d'habitats disponibles pour un stade du cycle biologique de la truite	1
Présence d'habitats disponibles pour deux stades du cycle biologique de la truite	2
Présence d'habitats disponibles pour l'ensemble du cycle biologique de la truite	3

III.1.7. Granulométrie

Les classes de substrats représentatifs de chaque segment (la granulométrie dominante et les granulométries secondaires) sont également décrites, en se basant sur les diamètres de taille du tableau 11 page 21 (d'après MALAVOI et SOUCHON, 1989).

Afin d'évaluer les potentiels de reproduction de la truite fario, une estimation semi-quantitative de la Surface Granulométrique Favorable (SGF) est également réalisée (DELACOSTE, 1995). Toutes les surfaces supérieures à 0,04m² (20 cm par 20 cm correspondant à 1 patch), avec une granulométrie comprenant les classes de tailles correspondantes à ces surfaces de reproduction (galets, graviers et sables grossiers), sont comptabilisées. Ensuite, ces surfaces sont cumulées par segment et une expression de la SGF en fonction du linéaire de berge (m² / 100 m de berge) et/ou en pourcentage de la superficie totale, peut être obtenue (cf. tableau 12 page 21). En règle générale, les cours d'eau affluents du Ternin ont une largeur de 1 mètre en moyenne, donc une relation simple entre le nombre de patches observés pour 100m linéaire du segments et le pourcentage de la SGF par rapport à la surface totale du segment.

Tableau 11 : Différents types de substrat et leur correspondance de taille

Type de substrat	Code	Classe de taille (en cm)
Rochers	R	>100
Blocs	B	[25 ; 100[
Pierres	P	[6 ; 25[
Galets	GL	[2 ; 6[
Graviers	GV	[0,2 ; 2[
Sables Grossiers	SG	[0,05 ; 0,2[
Sables Fins	SF	[0,00625 ; 0,05[
Limons / Argiles	LA	< 0,00625

Tableau 12 : Correspondance entre les différentes classes d'abondance de la SGF pour la truite et leur proportion par rapport à la superficie totale

Abondance de la SGF	Nombre de patchs observés pour 100 m de linéaire (20 x 20 cm ou 0,04 m²)	% SGF correspondante par rapport à la surface totale	Code
Nulle	0	0%	0
Locale	2	< 10%	1
Moyenne	3 à 5	[10 ; 40%]	2
Importante	> 5	> 40%	3

III.1.8. Colmatage

Le colmatage du substrat sera également renseigné, à travers le degré de colmatage : % de surface colmatée par rapport à la surface en eau du segment (cf. tableau 13). Le colmatage induit une perte notoire de biodiversité en banalisant les habitats et les peuplements d'invertébrés et piscicoles. Il conduit à la réduction des surfaces disponibles pour la reproduction des espèces lithophiles : truite fario, lamproie de Planer (*Lampetra planeris* L.) et le chabot (*Cottus gobio* L.). Le colmatage diminue également les échanges hyporhéiques, qui correspondent aux écoulements entre la nappe et le cours d'eau dans la de la couche superficielle de substrat du lit mineur (30cm premiers environ).

Tableau 13 : Correspondance entre le degré de colmatage et la surface colmatée

Degré de colmatage	Pourcentage de surface colmatée par rapport à la surface en eau	Code
Nul	0%	0
Ponctuel	<10 %	1
Moyen	10 à 30 %	2
Important à très important	>30 %	3

III.1.9. Types de caches et potentiel d'abris pour la truite

Concernant la truite commune, la présence de zones de refuges et d'abris en quantité suffisante est nécessaire pour ne pas être un facteur limitant de la capacité d'accueil d'un cours d'eau. Pour les truites adultes, ces zones sont classiquement les fonds ainsi que les sous berges, les sous blocs et les

emcombres. Les zones à faible profondeur et à faible vitesse situées généralement en bordure du chenal et/ou derrière un substrat grossiers constituent des zones de refuges pour les alevins et les juvéniles de truite (BARAN, 1995).

La quantité et le type d'abris disponibles pour les truites est relevée sur chaque segment prospecté. Toutes sous berges, sous blocs, systèmes racinaires, emcombres et herbiers d'une surface supérieure à 0,04m² (20*20cm) sont comptabilisés. Alors, on peut estimer une surface d'abris en m²/100 m de berge et/ou en % de la superficie totale (BARAN, 1995). Ainsi une comparaison, à des références connues sur des rivières du Morvan, des Pyrénées ou du Massif Central, est alors possible. Sachant que 2% d'abris est considéré comme un bon pourcentage pour les cours d'eau à truite (BARAN, 1995), les classes d'abondance des abris sont les suivantes :

- absent : pas d'abris disponible
- local : < 1 % de la surface mouillée
- moyen : 1 à 2 % de la surface mouillée
- important : > 2% de la surface mouillée

III.1.10. Perturbations du milieu

Les différents types de perturbation d'un milieu sont recensés dans le tableau 14. Le piétinement fait l'objet d'une attention particulière, c'est la perturbation la plus récurrente sur les petits hydrosystèmes. Cette perturbation est liée à l'activité d'élevage bovin très répandue dans le Morvan et conduit à la déstabilisation des berges, au colmatage du substrat et à la banalisation du milieu. Elle est notée en fonction de son intensité sur l'ensemble du linéaire de chacun des segments du cours d'eau (cf. tableau 15 page 23). Le but de ce relevé est de connaître la longueur et la proportion de cours d'eau soumis à ces diverses pressions anthropiques, qui perturbent et dégradent l'habitat et la capacité de reproduction de la truite commune.

Tableau 14 : Différents types de perturbation pouvant être rencontrées

Type perturbation	Code
Rectification	RECT
Recalibrage	RECA
Curage	C
Incision	I
Déplacement du lit	DL
Rejet	R
Prélèvement / Pompage	P
Dérivation d'une partie du débit	DQ

Tableau 15 : Correspondant entre l'intensité du piétinement et le linéaire de berges dégradées

Intensité du piétinement	Linéaire de berges piétinées pour 100 m de berges du cours d'eau	Code
absent	0 m sur 100 m	3
local	<10 m sur 100 m	2
moyen	10 à 30m sur 100m	1
important	> 30m sur 100m	0

III.2. Recensement des obstacles à la libre circulation piscicole

III.2.1. Cas des seuils

Ces seuils regroupent les ouvrages de franchissement de cours d'eau : buse, pont voûté, dalot... mais aussi les chutes naturelles ou artificielles et les murets. Quelque soit leur statut de franchissabilité, tous ces seuils seront recensés et caractérisés selon un certain nombre de paramètres descriptifs : chute en aval de l'obstacle, hauteurs d'eau au niveau de l'ouvrage, les caractéristiques de la fosse d'appel, l'état de conservation, les matériaux constitutifs, leur usage et leur utilisation actuelle... (cf. fiche obstacle en annexe 9).

Concernant les obstacles naturels de type encombres, seul la franchissabilité, les matériaux constitutifs, ainsi que la hauteur et la forme de la chute seront relevés.

Le statut de franchissabilité est évalué sur le terrain puis affiné au bureau, lors de l'élaboration des fiches descriptives des « infranchissables » (cf. **rapport technique**). Pour les ouvrages infranchissables, le ou les facteur(s) limitant(s) seront également mentionné(s), afin d'entreprendre des actions de restauration ou de correction pour améliorer leur franchissabilité.

Définition des statuts de franchissabilité :

- Franchissables : ce sont les seuils qui ne posent aucun problème pour les déplacements des poissons, quelque soit la période de l'année.
- Franchissables périodiques : ces obstacles demeurent infranchissables en période de basses eaux, mais ne posent pas de problème de circulation dans les conditions hydrologiques de moyennes et hautes eaux, c'est-à-dire lors de la migration des géniteurs de truite fario.
- Infranchissables : le franchissement de ces seuils est impossible pour les individus de cette espèce, quelque soit les conditions hydrologiques.

Dans le cadre de cette étude, seul le franchissement des seuils pour la truite commune et au stade adulte lors de la montaison, a été considéré.

Beaucoup d'ouvrages étaient infranchissables au moment de la prospection (basses eaux), on veillera à définir la situation des hautes eaux au niveau des obstacles par l'intermédiaire de laisses de crues et de marques d'érosion.

III.2.2. Cas des étangs

Tous les étangs situés dans l'environnement proche des affluents prospectés, c'est-à-dire potentiellement en interaction avec ceux-ci, sont décrits. Les critères relevés pour ce type d'obstacle sont :

- l'état général de l'étang et de ces digues,
- le mode d'alimentation et de restitution des eaux, ainsi que la présence éventuelle d'une dérivation,
- la nature du système de vidange,
- les impacts visibles sur l'hydrosystème : développement de végétation aquatiques, modifications thermiques et de la qualité physico-chimique, le colmatage, le risque de dissémination d'espèces allochtones ou non désirables.

Les caractéristiques retenues sont synthétisées dans la fiche descriptive Etang (cf. annexe 10).

La franchissabilité de ces obstacles est appréhendée au regard de la montaison et de la dévalaison des truites. En effet, les étangs constituent des ouvrages infranchissables lorsqu'ils sont situés en barrage sur les cours d'eau, du moins pour la montaison. Concernant la dévalaison, ce sont les seuls obstacles peuvent être déconnectants sur ce type de bassin versant. La notion de trajet minimal permet d'estimer le degré de franchissabilité des étangs, qui ne possèdent pas de dérivation fonctionnelle (LASCAUX, ECOGEA, com. pers. in COUASNE, 2003). Les truites sont capables de nager dans une nappe d'eau stagnante, mais la distance à parcourir peut agir comme un facteur limitant pour la migration. Le trajet minimal correspond à cette distance théorique que devraient parcourir les truites pour franchir l'étang. La dévalaison est possible si cette distance n'excède pas 50 mètres (BARAN, ONEMA, com. pers. in COUASNE, 2003).

III.3. Méthodologie pour l'analyse des données

Toutes les données collectées, lors de la phase de terrain sont renseignées dans le SIG (MapInfo).

III.3.1. Mise en place du système d'évaluation de la qualité du potentiel d'accueil

Chaque segment homogène de chaque affluent prospecté du Ternin va être évalué à l'aide de certains facteurs relevés sur le terrain. Cette démarche a pour but de définir, pour chaque affluent, sa capacité à accueillir la truite commune et son aptitude à lui offrir un bon développement.

9 critères sont retenus pour évaluer ce potentiel d'accueil, figure dans le tableau 16 page 25.

Tableau 16 : Paramètres retenus et notes correspondantes pour l'évaluation du potentiel d'accueil

Paramètres	Description	Score
Densité ripisylve en rive droite	absence	0
	très clairsemée	1
	clairsemée	2
	discontinue	3
	continue	4
Densité ripisylve en rive gauche	absence	0
	très clairsemée	1
	clairsemée	2
	discontinue	3
	continue	4
Ombrage	absence	0
	faible	1
	moyen	2
	fort	3
Présence d'abris	absent	0
	faible	1
	moyenne	2
	forte	3
Diversité d'habitats suivant le stade développement	0 stade	0
	1 stade	1
	2 stades	2
	3 stades	3
Enrésinement des bordures	OUI	0
	NON	1
Curage / Recalibrage...	OUI	0
	NON	1
Prolifération végétale	importante	0
	moyenne	1
	locale	2
	absence	3
Piétinement	important	0
	moyen	1
	ponctuel	2
	absent	3

En réalisant la somme des meilleurs scores possibles (en gras) des neuf critères retenus, on obtient une note maximale de 25/25. Cette note correspond à un milieu en parfaite conformité physique et vierge de toutes perturbations et pressions anthropiques (état originel).

Cependant, une telle qualité physique de l'habitat ne peut être atteinte car les activités anthropiques modifient les équilibres et les espaces. La principale activité rencontrée lors des prospections de terrain, est l'agriculture. Cette dernière modifie de manière plus ou moins intense le compartiment physique des hydrosystèmes. L'élevage des bovins et la sylviculture représentent la majeure partie de cette activité dans le Morvan. On relativise les pressions exercées par ces activités en créant des classes de conformité physique correspond à un potentiel d'accueil qui lui est associé.

Par rapport à la vision d'un milieu favorable au développement des truites communes (cf. partie I pages 2 à 6) et aux observations de terrain, trois classes de conformité sont définies :

- habitat physique **conforme** : note comprise entre **25 et 19 inclus** (>76% de conformité par rapport à l'état vierge de toutes pressions humaines).
- habitat physique **peu dégradé** : note comprise entre **19 exclus et 15 inclus** (conformité comprise entre 60 et 76% par rapport à l'état vierge de toutes pressions humaines).
- habitat physique **très dégradé** : note comprise entre **15 exclus et 0 inclus** (<60% de conformité par rapport à l'état vierge de toutes pressions humaines).

Ces classes permettent de refléter la qualité de l'habitat et ainsi cibler les zone les plus préservées (habitat conforme) ou les plus dégradées (habitat très dégradés). En effet, plus un secteur sera proche de l'état de conforme, plus il est apte à accueillir une forte population de truites fario.

Nb : Quelque soit la note obtenue, tout segment de cours d'eau, ayant subi des travaux hydrauliques (curage, recalibrage, rectification, déplacement du lit) sont déclassés en habitat physique très dégradé.

III.3.2. Mise en place du système d'évaluation de la capacité de reproduction

Le potentiel de reproduction est un indicateur construit à l'aide des deux paramètres suivants :

- la Surface Granulométrique Favorable (SGF), qui représente la surface de frayère d'un segment de cours d'eau,
- le colmatage, étant le critère qui pénalise la qualité de ces surfaces disponibles pour la fraye des salmonidés.

Chacun de ces précédents paramètres comporte quatre classes, allant de 0 à 3.

Formule : **Note du potentiel de reproduction calculée = SGF - Colmatage**

Au final, on obtient des notes de potentiel de reproduction allant de 0 à 3. Lorsque la note est négative, le potentiel de reproduction est considéré comme nul, quelque soit le degré de colmatage du substrat. On calcule le potentiel de reproduction pour chaque segment de cours d'eau.

Tableau 17 : Exemple de calcul du potentiel de reproduction

SGF	Colmatage	Note du Potentiel de reproduction calculée	Potentiel de reproduction	Signification du potentiel de reproduction
1	3	-2	0	Nul
2	2	0	0	Nul
3	2	1	1	Faible
3	1	2	2	Moyen
3	0	3	3	Elevé

III.3.3. Mise en place d'un indice Enjeux intégrant la capacité d'accueil et le potentiel de reproduction

Cet indice va permettre de hiérarchiser l'intérêt des aménagements, car il intègre les potentiels d'accueil et de reproduction pour la truite fario.

			Potentiel de reproduction			
			nul	faible	moyen	élevé
			0	1	2	3
Capacité d'accueil	très dégradé	0	0	1	2	3
	peu dégradé	1	1	2	3	4
	conforme	2	2	3	4	5

A
B
C

Enjeux Nuls à faibles où l'une des 2 composantes est totalement nulle sur le segment

Enjeux Moyens : habitat peu dégradé avec un potentiel de reproduction non nul

Enjeux Forts : habitat conforme avec un potentiel de reproduction non nul

Ces trois classes d'enjeux vont permettre :

- de cibler les secteurs les plus intéressants au niveau de la fonctionnalité des hydrosystèmes,
- aménager en priorité ces secteurs afin de rétablir la libre circulation piscicole.

La **classe A** regroupe les segments de cours d'eau à **enjeux nuls et faibles**, caractérisés par une perte totale de leur fonctionnalité, soit au niveau de leur potentiel de reproduction, soit au niveau de leur capacité d'accueil permettant le bon développement des truites.

La **classe B** rassemble les segments avec des **enjeux moyens**, où l'habitat est peu dégradé et le potentiel de reproduction varie dans une gamme de faible à élevé.

La **classe C** regroupe les segments de cours d'eau avec des **enjeux forts**, caractérisés par des habitats conformes et très préservés et une reproduction variable et non nul.

III.3.4. Méthodologie pour la prise de décision afin de reconnecter les aménagements prioritaires

La méthodologie de hiérarchisation des enjeux de reconnexion est largement explicitée dans les paragraphes IV.1. et IV.2. (pages 50 à 52), puisqu'elle correspond à une synthèse des grands résultats de cette partie. Son principe réside sur une analyse multicritères de l'ensemble des sous bassins présents sur la zone d'étude, dans le but de définir des bassins prioritaires pour une action de restauration. Pour les bassins présentant un enjeu pour la restauration de la circulation piscicole, on étudie au cas par cas chaque obstacle à aménager. Une hiérarchisation des obstacles a été réalisée en fonction de l'intérêt écologique présent en amont de l'ouvrage. Ensuite, chaque obstacle présentant un intérêt à être aménager, est repris dans une fiche (cf. **rapport technique**) afin d'envisager une solution technique prenant en compte la faisabilité technique et financière. Le coût des aménagements proposés est calculé à l'aide d'un abaque réalisé sous Excel et permettant un chiffrage automatique sur la base des caractéristiques de l'obstacle (cf. annexe 11).

IV. Résultats et Discussion

Cette partie est l'analyse et la synthèse des données recueillis sur le terrain, lors des prospections. Le linéaire total inventorié représente 67,5 kilomètres (cf. figure 9).

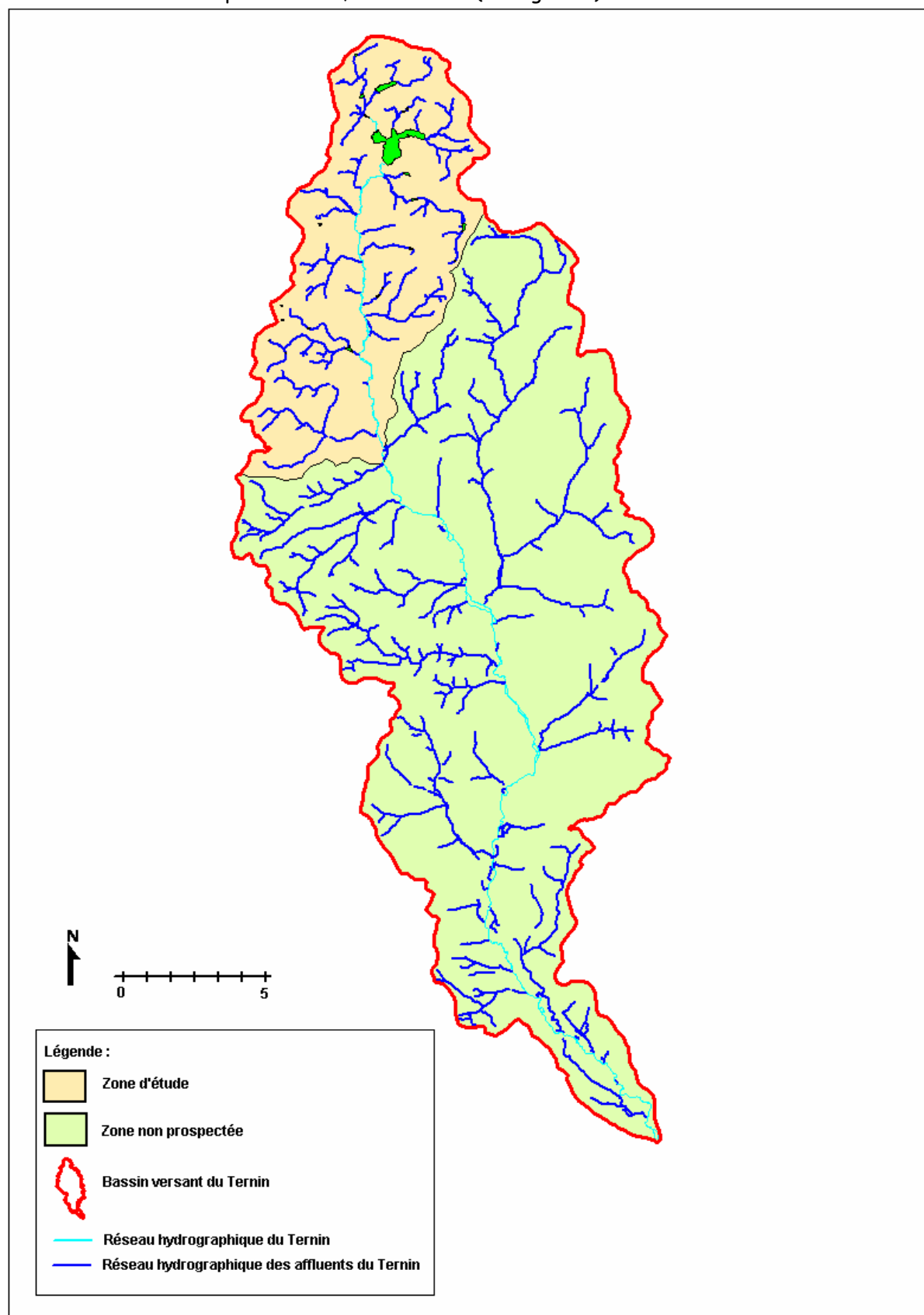


Figure 9 : Présentation du secteur d'affluents prospectés et du secteur non prospecté du bassin versant du Ternin

IV.1. Diagnostic des différents compartiments et des pressions rencontrées

IV.1.1. Contexte topographique

La figure 10 donne une idée de la pente (p) des affluents prospectés du Ternin. Les secteurs de plaines et plateaux, dont la pente est inférieure à 2%, constituent la majeure partie des cas retrouvés (57% du linéaire total prospecté). Cependant, les secteurs plus marqués de type montagnard, gorge et gorge pentue sont également fréquents. En règle générale, les segments de cours d'eau de pentes faibles ($p < 2\%$) sont situés dans la partie aval des affluents. Alors que les segments des cours d'eau avec une pente forte ($p > 2\%$) se retrouvent en tête de bassin de ces affluents.

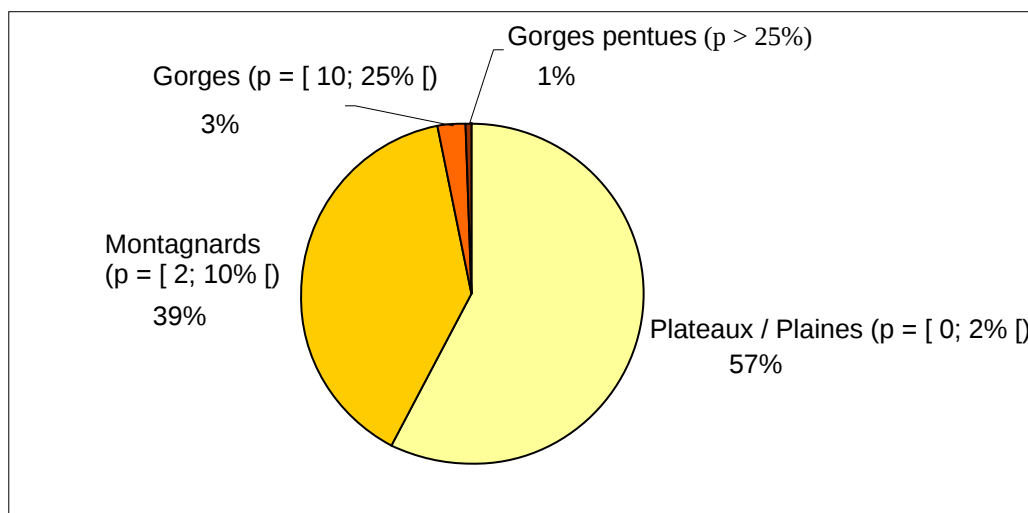


Figure 10 : Répartition des différents types de tronçons géomorphologiques rencontrés sur les affluents inventoriés du Ternin (définis selon AMOROS et PETTS, 1993)

IV.1.2. Occupation du sol

Pour mieux caractériser l'environnement proche des divers affluents du Ternin, l'occupation des berges a été relevée en différenciant la rive droite de la rive gauche. La figure 11 page 30 montre la répartition de cette occupation (en cumulant les 2 rives soit 135 km de berges) sur l'ensemble des affluents inventoriés. La majeure partie des cours d'eau coule dans un contexte agricole : 60% du linéaire total prospectés, ce qui représente 81 kilomètres environ. Les forêts sont également fortement représentées avec 28% correspondant à 38 kilomètres environ, dont 30 kilomètres de boisements feuillus et 8 kilomètres de boisements résineux. Les friches, courante en tête de bassin où les sols sont extrêmement hydromorphes et l'activité agricole difficile, représentent 6% du linéaire inventorié soit 8 kilomètres. La part des zones urbanisées dans le secteur d'étude, est minime et représente 1,4 kilomètres.

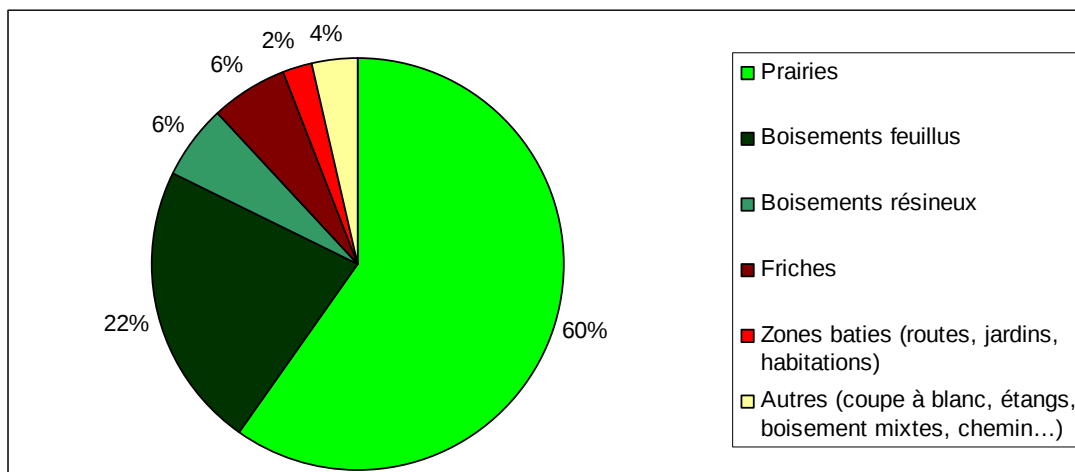


Figure 11 : Représentation de l'occupation du sol en bordure des affluents du Ternin

IV.1.3. Ripisylve

Tout comme la variable précédente, le calcul de la densité de la ripisylve a été réalisé en cumulant les deux rives des affluents (soit 135 km), car lors des relevés de terrain la densité de ripisylve de chaque rive a été distinguée. La figure 12 page 31 présente la densité de la ripisylve rencontrés sur les affluents du Ternin. Lors de ces relevés, seule la ripisylve d'essence feuillue a été relevée, car la ripisylve d'essence résineuse est de moins bonne qualité et ne remplit pas les mêmes fonctions :

- son système racinaire traçant ne permettant pas de stabiliser les berges et de créer des sous berges,
- elle provoque une acidification des eaux bouleversant les équilibres physicochimiques,
- elle ne contribue pas à l'alimentation trophique du cours d'eau,
- elle ne permet pas le développement d'autres espèces arbustives ou encore herbacées qui limitent les effets de colmatage du ruissellement.

La ripisylve est en mauvais état (classe de densité absente et très clairsemée) sur 50% du linéaire total des affluents prospectés. 35% du linéaire, présente une ripisylve en bon état correspondant aux classes discontinue et continue. 15% de la ripisylve est dans un état moyen correspondant à la densité clairsemée. Cependant, la densité et la largeur de la ripisylve sont à corrélérer avec le type d'occupation des berges en rive (cf. figure 13 page 31).

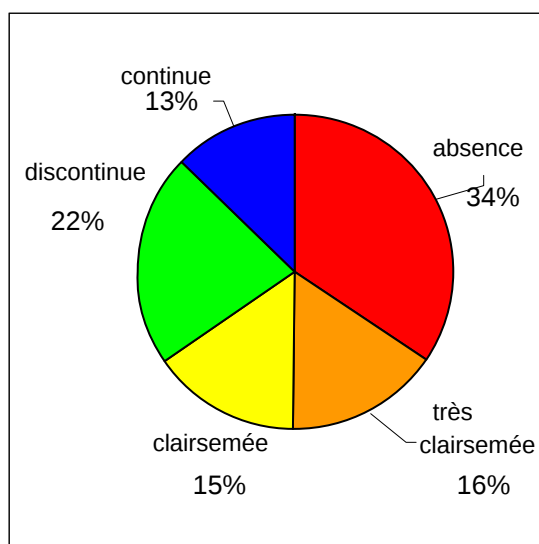


Figure 12 : Répartition de l'état de la ripisylve sur l'ensemble des affluents inventoriés

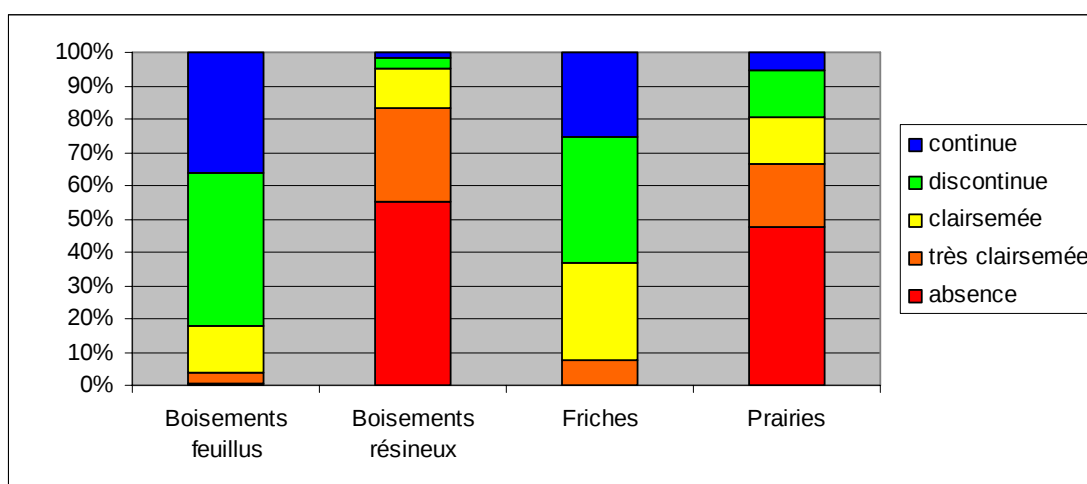


Figure 13 : Etat de la ripisylve en fonction du contexte d'occupation du sol

Les boisements résineux et les prairies sont les deux types d'occupation du sol, où l'on retrouve la plus grande part de ripisylve dégradée (classe de densité absente et très clairsemée).

En contexte de boisements résineux, 83% du linéaire de berges possèdent une ripisylve en très mauvais état, c'est-à-dire de l'absence de cette dernière à une densité très clairsemée.

En contexte prairial, 66% du linéaire de berges possède une ripisylve en mauvais état.

Les boisements feuillus et les friches sont les deux types d'occupation du sol, où l'on retrouve la plus grande part de ripisylve discontinue et continue, c'est-à-dire une ripisylve en bon état capable d'assurer ses diverses fonctions : ombrage, stabilité des berges, frein hydraulique, abris et réseau trophique...

En contexte de boisements feuillus, 82% du linéaire de berges possèdent une ripisylve en bon état.

En contexte de friches, 63% du linéaire de berges possèdent une ripisylve en très bon état.

Nb : L'ombrage et l'enrésinement n'ont pas fait l'objet d'une analyse précise, mais leurs distributions sur l'ensemble du bassin versant du Ternin sont représentées sur une carte en figure 14 page 32.

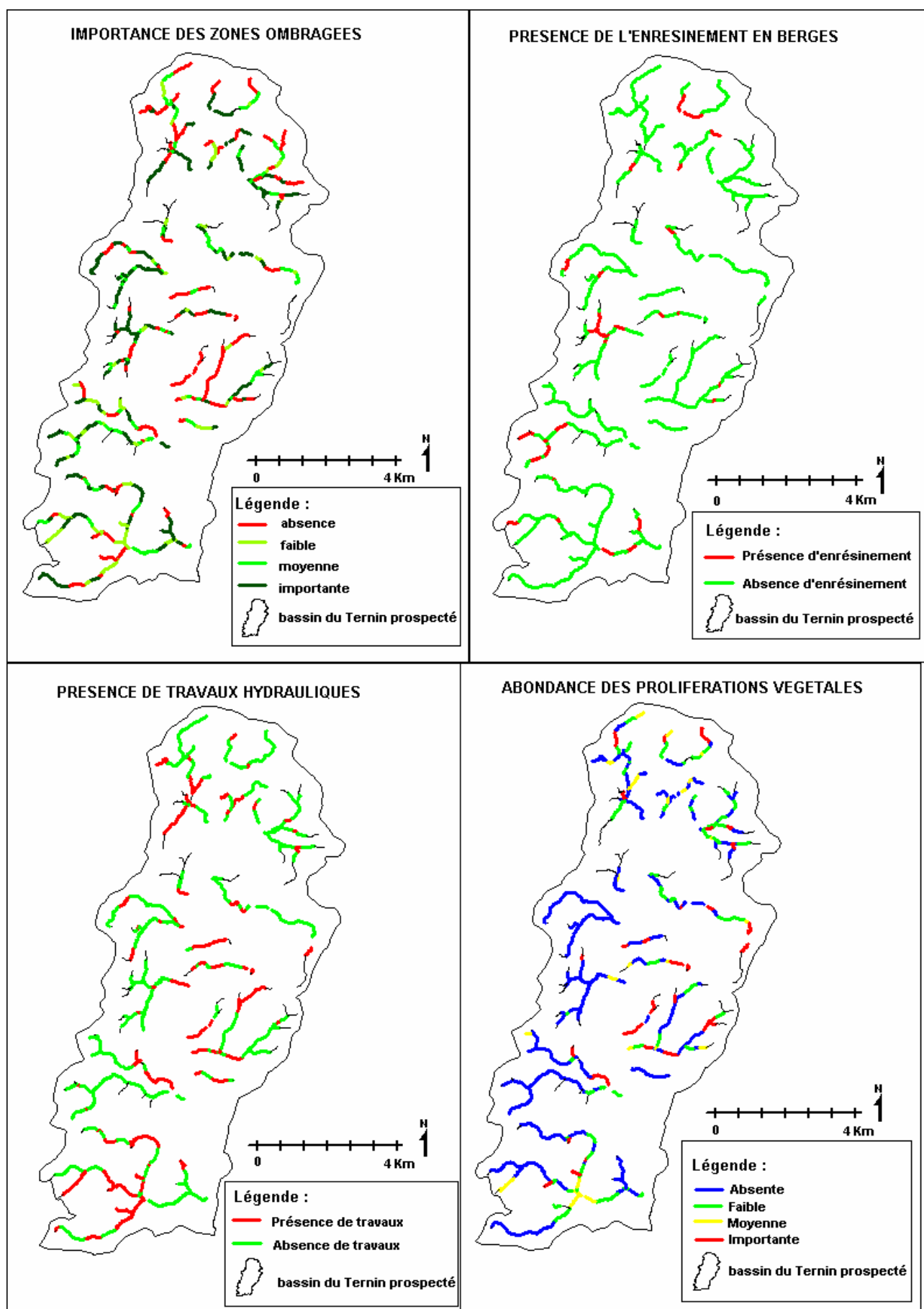


Figure 14 : Répartition de l'ombrage, de l'enrésinement, des travaux hydrauliques et de la prolifération végétale au niveau des affluents prospectés du Ternin

IV.1.4. Abris et caches pour la truite

D'après BARAN (1995), une abondance des caches dans un cours d'eau, supérieure ou égale à 2% de la surface mouillée est considérée comme une bonne quantité d'abris disponible pour les cours d'eau à truite (correspondant à la classe importante). La figure 15 montre l'abondance des abris disponibles pour la truite en fonction de la densité de ripisylve. Plus la densité de la ripisylve devient conséquente, plus l'abondance des caches est importante. Ceci, peut s'expliquer par la multiplication des types et du nombre d'abris dans les secteurs avec une ripisylve de plus en plus continue. En effet, les arbres permettent de maintenir les berges par leurs systèmes racinaires créant ainsi des sous berges. De plus, la présence de ripisylve va permettre la production de bois mort (encombres) qui sont également des abris importants pour accueillir les truites dans un cours d'eau.

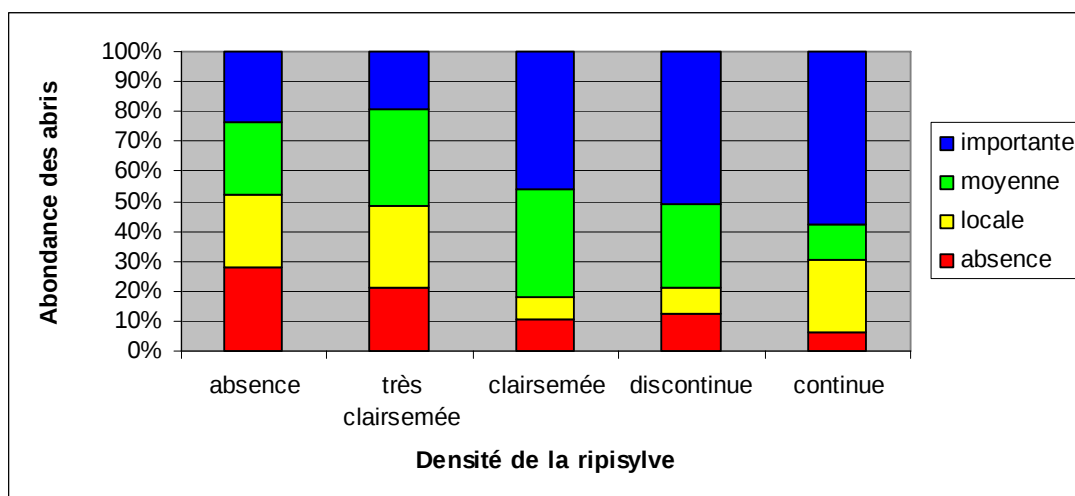


Figure 15 : Abondance des abris pour la truite commune en fonction de la densité de la ripisylve

IV.1.5. Diversité des habitats pour l'accueil des différents stades du cycle biologique

La figure 16 page 34 présente la répartition du nombre de stades biologiques pouvant être présent en théorie par rapport aux données de la bibliographie issues de RICHARD in LAGARRIGUE et al, 2005 (cf. tableau 1 page 6). Cet indicateur croise les 4 variables suivantes : la vitesse du courant, la hauteur d'eau, la granulométrie et le faciès d'écoulement. Une combinaison précise de ces 4 paramètres permet de pressentir la présence d'un des stades biologique de la truite, dans un cours d'eau. Les stades biologiques de la truites sont les suivants : reproduction, croissance des juvéniles ou grossissement des adultes.

23% du linéaire total inventorié (soit 15,3km) ne peut accueillir potentiellement aucun stade biologique de la truite. 30% du linéaire total des affluents prospectés (soit 20,6 km) peuvent accueillir au moins un stade biologique. 30% du linéaire des cours d'eau affluents du Ternin de la zone d'étude (soit 20,1 km) peuvent accueillir deux stades biologiques de la truite. Enfin, seulement 17% du linéaire des cours d'eau inventoriés (soit 11,4 km) peuvent accueillir les trois stades biologiques de la truite fario. Ces résultats sont cohérents avec les données issues de la bibliographie :

- les truites adultes sont prépondérantes dans les cours d'eau principaux, qui possèdent une taille plus importante que les affluents étudiés.
- les juvéniles constituent l'essentiel de la population dans les cours d'eau inférieurs à 1 mètre de large.

Nb : Lors de prospections de nuit, certains individus de truites appartenant à différents stades (alevins, juvéniles et adulte) se trouvaient dans des secteurs qui ne devraient pas être leur site privilégié (par rapport aux sources bibliographiques). Ceci nous montre la grande capacité d'adaptation de cette espèce à la faible hauteur d'eau (inférieur à 10cm), à la présence importante de colmatage, à des vitesses et des granulométries inférieures à leurs exigences. Cet indice d'habitat permet alors juste de donner une idée des différents stades biologiques qui peuvent être présent en théorie, mais n'est pas une vérité absolue.

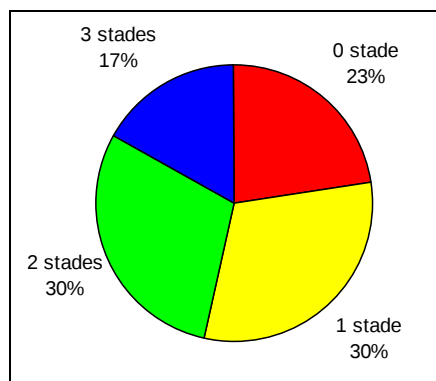


Figure 16 : Répartition du nombre de stade(s) biologique(s) présent(s) en théorie

IV.1.6. Piétinement des berges

Le piétinement est constaté à 92% en contexte prairial (soit 34km de prairies piétinées). Cette perturbation est à l'origine de la destruction physique des berges, qui apporte des matières fines et colmate le fond du lit mineur des petits cours d'eau affluents du Ternin. La figure 17 présente l'analyse de l'intensité du piétinement en fonction de la densité de la ripisylve en contexte prairial en rive droite et en rive gauche.

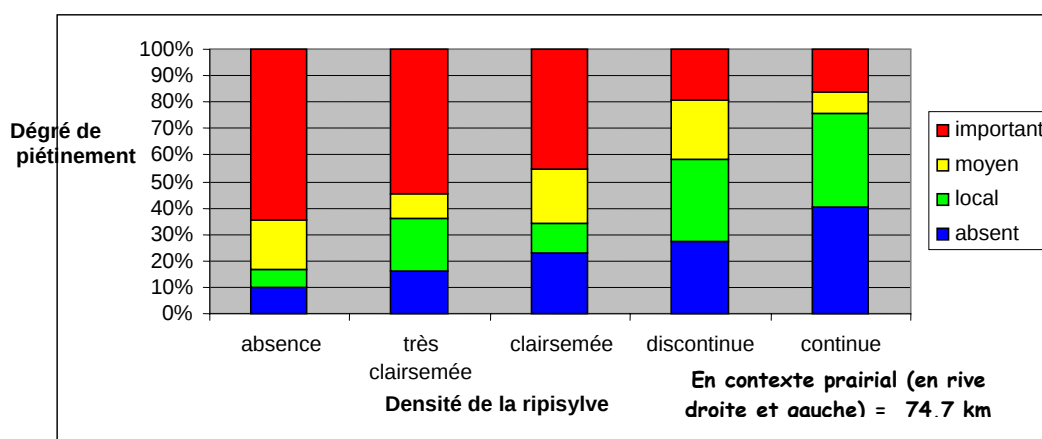


Figure 17 : Intensité du piétinement en fonction de la densité de la ripisylve en contexte prairial.

Cette figure traduit le rôle important de la densité de la ripisylve sur la conservation en bon état physique des berges des petits cours d'eau. Plus la densité de la ripisylve augmente, moins l'intensité du

piétinement est importante. En absence de ripisylve, 65% des berges sont piétinées avec un degré important : > 30% du linéaire des berges. Au contraire, la présence d'une ripisylve en bon état (discontinue et continue) permet de limiter le nombre et l'étendue des accès au cours d'eau pour le bétail et de ce fait éviter la déstructuration physique des berges. Avec une ripisylve de densité discontinue, 58% des berges ne sont pas ou très peu piétinées (degré de piétinement absent et local). En présence d'une ripisylve continue, les intensités de piétinement « moyen » et « important » ne représentent plus que 25% du linéaire des berges.

IV.1.7. Colmatage du lit mineur

Le Colmatage du substrat du lit mineur est la conséquence du piétinement des berges par le bétail et de la gestion des vidanges d'étang. La figure 18 expose la distribution du degré de colmatage en fonction des quatre grandes types d'occupation du sol rencontrés sur les affluents du Ternin. Le colmatage est présent dans les différents types de contexte, cependant, dans le contexte prairial, le colmatage important atteint 69% du linéaire de prairies (soit 27 km sur 39km de prairies sont colmatées de façon importante). L'origine de ce colmatage étant principalement liée au piétinement des berges.

46% du linéaire de boisements de résineux (soit 1,8km) est colmaté de manière importante. L'origine de ce colmatage est liée à l'absence de végétation herbacée en dessous de la strate arborescente et arbustive. Cette strate herbacée joue un rôle important en limitant les apports de matières fines au cours d'eau, lors d'épisode pluvieux et orageux. Une autre origine peut également expliquer le colmatage des cours d'eau en milieux forestiers résineux : l'activité liée à l'exploitation du bois et plus particulièrement lors du débardage des grumes, de l'entretien des chemins d'exploitation et des parcelles.

En contexte de boisements feuillus et de friches, la présence du colmatage n'est pas à négliger. Elle est liée à des phénomènes naturels tels que la sédimentation en amont d'une encombre, la formation de litière (feuilles mortes) liée à la forte productivité des milieux forestiers. Le degré de colmatage important est rencontré à 30% pour les boisements de feuillus et 27% pour les friches.

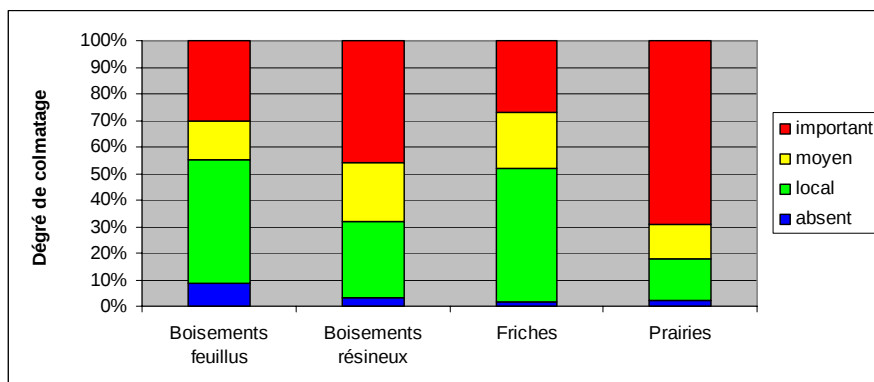


Figure 18 : Répartition du degré de colmatage en fonction du type d'occupation du sol

IV.1.8. Travaux hydrauliques agricoles

Il existe différents types de travaux hydrauliques : le curage des berges, la rectification du tracé du cours d'eau, le recalibrage de la section transversale du cours d'eau et le déplacement de lit. Lors de cette analyse, les divers types de travaux seront regroupés pour plus de facilité, mais ils sont différenciés dans le Système d'Information Géographique (SIG).

Sur 67,5 km prospectés, 22,2 km sont affectés par une ou plusieurs de ces perturbations. Le type de perturbation le plus rencontré est la rectification du tracé du cours d'eau. Une localisation de ces secteurs est présentée en figure 14 page 32.

IV.2. Diagnostic de la capacité d'accueil et du Potentiel de reproduction des affluents salmonicole du Ternin

IV.2.1. Capacité d'accueil

Cet indice est obtenu à partir de la représentativité de la densité de la ripisylve de chaque rive, de l'ombrage, de l'abondance d'abris disponibles, de la diversité d'habitats en fonction du stade biologique de la truite, de l'enrésinement de bordure, des travaux hydrauliques, de l'intensité du piétinement et du degré des proliférations végétales. Ainsi, une évaluation de la conformité du potentiel d'accueil de chaque affluent étudié a été réalisée.

Trois niveaux de conformité ont été établis par rapport à l'écart à l'état initial (sans pressions anthropiques) :

- conforme : cours d'eau proche de l'état initial,
- peu dégradé : cours d'eau très légèrement perturbé par les pressions humaines, mais avec une bonne qualité d'habitats,
- très dégradé : cours soumis à de fortes pressions anthropiques avec des habitats ne permettant pas l'accueil de truite commune.

La capacité d'accueil des affluents du Ternin est présentée dans la figure 19.

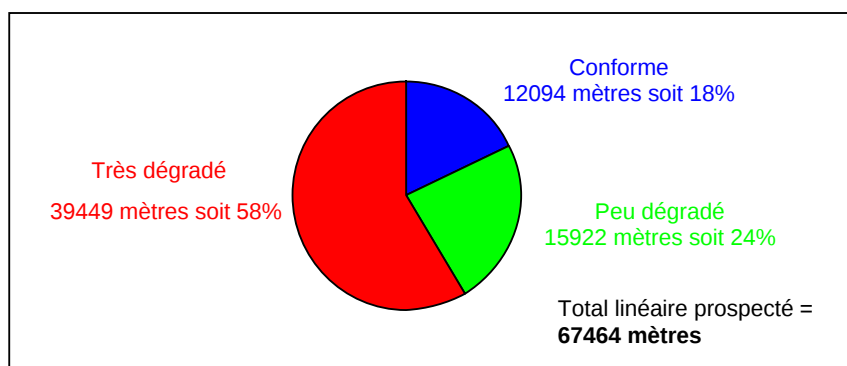


Figure 19 : Capacité d'accueil des affluents inventoriés du Ternin

La capacité d'accueil (conforme, peu dégradé et très dégradé) varie en fonction de l'occupation rivulaire des sols (cf. figure 20 page 37).

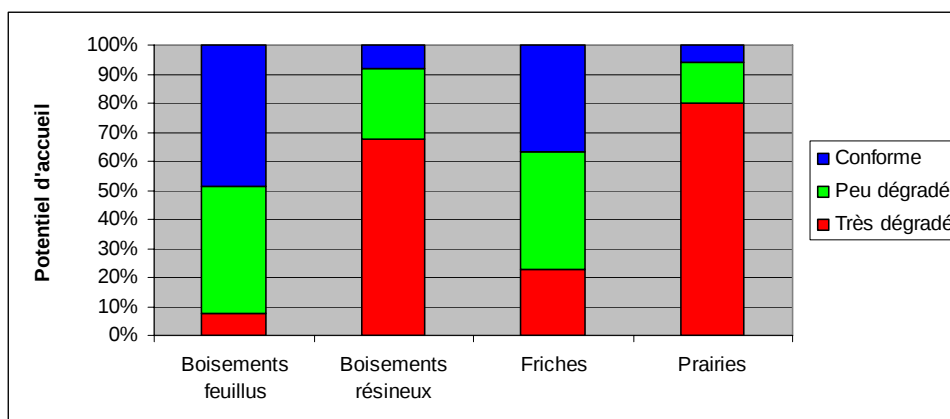


Figure 20 : Répartition de la capacité d'accueil en fonction de l'occupation du sol

Les **segments de cours d'eau affluents avec de bonne capacité d'accueil** (conforme et peu dégradé), se situent dans :

- les **boisements feuillus** (49% du linéaire de feuillus **conforme** et 43% **peu dégradé**),
- les **friches** (37% du linéaire de friches **conforme** et 41% **peu dégradé**).

En ce qui concerne les affluents traversants des **boisements résineux et des prairies**, leur **capacité d'accueil est moindre avec respectivement 32% et 20%** de leurs linéaires en bon état (peu dégradé à conforme). En effet la densité de la ripisylve, un facteur important dans l'établissement de la note « capacité d'accueil », est beaucoup moins importante dans ces milieux, par rapport aux secteurs de boisements feuillus et de friches (cf. figure 13 page 31). Il est donc possible que ce critère surestime le degré de non-conformité des ruisseaux dans les secteurs de boisements résineux et de prairies.

IV.2.2. Potentiel de reproduction

Le potentiel de reproduction est obtenu à partir des données de la SGF et du colmatage. On obtient 4 classes allant de 0 à 3, la classe 0 correspond à un potentiel nul, la classe 3 à un potentiel élevé et les classes 1 et 2 à des potentiels intermédiaires. La figure 21 présente la distribution des différents degrés de ce potentiel sur l'ensemble des affluents prospectés du Ternin.

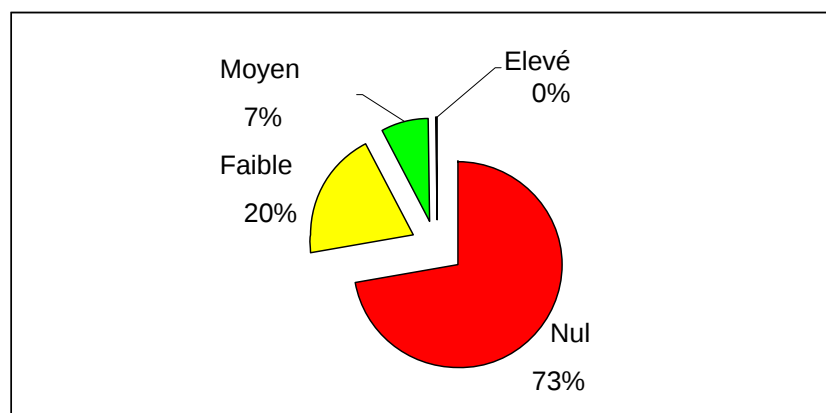


Figure 21 : Potentiel de reproduction des affluents inventoriés du Ternin

Le potentiel de reproduction de la truite commune est nul sur 73% du linéaire des affluents inventoriés du Ternin (soit 48,7 km). Alors, seulement 27% (soit 18,7 km) du linéaire présente un intérêt faible à

fort de potentiel de reproduction. Cependant, les résultats obtenus peuvent s'expliquer par l'appréciation ou plutôt la surestimation du colmatage du substrat, lors des prospections de terrain. Un double passage sur les secteurs les plus attractifs pour la truite (au niveau de l'habitat et de la SGF), a été effectué pour pallier à cette surestimation.

La figure 22 présente la répartition de ce potentiel de reproduction en fonction de l'occupation du sol en rives.

Le potentiel de reproduction est à corrélérer avec l'occupation du sol en rives. Les boisements feuillus et les friches sont les plus favorables pour la reproduction de la truite fario avec respectivement 50% (environ 8 km) et 48% (environ 2,1 km) de leurs linéaires inventoriés avec un potentiel de reproduction faible à élevé. Le potentiel de reproduction dans les boisements résineux n'est pas négligeable : 32% (environ 1,3 km) de leur linéaire.

La proportion du linéaire avec un potentiel de reproduction non nul en prairies est très faible (17%) mais représente cependant 6,9 km du linéaire total.

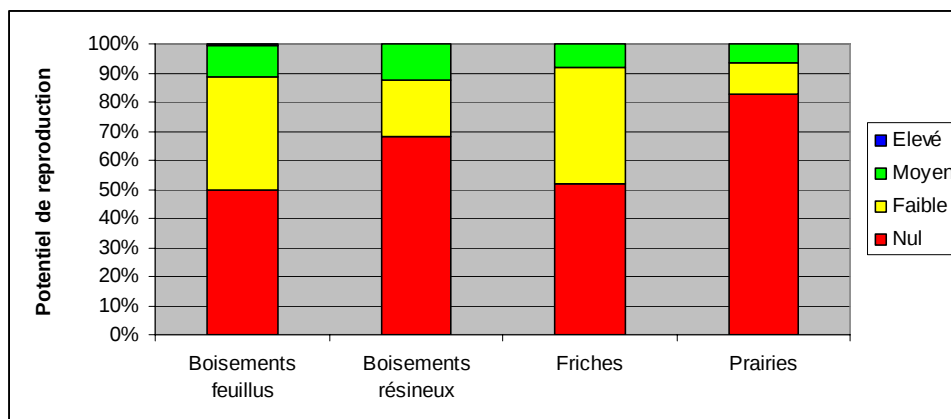


Figure 22 : Répartition du potentiel de reproduction en fonction de l'occupation du sol

IV.2.3. Synthèse de deux indices précédents : définition des Enjeux

IV.2.3.1. Application au linéaire prospecté

La définition des enjeux pour la truite commune est réalisée par le croisement de la capacité d'accueil et du potentiel de reproduction (cf. paragraphe III.3.3. page 27). La surestimation du degré de colmatage lors de l'établissement du potentiel de reproduction va donc avoir un effet redondant sur cet indice, mais la prépondérance de la capacité d'accueil dans cet indice tend à diminuer ce biais. La figure 23 page 39 expose les différents enjeux des affluents inventoriés du Ternin. Les enjeux « fort » représentent 12% du linéaire total prospecté, soit environ 8,3 km. Les enjeux « moyen » concernent 11% du linéaire inventorié, soit 7,3 km. La figure 24 page 39 montre la répartition des enjeux pour la truite commune en fonction de l'occupation du sol. La répartition des enjeux en fonction de l'occupation du sol est très similaire à celles observées pour la capacité d'accueil et le potentiel de reproduction.

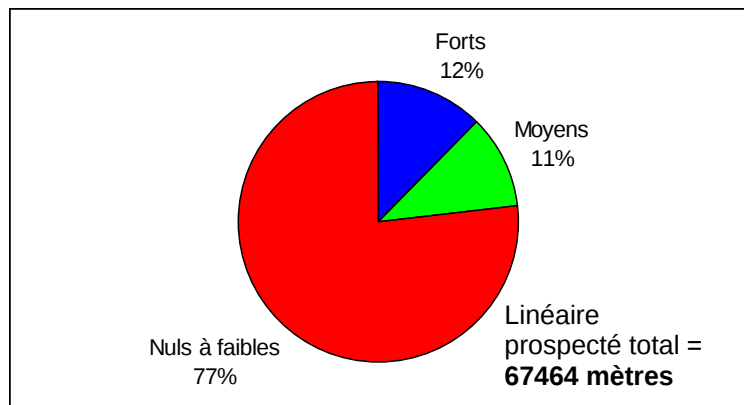


Figure 23 : Enjeux pour la truite fario des affluents inventoriés du Ternin

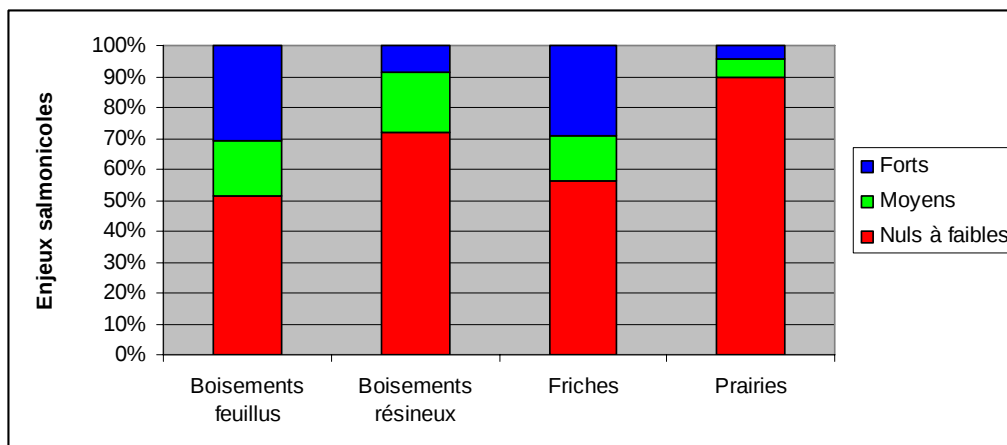


Figure 24 : Répartition des enjeux pour la truite fario en fonction de l'occupation du sol

Les **secteurs de boisements feuillus et de friches**, sont les plus préservés des pressions humaines et offrent des **habitats diversifiés et des lieux de fraye** essentiels au recrutement de truites du Ternin.

Les **prairies** à enjeux « moyen » et « fort » sont plus rares en proportion, ceci peut s'expliquer par les **pressions anthropiques importantes** sur ces milieux qui **dégradent la qualité physique et physico-chimique des eaux**. La ripisylve joue un important « rôle protecteur » et semble une **variable clé de la préservation du compartiment physique des cours d'eau de tête de bassin**.

Dans le cadre de cette étude, on relève qu'une diminution de la densité de cette dernière provoque :

- une diminution de l'ombrage et donc le réchauffement thermique des eaux,
- un piétinement plus intense du bétail entraînant un colmatage du substrat plus conséquent
- une diminution des sous berges et des systèmes racinaires, servant de refuge pour les poissons et les invertébrés aquatiques.

La figure 25 page 40 présente la répartition spatiale des différents enjeux sur la partie étudiée du bassin versant du Ternin.

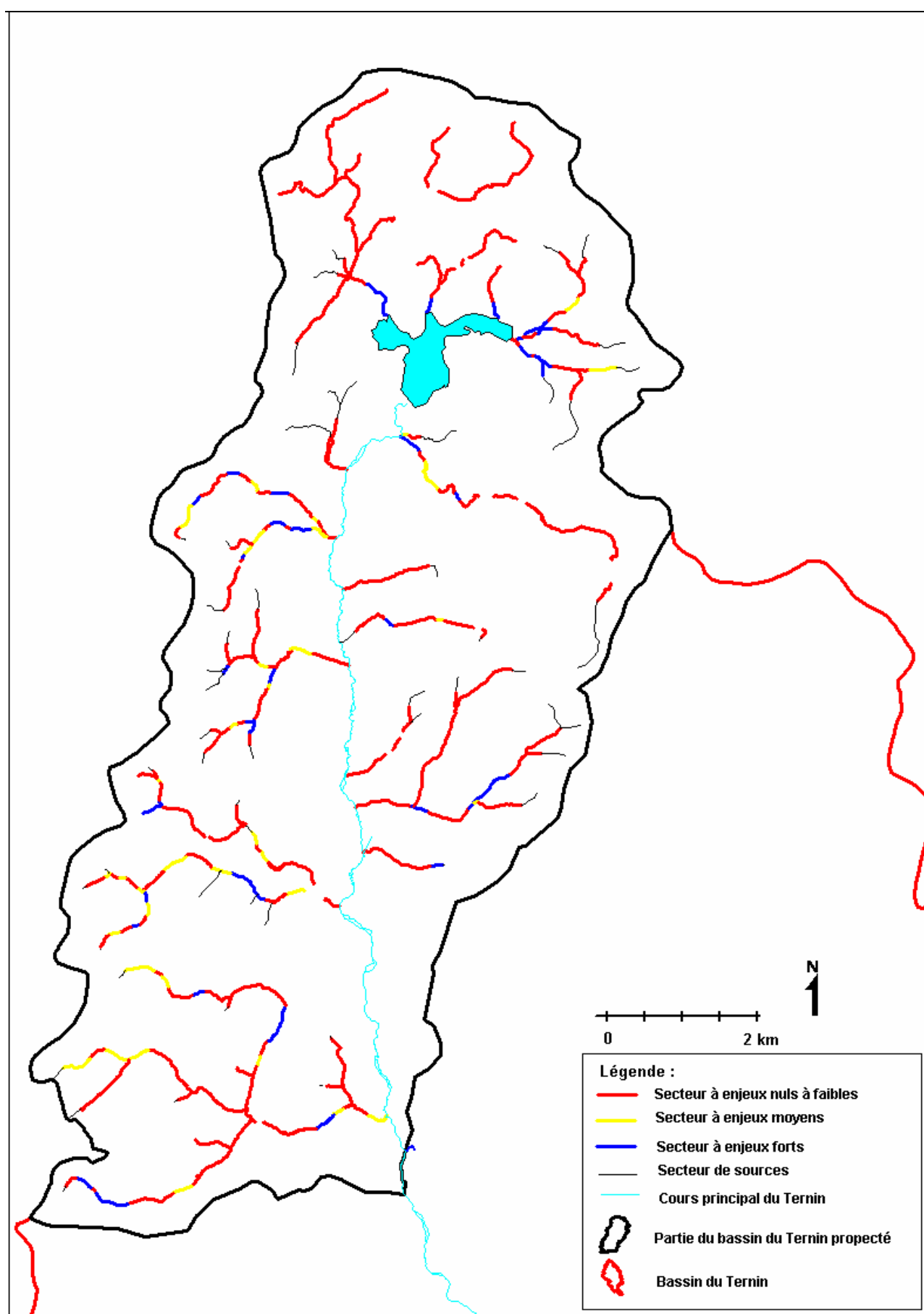


Figure 25 : Répartition des secteurs à enjeux pour la truite fario sur les affluents prospectés du Ternin

IV.2.3.2. Bilan par bassins versants

Dans cette partie, il s'agit d'analyser pour chaque bassin la composition du réseau hydrographique en terme d'enjeux. Si on raisonne sur le pourcentage de réseau à enjeux nul à faible, on obtient le tableau 18.

Cette analyse permettra de fixer par la suite le seuil de 75% de linéaire d'enjeux nul à faible, qui constituera le premier niveau de la hiérarchisation des actions à mener pour restaurer la continuité biologique. Plus particulièrement les bassins versant supérieurs à ce seuil seront éliminer du programme d'actions.

Tableau 18 : Proportion des linéaires d'enjeux nul à faible par bassin versant

Numéro	Toponyme du Bassin versant	Linéaire total drainé (en m)	Linéaire d'enjeux nul à faible (%)
1	Les Suisses	8214	100
2	Voyer	2177	90
3	Montigoy	719	71
4	La Prée	5044	62
5	La Chaudière	1479	100
6	Ru Ternin	790	29
7	Rias	1108	100
8	Menoises	237	64
9	Conforgien	4044	78
10	Charbonnière - Champcreux	5179	59
11	Vau d'en Haut	1110	100
12	Creuse Vau	1736	89
13	Les Rondeaux	4735	74
14	Combe de la Pallue	1060	100
15	Tulon - Vau Bergère	6371	86
16	La Vendue	1079	85
17	Perron	8465	65
18	Chazelle - Pallue - Garrenne	14763	70

IV.3. Analyse de la continuité longitudinale

IV.3.1. Recensement des obstacles ponctuels (hors étangs)

IV.3.1.1. Analyse de l'ensemble des obstacles

Au niveau du secteur étudié, le nombre total d'obstacles recensés est de 604 (cf. carte en annexe 12), parmi lesquels on distingue :

- les seuils à infranchissabilité totale, infranchissables en montaison quelques soient les conditions hydrologiques,
- les seuils à franchissabilité périodique, franchissables en périodes de hautes eaux uniquement, donc pendant la remontée des géniteurs,
- les seuils à franchissabilité permanente.

Sur les 67,5 kilomètres prospectés, 604 obstacles ont été recensés, soit une moyenne d'1 obstacle tous les 112 mètres. Parmi ces obstacles, seulement 13% sont franchissables en permanence, 30% sont franchissables périodiques et 57% sont totalement infranchissables.

La figure 26 montre la répartition des types d'obstacles rencontrés sur les affluents du Ternin.

Cinq grands types d'obstacles à la migration piscicole ont pu être identifiés :

- **les Murets** installés en barrage dans les ruisseaux, ils délimitent les parcelles destinées à l'agriculture. Ils se retrouvent également en milieu forestier, où jadis ils délimitaient des prairies pâturées. Ils présentent la majorité des obstacles inventoriés (soit 210 murets).
- **les Buses** qui sont situées le plus souvent dans les prairies, permettant le passage du bétail et des engins agricoles. Elles servent également à la traversée de voies de communication (routes, chemins communaux). Elles représentent le deuxième type d'ouvrages le plus rencontrés sur le bassin du Ternin, soit 142 buses.
- **les Chutes** liées à l'érosion régressive ou progressive du cours d'eau en réponse aux travaux hydrauliques agricoles, tels que le curage, la rectification ou le recalibrage.
- **les Chutes naturelles** que l'on retrouve essentiellement dans les secteurs où la pente est accidentée. Elles constituent le troisième type d'obstacles le plus rencontrés sur les affluents inventoriés, soit 93 chutes naturelles.
- **les Dalots** que l'on retrouve dans les mêmes situations que les buses.

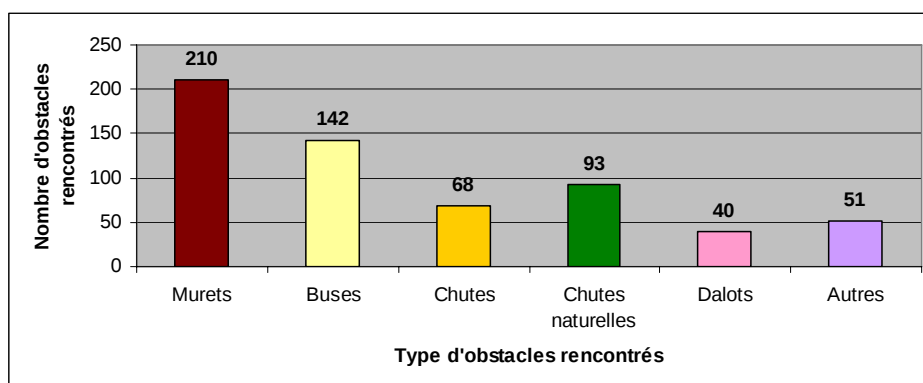


Figure 26 : Répartition des obstacles à la migration piscicole selon leur type

IV.3.1.2. Analyse des obstacles infranchissables

La figure 27 page 43 montre la répartition de l'ensemble des obstacles infranchissables par type d'ouvrage rencontrés sur le Ternin (Total = 342 obstacles infranchissables). Ces obstacles figurent également en annexe 13.

Les murets constituent toujours la plus grande part des obstacles infranchissables (43%) sur les affluents du Ternin. Les buses et les chutes avec une origine anthropique sont également très fréquentes et représentent respectivement 17 et 16% des ouvrages infranchissables recensés. En ce qui concerne les chutes naturelles, elles constituent 12% des obstacles infranchissables.

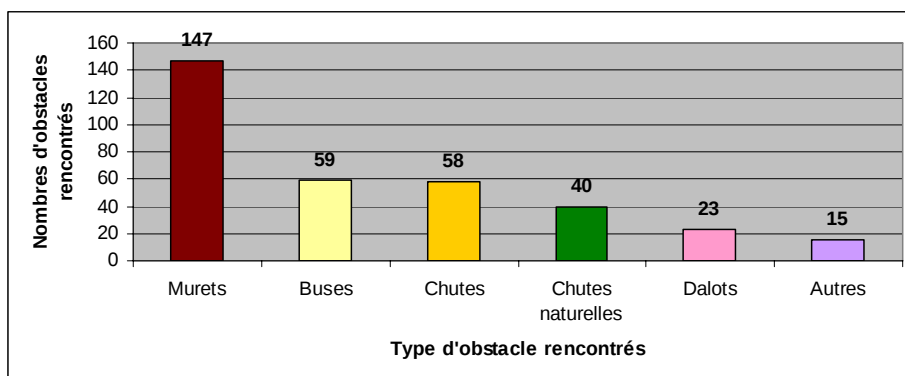


Figure 27 : Répartition des obstacles infranchissables selon leur type

Tableau 19 : Taux d'obstacles infranchissables par type d'ouvrages

Type d'obstacles	% d'infranchissables
Murets	70
Buses	41,55
Chutes	85,29
Chutes naturelles	43,01
Dalots	57,50
Autres	29,41
Total	56,62

Le taux d'infranchissables par type d'obstacles a été réalisé, les résultats figurent dans le tableau 19.

La figure 28 présente la répartition des divers facteurs limitants le franchissement piscicole au niveau des obstacles infranchissables rencontrés.

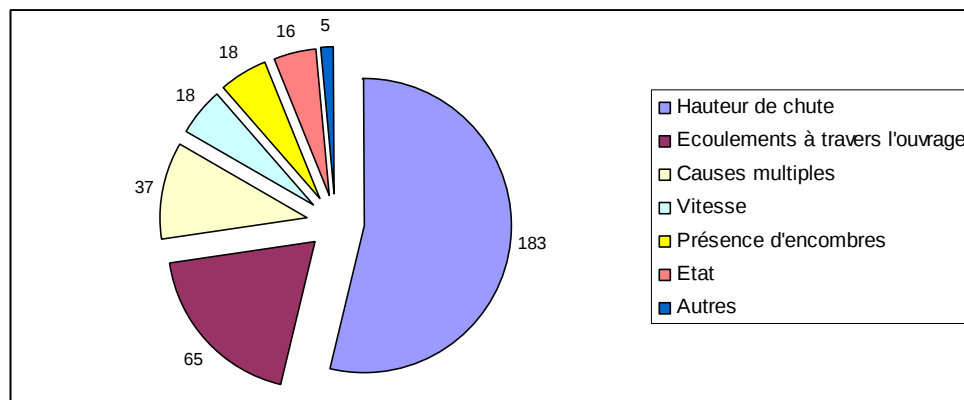


Figure 28 : Répartition des facteurs d'infranchissabilité au niveau des infranchissables

Le facteur d'infranchissabilité le plus récurrent sur les obstacles des affluents du Ternin, est la « hauteur de chute » avec 54%. Ce paramètre limitant est généralement retrouvé en aval de buses, liée à un mauvais calage et/ou à un sous dimensionnement de ces ouvrages. Les « écoulements à travers l'ouvrage » constituent le deuxième facteur d'infranchissabilité avec 19%, ils sont rencontrés en général au niveau de murets. Dans 11% des cas, les facteurs d'infranchissabilité au niveau d'un obstacle sont « multiples », c'est-à-dire qu'au moins deux facteurs limitants sont présents au niveau de l'obstacle. La « vitesse sur l'ouvrage », la « présence d'encombres » au niveau des ouvrages et leur

« état » sont également des facteurs limitants le franchissement piscicole. Ces derniers sont rencontrés en moindre proportion sur les affluents du Ternin.

Pour l'analyse des usages et de l'utilisation des obstacles, les chutes naturelles et celles dues aux travaux hydrauliques agricoles sont exclues, sauf les chutes liées à la récupération de la pente des étangs. La figure 29 présente les résultats de la répartition des 246 obstacles restants en fonction de leur usage.

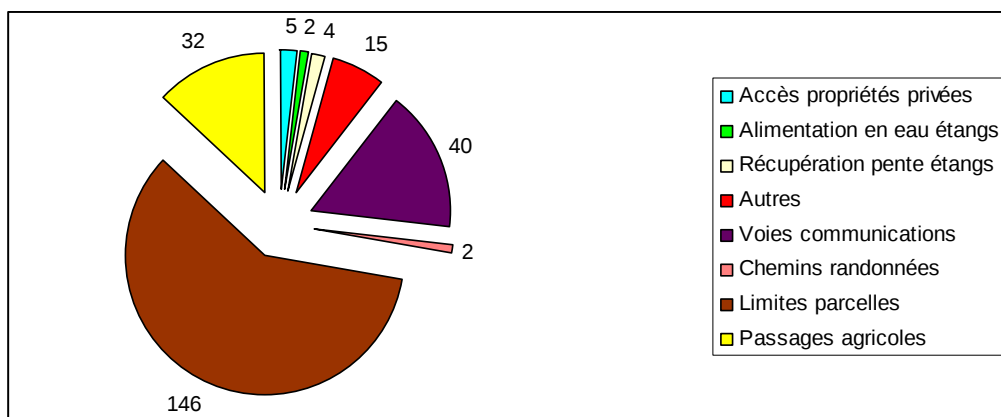


Figure 29 : Répartition des obstacles infranchissables en fonction de leur usage

La délimitation des parcelles est l'usage le plus fréquent (69%) des obstacles infranchissables. Ensuite, les voies de communications (route, chemins agricoles, desserte forestière) représentent le deuxième usage le plus récurrent (16%) concernant les obstacles infranchissables. Puis, les passages agricoles constituent le troisième usage le plus rencontré (13%) au niveau des obstacles infranchissables, ils correspondent dans la majeure partie du temps à des buses et des dalots.

Le tableau 20 montre la répartition des obstacles en fonction de leurs usages et de leur utilisation.

Tableau 20 : Répartition des obstacles infranchissables en fonction du types d'usages et de leur utilisation actuelle

Types d'ouvrage	En service	Désaffecté	Indéterminé	% infranchissables désaffectés
Limites parcelles	28	113	5	77,4
Voies communications	38	2	0	5
Passages agricoles	24	8	0	25
Autres	7	5	3	33,3
Accès propriétés privées	5	0	0	0
Récupération pente étangs	3	1	0	25
Alimentation en eau étangs	2	0	0	0
Chemins randonnées	2	0	0	0
Total	109	129	8	52,4

Le tableau précédent permet de cibler l'intérêt actuel des obstacles infranchissables afin de les aménagés, les remplacés ou encore de les supprimés (cf. paragraphe V page 52). 129 obstacles infranchissables recensés sont désaffectés (soit 52%), dont 113 obstacles servaient autrefois à la délimitation des parcelles agricoles. Ces ouvrages sont en général des murets, abandonnés ou substitués par des clôtures en barbelé. Ils sont donc faciles à aménager voire à supprimer.

IV.3.1.3. Analyses des encombres infranchissables

Sur les 67,5 kilomètres d'affluents du Ternin prospectés, 137 encombres infranchissables ont été recensées (cf. annexe 14). Ces encombres peuvent être parfois de simples amas naturels de branches entre des troncs d'arbres et d'autres fois des arbres dessouchés ou encore des chutes liées à leurs racines. Ainsi, ces obstacles naturels provoquent de véritables déconnexions naturelles. Cependant, ils font partie du fonctionnement naturel des petits cours d'eau morvandiaux et s'avèrent souvent bénéfiques car ils permettent la diversification des habitats. Ces encombres seront que très rarement aménagées, seule la présence de branches barrant le passage à la migration piscicole seront enlevées à l'initiative du Parc Naturel du Morvan. Les encombres plus volumineuses, telles que les racines, les troncs, les souches seront laissées en place. L'intervention au niveau de ces obstacles naturels ne semble pas être justifiée, car ces encombres participent à l'équilibre sédimentaire et permettent des variations du profils en long des cours d'eau faisant sa richesse. De plus, en cas d'intervention au niveau de ces obstacles, la formation ultérieure d'autres encombres n'est pas exclue, car la dynamique naturelle d'un cours d'eau tend à créer ces entités pour équilibrer sa balance sédimentaire (rapport entre le débit du cours d'eau et sa charge en sédiments).

Toutefois, les encombres seront prises en compte dans le calcul du linéaire déconnecté naturellement (cf. partie IV.3.3.3. page 48).

IV.3.2. Recensement des étangs de la zone étudiée

IV.3.2.1. Superficie des étangs

La description détaillée de l'ensemble des étangs inventoriés n'est pas présentée dans ce rapport, mais figure dans le Système d'Information Géographique. Cependant une partie de ces étangs, notamment ceux à aménager en priorité pour la restauration de la libre circulation piscicole, sont décrits de façon précise dans le **rapport technique**.

61 étangs ont été recensés sur les 67,5 km d'affluents parcourus, 8 font l'objet d'une description détaillée. Parmi ces 61 étangs, 15 sont implantés sur des sources et 2 étangs n'ont pas pu être décrits du fait de leur inaccessibilité (propriétés privées impénétrables).

Afin de ne pas biaiser l'analyse de leur superficie, seuls les étangs figurant sur la carte IGN seront pris en compte (cf. tableau 21).

Tableau 21 : Données statistiques sur la superficie des étangs (N=33).

Superficie (m²)	
Moyenne	6282
Médiane	2193
Minimum	291
Maximum	96740

Sur le secteur d'étude, les étangs rencontrés sont de faible taille, la moitié d'entre eux ont une superficie inférieure à 2193 m².

Nb : Le lac de Chamboux a été exclu de cette analyse, il possède une superficie de 701 300 m².

IV.3.2.2. Mode d'implantation et franchissabilité

On exclut de cette analyse les 15 étangs situés sur des sources car ils ne constituent pas d'entrave physique à la circulation piscicole. La figure 30 présente l'impact des étangs sur la continuité longitudinale par rapport à leur mode d'implantation (N = 46).

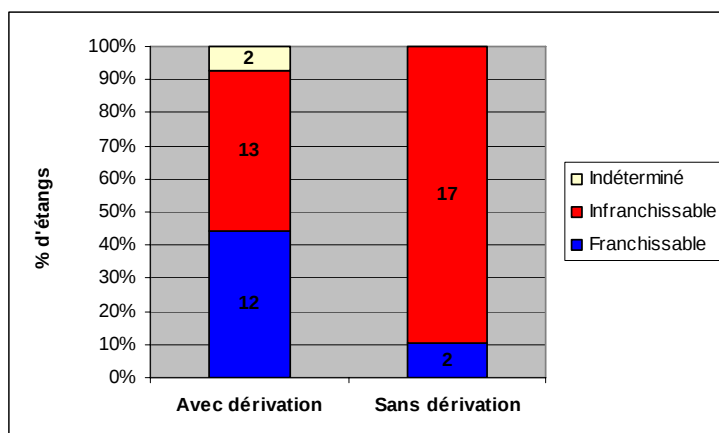


Figure 30 : Impact des étangs sur la continuité piscicole par rapport au mode d'implantation

Le mode d'implantation agit clairement sur la franchissabilité des étangs par les truites. La majorité des étangs infranchissables sont implantés en barrage (sans dérivation). Cependant, 48% étangs avec une dérivation (soit 13 étangs) sont également infranchissables. Les différents facteurs qui rendent les étangs en dérivation infranchissables sont : le mauvais entretien des dérivation (présence d'encombres, état des digues...), les chutes à l'aval des étangs au niveau de la digue (pour récupérer la pente) et les obstacles artificiels sur la dérivation (buses, seuils).

Parmi les étangs infranchissables, il convient de distinguer les plans d'eau qui bloquent la montaison, la dévalaison ou les deux à la fois. Sur les 30 étangs déconnectants, tous neutralisent la montaison mais 17 d'entre eux, permettent la dévalaison des truites (cf. figure 31).

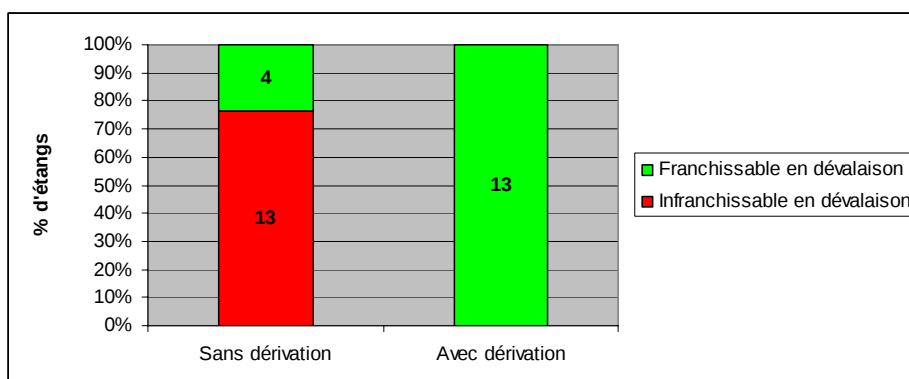


Figure 31 : Franchissabilité des étangs au regard de la dévalaison

Encore une fois le mode d'implantation des étangs joue sur la franchissabilité piscicole et plus particulièrement lors de la dévalaison. La totalité des étangs possédant une dérivation sont franchissables en dévalaison, alors que les étangs en barrage sont dans seulement 24% des cas sont franchissables en dévalaison. L'infranchissabilité des étangs sans dérivation s'explique par leur taille,

qui ne permet pas aux truites de dévaler si la longueur théorique (trajet minimal entre l'émissaire et l'exutoire de l'étang) excède une cinquantaine de mètres (cf. partie III.2.2. page 24).

Les étangs déconnectants sont représentés sur la carte en annexe 13.

Le lac de Chamboux, exclu de cette analyse, constitue un obstacle majeur de la continuité piscicole qui ne permet ni la montaison, ni la dévalaison des truites. Il déconnecte ainsi tous les affluents à son amont du reste du réseau hydrographique du Ternin.

IV.3.3. Analyse des linéaires déconnectés

IV.3.3.1. Analyse du linéaire déconnecté artificiellement

La figure 32 présente le linéaire déconnecté artificiellement en fonction du degré d'enjeux pour la truite commune. Dans cette partie, on prend en compte de tous les obstacles artificiels (ponctuels et étangs). Sur 67,5 km d'affluents inventoriés, 55,6 km sont déconnectés par ces obstacles (soit 82% du linéaire total) dont 43,5 km avec un enjeux nuls à faibles. Seulement 6,1 km et 5,9 km de linéaire déconnecté artificiellement sont respectivement à enjeux forts et moyens (soit environ 22% du linéaire déconnecté), correspondant à la moyenne des affluents du Ternin (cf. figure 23 page 39).

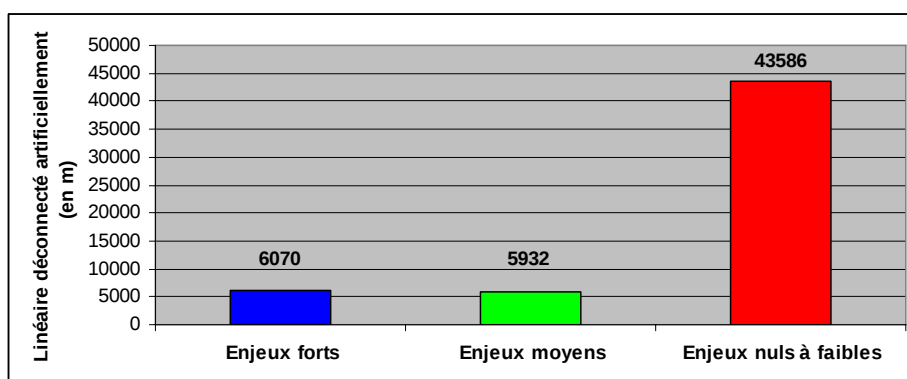


Figure 32 : Répartition du linéaire déconnecté des affluents par les obstacles artificiels en fonction des enjeux pour la truite fario

IV.3.3.2. Analyse du linéaire déconnecté naturellement

Les affluents prospectés du Ternin, lors de cette étude, présente une part importante de leurs linéaire déconnecté de façon naturelle (cf. figure 33 page 48). En effet, la présence de nombreux obstacles naturels infranchissables est constatée sur ces cours d'eau, ils correspondent soit à des chutes naturelles soit à des encombres. Sur 67,5 km d'affluents inventoriés, 32,5 km sont déconnectés naturellement par ces obstacles (soit 48% du linéaire total) dont 25 km avec un enjeux nuls à faibles. Seulement 3,5 km et 3,8 km de linéaire déconnecté naturellement sont respectivement à enjeux forts et moyens (soit environ 22% du linéaire déconnecté).

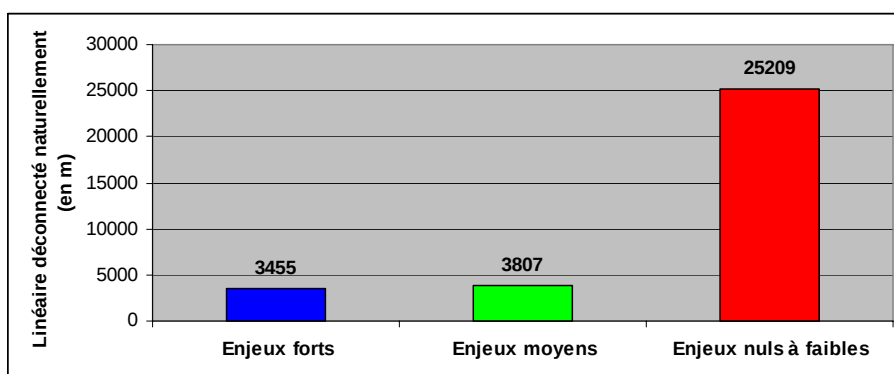


Figure 33 : Répartition du linéaire d'enjeux déconnecté des affluents par les obstacles naturels

IV.3.3.3. Comparaison des linéaires déconnectés naturellement et artificiellement

La figure 34 présente la comparaison du pourcentage du linéaire déconnecté de façon naturelle et artificielle. Cet histogramme permet de mieux apprécier les affluents qui sont concernés par une déconnection importante de leur linéaire.

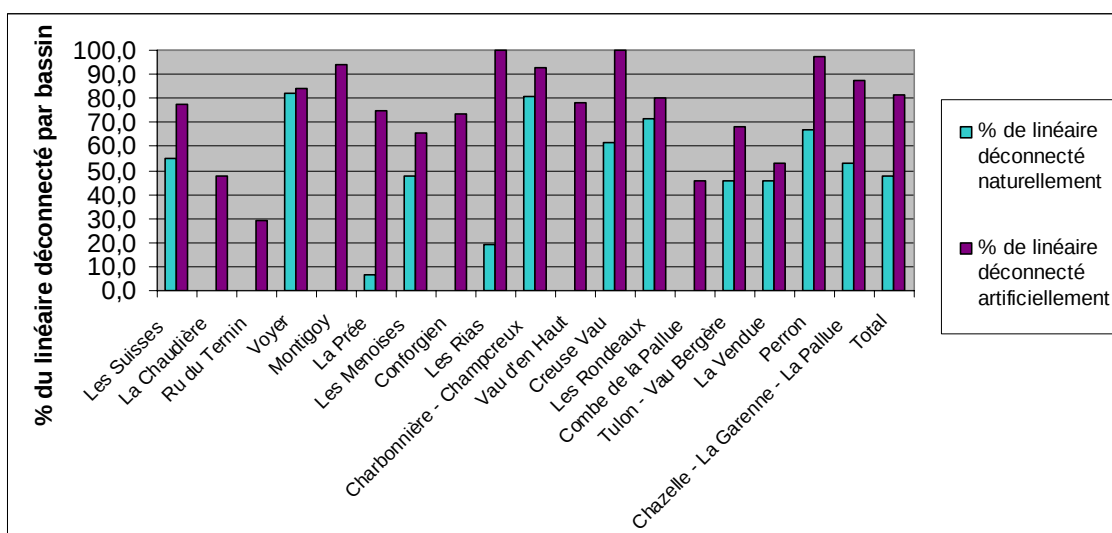


Figure 34 : Comparaison de la proportion du linéaire déconnecté naturellement et artificiellement par bassin versant des affluents du Ternin

Certains bassins possèdent une part importante de leur linéaire déconnecté de manière naturelle. Sur 18 bassins prospectés, 7 ont plus de 50% de leur linéaire déconnecté naturellement : **les Suisses, Voyer, Charbonnière-Champcreux, Creuse Vau, les Rondeaux, Perron et Chazelle-Garenne-Pallue.** Sur certains bassins (du **Voyer**, de **Charbonnière-Champcreux**, des **Rondeaux**, de la **Vendue**), l'écart entre le pourcentage de linéaire déconnecté naturellement et celui déconnecté artificiellement est faible à très faible. Cet écart correspond au linéaire potentiellement reconnectable entre le cours d'eau principal et le premier obstacle naturel de l'affluent, c'est-à-dire le linéaire accessible aux truites pour effectuer une migration, de la rivière du Ternin vers ces tributaires.

Afin de préciser ce linéaire reconnectable en « liaison directe » avec le cours principal du Ternin, le calcul de cette distance est effectué pour chacun des bassins étudiés (cf. tableau 22), à l'aide du logiciel de SIG et de la formule suivante :

Linéaire reconnectable en « liaison directe » avec le cours principal du Ternin = A - B

Avec :

- A : Distance entre la confluence avec le Ternin et le premier obstacle naturel infranchissable
- B : Distance entre la confluence avec le Ternin jusqu'au premier obstacle artificiel infranchissable

Le linéaire reconnectable varie en fonction des bassins versants étudiés, de 38 à 6749 mètres. Il dépendent évidemment de la taille du bassin et de son relief qui favorise les déconnexions naturelles. Sur 67,5 km d'affluents, 34 km peuvent être reconnectés pour être en « liaison directe » avec le cours principal du Ternin.

Tableau 22 : Linéaire reconnectable en « liaison directe » avec le cours d'eau principal

Bassins versants prospectés	Linéaire reconnectable en « liaison directe » avec le Ternin (en m)
Les Suisses*	1800
La Chaudière*	708
Ru du Ternin*	229
Voyer*	38
Montigoy*	678
La Prée*	3437
Les Menoises	43
Conforgien	3963
Les Rias	893
Charbonnière - Champcreux	1003
Vau d'en Haut	746
Creuse Vau	423
Les Rondeaux	1346
Combe de la Pallue	125
Tulon - Vau Bergère	2884
La Vendue	80
Perron	2305
Chazelle - La Garenne - La Pallue	6749
TOTAL	34013

Nb : les bassins avec un astérique, sont situés en amont du Lac de Chamboux.

Pour conclure cette partie, on constate que les **affluents du Ternin sont fragmentés tout au long de leur cours, par de nombreux obstacles naturels et artificiels infranchissables** (342 obstacles ponctuels, 30 étangs et 137 encombres). Ainsi, des linéaires importants d'affluents sont totalement déconnectés du cours principal du Ternin et ne permettent pas une exploitation maximale des surfaces de frayères disponibles pour la reproduction de la truite fario. Sur 67,5 kilomètres d'affluents du Ternin, **34 kilomètres en « liaison directe » avec le cours principal peuvent faire l'objet d'une restauration de la continuité piscicole** (aménagement des obstacles) afin d'améliorer l'état des populations de cette espèce. Une part importante d'affluents est déconnectée de façon naturelle au cours principal du Ternin (32,5 km). Cependant, ces tributaires peuvent permettre au recrutement de

jeunes truites pour la rivière du Ternin. Alors certains secteurs déconnectés naturellement feront également l'objet d'aménagements pour restaurer leur continuité piscicole en amont des obstacles naturels.

Il convient donc de **mettre en place une méthodologie pour la prise de décision afin de prioriser les actions à mettre en œuvre** (sur les affluents naturellement connectés mais aussi déconnectés) **en fonction de l'importance de enjeux** définis précédemment, **pour assurer un meilleur recrutement des truites communes et une meilleure efficacité des aménagements.**

IV.4. Méthodologie pour la prise de décision

Afin de prioriser les obstacles à aménager, il convient tout d'abord de hiérarchiser les bassins versants les plus intéressants au niveau écologique, qui feront l'objet d'une restauration de la continuité longitudinale. Ensuite, une sous-hiérarchisation des obstacles à aménager à l'intérieur de chaque bassin sera réalisée, tout en gardant à l'esprit que la restauration de la continuité piscicole s'effectue en théorie de l'aval vers l'amont à l'intérieur d'un bassin versant.

IV.4.1. Hiérarchisation des bassins versants

Il s'agit d'effectuer une analyse multicritères en vue de déterminer les bassins pouvant faire l'objet d'une action de restauration de la libre circulation piscicole.

Cette hiérarchisation s'appuie sur les niveaux suivants :

- **Niveau I** : Exclusion des bassins dont le linéaire total ne comprend pas 25% d'enjeux moyens à forts et dont la proportion de Surface Granulométrique Favorable (SGF) de classe 2 et 3 est inférieure à 40%.
- **Niveau II** : Bassins dont le linéaire total ne comprend pas 25% d'enjeux moyens à forts, mais dont la proportion de Surface Granulométrique Favorable (SGF) de classe 2 et 3 est supérieure ou égale à 40%.
- **Niveau III** : Bassins dont le linéaire total comprend au moins 25% d'enjeux moyens à forts avec un réseau d'affluents inférieur à 3 km.
- **Niveau IV** : Bassins dont le linéaire total comprend au moins 25% d'enjeux moyens à forts avec un réseau d'affluents supérieur à 3 km.

Le plus important

De plus, à l'intérieur de chaque niveau de hiérarchisation, la priorité sera donnée aux affluents en aval du lac de Chamboux, car l'aménagement ou la suppression du lac de Chamboux ne semble pas envisageable. Alors, les affluents en amont du Lac resteront déconnectés du cours principal du Ternin et ne permettent pas dans l'état actuel de chose de participer au recrutement des truites communes du Ternin.

Tableau 23 : Niveaux de hiérarchisation des bassins versants des affluents du Ternin

	Niveau I	Niveau II	Niveau III	Niveau IV
Bassins versants	Les Suisses, Voyer, Chaudière, Vau d'en Haut, Creuse Vau, Combe de la Pallue	Les Rias, Conforgien, Tulon-Vau Bergère, La Vendue	Montigoy, Ru Ternin, Les Menoises	La Prée, Charbonnière-Champcreux, Les Rondeaux, Perron, Chazelle-Garenne-Pallue
Total	6	4	3	5

Le tableau 23 résume les différents niveaux de hiérarchisation des bassins versants étudiés. Les bassins sélectionnés qui feront l'objet d'un aménagement sont les bassins de niveaux IV, III, II, sauf les bassins « Ru du Ternin » et « Les Menoises » car ils ne présentent peu d'intérêts à être aménagés. Le Bassin « Les Rias » est également exclu car son aménagement n'est pas envisageable. Les bassins aménageables au final sont ceux qui paraissent en gras dans le tableau 23, soit 9 bassins sur 18 (cf. annexe 15).

IV.4.2. Hiérarchisation des obstacles

Pour affiner la hiérarchisation des bassins versants, une sous-hiérarchisation des obstacles est réalisée. Tout d'abord, il convient de distinguer les obstacles en « liaison directe » avec le cours principal du Ternin (en aval des obstacles naturels) et les obstacles « déconnectés naturellement » (en amont des obstacles naturels et inaccessibles aux truites du cours principal).

Alors, l'aménagement des obstacles « en liaison directe » sera prioritaire par rapport aux obstacles « déconnectés naturellement ».

IV.4.2.1. Hiérarchisation des obstacles en « liaison directe »

La hiérarchisation de ces obstacles est la suivante (par ordre de priorité décroissante) :

- Classe A : Le linéaire déconnecté par l'obstacle est supérieur ou égal à 140 m d'enjeux moyens à forts.
- Classe B : Le linéaire déconnecté par l'obstacle est inférieur à 140 m d'enjeux moyens à forts, mais supérieur ou égal à 310 m de SGF de classe 2 à 3.
- Classe C : Le linéaire déconnecté par l'ouvrage est inférieur aux seuils précédents, mais présente un intérêt écologique non négligeable.

Nb : La classe A concerne les obstacles les plus importants et donc à aménager en priorité. La fixation des seuils est définie en fonction de l'analyse des linéaires déconnectés et des enjeux de l'ensemble des obstacles rencontrés « en liaison directe ».

IV.4.2.2. Hiérarchisation des obstacles « déconnectés naturellement »

De nombreux ouvrages artificiels infranchissables sont rencontrés sur des secteurs déconnectés naturellement (entre 2 obstacles naturels). Il convient de rétablir au mieux la continuité piscicole entre ces obstacles naturels, dans le but d'assurer un meilleur recrutement des truites pour le cours principal (par dévalaison) et un meilleur brassage génétique des populations.

La hiérarchisation des obstacles « déconnectés naturellement » est la suivante :

- Classe A' : Tous les ouvrages artificiels situés entre deux obstacles naturels et dont le linéaire est supérieur à 800 m et comprend au moins 160 m d'enjeux moyens à forts.
- Classe B' : Tous les ouvrages artificiels situés entre deux obstacles naturels et dont le linéaire est inférieur aux seuils précédents.

Tous ces obstacles infranchissables à aménager figurent dans le **rapport technique**, hormis les obstacles de classes B', car ils sont peu intéressants à aménager et non prioritaires.

V. Préconisations et plan d'actions

V.1. Solutions techniques pour l'aménagement des obstacles infranchissables

V.1.1. Suppression de l'obstacle

D'un point de vue écologique, l'effacement complet du seuil est la meilleure des solutions. Ce choix doit être envisagé dans le cas :

- des étangs, puisque leur destruction permet le rétablissement de la continuité piscicole et d'une meilleure qualité de l'habitat en aval de ces derniers,
- de tout obstacle dont la perte d'usage est avérée, plus particulièrement des murets, très nombreux sur le secteur étudié,

V.1.2. Réalisation de prébarrage

Ces dispositifs permettent de fractionner une chute infranchissable en plusieurs petites chutes franchissables d'une vingtaine de centimètres. Les prébarrages sont installés sur toute la largeur du cours d'eau et créent de véritables petits bassins de repos tout en permettant la prise d'élan pour effectuer un saut. Cette technique sera utilisée pour aménager :

- des ouvrages qui ne peuvent pas être remplacés ou détruits, car ils possèdent encore à l'heure actuelle un usage bien défini.
- des obstacles ayant perdu leur utilité mais dont la destruction serait moins efficace ou plus difficile et plus onéreuse,

V.1.3. Réalisation de ruisseau de contournement

Cette technique est utilisée essentiellement dans le cas des étangs situés en barrage sur les cours d'eau. Elle consiste à la mise en place d'une dérivation au niveau de ces étangs permettant ainsi la restauration de la continuité piscicole.

V.1.4. Aménagement à l'intérieur de l'ouvrage : « déflecteurs »

Cette solution est envisagée lorsque le remplacement ou la suppression de l'ouvrage ne peut être effectués. Il consiste à concevoir et réaliser des sortes de « déflecteurs » à l'intérieur d'une buse ou

d'un dalot, qui consistent à créer de multiples zones de repos à l'intérieur de ces ouvrages. Ces « déflecteurs » sont utilisés dans des ouvrages où la vitesse du courant et/ou la hauteur d'eau sont les facteurs limitant du franchissement piscicole. Il existe différents types de « déflecteurs » : à crêtes horizontales, triangulaires, à échancrure latérales. L'espacement entre les « déflecteurs » doit être suffisant pour dissiper l'énergie de l'eau et éviter les zones de recirculation (LARINIER,1992).

V.1.5. Remplacement de l'ouvrage

Cette alternative est entreprise lorsqu'il y a nécessité de pérenniser l'usage de l'ouvrage.

V.1.5.1. Pont en arche Poly Ethylène Haute Densité

Cet aménagement permet de substituer une buse ou un dalot sous dimensionné pour des passages agricoles ou encore des chemins ruraux. La pose de ces arches est réalisée à même le lit, sans fondation et sans modifier le profil en long ni la rugosité du lit. Le bon dimensionnement des arches est un critère majeur de la réussite de l'aménagement. D'après LARINIER (1992), le choix du diamètre d'une buse doit être au moins égal à la largeur du cours d'eau à l'étiage. En terme de section, une arche de 80cm est équivalente à une buse de 80 cm de diamètre (PESME, Com. Pers.). Il conviendra alors de bien prendre en compte ces paramètres pour dimensionner les nouveaux ouvrages.

V.1.5.2. Pont en bois

Cet aménagement permet également de remplacer une buse. Dans notre cas, ils serviront au remplacement de ponts en bois en mauvais état ou encore à ceux mal calés en hauteur (trop bas) créant l'accumulation d'encombres en dessous de l'ouvrage. Cet ouvrage permet une nouvelle fois de respecter la pente naturelle du cours d'eau et ainsi de ne présenter aucun obstacle à la circulation piscicole.

V.2. Plan d'actions

Le plan d'action reprend les systèmes de hiérarchisation des bassins versants et des obstacles (paragraphes IV.1. et IV.2.). La priorité d'action sera donnée de façon décroissante, c'est-à-dire des bassins versant de niveaux de hiérarchisation les plus élevés au plus faibles (niveau IV → III → II). Puis à l'intérieur de ces bassins, une sous hiérarchisation est réalisée au niveau des obstacles, toujours en priorisant les obstacles en « liaison directe » avec le cours principal du Ternin, par rapport aux obstacles « naturellement déconnectés ». Des « fiches actions » sont présentées dans le **rapport technique**. Elles reprennent ce système de hiérarchisation et font la synthèse globale (type d'obstacles, linéaire reconnecté, solution préconisée, coût des actions...) des aménagements à réaliser en priorité par sous bassin versant du Ternin.

Globalement, le plan d'action porte sur 63 seuils (dont 46 obstacles en « liaison directe » avec le cours principal du Ternin) et 8 étangs (dont 1 étang « déconnecté naturellement»). Il permet de

reconnecter 22,4 kilomètres de cours d'eau dont 6,6 kilomètres de cours d'enjeux moyens à forts pour un montant total de **71 458,03 € HT**(dont 15% d'imprévus).

Tableau 24 : Résultats attendus du plan d'actions

Linéaire en mètres	Avant travaux	Après travaux
Linéaire total	67464	
Linéaire déconnecté	55588	33204
% du linéaire déconnecté	82	49
Linéaire d'enjeux forts déconnecté	6070	3333
Linéaire d'enjeux moyens déconnecté	5932	2068
Linéaire d'enjeux nuls à faibles déconnecté	43586	27803
Linéaire reconnecté	/	22384

Conclusion et Perspectives

Cette étude a permis de caractériser la qualité de l'habitat (capacité d'accueil et potentiel de reproduction) d'un certain nombre d'affluents du Ternin et de recenser les obstacles à la libre circulation piscicole. La truite fario est l'espèce repère de la continuité longitudinale, c'est-à-dire, l'espèce la plus adaptée pour refléter les perturbations à l'intérieur d'un bassin versant.

Sur les 67,5 kilomètres d'affluents prospectés du Ternin, on recense :

- 28 kilomètres favorables à l'accueil des truites (état conforme ou peu dégradé),
- 19 kilomètres possèdent un potentiel de reproduction non nul,
- 15,5 kilomètres sont caractérisés par des enjeux moyens à forts,
- 604 obstacles ont été recensés dont 342 sont infranchissables pour la truite,
- 61 étangs ont été rencontrés, parmi ces derniers 30 étangs pénalisent la libre circulation piscicole.

Les secteurs les plus favorables à l'accueil et à la reproduction des truites sont fortement dépendants de l'occupation du sol à proximité des cours d'eau. Ces secteurs se retrouvent majoritairement dans les boisements feuillus et les friches. Cependant, certaines prairies présentant une densité de ripisylve conséquente (discontinue à continue) sont également des secteurs à forts enjeux pour la truite. Il a été constaté qu'une densité importante de la ripisylve, plus particulièrement en secteurs prairiaux, permet de conserver une bonne qualité des affluents, car elle limite le piétinement des berges et donc le colmatage du lit mineur des cours d'eau.

En ce qui concerne la continuité piscicole de ces affluents, le constat est sévère : 82% du linéaire total des tributaires prospectés du Ternin sont inaccessibles aux géniteurs du cours principal. Ceci est dû au fractionnement des affluents par des obstacles artificiels ou naturels.

Les obstacles artificiels rencontrés sont majoritairement des murets, des buses et des chutes liées aux travaux hydrauliques agricoles. Les obstacles artificiels déconnectent 82% du linéaire total d'affluents (soit 55,5km).

Les obstacles naturels du type chutes naturelles et encombres sont très fréquents sur les affluents du Ternin, ils sont à l'origine de la déconnection naturelle de 48% du linéaire total (soit 32,5 km d'affluents). Ces secteurs déconnectés naturellement, ne sont pas accessibles aux géniteurs du cours principal du Ternin. Cependant, ils peuvent servir au recrutement du Ternin, car des populations importantes de truites y ont été observées, ainsi certaines truites vont dévaler de ces secteurs déconnectés et alimenter le cours principal du Ternin.

La mise en place d'un système de hiérarchisation a permis de sélectionner les affluents les plus intéressants en terme d'enjeux pour la truite, afin de proposer un programme d'actions qui prendra en compte la priorité des obstacles infranchissables à aménager (soit 71 obstacles, cf. **rapport technique**).

La méthode mise en place lors de ce stage, n'est pas parfaite, mais elle permet de façon simple et efficace de cibler les meilleurs affluents du Ternin à reconnecter en priorité. En effet, le caractère subjectif des variables utilisées (Densité de la ripisylve, Colmatage,...) pour caractériser la qualité des cours d'eau affluents peut être critiqué. Cependant, ces paramètres ne peuvent pas être mesurés précisément comme à l'échelle d'une station, compte tenu du linéaire d'affluents à prospector. De plus, lors des relevés de terrain, l'œil de l'observateur s'affine créent ainsi une modification consciente ou non de la notation en fonction des problèmes rencontrés. Néanmoins, la prospection a été réalisée par le même observateur ce qui limite les biais.

Autre reproche, la période de prospections a eu lieu hors de période de migration. Les conséquences probables sont :

- une surestimation du degré de colmatage pouvant être présent à faible débit et disparaître lorsque les débits sont plus élevés.
- une sous-estimation de la surface de frayère,
- une mauvaise qualification du degré de franchissement des obstacles.

Volet européen

Le volet européen a été rédigé à l'aide des documents de l'OFEFP (1998 et 2006) et de l'EAWAG (News 51).

Le chapitre suivant permet de comparer la méthode utilisée lors de ce stage à d'autres méthodes utilisées dans un autre pays de l'Union Européenne (Suisse), dans une problématique similaire, c'est-à-dire l'évaluation de la qualité de l'habitat et de la continuité longitudinale des cours d'eau.

Tout d'abord, la méthode suisse sera décrite, elle tient compte des différentes échelles de travail et y associe les différents paramètres à analyser. Ensuite, un exemple sera abordé afin de se repositionner à une échelle spatiale (celle du bassin versant) correspondante à l'étude que nous avons conduite. Enfin une comparaison de la méthode suisse et de la méthode du présent rapport sera réalisée.

Le Système Modulaire Gradué (SMG) de la Suisse

Cette méthode offre un cadre à l  tude et à l  valuation des cours d'eau, en s'intéressant aux différents modules (compartiments) d'un hydrosystème fluviale : hydrologie, morphologie, biologie, chimie et   cotoxicologie. Il permet une évaluation globale des cours d'eau et constitue un instrument de valeur pour une approche intégrée de leur gestion.

Le Système Modulaire Gradué a été élaboré dans le cadre d'un groupe de projet « Evaluation de cours d'eau », impliquant des représentants de l'OFEFP (Office Fédéral de l'Environnement, des Forêts et du Paysage), de l'OFE   (Office Fédéral des Eaux et de la Géologie), de l'EAWAG (Institut fédéral pour l'aménagement, l'épuration et la protection des eaux) et du canton de Zurich. Chaque module (compartiment) est structuré en 3 niveaux (cf. tableau 25). Pour une étude à grande échelle (niveau R, région), il convient d'effectuer une analyse rapide et peu onéreuse. L'importance de l  tude et les coûts par surface analys  e sont beaucoup plus élevés dans le cadre de l  valuation de réseaux hydrographiques dans leur ensemble (niveau C, cours d'eau) ou celle de tronçon particuliers de cours d'eau d'une longueur de 0,1 à 1 km (niveau T, tronçon). Des méthodes dévaluation sont élaborées pour les niveaux R et C et constamment actualisées. Ce n'est pas le cas pour le niveau T qui sert à l  valuation d'aspects spécifiques et pour laquelle il est conseillé de recourir à des méthodes existantes (analyse des microhabitats, composition du substrat, inventaires des espèces et des populations).

Tableau 25 : Les trois niveaux du Système Modulaire Gradué

	Niveau R	Niveau C	Niveau T
Territoire concerné	Région/canton	Réseau hydrographique	Tronçon de cours d'eau moyen à court
Effort demandé	Faible	Moyen	Elevé
Objectif	Description grossière, analyse des déficits écologiques	Description détaillée, analyse des déficits, élaboration de mesures à prendre	Analyse ciblée de problèmes spécifiques
Evaluation	Notation à points	Verbale	Verbale

Le tableau 26 page 57 donne une vue d'ensemble des neuf modules du système modulaire et des méthodes dévaluation utilisées pour les niveaux R et C. Chaque module sert à l  valuation du cours d'eau selon un aspect particulier. Les modules peuvent être utilisés dans toutes les combinaisons souhaitées. Il est cependant judicieux de choisir un module biologique avec un module non biologique.

Chaque module présente des avantages pour l  valuation des cours d'eau, mais il possède également des limites spatiales et temporelles caractéristiques (cf. tableau 27 page 57). Les poissons, étant donné leur grande mobilité sont les plus adaptés pour étudier les dégradations du milieu dans tout le bassin versant. Ils reflètent également les conditions environnementales pendant plusieurs années.

Tableau 26 : Les neuf modules du système modulaire gradué et leurs niveaux d'étude R et C

	Module	Niveau R	Niveau C
Hydrologie et morphologie	Hydrologie	Caractérisation globale de l'écoulement	Surveillance systématique
	Ecomorphologie	Dégradations écomorphologiques principales, connectivité longitudinale	Analyse des déficits, catalogue de mesures avec indication des priorités
Biologie	Algues	Etude des diatomées	Non étudiées
	Macrophytes	Estimation de l'abondance	Cartographie de toutes les espèces
	Végétation riveraine	Simple cartographie	Etude plus détaillée, plan de mesures
	Macrozoobenthos	Description grossière de l'éventail des organismes	Description détaillée du macrozoobenthos
	Poissons	Description d'ensemble de l'éventail des espèces piscicoles	Etudes détaillées, analyse des populations
Chimie et écotoxicologie	Chimie	Evaluation grossière de la qualité de l'eau	Détermination détaillée de la qualité de l'eau
	Ecotoxicologie	Echantillonnage aléatoire, 2-3 tests simples	Evaluation saisonnière ou fréquente des nuisances

Tableau 27 : Echelles spatiales et temporelles des modules biologiques

Module	Temps	Espace
Algues	Jours à semaines	m ²
Macrophytes	Des années	Plusieurs centaines de m ²
Végétation riveraine	Des décennies	km ²
Macrozoobenthos	Mois à 1 an	Plusieurs centaines de m ²
Poissons	Des années	km ² (bassin versant)

Un exemple d'évaluation de la qualité de l'habitat à l'échelle du bassin versant : Le module « écomorphologie » au niveau C

Le terme « écomorphologie » recouvre la totalité des caractéristiques structurales d'un cours d'eau et de ses abords immédiats. Il englobe la structure du lit, des rives et du chenal ainsi que la connectivité du cours d'eau. L'écomorphologie représente un facteur clé pour l'ensemble des propriétés et des processus de l'écosystème que constitue le cours d'eau.

Cette méthode permet d'analyser les déficits écomorphologiques des cours d'eau et d'élaborer des concepts pour leur revalorisation. La méthode « Ecomorphologie - niveau C » repose largement sur les données relevées au niveau R. Alors que le niveau R évalue les cours d'eau à l'échelle de la région, le niveau C sert à élaborer un concept de mesures de revalorisation dans des réseaux hydrographiques sélectionnés. Sur la base de l'analyse des déficits écomorphologiques, des objectifs de développement sont fixés pour les cours d'eau considérés et des mesures potentielles sont proposées. L'estimation du bénéfice écologique des revalorisations permet de fixer des priorités parmi les mesures proposées. Il en résulte un concept global probant et reproductible, qui sert de base à la mise en œuvre de mesures d'aménagement hydraulique concrètes.

La méthode se déroule selon les étapes suivantes :

- **Etape 1 : la délimitation du réseau hydrographique :**

La délimitation du réseau hydrographique tient compte des objectifs de planification à l'échelle régionale (échelle R). Donc, la sélection des bassins versants se réalise au niveau régional.

- **Etape 2 : l'analyse des déficits écomorphologiques :**

Cette étape nécessite, en amont, un important travail de relevés de terrain afin de caractériser la qualité de l'habitat, l'état du fonctionnement des processus morphodynamiques et de la libre circulation piscicole.

Le tableau 28 donne un aperçu de quelques caractéristiques prises en compte pour l'établissement de la qualité écomorphologique d'un cours d'eau.

Tableau 28 : Aperçu de quelques critères retenus pour qualifier l'état écomorphologique d'un cours d'eau

	Structure du cours d'eau	Espace du cours d'eau	Libre circulation
Critères	Lit (granulométrie, colmatage)	Espace minimal	Type d'obstacle
	Pied de berge (nature,...)	Biodiversité	Hauteur de chute
	Chenal (écoulements, largeur, diversité d'habitats...)	Bande de divagation	Pente
			Profondeur d'affouillement

Le déficit écomorphologique est calculé par comparaison avec un **état de référence**. C'est-à-dire qu'il correspond à la différence calculée entre l'état actuel du cours d'eau et l'état de référence (cf. figure 35 page 59). L'état de référence est un état qui s'installerait dans les conditions paysagères actuelles si toutes les utilisations humaines cessaient dans les abords immédiats du cours d'eau : **l'état proche de l'état naturel dans le paysage cultivé donné**.

L'état de référence ne correspond pas à un cours d'eau du paysage naturel originel. Au contraire, cet état comprend des influences humaines étendues et irréversibles comme de grands défrichements, des agglomérations ou des drainages des zones humides.

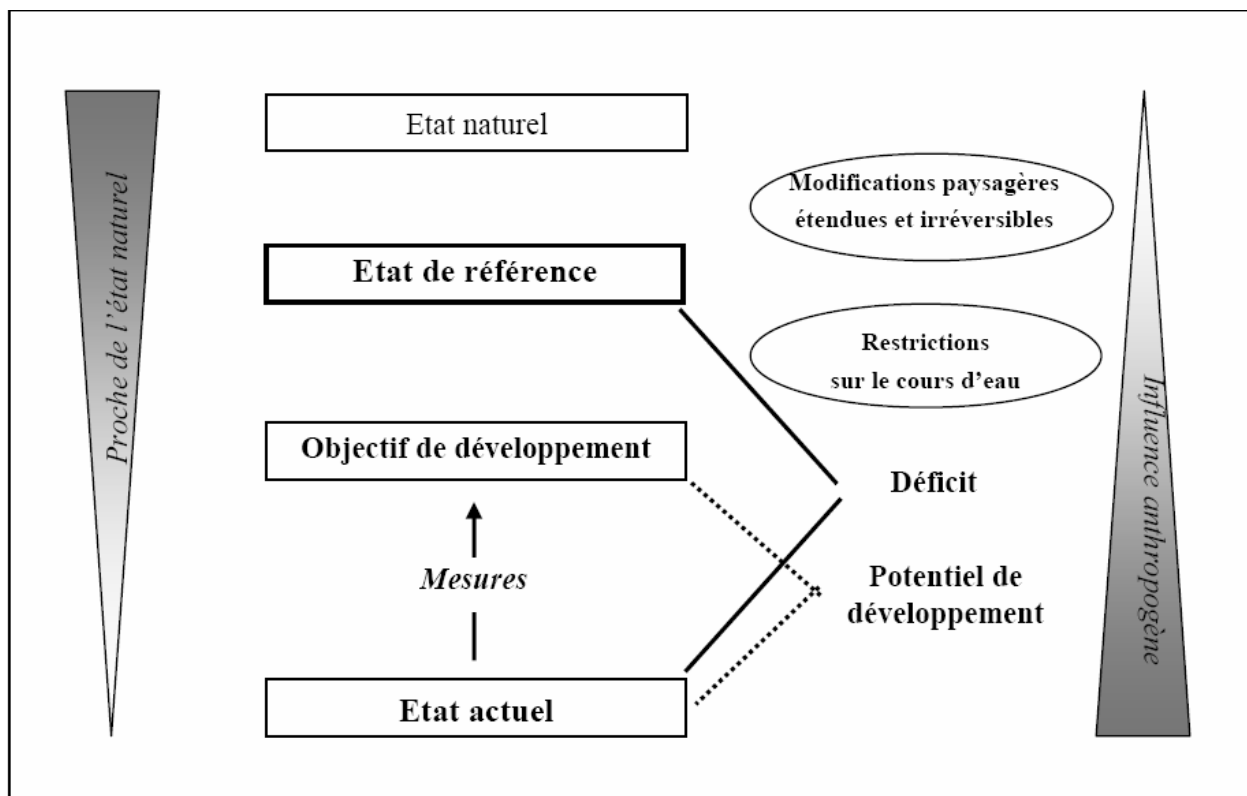


Figure 35 : Etat de référence par rapport à l'état naturel, à l'objectif de développement et à l'état actuel (source : doc sur ecomorphologie C)

L'état de référence ne correspond pas à l'objectif de développement. Il indique seulement la direction du développement écomorphologique. Pour permettre un tel développement écomorphologique, un espace de divagation suffisant au cours d'eau (espace de mobilité) est une condition indispensable.

Les déficits (cf. tableau 29 page 60) sont répartis en cinq classes (I à V), plus une classe pour les tronçon mis sous terre (T). La classe I (sans déficit) correspond à l'état de référence du cours d'eau. Les autres classes (II à V et T) sont caractérisées par une différence s'accroissant par rapport à l'état de référence et par une influence anthropogène croissante.

Tableau 29 : Classement des déficits

Déficit	Propriétés et fonctions naturelles du cours d'eau	Structure (lit, chenal, pied de berge)	Espace du cours d'eau	Connectivité longitudinale
I déficit nul	totalelement assurées (= état de référence)	caractéristiques et dynamique naturelles	non utilisé, morphodynamique naturelle possible	non perturbée
II déficit faible	assurées pour l'essentiel	caractéristiques et dynamique pour l'essentiel naturelles	pas ou extensivement utilisé, processus morphodynamiques possibles en partie	peu perturbée
III déficit moyen	limitées	caractéristiques en partie naturelles	insuffisant, en partie atypique d'un cours d'eau	moyennement perturbée
IV déficit fort	fortement limitées	caractéristiques très partiellement naturelles	très réduit, atypique d'un cours d'eau	fortement perturbée
V déficit très fort	plus assurées	pas de caractéristiques naturelles, artificielle	inexistant ou artificiel	très fortement perturbée
T mis sous terre	tronçons du cours d'eau mis sous terre, entièrement recouverts > 25 m de longueur			

Afin de calculer ces déficits écomorphologique, il convient d'apprécier et de noter les différents compartiments du cours d'eau à l'aide de paramètres indicateurs pour chaque tronçon du cours d'eau.

Les différentes valeurs sont additionnées à la fin de l'analyse de déficit en trois valeurs globales pour la structure du cours d'eau, l'espace du cours d'eau et la libre circulation (cf. figure 36 page 61). Afin de mieux rendre compte de la situation de certains cours d'eau, les classes de déficit sont complétées par une appréciation orale.

Les déficits de structure et d'espace sont additionnés par tronçon, l'évaluation de la libre circulation est directement reprise. Volontairement, les trois valeurs globales ne sont pas additionnées. Cela n'apporterait aucun avantage supplémentaire, car trop d'information seraient perdues.

De plus, une règle d'agrégation de l'analyse de déficits définit que la valeur partielle la plus mauvaise détermine la valeur totale de la qualité écomorphologique du cours d'eau.

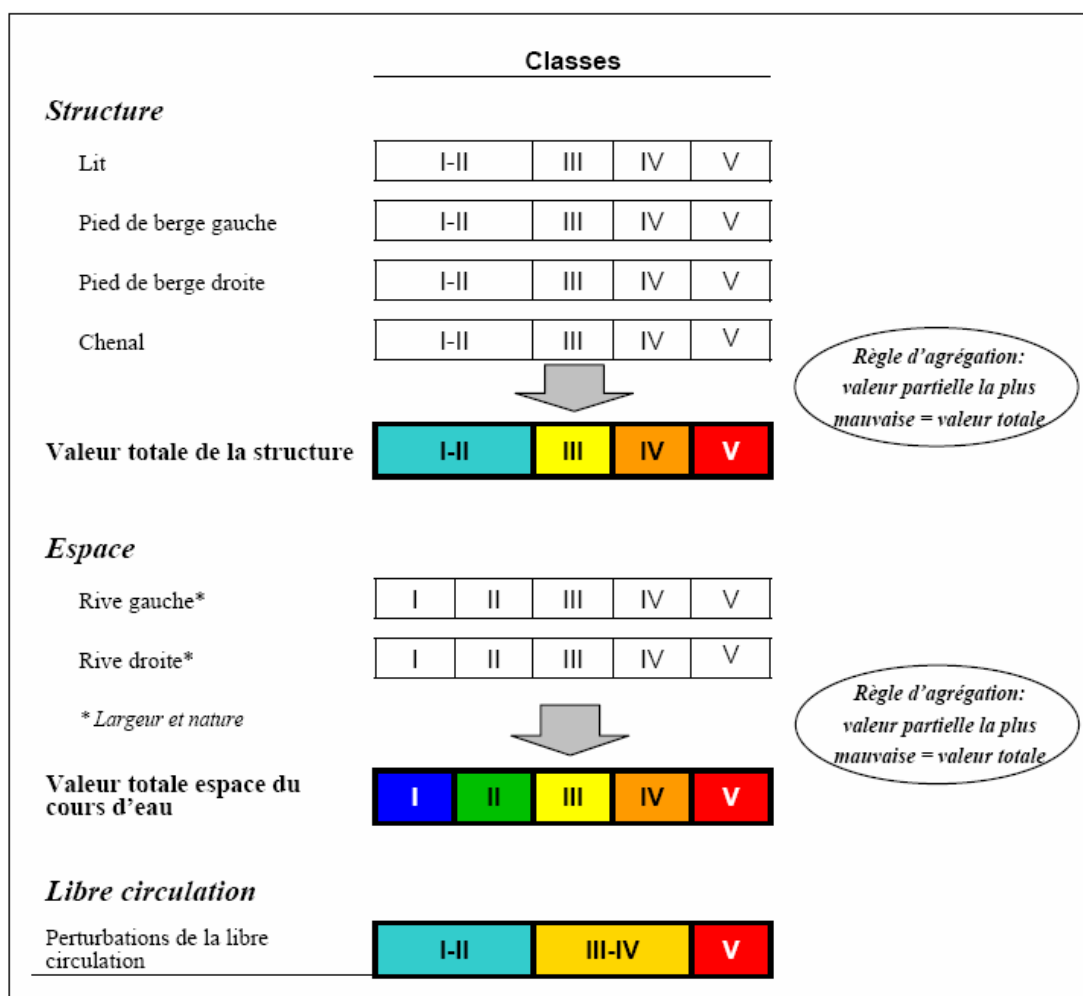


Figure 36 : Synthèse de l'analyse des déficits

- **Etape 3 : Fixation des objectifs de développement :**

L'objectif de développement décrit l'état écomorphologique optimal qu'il est possible d'atteindre pour le cours d'eau en tenant compte des restrictions. La revalorisation écomorphologiques d'un cours d'eau a pour objectif de réduire ses déficits écomorphologiques actuels. Le cours d'eau doit évoluer dans la direction de l'état de référence (cf. figure 35 page 59), même si celui-ci est rarement atteignable en raison des restrictions existantes. Pour pouvoir comparer l'objectif de développement avec les déficits actuels, la notion de déficit est aussi utilisée dans la fixation des objectifs de développement.

Les objectifs de développement sont évalués comme dans l'analyse de déficit pour pouvoir la comparer avec l'état actuel. Les mêmes classes, les mêmes règles d'agrégation que lors de l'analyse de déficit sont réutilisées. Dans certains cas particuliers, elles peuvent être adaptées à la situation. Là où il n'est pas possible de fixer un objectif de développement, la classe « ? » est attribuée.

- **Etape 4 : Calcul du potentiel de développement et évaluation du bénéfice écologique :**

La différence entre l'état actuel et l'objectif de développement est appelée potentiel de développement. En combinant le potentiel de développement avec l'importance des différents tronçons

ou perturbations de la libre circulation du réseau hydrographique, on tire le bénéfice écologique du développement du cours d'eau.

L'objectif de cette méthode est, en plus de l'analyse des déficits écomorphologiques, de fournir des indications pour l'élaboration d'un concept de mesures de revalorisation des cours d'eau. Les moyens à disposition pour leur revitalisation doivent être employés de façon à en tirer le plus grand bénéfice possible pour l'écologie des eaux. Il est indispensable de déterminer les tronçons ou sites à traiter en priorité dans la planification des mesures.

Le potentiel de développement :

Le potentiel de développement se détermine par la différence entre l'état actuel et l'objectif de développement. Il exprime le degré possible de revalorisation d'un cours d'eau. De cette manière, c'est la marge de revalorisation entre l'état actuel et l'objectif de développement qui influence la fixation des priorités et non pas de l'état maximal réalisable. Le potentiel de développement est déterminé séparément pour l'espace, la structure et la libre circulation du cours d'eau (cf. figure 37).

	<u>Classes d'évaluation</u>				
Etat actuel	I	II	III	IV	V
Objectif de développement	I	II	III	IV	V
Différence entre l'état actuel et l'objectif de développement	3 - 4	1.5 - 2.5	0.5 - 1	0	-
Potentiel de développement	<i>élevé</i>	<i>moyen</i>	<i>faible</i>	<i>nul</i>	<i>?</i>

■ Exemple d'espace du cours d'eau

Figure 37 : Détermination du potentiel de développement de l'espace du cours d'eau

Alors que l'on dispose d'une classifications pour l'espace du cours d'eau et la libre circulation, il existe trois classifications pour la structure du cours d'eau : une pour le lit, une pour le pied de berge et une pour le chenal. Comme dans l'analyse de déficit, elles sont synthétisées en une seule valeur. Mais, c'est le potentiel de développement le plus élevé qui détermine la valeur globale. Cette valeur exprime ainsi la revalorisation maximale possible.

L'agrégation de l'analyse de déficit est donc plutôt « pessimiste », celle du potentiel de développement plutôt « optimiste ».

L'importance dans le réseau hydrographique :

L'importance dans le réseau hydrographique est définie en fonction :

- de l'intérêt particulier d'un tronçon de cours d'eau, c'est-à-dire qu'ils présentent de longs linéaires exempts de déficit ou de restrictions, ou encore se situent dans des milieux rares comme par exemple les tourbières.
- de l'importance des perturbations de la libre circulation pour la connectivité longitudinale.

Il est important de comparer les perturbations anthropiques de la libre circulation aux perturbations naturelles. L'importance des perturbations anthropiques est en principe plus grande dans les tronçons plats à forte connectivité longitudinale naturelle que dans les tronçons pentus, davantage marqués par des perturbations naturelles de la libre circulation.

La Détermination du bénéfice écologique :

Le bénéfice d'une revalorisation écomorphologique se déduit de la combinaison du potentiel de développement et de l'importance dans le réseau hydrographique (cf. tableau 30).

Tableau 30 : Matrice pour la détermination du bénéfice

Bénéfice écologique		Importance dans le réseau hydrographique			
		Supra-régionale	régionale	locale	faible
Potentiel de développement	élevé	élevé	élevé	moyen	moyen
	moyen	élevé	moyen	moyen	faible
	faible	moyen	faible	faible	faible
	0	0	0	0	0
	?	?	?	?	?

Le bénéfice écologique est déterminé séparément pour les tronçons de cours d'eau et pour les perturbations de la libre circulation.

Etape 5 : Concept de mesures :

Dans la dernière étape de cette méthode, un concept de mesures de revalorisation du réseau hydrographique a été réalisé. A partir des résultats des étapes précédentes, on définit des champs d'action avec des propositions concrètes de mesures pour restaurer la fonctionnalité des cours d'eau (habitat physique et continuité longitudinale). En combinant les bénéfices écologiques aux propositions concrètes, on détermine les priorités des différentes mesures.

Le concept de mesures doit permettre une planification concluante et coordonnée qui prévienne la réalisation de mesures ponctuelles non convenues. Le concept de mesures doit être axé sur l'élimination des principaux déficits écomorphologiques.

Comparaison entre la méthode utilisée à la méthode suisse

Les points communs entre les 2 méthodes :

Le groupe repère choisi est la même dans ces deux méthodes : le poisson. Les poissons, étant donné leur grande mobilité sont les plus adaptés pour étudier les dégradations du milieu dans tout le bassin versant.

Pour évaluer la qualité physique d'un cours d'eau, les méthodes utilisent une comparaison de l'état actuel du cours d'eau à un état de référence, vierge de toute pressions anthropiques.

Une hiérarchisation des actions concrètes à entreprendre est établie, dans chacune d'entre elles, en prenant en compte le bénéfice écologique.

Les différences :

Les relevés des paramètres de terrain sont moins précis dans la méthode suisse que dans la méthode utilisée. L'évaluation des paramètres est prédéfinie par des seuils précis pour évaluer les déficits géomorphologiques dans le système modulaire gradué. Alors, la méthode suisse ne permet pas une adaptation fine à la spécificité d'un bassin versant : taille, écorégion...

Le système modulaire suisse permet d'uniformiser l'évaluation de la qualité physique des cours d'eau en suisse, mais il ne rend pas compte des causes du dysfonctionnement de ces hydrosystèmes.

Bibliographie

Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, 2001. Guide technique n°4 « Libre circulation des poissons migrateurs et seuils en rivière ». pp 51.

AMOROS C. et PETTS G.E., 1993. Hydrosystèmes fluviaux. Ministère de la Recherche et de la Technologie. Ed. Masson, 274p.

AQUASCOP et PNRM, 1999. Observatoire de la Qualité des Rivières et des Lacs du Morvan : Synthèse interannuelle 1993-1997, 20p.

BAGLINIERE J.L. et MAISSE G., 1991. La Truite : biologie et écologie. INRA

BAGLINIERE J.L. et MAISSE G., 2002. La Biologie de la truite commune (*Salmo trutta* L.) dans la rivière Scorff, Bretagne : une synthèse des études de 1972 à 1997. INRA *Prod. Anim.*, 15 (5), 319-331

BARAN P., 1995. Analyse de la variabilité des abondances de truites communes (*Salmo Trutta* L.) dans les Pyrénées centrales françaises. Influence des échelles hétérogénéité d'habitat. Thèse doc., Institut National Polytechnique de Toulouse, 147p.

BARAN P., 2007. ONEMA DR9, Présentation lors des Rencontres Nationales « Gestion des ruisseaux de têtes de bassins et des zones humides associées » sur le « Diagnostic et restauration de la libre circulation piscicole dans les petits hydrosystèmes » - 3 au 5 avril 2007 à la Maison du Parc Naturel Régional du Morvan - Saint Brisson (58).

BARBIN F. et al, 2001. La Géologie en Morvan : Histoire et itinéraires de découverte, Edition Parc Naturel Régional du Morvan, 44p.

BINNS N.A., 1982. Habitat Quality Index : procedure manual. Wyoming Game and Fish Department. 209 p.

BONTEMPS F., 2005. Evaluation de la population de Moule perlière (*Margaritifera margaritifera*) du Haut Cousin et potentiel des affluents pour le cycle de la Truite farion (*Salmo trutta*, L.) (aspects circulation piscicole et état de conservation). Rapport de stage D.E.S.S. Ingénierie des Hydrosystèmes Continentaux en Europe. Pp 83. Université de Tours.

BOUCHARD J., 2004. Etude de la fonctionnalité des affluents de l'Ouche vis-à-vis de la truite commune (*Salmo trutta* L.). Rapport de stage. D.E.S.S. Ingénierie des Hydrosystèmes Continentaux en Europe. 126 p. Université de Tours.

BOUCHARD J., 2007. ONEMA DR9, Présentation lors des Rencontres Nationales « Gestion des ruisseaux de têtes de bassins et des zones humides associées » sur « l'Analyse de la fonctionnalité salmonicole des petits hydrosystèmes, habitat et connectivité (synthèse des études bourguignonnes) » - 3 au 5 avril 2007 à la Maison du Parc Naturel Régional du Morvan - Saint Brisson (58).

CHAMBERT et THERVILLE, 1993. Schéma Départemental à Vocation Piscicole et Halieutique de Saône et Loire (71). Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt de Saône et Loire. 3 tomes.

COUASNE J.P., 2003. Restauration de la libre circulation piscicole sur les affluents salmonicoles de la Cure entre les réservoirs des Settons et du Crescent. Rapport de stage. D.E.S.S. Ingénierie des Hydrosystèmes Continentaux en Europe. pp 66. Université de Tours.

COWX I.G. et WELCOME R.L., 1998. Rehabilitation of rivers for fish. Fishing New Books, 260p.

DELACOSTE M., 1995. Analyse de la variabilité spatiale de la reproduction de la truite commune (*Salmo trutta* L.). Etude à l'échelle du micro et du macrohabitat dans six rivières des Pyrénées centrales françaises. Thèse doc., Institut National Polytechnique de Toulouse de Toulouse, 125p.

EAWAG (Institut fédéral pour l'aménagement, l'épuration et la protection des eaux). Le système modulaire gradué suisse : Eléments de base pour l'évaluation des cours d'eau, News 51, p 7-9.

JALADON X., 2005. Analyse de la fonctionnalité du bassin versant de l'Yonne amont vis-à-vis de la reproduction de la truite fario. Rapport de stage. Master Sciences des Sociétés et de leur Environnement. pp75. Université de Lyon 2.

KEITH P. et ALLARDI J., 2001. Atlas des poissons d'eau douce de France. *Patrimoines Naturels*, 47 : 387 p.

LAGARRIGUE T., BARAN P., LASCAUX J.M. et BELAUD A., 2001. Analyse de la variabilité de la croissance d'une population de truite commune (*Salmo trutta* L.) dans un torrent pyrénéen. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 357/360 : 573-594.

LAGARRIGUE T., LASCAUX J.M et FIRMIGNAC F., 2005. Estimation de la capacité d'accueil de l'habitat physique du Cousin à l'amont de Saint-Agan pour la truite commune (*Salmo trutta* L.), 43p.

LARINIER M., 1992. Facteurs biologiques à prendre en compte dans la conception des ouvrages de franchissement, notions d'obstacles à la migration. *Bull. Fr. Piscic.* (1992) 326-327 :20-29.

LARINIER M., 1992. Le franchissement des buses, des seuils en enrochements et des ouvrages estuariens. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* (1992) 326-327 : 111-124.

MALAVOI J.R. et SOUCHON A., 2001. Description standardisée des principaux faciès d'écoulement observables en rivière : Clé de détermination qualitative et mesures physiques. *Bull. Fr. Pêche Pisc.*, 365/366 : 357-372.

NIHOUARN A., 1983. Etude de la truite commune (*Salmo trutta* L.) dans le bassin du Scorff (Morbihan) : démographie, reproduction, migration. Thèse doctorat 3^{ème} cycle. Université de Rennes, 73p.

OFEFP, 1998. Méthode d'analyse et d'appréciation des cours d'eaux en Suisse. Ecomorphologie niveau R (Région). Information concernant la protection des eaux N°27. pp 49.

OFEFP, 2006. Méthode d'analyse et d'appréciation des cours d'eau selon le système modulaire gradué. Ecomorphologie niveau C (Cours d'eau). pp 72.

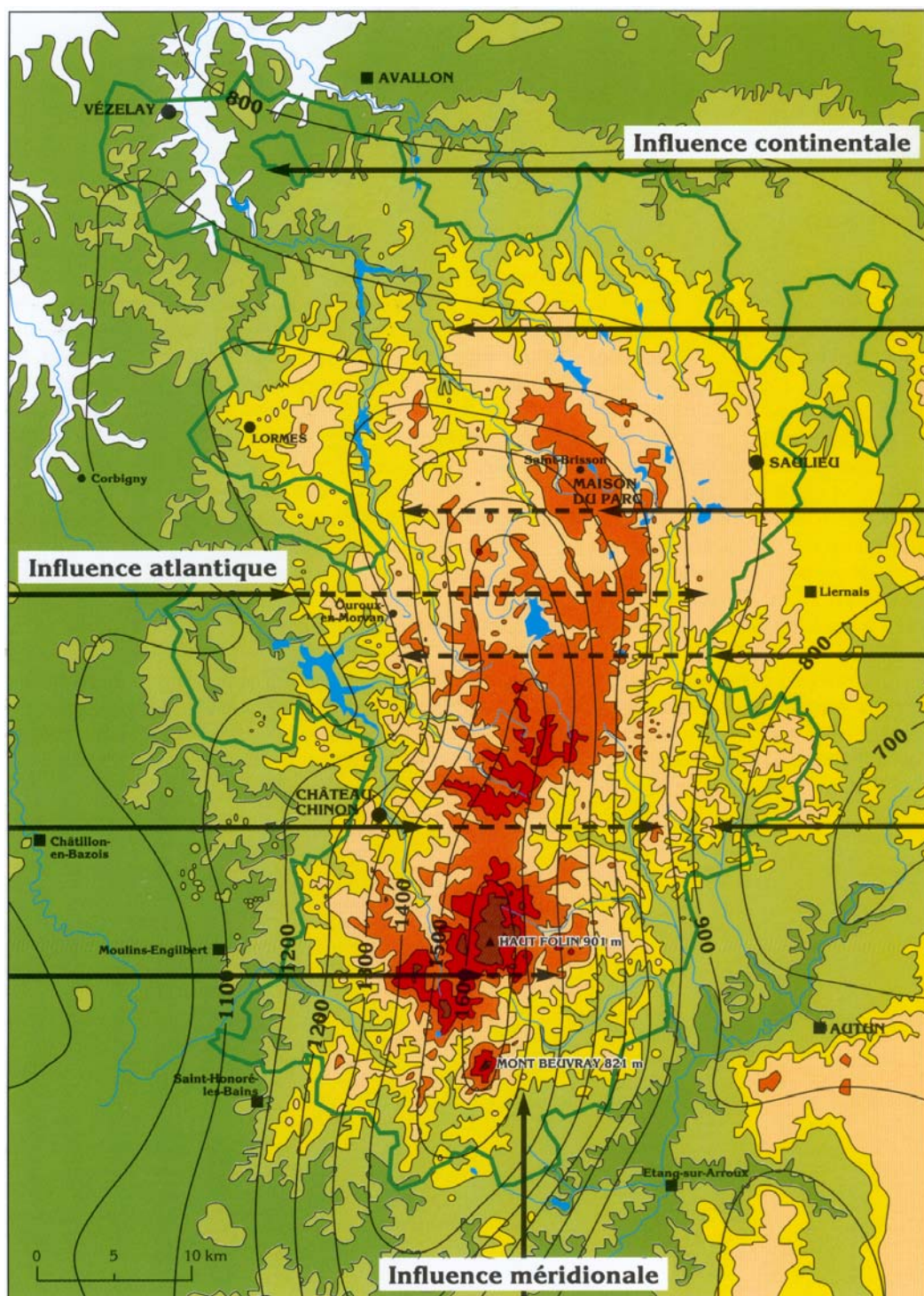
OFEG (OFFICE FEDERAL DES EAUX ET DE LA GEOLOGIE), 2000. Réserver de l'espace pour les cours d'eau. Dépliant, Berne.

OFEG (OFFICE FEDERAL DES EAUX ET DE LA GEOLOGIE), 2001. Protection contre les crues des cours d'eau. Directive de l'OFEG. Berne, 72 p.

PNRM, 2007. Observatoire de la Qualité des Eaux du Morvan : Synthèse 1993-2005, 29p.

ANNEXES

Annexe 1 : Carte du relief et des précipitations au niveau du Parc Naturel Régional du Morvan (Source : PNRM)

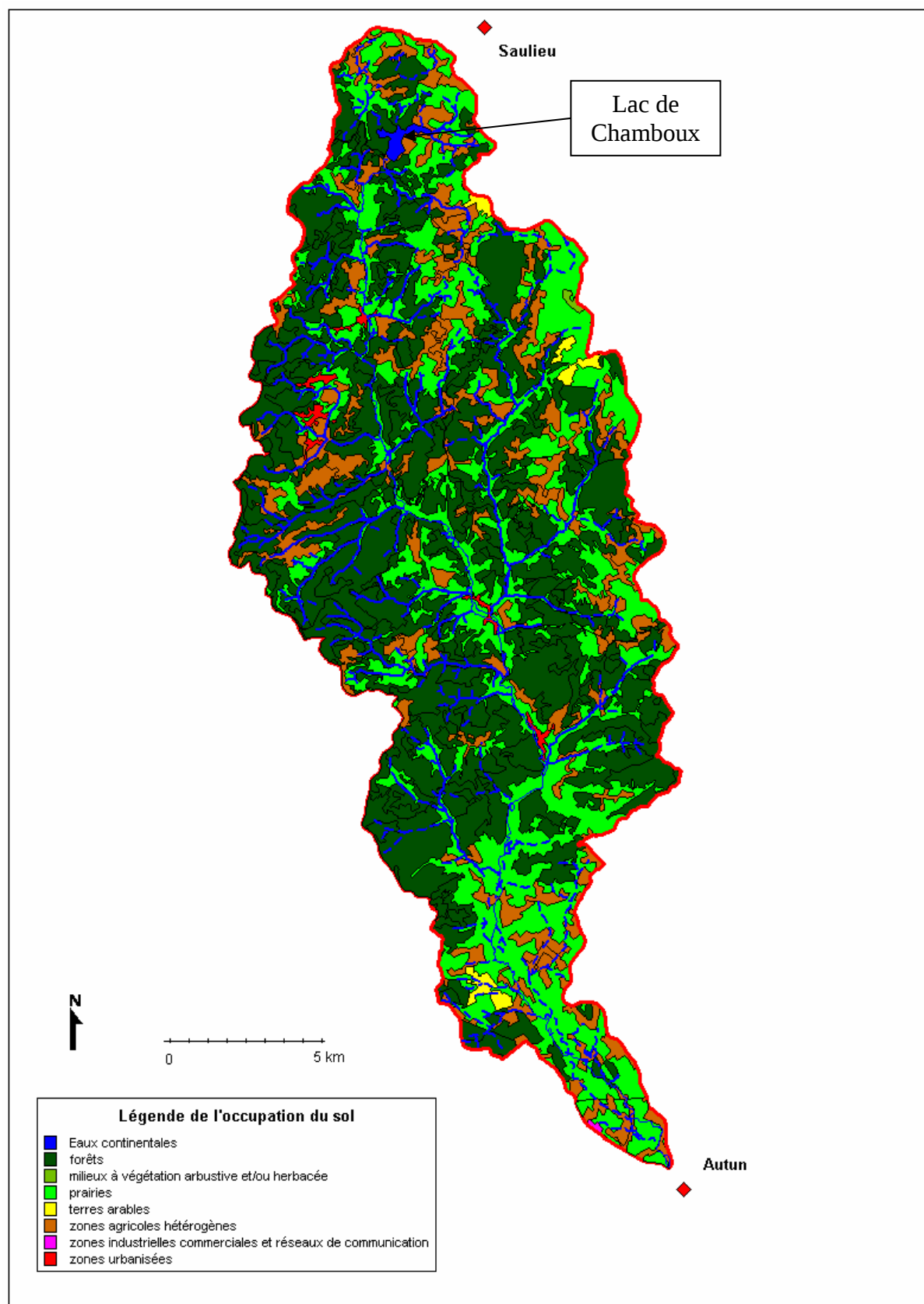


— 1200 — Précipitations : isohyètes en mm, calculées sur une période de 30 ans.

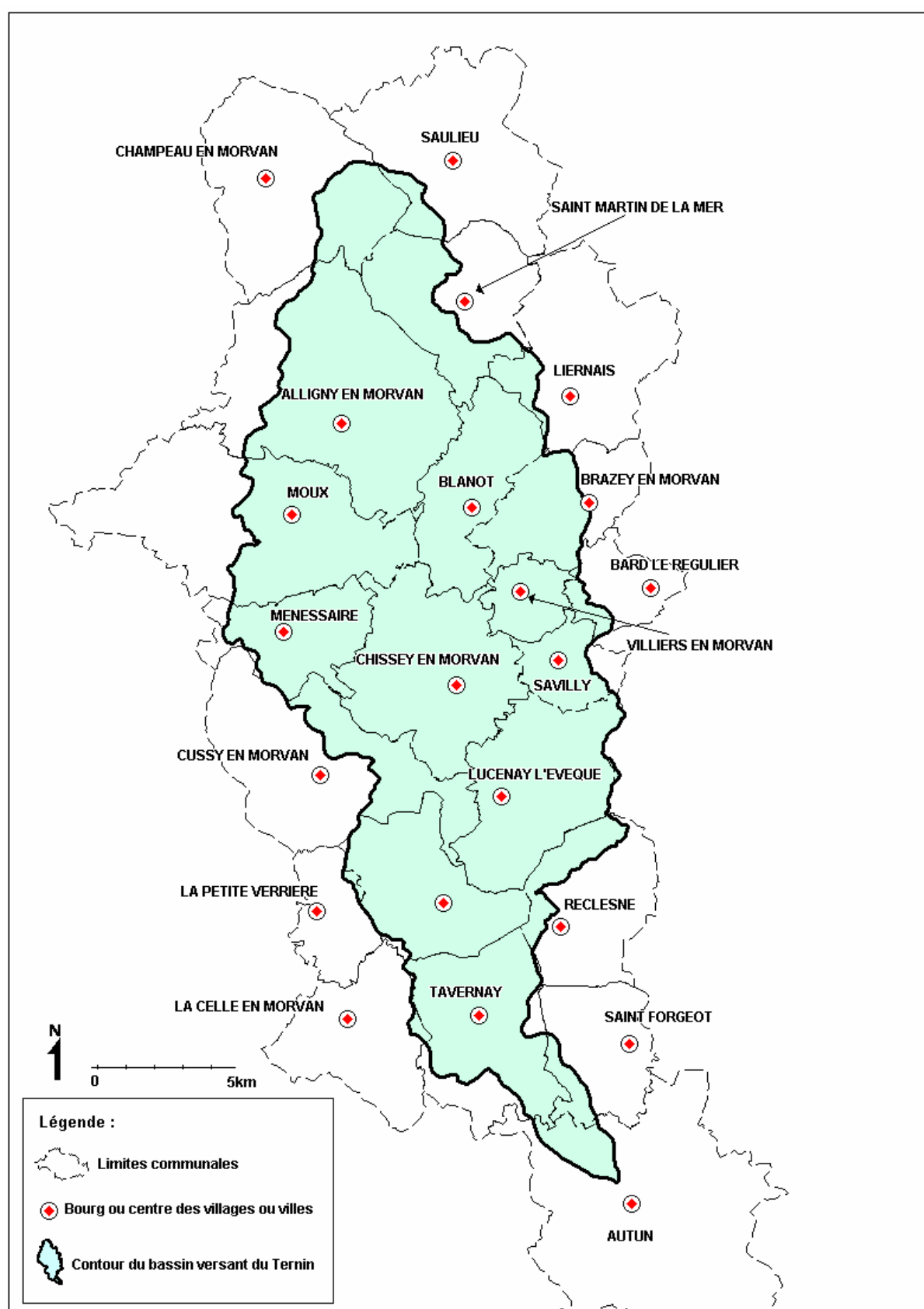
Altitudes :



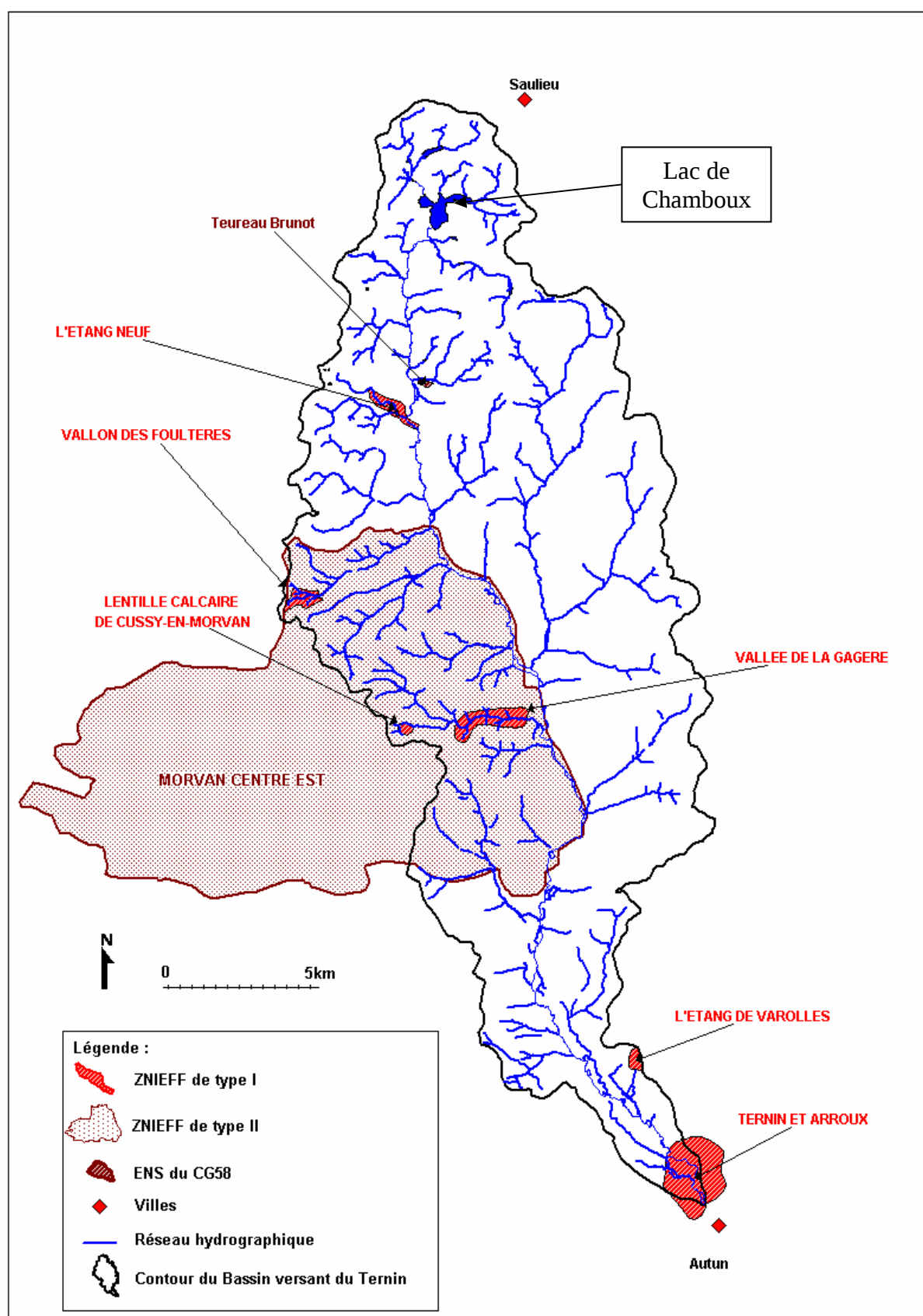
Annexe 2 : Occupation du sol du Bassin versant du Ternin (Source : Corine land cover 2000)



Annexe 3 : Localisation du contexte administratif du Bassin versant du Ternin



Annexe 4 : Localisation des zones d'intérêts écologiques et des espaces naturels sensible du Bassin versant du Ternin



Annexe 5 : Les fiches ZNIEFF du bassin versant du Ternin

« Teureau Brunot »

Communes : Alligny-en-Morvan

Cette butte granitique à l'est d'Alligny-en-Morvan, à la confluence du ruisseau de Tulon et du Ternin, est recouverte par une végétation de landes sèches à Callune et Genêt poilu.

Caractéristiques de la zone :

- * Superficie : 5,5 ha
- * Milieu(x) naturel(s) : Lande
- * Protection existante au titre de la protection de la nature : Aucune
- * Intérêt : Régional
- * Zone : Type 1

Landes :

Les landes sèches à Callune et Genêt poilu font partie des milieux naturels à préserver en priorité, inscrits dans la Directive Habitat. Ces milieux secs des pays siliceux se raréfient dans le Morvan, ils peuvent disparaître :

- par évolution naturelle, vers la forêt de Chêne,
- par boisement à base de résineux.

Plantes : D

es groupements de plantes annuelles rares s'installent sur les dalles rocheuses ou les sables nus. C'est le cas par exemple de la Spargoute printanière (*Spergula morisonii*) protégée en Bourgogne.

Faune :

La faune est adaptée à ces conditions. On rencontre des espèces variées de papillons et d'oiseaux : par exemple la Perdrix rouge (*Alectoris rufa*).

Espèces déterminantes :

Spargoute printanière ; Chat Sauvage

Autres espèces :

Perdrix rouge; Callune commune; Genêt poilu ; Catapode des graviers

ZNIEFF n°1000.1001

Annexe 5 : Les fiches ZNIEFF du bassin versant du Ternin

« L'Etang Neuf »

Commune : Alligny en Morvan

L'Etang Neuf, alimenté par deux ruisseaux, déverse ses eaux au sud d'Alligny en Morvan. Les ruisseaux d'alimentation et d'évacuation s'écoulent dans les prairies humides typiques du Morvan.

Caractéristiques de la zone :

- * Superficie : 61 ha
- * Milieu(x) naturel(s) : Etang-Cours d'eau-Prairie
- * Protection existante au titre de la protection de la nature : Aucune
- * Intérêt : Régional
- * Zone : type 1

Habitats :

Les prairies tourbeuses dans lesquelles courent les ruisseaux aboutissant ou quittant l'Etang Neuf sont inscrits à la directive Habitats. Elles sont caractéristiques du Morvan et abritent une flore et une faune inféodées à la présence d'une nappe d'eau stagnante.

Flore :

Le Mimule tacheté (*Mimulus guttatus*) est une petite plante vivace aux fleurs jaune vif tachées de marron. Ce site est une des rares stations bourguignonnes du Mimule tacheté.

Annexe 5 : Les fiches ZNIEFF du bassin versant du Ternin

« Lentille calcaire de Cussy-en-Morvan »

Communes : Cussy-en-Morvan

Au nord de Cussy-en-Morvan, au bord de la vallée du Fourneau, une carrière entaille une petite butte boisée où dominent le Chêne et le Charme.

Caractéristiques de la zone :

- * Superficie : 15 ha
- * Milieu(x) naturel(s) : Pelouse et Lande calcicole
- * Protection existante au titre de la protection de la nature : Aucune
- * Intérêt : Régional
- * Zone : Type 1

Géologie :

Les calcaires d'âge Viséen (325 à 335 millions d'années) renferment de nombreux organismes importants pour la connaissance de cette époque. Les études micropaléontologiques montrent des analogies intéressantes avec d'autres sites européens. Cet affleurement est un témoin isolé entre ceux du Massif armoricain, des Ardennes et du sud du Massif central.

Plantes :

Cet affleurement est un des rares points du Morvan où se maintiennent des plantes calcicoles (flore se développant préférentiellement ou exclusivement dans les secteurs au sous-sol). On trouve en particulier la Digitale jaune (*Digitalis lutea*) et le Mélampyre des champs (*Melampyrum arvense*).

ZNIEFF n°0028.0003

Annexe 5 : Les fiches ZNIEFF du bassin versant du Ternin

« Vallée de la Gagère »

Communes : Cussy-en-Morvan, Chissey-en-Morvan

Au sud de Chissey-en-Morvan, le vallon de la Gagère est un îlot calcaire. Les versants boisés abritent une flore calcicole.

Caractéristiques de la zone :

- * Superficie : 137 ha
- * Milieu(x) naturel(s) : Forêt - Rocher - Cours d'eau
- * Protection existante au titre de la protection de la nature : Aucune
- * Intérêt : Régional
- * Zone : Type 1

Plantes :

Les zones sèches et sableuses abritent le Persil de montagne (*Peucedanum oreoselinum*), l'*Anarrhinum* à feuilles de pâquerette (*Anarrhinum bellidifolium*) et le très rare Silène à bouquets (*Silene armeria*). Ces trois plantes sont protégées en Bourgogne.

Cet affleurement est un des rares points du Morvan où se maintiennent des plantes calcicoles (flore se développant préférentiellement ou exclusivement dans les secteurs au sous-sol calcaire). On trouve en particulier la très rare Linaire des champs (*Linaria arvensis*), mais on peut citer aussi la Corydale jaune (*Corydalis lutea*), le Groseillier des Alpes (*Ribes alpinum*) ou la Scille à deux feuilles (*Scilla bifolia*).

Faune :

Le cours d'eau est colonisé par la flore typique des ruisseaux du Morvan. Il est habité par le Cincle plongeur, oiseau qui tire sa nourriture des cours d'eau rapides, oxygénés et de bonne qualité biologique.

Espèces déterminantes :

Anarrhinum à feuilles de pâquerette ; Persil de montagne ; Orpin reprise ; Millepertuis à feuilles linéaires ; Silène à bouquets ; Cincle plongeur ; Chabot ; Azuré du serpolet.

Autres espèces :

Laîche puce ; Dorine à feuilles alternes ; Corydale jaune ; Corydale solide ; Œillet des Chartreux ; Linaire des champs ; Groseillier des Alpes ; Scille à deux feuilles ; Séneçon à feuilles d'Adonis.

ZNIEFF n°0028.0004

Annexe 5 : Les fiches ZNIEFF du bassin versant du Ternin

« Etang de Varolles »

Communes : Saint Forgeot

Au nord-ouest d'Autun. C'est un petit étang entouré de prairies. Les ceintures de végétation y sont bien développées.

Caractéristiques de la zone :

- * Superficie : 25 ha
- * Milieu(x) naturel(s) : Etangs
- * Protection existante au titre de la protection de la nature : Aucune
- * Intérêt : Régional
- * Zone : Type 1

Plantes :

L'Utriculaire (*Utricularia australis*) est une plante aquatique très rare de la flore bourguignonne. Cette plante carnivore possède des utricules, petites vésicules sur ses racines flottantes. Lorsque un insecte ou un crustacé touche les poils de celles-ci, elles s'ouvrent et aspirent l'animal à l'intérieur où il sera digéré.

Faune :

De nombreux oiseaux migrateurs profitent de cet étang : c'est le cas par exemple du Milouin, de la Sarcelle d'hiver et même du Tadorne de Belon et du Grand Cormoran. Le Blongios nain est un nidificateur possible de l'étang. Ce petit héron est une espèce menacée. Ses effectifs ont chuté de plus de 50% entre 1974 et 1983, il est inscrit dans la Directive Oiseaux.

Deux espèces de Rainettes fréquentent l'étang : la Rainette méridionale, en limite nordique de répartition et la Rainette verte. Cette dernière espèce fait partie de la faune menacée de France par assèchement des zones humides et sensibilité à la pollution, surtout d'origine agricole. Elle s'inscrit dans la Directive Habitats.

Espèces déterminantes :

Blongios nain, Rainette verte, Rainette méridionale, Utriculaire.

Annexe 5 : Les fiches ZNIEFF du bassin versant du Ternin

« Ternin et Arroux »

Communes : Autun, Saint Forgeot

Au nord de l'agglomération d'Autun, la confluence de l'Arroux et du Ternin se fait dans un vaste zone de prairies inondables.

Caractéristiques de la zone :

- * Superficie : 302 ha
- * Milieu(x) naturel(s) : Complexe alluvial inondable
- * Protection existante au titre de la protection de la nature : Aucune
- * Intérêt : Européen
- * Zone : Type 1

Plantes :

Les prairies de fauches inondables et la végétation aquatique à base de Renoncules flottantes, sont deux groupements végétaux en régression en France, ils sont inscrits dans la Directive Habitats. Ces prairies inondables abritent plusieurs plantes protégées de la flore de Bourgogne :

- Le Trèfle semeur (*Trifolium subterraneum*) ou l'Oenanthe à feuilles de Fenouil (*Oenanthe silaifolia*) dans les prairies
- Le Butome en ombelle (*Butomus umbellatus*) ou la très rare Renoncule à feuilles d'Ophioglosse (*Ranunculus ophioglossum*) en bordure d'eau ou dans les fossés asséchés.

Faune :

Cette zone abrite 60% des espèces bourguignonnes de papillons de jours. Plusieurs espèces en danger sont inscrites dans la Directive Habitats : le Damier des marais (*Euphydryas aurinia*), le Cuivré des marais (*Lycaena dispar*), la Laineuse du Prunellier (*Eriogaster catax*) ou le Sphinx de l'Epilobe (*Prosperpinus prosperpina*). De plus, la vallée de l'Arroux est un couloir migratoire emprunté par de nombreux oiseaux.

Espèces déterminantes :

le Damier des marais (*Euphydryas aurinia*), le Cuivré des marais (*Lycaena dispar*), la Laineuse du Prunellier (*Eriogaster catax*), le Sphinx de l'Epilobe (*Prosperpinus prosperpina*), le Trèfle semeur (*Trifolium subterraneum*), l'Oenanthe à feuilles de Fenouil (*Oenanthe silaifolia*), le Butome en ombelle (*Butomus umbellatus*) ou la très rare Renoncule à feuilles d'Ophioglosse (*Ranunculus ophioglossum*)

Annexe 5 : Les fiches ZNIEFF du bassin versant du Ternin

« Le Morvan Centre-Est »

Communes :

Côte d'Or : Ménessaire, Nièvre : Arleuf, Moux, Planchez, Lavault-de-Fretoy,
Saône-et-Loire : Anost, Chissey-en-Morvan, Cussy-en-Morvan, La Petite-Verrière, Lucenay-
l'Evêque, Sommant.

Cette zone, aux altitudes comprises entre 370 et 800 mètres, est essentiellement boisée avec des prairies bocagères autour d'Anost et de Cussy. Les reliefs arrondis, typiques du Morvan, sont entaillés par de petits ruisseaux. L'Ouest d'Anost appartient au Morvan montagnard tandis que le secteur de Cussy est plus ouvert, avec de nombreux affleurements rocheux, granitiques ou localement calcaires, propices aux landes. L'avenir des espèces et des milieux est lié ici à la gestion de la forêt et à celle des prairies humides.

Caractéristiques de la zone :

- * Superficie : 9 000 ha
- * Milieu(x) naturel(s) : forêts, pelouses et landes calcicoles, bocages, grottes, falaises, sources, cours d'eau
- * Protection existante au titre de la protection de la nature : aucune
- * Intérêt : régionale
- * Zone : Type 2

LA FORET MORVANDELLE...

Une chênaie-hêtraie exploitée en taillis ou taillis sous futaie couvre une bonne partie des reliefs de cette zone. On y observe une grande diversité de groupements végétaux liés à la nature des sols sur des substrats variés : granits, basalte, calcaire. Les forêts de ravins ou les boisements riverains des cours d'eau sont inscrits dans la Directive Habitats parmi les milieux à protéger.

LE BOCAGE ...

Un bocage composé de haies arbustives épineuses (prunellier, aubépine) ou d'autres essences comme le noisetier ou le charme était traditionnellement entretenu par la technique du plessage consistant à tresser des tiges vivantes pour contenir les troupeaux dans les prairies. Les haies forment un maillage qui organise les espaces agricoles où dominent les prairies.

DES PLANTES RARES...

Le bois frais du vallon des Foulrières abrite l'une des trois stations en Côte d'Or de Pavot du Pays de Galles, plante atlantique montagnarde protégée en Bourgogne. Les prairies de fond de vallon voient fleurir le Crépis des marais, une composée, et l'Oenanthe intermédiaire, une ombellifère également protégée au niveau régional.

ZNIEFF n°0028

Annexe 6 : Les valeurs seuils du SEQ-Eau

	Paramètres	Unités d'expression	Classe de Qualité				
			Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très mauvaise
Matières Organiques et Oxydables	Oxygène dissous	mg/l	≥ 8	≥ 6	≥ 4	≥ 3	< 3
	Taux de saturation	%	≥ 90	≥ 70	≥ 50	≥ 30	< 30
	DBO5	mgO2/l	≤ 3	≤ 6	≤ 10	≤ 25	> 25
	Ammonium	mg NH4+/l	$\leq 0,5$	$\leq 1,5$	≤ 4	≤ 8	> 8
Nitrates	Nitrates	mg NO3- /l	≤ 2	≤ 10	≤ 25	≤ 50	> 50
Matières Phosphorées	Phosphates	mg PO4--	$\leq 0,1$	$\leq 0,5$	≤ 1	≤ 2	> 2
	Phosphore total	mg Ptot /l	$\leq 0,05$	$\leq 0,2$	$\leq 0,5$	≤ 1	> 1
Matières Azotées	Ammonium	mg NH4+/l	$\leq 0,1$	$\leq 0,5$	≤ 2	≤ 5	> 5
	Azote Kjeldahl	mg N/l	≤ 1	≤ 2	≤ 4	≤ 10	> 10
	Nitrites	mg NO2--/l	$\leq 0,03$	$\leq 0,1$	$\leq 0,5$	≤ 1	> 1
IBGN	IBGN	/ 20	≥ 17	16 à 13	12 à 9	8 à 5	≤ 4

Annexe 7 : Fiche terrain utilisée pour caractériser la capacité d'accueil et le potentiel de reproduction de la truite fario

Date:	Cours d'eau:				Condition météo/hydro :				
N° segment	S	S	S	S	S	S	S	S	S
N° ouvrage(s)									
Type vallée									
occ sol RD									
occ sol RG									
caractère humide									
Stratif ripi RD									
Stratif ripi RG									
Densité ripi RD									
Densité ripi RG									
Age peuplt RD									
Age peuplt RG									
Ombrage									
Largeur moy									
Largeur moy Qpb									
Prof. Moy									
Vitesse moy									
Faciès dom.									
Faciès second.									
Diversité habitats									
Granulo dom.									
Granulo second.									
SGF									
Colmatage									
Nature berge RD									
Nature berge RG									
Hmoy berge RD									
Hmoy berges RG									
Stabilité "berges"									
Types Abris									
Abondance Abris									
Enc obstacle (loc.)									
Perturbation(s)									
Piétinement									
Type végétation									
Prolifération vég									
Obs/Rq									

Annexe 7 : Abréviation des fiches de terrain

Type de vallée	Gorge pentue p > 25%	GP
	Gorge 10-25%	G
	Montagnard 2-10%	M
	Plateau / Plaine <2%	P

Faciès écoulement	Radier	R
	Plat lotique	PLO
	Plat lentique	PLE
	Mouille	M
	Rapide	RP
	Cascade	CA
	Chute	CH
	Fosse dissipation	FD
	Fosse affouillement	FA

Granulométrie	Rocher	R
	Blocs	B
	Pierres	P
	Galets	GL
	Graviers	GR
	Sables Grossiers	SG
	Sables Fins	SF
	Limons et Argile	LA

Type végétation	Hélophytes	HEL
	Hydrophytes	HYD
	Bryophytes	BRY
	Terrestres	T

Prolif. végétale	absente	ABS
	locale	LOC
	moyenne	MOY
	importante	IMP

Strates ripisylve	absence	ABS
	arbustive	a
	arborescente	A
	les 2	Aa

Occ sol	Boisements feuillus	BF
	Boisements résineux	BR
	Prairies	P
	Cultures (à définir ds obs)	C
	Friches	F
	Zones bâties	ZB
	Jardins	J
	Routes	R

SGF	absente	0
	éparse (patchs isolés <10%)	1
	patchs plus étendus ou plus rapprochés (10-40%)	2
	très importante (>40%)	3

Colmatage	absence	ABS
	local (<10%)	LOC
	moyen (10-30%)	MOY
	important (>30%)	IMP

Type d'abris	Blocs	B
	Sous berges	SB
	Systèmes racinaires	SR
	Encombres	E
	Herbiers	H

Abondance abris	absent	ABS
	local (<1%)	LOC
	moyen (1à 2%)	MOY
	importante (>2%)	IMP

Nature berges	Naturelles	N
	Enrochements	E
	Palplanches	P
	Génie végétale	GV
	Autres	?

Annexe 7 : Abréviation des fiches de terrain (suite)

Densité ripisylve	absente	ABS
	très clairsemée	TC
	claismée	C
	moyenne / discontinue	MOY
	dense / continue	D

Age peuplement	absent	ABS
	jeune	J
	équilibré	EQ
	adulte	A
	vieillissant	V

Ombre	absence (0% linéaire)	ABS
	faible (0-20%)	F
	moyen (20-80%)	MOY
	important (>80%)	IMP

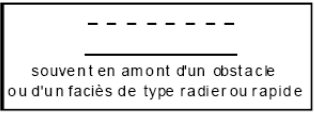
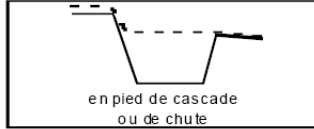
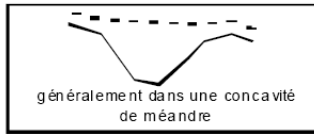
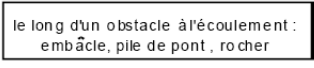
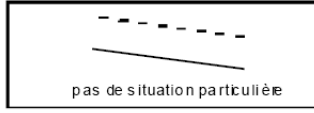
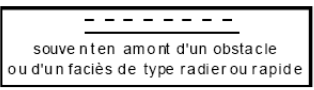
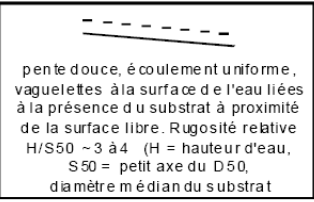
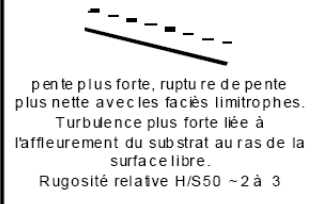
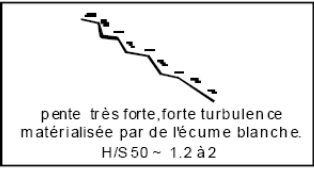
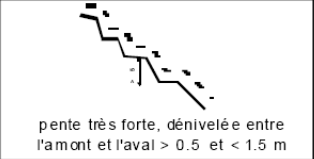
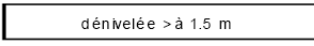
Piétinement	important (>30/100m)	IMP
	moyen (10-30m/100m)	MOY
	local (<10m/100m)	LOC
	absent	ABS

Stabilité berge	Stable (<10% linéaire)	S
	Moyennement stable (10 à 30% linéaire)	MOY
	Instable > 30% linéaire	INS

Type perturbation	Rectification	RECT
	Recalibrage	RECA
	Curage	C
	Incision	I
	Etangs à proximité	E
	Rejet	R
	Prélèvement	P
	Déviations d'1 partie du Q	D

Diversité habitats	rien	0
	1 stade du cycle	1
	2 stades du cycle	2
	3 stades du cycle	3

Annexe 8 : Clé de détermination des principaux faciès d'écoulements des cours (J.R. MALAVOI, Y. SOUCHON, 2002)

PROFONDEUR	VITESSE	PROFIL EN TRAVERS	PROFIL EN LONG	FACIES
> 60 cm	< 30 cm/s	symétrique	 souvent en amont d'un obstacle ou d'un faciès de type radier ou rapide	CHENAL LENTIQUE
		asymétrique	 en pied de cascade ou de chute	FOSSE DE DISSIPATION
	> 30 cm/s	symétrique	 généralement dans une concavité de méandre	MOUILLE DE CONCAVITE
		asymétrique	 le long d'un obstacle à l'écoulement : embâcle, pile de pont, rocher	FOSSE D'AFFOUILLEMENT
< 60 cm	< 30 cm/s	symétrique	 pas de situation particulière	CHENAL LOTIQUE
	< 30 cm/s	symétrique	 souvent en amont d'un obstacle ou d'un faciès de type radier ou rapide	PLAT LENTIQUE
	< 30 cm/s	symétrique	 pente douce, écoulement uniforme, vaguelettes à la surface de l'eau liées à la présence du substrat à proximité de la surface libre. Rugosité relative $H/S50 \sim 3 \text{ à } 4$ (H = hauteur d'eau, S50 = petit axe du D50, diamètre médian du substrat)	PLAT COURANT
	< 30 cm/s	symétrique	 pente plus forte, rupture de pente plus nette avec les faciès limitrophes. Turbulence plus forte liée à l'affleurement du substrat au ras de la surface libre. Rugosité relative $H/S50 \sim 2 \text{ à } 3$	RADIER
	> 30 cm/s	symétrique	 pente très forte, forte turbulence matérialisée par de l'écume blanche. $H/S50 \sim 1.2 \text{ à } 2$	RAPIDE
	> 30 cm/s	symétrique	 pente très forte, dénivelée entre l'amont et l'aval > 0.5 et < 1.5 m	CASCADE
			 dénivelée > à 1.5 m	CHUTE

Annexe 9 : Fiche terrain utilisée pour caractériser les obstacles ponctuels à la migration piscicole

Date		Cours d'eau		condition hydrologique	étiage	moy eaux	htes eaux
n° Ouvrage				condition météo	ensoleillé	couvert	pluvieux
Segment correspondant							

Prendre une photo + localiser

Type			
Usage			
Utilisation	en service	désaffecté	
Matériaux constitutifs			
Etat général	Bon	Moyen	Mauvais
Hauteur de chute / Dénivellé			
Forme de la chute			
Hauteurs d'eau observées au niveau de l'ouvrage	amont	sur ou dans	aval
Hauteur d'eau des hautes eaux			
Fosse d'appel	Profondeur		Longueur

Caractéristiques physiques	
Longueur	
Largeur / Diamètre	
Largeur cours d'eau à l'étiage	
Dimensionnement	Bon Mauvais

Pente de l'ouvrage		
Vitesse dans ou sur ouvrage		
Ecoulement dans ouvrage	Laminaire	Turbulent
Présence transition luminosité (amont et aval)	amont	aval

Présence aménagements connexes	
--------------------------------	--

Remarques (occ. du sol, encombres, impact sur écoulement, érosion, colmatage...) :

Degré de franchissabilité

Schéma

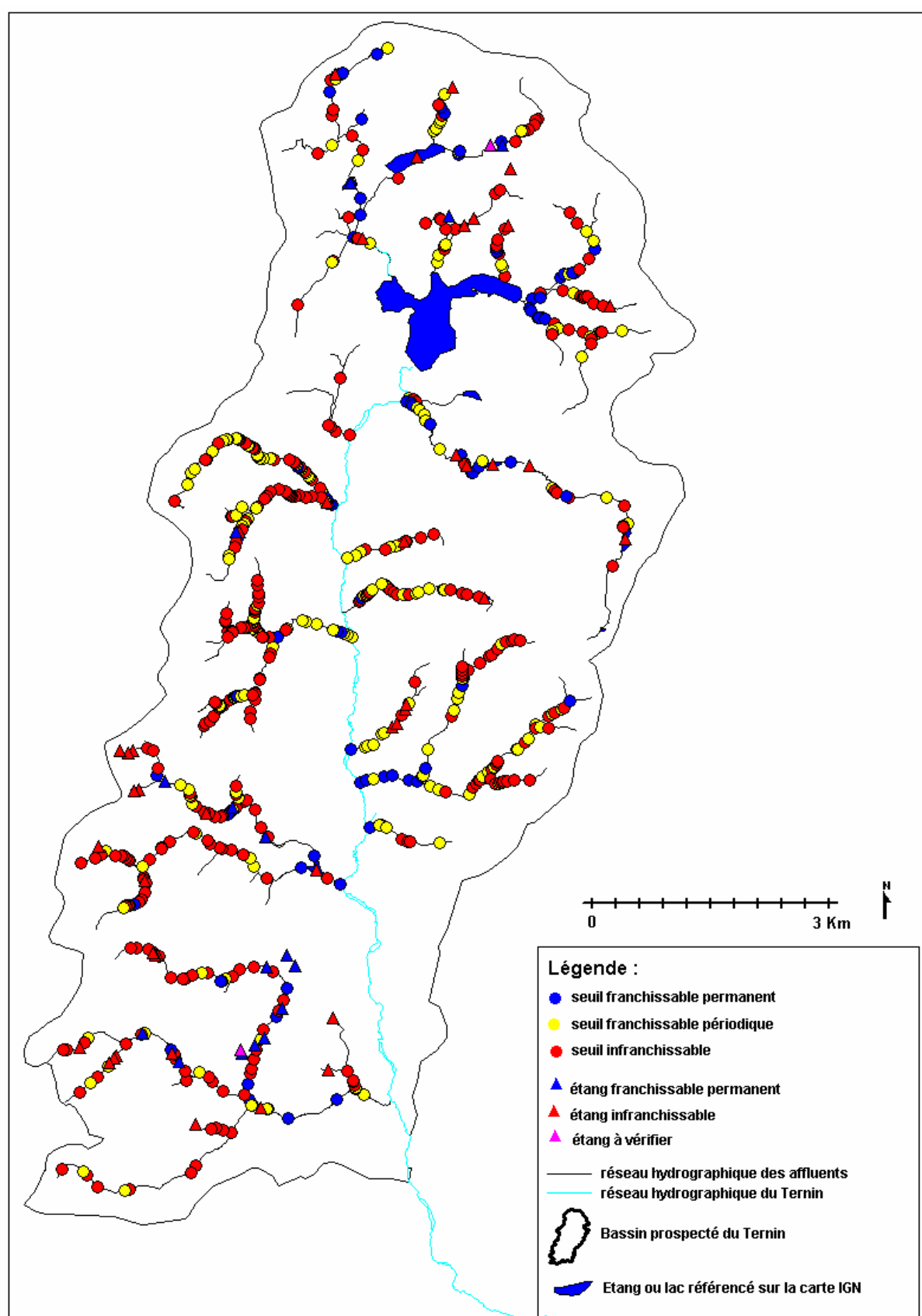
Annexe 10 : Fiche terrain utilisée pour caractériser les étangs

Date		Système d'alimentaion		
n° étang		Système de restitution		
Nom		Nature du système vidange		
Cours d'eau		Présence d'une dérivation		
Etat général		Vitesse de courant à exutoire		
		Hauteurs des digues		
Usage		Etat de conservation de digues		
		Distance (émissaire-source)		
Propriétaire / Gestionnaire		Remarques (faunes, développement végétation, habitats, colmatage)		

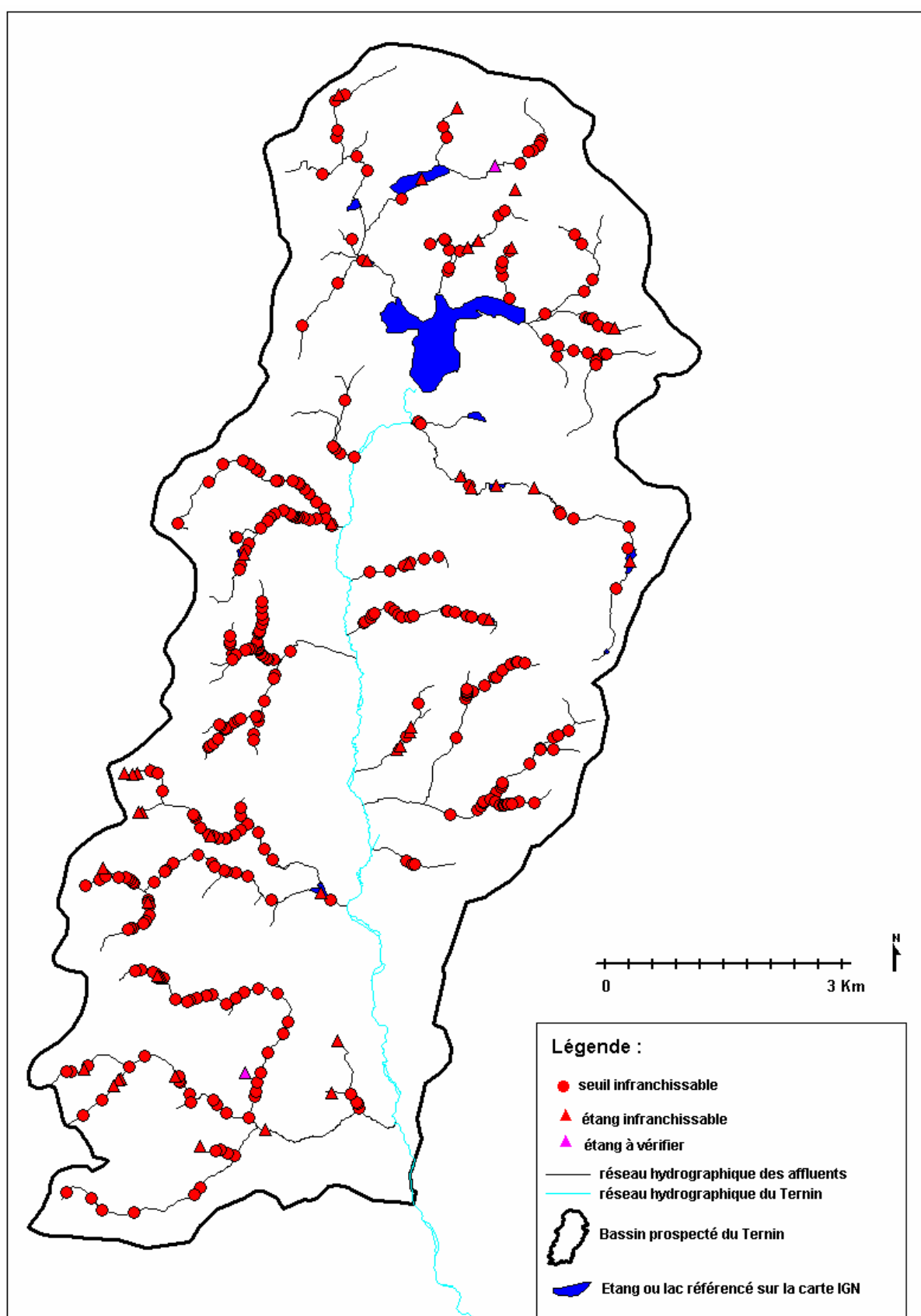
Photo, localisation et schéma

Annexe 11 : Abaque des tarifs pour l'aménagement des obstacles

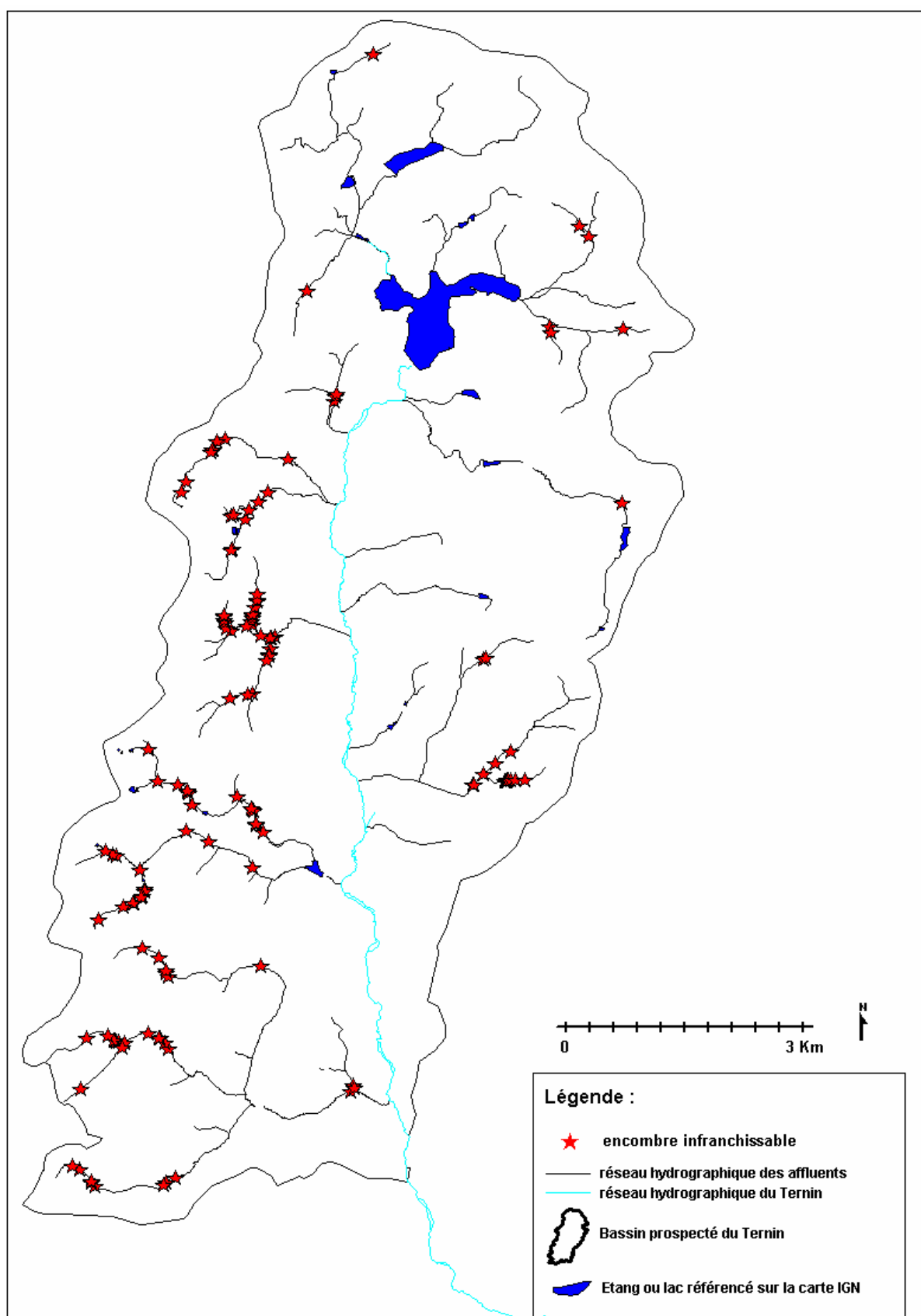
Annexe 12 : Carte de l'ensemble des obstacles recensés (seuils et étangs) sur les affluents prospectés du Ternin



Annexe 13 : Carte des obstacles (seuils et étangs) infranchissables sur les affluents prospectés du Ternin



**Annexe 14 : Carte des encombres infranchissables sur les affluents prospectés
du Ternin**



Annexe 15 : Carte de la hiérarchisation des bassins versants prospectés

