



Direction Régionale de l'Environnement
FRANCHE-COMTÉ



DESS IHCE



Jean-René MALAVOI - ingénieur conseil
GEODYNAMIQUE FLUVIALE
HYDRAULIQUE - HYDROLOGIE- HYDROECOLOGIE

Cartographie des espaces de mobilité des rivières de Franche-Comté, valorisation et communication du concept en France et en Europe

Rapport Technique



Nicolas DUBAU

Mémoire présenté dans le cadre de la formation de DESS IHCE,
Promotion 2004/2005

Encadré par Luc TERRAZ, DIREN Franche-Comté

Octobre 2005

Réalisation :Nicolas DUBAU

**Dans le cadre du DESS Ingénierie des Hydrosystèmes Continentaux en
Europe (IHCE),**

Université François Rabelais de Tours

Promotion 2004/2005

**Organisme d'accueil : Direction Régionale de l'Environnement (DIREN) de
Franche-Comté,**

Service des Milieux Naturels Aquatiques et Terrestres (SMNAT)

**Maître de stage : Luc Terraz, responsable du projet Natura 2000 et de la
thématique géomorphologie fluviale / dynamique alluviale.**

Octobre 2005

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier :

- ❖ Tout le personnel de la DIREN Franche-Comté, en particulier:
 - André Bachoc, le directeur, pour m'avoir accueilli au sein de la DIREN
 - Olivier Fauriel, le chef du SMNAT, pour son accueil au sein du service,
 - Luc Terraz, maître de stage et responsable du projet Natura 2000 et de la thématique géomorphologie fluviale / dynamique alluviale, pour son encadrement, sa disponibilité malgré un emploi du temps bien rempli, et surtout sa passion très communicative pour son domaine d'activité , notamment la géomorphologie fluviale,
 - Ainsi que Béatrice Fernane, pour son aide et ses conseils sur MapInfo, et Alain Moustache, pour l'édition des plans cartographiques
- ❖ Jean-René Malavoi, ingénieur conseil , pour sa disponibilité, ses conseils tout au long du stage et sa curiosité scientifique,
- ❖ Heri Andriamahefa, de l'Agence de l'eau Seine Normandie et Professeurs Associés à la Faculté des Sciences et Techniques de Tours , pour son aide précieuse durant tout le stage dans différents domaines, notamment pour les questions informatiques et relatives au traitement des données,
- ❖ Christian Roulier, du Service Conseil Zones Alluviales, pour les informations sur la Suisse,
- ❖ Edith Wenger, de l'Institut des Plaines alluviales de Rastatt, pour les informations sur l'Allemagne et l'Europe,
- ❖ Ainsi que toutes les personnes que j'ai eu l'occasion de contacter (Ecopôle du Forez, ObervaLoire de Digoin, Petite Camargue Alsacienne, CEPA,...) et celles qui m'ont aidé d'une façon ou d'une autre.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS.....	3
SOMMAIRE	4
RESUME	6
ABSTRACT	6
INTRODUCTION.....	7
PRESENTATION ET ORGANISATION DU STAGE.....	9
I Etablissement d'accueil : la DIREN Franche-Comté	9
A. Historique	9
B. Organisation de la DIREN Franche-Comté.....	9
II Objectif et Contenu du stage.....	11
A. Objectifs.....	11
B. Présentation, déroulement.....	12
LA TYPOLOGIE GEODYNAMIQUE DES COURS D'EAU DE FRANCHE-COMTE	14
I Fondements de l'étude.....	14
A. Définition de la mobilité des rivières	14
B. Le concept d'espace de liberté : définition et rappels réglementaires (SDAGE, Arrêté 2001, Loi risque 2003)	16
1. L'espace de mobilité au sens du SDAGE du Bassin Rhône-Méditerranée-Corse.....	17
2. L'espace de mobilité au sens de l'arrêté Ministériel du 24 Janvier 2001.....	17
3. L'espace de mobilité au sens de la Loi « Risques » du 30 Juillet 2003 (décret d'application n°2005-157 du 23 février 2005).....	18
II Méthodologie de travail	21
A. Les rivières étudiées.....	22
B. La démarche technique typologique	25
1. Eléments théoriques	25
a. Estimation de l'activité géodynamique (BE Malavoi)	25
b. Détermination de tronçons homogènes (Lecarpentier, 2004).....	31
c. Détermination d'indices géodynamiques	38
d. Elaboration de la typologie régionale.....	46
2. Approche pratique.....	47
a. Renseignement de la BD.....	48
b. Calage de la typologie :	52
C. La démarche technique cartographique.....	53
1. Eléments théoriques	55
a. Au titre du SDAGE RMC (guide tech n°2)	55
b. Au titre de l'arrêté 2001	57
III Résultats	59
A. Traitement des données	59
1. Données générales sur la région Franche-Comté	59
2. Phénomènes hydrogéomorphologiques globaux	62
B. Calage de la typologie	67
C. Analyse des essais "méthode du score "	75
D. Typologie régionale.....	77
E. Cartographie des espaces de mobilité.....	82
1. La cartographie des zones intéressantes.....	82
2. La cartographie des tronçons définis dans la typologie régionale	85
VALORISATION ET COMMUNICATION DU CONCEPT	86
I Recherches d'informations et d'expériences.....	87

A.	Application de l'espace de liberté : démarche et argumentaire	87
1.	En France, le concept d'espace de mobilité des cours d'eau est en plein essor.	87
2.	A l'étranger.....	90
II	Le projet pilote de réaménagement hydroécologique de la confluence Doubs / Loue	96
A.	Contexte actuel.....	98
B.	Résultats des recherches bibliographiques	100
1.	sur le plan technique	100
a.	Tout d'abord en France	100
b.	A l'étranger.....	101
2.	sur le plan de la communication et de la valorisation de site :	105
C.	Préparation et visite de terrain	107
1.	Exemples de sites intéressants.....	107
a.	- sur le plan technique :	107
b.	- sur le plan de la valorisation :	108
2.	choix du site	108
3.	Présentation du site	108
4.	Organisation.....	109
D.	Dossier de communication	109
	CONCLUSION.....	110
	BIBLIOGRAPHIE.....	112
	GLOSSAIRE.....	114
	TABLE DES ILLUSTRATIONS	115
	TABLE DES ABREVIATIONS.....	118
	ANNEXES.....	119

RESUME

Ce stage de DESS d'une durée de cinq mois s'est déroulé au sein de la DIREN de Franche-Comté. Les objectifs étaient les suivants :

- élaborer une typologie géodynamique régionale puis cartographier un espace de mobilité sur les tronçons de cours d'eau les plus mobiles,
- élaborer un document de communication et organiser une visite de terrain avec les acteurs locaux dans le cadre du projet de reconquête de la confluence Doubs-Loue.

Suite à la constitution d'une base de données géodynamiques, base à une typologie, le traitement statistique a été effectué afin d'identifier les variables ou combinaisons de variables explicatives des taux d'érosion et de classer les potentialités d'activité. A l'heure actuelle, la typologie n'a pu être finalisée. Malgré tout, des résultats encourageants ont été obtenus, en particulier dans le sens d'une relation, simple ou combinée, puissance / taux d'érosion.

Dans le cadre du projet de restauration d'un espace de mobilité fonctionnel sur la confluence Doubs-Loue, une étape de communication et de sensibilisation est lancée afin d'apporter des exemples de réalisations techniques et pédagogiques, de démontrer et de faire prendre conscience de l'intérêt de ce projet. Ainsi, un document de communication synthétique a été rédigé et distribué aux acteurs locaux de la confluence lors d'une visite de terrain réalisée sur le site de la Petite Camargue Alsacienne, au cœur de la plaine du Rhin, le samedi 01 octobre 2005. Le débat est maintenant engagé dans l'optique de suites positives à ce projet ambitieux.

ABSTRACT

This training course of one five months duration proceeded within the DIREN of Franche-Comté. The objectives were as follows:

- to work out a regional geodynamic typology then to chart a space of mobility on the sections of most mobile rivers,
- to prepare a document of communication and to organize a visit of ground with the local actors within the framework of the project of reconquest of the junction Doubs-Loue.

Following the constitution of a geodynamic data base, base to a typology, the statistical processing was carried out in order to identify the variables or combinations of explanatory variables of the rates of erosion and to classify the potentialities of activity. At present, typology could not be finalized. Despite everything, encouraging results were obtained, in particular in the direction of a relation, simple or combined, power/rate of erosion.

Within the framework of the project of restoration of a functional space of mobility on the junction Doubs-Loue, a stage of communication and of sensitizing is launched in order to bring examples of technical and teaching achievements, to show and make become aware of the interest of the realization of this project. Thus, a synthetic document of communication was compiled and distributed to the local actors of the junction at the time of a visit of ground carried out over the site of the Petite Camargue Alsacienne, in the heart of the plain of the Rhine, saturdays October 01, 2005. The debate is now engaged in the optics of positive continuations to this ambitious project.

INTRODUCTION

La dynamique alluviale est une thématique de plus en plus étudiée et prise en compte en matière de gestion des hydrosystèmes continentaux. De nombreux travaux dans ce domaine ont abouti à la mise en évidence de l'importance de la divagation des cours d'eau. En effet, beaucoup d'hydrosystèmes lotiques ont été aménagés, rectifiés ou canalisés, perdant ainsi toute leur mobilité par fixation dans l'espace et une grande partie de leurs fonctionnalités écologiques. Malgré tout, il a été démontré que nombre de cours d'eau aménagés ont gardés tout de même un potentiel important de mobilité latérale.

En 1990, lors des Assises de l'Eau, et suite aux travaux du groupe de travail pluridisciplinaire PIREN, face à la réalité des menaces pesant sur les rivières, et les conséquences visibles des aménagements, les éléments du concept d'espace de liberté ont été présentés.

Dans la Loi sur l'Eau de 1992, ces éléments ont été en partie repris. Dans les années 1995-96 ce concept a été intégré aux SDAGE sous le nom « d'espace de mobilité », politiquement et socialement plus correct (le bassin Rhône Méditerranéenne Corse a été un bassin précurseur en la matière).

Ce concept de gestion géodynamique des cours d'eau va dans le sens de redonner de l'espace aux cours d'eau afin qu'ils puissent assurer les translations latérales nécessaires au rétablissement de leur équilibre dynamique sédimentaire. En 1998, ce concept d'espace de liberté a été décrit et sa méthode de délimitation détaillée dans le Guide Technique RMC n°2.

Depuis, ce concept est de plus en plus pris en compte et a été intégré dans les différents SDAGE du territoire français.

Il peut maintenant, en plus des SDAGE, s'appuyer sur deux autres textes dits législatifs l'intégrant : l'arrêté ministériel 2001 relatif aux exploitations d'extraction de granulats et la Loi « Risques » de 2003.

Ce travail de fin d'études, validant la formation universitaire de DESS Ingénierie des Hydrosystèmes Continentaux en Europe et réalisé au sein du Service des Milieux Naturels Aquatiques et Terrestres de la Direction Régionale de l'Environnement de Franche-Comté est basé sur ce concept.. Le sujet abordé est le concept d'espace de mobilité et sa cartographie : méthodes, applications et fonctionnalité.

Le travail, en collaboration avec le Bureau d'études Malavoi, consiste à une approche régionale du concept d'espace de mobilité au travers de l'élaboration d'une typologie géodynamique régionale des cours d'eau de la région. Sur la base de cette typologie, un

espace de mobilité sera cartographié sur les tronçons justifiant de sa pertinence. Ceci a constitué la partie la plus importante du stage.

En parallèle, les aspects "communication et valorisation" concernant l'application de ce concept de gestion sont appréhendés. En effet, un travail de communication et de valorisation est mené dans le cadre du projet de reconquête de la confluence Doubs-Loue, application directe de ce concept en vue de la restauration d'un espace de divagation fonctionnel sur le site.

PRESENTATION ET ORGANISATION DU STAGE

I Etablissement d'accueil : la DIREN Franche-Comté

Le stage s'est déroulé au sein du Service des Milieux Naturels Aquatiques et Terrestres (SMNAT) de la Direction Régionale de l'Environnement (DIREN) Franche-Comté.

La structure est basée à Besançon (25).

La DIREN est un service déconcentré de l'Etat. C'est le "bras armé" du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable à l'échelon local. Elle a des compétences régionales et départementales, et a pour objectif l'application des politiques environnementales dans la région.

Les DIREN ont pour mission de contribuer à la connaissance, à la gestion et à la valorisation de l'environnement en région.



A. Historique

Créées par le décret du 4 novembre 1991, les DIREN sont constituées par fusion des services régionaux d'aménagement des eaux (SRAE), des délégations régionales à l'architecture et à l'environnement (DRAE), avec dans les six régions de bassins, les délégations de bassin, et pour partie, les services hydrologiques centralisateurs (SHC). Le décret du 12 janvier 1994 crée les DIREN dans les 4 régions départements d'Outre-Mer.

B. Organisation de la DIREN Franche-Comté

Outre la direction, assurée par le directeur est Monsieur André BACHOC, la DIREN est organisée en 4 services de la façon suivante :

- ❖ le Secrétariat Général (SG), ayant en charge les questions relatives :
 - à l'administration de données,
 - au développement et à la gestion des systèmes d'information,
 - à la documentation,
 - à la comptabilité,
 - à la logistique et au fonctionnement général

❖ le Service des Risques Naturels et de l'Eau (SeauRN), ayant en charge :

- les démarches relatives au risque d'inondation,
- l'hydrologie, l'hydrométrie, l'hydraulique, l'hydrogéologie,
- la qualité de l'eau (physico-chimie et hydrobiologie), et le pilotage régional de la politique de l'eau (avec notamment la mise en œuvre de la DCE)

❖ le Service des Milieux Naturels Aquatiques et Terrestres (SMNAT), ayant en charge les questions relatives :

- à la connaissance de la Nature (ZNIEFF, zones humides...)
- à la protection de la nature (Réserves Naturelles, APB, convention CITES...)
- aux démarches contractuelles de préservation et de gestion des milieux naturels (notamment avec le réseau NATURA 2000, les Parcs Naturels Régionaux, le Pôle National Zones Humides et Tourbières).

❖ le Service des Paysages, du Développement durable et de l'Evaluation environnementale (SDDEEP), ayant en charge les questions relatives :

- aux Paysages (classement de sites, autorisations de travaux...),
- au Développement durable des territoires (chartes pour l'environnement, agenda 21, PNR, CPER...),
- à l'Evaluation environnementale (Profil Environnemental Régional, avis sur les ICPE...)
- au programme d'aménagement du territoire entre Saône et Rhin...

II Objectifs et Contenu du stage

A. Objectifs

L'objectif général du stage est de réaliser une typologie géodynamique et une cartographie des espaces de mobilité des rivières de Franche-Comté. Cette cartographie devra être conçue pour intégrer le système d'information géographique de la DIREN. Cet objectif s'appuie sur les textes légaux, notamment la loi du 30 juillet 2003 permettant la mise en place d'espaces de mobilité, sur le SDAGE RMC qui décrit les espaces de liberté des rivières et sur l'arrêté ministériel du 24 janvier 2001 interdisant les extractions de granulats dans les zones de mobilité des cours d'eau. L'aire géographique concernée est l'ensemble des cours d'eau de la région de plus de 15 km.

L'étude s'insère dans une réflexion régionale sur la caractérisation des corridors alluviaux et l'élaboration d'un réseau écologique régional dont les cours d'eau représentent la charpente essentielle.

Dans un premier temps, la classification des degrés de mobilité potentielle des tronçons de cours d'eau se fera à partir d'indicateurs géodynamiques simples (puissance, pente...). Dans un second temps, seront pris en compte les contraintes anthropiques à la mobilité des cours d'eau pour définir les espaces possibles pour leur libre divagation dans le respect des textes réglementaires en vigueur (SDAGE Rhône-Méditerranée- Corse, arrêté de 2001 sur les extractions en lit majeur, loi Risques de 2003).

La finalité de l'étude est une cartographie régionale des tronçons de cours d'eau aux potentiels de mobilité intéressants pour en déduire les nécessités de préservation ou les priorités d'interventions.

L'autre objectif est l'automatisation de la méthode afin de pouvoir la reproduire dans d'autres régions et arriver à une typologie au niveau national permettant une homogénéisation des prises de décision.

Cette étude pilote lancée par la DIREN Franche-Comté, fait appel à différents partenaires :

- la DIREN Franche-comté, commanditaire de l'étude, représentée par Olivier Fauriel, chef du service des milieux naturels aquatiques et terrestres, et Luc Terraz, responsable du projet Natura 2000 et de la thématique géomorphologie fluviale / dynamique alluviale .

- le Bureau d'études JR Malavoi, ingénieur conseil, prestataire de l'étude, chargé d'établir la typologie régionale en étroite relation avec la DIREN, et avec la participation de Héri Andriamahefa, chargé d'études en milieux naturels à l'Agence de l'Eau Seine-Normandie, qui

participe à la réflexion sur cette étude mais aussi et surtout au développement de l'aspect automatisé des données.

B. Présentation, déroulement

Le travail combine des phases de recherche, d'expertise et de manipulation des outils informatiques. C'est un travail qui s'articule en trois phases successives :

-une typologie globale des cours d'eau de la région selon leur degré d'activité géodynamique à partir de critères simples et selon une classification en trois catégories : rivières non actives, rivières moyennement actives ou potentiellement moyennement actives et rivières potentiellement actives. Cette typologie permettra d'identifier les cours sur lesquels il est pertinent d'appliquer les textes réglementaires actuels concernant la mobilité des cours d'eau. Ce travail a été largement engagé en 2004. Il sera poursuivi et terminé en collaboration étroite avec le bureau d'étude JR Malavoi et le professeur Andriamahefa,

-le tracé sur les orthophotos géoréférencées des espaces de mobilité des tronçons de rivières potentiellement actives, moyennement ou potentiellement moyennement actives (cartographie restituée sur le SIG de la DIREN en format Mapinfo). Il s'appuiera également sur l'analyse des conditions hydrologiques, hydrauliques et géomorphologiques des tronçons étudiés afin d'analyser les continuités et discontinuités écologiques existantes, les conditions de leur mise en place et les potentialités de restauration. Des visites de terrain seront nécessaires pour affiner les expertises et la cartographie,

-Enfin, le travail escompté consiste, sur la base de la cartographie, à ébaucher le synopsis d'un document de communication pour sensibiliser l'ensemble des acteurs locaux à la prise en compte des espaces de mobilité dans les projets d'aménagements. Ce travail préparatoire devra s'appuyer sur une recherche des expériences similaires existant dans les pays de l'Union Européenne, des contacts avec les chefs de projets dans les pays ayant mené à bien ces aménagements novateurs et une synthèse scientifique. Cela pourra éventuellement se traduire par des visites de sites.

Cette recherche s'effectuera également dans le sens de la valorisation des expériences réalisées (documents de communication, maisons d'accueil, animations) basées sur le concept de mobilité fluviale et le développement local engendré par ces projets de restauration ou de gestion de la dynamique alluviale.

Cette analyse devra se traduire par des propositions concrètes adaptées au contexte franc-comtois et en particulier à des secteurs à forts enjeux comme celui de la confluence Doubs-Loue.

LA TYPOLOGIE GEODYNAMIQUE DES COURS D'EAU DE FRANCHE-COMTE

I Fondements de l'étude

L'objectif principal de l'étude est une cartographie régionale des tronçons de cours d'eau mobiles ou aux potentiels de mobilité intéressants pour en sortir les nécessités de préservation ou les priorités d'interventions.

Mais l'étude est plus ambitieuse et intègre un autre objectif qui est l'automatisation de la méthode afin de pouvoir la reproduire dans d'autres régions et arriver à une typologie au niveau national permettant une homogénéisation des prises de décision.

A. Définition de la mobilité des rivières

Le fonctionnement naturel des rivières signifie la tendance à établir un équilibre dynamique entre leurs variables de contrôle (débits solide et liquide) et leurs variables de réponses. Le *débit solide* est la charge sédimentaire à transporter par le système, alors que le *débit liquide* symbolise l'énergie produite par le cours d'eau. L'énergie est alors la variable capable d'évacuer la charge sédimentaire du système (Guide technique n°2 Bassin Rhône-Méditerranée-Corse). Les variables de réponses sont les ajustements de la rivière aux fluctuations des débits liquides et solides. Elles se traduisent par une mobilité latérale et verticale du cours d'eau pour retrouver un état d'équilibre dynamique (modification de la géométrie en plan et en long du lit). Cette mobilité permet d'éviter des dysfonctionnements hydrauliques et sédimentologiques majeurs (processus aggravés d'érosion ou de sédimentation) du cours d'eau entraînant un déséquilibre à plus ou moins long terme :

- enfoncement du lit mineur,
- déstabilisation d'ouvrages d'art,
- assèchement de zones humides,
- déconnexion des systèmes alluviaux annexes,
- perte d'espèces remarquables de la faune et de la flore,
- diminution des capacités de soutien naturel des débits d'étiage par les zones humides et la nappe,
- diminution des capacités autoépuratoires de la rivière et de ses systèmes annexes.



Figure n°1 : Méandre de l'Aubonne (Suisse) avec sédimentation en rive convexe et érosion en rive concave (Dubau, 2005)

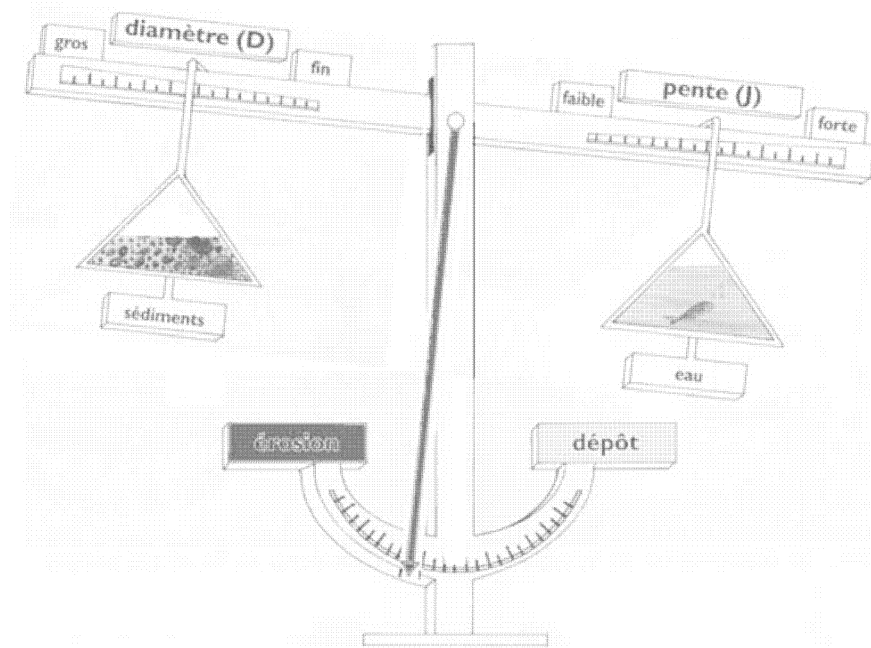


Figure n°2 : Équilibre dynamique selon Lanes (1955)

D'après la représentation schématique de l'équilibre dynamique selon Lanes (Figure2), lorsque la balance oscille en faveur d'une des variables de contrôle, il y a alors apparition d'un dysfonctionnement plus ou moins grave selon l'importance de l'oscillation. Le déséquilibre de la balance en faveur de la variable de contrôle *débit liquide* entraîne l'apparition d'une érosion. Cette érosion est matérialisée par le fait que la rivière possède plus d'énergie à évacuer que de sédiment à transporter. Dans ce cas, l'ajustement de la rivière s'effectuera par érosion des berges ou du fond du lit afin d'assurer une recharge alluvionnaire permettant un retour à un état d'équilibre. Cependant, les ajustements de la rivière se font à plus ou moins long terme selon la cohésion des alluvions et les possibilités de réajustement de la rivière (enrochement, endiguement...).

L'importance de l'oscillation est primordiale afin de qualifier le déséquilibre :

- une oscillation régulière de la balance montre un état d'équilibre dynamique du cours d'eau,
- s'il y a permanence d'une tendance à l'érosion ou à la sédimentation, le cours d'eau présente un déséquilibre dynamique,
- s'il y a blocage de la balance d'un côté ou de l'autre, le déséquilibre est total (Guide technique n°2 Bassin Rhône-Méditerranée-Corse).



**Figure n°3 : Flèche d'érosion en rive concave sur l'Aubonne (Suisse)
(Dubau, 2005)**

L'espace de mobilité à préserver au cours d'eau joue un rôle :

- de moteur de la dynamique écologique garantissant une richesse et une diversité des milieux naturels par la création et la restructuration des habitats (diversification des faciès d'écoulement) et la mise en place de nouveaux peuplements (végétaux et animaux),
- de maintien du bon fonctionnement des zones humides, par création et reconnexion d'annexes hydrauliques,
- d'auto-épuration, par filtration naturelle des polluants,
- de maintien de la structure paysagère, par la préservation d'une structure en mosaïque,
- d'effet tampon sur les crues, par la préservation de zones inondables.

La préservation d'un espace de mobilité au cours d'eau, apparue dans les années 1990, est une mesure de gestion nécessaire pour maintenir le potentiel d'ajustement en plan et en long du cours d'eau et assurer sa recharge sédimentaire. Cette mesure permettra le fonctionnement naturel du cours d'eau garantissant à long terme, et de façon optimale, le maximum d'usages sur la rivière et dans son lit majeur : préservation du patrimoine naturel, garantie des usages dans le lit mineur et sur ses rives (pêche, chasse, promenade, observation naturaliste...), garantie des usages dans le lit majeur (alimentation en eau potable, agriculture, loisirs...).

B. Le concept d'espace de liberté : définition et rappels réglementaires (SDAGE, Arrêté 2001, Loi risque 2003)

(Sources : Malavoi, 2004)

Actuellement, les termes d'« espace de mobilité », d'« espace de liberté », de « fuseau de divagation » sont utilisés dans divers textes ayant une portée réglementaire plus ou moins contraignante. Trois types de textes sont concernés, du plus ancien au plus récent (correspondant aussi à un classement du moins au plus contraignant) :

- Les SDAGE* de la plupart des bassins (RMC, Rhin-Meuse, Loire-Bretagne, Seine Normandie)
- L'arrêté ministériel du 24 janvier 2001 sur les gravières
- La Loi du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques et naturels.

Il apparaît que les concepts recouvrant ces termes de « mobilité », « liberté » ou « divagation » sont sensiblement différents selon les textes. L'enveloppe finale d'espace de « mobilité » peut donc varier suivant le concept choisi et l'application réglementaire que l'on souhaite en faire.

1. *L'espace de mobilité au sens du SDAGE du Bassin Rhône-Méditerranée-Corse*

Le SDAGE définit l'espace de liberté de la façon suivante :

▪ « *espace du lit majeur à l'intérieur duquel le ou les chenaux fluviaux assurent des translations latérales pour permettre une mobilisation des sédiments ainsi que le fonctionnement optimum des écosystèmes aquatiques et terrestres.* » (SDAGE RMC, Volume 1, Mesures opérationnelles générales, § 3.1.3.1., p53).

▪ Il complète cette définition par la préconisation suivante en matière d'études d'impact, de documents d'incidence, d'autorisations relatives aux travaux en rivière : « *l'objectif prioritaire est la préservation, voire la restructuration de l'espace de liberté des rivières et de sa dynamique. La définition de cet espace de liberté passera le plus souvent par une étude au cas par cas tenant compte des enjeux socio-économiques* ». (SDAGE RMC, Volume 1, Mesures opérationnelles générales, § 3.1.3.1., p53).

Il indique enfin que « *la reconnaissance et la cartographie [de l'espace de liberté] doivent devenir un impératif sur toutes les rivières à lit mobile du bassin* ».

Dans ce texte, l'espace de liberté est donc clairement défini comme un concept de gestion. C'est, au sein d'un espace de mobilité potentielle plus ou moins vaste selon l'histoire géologique de la vallée, **l'espace minimal à laisser au cours d'eau pour qu'il puisse assurer son équilibre géodynamique et écologique**. La préservation de la capacité de recharge alluviale par les processus d'érosion des berges nous semble d'ailleurs l'un des enjeux les plus importants de ce concept, dans le cadre d'une politique de gestion durable des cours d'eau à dynamique active. Ce concept se rapproche donc d'une notion d'« espace réservé » ou « espace dédié » à la dynamique fluviale de la rivière. La démarche technique de cartographie de cet espace est alors guidée par la question : *quel doit être l'espace du fond de vallée à « laisser à la rivière » pour que celle-ci puisse assurer ses fonctions (hydrauliques, écologiques, etc..) sans remettre en cause les usages socio-économiques majeurs existant dans la plaine alluviale ?*

2. *L'espace de mobilité au sens de l'arrêté Ministériel du 24 Janvier 2001*

Cet arrêté modifie l'arrêté du 22 septembre 1994 sur les carrières et est applicable à compter du 14/08/2001. Il vise à restreindre l'implantation d'exploitations de granulats dans le lit

majeur des cours d'eau par une interdiction d'exploiter dans « l'espace de mobilité » des cours d'eau.

- « *Les exploitations de carrières de granulats sont interdites dans l'espace de mobilité du cours d'eau* ». (Art II , alinéa 1).
- « *L'espace de mobilité du cours d'eau est défini comme l'espace du lit majeur à l'intérieur duquel le lit mineur peut se déplacer* » (Art II , alinéa 2).

Ce second concept semble donc relever plutôt de la notion d'aléa ou de risque et plus particulièrement de «risque de capture», étant admis que la capture d'un cours d'eau par une gravière peut avoir des effets hydrauliques et géodynamiques très négatifs (changement brutal de tracé (avulsion), érosion régressive et progressive, etc.) (*Malavoi, Bravard, 2000*).

La démarche technique de cartographie de cet espace est alors guidée par la question : *quel est l'espace de la plaine alluviale où l'aléa d'érosion/avulsion (changement brutal de tracé) existe et où toute nouvelle extraction pourrait générer des risques de capture ?* Cet espace « à risques », qui va au delà d'une simple enveloppe de gestion, peut être beaucoup plus vaste que celui défini dans le cadre du concept « SDAGE ».

Il pourrait donc être envisagé, dans le cas où un maître d'ouvrage souhaiterait appliquer les deux concepts et les deux approches réglementaires, de définir un espace de mobilité au sens du SDAGE (espace minimal à laisser au cours d'eau) et d'y rajouter, si besoin, un « complément » d'espace de mobilité au sens de l'arrêté de 2001 (zone d'aléa érosion/avulsion).

3. *L'espace de mobilité au sens de la Loi « Risques » du 30 Juillet 2003 (décret d'application n°2005-157 du 23 février 2005)*

La nouvelle Loi s'appuie sur le concept de mobilité naturelle d'un cours d'eau pour instaurer un système de « servitudes d'utilité publique ». (Art. L. 211-12 du Code de l'Environnement.)

- « I. - *Des servitudes d'utilité publique peuvent être instituées à la demande de l'Etat, des collectivités territoriales ou de leurs groupements sur des terrains riverains d'un cours d'eau ou de la dérivation d'un cours d'eau, ou situés dans leur bassin versant, ou dans une zone estuarienne.* »
- « II. - *Ces servitudes peuvent avoir un ou plusieurs des objets suivants :*
? « 1° *Créer des zones de rétention temporaire des eaux de crues ou de ruissellement, par des aménagements permettant d'accroître artificiellement leur capacité de stockage de ces eaux, afin de réduire les crues ou les ruissellements dans des secteurs situés en aval* »

? « 2° Créer ou restaurer des zones de mobilité du lit mineur d'un cours d'eau en amont des zones urbanisées dans des zones dites "zones de mobilité d'un cours d'eau, afin de préserver ou de restaurer ses caractères hydrologiques et géomorphologiques essentiels ».

▪« III. - Les zones soumises à ces servitudes sont délimitées par arrêté préfectoral. Celui-ci est pris après enquête publique menée conformément au code de l'expropriation pour cause d'utilité publique. »

▪« V. - Dans les zones de mobilité d'un cours d'eau mentionnées au 2° du II, ne peuvent être réalisés les travaux de protection des berges, remblais, endiguements et affouillements, les constructions ou installations et, d'une manière générale, tous les travaux ou ouvrages susceptibles de faire obstacle au déplacement naturel du cours d'eau. A cet effet, l'arrêté préfectoral peut soumettre à déclaration préalable, auprès des autorités compétentes en matière d'urbanisme, les travaux qui, en raison de leur nature, de leur importance ou de leur localisation, sont susceptibles de faire obstacle au déplacement naturel du cours d'eau et n'entrent pas dans le champ d'application des autorisations ou déclarations instituées par le code de l'urbanisme. »

? « L'arrêté préfectoral peut également soumettre à déclaration préalable les ouvrages qui, en raison de leur nature, de leur importance ou de leur localisation, sont susceptibles de faire obstacle au déplacement naturel du cours d'eau et n'entrent pas dans le champ d'application des autorisations ou déclarations instituées par le code de l'urbanisme. Le préfet peut, par décision motivée, dans un délai de deux mois à compter de la réception de la déclaration, s'opposer à la réalisation de ces ouvrages ou prescrire les travaux nécessaires. Les travaux de réalisation de ces ouvrages ne peuvent commencer avant l'expiration de ce délai. »

? « Pour les travaux visés au premier alinéa du présent V, ainsi que pour les travaux et ouvrages soumis à une autorisation ou à une déclaration instituée par le code de l'urbanisme et qui sont susceptibles, en raison de leur nature, de leur importance ou de leur localisation, de faire obstacle au déplacement naturel du cours d'eau, l'autorité compétente pour statuer en matière d'urbanisme recueille l'accord du préfet qui dispose d'un délai de deux mois à compter de la réception de la déclaration ou de la demande d'autorisation pour s'opposer à l'exécution des travaux ou prescrire les modifications nécessaires. Les travaux ne peuvent commencer avant l'expiration de ce délai. »

▪« VI. - L'arrêté préfectoral peut identifier, le cas échéant, les éléments existants ou manquants faisant obstacle à l'objet de la servitude, dont la suppression, la modification ou l'instauration est rendue obligatoire. La charge financière des travaux et l'indemnisation du préjudice pouvant résulter de ces derniers incombent à la collectivité qui a demandé l'institution

de la servitude. Toutefois, si les dits éléments appartiennent à l'Etat ou à ses établissements publics, la charge des travaux incombe à celui-ci. »

▪« VIII. - L'instauration des servitudes mentionnées au I ouvre droit à indemnités pour les propriétaires de terrains des zones grevées lorsqu'elles créent un préjudice matériel, direct et certain. Ces indemnités sont à la charge de la collectivité qui a demandé l'institution de la servitude. Elles sont fixées, à défaut d'accord amiable, par le juge de l'expropriation compétent dans le département. »

▪« X. - Pour une période de dix ans à compter de la date de publication de l'arrêté préfectoral constatant l'achèvement des travaux mentionnés au VI ou, si de tels travaux ne sont pas nécessaires, à compter de la date de publication de l'arrêté préfectoral instituant une ou plusieurs des servitudes mentionnées au I, le propriétaire d'une parcelle de terrain grevée par une de ces servitudes peut en requérir l'acquisition partielle ou totale par la collectivité qui a demandé l'institution de la servitude. Ce droit de délaissement s'exerce dans les conditions prévues aux articles L. 230-1 et suivants du code de l'urbanisme. Le propriétaire peut, dans le même temps, requérir l'acquisition partielle ou totale d'autres parcelles de terrain si l'existence de la servitude compromet leur exploitation ou leur usage dans des conditions similaires à celles existant avant l'institution de la servitude. »

Cette nouvelle Loi semble fondée sur un concept «mixte», relevant à la fois de celui «d'espace réservé» à la rivière et à son «déplacement naturel» et de celui d'aléa d'érosion/avulsion.

❖ Mise en œuvre de ces concepts sur les cours d'eau

La détermination d'espaces de mobilité au sens des SDAGE est en cours de mise en oeuvre sur un certain nombre de grands cours d'eau français : Loire sur 200 km (Malavoi et al., 1996 et 1998), Allier sur 200 km (Malavoi et al., 1997), Moselle et Meurthe sur 50 km environ (Hydratec et Malavoi, 1999), Marne moyenne sur 55 km (Malavoi, 2001), Doubs aval sur 60 km (Malavoi, 2004) dans le cadre de l'application des SDAGE des divers bassins concernés.

L'application du concept de mobilité au sens de l'arrêté 2001 est encore relativement peu étendue (vallée de l'Orbe, Malavoi 2004) et ne concerne généralement que de petites portions de cours d'eau dans la mesure où cet espace est généralement cartographié par un bureau d'étude, payé par le pétitionnaire, à l'occasion d'une demande d'extraction ou d'extension d'extraction. La longueur de cours d'eau concernée par site d'extraction est de l'ordre de 10 km.

L'application au sens de la Loi risque (*loi n°2003-699 du 30 juillet 2003*) est seulement d'actualité car les décrets d'application n'ont été publiés que le 23 février 2005. (*loi « risques » n°2005-157 du 23 février 2005, Article L211-12 du Code de l'Environnement*)

II Méthodologie de travail

La participation de chaque collaborateur est la suivante :

✓La DIREN intervient à plusieurs niveaux :

- renseignement de la base de données, en collaboration avec Heri Andriamahefa,
- en parallèle, début de la cartographie des espaces de mobilité sur les zones identifiées comme actives actuellement, suite à l'analyse de Jean-René Malavoi,
- également participation à l'établissement de la typologie en recoupant la base de données avec les éléments d'activité actuelle (flèches d'érosion...).
- puis réalisation de la cartographie, sur la base typologique, des espaces de mobilité au sens du SDAGE RMC, ainsi qu'au titre de l'arrêté ministériel de 2001 et de la Loi Risque 2003.

✓Le bureau d'études JR Malavoi est en charge de :

- l'acquisition des données de base, en collaboration avec Heri Andriamahefa,
- l'élaboration de la typologie, ceci en recoupant les données de la base de données avec les mesures d'érosion et de bancs alluviaux qu'il a effectué,

Avec la participation de Heri Andriamahefa pour la partie informatique proprement dite, à savoir :

- création de la base de données (paramètres hydrogéomorphologiques) nécessaire à la typologie,
- automatisation des manipulations, renseignement de cette base de données.

A. Les rivières étudiées

Le linéaire du réseau hydrographique de Franche-Comté est de l'ordre de 6100 km (source BD Carthage), pour une surface drainée de 16 250 km². La densité de drainage sur le réseau est donc de l'ordre de 0,4 km/km², valeur relativement modeste due à des écoulements le plus souvent sur des substrats perméables (formations karstiques). Il est proposé de traiter dans le cadre de l'étude tous les cours d'eau d'un linéaire supérieur à 10 km (sauf exceptions), ce qui représente un linéaire de 3 625 km pour 106 cours d'eau (Tableau 1 et Figure 2) parmi lesquels nous retrouvons :

- 29 cours d'eau de plus de 30 km (2 450 km) tels que le Doubs, l'Ognon, l'Ain, la Loue, la Lanterne, la Bienne...

- 15 cours d'eau entre 20 et 30 km (367 km) tels que la Lizaine, l'Audeux, la Superbe, l'Augronne...

- 21 cours d'eau entre 15 et 20 km (361 km) tels que l'Allan, la Lemme, la Linotte, le Beuletin...

- 41 cours d'eau de moins de 15 km (483 km) tels que la Vèze, le Rupt, le Sedan, la Rondaine...

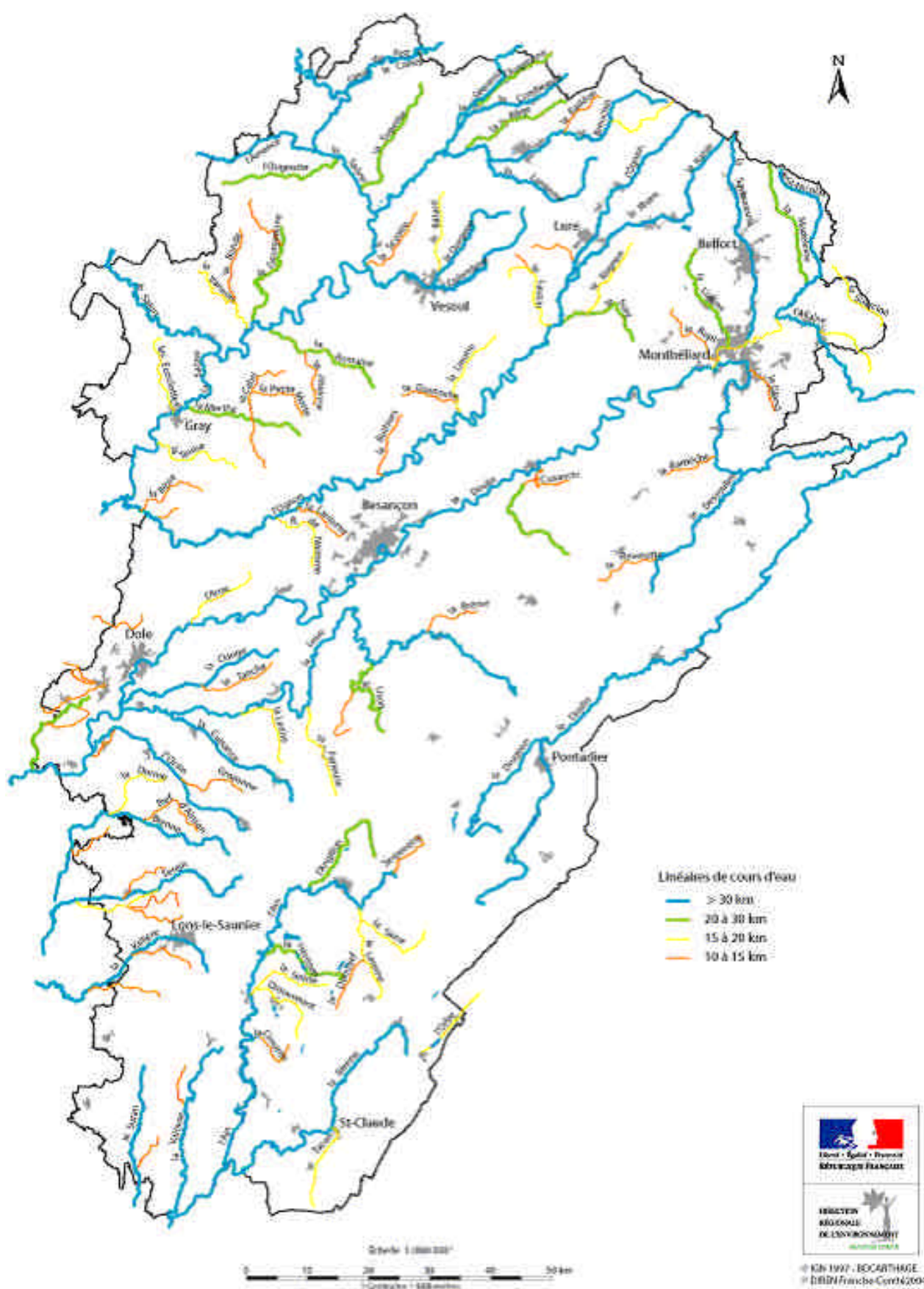


**Figure n°4 : Vue aérienne de la Loue (39)
(BE Malavoi, 2005)**

CE > à 30 km		30 km < CE < 20 km		20 km < CE < 15 km		CE < à 15 km	
saône, rivière la	472 843,40	augronne, rivière l'	28 456,50	vannon, rivière le	19 573,80	scyotte, ruisseau la	14 998,90
doubs, rivière le	452 402,90	gourgeonne, rivière la	26 925,00	allan, rivière l'	19 441,50	ainson, ruisseau bief d'	14 983,00
ognon, rivière l'	213 939,80	angillon, rivière l'	26 641,40	saine, rivière la	19 077,90	arne, ruisseau l'	14 970,00
ain, rivière l'	129 901,30	lison, rivière le	25 369,30	rognon, rivière le	18 729,50	rupt, le	14 872,40
loue, rivière la	122 059,20	madeleine, rivière la	25 358,20	furieuse, rivière la	18 659,90	sonnette, rivière la	14 860,70
bienne, rivière la	64 079,40	romaine, rivière la	25 353,30	lauzin, rivière le	18 485,00	cabri, ruisseau le	14 773,70
lanterne, rivière la	63 772,20	ougeotte, rivière l'	25 034,80	tenise, rivière la	18 424,30	bonde, ruisseau la	14 601,20
salon, rivière le	62 605,70	superbe, rivière la	25 017,90	drouvenant, rivière le	17 766,50	résie, ruisseau la	14 499,50
seille, rivière la	54 021,60	lizaine, rivière la	24 926,40	seillette, rivière la	17 537,70	tanche, ruisseau de la	14 487,80
brenne, rivière la	53 719,70	audeux, ruisseau l'	24 213,30	linotte, rivière la	17 438,00	cleux, ruisseau le	14 236,30
suran, rivière le	52 644,20	morte, rivière la	23 922,50	tacon, ruisseau le	17 354,70	sorne, rivière la	13 917,60
rahin, rivière le	50 410,60	sablonne, rivière la	23 838,20	larine, ruisseau la	16 851,10	grozonne, rivière la	13 395,40
vallièrre, rivière la	48 852,80	rôge, ruisseau la	21 615,10	lemme, rivière la	16 683,70	sedan, ruisseau le	13 357,70
breuchin, rivière le	44 163,70	hérisson, ruisseau le	20 417,00	suarcine, ruisseau la	16 018,20	buthiers, rivière la	13 069,90
durgeon, rivière le	42 377,40	scey, rivière le	20 378,60	orbe, rivière l'	16 000,00	reverotte, rivière la	12 727,80
valouse, rivière la	41 782,70			sirène, rivière la	15 739,70	cusancin, ruisseau le	12 599,00
sémouse, rivière la	40 940,20			dorme, rivière la	15 691,50	sorlière, ruisseau la	12 553,90
savoureuse, rivière la	40 384,80			éculottes, ruisseau des	15 642,80	lanterne, ruisseau la	12 419,40
orain, rivière l'	38 903,10			coeuvalte, ruisseau la	15 540,90	vèze, ruisseau la	12 298,10
allaine, rivière l'	38 798,70			beuletin, rivière le	15 471,50	madeleine, ruisseau de la	12 276,90
amance, rivière l'	37 592,80			bâtard, ruisseau le	15 082,50	petite morte, ruisseau la	12 244,70
coney, rivière le	36 937,30					todeur, ruisseau le	11 700,00
combeauté, rivière la	36 833,10					brême, ruisseau la	11 294,00
clauge, rivière la	35 320,50					petite sablonne, ruisseau la	11 224,10
dessoubre, rivière le	33 290,30					jouanne, ruisseau la	11 187,10
cuisance, rivière la	32 170,50					serpentine, ruisseau la	11 153,60
drugeon, rivière le	31 537,70					dombief, rivière le	11 111,80
colombine, aff. durgeon, rivière la	31 187,60					quenoeche, ruisseau la	10 949,70
saint-nicolas, rivière le	30 132,50					rondaine, ruisseau la	10 622,80
						cimante, ruisseau la	10 584,50
						colombine, ruisseau la	10 579,10
						barbèche, ruisseau la	10 458,90
						gland, ruisseau le	10 226,10
						raddon, ruisseau le	10 221,90
						darge, ruisseau la	10 207,40
						valouson, rivière le	9 326,90
						doye, ruisseau la	8 116,40
						razou, ruisseau le	7 907,80
						blaine, ruisseau la	7 580,20
						noir, ruisseau le bief	7 469,30
						prés, ruisseau des	3 306,50

Tableau n°1 : liste des rivières étudiées

Figure n°5 : Cartes des rivières étudiées



B. La démarche technique typologique

1. Eléments théoriques

Cette typologie permettra d'obtenir une vision globale du potentiel de mobilité des cours d'eau.

La réflexion globale menée envisage de croiser les caractéristiques géodynamiques (variables géodynamiques calculées) d'un tronçon de cours d'eau avec des indices d'activité réelle mesurés. Cela s'inscrit dans le but de faire ressortir pour chaque tronçon de cours d'eau une estimation de leur activité géodynamique ou, pour les tronçons non mobiles actuellement, une estimation de leur potentiel d'activité géodynamique.

Elle se base sur différentes étapes :

- La détermination d'un indice géodynamique "mesurant" l'activité réelle du cours d'eau : le taux d'érosion latérale, ainsi que la définition de classes d'activité (classes d'érosion),
- La sectorisation de la plaine alluviale en tronçons homogènes,
- La détermination d'indices géodynamiques : pour chaque tronçon seront calculés différents indices géodynamiques qui permettront de caractériser leur potentiel de mobilité théorique en vue de leur classification dans une typologie régionale,
- Le calage de la typologie : croisement des données avec les taux d'érosion mesurés par analyse statistique.

Sur la base des travaux effectués en 2004, sous l'égide de la DIREN FC, par Thomas Lecarpentier en collaboration avec le BE Malavoi et Heri Andriamahefa, la méthodologie de sectorisation et l'identification d'indices géodynamiques discriminants ont été réalisées.

Au cours de l'année, l'affinage des indices géodynamiques, leur pondération ainsi que les mesures de taux d'érosion ont été réalisés.

a. Estimation de l'activité géodynamique (BE Malavoi)

Pour évaluer l'intensité des processus géodynamiques, la mesure du taux d'érosion latérale (flèches d'érosion) et des bancs alluviaux est intéressante.

La classification de « l'activité dynamique » d'un cours d'eau peut se faire à partir des taux d'érosion mesurés, ce qui sera préféré pour la typologie régionale.

-Exemple de classification :

Une classification de l'intensité de l'activité latérale d'une rivière est proposée pour caractériser l'activité géodynamique des rivières étudiées.

Classe d'activité	Taux annuel d'érosion relative (% de la largeur)
Rivières très peu ou non actives	< 1 %
Rivières peu actives	1-3 %
Rivières moyennement actives	3-5 %
Rivières actives	5-10 %
Rivières très actives	10-15 %
Rivières extrêmement actives	> 15 %

Tableau 2 : Taux annuels donnés en % de la largeur érodée à la flèche/ largeur du lit moyen dans les portions « actives » (Malavoi, non publié)

Ce sont ces classes qui serviront de base à la typologie classant les tronçons de cours d'eau selon leur activité géodynamique, réelle pour les tronçons mobiles, ou potentielle pour les tronçons "figés".

La typologie reviendra donc à attribuer aux tronçons de rivière, pour lesquels aucune donnée d'érosion latérale n'est disponible (soit parce qu'ils ne sont pas mobiles, soit figés dans l'espace par des aménagements), des taux d'érosion potentielle correspondant à des classes d'activité potentielle (voir Tableau 2).

-Mesure des taux d'érosion annuelle

Une méthode simple permet de mesurer l'activité dynamique latérale des cours d'eau. Elle consiste à digitaliser puis à superposer (sous Système d'Information Géographique par exemple) des cartes ou photos anciennes et à mesurer les surfaces ou longueurs érodées entre deux périodes (voir figure). La précision de ces mesures est fonction de plusieurs paramètres, notamment de la qualité du scannage et du géoréférencement ainsi que de la taille du cours d'eau.

Sur 17 ans :

155 m érodés, soit 9m/an
largeur lit 100 m

Taux d'érosion relatif = 9%

= Secteur actif

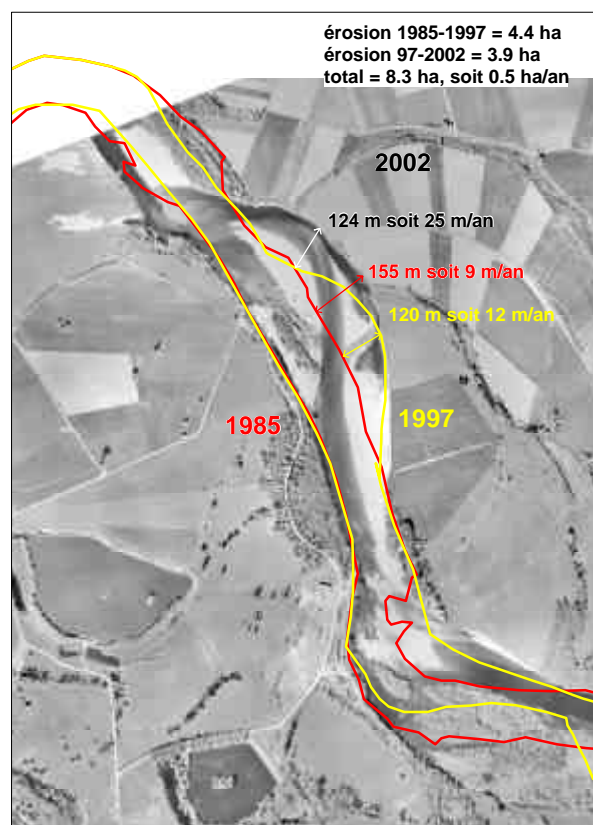
Sur le court terme :

1997-2002, 25 m/an, soit 25%

= extrêmement actif

NB : il faut lisser sur au moins 15 à 20 ans

Figure n°6: Mesures de l'érosion latérale d'un secteur sur le Doubs aval



Les taux d'érosion sont alors obtenus et exprimés en valeur brute. Ces valeurs expriment les « pertes » de terrain et sont donc très utiles à l'analyse notamment pour l'intégration socio-économique des processus d'érosion.

Les valeurs d'érosion peuvent être relativisées par rapport à la taille du cours d'eau (% de la largeur du cours d'eau). Il est en effet couramment admis que les processus géodynamiques sont identiques sur les petits et les grands cours d'eau et que seule leur grandeur change. L'intérêt d'une relativisation des processus est alors typologique car elle permet de classer les différentes rivières ou plutôt les tronçons de rivière, dans des catégories « d'intensité des processus géodynamiques latéraux ».

Un autre intérêt de cette approche « relativiste » est « socio-politique ». Elle permet de faire prendre conscience aux riverains et gestionnaires d'un cours d'eau particulier que les processus qu'ils observent sont « relativement » plus ou moins intenses qu'ailleurs.

Un troisième avantage est d'améliorer la prévision de taux d'érosion futurs (*Malavoi, communication personnelle*).

Cette méthode de mesure des flèches d'érosion a été appliquée sur les cours d'eau les plus importants de la région (la majorité des cours d'eau supérieurs à 30 km de long, quelques

uns de 20 à 30 km ainsi que de 15 à 20km) permettant une visualisation des flèches d'érosion, ce qui a permis d'obtenir environ de 800 taux d'érosion (figure n°7).

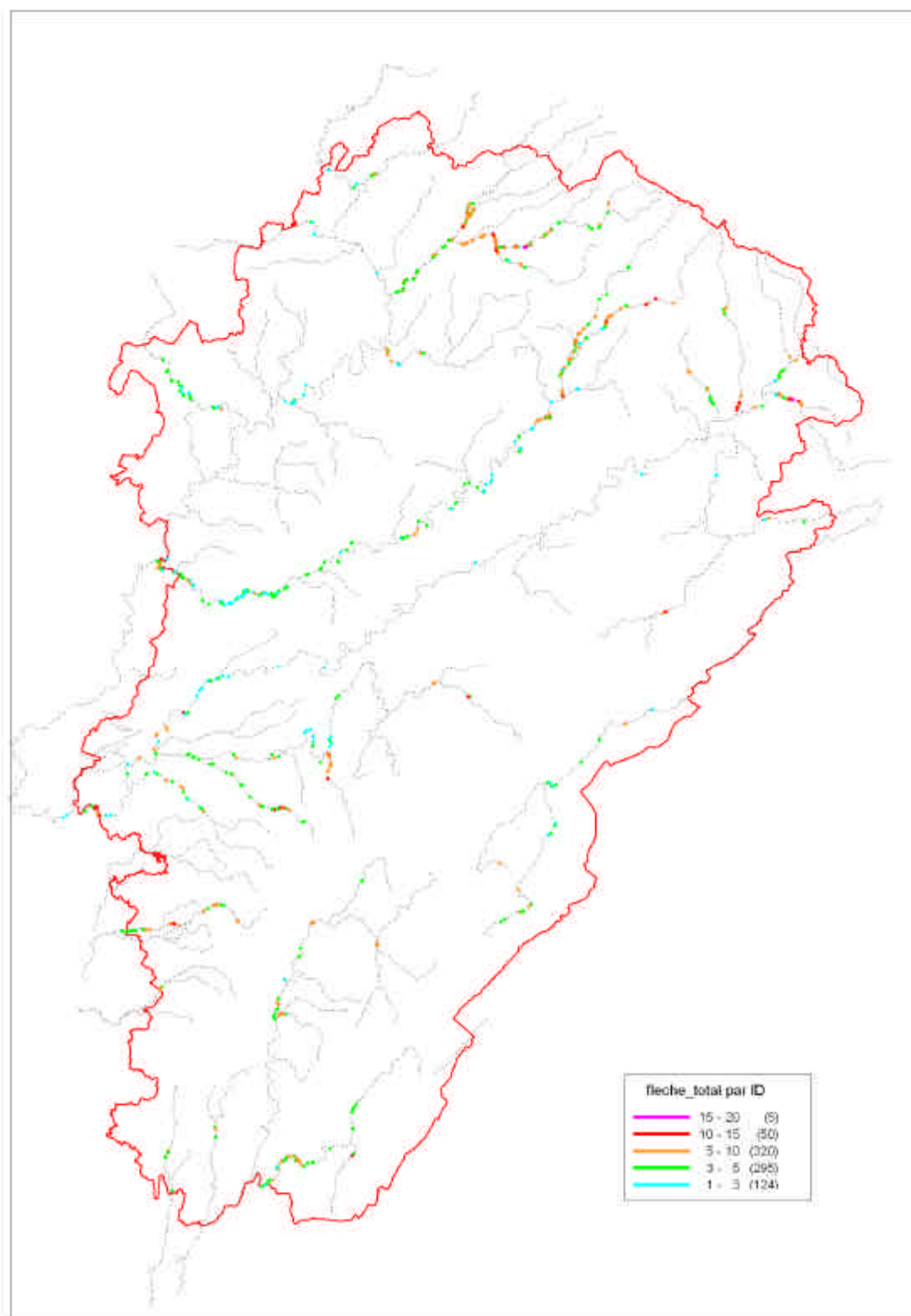


Figure n°7 : Taux annuels d'érosion relative (en % de la largeur) mesurés sur la région Franche-Comté

Autre indicateur de l'activité géodynamique : les alluvions visibles



Figure n°8 : identification des bancs alluviaux



A partir des mesures de ces indices d'activité géodynamique, le BE Malavoi a identifié des secteurs de cours d'eau intéressants d'un point de vue de leur dynamique en tenant compte également de l'intérêt patrimonial du site (présence de forêt alluviale...).

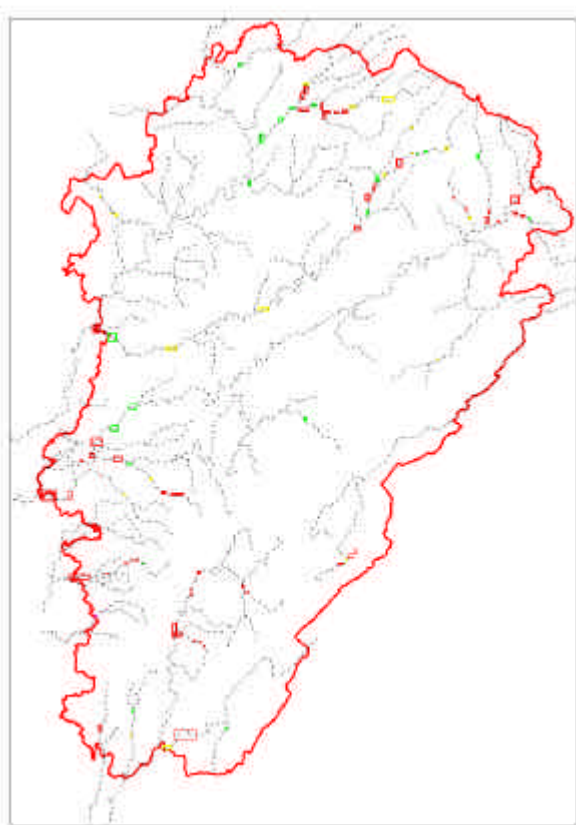


Figure n°9 : Secteurs de cours d'eau à activité géodynamique intéressante (BE Malavoi)

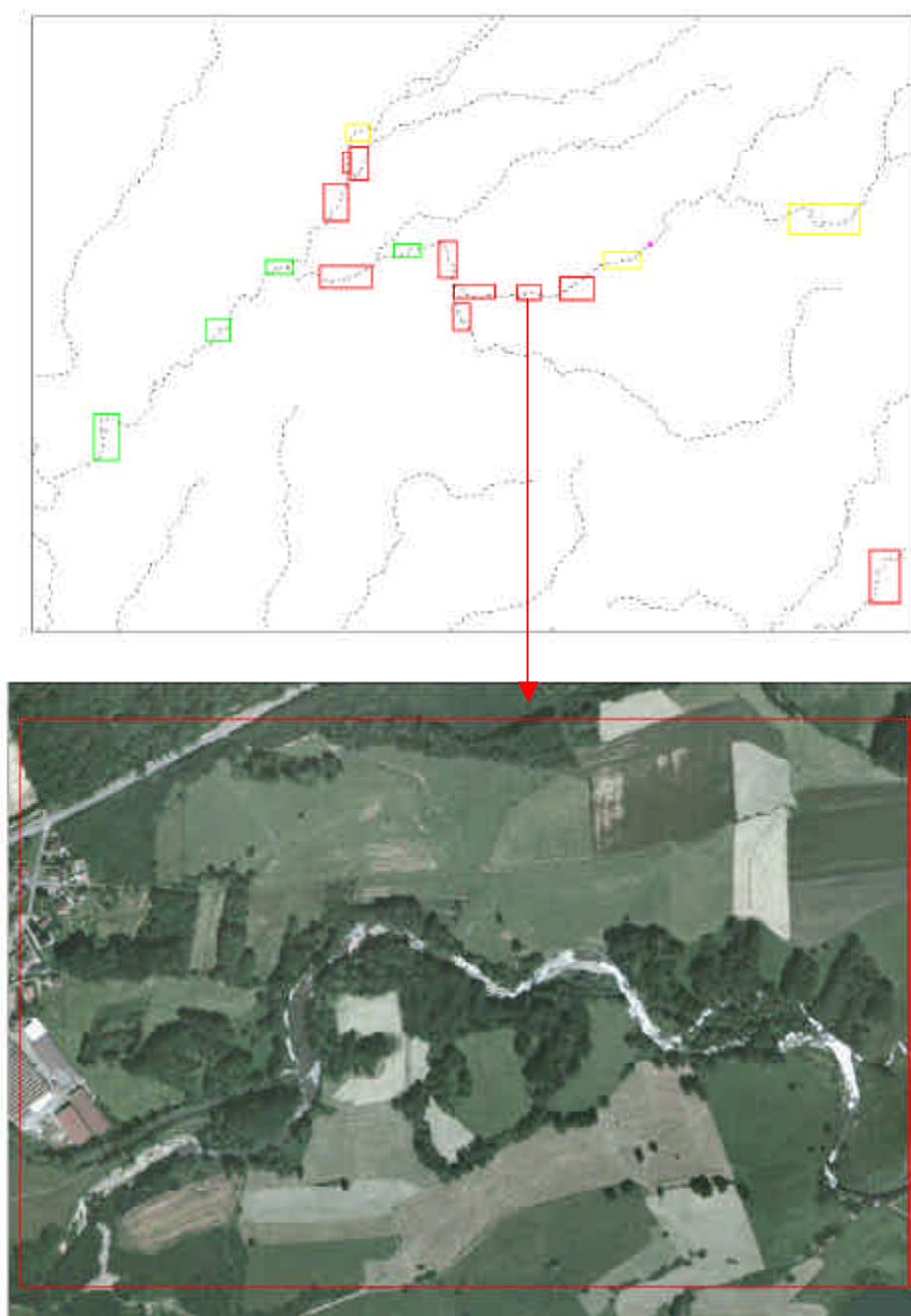


Figure n°10 : Exemple de zone active : tronçon du Breuchin (BE Malavoi)

Sur ces zones actuellement actives, la cartographie des espaces de mobilité est justifiée étant donné leur activité réelle et peut être réalisée sans attendre la finalisation de la typologie.

Dans le cadre de l'élaboration de la typologie, le BE Malavoi n'a retenu que les taux d'érosion relatifs comme indicateurs de l'activité géodynamique pour le recoupement avec les variables géodynamiques.

Pour attribuer aux tronçons de rivière, pour lesquels aucune donnée d'érosion latérale n'est disponible, des taux d'érosion potentielle correspondant à des classes d'activité potentielle, il est nécessaire de calculer les variables géodynamiques propres à chaque tronçon afin de les recouper avec celles correspondantes à des taux d'érosion mesurés sur des tronçons mobiles (flèches d'érosion de la figure n°7).

b. Détermination de tronçons homogènes
(Lecarpentier, DIREN, 2004)

L'étape préalable au calcul des variables géodynamiques est la sectorisation des cours d'eau en tronçons homogènes.

La sectorisation du linéaire de cours d'eau en tronçons homogènes se fera sur la base d'un changement significatif dans le rapport des largeurs de fond de vallée. Le fond de vallée est désigné comme l'espace plat situé entre les premières zones à forte pente situées de part et d'autre du cours d'eau. Il représente une variable de contrôle majeur dans la détermination du potentiel de mobilité d'un cours d'eau.

Cette sectorisation permettra dans un second temps d'affiner la caractérisation du potentiel de mobilité par calcul sur chaque tronçon homogène d'indices géodynamiques, représentant les variables de réponse. La dynamique d'un cours d'eau n'est généralement pas identique le long de son linéaire. En effet, la présence de séquences de rétrécissement / élargissement de la plaine alluviale joue un rôle important sur les possibilités d'écoulement des flux liquides et solides. La sectorisation de la plaine alluviale en tronçons homogènes est donc nécessaire afin de rendre compte de ces dichotomies et de pouvoir appliquer le calcul des indices géodynamiques représentatifs du potentiel de mobilité d'un tronçon.

➤ DETERMINATION DU FOND DE VALLEE

La sectorisation est basée sur le calcul des largeurs de fond de vallée (ou lit majeur) du cours d'eau, matérialisant les alluvions modernes (Fz). Les alluvions modernes correspondent au potentiel maximal de mobilité du cours d'eau recouvrant l'espace de fond de vallée balayé par celui-ci à l'échelle des derniers millénaires. Cet espace de divagation du cours d'eau, non mobilisable à notre échelle de temps, représente les possibilités de disposer d'une large

gamme d'ajustements géomorphologiques à long terme, fournissant au cours d'eau la possibilité d'ajuster sa pente et d'assurer sa recharge alluvionnaire.

Cet espace peut contenir les alluvions Fy, mais il a été choisi pour l'étude de se cantonner simplement aux alluvions Fz. La détermination de l'espace se fait à partir d'une approche théorique utilisant le Modèle Numérique de Terrain (MNT*).

L'hypothèse de départ est que les isohypses (points d'égale altitude) équivalent à 2,5 m, 4 m et 5 m au-dessus du niveau du point le plus bas de la vallée (Source IGN) sont représentatifs de la largeur des alluvions modernes (Fz) du fond de vallée (Figure 11). Les trois modèles obtenus par traitement des données du MNT seront analysés afin de retenir le modèle le plus représentatif des alluvions modernes (Fz).

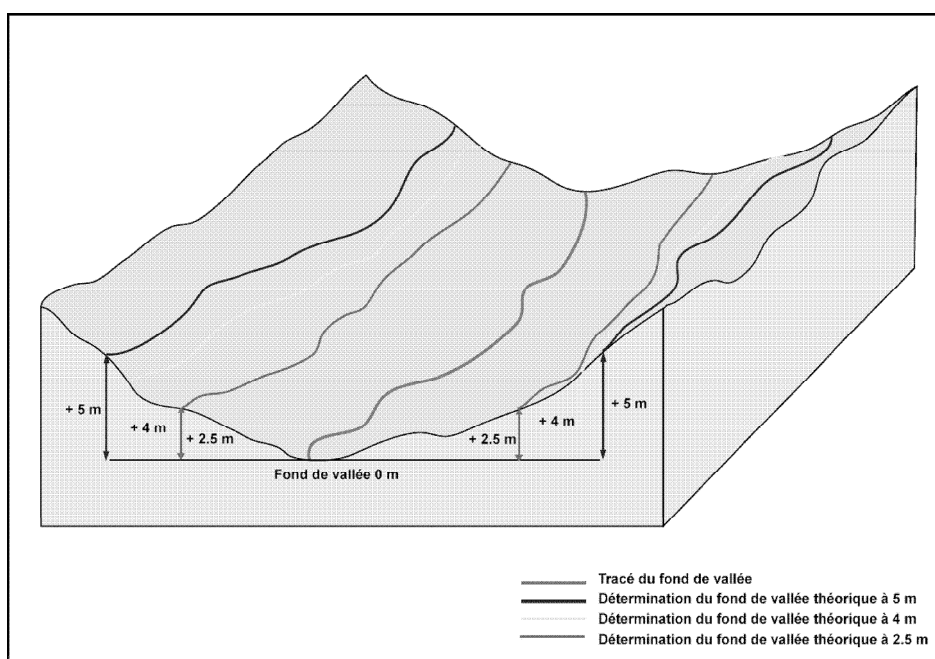


Figure n°11 : Détermination des fonds de vallée théoriques à partir du MNT

Une confrontation entre les modèles théoriques et une méthode plus rustique permettra de vérifier l'hypothèse de départ et de déterminer quel modèle est le plus pertinent dans la représentation des alluvions Fz. La méthode rustique consiste à digitaliser les alluvions modernes sur les cartes géologiques au 1/50 000^{ème} du BRGM*. Cette méthode est considérée comme la plus réaliste, mais représente un travail long et fastidieux pour les 100 cours d'eau de l'étude.

Ainsi par comparaison visuelle entre les différents tracés des modèles théoriques (2,5 m, 4 m et 5 m) et rustiques, il est possible de voir que la modélisation à partir du MNT à 5 m correspond relativement bien au fond de vallée réel (méthode rustique). (Figure 12).

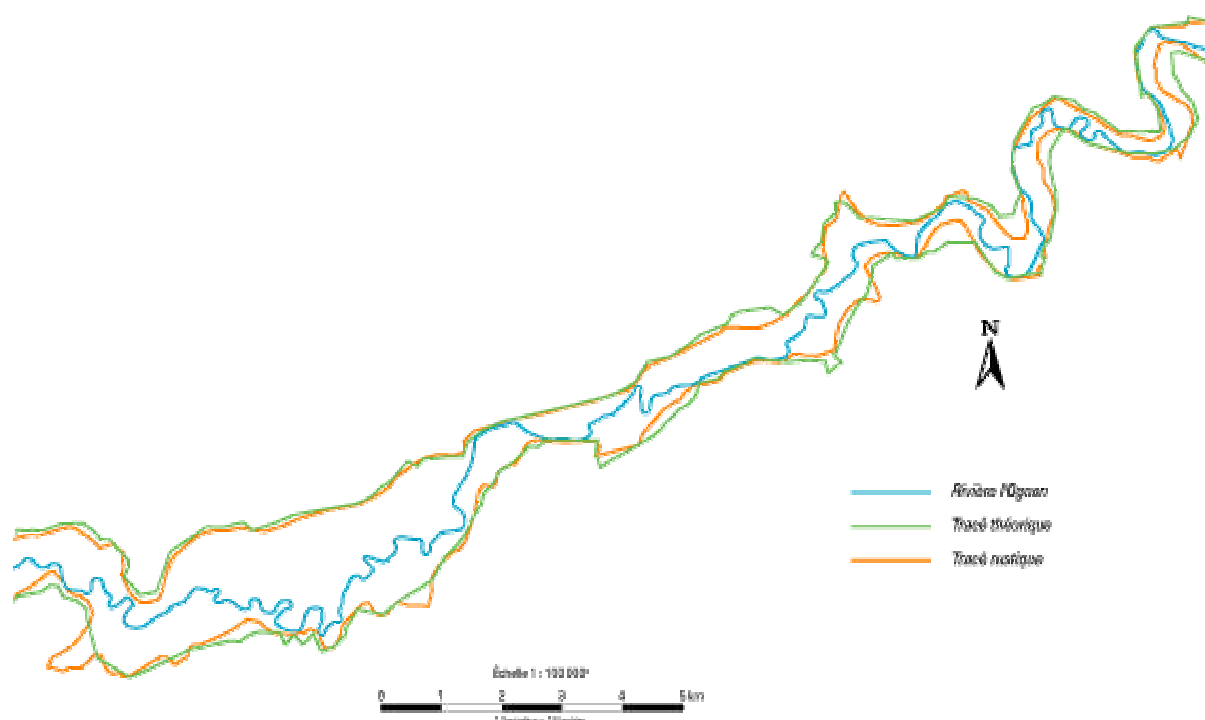


Figure n°12 : Comparaison visuelle entre le tracé rustique et le tracé du MNT à 5 m

Ainsi, le tracé issu du MNT à 5 m est retenu car il apparaît relativement proche du tracé du fond de vallée réel, tout en étant beaucoup plus rapide à réaliser.

Néanmoins, il est nécessaire de relativiser sachant que la précision du MNT est de l'ordre du mètre.

➤ DETERMINATION DES LARGEURS DE FOND DE VALLEE

La sectorisation de la plaine alluviale en tronçons homogènes nécessite la mesure des largeurs du fond de vallée théorique. Pour cela sont tracées tous les 500 m les perpendiculaires au fond de vallée (déterminé comme la droite passant à l'équidistance des limites de la plaine alluviale) (Figure 13). Ces perpendiculaires permettent d'obtenir la largeur du fond de vallée théorique par traitement informatique (MapInfo 7.5). Chaque perpendiculaire doit être codée d'amont en aval afin de permettre par la suite une jointure entre les différentes données et faciliter leurs traitements.

Le tracé de fond de vallée est automatisé, mais nécessite des corrections. En effet, par endroits ce tracé ne correspond pas à l'équidistance des limites du modèle théorique. Cela pose des problèmes de représentativité des perpendiculaires, notamment, dans les tronçons méandriques où les perpendiculaires sont parfois erronées. Il faut donc modifier le tracé

manuellement afin qu'il corresponde bien à l'équidistance entre les limites des alluvions modernes (Fz). A ce niveau l'automatisation présente donc encore des limites et doit être améliorée.

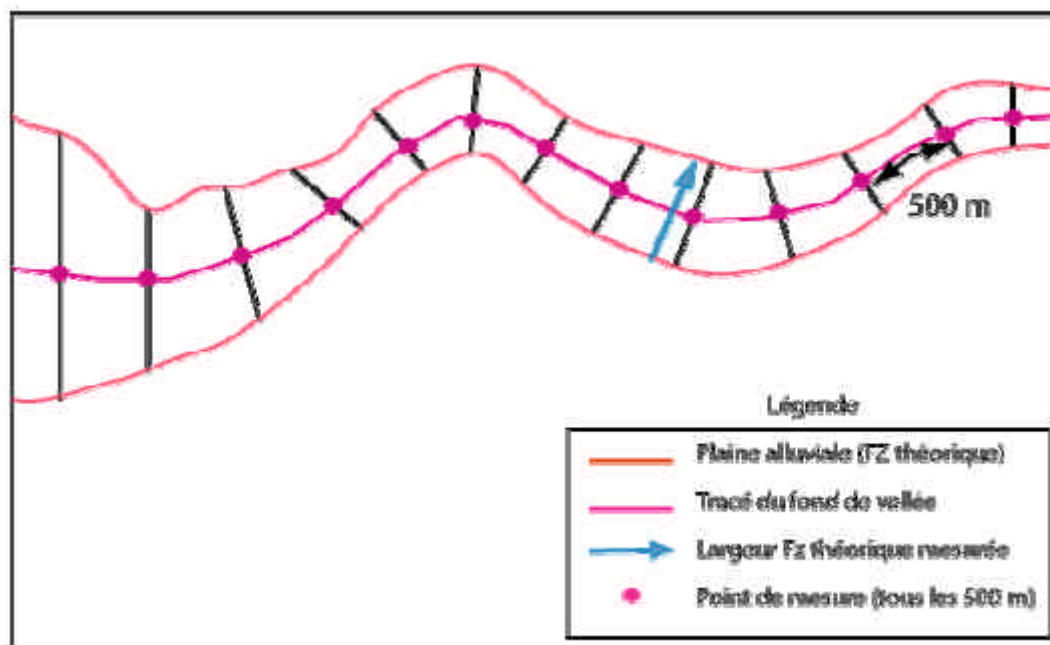


Figure n°13 : Détermination des largeurs de fond de vallée théorique

➤ SECTORISATION

A partir des largeurs obtenues pour chaque fond de vallée théorique, il est possible de déterminer des tronçons présentant des homogénéités de largeur. Afin de permettre une sectorisation relativement rapide de tous les cours d'eau de l'étude, les tronçons sont déterminés automatiquement. L'automatisation de la sectorisation se fait par un premier test portant sur l'analyse de la différence entre deux largeurs successives. Pour cela, trois classes de largeurs ont été établies. Si la différence de largeur entre deux points successifs dépasse un pourcentage fixé pour chaque classe de largeur (voir plus loin), on considère qu'il y a rupture de l'homogénéité entre ces deux largeurs et on définit alors un nouveau tronçon. L'intégration de la classe de largeur ainsi que du pourcentage de différence entre largeurs permet de lisser la sectorisation et d'éviter une sur-sectorisation (Figure 14).

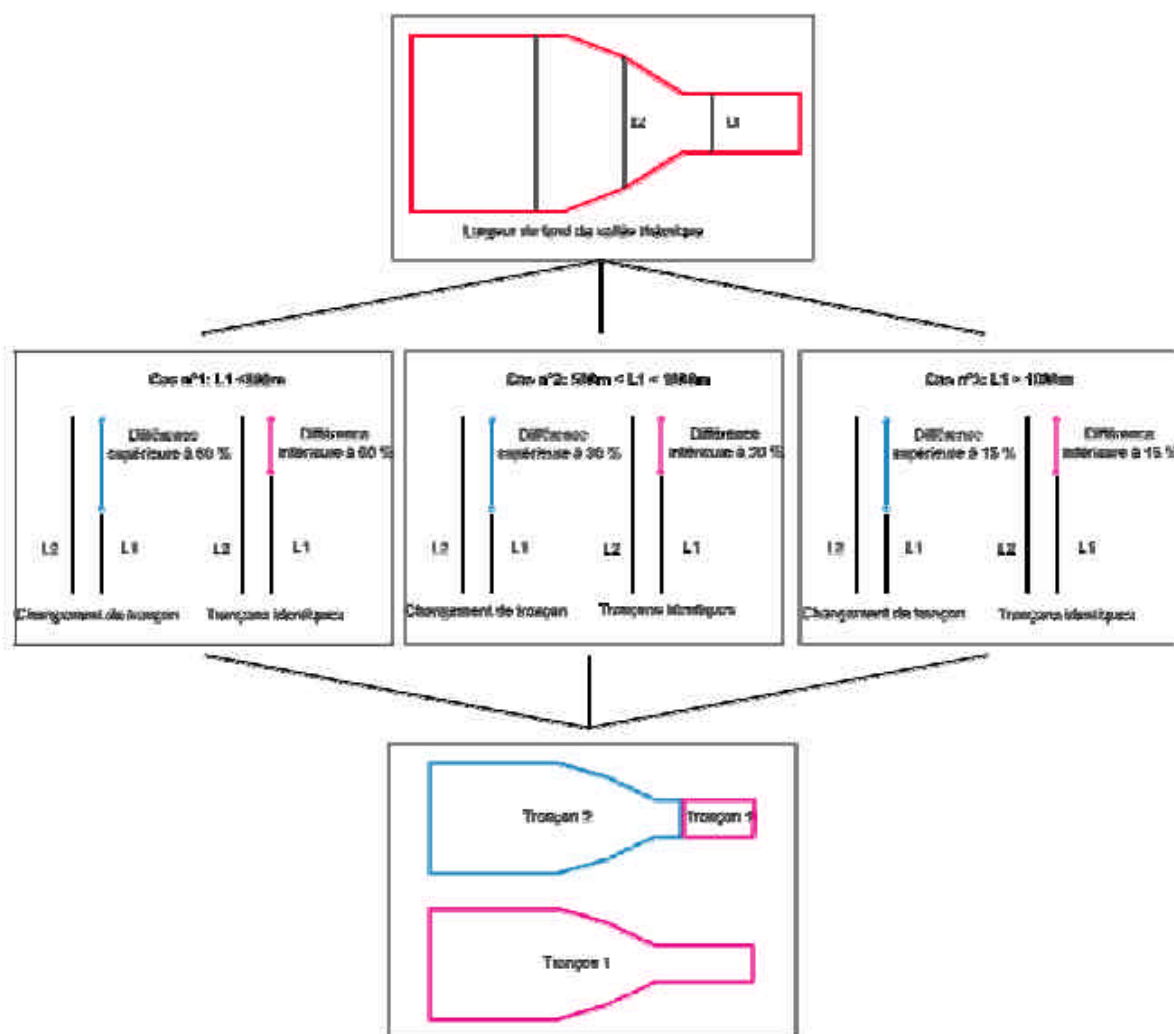


Figure n°14 : Test permettant une première sectorisation (Lecarpentier, DIREN, 2004)

Si une largeur L_1 est inférieure à 500 m et si la différence avec la largeur L_2 suivante est supérieure à 60 %, on considère qu'il y a rupture de l'homogénéité entre les largeurs : un changement de tronçon est donc nécessaire. De même si la largeur L_1 est comprise entre 500 et 1000 m et si la différence avec la largeur L_2 suivante est supérieure à 30 %, on considère qu'il y a rupture de l'homogénéité entre les largeurs : un changement de tronçon est donc nécessaire. Enfin si la largeur L_1 est supérieure à 1000 m et si la différence avec la largeur suivante L_2 qui la suit est supérieure à 30 %, on considère qu'il y a rupture de l'homogénéité entre les largeurs : un changement de tronçon est donc nécessaire.

Cette méthode de sectorisation est relativement exacte mais présente encore une sur-sectorisation qu'il faut de nouveau corriger par un second test. Le test calcule la largeur moyenne de chaque tronçon précédemment défini au premier test. Ce second test consiste à calculer la différence entre les deux largeurs moyennes :

- si la différence est inférieure à 50 %, on considère que les deux largeurs moyennes successives entrent dans un même tronçon. L'agrégation de ces deux tronçons est alors nécessaire (Figure 15).

- si la différence est supérieure à 50 %, un changement de secteur est nécessaire

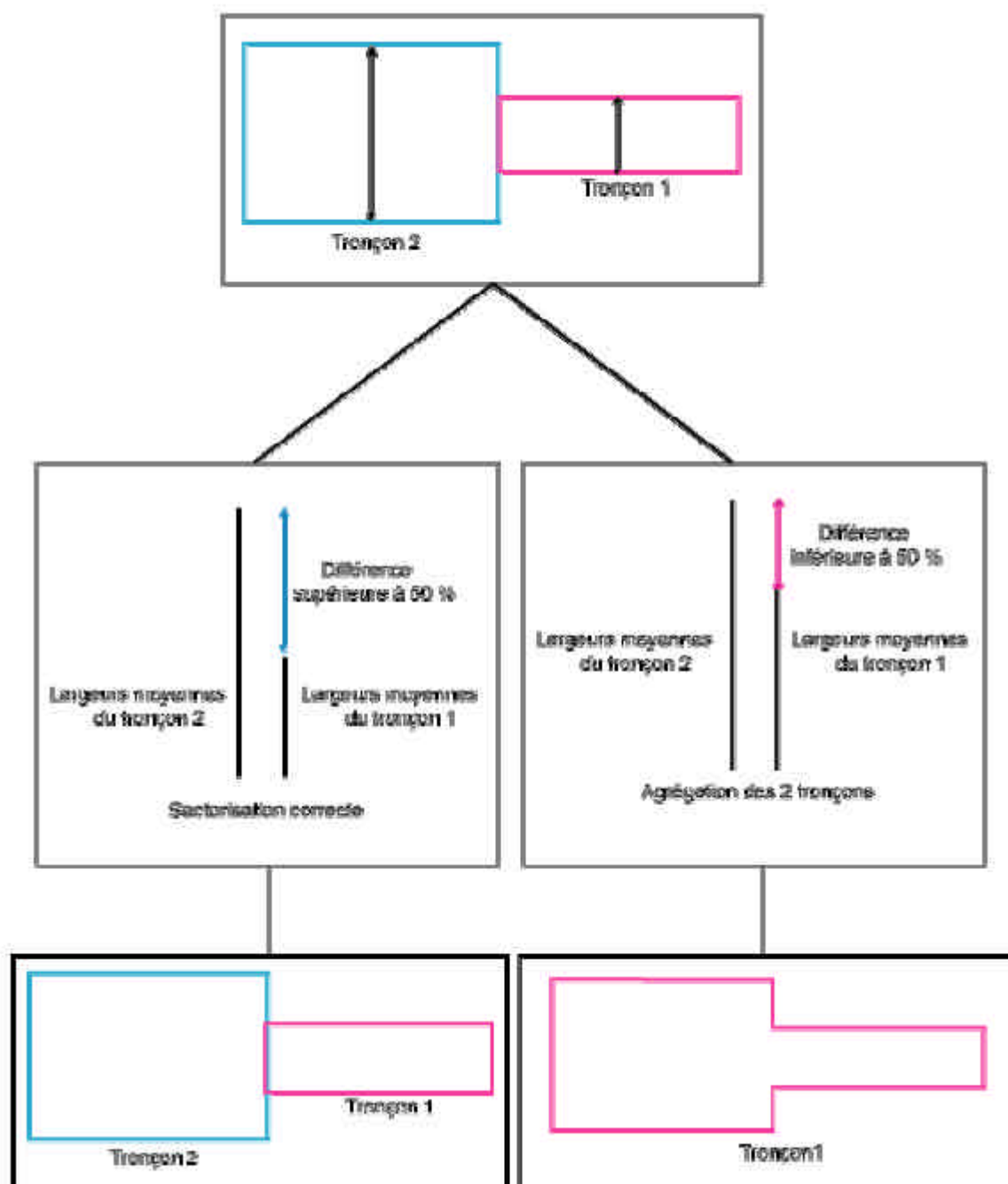


Figure n°15 : Second test permettant le lissage de la sectorisation (Lecarpentier, DIREN, 2004)

Un autre facteur à prendre en compte dans la sectorisation est l'arrivée d'un tributaire d'ordre de Strahler* égal ou directement inférieur à celui du cours d'eau pris en compte (Figure 16).

En effet, un tel tributaire entraîne des changements importants dans la dynamique du cours d'eau (apport sédimentaire et hydrologique supplémentaire). Une nouvelle sectorisation au droit de la confluence est donc nécessaire pour caractériser la modification de la dynamique due à cet affluent. Pour le moment cette étape n'a pu être réalisée pour des raisons pratiques.

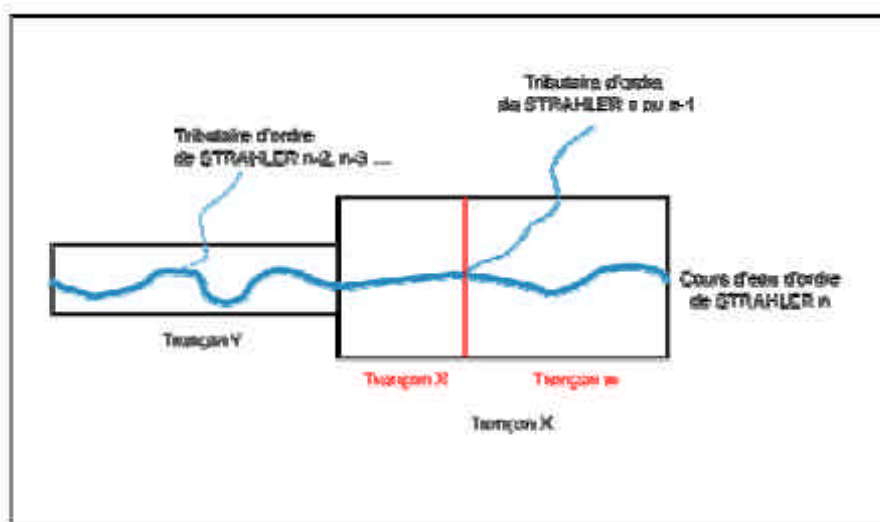


Figure n°16 : Sectorisation à la confluence avec un affluent majeur

On obtient donc une sectorisation du linéaire du cours d'eau en fonction des largeurs de fond de vallée théorique et de l'arrivée de tributaires importants. Il est alors possible de calculer pour chaque tronçon des indices géodynamiques menant à la détermination du potentiel de mobilité et à une classification typologique.

A ce stade, la prise en compte d'affluents majeurs est théorique et n'a pu être réalisée pour des raisons pratiques. La sectorisation obtenue n'est donc fonction que des largeurs de fond de vallée théorique.

Pour la suite de l'étude, le cours d'eau sera donc découpé en tronçons homogènes, ce qui servira de base de données où seront affectées pour chaque tronçon des valeurs de largeur moyenne de fond de vallée, de cours d'eau, de pente de vallée du tronçon... Cette sectorisation en tronçon homogène permet donc une lecture globale et rapide des problèmes par les décideurs et une vision plus précise des processus à l'échelle locale par les chargés d'étude.

Une précision méthodologique est nécessaire : on a recherché ici une longueur de tronçon « significative » et assez importante pour des raisons pratiques et explicatives, surtout pour le calcul de pente afin d'en éviter une erreur trop importante relative à des distances trop courtes.

c. Détermination d'indices géodynamiques

Les différentes variables discriminantes retenues et à calculer pour chaque tronçon sont les suivantes :

- L'indice de sinuosité (I_s) est obtenu par le rapport de la longueur (L) à « vol d'oiseau » d'un tronçon (ici L représente la longueur d'un tronçon de vallée) et la longueur développée (l) du chenal à l'intérieur de ce tronçon.

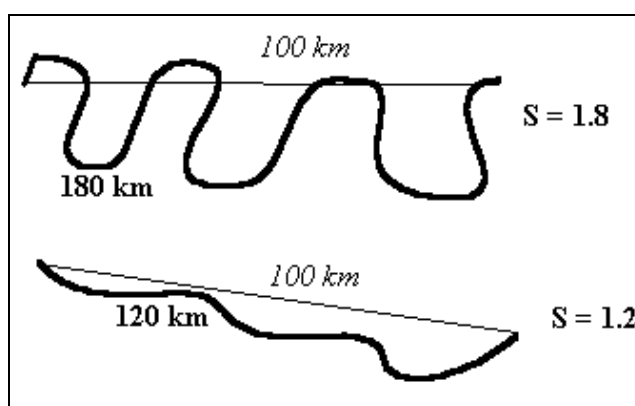


Figure n°17 : Indice de sinuosité

Pour des valeurs d'indice (Allen, 1984) :

- $I_s < 1,05$: la rivière est dite à lit rectiligne,
- $1,05 < I_s < 1,25$: rivière à lit sinueux,
- $1,25 < I_s < 1,5$: rivière à lit très sinueux,
- $I_s > 1,5$: rivière à lit méandriforme.

L'indice de sinuosité informe donc sur le style fluvial du tronçon considéré, mais est limité dans l'information sur le potentiel de mobilité du lit car il ne permet pas de la quantifier à partir des variables de contrôles de la vallée. Toutefois, il peut renseigner sur la cohésion des berges, donnée importante et non disponible, qui permet de relativiser la puissance.

Cet indice peut également renseigner sur le potentiel de « non activité » car pour des valeurs élevées (systèmes méandriformes) il peut traduire une dynamique relativement peu active.

-L'amplitude de divagation (A) du cours d'eau dans sa plaine alluviale représentée par le rapport largeur moyenne du fond de vallée / largeur du lit mineur (largeur du chenal à plein bord (*plenissimum flumen*)).

Pratiquement, la détermination de la largeur au débit de plein bord du cours d'eau est parfois rendue difficile par la présence d'une ripisylve. Afin de réaliser cette mesure, il est préconisé de prendre la largeur entre les axes de symétrie des premiers arbres de la ripisylve (Figure 18). En effet, cette mesure correspond grossièrement à la largeur du lit au débit de plein bord, car les premiers arbres de la ripisylve sont souvent implantés en haut de la berge. Leur axe de symétrie (tronc) est alors estimé comme correspondant au sommet de la berge symbolisant le point de débordement du cours d'eau dans la plaine alluviale. Cette méthode apporte une certaine imprécision mais reste toutefois plus rapide qu'une campagne de mesure sur le terrain impossible à réaliser dans le cadre d'une étude régionale.

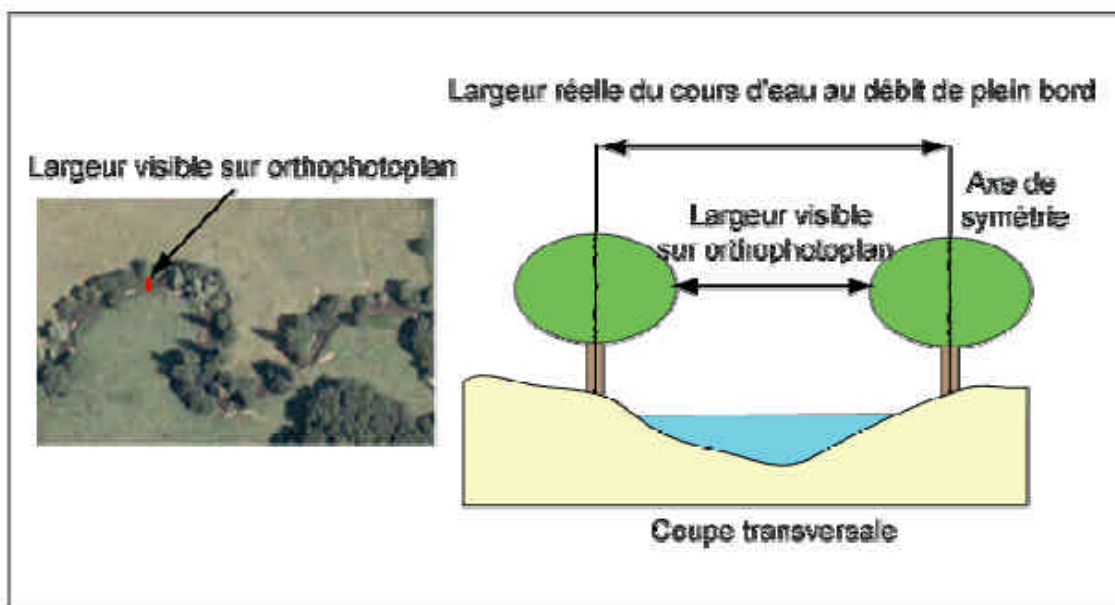
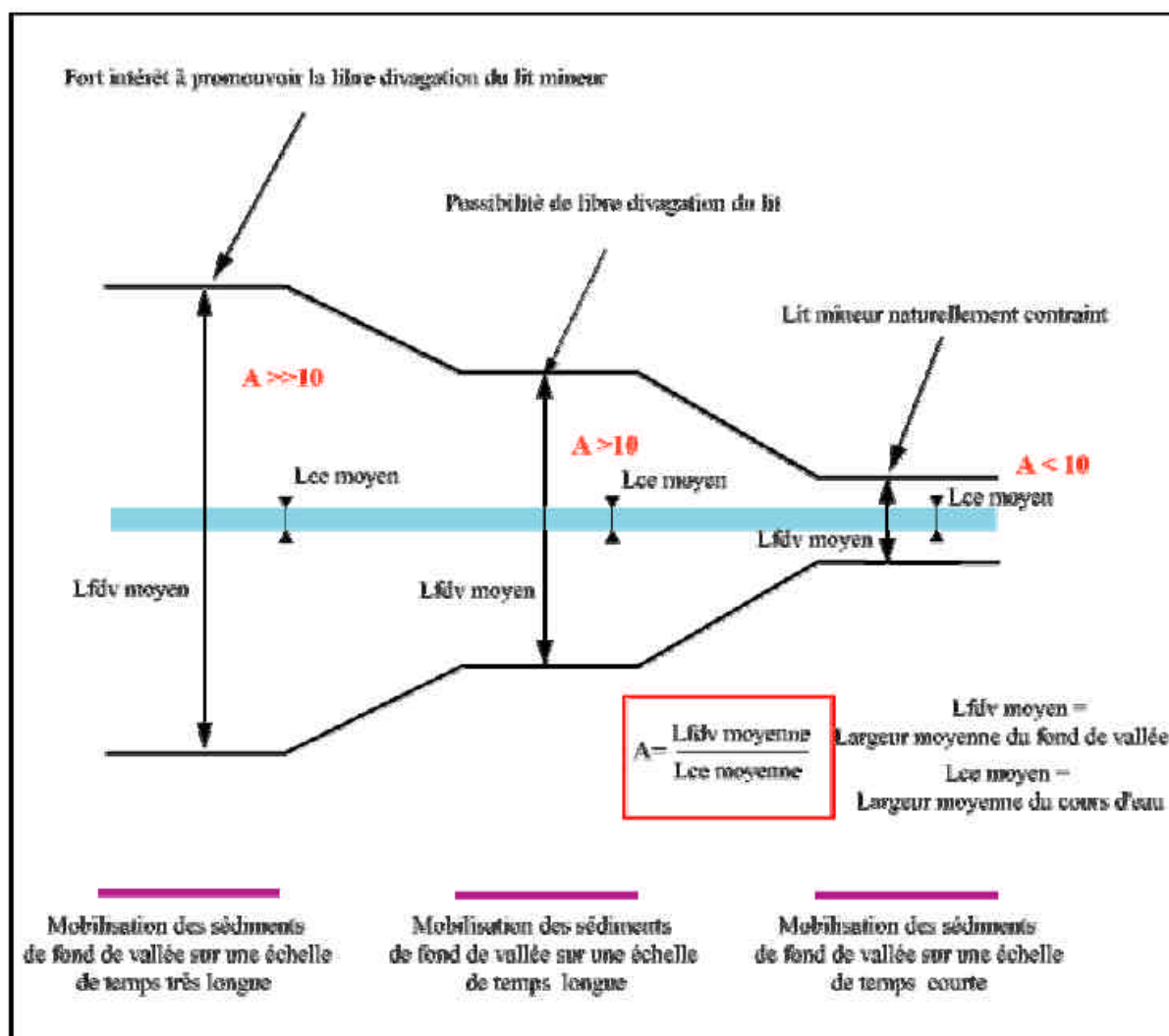


Figure n°18 : Détermination des largeurs de cours d'eau au débit de plein bord (Support Orthophotoplan IGN©)



**Figure n°19 : Calcul de l'amplitude de divagation
(Lecarpentier, DIREN, 2004)**

La détermination de l'amplitude de divagation permet de constater que le chenal possède un espace suffisant pour pouvoir divaguer librement dans le fond de vallée et assurer son équilibre dynamique par la mobilisation des sédiments à plus ou moins long terme selon la largeur du fond de vallée.

Théoriquement, cet espace suffisant est obtenu pour une amplitude supérieure ou égale à 10.

-La pente moyenne de la vallée (I). Elle se calcule par le rapport entre les différences d'altitudes du drain principal théorique (z : $z1_{\text{amont_drain}} - z2_{\text{aval_drain}}$) (en m) et la longueur (L en m) du tronçon de la vallée (figure 20).

La pente moyenne de la vallée donne une information sur le potentiel d'énergie du flot. De plus, cette pente intervient dans le calcul de la variable puissance de la vallée.

A partir du Modèle Numérique de Terrain (MNT), il est possible de retrouver les coordonnées d'altitudes (z) aux extrémités amont-aval de chaque tronçon de fond de vallée et de procéder au calcul en intégrant la longueur du tronçon. Ce calcul est automatisable pour chaque tronçon, par croisement des données du MNT et des données du tronçon.

Une erreur relative dans le calcul de pente est mesurable sachant la précision du MNT de l'ordre du mètre. Cette erreur moyenne serait de l'ordre de 0.3 ‰ (surtout pour les tronçons amont souvent courts).

A noter qu'un programme a été développé afin d'obtenir tout de même une pente significative dans les cas où les altitudes amont-aval d'un tronçon sont identiques (donc aboutissant logiquement à une pente nulle).

La pente moyenne de la vallée donne une information sur le potentiel d'énergie du flot. Au-delà d'une valeur de 0.5‰, le tronçon est considéré comme actif car l'énergie du flux hydrique est capable de mobiliser les sédiments (sous la condition qu'ils soient mobilisables). En deçà de cette valeur, l'énergie peut ne pas être suffisante. Ce seuil est bien sûr purement théorique. De plus, la pente intervient dans le calcul de la variable de contrôle puissance spécifique.

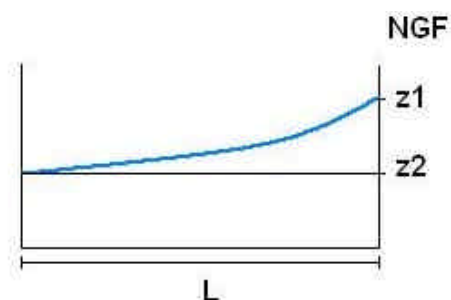


Figure n°20 : schéma de calcul de pente

-La puissance moyenne de la vallée. La puissance permet de quantifier la capacité de travail d'un cours d'eau. C'est un paramètre clé contrôlant les possibilités d'ajustement en plan et en long (mécanismes d'érosion et de transport sédimentaire) de la géométrie du lit. Elle s'exprime par la formule suivante :

$$\text{Puissance (en } W.m^{-1}) = f \cdot g \cdot Q \cdot I$$

Où f est la masse volumique de l'eau (1000 kg.m^{-3}), g l'accélération de la gravité (9.8 m.s^{-2}), Q le débit (en $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$) et I la pente moyenne de la vallée (en m.m^{-1})

Remarque : Pour le calcul de puissance, le débit retenu est la Q2. En effet, il semble que ce débit, correspondant au débit de plein bord (suivant les cas, le débit de plein bord peut être Q5), est le plus morphogène (avec les débits les plus importants type Q50 ou Q100 où l'énergie est telle que le chenal s'en trouve modifié). A Q2, l'énergie apportée atteint l'énergie nécessaire pour « décoller » et transporter les charges de fond (notion de « shear stress »), et initier un maximum de frottements dans le chenal. Au delà du débit de plein bord, du fait de l'expansion dans le val, il y a une dissipation d'énergie diminuant les forces structurantes dans le chenal.

Ici, l'intérêt est porté sur l'évolution morphogène du chenal, l'utilisation de la formule de la puissance spécifique sera donc préférée :

$$\text{Puissance spécifique (W.m}^2\text{)} = f \text{ gQI} / W$$

Avec, ici, Q le débit Q2 (en m³.s⁻¹) et W la largeur moyenne du cours d'eau (en m).

Calcul du Q2 : Un certain nombre de stations de jaugeage sont disposées dans la région, surtout sur les plus grands cours d'eau. Sur ces cours d'eau, le Q2 spécifique est repris dans les données hydrologiques des stations de jaugeage.

Quand un cours d'eau dispose de plusieurs stations sur son linéaire, une fonction puissance est appliquée (Figure 21).

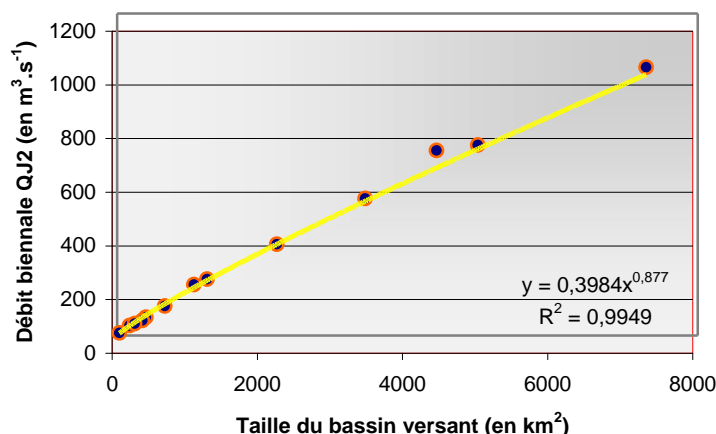


Figure n°21 : Evolution du Débit Q2 en fonction de la taille du bassin versant (relation puissance) : exemple du Doubs

Le Q2 spécifique est multiplié par la taille du Bassin versant (en km²) pour chaque tronçon, ce qui permet d'obtenir un Q2 théorique pour une taille de bassin versant d'un tronçon donné.

Pour les autres cours d'eau, une analyse thématique (sous MapInfo 7.5), sur la base des stations existantes, permet d'obtenir le Q2 spécifique approximatif sur les différents tronçons, ce qui donne par multiplication avec la taille du Bassin versant, le Q2 par tronçon.

Bien sûr, cette méthode est critiquable mais elle est la seule applicable sur l'échelle géographique et sur l'échelle de temps de travail considérées. Il est vrai qu'il existe des modèles hydrauliques (ex : crupedix...)

établissant une relation avec la taille du bassin versant et d'autres variables dont nous ne disposons que sur les grands cours d'eau, qui, eux, ont des stations de jaugeage.

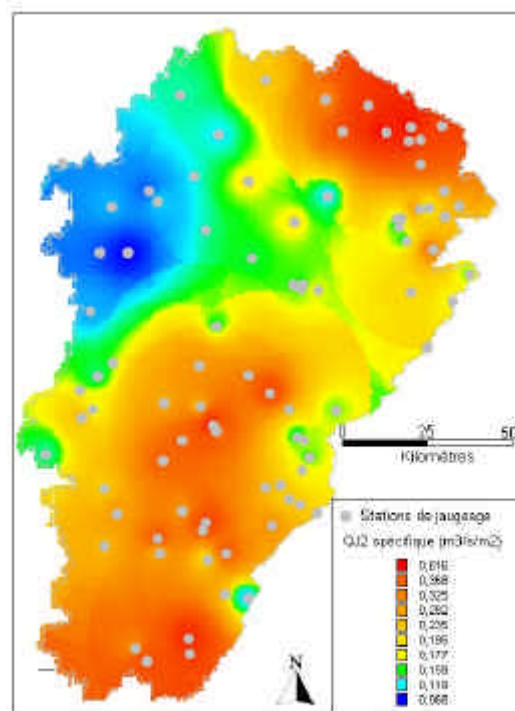


Figure n°22 : Analyse thématique du Q2 spécifique

Outre l'erreur relative au Q2 spécifique, le calcul de la puissance cumule d'autres sources d'erreur :

- **le calcul du Q2** : ce calcul nécessite deux types de données : la taille du Bassin Versant du tronçon et le Q2 spécifique. Comme vu précédemment, le Q2 spécifique n'est pas fiable à 100%, induit par la méthode. La mesure de taille de BV n'est pas non plus vierge d'erreur. En effet, pour les tronçons de confluence entre deux cours d'eau, l'arrivée d'un affluent induit une erreur de mesure : le calcul automatisé a tendance à cumuler à la surface du BV du tronçon celle du tronçon aval de l'affluent. Des corrections manuelles ont été effectuées, ce qui n'exclut pas quelques erreurs ponctuelles.
- **La pente de la vallée** : comme cela a été expliqué auparavant, étant donné la précision du MNT, le calcul de la pente de la vallée a une certaine erreur relative.
- **La largeur du cours d'eau** ayant été mesuré visuellement à une marge d'erreur difficilement quantifiable...(de l'ordre du mètre).

Lors du calage de la typologie, tous ces indices calculés seront alors recoupés avec les taux d'érosion mesurés.

A titre indicatif, il existe dans la littérature des classes d'activité géodynamique pour ces différents indices (travaux sur l'amplitude de divagation, la puissance spécifique). Il en ressort majoritairement un poids explicatif de la puissance spécifique dans la résultante géodynamique (activité). Ceci permet par exemple de définir des classes et de calculer un « score », totalement théorique, qui est un coefficient synthétique de l'activité géodynamique d'un tronçon de cours d'eau à partir des quatre indices détaillés précédemment (voir tableaux 3, 4, 5, 6, 7, 8 suivants)

A noter que ce n'est que purement expérimental, mais il sera toujours intéressant de comparer cette méthode à la méthode développée. En effet, un coefficient synthétique n'est pas toujours très utilisable et représentatif de la réalité.

Ainsi, une approche plus concrète est ici préférée, utilisant les indices d'activité réelle (flèches d'érosion...) et surtout un traitement plus complet et scientifique des différentes variables intervenant.

Calcul du score pour chaque variable, pondération et classification (approche expérimentale) :

(Travaux de Andriamahef H., Lecarpentier T., non publiés)

L'établissement d'une typologie en trois classes permet une vision globale et rapide du potentiel de mobilité d'un tronçon de cours d'eau. Selon les cas les tronçons actifs pourront faire l'objet d'une préservation ou d'une restauration de leur dynamique dans le cadre du concept d'espace de liberté. La définition de cette typologie se base sur l'attribution d'un score en fonction du dépassement d'un ou plusieurs seuils suivant l'indice géodynamique. Pour chaque indice, le seuil a été choisi en fonction de sa pertinence à expliquer une activité potentielle du cours d'eau.

Voici, pour les quatre variables dans la typologie à trois classes retenue, les seuils définis :

Indice de sinuosité	$X < 1.05$	$1.05 < X < 1.5$	$1.5 < X$
Caractéristique du tronçon	Chenal rectiligne à berges peu cohésives	Chenal sinueux à berge semi-cohésives	Chenal rectiligne à berges peu cohésives
Score	5	3	1
Code couleur			

Tableau 3 : Classification selon l'indice de sinuosité

Amplitude de divagation	> 20	>10	<10
Caractéristique du tronçon	Très large plaine alluviale	Large plaine alluviale	Plaine alluviale restreinte
Score	5	3	1
Code couleur			

Tableau 4 : Classification selon l'amplitude de divagation

Pente moyenne de vallée	> 0.5°%	< 0.5°%
Caractéristique du tronçon	Possède une énergie suffisante pour mobiliser les sédiments	Ne possède pas une énergie suffisante pour mobiliser les sédiments
Score	5	1
Code couleur		

Tableau 5 : Classification selon la pente moyenne de la vallée

Puissance moyenne	Forte > 35 W/m ²	Faible < 35w/m ²
Caractéristique du tronçon	Capacité du chenal à éroder ses berges*	Incapacité du chenal à éroder ses berges
Score	5	1
Code couleur		

Tableau 6 : Classification selon la puissance spécifique

Chaque variable est pondérée par un coefficient permettant de lui attribuer une valeur d'importance dans la détermination du potentiel de mobilité sur le tronçon.

Les coefficients de pondération pour les quatre variables sont les suivants :

Indice géodynamique	Coefficient de pondération
Indice de Sinuosité (Is)	0,2
Amplitude de divagation (A)	0,4
Pente moyenne de la vallée (I)	0,2
Puissance spécifique	0,2

Tableau 7 : Pondération des différents indices

- Calcul du score final :

La somme des scores pondérés, tous indices confondus, donne une note qualifiant un état d'activité géodynamique sur le tronçon.

Ce score final s'exprime par la forme suivante :

$$\text{Score} = [(\text{score Is} \times 0.2) + (\text{score A} \times 0.4) + (\text{score I} \times 0.2) + (\text{score P spé.} \times 0.2)] \times 4$$

Activité potentielle du tronçon	Actif	Moyennement actif	Non actif
Caractéristique du tronçon	Fort intérêt à instaurer le concept d'espace de liberté	Intérêt à instaurer le concept d'espace de liberté	Peu d'intérêt à instaurer le concept d'espace de liberté
Score	> 15	15 > X > 10	< 10
Code couleur			

Tableau 8 : Classification théorique de l'activité potentielle de tronçons de cours d'eau

Sur la base de ce score, pour chaque tronçon, est défini un intérêt à instaurer un espace de liberté en trois classes correspondant à l'activité géodynamique potentielle

d. Elaboration de la typologie régionale

Suite aux phases précédentes, la finalisation de la typologie a lieu par recoupement des données « terrain » (taux d'érosion relatifs) avec les variables « globales » recueillies au niveau des tronçons de rivière (base de données géodynamiques).

Ce calage est essentiel pour étudier les potentialités de mobilité des différents tronçons et pour la définition de seuils nécessaires pour le classement des tronçons du réseau hydrographique en catégories de potentialités à la mobilité (*tronçons inactifs, tronçons moyennement actifs ou potentiellement moyennement actifs et tronçons potentiellement actifs*), fondement de la typologie.

Il s'agit, tout d'abord de recouper et de relier les taux d'érosion avec les données géodynamiques sur chaque flèche d'érosion et également de répertorier pour chaque tronçon de cours d'eau le nombre de flèches d'érosion, les taux minimum et maximum ainsi que le taux moyen relatif.

Puis une phase de traitements statistiques est effectuée (du type ACP ou AFC*) afin d'identifier les variables ou combinaisons de variables (pentes, puissance...) explicatives de l'activité géodynamique des cours d'eau visualisée et mesurée grâce aux taux d'érosion...

Cela permettra de cartographier les tronçons potentiellement actifs par le raisonnement suivant : si un tronçon, pour lequel aucune trace d'activité n'est observée, possède des caractéristiques géodynamiques explicatives proches de celles d'un tronçon identifié comme actif (taux d'érosion annuel relatif de 10% par exemple), il pourra être identifié et cartographié comme potentiellement actif.

Cela permettra également de diagnostiquer un dysfonctionnement si un tronçon théoriquement potentiellement actif ne l'est pas réellement en raison de la présence d'aménagements du type enrochements, endiguements, seuils...

Remarque : Sans ces recoupements statistiques, il est connu que les taux d'érosion dépendent de variables géodynamiques calculées (puissance...) mais également de facteurs stationnels qui sont, par exemple, la nature des sédiments et notamment leur cohésion. Il est logique qu'un cours ayant une puissance, une pente données et dont le lit est constitué de matériaux grossiers peu cohésifs (exemple : sables), aura une capacité d'érosion beaucoup plus importante qu'un cours d'eau ayant les mêmes caractéristiques géodynamiques mais dont le lit est constitué de matériaux fins et très cohésifs.

Ces données de cohésion des matériaux ne sont pas disponibles car elles nécessitent des sondages sur le terrain, inconcevables pour une étude à une échelle régionale traitant un linéaire de cours d'eau de plus de 3000 km.

2. Approche pratique

Sur les bases théoriques décrites auparavant, l'établissement de la typologie régionale se fait en plusieurs étapes.

Sachant que la sectorisation en tronçons homogènes ainsi que la mesure des taux d'érosion ont déjà été réalisées, il s'agit de :

- renseigner la base de données, nécessaire pour identifier les caractéristiques géodynamiques de chacun des tronçons de cours d'eau,

- puis recouper la base de données avec les données d'activité récente pour établir une typologie en trois catégories : tronçons inactifs, tronçons moyennement actifs ou potentiellement moyennement actifs et tronçons potentiellement actifs.

a. Renseignement de la BD

Le renseignement de la base de données passe par une méthodologie complexe alternant travail sur les logiciels MapInfo 6.5[®], ArcView 3.1[®] et Excel[®].

La démarche est la suivante :

- 1) Importation sur Excel des données traitées par Jean-René MALAVOI, à savoir les largeurs de fond de vallée théoriques pour chaque tronçon de cours d'eau de 500 mètres (suite au tracé de perpendiculaires tous les 500 mètres).
- 2) Obtention, par regroupement des tronçons présentant des homogénéités de largeur, de tronçons homogènes et de leur largeur (suivant la méthodologie développée par Thomas Lecarpentier en 2004).
- 3) Importation sur MapInfo et sectorisation du cours d'eau en tronçons homogènes.

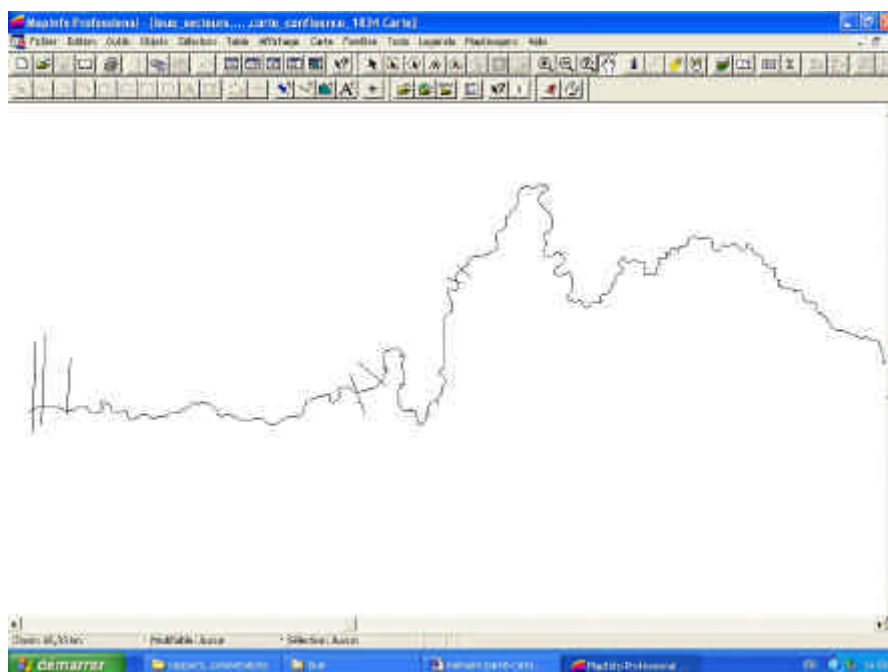


Figure n°23 : Visualisation de la sectorisation sous MapInfo©

- #### 4) Importation sur ArcView.

Sur Arcview sont effectuées différentes manipulations afin d'obtenir les données brutes : dans l'ordre de procédure,

- Identification des différents tracés : le tracé du cours d'eau suivant la BD Carthage, le drain théorique principal et le tracé de la vallée,
- Découpage des trois tracés selon les tronçons homogènes identifiés précédemment,
- Mesure des longueurs des différents tronçons sur les différents tracés (BDC, drain, vallée)
- Récupération des coordonnées (X, Y) et mesure des altitudes amont et aval de chaque tronçon du drain et de la « BDC »,

- Mesure de la surface du bassin versant en km²,
- Détermination de l'Ordre de Strahler pour chaque tronçon du cours d'eau,
- Jointure du tout et exportation sur Excel au format « Texte ».
- Calcul de la largeur théorique du lit mineur des tronçons. Elle est calculée sur la base des largeurs mesurées tous les 500 mètres.

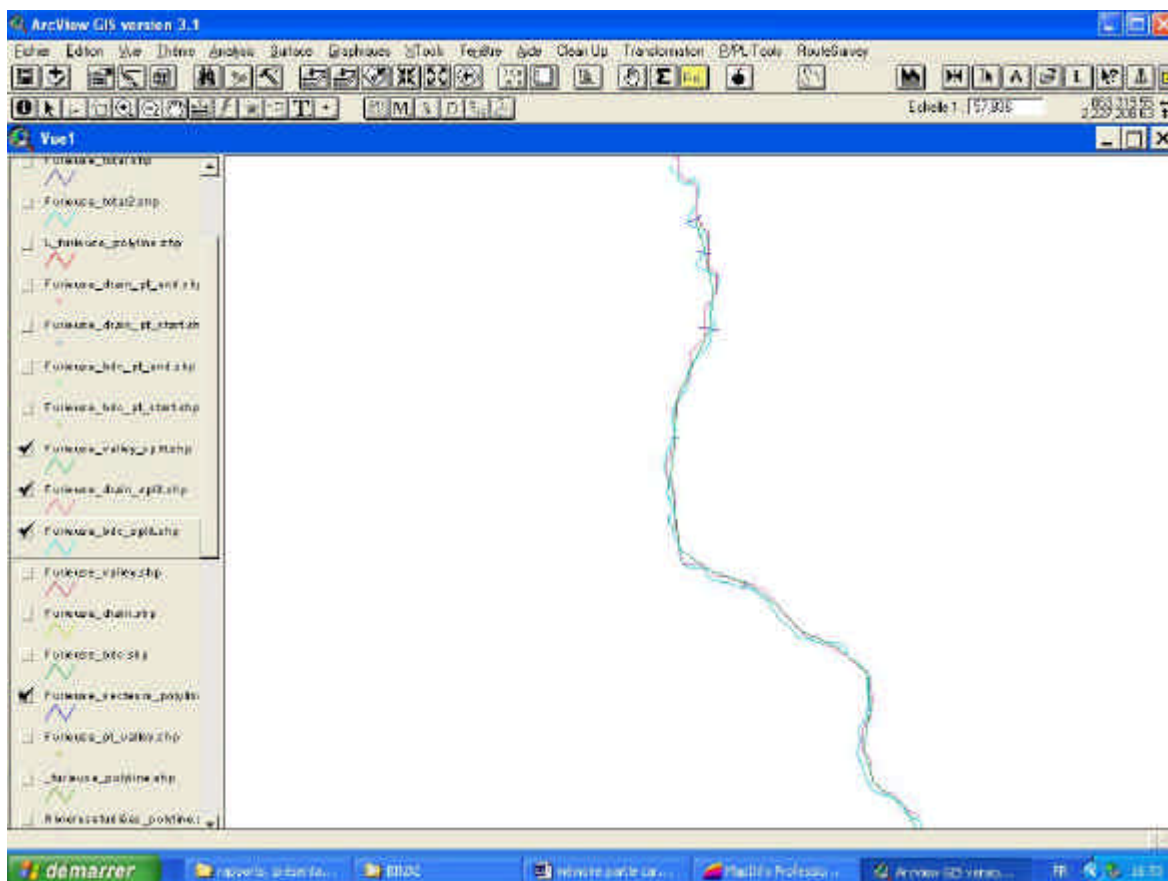


Figure n°24 : Visualisation de la fenêtre ArcView©

5) Importation des données brutes sur Excel.

Passage des données dans les calculs automatisés afin d'obtenir les variables suivantes par tronçon :

- la sinuosité,
- la pente de la vallée et du cours d'eau,
- le débit biennal,
- la puissance spécifique,
- le rapport entre la largeur moyenne du fond de vallée et la largeur théorique du cours d'eau.

Accessoirement et théoriquement, on obtient au final un score théorique (de 0 à 20) pour chaque tronçon, correspondant à une classe d'intérêt potentiel de cartographie en place d'un espace de liberté.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
	Auto	StartPt_X	StartPt_Y	EndPt_X	EndPt_Y	Len-bdc	Len_Vallée	Sinuosity	Len-drain	Z-bdc-am	Z-bdc-ar	Z-drain-am	Z-drain-ar	SLOPE
1	1	901139.96	2251104.95	899606.2	2233260.04	3799.39	2472.5413	1.530359013	5454.9622	535	404	600	400	0.00087
2	2	899906.2	2233260.04	898766.78	2234039.42	1567.2934	1609.3433	1.031768848	1646.475	404	405	400	300	0.0132
3	3	898766.78	2234039.42	896842.64	2234513.31	2284.2411	2024.7179	1.128177461	2281.7873	405	364	380	364	0.0079
4	4	896842.64	2234513.31	894753.14	2236516.56	3534.2017	3073.0397	1.150232	3453.8627	364	350	364	350	0.0049
5	5	894753.14	2236516.56	893552.69	2237540.1	1689.3694	1534.2939	1.101072878	1798.3921	350	341	350	340	0.0051
6	6	893552.69	2237540.1	889999	2241620.59	11361.747	9671.2668	1.164451855	10833.548	341	321	340	321	0.0019
7	7	889999	2241620.59	883815.67	2240251.73	3396.8965	2691.2973	1.315499656	3166.0483	321	320	321	317	0.00154
8	8	883815.67	2240251.73	882381.47	2239665	4365.1018	3486.8278	1.257039623	4134.8426	320	309	317	309	0.00228
9	9	882381.47	2239665	879874.39	2236754.85	6249.3293	5596.7509	1.18600577	6361.6045	309	297	309	297	0.00214
10	10	879874.39	2236754.85	876806.34	2237202.03	3450.7231	2896.3642	1.195530032	3411.6536	297	292	297	291	0.00207
11	11	876806.34	2237202.03	876832.88	2240331.57	4984.0886	4471.7059	1.114883273	4867.5288	292	285	291	288	0.0013
12	12	876832.88	2240331.57	874858.09	2245363.37	7552.1539	7005.1903	1.132325256	7971.5231	285	274	285	274	0.00157
13	13	874858.09	2245363.37	869834.43	2240041.49	8687.3283	8276.2654	1.049665143	8857.6246	274	265	274	265	0.00106
14	14	869834.43	2240041.49	868720.64	2239069.18	1608.9083	1622.1571	1.05754924	1705.6808	265	264	265	264	0.00066
15	15	868720.64	2239069.18	868362	2238190.24	1110.1453	1049.6284	1.05755547	984.5452	264	261	264	261	0.00285
16	16	868362	2238190.24	868144.13	2238346.37	1203.883	10571.601	1.154378832	11716.467	261	248	261	248	0.00132
17	17	868144.13	2238346.37	865019.1	2228585.03	2459.2496	1771.5391	1.368193446	2242.8118	248	247	248	247	0.00092
18	18	865019.1	2228585.03	864374.94	2230495.37	2887.7033	2328.0264	1.240409602	2234.322	247	247	247	246	0.0004
19	19	864374.94	2230495.37	864410.41	2232731.88	2387.2141	2203.768	1.063628972	2454.8418	247	238	245	238	0.00363
20	20	864410.41	2232731.88	863879.43	2231665.66	3013.8736	2251.8112	1.338421978	2945.148	238	235	238	235	0.0013
21	21	863879.43	2231665.66	862678.37	2230743.69	1044.1441	7950.6945	1	1132.563	235	232	235	232	0.00037
22	22	862678.37	2230743.69	860928.09	2229960.17	2018.9128	1951.0742	1.034769872	2137.894	232	229	232	229	0.0015
23	23	860928.09	2229960.17	859327.65	2228584.06	27367.435	22745.458	1.199687189	24626.439	229	196	229	197	0.0014
24	24	859327.65	2228584.06	837513.86	2228826.21	1647.7736	2135.7776	1	2141.0988	196	185	192	194	0.0014
25	25	837513.86	2228826.21	836865.23	2228684.91	654.5576	919.6077	1	622.6682	185	184	194	194	0.001
26	26	836865.23	2228684.91	836494.95	2228350.06	519.6302	0	#DIV/0!	537.9102	184	193	194	193	#DIV/0!

Figure n°25 : Visualisation de l'étape de calcul des indices et de regroupement des données sous Excel®

6) Regroupement des résultats, importation sur Arcview, jointure avec les données déjà obtenues.

7) Importation sur MapInfo du tableau de synthèse des variables hydrogéomorphologiques des différents tronçons du cours d'eau.

(Tableau 9 : Cas de la rivière la Seille)

Auto_ID	StartPnt_X	StartPnt_Y	EndPnt_X	EndPnt_Y	L_bdc	L_vallée	Sinuosité	L_drain	Z-bdc-am	Z-bdc-av	Z-drain-am	Z-drain-av
1	856209,95	2201530,04	854771,31	2200284,43	2420,4	1525	1,58722491	13523,3735	389	334	556	334
2	854771,31	2200284,43	850543,55	2200124,98	7934	6478,8	1,22461774	7485,1661	334	253	334	253
3	850543,55	2200124,98	848344,31	2202177,83	3951	3026,1	1,3056367	3389,2179	253	238	253	237
4	848344,31	2202177,83	845190	2201281,34	4264,8	3416,4	1,24834552	3621,1986	238	224	237	224
5	845190	2201281,34	843801,96	2200709,21	1724,4	1624,9	1,06121179	1726,397	224	220	224	220
6	843801,96	2200709,21	842379,86	2199182,9	2513	2557,2	1	3910,6399	220	213	220	207
7	842379,86	2199182,9	841460,42	2198760,03	1131,2	2212,5	1	915,0181	213	210	207	204
8	841460,42	2198760,03	839973,98	2198756,8	1695,3	2654,3	1	858,6972	210	206	204	204
9	839973,98	2198756,8	838144,42	2198519,95	2187,9	2778,9	1	2443,4768	206	201	204	200
10	838144,42	2198519,95	836088,04	2197735,96	2455,6	3015,5	1	2703,5578	201	195	200	195
11	836088,04	2197735,96	833556,33	2198009,3	2794,6	2555,1	1,09373789	3162,0215	195	194	195	191
12	833556,33	2198009,3	831068,92	2197683,98	2954,3	2550,8	1,15821185	2733,5216	194	188	191	189
13	831068,92	2197683,98	830025,94	2197590,25	1210,3	1378,5	1	1392,5683	188	188	189	186
14	830025,94	2197590,25	828565,12	2197394,95	2040,7	1405,8	1,451649	1614,9077	188	187	186	185
15	828565,12	2197394,95	827322,69	2196974,58	1651,4	1586	1,04128153	1438,861	187	184	185	184
16	827322,69	2196974,58	826779,73	2196981,08	687,06	546,36	1,25751557	972,5799	184	183	184	182
17	826779,73	2196981,08	823685,05	2188400,04	12486			386,8761	183		182	182

Pente vallée	Strahler	T-BV-fac	PK_AVAL	PK_INV	largeur chena	FDV_Larg	ap_FdV_LAR	Pente bdc	Q2	Puissance	Score	Intérêt
0,14557791	1	113,2275	2,4204491	51,6814095	12,5000	179,75	14,38	0,02272306	32,3507143	3696,05444	13,6	Moyen
0,01250232	3	223,9825	10,3544976	43,747361	13,7500	250,538462	18,220979	0,01020916	63,995	570,825106	12	Moyen
0,00528735	3	239,85	14,3054741	39,7963845	21,6250	574,166667	26,5510597	0,00379653	68,5285714	164,369962	15,2	Fort
0,00380522	4	284,935	18,5702748	35,5315838	26,7778	513,857143	19,1896699	0,00328269	81,41	113,488351	12	Moyen
0,00246164	4	292,13	20,2946737	33,8071849	15,6667	570	36,3829013	0,00231965	83,4657143	128,654184	15,2	Fort
0,00508371	4	298,01	22,807658	31,2942006	25,8000	3294,5	127,693798	0,00278553	85,1457143	164,585942	16,8	Fort
0,00135594	4	299,5	23,9388283	30,1630303	20,5000	2169,5	105,829268	0,00265212	85,5714286	55,5244468	16,8	Fort
0,00037675	4	302,0375	25,6341198	28,4677388	24,2500	2787,5	114,948454	0,00235948	86,2964286	13,1522711	13,6	Moyen
0,00143939	4	318,0925	27,8220451	26,2798135	22,0000	5239,75	238,170455	0,00228527	90,8835714	58,3326309	16,8	Fort
0,00165812	4	324,6525	30,2776251	23,8242335	19,0000	2898,2	152,536842	0,00244341	92,7578571	79,4113518	16,8	Fort
0,00156549	4	369,525	33,0722526	21,029606	23,4000	3814,6	163,017094	0,00035783	105,578571	69,2912267	15,2	Fort
0,00078408	4	437,96	36,0265872	18,0752714	21,6667	2753	127,061343	0,00203091	125,131429	44,4222918	15,2	Fort
0,00217635	4	439,5525	37,2369088	16,8649498	21,6667	1491,5	68,8383556	0,00082623	125,586429	123,75072	16,8	Fort
0,00071135	5	444,95	39,2776117	14,8242469		1000,33333		0,00049003	127,128571			
0,00063053	5	451,555	40,9290411	13,1728175		1146,66667		0,00181661	129,015714			
0,0036606	5	454,6825	41,6160963	12,4857623		1163		0,00145549	129,909286			
	6	454,8325	54,1018586	0				0,01465669	129,952143			

Tableau 9 : Exemple de données géodynamiques calculées pour chaque tronçon de cours d'eau (ici la Seille)

b. Calage de la typologie :

Une fois tous les cours d'eau renseignés, c'est-à-dire que pour chaque tronçon de cours d'eau ont été mesurées ou calculées les variables géodynamiques, la phase de recouplement de ces dernières avec les mesures d'activité géodynamique peut être réalisée.

Il s'agit dans un premier temps de relier les taux d'érosion aux tronçons de cours d'eau pour obtenir :

-pour chaque tronçon, le nombre de flèches d'érosion, les taux d'érosion minimum et maximum ainsi qu'un taux d'érosion relatif moyen,

Nom_CE	ID_Tronçons	Sinuosity	SLOPE_FILL_VALL	Strahler	T-BV-fac	Rap_FdV_LARG	SLOPE_FILL_BDC	Q2
Saône	6,00	1,63	0,00	4,00	84,40	6,43	0,00	10,34
Saône	9,00	1,58	0,00	4,00	111,72	34,96	0,00	13,69

PUISSANCE	Score	Intérêt	Count_Erosion	Min_Erosion	Max_Erosion	Ave_Erosion
4,44	4,00	Nul	1,00	1,00	1,00	1,00
4,25	10,40	Moyen	3,00	2,00	3,00	2,33

Tableau 10 : Exemple de recouplement des flèches d'érosion par tronçon

-pour chaque flèche d'érosion, les variables géodynamiques du tronçon dont elle fait partie.

ID_Fleches	Taux_Erosion	Nom_CE	ID_tronçons	STARTPNT_X	STARTPNT_Y	ENDPNT_X	ENDPNT_Y
1	3	lanterne	5	903429,42	2315254,97	900583,36	2316271,14
2	6	lanterne	5	903429,42	2315254,97	900583,36	2316271,14

Tableau 11 : Exemple de recouplement par flèche d'érosion

A ce stade, un ajustement et une correction manuelle sont nécessaires sur l'ensemble des données. En effet, avec l'automatisation de la méthode, des absences ponctuelles de données, notamment sur les derniers tronçons, sont observées.

Cette correction s'applique :

- sur certains tronçons où l'on constate l'absence d'une variable...
- sur le dernier tronçon de la plupart des cours d'eau. A ce niveau, l'automatisation a tendance à cumuler certaines erreurs relatives à la surface du bassin versant. La surface du bassin versant intervenant dans le calcul du Q2 et donc dans celui de la puissance, ces erreurs peuvent être lourdes de conséquences.

Sur ces tronçons, la longueur de la vallée fait défaut (pour des raisons techniques), ce qui empêche le calcul de sinuosité et de pente de la vallée intervenant toutes deux dans le calcul de la puissance. Ainsi, ponctuellement et surtout pour les tronçons terminaux ayant des flèches d'érosion, ces variables sont renseignées.

Puis, sur cette base, un traitement statistique est effectué afin de mettre en évidence diverses relations entre les données géodynamiques (notamment la puissance) et les données d'érosion.

C. La démarche technique cartographique

En parallèle du développement et de la réalisation de la typologie régionale, le BE Malavoi a identifié des zones actuellement actives, où il est intéressant de cartographier et de mettre en place un espace de mobilité, afin de préserver les secteurs encore dynamiques.

Ces zones intéressantes ont été identifiées d'une part par leur activité géodynamique actuelle (taux d'érosion et bancs alluviaux), mais aussi par leur valeur patrimoniale (présence d'une forêt alluviale...).

Sur ces zones, un espace de liberté au titre du SDAGE doit être cartographié.

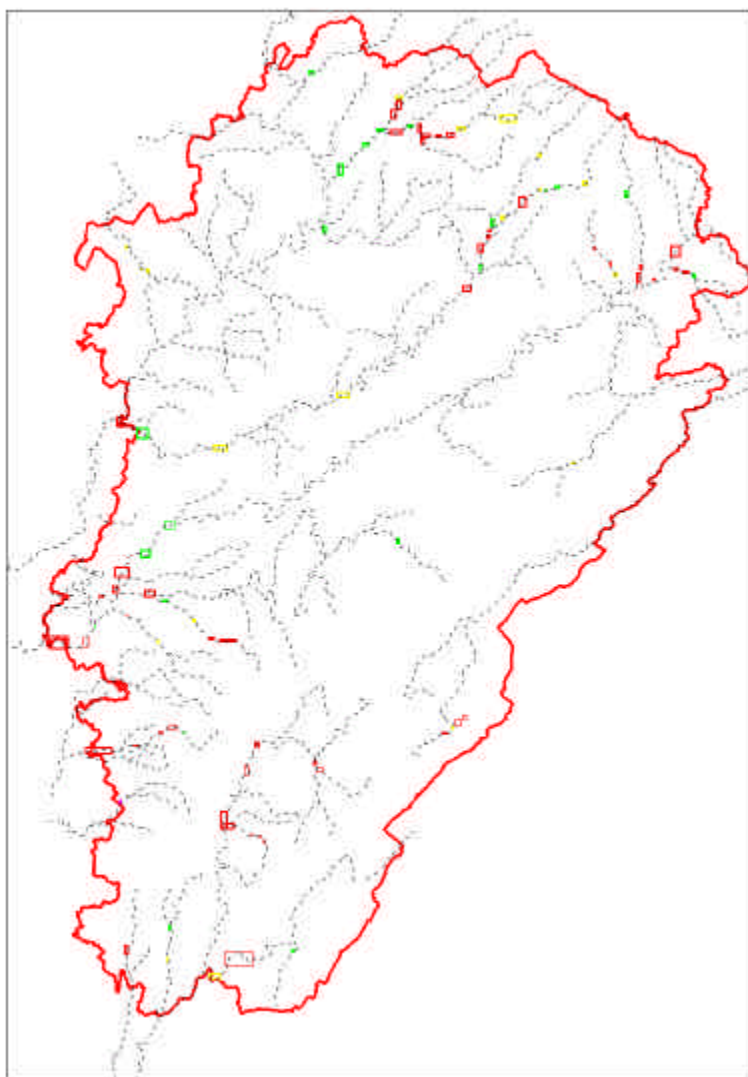


Figure n°26 : Tronçons de cours d'eau à activité géodynamique conséquente (BE Malavoi), nécessitant la cartographie d'un espace de mobilité

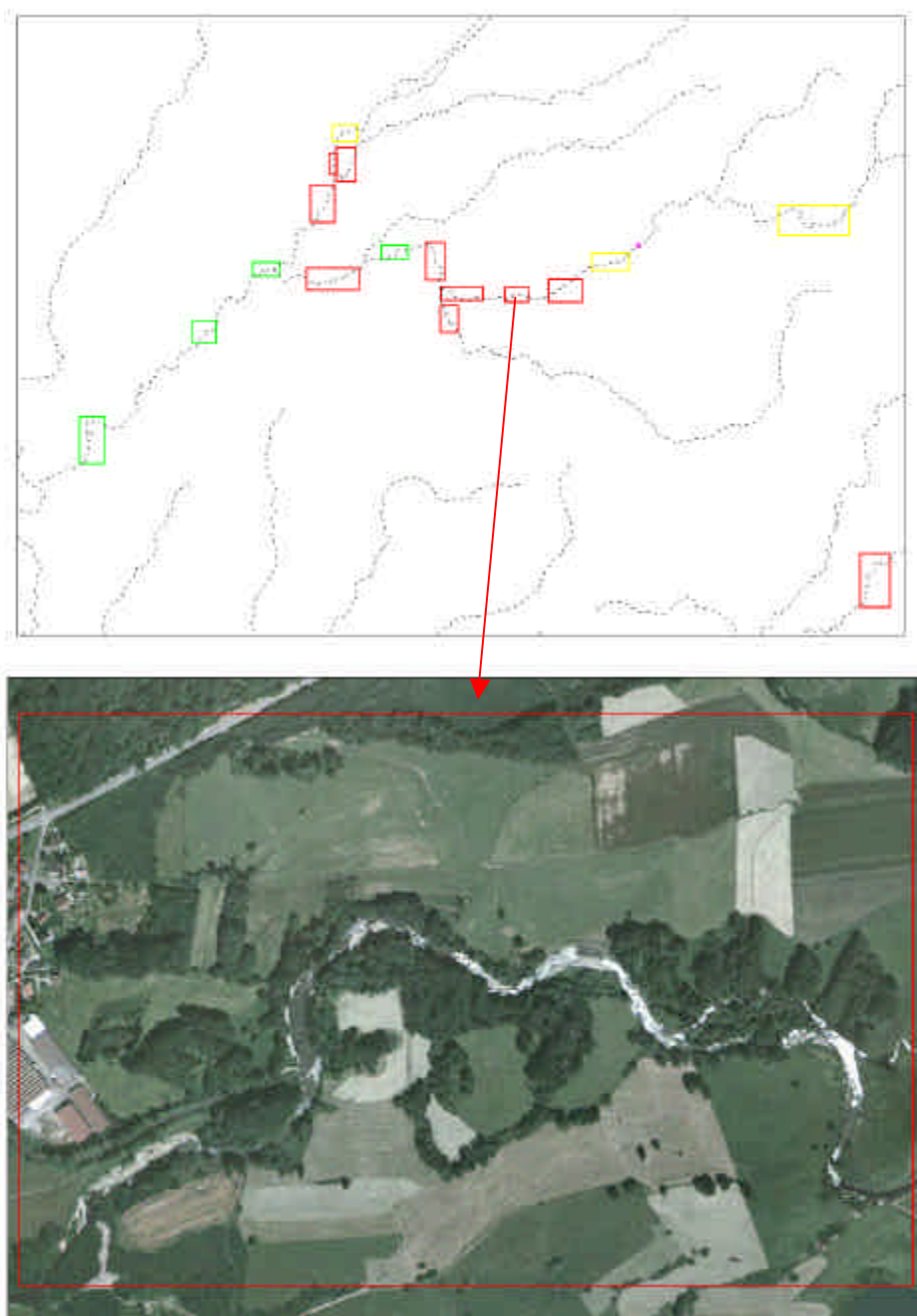


Figure n°27 : Exemple de zone active : tronçon du Breuchin (BE Malavoi)

Sur la base de la typologie mise en place, l'identification et la cartographie des espaces de liberté auront lieu préférentiellement sur les tronçons identifiés comme potentiellement actifs et potentiellement moyennement actifs, en plus des secteurs intéressants préalablement identifiés par le BE Malavoi comme actuellement actifs et moyennement actifs. La cartographie repose majoritairement sur la base méthodologique définie au titre du SDAGE RMC (guide technique n°2), mais également au titre de l'Arrêté Ministériel du 31 Juillet 2001 sur les extractions de granulats, dont la méthodologie reste en partie à définir, ceci indépendamment ou en complément du concept SDAGE.

1. *Eléments théoriques*

➤ Cartographie des espaces de mobilité

a. Au titre du SDAGE RMC (guide tech n°2)

La méthodologie appliquée est celle développée au titre du SDAGE RMC (guide technique n°2) :

- **E max** : espace de liberté maximal (alluvions Fz). Utilisation du MNT à 5 m pour délimiter le fond de vallée, relativement proche du tracé rustique sur carte géologique.
- **E fonc theo** : espace de liberté fonctionnel théorique. Recoupement de:
 - Espace de divagation historique
 - Amplitude d'équilibre (géométrie d'équilibre dynamique) = $10 \times W$
- **E fonc** : espace de liberté fonctionnel = E théorique amendé par l'intégration des contraintes humaines (enjeux socio-économiques)

Les contraintes anthropiques à la mobilité du lit sont :

- les zones bâties : zones urbaines, villages, hameaux, fermes, habitation isolée,
- les voies de communication : routes nationales, départementales, communales, voies ferrées, canaux et leurs ouvrages d'art,
- les activités économiques : industries et agriculture (champs),
- les barrages, digues, enrochements,
- les captages (puits, champ captant),
- les gravières existantes.

Parmi ces contraintes anthropiques, il est possible de définir

- celles dont l'enjeu est majeur :

- les zones bâties : zones urbaines, villages, hameaux, fermes,
- les voies de communications : routes nationales, départementales, voies ferrées, canaux et leurs ouvrages d'art, les routes d'accès unique à une zone habitée dense en cas de crue,
- les activités économiques : industries
- les digues de protection rapprochée des lieux habités denses.

- et celles dont l'étude approfondie permettra de définir si leur remise en question est possible pour l'établissement d'un espace de mobilité selon les termes techniques du guide technique de l'Agence de l'Eau RMC :

- les zones bâties : habitation isolée, résidence secondaire,
- les voies de communications communales,
- les activités économiques : agriculture,
- les barrages, digues, enrochements,
- les captages (puits, champ captant),
- les gravières existantes, selon leur taille comparativement aux capacités de transport solide du cours d'eau.

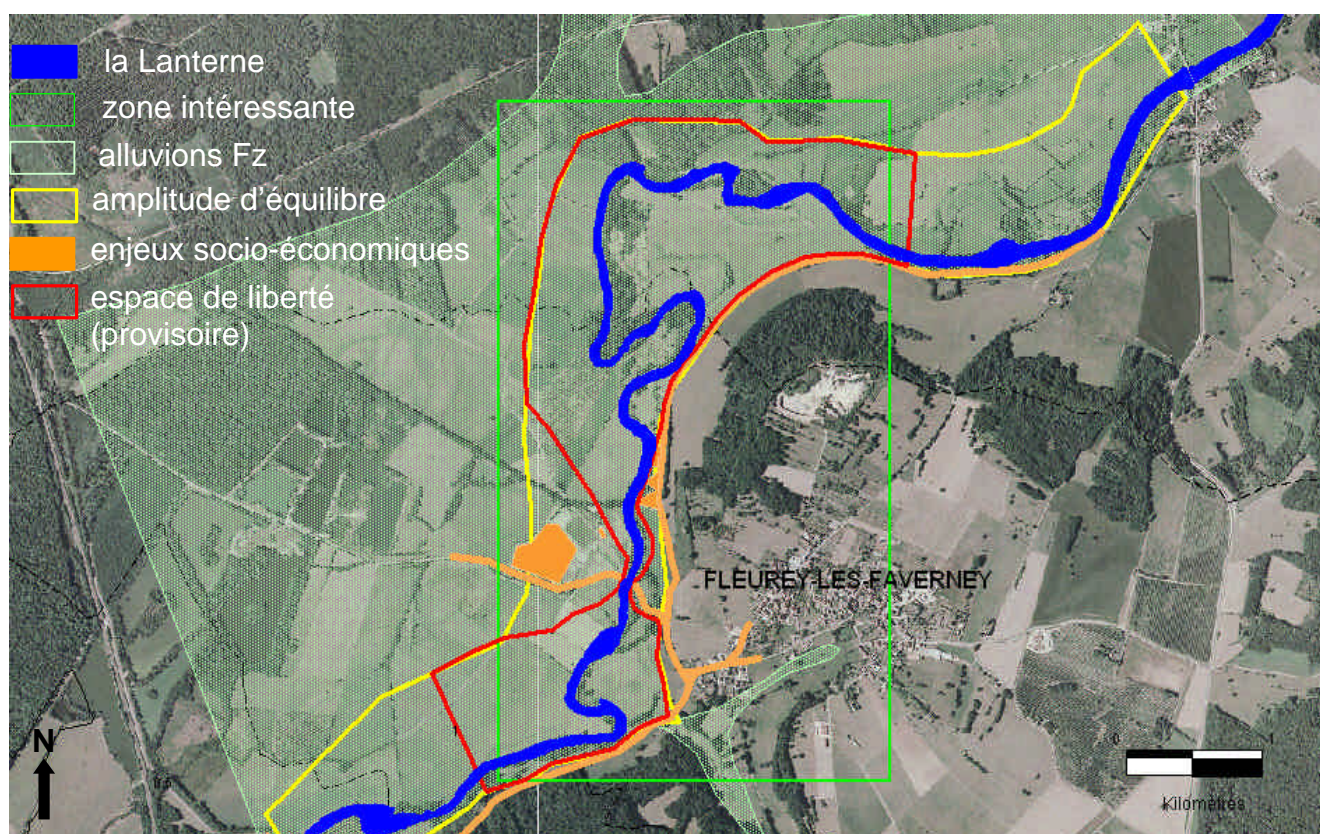


Figure n°28 : Exemple schématique de cartographie d'un espace de mobilité : tronçon de la Lanterne (tracé sur Orthophoto©)

Remarque : Pour cette étude, la possibilité de développer une méthode de délimitation d'un espace de mobilité au titre de l'arrêté ministériel 2001 est envisagée. En effet, dans certains cas où il n'est pas pertinent de délimiter un espace de mobilité au titre du SDAGE (exemple : plaine de divagation trop étroite), un espace de mobilité au titre de l'arrêté 2001 peut être cartographié. Dans cet espace, relatif aux extractions de granulats dans le lit majeur des cours d'eau, l'implantation de gravières serait prohibée car elles seraient situées dans une zone de risque de capture de la rivière élevé.

Aucune méthode définie et standardisée n'est disponible. Le carrier a la charge d'effectuer une étude préalable à l'implantation d'une carrière. Dans la majorité des cas, la délimitation d'un espace de mobilité est réalisée sur la base technique du SDAGE RMC.

Le BE Malavoi, dans le cadre d'une étude géomorphologique sur l'Orb, a défini un espace de mobilité au titre du SDAGE RMC et également au titre de l'arrêté 2001. Pour ce dernier, il a bénéficié des données de l'étude hydraulique permettant d'identifier les axes d'écoulement préférentiel en crue, ce qui a permis de définir des zones à risque de capture élevé. (Malavoi, 2004)

Dans notre cas, il est inconcevable de bénéficier de telles données hydrauliques car l'échelle de travail est trop importante. En effet, il est impossible de réaliser une étude hydraulique approfondie pour chaque tronçon identifié comme actif (et potentiellement actif) ou moyennement actif (et potentiellement moyennement actif).

Ainsi, il serait intéressant d'établir une méthode, raisonnablement coûteuse en temps, en données et en argent, reproductible à l'échelle régionale.

b. Au titre de l'arrêté 2001

Cet arrêté vise à restreindre l'implantation d'exploitations de granulats dans le lit majeur des cours d'eau par une interdiction d'exploiter dans « l'espace de mobilité » des cours d'eau.

- « Les exploitations de carrières de granulats sont interdites dans l'espace de mobilité du cours d'eau ». (Art II, alinéa 1).
- « L'espace de mobilité du cours d'eau est défini comme l'espace du lit majeur à l'intérieur duquel le lit mineur peut se déplacer » (Art II, alinéa 2).

Il semble donc relever plutôt de la notion d'aléa ou de risque et plus particulièrement de « risque de capture ».

La démarche technique de cartographie de cet espace est alors guidée par la question : *quelle est l'espace de la plaine alluviale où l'aléa d'érosion/avulsion (changement brutal de tracé) existe et où toute nouvelle extraction pourrait générer des risques de capture.*

Il semble irrévocable que l'espace de mobilité au titre du SDAGE RMC soit la base minimale à cet espace (Malavoi, communication personnelle).

Une réflexion a été menée sur une méthodologie pratique à développer sur la base de la méthodologie type SDAGE RMC :

- Une enveloppe du type Espace Fonctionnel Théorique (SDAGE) intégrant l'espace de divagation historique, l'amplitude d'équilibre et les zones d'érosion à 50 voir 100 ans, permettrait de délimiter une zone où l'aléa érosion/avulsion semble être le plus important dans le but d'éviter les risques de capture du cours d'eau par d'éventuelles exploitations. La prise en compte des enjeux socio-économiques, réduisant l'espace fonctionnel, n'étant pas pertinente car aucune menace pour les structures anthropiques n'est présente. Cette zone délimitée serait juste une zone interdite à l'implantation de gravière et non un espace de libre divagation de la rivière.
- Egalement, une prise en compte de la topographie pourrait être un élément intéressant.
- Enfin, dans la même logique que la typologie géodynamique régionale, la notion de puissance semble être une information intéressante pour évaluer la mobilité potentielle sur un tronçon de cours d'eau ; même s'il est vrai qu'un tronçon peu actif peut le devenir lors d'événements hydrologiques importants et donc représenter un risque éventuel.

Les éléments avancés ici ne sont que des pistes de travail et n'ont en aucun cas été testés ni validés.

III Résultats

A. Traitement des données

Avant d'aboutir à une typologie, ou du moins une éventuelle relation significative, divers tests ont été effectués dans l'objectif d'obtenir des données caractéristiques des cours d'eau de la région Franche-Comté et de mettre en évidence divers phénomènes géomorphologiques.

1. *Données générales sur la région Franche-Comté*

La région Franche-Comté est riche de 6100 km de cours d'eau, dont une trentaine de rivières font plus de 30 km de long. Environ la moitié du linéaire de la région, soit 3000 km, a été traitée dans cette étude.

La région est découpée par 4 hydro-éco-régions* de rang 0 et 5 de rang 1. Près de la moitié du réseau hydrographique traité s'écoule en hydro-éco-région 10, ce qui correspond aux Côtes Calcaires Est comprenant le substrat karstique franc-comtois (Figure 29.)

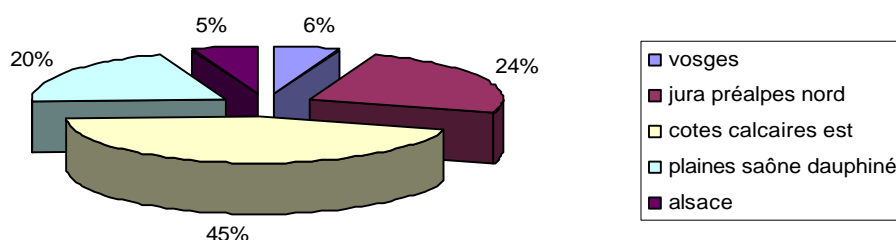


Figure n°29 : Distribution du linéaire de cours d'eau de la région suivant les hydro-éco-régions de rang 1

Au-delà, les caractéristiques plutôt géomorphologiques (gabarit, sinuosité...) des cours d'eau de la région peuvent être appréhendées.

Il en ressort que le réseau hydrographique est dominé par des tronçons de cours d'eau de rang de Strahler 3, 4 et 5 (Figure 30.)

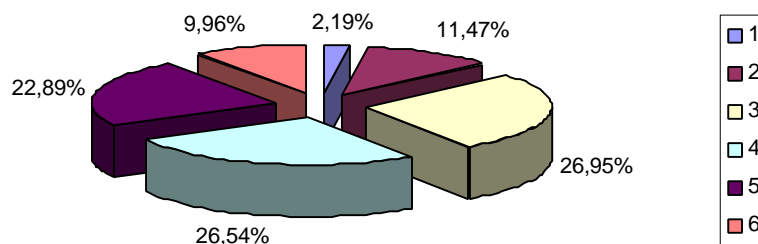


Figure n°30 : Distribution du linéaire de cours d'eau de la région en fonction de l'ordre de Strahler.

La largeur moyenne du cours d'eau en fonction de l'ordre est la suivante :

Rang de Strahler	1	2	3	4	5	6
Largeur moyenne du cours d'eau (en m)	12,1	15,61	17,47	23,40	35,11	49,47

Tableau 12 : Largeurs moyennes par rang de Strahler

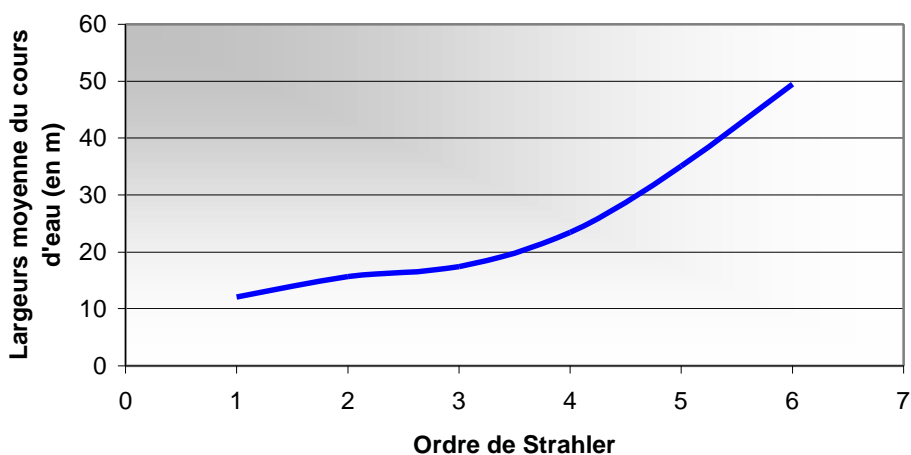


Figure n°31 : Représentation de la largeur moyenne du cours d'eau en fonction de l'ordre de Strahler

On constate logiquement que la largeur du cours d'eau augmente en fonction de l'ordre de Strahler, les ordres importants correspondant aux tronçons les plus en aval et donc de gabarit plus important.

Il est intéressant également de s'attarder sur la sinuosité du linéaire régionale. En effectuant la distribution du linéaire de cours d'eau en fonction des classes de sinuosité

théoriques (Allen, 1984), on constate que la moitié du réseau hydrographique étudié correspond à des tronçons à lit sinueux (Figure 32).

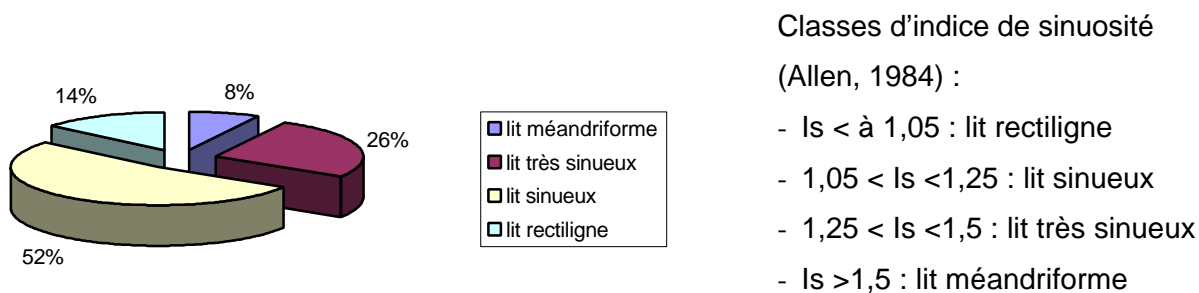


Figure n°32 : Distribution du linéaire de cours d'eau suivant les classes de sinuosité (Allen, 1984)

Egalement, la distribution des taux d'érosion annuels, mesurés par le BE Malavoi, a été représentée par analyse spatiale (Figure 33).

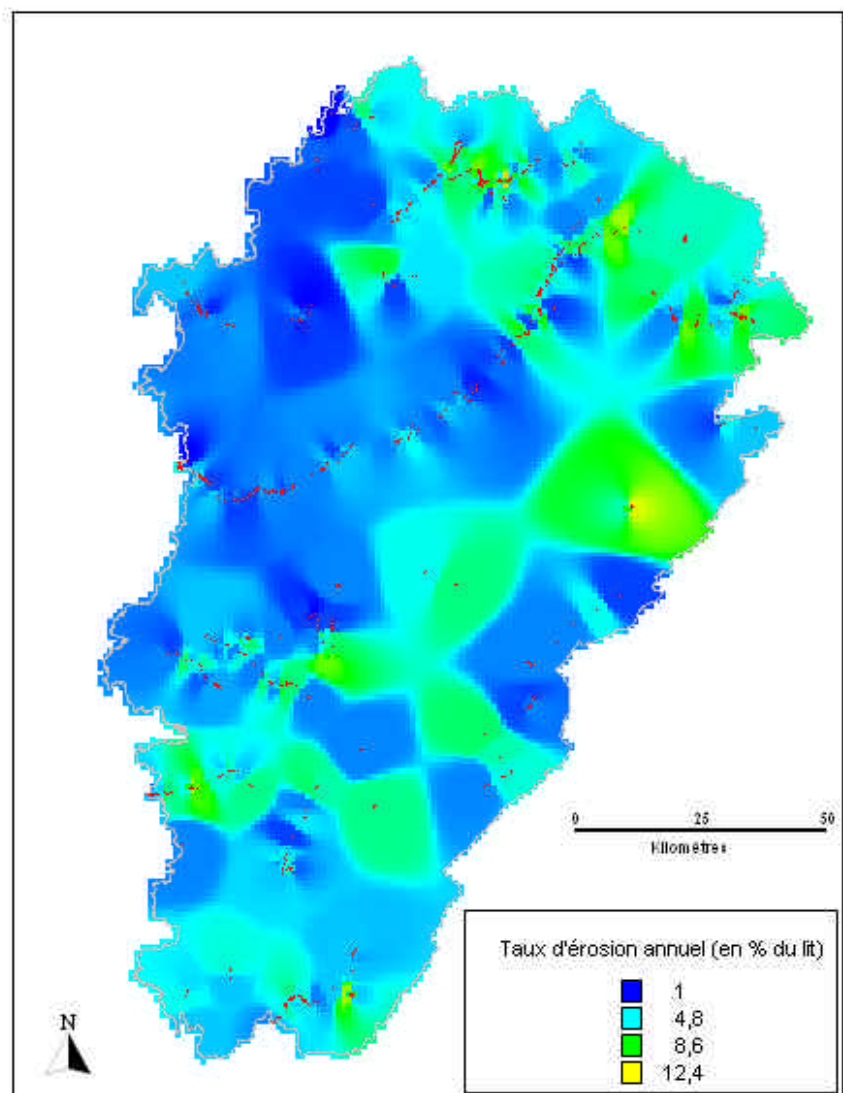


Figure n°33 : Distribution régionale des taux d'érosion annuels

On constate sur cette représentation que les taux d'érosion les plus importants se répartissent le long de la vallée du Doubs, de la Loue (au centre), de la basse vallée de l'Ain (au sud) ainsi que sur les départements de la Haute-Saône et du Territoire de Belfort (au nord) dans les vallées de la Lanterne, du Breuchin et de l'Ognon amont...

Quelques exemples nationaux sont intéressants pour illustrer et comparer ces résultats régionaux (Malavoi, communication personnelle) :

- Rivières très actives (Allier et Loire Bourbonnais) : 5 à 10 %/an ,
- Rivières actives (Ain, Doubs aval, Marne dans Perthois) : 2.5 à 5%/an,
- Rivière peu actives (Marne amont, Ognon) : 0.5 à 2.5%/an.

Remarque : A ce stade de l'étude, il aurait pu être intéressant d'intégrer des données de qualité biologique (du type IBGN, Indice Piscicole) afin de mettre en évidence une éventuelle relation entre la composante physique appréhendée dans cette étude (mécanismes d'érosion et de dépôts...) et les aspects qualitatifs.....

2. Phénomènes hydrogéomorphologiques globaux

Beaucoup de modèles théoriques existent et montent des phénomènes généraux d'amont en aval de bassins versants (Figure 34).

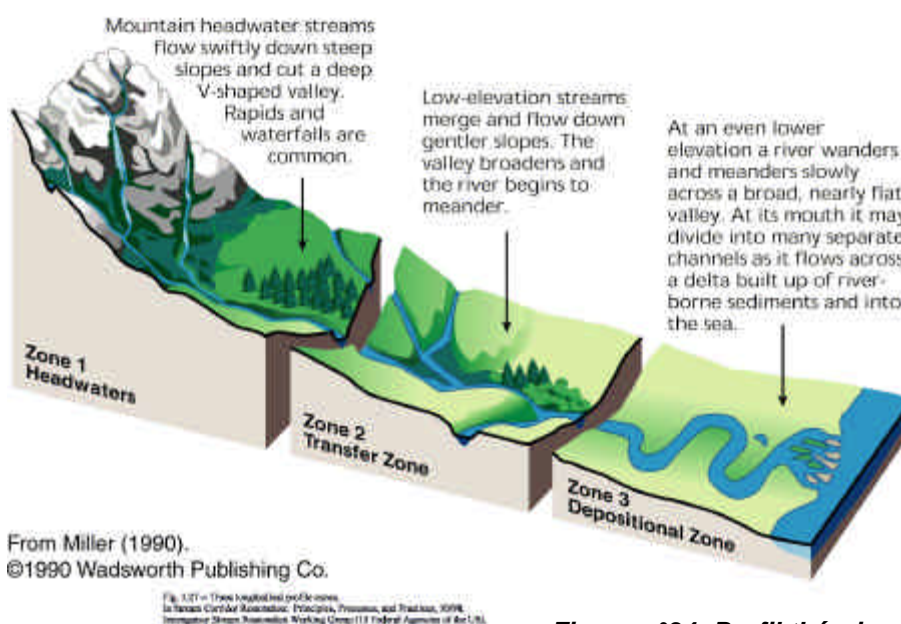


Figure n°34: Profil théorique amont-aval d'un bassin-versant

On constate globalement d'amont en aval que :

- la pente de la vallée diminue,
- la surface du bassin versant augmente,
- la sinuosité augmente,
- la largeur du fond de vallée et du cours d'eau augmentent,
- le gabarit augmente...

A partir des variables qui ont été renseignées, des traitements simples de données permettent de mettre en évidence certains phénomènes (ou relation) géomorphologiques simples et bien connus mais toujours vérifiés dans la réalité.

- Tout d'abord, il a été vérifié que la largeur du cours d'eau évolue en fonction de la surface du bassin versant. Ce qui semble logique étant donné que plus le bassin versant est important, plus le volume d'eau récupéré par le cours d'eau est important et donc plus sa largeur est importante afin d'évacuer ce volume (Figure 35). Dans le même raisonnement, un traitement de la profondeur du cours d'eau en fonction de la taille du bassin versant aurait pu être réalisée si nous avions disposé de données bathymétriques.

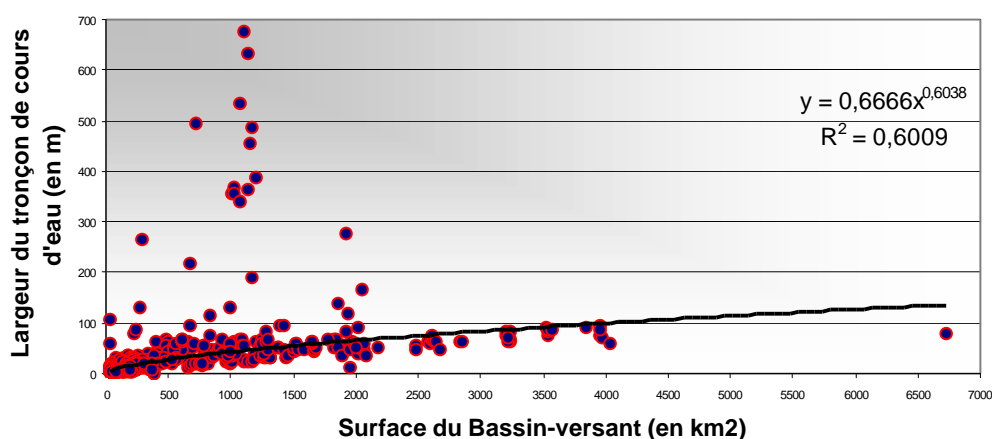


Figure n°35: Evolution de la largeur du cours d'eau en fonction de la surface du bassin versant.

- Il est intéressant également d'observer sur des représentations graphiques le profil en long de certains cours d'eau :

Exemple de l'Ognon

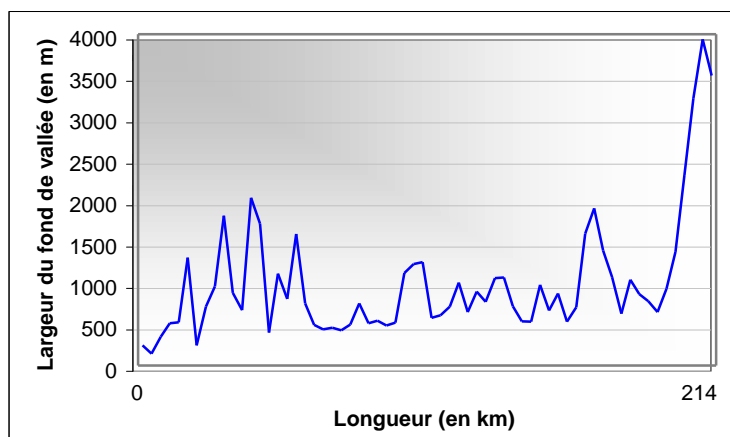


Figure n°36: Evolution de la largeur du fond de vallée le long du profil de l'Ognon

On constate que la largeur du fond de vallée augmente globalement avec le gradient amont-aval. Cette variable est très dépendante du relief et donc de la géologie.

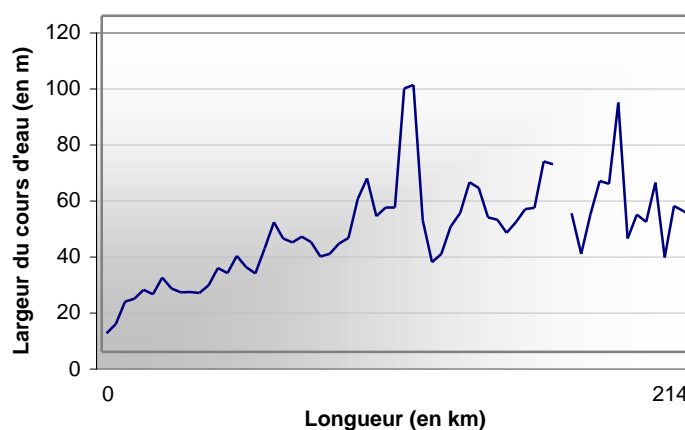


Figure n°37: Evolution de la largeur du cours d'eau le long du profil de l'Ognon

On se rend compte ici que la théorie n'est pas toujours vérifiée. Même si globalement, la largeur évolue selon un gradient amont-aval, certaines discontinuités sont observables. En effet, il n'y a pas de relation linéaire soit à cause de la géologie (variation de substrat) soit à cause des aménagements relativement fréquents de nos jours.

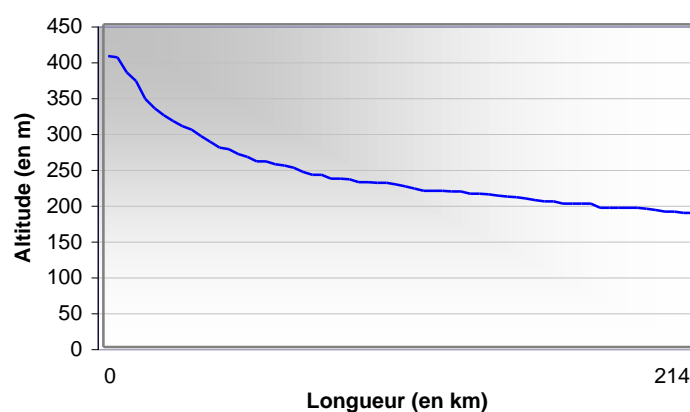


Figure n°38: Evolution de l'altitude le long du profil de l'Ognon

L'altitude, par contre, est une variable non modifiée, sauf ponctuellement dans le cas de seuils ou d'incision du lit. Là, une relation nette est visible.

Exemple de la Loue

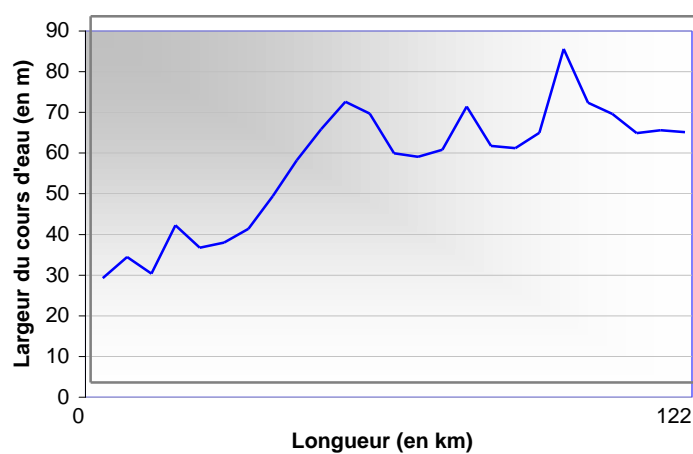


Figure n°39: Evolution de la largeur du cours d'eau le long du profil de la Loue

Ici non plus, la largeur du cours d'eau n'augmente pas linéairement en allant vers l'aval.

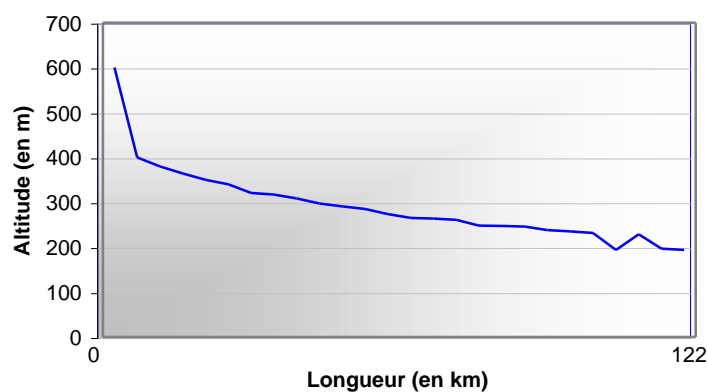


Figure n°40: Evolution de l'altitude le long du profil de la Loue

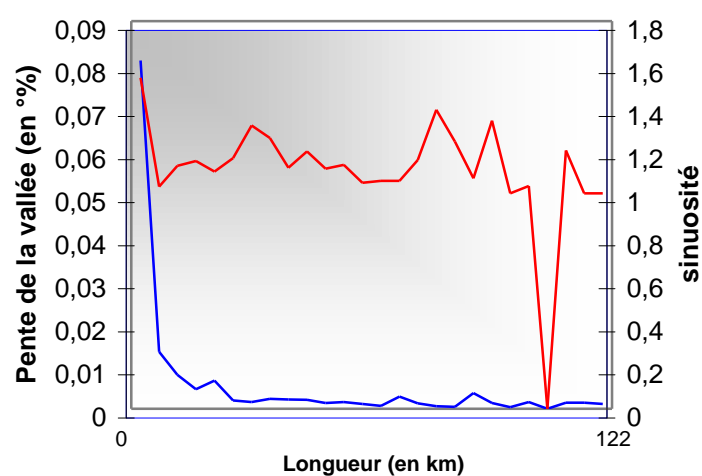


Figure n°41: Evolution de la sinuosité et de la pente de la vallée le long de la Loue

On constate bien une diminution de la pente de la vallée d'amont en aval, mais pour la sinuosité il est plus difficile de se prononcer. Pour cette dernière, on obtient une représentation graphique en « dents de scie ».

B. Calage de la typologie

A partir des variables renseignées, une première analyse factorielle des correspondances (AFC) est effectuée en intégrant les variables majeures afin d'en ressortir d'éventuelles relations entre certaines variables ou combinaisons de variables avec le taux d'érosion (Figure 42)

- Analyse multivariée

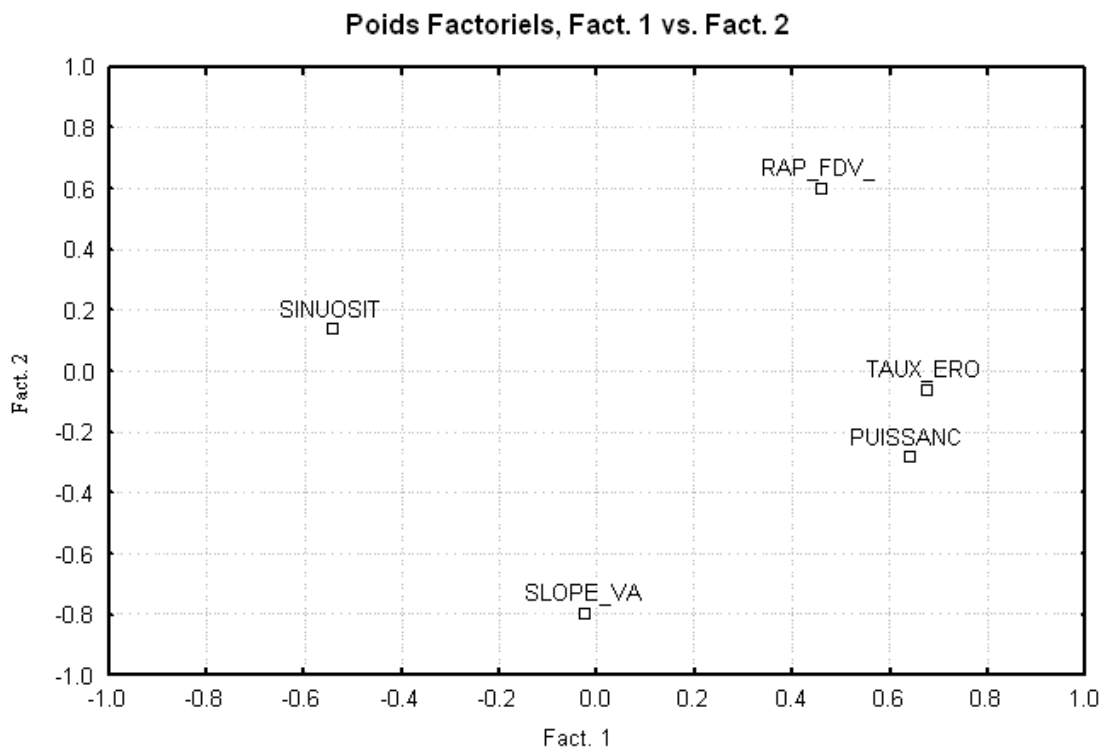


Figure n° 42 : AFC

D'après ce graphique, on constate une première relation générale montrant que la puissance et le taux d'érosion sont inversement corrélés avec la sinuosité.

Ceci laisse à penser que des taux d'érosion importants sont obtenus pour des puissances élevées et des sinuosités faibles. Il s'agit ici d'une tendance globale étant donné les faibles pourcentages d'explication des variables (environ 30%).

D'autres traitements sont donc envisagés afin de confirmer ces premières observations.

- Relation Taux d'érosion / Puissance spécifique

La puissance étant un paramètre clé contrôlant les possibilités d'ajustement en plan et en long (mécanismes d'érosion et de transport sédimentaire) de la géométrie du lit, une corrélation entre cet indice et le taux d'érosion semble donc logique. La seconde manœuvre consistait à vérifier s'il existe bien une corrélation significative entre la puissance et le taux d'érosion.

On constate, sur les figures 43 et 44, que le taux d'érosion augmente globalement avec la puissance spécifique du tronçon de cours d'eau. Deux phases sont identifiables :

- une première phase croissante de 0 à 60 W.m^{-2} correspondant à des taux d'érosion moyen (de 1 à 5 %),
- une seconde (tendant vers l'asymptote) plus stable correspondant à des taux d'érosion croissants pour des puissances spécifiques moyennes de l'ordre de 70 à 80 W.m^{-2} .

Remarque : le diagramme « boîtes à moustaches » est un outil intéressant car il permet de visualiser les écarts à la moyenne par classes.

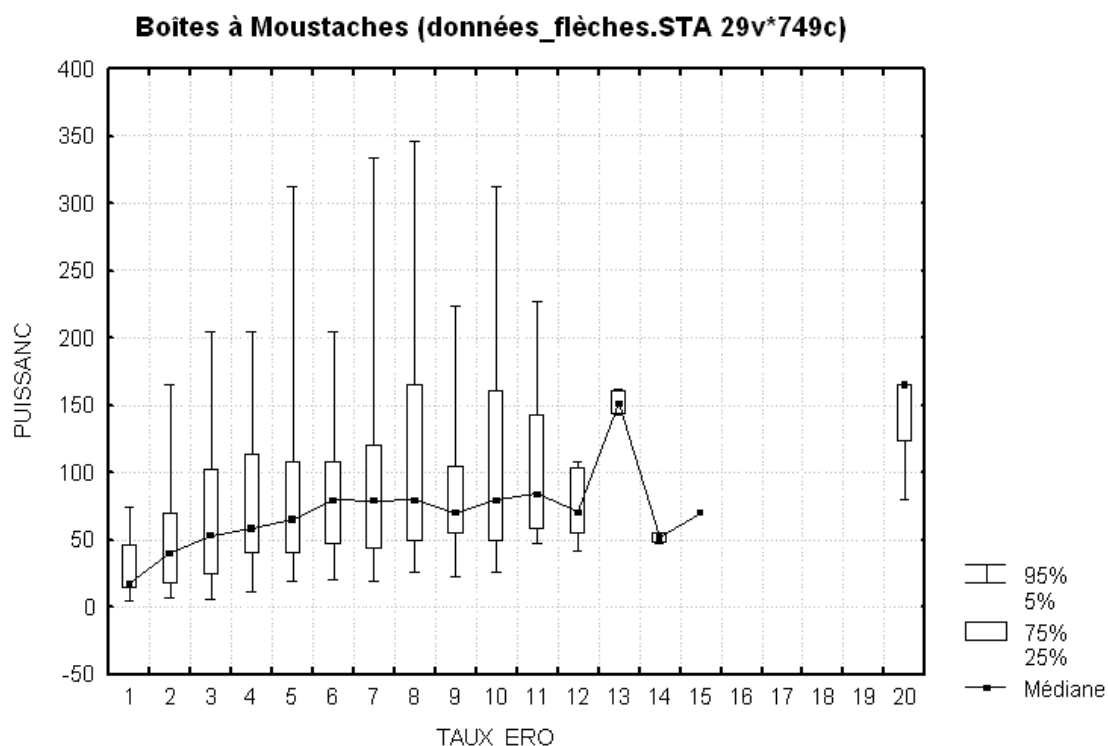


Figure n°43: Diagramme "boîtes à moustaches" montrant l'évolution de la puissance en fonction du taux d'érosion

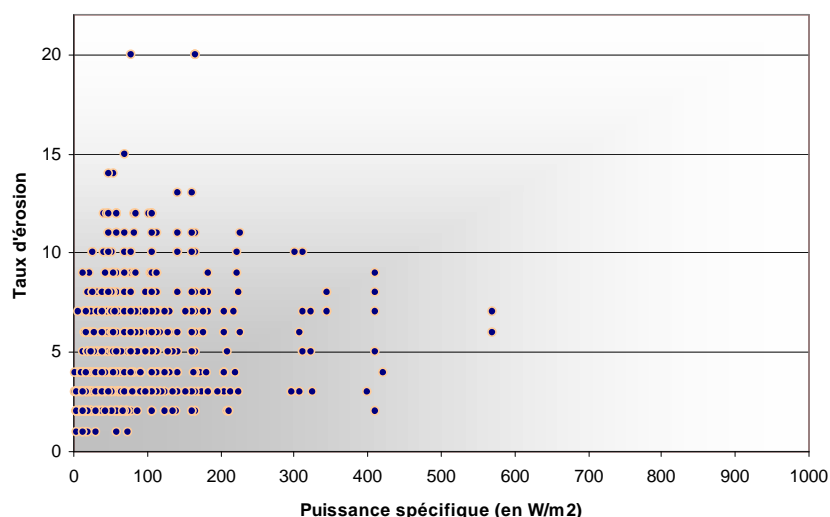


Figure n°44: Evolution du taux d'érosion en fonction de la puissance spécifique

La relation mise en évidence est intéressante mais n'est pas statistiquement significative. En effet, aucune corrélation significative n'a pu être vérifiée. Suite au test de Pearson, nous avons obtenu : $r = 0,17$, sachant que ce coefficient varie ainsi :

- $r = 1$: corrélation positive,
- $r = 0$: pas de corrélation,
- $r = -1$: corrélation négative.

Il ressort également que la majeure partie des taux d'érosion mesurés correspondent à des puissances inférieures à 100 W.m^{-2} .

• Relation Taux d'érosion / Sinuosité

Afin d'affiner les premières observations de l'AFC, le taux d'érosion est étudié en fonction de la sinuosité (Figure n°45).

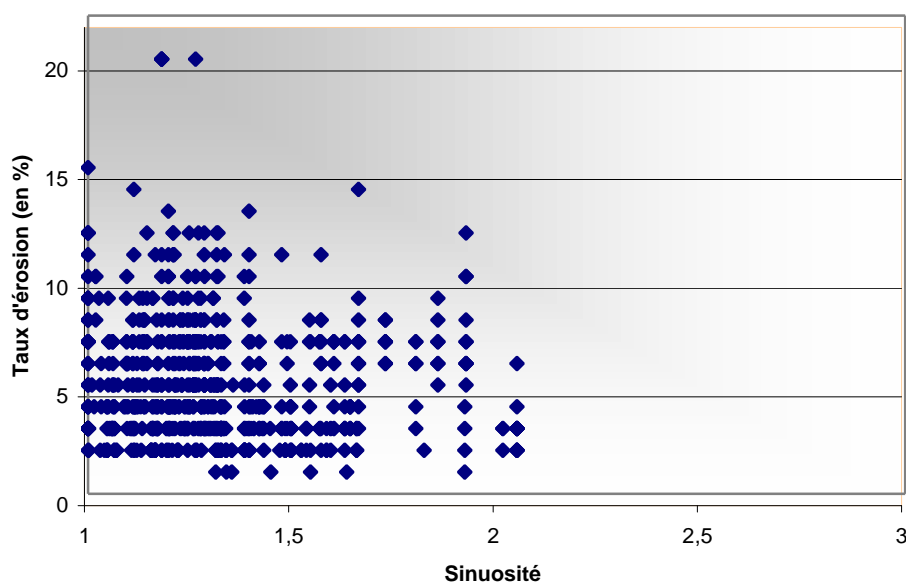


Figure n°45 : Représentation du taux d'érosion en fonction de la sinuosité

On constate, dans le même sens que la première relation, qu'aux sinuosités faibles correspondraient des taux d'érosion forts, et inversement.

Deux phases peuvent être identifiées :

- une première pour des indices de sinuosité inférieurs à 1,4 correspondant à des taux d'érosion moyens de l'ordre de 5 (voir plus),
- une seconde pour des indices supérieurs à 1,4 correspondant à des taux d'érosion inférieurs à 5.

Encore une fois, aucune corrélation significative n'a pu être mise en évidence ($r = -0,095$).

Il en ressort également que la majeure partie des taux d'érosion mesurés correspondent à des sinuosités inférieures à 1,4.

- Relation Puissance spécifique / Sinuosité

Enfin, la troisième relation à vérifier sur la base de l'AFC de départ est celle de la puissance spécifique en fonction de la sinuosité.

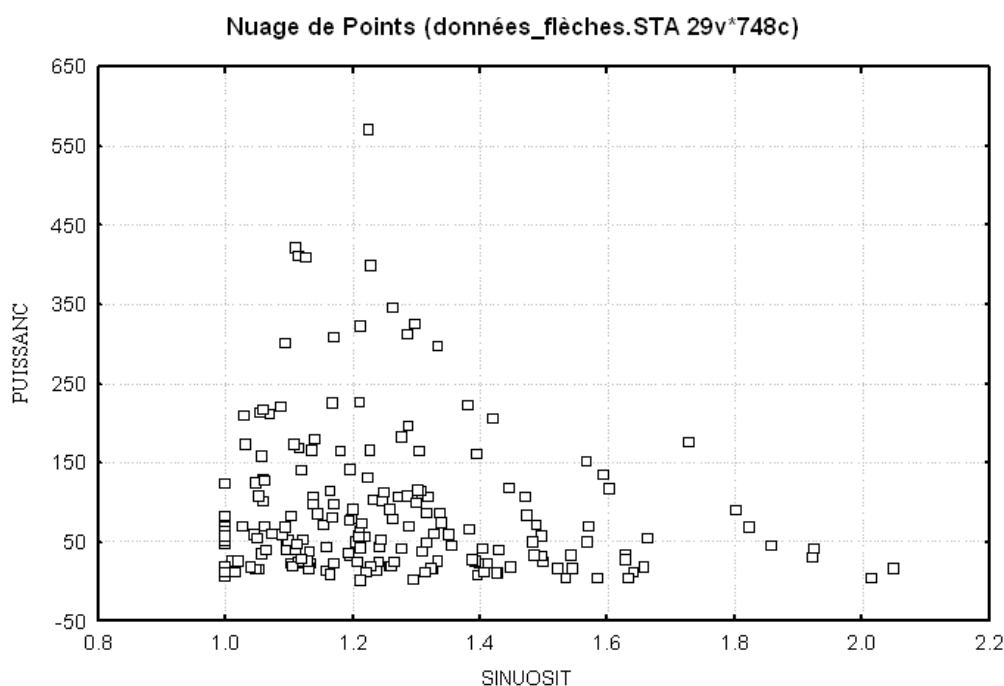


Figure n°46: Représentation de l'évolution de la puissance spécifique (en $W.m^{-2}$) en fonction de la sinuosité

On constate globalement que des puissances élevées sont plutôt obtenues pour des sinuosités faibles, mais toujours sans appuis statistique ($r = -0,12$). On vérifie également le fait que la majeure partie des taux d'érosion sont mesurés pour des puissances inférieures à $100 W.m^{-2}$ et des sinuosités inférieures à 1,4. Mais ce graphique ne nous permet pas d'appréhender les aspects quantitatifs, c'est-à-dire que le nombre de taux mesurés se retrouvent dans cette gamme mais il ne nous est pas possible d'identifier les taux d'érosion forts des faibles...

- Relation Taux d'érosion / combinaison puissance spécifique – sinuosité

Afin d'appréhender les taux d'érosion d'un point de vue qualitatif, un traitement en « trivarié » est effectué (Figure 47).

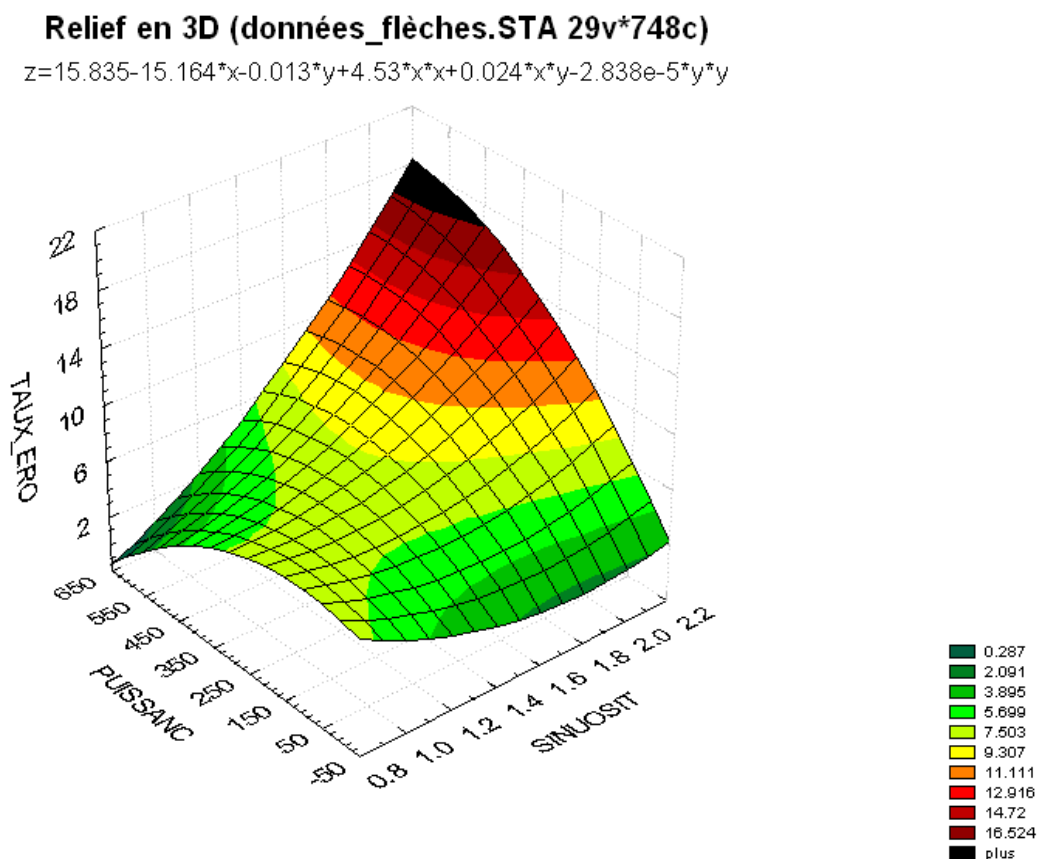


Figure n°47: Graphique en 3D représentant l'évolution du taux d'érosion annuel (en % de la largeur du lit) en fonction de la puissance spécifique et de la sinuosité

Il semblerait que globalement le taux d'érosion mesuré serait « une résultante » de la combinaison puissance spécifique / sinuosité...Mais le sens des ces inter-relations n'est pas identifié.

En effet, précédemment, nous avons pu constater que le plus grand nombre de taux d'érosion était obtenu pour des valeurs relativement faibles de puissance et de sinuosité mais sans indication sur l'importance de ces taux d'érosion.

Le figure ci-dessus nous apporte certains éléments de réponse à cette interrogation, globalement à l'encontre des première hypothèses émises.

Tout d'abord, les aspects qualitatifs ne sont pas concordants avec les aspects quantitatifs observés précédemment.

Différents pôles sont distingués sur ce graphique :

- Deux pôles diamétralement opposés correspondant aux taux d'érosion les plus faibles (de 0 à 5 %).

Une discordance est constatée étant donné que ces taux faibles sont obtenus dans deux cas opposés :

- . pour des puissances « faibles » (inférieures à 100 W.m^{-2}) et toute la gamme de sinuosités. Ce qui confirmerait que la puissance serait la variable principale explicative du taux d'érosion.
 - . pour des puissances fortes (supérieures à 450 W.m^{-2}) et des sinuosités faibles à moyennes (de 0,8 à 1,4)
- un pôle extrême correspondant à des taux d'érosion forts (supérieurs à 12%) obtenus pour des puissances fortes (supérieures à 350 W.m^{-2}) et des sinuosités fortes également (supérieures à 1,8).
 - une zone diagonale d'évolution correspondant à des taux d'érosion croissants (de 7 à plus de 15 %) obtenus pour des puissances « moyennes » (entre 50 et 350 W.m^{-2}) et des sinuosités croissantes (toute la gamme de sinuosité : de 0,8 à 2,2)

- Interprétation de ces relations

Les résultats obtenus ne semblent donc pas suivre une logique précise et définie.

Le constat confirmerait donc le poids explicatif majoritaire de la résultante érosion par la puissance spécifique, mais pas forcément suivant une relation linéaire. En effet, dans certains cas les taux d'érosion forts sont obtenus pour des puissances spécifiques fortes et dans d'autres pour des valeurs moyennes de puissance.

Le poids explicatif de cette variable semble démontré mais les résultats, même si apportant des éléments de base à une typologie géodynamique, ne sont pas aussi « limpides » qu'on le souhaiterait.

La première explication serait l'utilisation de la puissance spécifique. En effet, la puissance est une variable de contrôle, mais la puissance spécifique n'en est pas une étant donné que dans son calcul, la puissance est divisée par la largeur du cours d'eau qui est fortement dépendante des ajustements en plan de la rivière (et donc des aménagements anthropiques...).

D'autres pistes de réflexion ressortent :

- Cette relation nette mais non significative d'un point de vue statistique serait expliquée par la « constitution des données » comportant quelques erreurs et répétitions, apportant un certain biais aux résultats obtenus,
- Egalement, la méthode de calcul de la puissance serait peut être à ajuster. En effet, certains biais méthodologiques ont pu être dénoncés auparavant concernant la mesure de certaines données nécessaires au calcul de la puissance spécifique (le Q2 par exemple), sources d'erreurs éventuelles pour l'analyse des résultats,
- Enfin, ces ambiguïtés dans les résultats iraient dans le sens d'une combinaison de variables (dont la puissance) explicatives des taux d'érosion.

La corrélation positive entre le taux d'érosion et la puissance spécifique est logique : plus le cours d'eau est "puissant", plus il est capable "d'éroder"...Mais la puissance n'est pas le seul facteur d'érosion. En effet, des exemples connus (Malavoi, communication personnelle) montrent que des tronçons de cours d'eau ayant de fortes puissances ne sont pas forcément mobiles. Par exemple, comparaison de deux cas sur la Vienne et sur la Loire :

La Vienne (au niveau de Moulin Rouge, confluence avec la Creuse), avec une puissance de 25 W.m^{-2} , n'est pas mobile. La Loire, dans le Bourbonnais, avec une puissance de 25 W.m^{-2} , bouge latéralement de 10 mètres par an...

Ceci montre que les taux d'érosion ne sont pas seulement corrélés à la puissance spécifique du tronçon de cours. Une autre variable intervient donc. Il s'agit de la nature des matériaux constituant les berges. En effet, ces différences d'érosion dans l'exemple précédent sont dues au fait, que sur la Vienne, les berges sont constituées de matériaux fins et cohésifs alors que sur la Loire ce sont des matériaux grossiers et peu cohésifs (type sables).

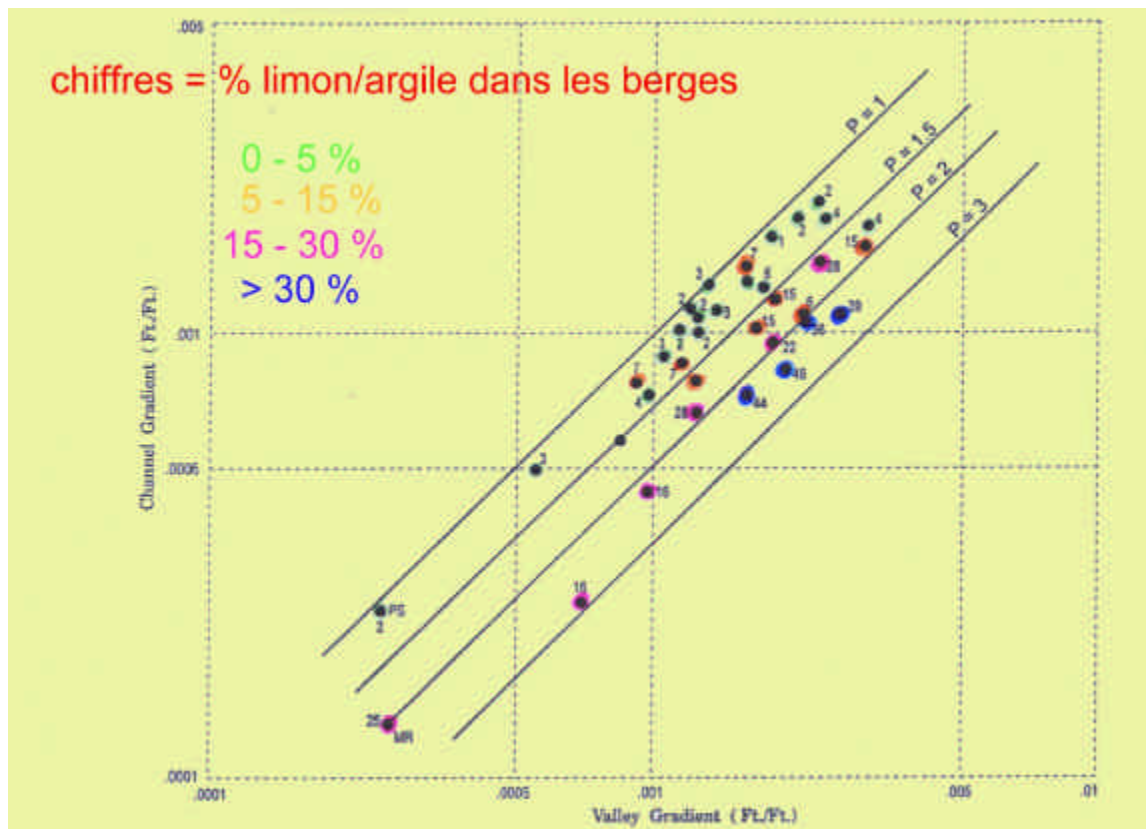
Malheureusement, cette donnée de cohésion des berges fait défaut dans notre base de données géodynamiques franc-comtoise. En effet, il nous était impossible de prospecter la région entière afin d'effectuer des sondages et de déterminer la cohésion des berges. Ce qui sera peut être envisagé au vu des premiers résultats obtenus...

Malgré tout, d'après ces premières constatations, un rapprochement est à faire entre ces exemples connus où la nature et la cohésion des matériaux des berges interviennent et notre cas précis où nous n'avons pas ces données mais qu'une relation semble être établie ponctuellement entre la sinuosité et le taux d'érosion.

Il est vrai que la sinuosité n'est pas une variable explicative (comme la puissance) mais une résultante des caractéristiques géomorphologiques (variables de contrôle) du cours d'eau.

Malgré tout, cette variable semble *exprimer* ponctuellement et partiellement une variable plus explicative : la cohésion et la granulométrie des berges.

Cette hypothèse se base sur les travaux de Van Den Berg qui a démontré une relation existante entre la sinuosité et la cohésion des berges (Figure 48).



**Figure n°48: Relation entre la cohésion des matériaux constituant les berges (en % limon/argile) et la sinuosité (P)
(Van Den Berg, 1995)**

Van den Berg a montré que la sinuosité résulterait de la cohésion des berges. A savoir que pour des berges constituées de matériaux peu cohésifs (matérialisés par un pourcentage de limons important), seraient obtenus des indices de sinuosité élevés et inversement. Dans cette étude, ressortirait également le fait que parallèlement à l'augmentation de la sinuosité dans des matériaux peu cohésifs, l'activité du cours d'eau diminuerait. Cette réflexion est en accord avec la théorie de « la mécanique des solides » appliquée aux processus hydrogéomorphologiques.

Mais il n'a pas été démontré que cette relation était valable dans le sens opposé, c'est-à-dire que pour des sinuosités importantes correspondaient des matériaux grossiers et peu cohésifs. La sinuosité a bien une place de résultante et non de variable explicative.

Malgré tout, dans notre cas, il semble que la sinuosité soit un indice apportant une information relative, grossière et surtout ponctuelle sur la cohésion des matériaux des berges.

Ce qui expliquerait que cette variable, résultante et non explicative, se retrouve dans la combinaison de variables explicatives du taux d'érosion.

Pour l'étude en cours, de typologie géodynamique régionale sur le potentiel d'activité des cours d'eau franc-comtois, cette variable ne peut être retenue de part son statut de résultante mais aussi et surtout de par le fait qu'elle soit fortement influencée par les aménagements anthropiques. Elle ne peut donc pas être représentative d'un potentiel géodynamique d'un tronçon de cours d'eau étant donné son caractère fortement influençable.

Actuellement, étant donné la généralisation des aménagements de cours d'eau, les seules variables de contrôle non influencées (et donc encore représentatives des caractéristiques naturelles) sont la géologie (socle du bassin-versant) et la pente de la vallée. Le cas du débit liquide est plus réservé du fait de l'aménagement des bassins versants influençant les écoulements.

Au-delà des relations observées, des traitements ont été effectués avec la pente de la vallée, mais aucun résultat intéressant n'est ressorti à ce stade de l'analyse en cours.

C. Analyse des essais "méthode du score "

Pour chaque tronçon de cours d'eau, un score a été calculé. Rappelons que ce score est calculé à partir de quatre variables importantes : la sinuosité, le rapport largeur FDV / largeur du cours d'eau, la pente de la vallée et la puissance (voir méthode précédemment).

Voici le graphique montrant l'évolution du taux d'érosion en fonction du score.

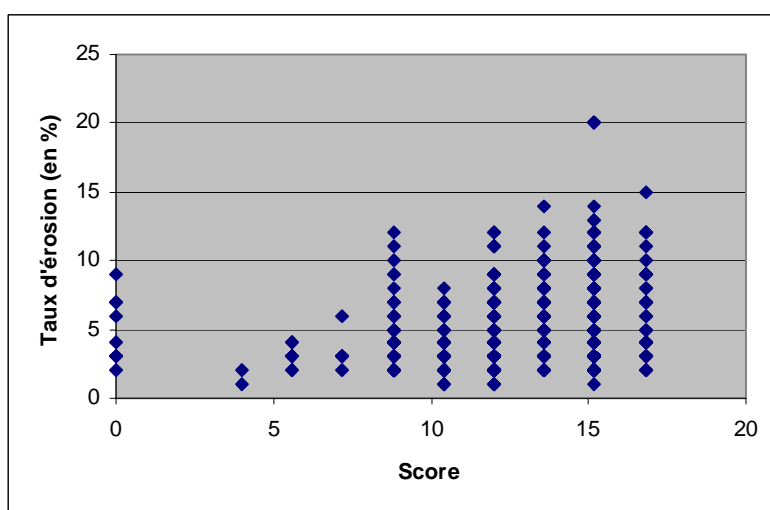


Figure n°49: Représentation du taux d'érosion en fonction du score

Globalement, une relation semble ressortir entre le taux d'érosion et le score. Malgré tout, aucun fondement statistique n'est exploitable (coefficient de Pearson : environ 0,25, ce qui n'est pas significatif).

L'objectif de cette méthode est d'obtenir un indice synthétique exprimant les potentialités géodynamiques des tronçons de cours d'eau afin d'en ressortir un intérêt à la cartographie d'un espace de mobilité. Ce qui est dans les faits légèrement différents de la typologie géodynamique développée.

Cette méthode semble être élaborée sur de bonnes bases techniques mais des ajustements sont nécessaires.

En effet, théoriquement, l'intégration des quatre variables géodynamiques dans ce score semble être un bon compromis synthétique. Des ajustements sont nécessaires à différents niveaux suivant certaines pistes envisageables :

- la pondération de chaque variable est encore à affiner sur la base des relations mises en évidence précédemment (ex : sinuosité...),
- la délimitation et la fixation des seuils aux classes d'activité.

Malgré tout, ces premiers résultats peuvent être traités afin d'obtenir une première typologie théorique et provisoire, exprimant certaines informations générales communes à la typologie en cours de développement.

Une ébauche de typologie à trois classes a été cartographiée sur la base de la méthode « score » développée (Figure 50).

Rappel de la classification :

- *score >15 : intérêt de mise en place d'un espace de mobilité fort,*
- *10 < score <15 : intérêt moyen,*
- *score <10 : intérêt nul.*

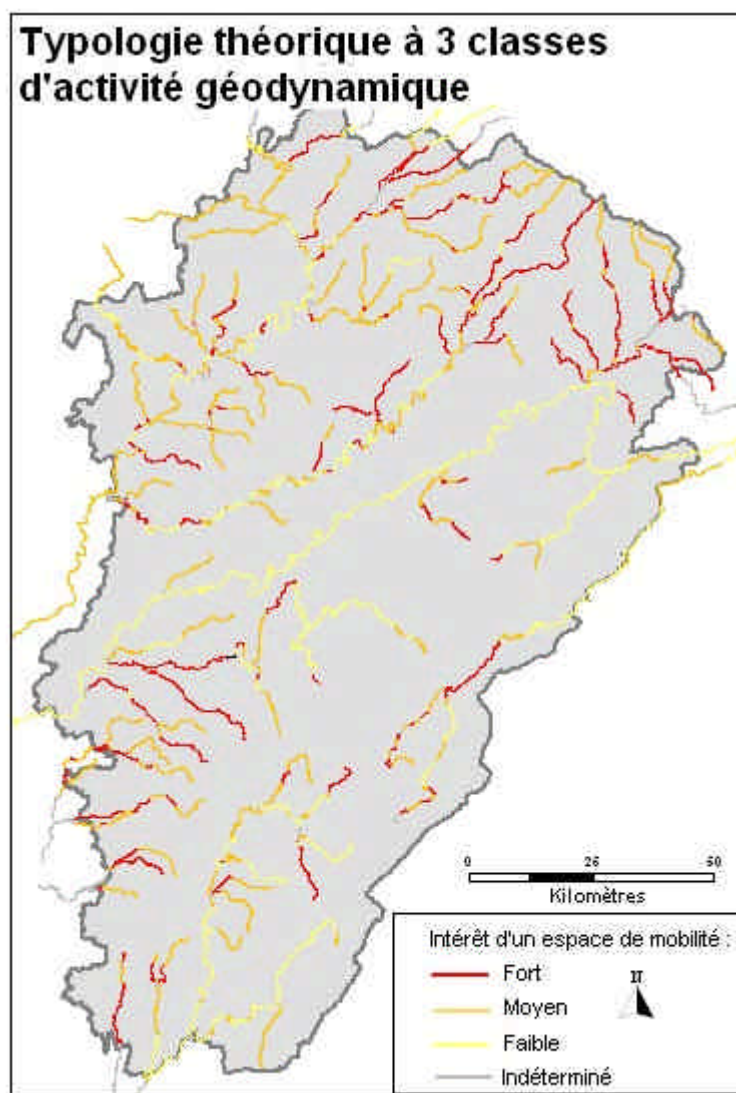


Figure n°50: Essai de typologie géodynamique régionale sur la base de la méthode « score »

D. Typologie régionale

A ce stade de l'étude, aucune typologie fonctionnelle n'a pu être finalisée. En effet, les résultats obtenus constituent une première base de données exploitable. Ils permettent donc de constater certains grands phénomènes ou certaines grandes relations mais rien de totalement significatif ni explicite.

Pour la DIREN Franche-Comté, une première typologie peut être envisagée à partir de la relation établie entre la puissance spécifique et le taux d'érosion. A ce stade, cette typologie consisterait à définir des classes de puissance correspondant à des classes de taux d'érosion ; puis d'attribuer une classe d'érosion potentielle, aux tronçons de cours d'eau ne présentant pas de données d'érosion, à partir des valeurs de puissance spécifique calculées. Ainsi, à partir de

ces taux d'érosion potentiels, les tronçons pourront être caractérisés selon leur degré d'activité et une espace de mobilité sera cartographié pour les plus actifs.

Au vu des résultats, et notamment des taux d'érosion relativement importants pour des puissances spécifiques faibles (de l'ordre de 35 W.m^{-2}), l'intérêt de cartographie d'un espace de mobilité « risque » d'être généralisé à un grand nombre de tronçons.

Pour la réflexion intrinsèque à l'étude et à ses objectifs, ces premières constatations permettent également de comprendre certains ajustements envisageables:

- d'un point de vue acquisition des données,
- d'un point de vue constitution de la base de données,
- d'un point de vue précision des résultats,
- d'un point de vue qualitatif et quantitatif des variables renseignées (rajouter peut être la variable cohésion des berges...)

Il est intéressant, à ce niveau de la réflexion, de revenir sur les différents points dénoncés comme sources d'erreurs ou du moins à améliorer.

- Tout d'abord, l'étape de sectorisation des cours d'eau en tronçon homogènes.

La sectorisation du linéaire des cours d'eau est réalisée en fonction des largeurs de fond de vallée. Comme nous l'avons énoncé, l'arrivée d'un affluent n'a pas été prise en compte pour cette étape. Ce point serait peut être un élément à ajuster en terme de signification de cette sectorisation.

Un deuxième point est le fait que les tronçons obtenus sont homogènes d'un point de vue de la largeur du fond de vallée, mais ils ont des longueurs très différentes. Ainsi, une réflexion qui avait été menée au début de l'étude (*Malavoi, communication personnelle*) sur la sectorisation semble peut être à reconsidérer. Il s'agissait d'une sectorisation, plutôt qu'en tronçons homogènes, en Unités Spatiales d'Intégration (USI) tous les 500 mètres de linéaire développé.

L'obtention de ces USI sert de base de données (comme avec les tronçons) où sont affectées pour chaque USI des valeurs de largeur moyenne de fond de vallée, de cours d'eau, de pente de vallée du tronçon dans lequel se trouve l'unité, mais aussi des valeurs propres à l'unité spatiale. L'intégration spatiale permet de réaliser un " transfert d'échelle " pour passer d'une information fine correspondant au fonctionnement des processus dynamiques de l'unité spatiale, à une description synthétique (par regroupement d'USI) plus globale par tronçon homogène. Les unités spatiales d'intégration permettent donc une lecture globale et rapide des problèmes par les décideurs et une vision plus précise des processus à l'échelle locale par les chargés d'étude.

Cette méthode de sectorisation permet donc d'avoir des résultats plus fins et représentatifs des conditions locales mais elle a pour inconvénient majeur une vision assez fragmentée des résultats.

- Le calcul d'indices géodynamiques

La plus franche incertitude est pour le calcul de la puissance spécifique, paramètre clé.

Comme il a déjà été dit, la puissance spécifique perd de son poids explicatif car elle fait intervenir la largeur du cours d'eau qui est une variable trop dépendante des facteurs environnants.

L'idée serait de construire un indicateur de puissance permettant de s'affranchir de l'évolution de la rivière et notamment de sa largeur car n'étant pas totalement naturelle de nos jours et variant beaucoup.

Il pourrait être intéressant de tester un indice basé sur le calcul actuel de la puissance spécifique en préférant l'utilisation du débit spécifique biennale au débit biennal, et en relativisant l'expression par la surface de l'encaissant (bassin-versant), variable moins influencée par les facteurs anthropiques.

La formule de calcul de cet nouvelle « puissance spécifique » reviendrait à :

Puissance spécifique : $\frac{f \cdot g \cdot q_2 \cdot I}{S}$

Où f est la masse volumique de l'eau (1000 kg.m^{-3}), g l'accélération de la gravité (9.8 m.s^{-2}), q_2 le débit spécifique biennale (en $\text{l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$), I la pente moyenne de la vallée (en m.m^{-1}) et S la surface du bassin-versant (en km^2)

Pour le calcul de cet indice de puissance, comme pour le premier calcul de puissance spécifique, une incertitude pèse également sur le calcul du débit spécifique biennale.

En effet, le calcul de cette donnée sur chaque tronçon est fiable sur les grands cours d'eau de part l'utilisation des mesures des stations de jaugeage. Par contre, sur les petits cours d'eau, une interpolation par analyse thématique sous MapInfo est critiquable et peu fiable. Cette méthode sert à donner un ordre de grandeur du débit sur ces tronçons. Comme il a été dit, des modèles hydrauliques existent, mais pour des raisons essentiellement de temps, ils n'ont pu être développés.

Ainsi, pour la suite de l'étude, l'élaboration de modèles hydrauliques est envisageable afin d'améliorer ces données.

- L'ajout de variables géodynamiques

Suites aux résultats, il a été signalé l'importance des données de cohésion et de granulométrie des matériaux constitutifs des berges. Une campagne de terrain est envisageable afin de combler ses lacunes de données terrain afin de compléter les résultats et d'affiner leur analyse. A noter que cette étape pourrait constituer un bon sujet de stage pour un étudiant motivé.

- Suites de la typologie

Après avoir étudié les facteurs de mobilité des tronçons de cours d'eau via l'élaboration de la typologie géodynamique, il serait intéressant de s'attacher à l'analyse des causes de non mobilité. En effet, des données sur la ripisylve ou sur le type (seuils, enrochements...) et la fréquence des aménagements pourraient être intéressantes pour analyser et comprendre le pourquoi de la non mobilité de certains tronçons.

Malgré cette typologie à l'heure actuelle non finalisée, il est tout de même possible d'identifier les tronçons actifs et moyennement actifs à partir des taux d'érosion mesurés et selon la classification établit par Jean-René Malavoi (Figure 51). Ce qui servira de première base à la cartographie des espaces de mobilité des cours d'eau de la région.

Rappel des classes d'activité géodynamique :

Classe d'activité	Taux annuel d'érosion relative (% de la largeur)
Rivières très peu ou non actives	< 1 %
Rivières peu actives	1-3 %
Rivières moyennement actives	3-5 %
Rivières actives	5-10 %
Rivières très actives	10-15 %
Rivières extrêmement actives	> 15 %

Tableau 2 : Taux annuels donnés en % de la largeur érodée à la flèche/ largeur du lit moyen dans les portions « actives » (Malavoi, non publié)

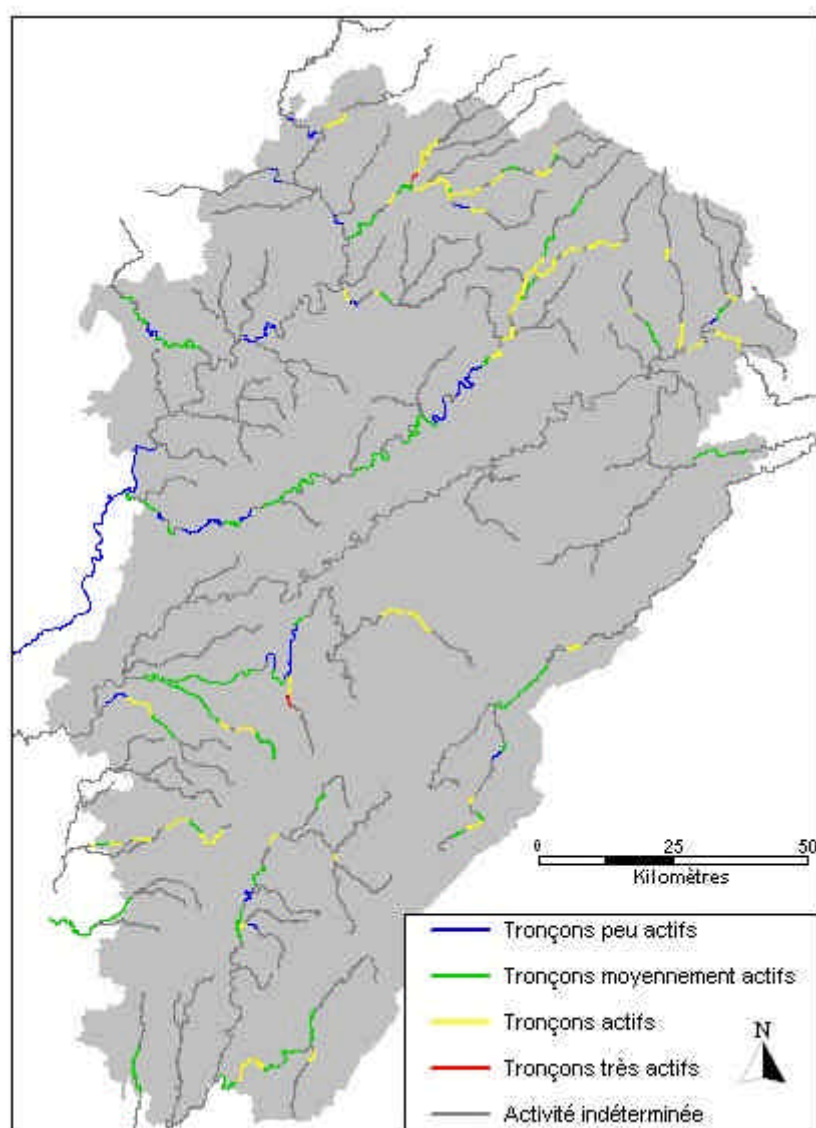


Figure n 51: Cartographie de l'activité des tronçons à partir des mesures de taux d'érosion

Cette carte n'a que valeur d'illustration pour les raisons suivantes :

- les données utilisées sont des moyennes de taux d'érosion par tronçon,
- de plus pour les tronçons où l'activité n'est pas déterminée, on ne sait pas s'il n'y a aucune donnée d'érosion car les taux sont nuls étant donné que le cours d'eau est naturellement inactif ou bien que sa mobilité est bloquée par des aménagements.

Il est possible également qu'il n'y ait pas de donnée car les taux d'érosion sont très faibles et n'ont pas été répertoriés...

E. Cartographie des espaces de mobilité

La cartographie des espace de mobilité est prévue sur deux supports :

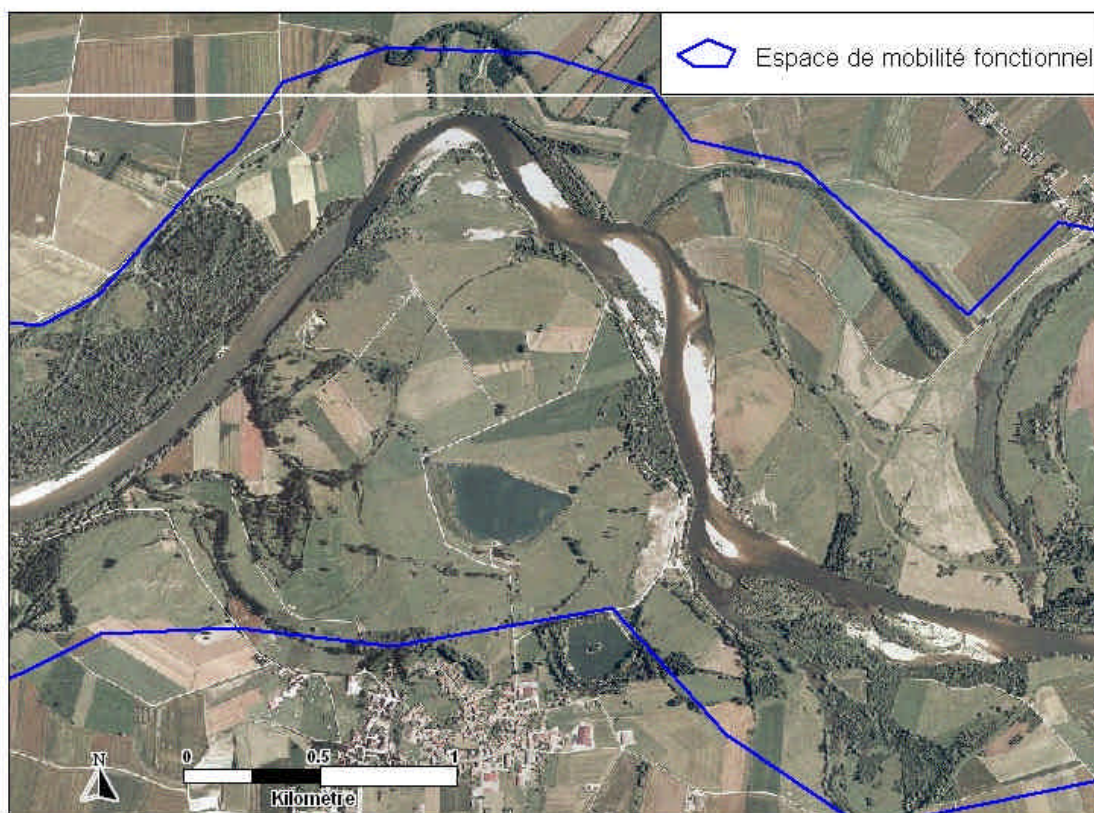
- les zones identifiées comme intéressantes d'un point de vue géodynamique et écologique par le BE Malavoi, nécessitant une cartographie à court terme,
- la typologie géodynamique régionale pour laquelle la cartographie est envisagée sur les tronçons actifs ou potentiellement actifs, et sur les tronçons moyennement actifs ou potentiellement moyennement actifs.

1. La cartographie des zones intéressantes

A ce stade, seuls quelques espaces de mobilité ont été cartographiés dans leur intégralité sur des zones faisant partie de tronçons de vallée ayant subi une étude géomorphologique. Pour ces zones, l'espace de mobilité a été repris des études réalisées.

Il s'agit des quelques zones situées sur la basse vallée du Doubs et sur les moyenne et basse vallée de la Loue (Pour ces deux dernières, l'étude n'étant pas encore publiée, les espaces de mobilité seront repris après validation de l'étude).

Voici quelques exemples cartographiques d'espaces de mobilité délimités :



**Figure n°52: Espace de mobilité fonctionnel sur le secteur de Petit Noir, basse vallée du Doubs (Malavoi, 2004)
(Fond BD-Ortho©, IGN 2001)**

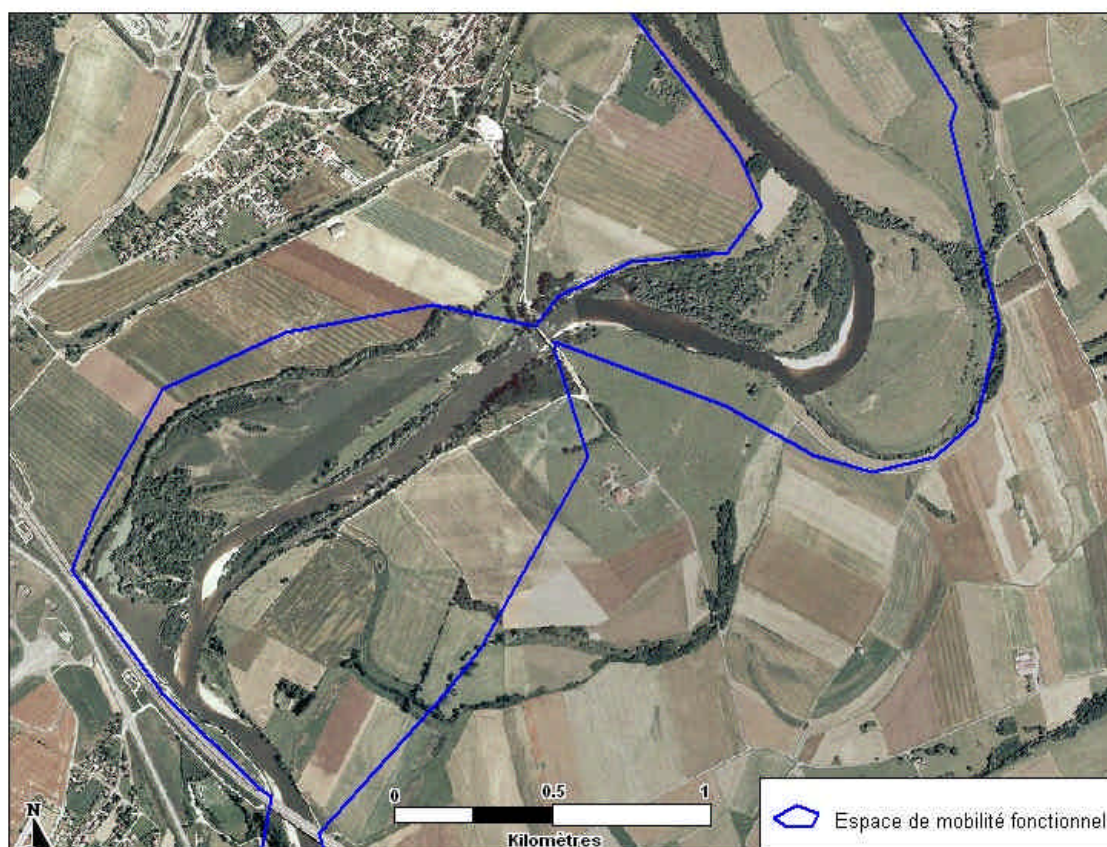


Figure n°53: Espace de mobilité fonctionnel sur la commune de Choisey, basse vallée du Doubs (Malavoi, 2004) (Fond BD-Ortho®, IGN 2001)

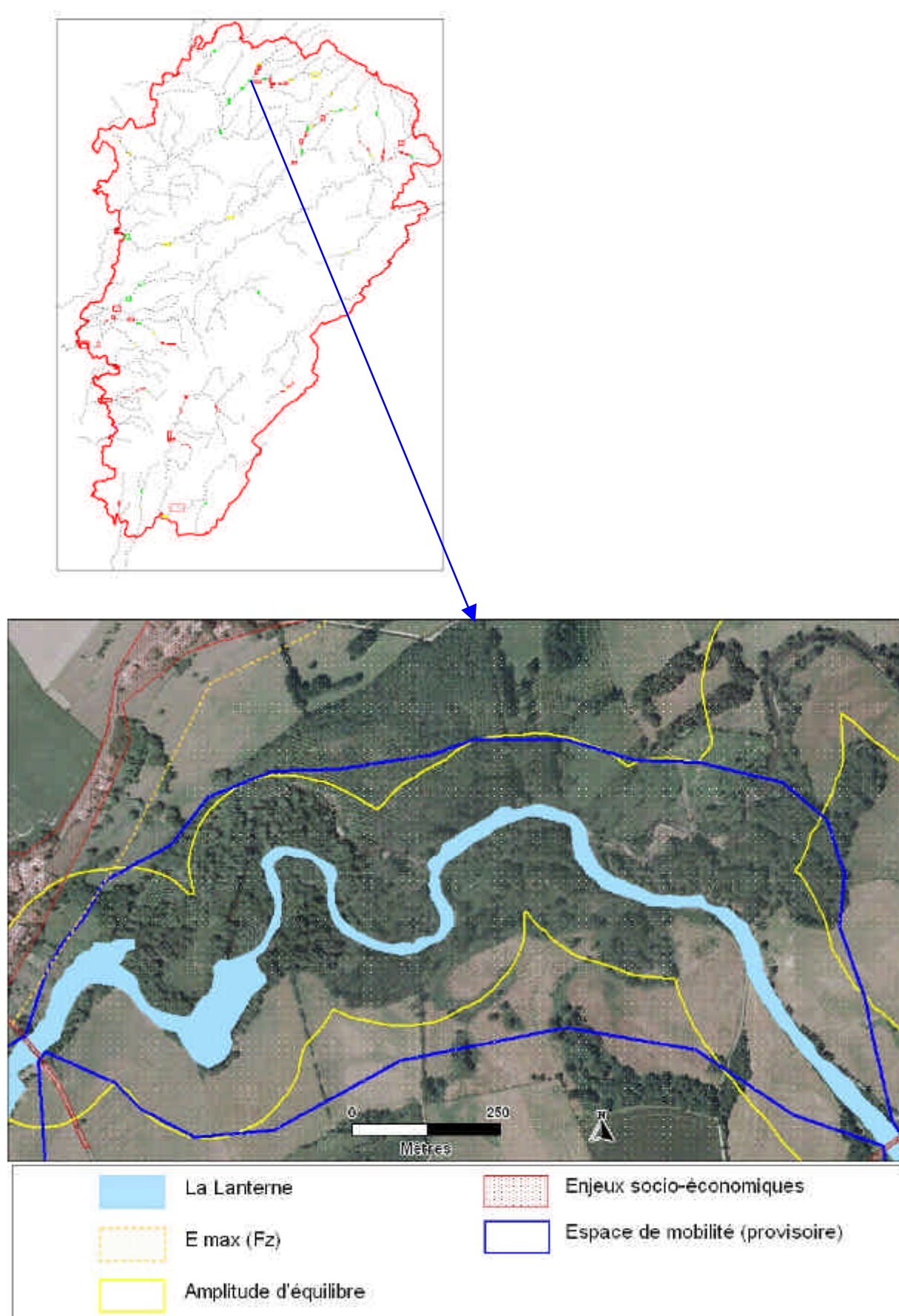
Sur l'ensemble des zones restantes, la cartographie a été poussée à son maximum mais n'a pu être finalisée pour des raisons de temps étant donné le retard accumulé pour la commande de cartes d'Etat-Major à l'IGN puis pour leur numérisation.

En effet, ne disposant pas d'éléments cartographiques historiques sur la région Franche-Comté, la cartographie de l'enveloppe « emprise historique » n'a pu être réalisée et logiquement de même pour « l'Espace Fonctionnel Théorique » (Voir E Fonc Theorique de la méthodologie SDAGE RMC).

Ainsi, sur ces zones, une espace de mobilité partiel a été cartographié avec les « enveloppes » suivantes (Figure 54):

- E Max : correspondant aux alluvions Fz,
- Amplitude d'équilibre,
- Les enjeux socio-économiques majeurs.

Il reste donc pour ces sites à cartographier l'espace de divagation historique et ensuite d'ajuster et de lisser l'espace de mobilité fonctionnel en fonction des conditions locales.



2. *La cartographie des tronçons définis dans la typologie régionale*

Etant donné que la typologie n'a pu être finalisée, aucun tronçon de cours d'eau n'a pu être matérialisé comme justifiant la cartographie d'un espace de mobilité.

Malgré tout, à partir de la représentation cartographique régionale des tronçons de cours d'eau ayant des mesures d'activité géodynamique (Figure 51), la cartographie des espaces de mobilité sur les tronçons actifs et moyennement actifs peut être envisagée. Cette première phase de cartographie n'a pu être lancée pour des raisons de temps et dans tous les cas elle aurait été retardée par l'absence des éléments cartographiques historiques nécessaires à la délimitation d'un espace de mobilité.

VALORISATION ET COMMUNICATION DU CONCEPT

Sur la base du cas concret de projet de réaménagement hydroécologique de la confluence entre le Doubs et la Loue (*voir annexe 1: extrait du projet*), il s'agit de définir des pistes de travail pour une stratégie de communication et d'information à l'attention des élus et des habitants de la confluence, ainsi que de faire des propositions de valorisation de cet espace renaturé, ceci en vue de la préparation et de l'organisation de visites ainsi que la rédaction d'un « dossier de communication » distribué lors de la ou des visites de terrain.

Cette phase de travail s'articule en différents points :

- Tout d'abord, rechercher des exemples d'application du concept « d'espace de liberté » en France et en Europe, ainsi que des expériences de restauration de ces espaces, en contactant les scientifiques ayant travaillé sur le sujet,
- Organiser une visite de terrain avec les acteurs locaux et rédiger un document de communication sur le projet de réaménagement hydromorphologique de la confluence Doubs- Loue. Ce dossier sera distribué aux différents acteurs locaux lors de la visite.

Cette phase s'intègre totalement dans la démarche de travail engagée sur le projet de renaturation de la Confluence Doubs-Loue, suite à l'étude géomorphologique de la basse vallée du Doubs de 2004.

I Recherches d'informations et d'expériences

A. Application de l'espace de liberté : démarche et argumentaire

1. *En France, le concept d'espace de mobilité des cours d'eau est en plein essor.*

L'émergence de cette notion vient des études sur l'Allier (Guinard, 1981) et sur l'Ain (PIREN, années 80) (Malavoi, communication personnelle).

Beaucoup d'études géomorphologiques délimitant un « fuseau de mobilité » ont été réalisées, pour la majorité par le bureau d'études Malavoi.

Exemples d'études réalisées :

- Marne moyenne, Marne amont (en cours par BE Fluvialis),
- En Franche-Comté, vallée de l'Ognon, Loue aval (en cours), basse vallée du Doubs, Orain (BE IPSEAU),
- Orb,
- Loire, Allier....

Par contre, suite à différents contacts (DIREN, Syndicats d'aménagement de rivières, Cater...), il s'avère que le concept est bien développé mais son application est encore rare. En effet, après la délimitation d'un espace de liberté, pas toujours fonctionnel, la mise en place de mesures de gestion n'est pas évidente. Dans la plupart des études géodynamiques réalisées auparavant, une délimitation purement technique d'une zone tampon représentant le fuseau de mobilité était effectuée, sans appréhender la politique de gestion à mettre en œuvre pour l'application du concept théorique. Ainsi, les services techniques, ayant une zone délimitée sur le papier mais aucun élément de gestion concrète à disposition, peinent à intégrer l'espace de mobilité au plan de gestion de la rivière.

Actuellement, les études géodynamiques commandées doivent intégrer une dimension fonctionnelle pour la mise en place du fuseau, cas, par exemple, de l'étude en cours sur la Marne amont (BE Fluvialis), sur la Loue (BE Malavoi)...

Remarque : Dans la quasi-totalité des études, l'espace de mobilité délimité est basé sur la méthodologie définie dans le SDAGE RMC, alors que la notion d'espace de mobilité est multiple.

Un seul guide technique existe pour la définition d'un espace de liberté : guide technique n°2, SDAGE RMC.

Or la méthodologie élaborée en 1998 dans le cadre du SDAGE RMC n'est pas systématiquement pertinente pour répondre aux concepts issus des deux autres textes. Il est

donc nécessaire de l'adapter. (Malavoi, Délimitation des espaces de mobilité de l'Orb au sens du SDAGE RMC et de l'arrêté 2001 « gravières », juillet 2004)

Dans le cadre de l'étude géomorphologique de l'Orb, le bureau d'études Malavoi a identifié deux espaces de mobilité sur l'Orb : un adapté à chaque concept.

Pour la délimitation de l'espace de mobilité au titre de l'arrêté 2001, la collaboration avec un hydraulicien a permis d'intégrer les axes d'écoulement préférentiel en crue, mettant en évidence des zones où le risque de capture du cours d'eau par d'éventuelles gravières est réel. Ainsi, en plus d'une zone de divagation du cours d'eau, une zone interdite d'extraction de granulats a été délimitée. A noter que cette dernière est plus importante que la première.

La détermination d'espaces de mobilité au sens des SDAGE est en cours de mise en oeuvre sur un certain nombre de grands cours d'eau français : Loire sur 200 km (Malavoi et al., 1996 et 1998), Allier sur 200 km (Malavoi et al., 1997), Moselle et Meurthe sur 50 km environ (Hydratec et Malavoi, 1999), Marne moyenne sur 55 km (Malavoi, 2001), Doubs aval sur 60 km (Malavoi, 2004) dans le cadre de l'application des SDAGE des divers bassins concernés.

L'application du concept de mobilité au sens de l'arrêté 2001 est encore relativement peu étendue et ne concerne généralement que de petites portions de cours d'eau dans la mesure où cet espace est généralement cartographié par un bureau d'étude, payé par le pétitionnaire, à l'occasion d'une demande d'extraction ou d'extension d'extraction. La longueur de cours d'eau concernée par site d'extraction est de l'ordre de 10 km.

L'application au sens de la Loi « Risques » est d'actualité car le décret d'application vient d'être publié le 23 février 2005 : *article L211-12 du Code de l'Environnement*.

Quelques cas d'application de ce concept existent tout de même.

✓ Cas du Plan Loire Nature.

Ce programme Life baptisé Loire Nature a pour objectif de préserver l'espace de liberté de la Loire et de l'Allier. Le projet déposé en 1991 par Espaces naturels de France et WWF-France a débouché à un contrat Life avec l'Union européenne, signé en décembre 1992 par Espaces naturels de France, WWF-France et l'Etat français.

Ici, la notion d'espace de liberté est au cœur du programme et relativement bien appliquée. Pour agir sur les sites, la maîtrise d'ouvrage du programme a été déléguée à six structures associatives : trois Conservatoires régionaux d'espaces naturels (CEPA, CSNB, CPNRC), la LPO Auvergne, Nature Haute-Loire et le WWF-France.

Huit sites d'intérêt écologique majeur ont été choisis (exemples : Bec d'Allier, Ecozone du Forez, Méandres de Guilly...).

La protection des espaces naturels peut s'appuyer sur différents outils. Ici, les responsables du programme ont principalement eu recours à la maîtrise foncière et d'usage des terrains.

Une politique d'acquisitions foncières est menée quand cela est possible, sinon des formules de location de longue durée sont recherchées. Des partenariats sont instaurés sur le plan financier avec les régions, les départements et les communes ; sur le plan technique avec les communautés de communes (exemples : Bec d'Allier acquis par le WWF-France, méandres de Guilly en location par le Conservatoire du patrimoine naturel de la région Centre selon un bail emphytéotique).

(Loire Nature, Recueil d'expériences – les actions les plus marquantes du programme Loire Nature, 1993-1998)

✓ La basse vallée du Doubs

La basse vallée du Doubs est l'objet d'un projet de plan d'aménagement géomorphologique développé par le Syndicat Mixte Saône Doubs. Dans ce projet, l'étude géomorphologique est prise en compte, ce qui permet l'intégration de l'espace de mobilité délimité sur ce secteur du Doubs. Le projet actuel de reconquête de la confluence Doubs-Ioue est l'application de l'espace de mobilité défini lors des études géomorphologiques. L'objectif est de restaurer cet espace sur la confluence, ainsi que sur d'autres secteurs de la basse vallée du Doubs dans le Jura et en Saône-et-Loire.

✓ La Loue

Le contrat de rivière Loue en cours d'élaboration intégrera l'espace de liberté délimité dans le cadre de l'étude géomorphologique en cours (BE Malavoi).

✓ Autres : cas sur la Basse vallée de l'Ain, la vallée de l'Orbe, de l'Allier, de l'Ognon, de l'Orain....

✓ Argumentaire tenu

Suite aux discussions avec différents acteurs locaux, les arguments principaux développés afin d'expliquer et de motiver la mise en place d'un espace de mobilité sont les suivants :

- freiner l'incision du lit mineur du cours d'eau afin de :
 - .préserver la ressource en eau (limiter l'enfoncement de la nappe alluviale),
 - .limiter la déstabilisation des ouvrages d'art (ponts...),
 - .limiter les dépenses publiques engagées dans la protection des terrains riverains et des ouvrages...
 - .limiter l'impact (inondations) des crues à l'aval : création de champs d'expansion naturels (très rarement applicable et efficacité peu démontrée),
 - .limiter la déconnexion des systèmes alluviaux annexes,
 - .limiter l'assèchement des zones humides,
- préserver une biodiversité et protéger les milieux naturels alluviaux
- conserver les capacités de soutien naturel des débits d'étiage par les zones humides et la nappe,
- conserver les capacités auto-épuratrices de la rivière et de ses systèmes annexes,
- préserver l'aspect récréatif de la rivière (loisirs...).

Bien sûr, ces arguments dépendent du contexte local (état hydrologique, géomorphologique...) et ne peuvent pas tous être développés systématiquement:

2. *A l'étranger*

En Suisse, après une politique d'aménagement lourd menée sur le territoire, les mentalités ont changé vers les années 80, reconnaissant la nécessité de redonner de l'espace aux cours d'eau (Hostmann, Knutti, 2002).

L'Ordonnance du 28 octobre 1992 relative à la protection des zones alluviales d'importance nationale (OZA) est entrée en vigueur le 15 novembre 1992 (OFEFP, juin 1995). Un des buts de l'ordonnance est le rétablissement de la dynamique naturelle du régime des eaux et du charriage, pour autant que ce soit judicieux et faisable (art.4 al.1) (OFEFP, septembre 2002).

282 objets, à savoir des zones alluviales à préserver, ont été inventoriés dans le cadre de ce texte. La désignation de ces zones est basée sur la végétation alluviale, à savoir 2 hectares de végétation typique pour les zones non corrigées, 5 hectares pour les zones corrigées. Pour chacun des objets, une fiche technique détaille les tâches à accomplir. Ce sont les cantons qui sont en charge de l'application des tâches définies dans l'Ordonnance qui sont : la délimitation

des objets, leur conservation intacte et si besoin est leur restauration (axée sur la dynamique et le charriage).

Un guide technique d'application de l'ordonnance sur les zones alluviales a été publié en juin 1995 par l'Office Fédéral de l'Environnement, des Forêts et du Paysage (OFEFP) afin de faciliter l'application de l'OZA par les cantons. 282 sites d'importance nationale ont été définis.

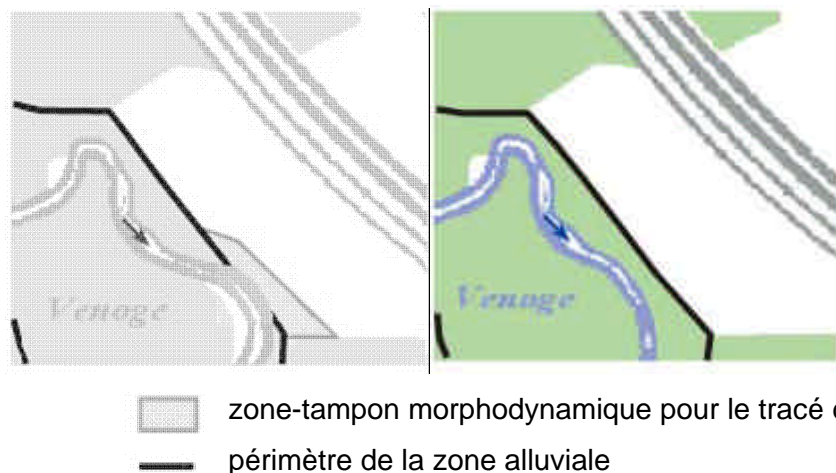
L'article 3 al.1 de l'OZA demande aux cantons de délimiter des zones-tampon suffisantes du point de vue écologique, évitant la mise en danger de la zone alluviale par les activités développées. La définition d'une zone-tampon suffisante du point de vue écologique requiert une approche sous plusieurs angles et une vue d'ensemble. Selon les diverses fonctions qu'elle sera amenée à remplir, une zone-tampon suffisante du point de vue écologique se composera :

- d'une zone-tampon morphodynamique pour différents buts, dans laquelle l'exploitation du terrain est subordonnée à la dynamique alluviale (OFEFP, 2001),
- d'une zone-tampon hydrologique,
- d'une zone-tampon trophique,
- d'une zone-tampon biologique.



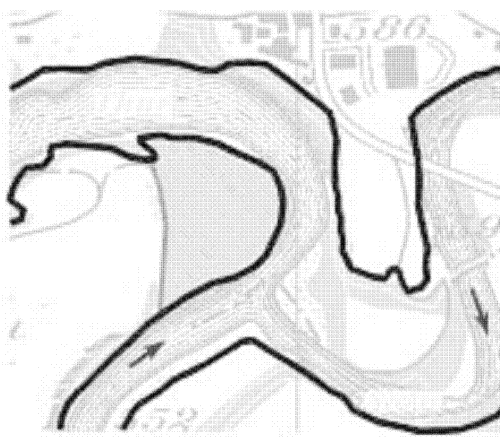
(Source : OFEFP, juin 1995)



Figure n°55 : Exemple de zone-tampon morphodynamique pour le tracé du cours d'eau : les Iles de Bussigny, VD



(Source : OFEFP, 2001)

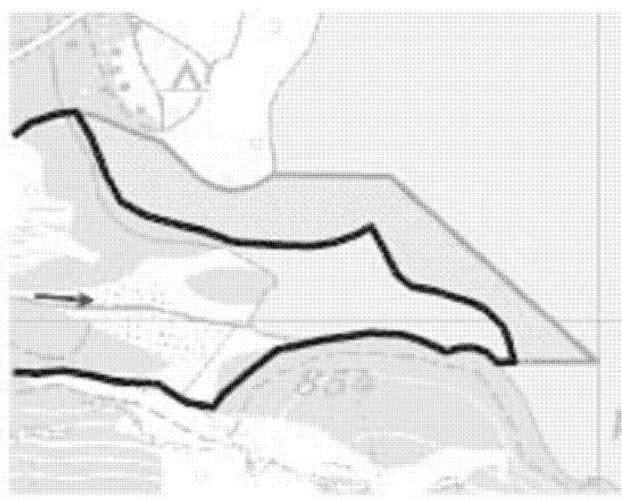
Figure n°56 : Exemple de zone-tampon morphodynamique pour l'inondation sur la Thur (SG)





-  zone-tampon morphodynamique pour l'inondation
-  périmètre de la zone alluviale

(Source : OFEFP, 2001)

Figure n°57 : Exemple de zone-tampon morphodynamique pour le développement d'un delta : Embouchure du Chlü dans le lac de Klöntal (GL)



-  zone-tampon morphodynamique pour le développement d'un delta
-  périmètre de la zone alluviale

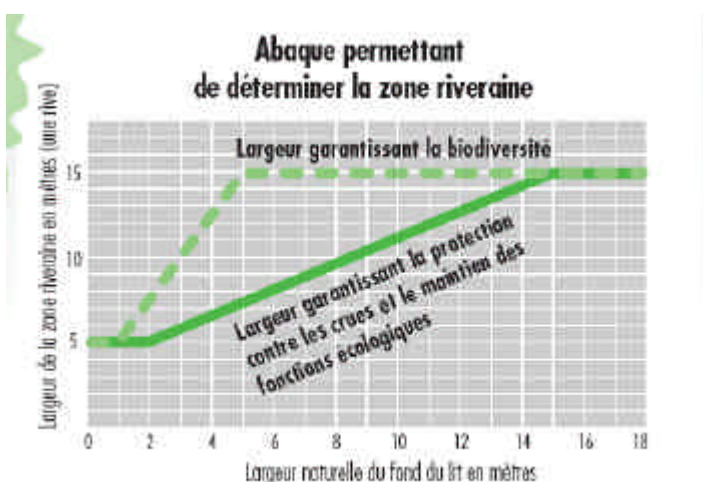
(Source : OFEFP, 2001)

De plus, la législation en vigueur prévoit plusieurs instruments relevant de l'aménagement du territoire, de l'agriculture, de la protection de l'environnement et de l'économie des eaux pouvant aller dans le sens d'une préservation d'un espace nécessaire pour les cours d'eau.

Conformément à l'art. 21 de l'ordonnance sur l'aménagement des cours d'eau, les cantons doivent tenir compte des besoins d'espace des cours d'eau dans leurs plans directeurs et dans leurs plans d'affectation ainsi que dans d'autres activités ayant des effets sur l'organisation du territoire (OFEG et al., 2000).

La détermination concrète de l'espace nécessaire pour les cours d'eau repose sur une zonation qui dépend des objectifs visés (OFEG et al., 2000) :

- **le fond du lit** : correspondant environ à la largeur du cours d'eau à niveau d'eau moyen,
- **la zone riveraine** (berges incluses) : elle sert d'habitat à une multitude d'espèces animales et végétales spécialisées. Selon la largeur du lit, elle doit s'étendre entre 5 et 15 m de part et d'autre afin d'assurer ses fonctions. Au delà, on admet qu'elle constitue un biotope riverain autonome.



Les valeurs obtenues selon l'abaque (ligne verte continue) représentent l'espace minimum recommandé.

Pour favoriser la biodiversité, une augmentation est nécessaire (ligne verte tirets).

(Source : OFEG et al., 2000)

- **l'espace récréatif** : les cours d'eau présentent un attrait particulier en tant qu'espace récréatif, notamment lorsqu'ils sont facilement accessibles. Il convient donc de prévoir un espace supplémentaire d'au moins 3 m (par exemple pour des chemins) sur les tronçons situés à proximité des zones d'habitations...
- **la bande de divagation** (emprise nécessaire à la formation des méandres) : elle devrait atteindre au moins 5 à 6 fois la largeur du fond du lit naturel, au sens des idées directrices « Cours d'eau suisses » (OFEFP, 2003). Afin de respecter la dynamique alluviale, il est souvent judicieux de déterminer aussi une ligne d'intervention (ce n'est

qu'au moment où la rive atteint cette ligne définie à l'avance que des mesures d'aménagement des cours d'eau seront entreprises.) (OFEFP, 2004).

⇒ **l'espace pour les cours d'eau** : l'espace nécessaire total obtenu selon l'abaque permet d'assurer les fonctions de transport et un minimum de mise en réseau des biotopes. Il comprend le fond du lit ainsi que, de part et d'autre, la zone riveraine (*espace minimum recommandé*). Dans les régions peu exploitées, l'espace du cours d'eau peut être étendu à la largeur de la bande de divagation ou à celle permettant de promouvoir la biodiversité (ligne verte tirets). Quant aux espaces récréatifs, ils peuvent se situer dans les limites de l'espace nécessaire ou au delà.

Ces concepts pour redonner de l'espace nécessaire aux cours d'eau ont été mis en œuvre par exemple sur l'Aar, la Bünz, la Thur, la Kander ...

Figure n°58 : Exemple de zone-tampon morphodynamique sur la Neirigue (FR)



(Source : OFEFP, 2001)

En Allemagne, le concept est encore peu développé (T. Menzel, communication personnelle).

Une étude importante en Rhénanie du Nord-Westphalie a été publiée en février 2005 : elle décrit pour certains cours d'eau de plaine un corridor de développement (Sont pris en exemple la Lippe et plusieurs de ses affluents). Ce corridor s'étend sur dix fois la largeur du chenal, ce qui ressemble un peu à l'amplitude d'équilibre (espace permettant d'assurer les translations

latérales et l'équilibre dynamique), définie dans le guide technique n°2 du SDAGE RMC, correspondant à dix fois la largeur du lit à pleins bords (cinq fois de part et d'autre).

Des procédures d'acquisition foncière, menées par le WWF de Rastatt (Institut des plaines alluviales) sont en cours sur l'Elbe moyenne dans une réserve de biosphère afin de préserver un espace de mobilité pour le cours d'eau. Aucun autre espace de liberté n'a pu être réalisé concrètement (E.Wenger, communication personnelle).

Sur l'Oder, fleuve frontalier entre la Pologne et la Tchécoslovaquie, un projet de restauration d'un espace de mobilité, mené par le WWF-Allemagne, est en cours. Dans cet objectif, une visite de terrain avec les élus locaux est prévue sur l'Allier, rivière exemplaire dans le domaine (E.Wenger, communication personnelle).

Aux Pays-Bas, un projet de reconquête de la plaine alluviale est en cours sur le delta du Rhin et de la Meuse afin de redonner de l'espace aux cours d'eau.

II Le projet pilote de réaménagement hydroécologique de la confluence Doubs / Loue

Suite à l'étude géomorphologique du BE Malavoi de la basse vallée du Doubs en 2004, il a été envisagé un projet pilote de restauration de la dynamique fluviale dans la zone de confluence Doubs-Loue, celle-ci ayant été fortement dégradée suite aux lourds aménagements et à la rectification de la confluence dans les années 60.

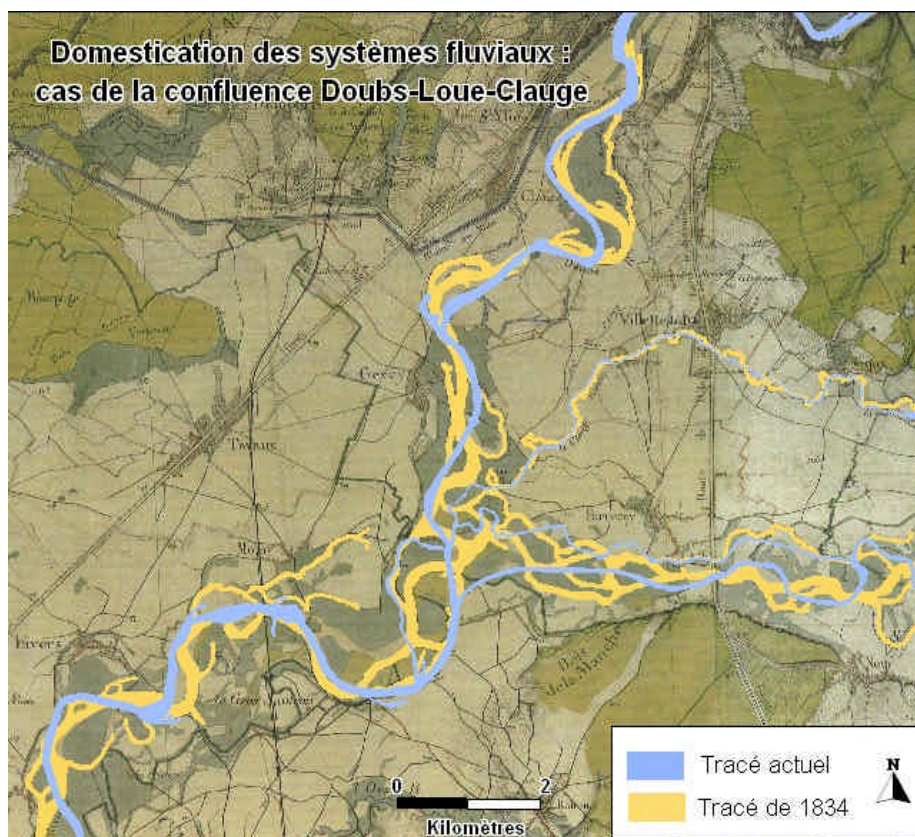


Figure n°59 : Carte globale de la confluence Doubs-Loue
(Sources : fond cartographique IGN© carte Etat-Major année 1834, DIREN FC)

Pour favoriser sa mise en œuvre, un travail de communication et de sensibilisation des acteurs locaux est en cours. Dans ce cadre, des recherches de sites restaurés ou renaturés sur le plan géomorphologique, ainsi que sur le plan de la valorisation sont menées. Ceci permettra de soumettre aux élus des exemples concrets et d'organiser une visite de terrain sur des sites choisis afin d'appréhender les aspects techniques mis en œuvre et les moyens de valorisation développés ...

Pour appuyer cette visite, un document de communication, destiné aux acteurs locaux a été élaboré. Il synthétise les grandes orientations du projet, les intérêts de sa mise en œuvre ainsi que des exemples comparables.

Le site étudié, au delà de la confluence elle-même, s'étend sur une zone calée sur trois ponts : le pont de Gevry au Nord, le pont de l'autoroute A39 à l'Est et le pont de Champdivers à l'Ouest (Figure 60).

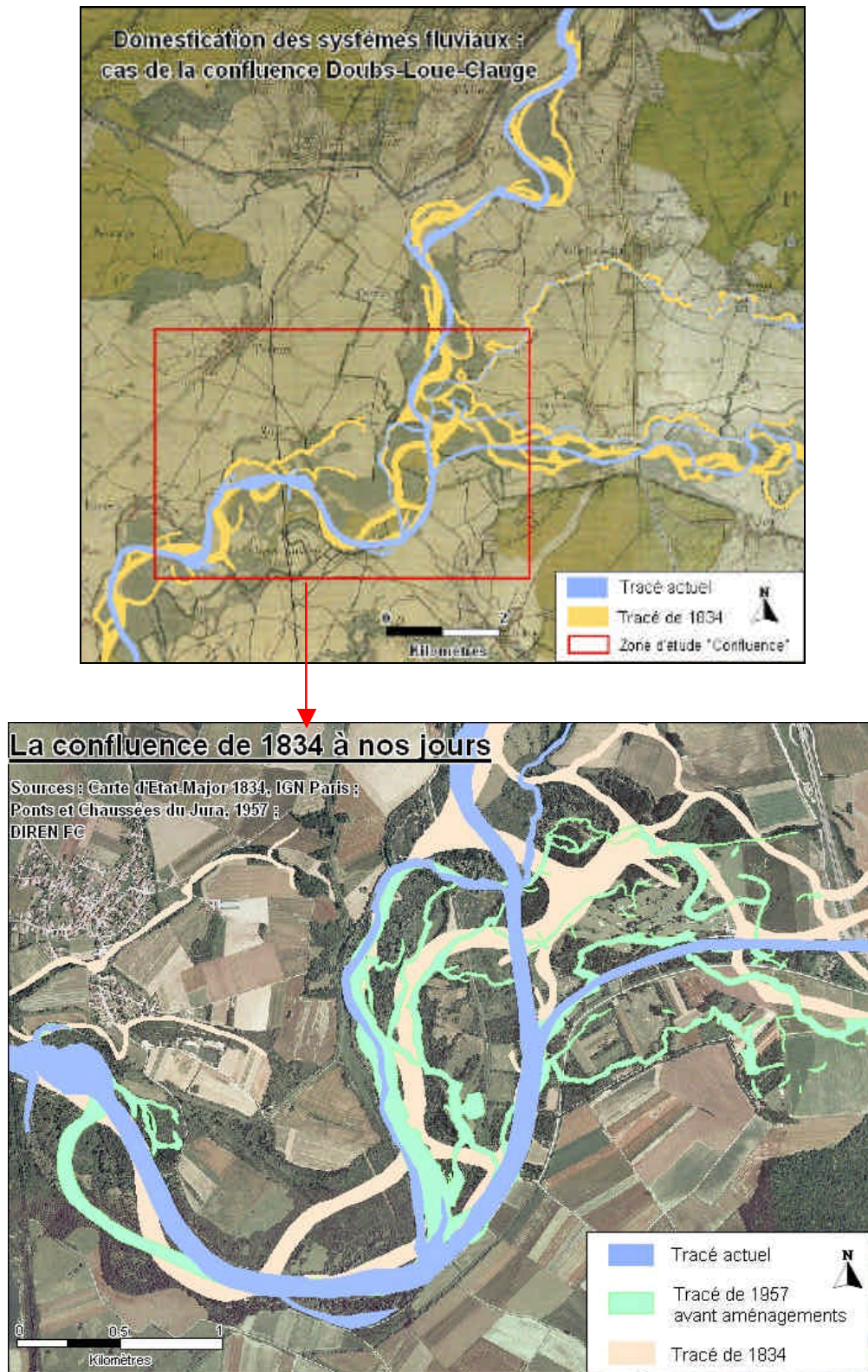


Figure n°60: Zone d'étude Confluence – Evolution de cette confluence depuis 1834
(Sources : Fond cartographique IGN© BD-Ortho 2001, DIREN FC)

A. Contexte actuel

Actuellement, après la Basse vallée du Doubs, la Loue moyenne et aval est sujette à controverse. En effet, une étude géomorphodynamique, menée par le BE Malavoi, est en cours afin d'analyser le fonctionnement actuel de la rivière et de diagnostiquer d'éventuelles lacunes. Indirectement, la confluence subit quelques retombées...

Le confluence Doubs-Loue connaît différents projets en cours qu'il est nécessaire de concilier avec le projet global de reconquête.

Le projet pilote global vise à la restauration d'un espace de mobilité fonctionnel. Il a été proposé suite à l'étude géomorphologique de la Basse Vallée du Doubs et a pour objectif la reconquête de la confluence (*voir annexe 1*).

Le second est l'extension du golf du Val d'Amour (M. Lambert), à intégrer au premier. Sur ce point, une étude, en concertation avec l'architecte du golf, est menée par le BE Malavoi afin de proposer un compromis de niveaux d'ambition entre la mise en œuvre d'un espace de mobilité fonctionnel et l'extension du golf de neuf à dix huit trous. Il s'agit d'un travail important de discussion et de négociation foncière afin que le golf compense la perte d'environ 15 ha pour l'application de l'espace de mobilité et qu'il acquière une trentaine d'hectares afin d'augmenter sa surface à environ 60 ha nécessaires à l'établissement d'un 18 trous. Le bilan foncier montre donc qu'une superficie d'environ 45 ha est nécessaire à la conduite des deux projets.

Troisièmement, le projet de restauration hydraulique de la Réserve Naturelle Nationale de l'Île du Girard est aussi d'actualité. Il s'agit ici de rétablir un écoulement suffisant du Vieux Doubs (par ouverture de la digue centrale et suppression du bouchon aval) et une reconnexion effective avec le Doubs. (Etude du fonctionnement hydraulique du Vieux Doubs, BE Safege) . Suite à l'étude hydraulique, les vitesses d'écoulement étant insuffisantes pour rétablir un écoulement durable dans le Vieux Doubs, l'idée de travailler sur des actions de restauration écologique locale semble plus pertinente : retrait du bouchon aval voire le curage du Vieux Doubs et retrait des quatre bouchons vaseux.

Egalement, le projet « Voie verte », mené par le CG 39, dont une variante pourrait utiliser l'ancienne voie ferrée Lons-le-Saunier / Dole, juste en amont de la confluence mais dans la zone d'étude. Ce dernier projet est cité ici car la voie verte passe par le pont SNCF de Molay, alors que l'effacement de ce même pont (ainsi que le pont routier voisin) est une option étudiée dans le projet de réaménagement hydromorphologique optimal (ces deux ponts verrouillant l'écoulement du Doubs et donc sa mobilité).

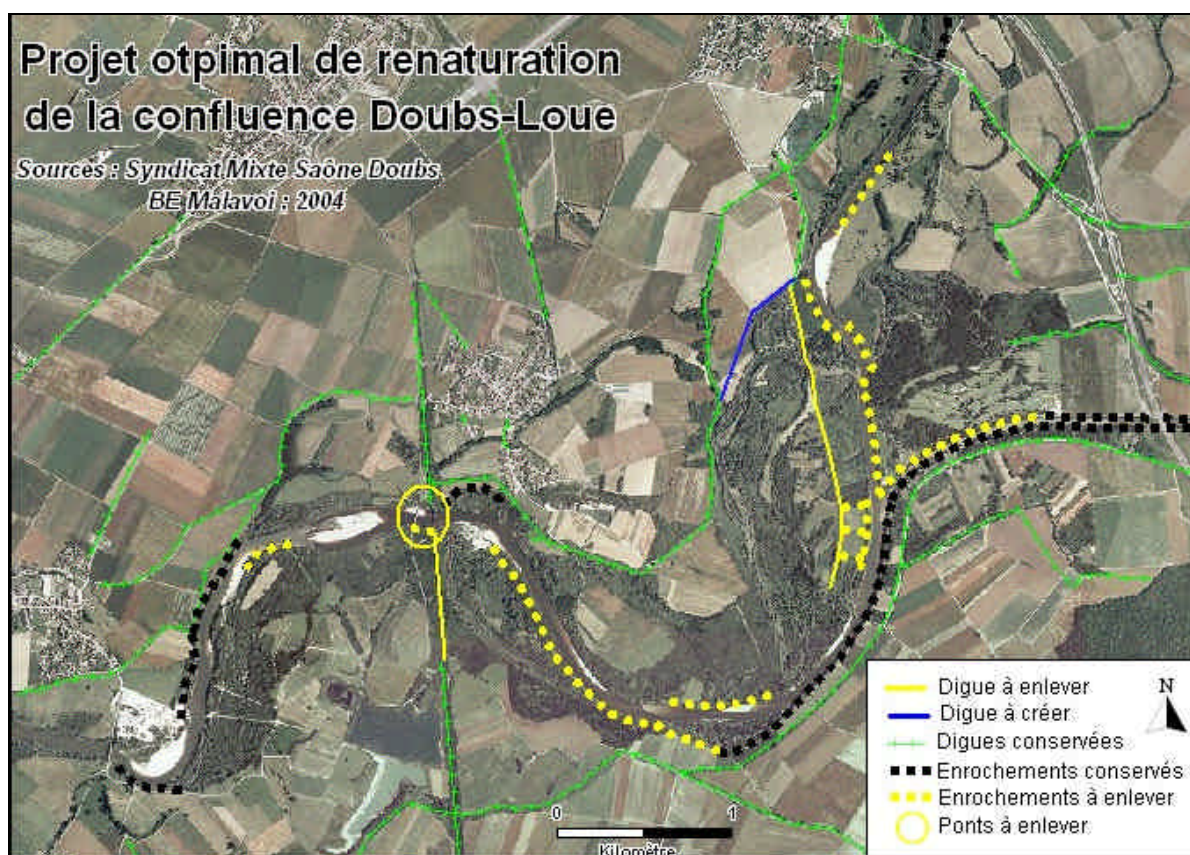


Figure n°61 : Projet globale

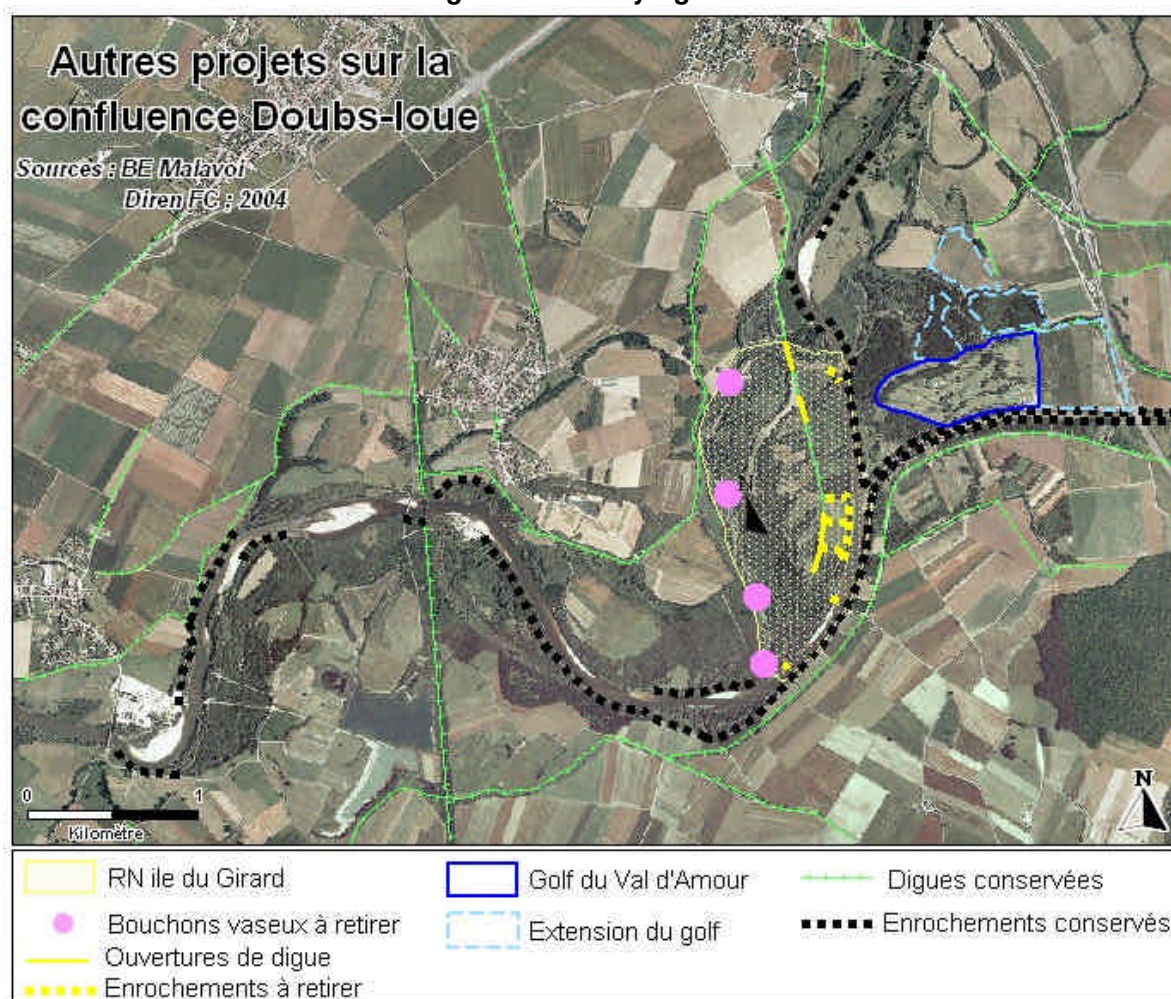


Figure n°62: Autres projets locaux

Ainsi, actuellement, une grande concertation est lancée.

Lors de la réunion du comité de pilotage du « Défi Confluence », le 12 juillet au CG 39, chaque projet a été exposé. Un programme de travail et de concertation a été programmé... Lors de cette réunion, le projet de visite de terrain avec les élus locaux a été décidé, et la date du samedi 1 octobre 2005 a été arrêtée. La rédaction d'un document de communication a été annoncée. Axé surtout sur le projet pilote de restauration et de la valorisation de la dynamique fluviale de la confluence qui conditionne les autres projets, il intégrera les différents partis et sensibilisera à l'important potentiel socio-économique du projet.

B. Résultats des recherches bibliographiques

Dans le cadre de la visite de terrain envisagée avec les élus locaux, ainsi que dans l'optique de la rédaction d'un document de communication, des recherches bibliographiques sur des projets similaires ont été entreprises.

1. sur le plan technique

Des recherches de sites restaurés ou renaturés d'un point de vue de leur dynamique alluviale ont été effectuées.

a. Tout d'abord en France

Peu d'exemples de projets probants ont été répertoriés. Un travail sur la restauration de la dynamique alluviale, du transport solide...au travers de politiques de gestion menées à l'échelle du bassin est effectuée (ex : Basse vallée de l'Ain, Basse vallée de la Drôme, Vallée de l'Allier et de la Loire...). Bien sûr, les exemples d'application d'un espace de mobilité du cours d'eau font partie de programmes de restauration de la dynamique alluviale.

On trouve des exemples tels que le Dugeon. Dans ces projets, il s'agit de reméandrage d'un tronçon de cours d'eau.

Egalement, on retrouve des projets de curage de mortes, de reconnexion d'annexes alluviales avec le chenal, mais ces expériences ne restent que très ponctuelles et s'inscrivent difficilement dans une gestion globale du système.

Sur le Rhin, de grands projets de travaux sont lancés dans le cadre d'une coopération franco-allemande. Notamment, le Programme du Rhin Intégré. Différentes actions sont

envisagées sur le Rhin ainsi que sur le vieux Rhin. Sur ce dernier, il est envisagé de procéder à un décaissement de grande envergure, rive droite (rive allemande), sur 30 km de long, 6 mètres de profondeur et 90 m de large. Cela dans l'objectif principal de lutte contre les inondations : augmentation du volume d'expansion et de rétention des eaux du Rhin en crue.

Egalement, en parallèle de l'extension de la Réserve Naturelle de la Petite Camargue Alsacienne, un projet « d'érosion maîtrisée » est envisagé sur de l'île du Rhin accompagné d'une remise en question du débit réservé au Vieux Rhin par création d'une vanne d'alimentation. L'objectif est de retirer des protections de berge sur l'île du Rhin, en rive gauche, et de permettre ainsi l'évolution de « petites encoches d'érosion maîtrisées ».

b. A l'étranger

Plusieurs exemples se rapprochant un peu plus du projet « confluence » ont été trouvés.

La plupart des exemples se situent en Suisse. Des sites comme la confluence de l'Aubonne avec le Lac Lemman sont intéressants. C'est un des premiers sites suisses sur lequel la notion d'espace de mobilité ou de bande de divagation du cours d'eau a été appliquée.

D'autres actions locales ont été recensées (*voir annexe 2*)

Beaucoup de projets de reméandrement à petite échelle sur un tronçon de cours d'eau ont également été menés : exemple de l'Aire.

**Figure n°63: Exemple suisse : revitalisation d'un tronçon de l'Aire
(source : Biotec)**



a. (04.06.02)
Etat initial, après les travaux d'abattage. On remarque les pieds de berge protégés par les murs en béton et la faible hauteur d'eau à l'étiage



b. (10.09.02) Etat à la fin des travaux. Un lit d'étiage a été créé et seule la berge droite a été stabilisée à l'aide des techniques du génie biologique.

En Angleterre, la création du Centre de Restauration des Rivières en 1998 a permis de développer la restauration des cours d'eau du Royaume-Uni. Des travaux du même genre ont été menés : exemple sur la Cole qui a été reméandree sur 2 km (1995/1996), également sur la Skerne qui a été reméandree sur 2 km et dont les berges ont été reprofilées (réalisation de quatre méandres)(1995/1998).

Au Danemark, beaucoup de travaux du genre ont été effectués. La Brede, par exemple, a été restaurée sur plus de 20 km (5 km dans le cadre d'une programme Life) . Il s'agissait de reméandrement.

Le projet de restauration de la Skjern, en cours depuis 1999, est le plus important projet de restauration de cours d'eau du Danemark.

En Allemagne, en Bavière, un programme de restauration des rivières et des plaines alluviales, appelé « Programme d'action 2020 », a été lancé. Notamment, de gros travaux de restauration ont été menés sur l'Isar, entre Munich et Landshut.



Figure n 64: Exemple de l'Isar dans la ville de Munich avant restauration (à gauche), après restauration (au-dessus).
(Sources : Binder, 2004)

Ce qui est intéressant sur l'Isar (notamment à son embouchure) est la volonté des élus qui ont vraiment été porteurs du projet.

De gros travaux ont également été effectués sur la Danube (Programme Danube Vert), sur l'Isar à son embouchure un projet est en cours à l'initiative des élus ainsi que sur l'Elbe...

Il faut néanmoins utiliser ces données avec prudence car, pour les exemples en Angleterre, en France sur la Meuse..., les cours d'eau restaurés sont des cours d'eau à très faible pente, donc peu comparables au Doubs et à la Loue. Cela peut se ressentir en terme d'activité dynamique du cours d'eau : le Doubs et surtout la Loue sont des rivières, malgré leur aménagement, encore très actives, avec une capacité de transport importante, et des taux d'érosion potentiels élevés (4 à 5 m d'érosion latérale par an pour la Loue)

Beaucoup de ces projets ont nécessité des interventions lourdes (reméandrage...)

Le projet s'attache à un site proprement soumis à la dynamique particulière de confluence fluviale. De plus, compte tenu de la puissance du Doubs et de la Loue, la réalisation du projet pilote passe par le simple démantèlement des diverses protections mises en place lors de la réalisation de l'aménagement. Les rivières recréeront ensuite peu à peu leur dynamique naturelle sur la zone de confluence. Tout ceci permettra de redonner un peu d'espace aux cours d'eau mais sans menacer les enjeux socio-économiques, c'est-à-dire que les digues de protection du village de Molay seront conservées et renforcées avec les enrochements retirés (*voir précédemment figure 61*).

2. *sur le plan de la communication et de la valorisation de site :*

Différents aménagements sont développés dans un but pédagogique autour des problématiques liées aux plaines alluviales.

Beaucoup de sentiers ont été créés. Allant du simple sentier de balade balisé en bordure de cours d'eau aux sentiers d'interprétation, plus ludiques, destinés à découvrir et comprendre le fonctionnement et les menaces pesant sur les plaines alluviales. Quelques exemples locaux existent, développés par le CPIE Bresse du Jura notamment : le sentier « Mémoires vives, mémoires mortes » sur l'histoire de la Loue à Chamblay, le sentier Jacquot sur les milieux humides....



**Figure n°65: Sentier de Chamblay
(CPIE Bresse du Jura)**

Egalement, d'autres aménagements plus conséquents, mais souvent associés à l'outil de terrain qu'est le sentier, sont développés. Il s'agit de structures d'accueil permettant de valoriser les concepts actuels et de sensibiliser le public aux problématiques liées à la dynamique alluviale.

Cette recherche s'intègre à la démarche menée par Dole Environnement, gestionnaire de la Réserve Naturelle Nationale de l'Île du Girard, visant à proposer un projet de Maison de la Réserve. N'ayant pas de structure d'accueil, il serait intéressant de profiter du projet pilote sur la confluence pour développer et mettre en place une structure d'accueil du public pour sensibiliser aux problématiques alluviales et communiquer sur le projet en tant que tel, mais également servant de maison de la Réserve. En effet, si le projet se réalise, la Réserve Naturelle bénéficiera d'un véritable statut de réserve naturelle fluviale...

Les recherches ont surtout trouvé résultats en France. Beaucoup de structures voient le jour sur le territoire. Les thématiques touchant aux plaines alluviales sont bien présentes, un peu partout, et notamment sur la Loire et ses affluents. En effet, ces systèmes fluviaux ont bénéficié de programmes importants (Loire Nature...) et d'une attention particulière.

De multiples structures ont été élaborées, notamment sur la Loire : Pavillon du Milieu de Loire de Pouilly-sur-Loire (58) (thématiques vignoble et îles de Loire), les diverses Maisons de

Loire, par exemple à Belleville-sur-Cher (18), à Jargeau (45), ou à Saint-Dyé-sur-Loire (41) (thématiques des milieux ligériens), le Musée de la Rivière de Chinon (37)....

D'autres structures ayant une approche différente, étant donné leur appartenance aux réseaux des Réserves Naturelles de France, concilient gestion du site et éducation, sensibilisation à l'environnement et aux thématiques propres au site. Par exemple, les Réserves Naturelles de la Petite Camargue Alsacienne (Figure 66), de l'Île de la Platière, des Ramières du Val de Drôme...ainsi que celle du Lac de Remoray située dans la région peuvent être citées.

Parmi les structures d'accueil les plus importantes et les plus connues, on retrouve l'Ecopôle du Forez (Figure 67) et l'ObservaLoire à Digoin (Figure 68).

Pour l'Ecopôle, une structure majestueuse a été édifée sur d'anciennes gravières restaurées, ayant des taux de fréquentation record pour de tels établissements, sur d'anciennes gravières restaurées. Ici, malgré l'absence du titre de Réserve Naturelle, des actions de gestion du site et de valorisation sont menées en parallèle.

L'ObservaLoire de Digoin est un espace de découverte de la Loire, de son histoire et de ses canaux (notamment le pont-canal de Digoin).



Figure n°66: Petite Camargue Alsacienne



**Figure n°67:
Ecopôle du Forez**



**Figure n°68:
ObservaLoire**

Actuellement, divers autres projets sont envisagés comme la Maison de l'Allier à Vichy, La Maison de l'eau et de la pêche de Cordelle (42), et beaucoup d'autres encore...

Quelques aménagements suisses ont été recensés. Différents sites intéressants d'un point de vue écologique sont valorisés.

L'exemple du Lac de Neuchâtel, et notamment de ses abords est intéressant.

La Grande Cariçaie, rive sud du lac, a le statut de réserve naturelle. C'est une vaste zone regroupant 2500 ha de hauts fonds lacustres, 700 ha de marais....

Elle est dominée par le Centre Pro Natura de Champ-Pittet qui est matérialisé par une maison d'accueil datant du XVIII^{ème} siècle et 2 km de sentiers aménagés au cœur de la cariçaie. La maison accueille des expositions temporaires interactives, des montages audio-visuels et autres outils pédagogiques et ludiques.

Au nord du lac, le Centre Nature ASPO de la Sauge accueille une exposition permanente sur la grande cariçaie, des expositions temporaires diverses, des projections multimédia ainsi qu'un laboratoire écologique.



Figure n°69: Centre Nature ASPO

D'autres exemples existent dans le pays :

- Le Musée sur la protection de la nature qui présente le réseau de zones alluviales du canton d'Argovie,
- Une structure d'accueil existe dans la vallée de la Reuss
- Des sites ayant été renaturés sont par la suite valorisés : exemples des Finges (vallée du Rhône amont), la Bolle de Magado...

C. Préparation et visite de terrain

1. Exemples de sites intéressants

Parmi tous les exemples recensés lors de la recherche de projets, des sites intéressants et proches, géographiquement, de la zone d'étude sont retenus comme susceptibles de faire l'objet d'une visite avec les élus locaux.

a. - sur le plan technique :

Des sites comme la Réserve Naturelle de la Petite Camargue alsacienne, le Bec d'Allier, la vallée du Drugeon, la réserve naturelle des Ramières du Val de Drôme, sites de travaux sur le Rhin... sont intéressants.

Pour l'étranger, il faut se cantonner aux frontières suisses et allemande. En Suisse, des sites restaurés comme ceux de l'Aubonne, la Versois.... (eaux libérées, fiche tech espace nécessaire aux zones alluviales) (*voir annexe 2*).

b. - sur le plan de la valorisation :

Les sites les plus intéressants sont des exemples français au nombre de quatre : ecopôle du forez, RN Remoray, petite camrgue, Observatoire de Dogoin. Egalement, la Réserve Naturelle des Ramières du Val de Drôme a quelques caractéristiques intéressantes (*voir annexe 3*).

2. *choix du site*

Lors des recherches techniques, notre choix de site à visiter avec les élus s'est affiné afin de réunir , si possible sur un site, les aspects techniques et « communication » pour permettre aux élus de les appréhender et si possible de rencontrer d'autres élus locaux afin qu'ils nous fassent partager leurs sentiments face à ce type projet.

C'est pourquoi, le choix s'est fixé sur la Réserve Naturelle Nationale de la Petite Camargue Alsacienne. En effet, il nous est permis, sur ce site, d'appréhender l'appropriation du projet par les élus, les aspects « communication et valorisation » au travers de la maison de la réserve, de la pisciculture et des diverses expositions proposées, et les aspects techniques au cours de visites de terrain présentant diverses actions mises en œuvre (travaux sur le marais, curage de mortes, projets sur le vieux Rhin...). Il est vrai que d'un point de vue technique, le site et ses projets rentrent dans les objectifs du projet sur la confluence, relatifs à la restauration de la dynamique alluviale, sur le seul aspect « d'érosion maîtrisée » sur l'île du Rhin. La thématique générale reste la même, à savoir la gestion et la revitalisation des plaines alluviales.

De plus, c'est une association qui a la charge de la gestion du site. Le contexte actuel sur le site Doub-Loue, fera appel à l'ensemble des partenaires locaux : communautés de communes, syndicat d'aménagement communes ou associations.

Pour finir, un argument important, au choix de cette destination est la possibilité offerte de rencontrer sur place les élus des cinq communes concernées afin de partager et de combler les inquiétudes sur le sujet.

3. *Présentation du site*

La Petite Camargue alsacienne est une Réserve naturelle Nationale, située au Sud-Est de l'Alsace sur les communes de Saint-Louis, Roseneau et Village-Neuf. Il s'agit de 200 ha de milieux naturels de la plaine du Rhin, notamment des marais reliques de la jungle rhénane, où sont gérées des problématiques liées au fonctionnement écologique de la plaine alluviale. Un projet d'extension est en cours portant à 806 ha la superficie de la Réserve.

(*Voir fiche descriptive en annexe 3 pour plus de détails*)

4. Organisation

Une fois la destination arrêtée, la logistique de l'excursion m'est incombée, à savoir : la réservation d'un autocar, l'organisation de la journée (ordre du jour, programme, intervenants, rédaction des bons de commande, gestion logistique...).

(Voir annexe 4 : ordre du jour et lettre d'invitation)

Ce « voyage d'études » a eu lieu le samedi 1^{er} octobre 2005.

Une trentaine d'acteurs locaux, ou de représentants d'acteurs locaux, ont participé à cette journée en Alsace. La matinée axée sur les aspects techniques s'est déroulée le long du Vieux Rhin. Elle a permis de s'imprégner du contexte local et des différents projets en cours. La coupure de la mie-journée, en compagnie d'élus du site, fut l'occasion de faire un premier point sur la visite. Durant l'après-midi, placée sous le signe de la valorisation, de la communication et de l'accueil du public, les visiteurs ont pu découvrir l'histoire locale de la Petite Camargue Alsacienne au travers de l'exposition « Mémoires du Rhin », puis l'organisation de la pisciculture impériale et le programme Saumon 2000 grâce à l'exposition « Mémoires de Saumon ». Et pour finir, le tour du sentier des observatoires a permis de finaliser l'imprégnation du site, de la richesse de milieux ainsi que leur gestion. La clôture de cette journée est revenue à Christian Roulier, du Service Conseil Zones Alluviales, qui a pu conclure en faisant le bilan de cette visite et en apportant des éléments de comparaison avec des exemples de gestion des plaines alluviales en Suisse.

Les acteurs de la confluence sont repartis d'Alsace enrichis d'informations et d'exemples concrets, avec la satisfaction d'avoir été entendus car ils étaient demandeurs de compléments d'informations sur le sujet.

D. Dossier de communication

Un document de communication, d'une vingtaine de pages et illustré, a été rédigé afin de résumer l'importance du projet de reconquête de la confluence Doubs-Loue, son contexte, ses caractéristiques...*(voir annexe 5)*

Dans ce document, il s'agit de rappeler le caractère patrimonial du site et de la démarche engagée. Une synthèse du projet et des mesures techniques est également exposée. Et pour finir, une estimation des intérêts du projet est réalisée...

Ce document, intitulé : « Dossier de synthèse : Projet pilote de reconquête de la confluence Doubs-Loue – Eléments techniques », a été distribué aux acteurs locaux lors de la visite de la Petite Camargue Alsacienne

CONCLUSION

La DIREN Franche-Comté a lancé le projet de cartographie des espaces de mobilité des cours d'eau du territoire en s'appuyant sur les bureaux d'études et les universités compétentes. C'est dans ce cadre précis que les objectifs assignés à cette étude ont été poursuivis :

1. élaborer une typologie géodynamique des cours d'eau de la région Franche-Comté, puis cartographier un espace de mobilité sur les tronçons de cours d'eau les plus mobiles,
2. rechercher des exemples techniques et pédagogiques de gestion des plaines alluviales en Europe ,
3. élaborer un document de communication et organiser une visite de terrain avec les acteurs locaux dans le cadre du projet de reconquête de la confluence Doubs-Loue.

Pour l'étude typologique, le travail a consisté à prolonger celui engagé en 2004 et à construire une base de données géodynamiques pour l'ensemble des cours d'eau d'un linéaire supérieur à 10 km. Il s'agit de sectoriser les cours d'eau en tronçons homogènes puis de les renseigner au moyen de variables géodynamiques calculées.

Puis une phase de traitements statistiques est effectuée afin d'identifier les variables ou combinaisons de variables (pentes, puissance...) explicatives de l'activité géodynamique des cours d'eau visualisée et mesurée grâce aux taux d'érosion.

Les résultats obtenus montrent certaines relations entre variables. La plus significative est la relation entre la puissance spécifique et le taux d'érosion. Mais globalement, à ce stade du traitement des données, des corrections semblent nécessaires afin d'apporter plus de poids à certaines variables, en particulier pour la variable puissance.

Malgré tout, la finalisation d'une typologie est envisageable à court terme sur la région Franche-Comté à partir des informations qualitatives et quantitatives de la relation puissance spécifique / taux d'érosion.

Au-delà de la commande de la DIREN, ces travaux s'inscrivent dans une réflexion globale sur la mobilité spatio-temporelle des systèmes alluviaux, menée depuis plusieurs années. La région Franche-Comté incarne un terrain d'expérimentations au niveau national et région pilote en la matière.

En effet, de nombreuses études ont permis de reconnaître la dynamique fluviale comme étant indispensable au bon fonctionnement hydraulique, physique et écologique. Elles ont abouti à la prise en compte de ces phénomènes dans les textes législatifs ainsi qu'à l'émergence de la notion d'espace de mobilité (1995) comme concept de gestion de ces milieux remarquables.

Depuis, l'appréhension scientifique, technique et sociologique du concept continue afin de mieux comprendre les mécanismes et de localiser les zones où la mise en place d'un espace

de mobilité serait pertinente. Chaque résultat permet d'avancer un peu plus dans le raisonnement scientifique et l'articulation des différents mécanismes. Les résultats obtenus sur la région Franche-Comté y participent.

Pour la seconde phase de travail, concernant les aspects « valorisation et communication » du concept d'espace de mobilité des cours d'eau, la démarche est tout aussi ambitieuse.

Des recherches bibliographiques ont été effectuées afin de synthétiser l'état d'avancement de la prise en compte du concept en France et en Europe . Ce travail s'est inscrit complètement dans la démarche de communication engagée sur le projet de reconquête de la confluence Doubs-Loue. En effet, une étape importante d'échanges et de débats est lancée entre les différents acteurs du site afin de programmer la réalisation d'un projet de réaménagement sur ce site.

Dans ce sens un document de communication synthétique a été rédigé et distribué aux acteurs locaux de la confluence lors d'une visite de terrain réalisée sur le site de la Petite Camargue Alsacienne, au cœur de la plaine du Rhin, le samedi 1^{er} octobre 2005. Ces actions ont pour objectif d'apporter des exemples concrets de réalisations techniques, pédagogiques et touristiques, de démontrer et de faire prendre conscience des qualités du projet et de son implication dans une démarche de qualité pour un développement tout aussi local que durable.

Les recherches effectuées sur le thème au niveau européen ont permis de constater que la prise en compte de ces phénomènes n'a pas de frontière. L'application de nouveaux concepts ou de nouvelles théories est en pleine essor et fait souvent écho à une vision systémique.

De plus, les moyens de communication développés dans le cadre de projets de restauration de ces "espaces de mobilité", comme sur la confluence Doubs-Loue, sont sans cesse adaptés pour que soit reconnu le caractère patrimonial de telles initiatives mais également son rôle dans le développement local. En effet, la reconnaissance par le grand public de tels concepts et l'appropriation par les élus locaux de ces projets, n'est pas évidente sachant leur capacité d'évolution dans l'espace comme dans le temps, ce qui les rend parfois difficilement appréhendables pour l'œil non initié...

Le concept de mobilité spatial des cours d'eau a aussi bien d'autres implications et pourrait également se décliner en concepts temporels et sociologiques tant ces deux autres champs sont prégnants.

BIBLIOGRAPHIE

Partie Typologie et cartographie des espaces de mobilité

- Amoros C. et Petts G.E, *Hydrosystèmes fluviaux*, Masson, 300 p., 1993.
- Bassin Rhône-Méditerranée-Corse. SDAGE RMC, volume1, *Les mesures opérationnelles générales*. Décembre 1996, 34 p.
- Bravard J.P. et Petit F., *Les cours d'eau, Dynamique du système fluvial*, Armand Colin, 222 p., 1997.
- Décret d'application Loi n°2005-157 du 23 février 2005 (émanant de la Loi « Risques » n°2003-699 du 30 juillet 2003. Art L 211-12 modifié du Code de l'Environnement.
- J.O. n°175 du 31 juillet 2003, p 13021, texte n°4. Loi n°2003-699 du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages.
- J.O. du 14 février 2001. Arrêté du 24 janvier 2001 modifiant l'arrêté du 22 septembre 1994 relatif aux exploitations de carrières et aux installations de premier traitement des matériaux de carrières et l'arrêté du 23 janvier 1997 relatif à la limitation des bruits émis dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement.
- Lecarpentier T. . *Estimation de l'activité géodynamique des cours d'eau de Franche-Comté*. Rapport de stage IUP IMACOF, Université de Tours. DIREN FC, juillet 2004, 49 p.
- Malavoi et al., 1998 : *Guide technique SDAGE n°2 : Méthode de délimitation de l'espace de liberté des cours d'eau*. AGENCE DE L'EAU RMC, 40 p., novembre 1998.
- Malavoi J.R., Bravard J.P. *Les carrières et l'espace de liberté des cours d'eau*. Colloque International des 30 et 31 mars 2000 à l'UNESCO sous la direction du Muséum d'Histoire Naturelle, de l'UNICEM, du CNRS. : « Recréation de zones humides : l'apport écologique des carrières ».
- Malavoi J.R. *Analyse de la dynamique alluviale de la rivière Ognon et des ses principaux affluents*. Syndicat Mixte Saône et Doubs. Rapport de phase 1 – état d'avancement, décembre 2003, 41 p.
- Malavoi J.R. *Etude Géomorphologique de la Basse Vallée du Doubs*, Syndicat Mixte Saône et Doubs, janvier 2004, 124 p.
- Malavoi J.R. *Délimitation des espaces de mobilité de l'Orb au sens du SDAGE RMC et de l'Arrêté 2001 « Gravières »*. Syndicat Mixte de la vallée de l'Orb, juillet 2004, 67 p.
- Malavoi J.R. *Etude géomorphologique de la Loue*. Rapport d'étape. Syndicat Mixte Saône et Doubs, avril 2005, 93 p.
- Pella H., Wasson J.G., Souchon Y., *Caractérisation des vallées alluviales*, CEMAGREF.

Partie Valorisation et communication du concept

- Binder W. River Restoration 2004. *Restoration of river and floodplains in Bavaria*. May 2004, 6 p.
- Conference on river restoration. *River restoration in Europe : Practical approaches*. The Netherlands, 2000, 348 p.
- Etablissement Public Loire. *Mise en réseau des Maisons de Loire et de ses affluents*. Rapport d'étude. 55 p.
- Hostmann M., Knutti A., *Eaux libérées : à la découverte des cours d'eau revitalisés de Suisse*. Editions d'en bas, WWF Suisse, 2002, 191 p.
- Loire Nature, Recueil d'expérience : *les actions les plus marquantes du programme Loire Nature 1993-1998*. 152 p.
- Mant J., Martin J. River Restoration 2004. *Integrated river restoration in the UK : past, present and future*. May 2004, 7 p.
- National Environmental Research Institute. *River restoration – Danish experience and examples*. 1996, 19 p.
- OFEFP. *Guide d'application de l'ordonnance sur les plaines alluviales*, juin 1995, 40 p.
- OFEG, OFEFP, *Détermination concrète de l'espace nécessaire pour les cours d'eau*, Berne, mai 2000.
- OFEFP. *Fiche zones alluviales*, 2001.
- OFEFP. *Etat des revitalisations dans les zones alluviales d'importance nationale*. 30 septembre 2002, 20 p.
- OFEFP, OFEG. *Idées directrices. Cours d'eau suisses, pour une politiques de gestion durable de nos eaux*. Berne, 2003, 11 p.
- OFEG. *Grono : la reconquête d'une zone alluviale*, décembre 2004, 4 p.
- The River Restoration Centre. *River Skerne, restored 1995/98*. 6 p.
- The River Restoration Project. *River Cole, restored 1995/6*. 5 p.
- The Wildlife Trusts Water Policy Team. *Wetland restoration manual*, version 1, chapter 15 : Survey and monitoring. May 2001.

GLOSSAIRE

❖ **BD Carthage :**

La Base de Données de Cartographie Thématique de l'Agence de l'Eau, a été créée pour servir de référentiel spatial à l'ensemble des services de l'état en charge d'une « mission » environnement de bassin. Cette couche de données est constituée à partir des fichiers numériques de la BD Carto de l'IGN, saisi au 1/50 000ème.

❖ **MNT :**

Le Modèle Numérique de Terrain indique la forme brute du terrain, sans constructions et sans végétation, il est calculé à partir de courbes de niveau d'un pas de 50m et donne l'altitude en mètres d'un certain nombre de points en coordonnées géographiques à l'intérieur d'un quadrillage.

❖ **Orthophotoplan :**

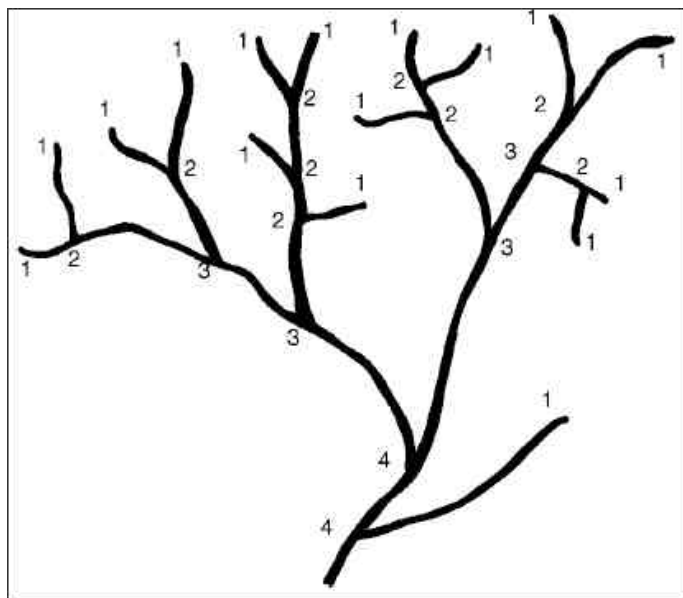
Photographies aériennes rectifiées afin de pouvoir procéder à des mesures de distance.

❖ **Hydro-Eco-Région :**

Unité homogène du point de vue de la géologie, du relief et du climat.

❖ **Ordination de Strahler :**

Ordination des cours d'eau permettant une hiérarchisation du réseau hydrographique. Elle se détermine l'importance croissante des éléments élément du réseau hydrographique, depuis les ramifications originelles de l'amont dépourvues de tributaires (dites d'ordre 1) jusqu'au collecteur principal. Le numéro d'ordre croît avec la taille du bassin, le nombre de tributaires et la densité du drainage.



(Sources : Lecarpentier, 2004)

TABLE DES ILLUSTRATIONS

❖ FIGURES

Figure n°1 : Méandre de l'Aubonne (Suisse) avec sédimentation en rive convexe et érosion en rive concave	13
Figure n°2 : Equilibre dynamique selon Lanes (1955).....	15
Figure n°3 : Flèche d'érosion en rive concave sur l'Aubonne.....	14
Figure n°6: Mesures de l'érosion	27
latérale d'un secteur sur le Doubs aval	27
Figure n°7 : Taux annuels d'érosion relative (en % de la largeur)	28
mesurés sur la région Franche-Comté.....	28
Figure n°8 : identification des bancs alluviaux	29
Figure n°9 : Secteurs de cours d'eau à.....	29
activité géodynamique intéressante.....	29
(BE Malavoi)	29
Figure n°10 : Exemple de zone active : tronçon du Breuchin (BE Malavoi).....	30
Figure n°11 : Détermination des fonds de vallée théoriques à partir du MNT.....	32
Figure n°12 : Comparaison visuelle entre le tracé rustique et le tracé du MNT à 5 m	33
Figure n°13 : Détermination des largeurs de fond de vallée théorique	34
Figure n°14 : Test permettant une première sectorisation.....	35
(Lecarpentier, DIREN, 2004)	35
Figure n°15 : Second test permettant le lissage de la sectorisation	36
(Lecarpentier, DIREN, 2004)	36
Figure n°16 : Sectorisation à la confluence avec un affluent majeur	37
Figure n°17 : Indice de sinuosité.....	38
Figure n°18 : Détermination des largeurs de cours d'eau au débit de plein bord.....	39
(Support Orthophotoplan IGN©)	39
Figure n°19 : Calcul de l'amplitude de divagation	40
(Lecarpentier, DIREN, 2004)	40
Figure n°20 : Schéma de calcul de la pente	40
Figure n°21 : Evolution du Débit Q2 en fonction de la taille du bassin versant (relation puissance) : exemple du Doubs.....	42
Figure n°22 : Analyse thématique du QJ2 spécifique	42
Figure n°23 : Visualisation de la sectorisation sous MapInfo.....	48
Figure n°24 : Visualisation de la fenêtre ArcView.....	49
Figure n°25 : Visualisation de l'étape de calcul des indices et de regroupement.....	50
des données sous Excel.....	50
Figure n°26 : Tronçons de cours d'eau à activité géodynamique conséquente (BE Malavoi), nécessitant la cartographie d'un espace de mobilité	53
Figure n°27 : Exemple de zone active : tronçon du Breuchin (BE Malavoi).....	54
Figure n°28 : Exemple schématique de cartographie d'un	56
espace de mobilité : tronçon de la Lanterne	56
(tracé sur Orthophoto©).....	56
Figure n°29 : Distribution du linéaire de cours d'eau de la région.....	59
suivant les hydro-éco-régions de rang 1	59
Figure n°30 : Distribution du linéaire de cours d'eau de la région.....	60
en fonction de l'ordre de Strahler.	60
Figure n°31 : Représentation de la largeur moyenne du cours d'eau	60
en fonction de l'ordre de Strahler.....	60
Figure n°32 : Distribution du linéaire de cours d'eau suivant.....	61
les classes de sinuosité (Allen, 1984)	61
Figure n°33 : Distribution régionale des taux d'érosion annuels.....	61

Figure n° 34 : Profil théorique amont-aval du bassin-versant.....	62
Figure n°35: Evolution de la largeur du cours d'eau en fonction de la surface du bassin versant.	63
Figure n°36: Evolution de la largeur du fond de vallée le long..... du profil de l'ognon	64
Figure n°37: Evolution de la largeur du cours d'eau le long du profil de l'Ognon.....	64
Figure n°38: Evolution de l'altitude le long du profil de l'Ognon.....	65
Figure n°39: Evolution de la largeur du cours d'eau le long du profil de la Loue	65
Figure n°40: Evolution de l'altitude le long du profil de la Loue	66
Figure n°41: Evolution de la sinuosité et de la pente de la vallée le long de la loue	66
Figure n°42 : AFC.....	67
Figure n°43: Diagramme "boîtes à moustaches" montrant l'évolution de la puissance en fonction du taux d'érosion.....	68
Figure n°44: Evolution du taux d'érosion en fonction de la puissance spécifique	68
Figure n°45 : Représentation du taux d'érosion en fonction de la sinuosité.....	69
Figure n°46: Représentation de l'évolution de la puissance spécifique (en W.m-2) en fonction de la sinuosité	70
Figure n°47: Graphique en 3D représentant l'évolution du taux d'érosion annuel (en % de la largeur du lit) en fonction de la puissance spécifique et de la sinuosité.....	71
Figure n°48: Relation entre la cohésion des matériaux constituant les berges (en % limon/argile) et la sinuosité (P)	74
(Van Den Berg, 1995).....	74
Figure n°49: Représentation du taux d'érosion en fonction du score	75
Figure n°50: Essai de typologie géodynamique régionale..... sur la base de la méthode « score »	77
Figure n 51: Cartographie de l'activité des tronçons à partir des mesures de taux d'érosion	81
Figure n°52: Espace de mobilité fonctionnel sur le secteur de Petit Noir, basse vallée du Doubs (Malavoi, 2004)	82
(Fond BD-Ortho©, IGN 2001)	82
Figure n°53: Espace de mobilité fonctionnel sur la commune de Choisey, basse vallée du Doubs (Malavoi, 2004).....	83
(Fond BD-Ortho©, IGN 2001)	83
Figure n°54: Cartographie d'un espace de mobilité provisoire sur un secteur de la Lanterne (Département de la Haute-Saône).....	84
(Fond BD-Ortho©, IGN 2001)	84
Figure n°55 : Exemple de zone-tampon morphodynamique pour..... le tracé du cours d'eau : les Iles de Bussigny, VD	91
Figure n°56 : Exemple de zone-tampon morphodynamique pour l'inondation sur la Thur (SG)	92
Figure n°57 : Exemple de zone-tampon morphodynamique pour le développement d'un delta : Embouchure du Chlü dans le lac de Klöntal (GL)	92
Figure n°58 : Exemple de zone-tampon morphodynamique sur la Neirigue (FR).....	94
Figure n°59 : Carte globale de la confluence Doubs-Loue (Sources : fond cartographique IGN© carte Etat-Major année 1834, DIREN FC)	96
Figure n°60: Zone d'étude Confluence – Evolution de cette confluence depuis 1834	97
(Sources : Fond cartographique IGN© BD-Ortho 2001, DIREN FC)	97
Figure n°61 : Projet globale	99
Figure n° 62 : Autres projets locaux.....	99
Figure n°63: Exemple suisse : revitalisation d'un tronçon de l'Aire..... (source : Biotec)	102
Figure n 64: Exemple de l'Isar dans la ville de Munich avant restauration (à gauche), après restauration (au-dessus).....	103
(Sources : Binder, 2004).....	103
Figure n° 65 : Sentier de Chamblay (CPIE)	105
Figure n°66 : Petite Camargue Alsacienne.....	106

Figure n°67 : Ecopôle du Forez.....	106
Figure n° 68 : ObservaLoire.....	106
Figure n°69: Centre Nature ASPO.....	107

❖ TABLEAUX

Tableau 1 : Liste des rivières étudiées.....	22
Tableau 2 : Taux annuels donnés en % de la largeur érodée à la flèche / largeur du lit moyen dans les portions actives (Malavoi)	24
Tableau 3 : Classification selon l'indice de sinuosité.....	43
Tableau 4 : Classification selon l'amplitude de divagation	44
Tableau 5 : Classification selon la pente moyenne de la vallée	44
Tableau 6 : Classification selon la puissance spécifique.....	44
Tableau 7 : Pondération des différents indices	44
Tableau 8 : Classification théorique de l'activité potentielle des tronçons de cours d'eau	45
Tableau 9 : Exemple de données géodynamiques calculées par tronçon (ici la Seille).....	50
Tableau 10 : Exemple de recoupement des flèches d'érosion par tronçon	51
Tableau 11 : Exemple de recoupement par flèches d'érosion.....	51
Tableau 12 : Répartition les largeurs moyennes par rang de Strahler	60

TABLE DES ABREVIATIONS ET DES ACRONYMES

- **ACP** : Analyse en Composante Principale
- **ASPO** : Association Suisse de Protection des Oiseaux
- **BDC** : Base de Données Carthage
- **BE** : Bureau d'Etudes
- **BRGM** : Bureau de Recherches Géologiques et Minières
- **CEPA** : Conservatoire des Espaces et Paysages d'Auvergne
- **CPIE** : Centre Permanent d'Initiative pour l'Environnement
- **CPNRC** : Conservatoire du Patrimoine Naturel de la Région Centre
- **CSNB** : Conservatoire des Sites Naturels Bourguignons
- **DCE** : Directive Cadre sur l'Eau
- **DIREN** : Direction Régionale de l'Environnement
- **Fz** : alluvions récentes
- **LPO** : Ligue de Protection des Oiseaux
- **MEDD** : Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable
- **MNT** : Modèle Numérique de Terrain
- **OFEFP** : Office Fédérale de l'Environnement, des Forêts et du Paysage
- **OFEG** : Office Fédérale eaux et géologie....?
- **OZA** : Ordonnance sur les Zones Alluviales
- **Q2** : Débit biennal
- **RMC** : Rhône Méditerranée Corse
- **SAGE** : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux
- **SDAGE** : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
- **SMNAT** : Service Milieux Naturels Aquatiques et Terrestres
- **SMSD** : Syndicat Mixte Saône Doubs
- **WWF** : World Wildlife Fondation

ANNEXES

Annexe n°1 : Projet de reconquête de la confluence Doubs-Loue ..	120
Annexe n°2 : Exemples de projets de restauration de cours d'eau.	131
Annexe n°3 : Exemples de structures d'accueil.....	143
Annexe n°4 : Visite de la Petite Camargue Alsacienne du samedi 01 octobre 2005	152
Annexe n°5 : Dossier de communication.....	155

ANNEXE N°1

Projet de Reconquête de la Confluence Doubs-Loue

Extrait de l'étude géomorphologique de la Basse Vallée du Doubs,
BE Malavoi, Syndicat Mixte Saône Doubs, 2004

I. Projet pilote : la reconquete de la confluence doubs-loue

La préservation, voire la restauration, d'un fuseau de mobilité sur la basse vallée du Doubs est un projet de gestion durable qui ne pourra être mis en œuvre que sur le moyen terme.

Dans un premier temps, il semble intéressant de réaliser un projet pilote de restauration de ce fuseau de mobilité dans un secteur où il a été particulièrement réduit lors des grands travaux des années 60 : la confluence Doubs-Loue. Indépendamment des aspects géodynamiques, il importe de souligner le grand intérêt écologique de préserver, et ici de restaurer, les **zones de confluence** qui comptent parmi les milieux naturels fluviaux les plus riches.

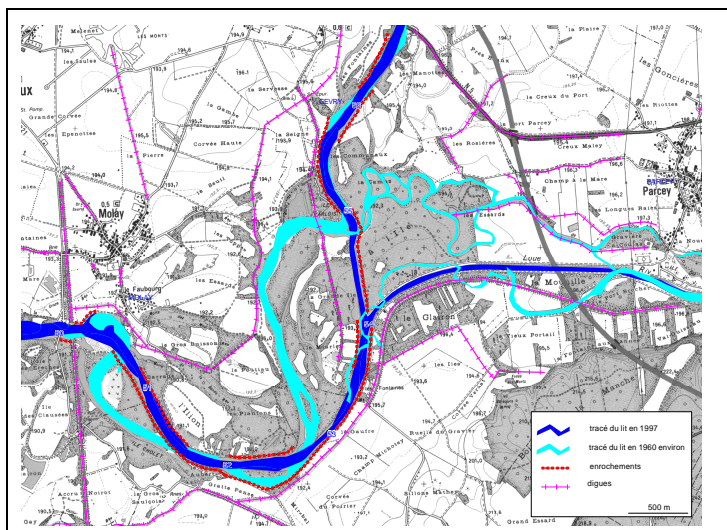
A. Rappel du contexte

La confluence Doubs-Loue

La rectification du tracé du Doubs et de la Loue au droit de leur confluence a été réalisée dans les années 62-64. L'objectif de l'aménagement était de créer un chenal à écoulement suffisamment rapide pour évacuer les alluvions grossières provenant de l'amont du Doubs et surtout de la Loue et éviter l'engorgement alluvial de la zone de confluence (Terraz, 2000).

La rectification de Port Aubert-île Cholet

L'objectif de ces derniers « grands » travaux, réalisés en 1968, était d'empêcher l'érosion latérale de se propager en rive gauche le long de l'ancienne voie de chemin de fer et de favoriser l'entonnement droit du Doubs sous les deux ouvrages de franchissement de Molay. Il faut signaler que, outre la rectification du tracé, l'aménagement de Port Aubert a été réalisé avec une **protection de berges en rive gauche de près de 3 m de haut** par rapport au terrain naturel, créant ainsi un « effet digue » considérable qui, semble-t-il, aggrave les pressions hydrauliques sur la digue de Molay et par conséquent les risques d'inondation brutale de ce village en cas de rupture de celle-ci.



carte 1 : vue générale des travaux de la confluence (en amont) et de port Aubert (en aval)



Carte 2 : avant projet de rectification du Doubs et de la Loue (années 60)



photo 1 : vue des travaux en cours de réalisation (source DDE 39)



photo 2 : pendant les travaux (fin 1963) (source DDE 39)



photo 3 : travaux achevés (novembre 1964) (source DDE 39)



photo 4 : travaux de port Aubert. Au fond les ponts de Molay (juillet 1968)



photo 5 : travaux de port Aubert après ouverture du chenal de coupure (octobre 1968)

B. Le projet

Le projet de reconquête de la confluence Doubs-Loue est ambitieux mais parfaitement réalisable.

En effet, les **impacts** des aménagements effectués il y a 40 ans, malgré leur intensité exceptionnelle, nous paraissent a priori **réversibles**. Ceci n'est pas le cas, pour ne citer que quelques exemples, sur la Loire dans le Forez, la basse et moyenne vallée de l'Ognon, la Garonne toulousaine, où les interventions réalisées ont généré des impacts quasi-irréversibles à notre échelle de temps, sauf à réinjecter, faute d'alluvions, un volume financier énorme.

Le Doubs aval et la basse Loue ont une capacité de régénération géodynamique et écologique importante liée à leur puissance (autour de 400 à 500 W/m² pour le Doubs dans le secteur (BRL, 1997)) et à leur transport solide qui, pour le Doubs, redevient significatif grâce à la reprise des processus d'érosion latérale. Ceci est moins évident pour la Loue qui a en grande partie épuisé son stock alluvial et qui, fortement corsetée, ne peut se recharger en sédiment sur ses berges, d'où risque de pérennisation de l'incision du lit mineur..

Le projet a été décliné en deux niveaux d'ambition, qui peuvent aussi représenter deux phases de mise en œuvre :

- un niveau minimal centré sur la seule reconquête de la confluence, à mettre en œuvre rapidement
- un niveau optimal, visant à régénérer un secteur de près de 9.5 km s'étendant du pont de Gevry en amont au pont de Champdivers en aval, qui serait à réaliser sur 10 ans. La qualité du milieu qui résulterait de cette restauration et la longueur importante du site permettrait d'envisager à terme la création d'une véritable **réserve naturelle fluviale** du type de celle de Varennes-Moulins sur l'Allier.

Régénération simple de la confluence

✓ Principes généraux

Compte tenu de la puissance du Doubs et de la Loue, la réalisation de ce projet passe par le simple démantèlement des diverses protections mises en place lors de la réalisation de l'aménagement (voir photos) :

- Suppression d'environ 3 500 m d'enrochements ainsi que des 4 épis réalisés en rive droite en aval immédiat de la confluence (environ 500 m au total). Les enrochements ainsi récupérés seront ensuite réutilisés pour conforter les digues en mauvais état et les protections de berges sur les sites à enjeux forts.

- Suppression de la digue d'entonnement de la réserve du Girard (une solution moins coûteuse mais moins efficace consisterait à ne faire que quelques brèches dans cette digue). Rappelons que cette digue est constituée des alluvions du Doubs récupérées sur le creusement du chenal de coupure.

A titre compensatoire, une nouvelle digue de faible hauteur pourrait être construite le long de l'ancien Doubs en rive droite et viendrait se raccorder à celle de Molay (voir photo).



photo 6 : scénario minimal de renaturation de la confluence Doubs-Loue

✓ Mise en œuvre

- Dépose des enrochements (au total environ 4000 m) et mise en dépôt sur un site particulier ou réutilisation immédiate pour renforcement de protections existantes.
- Dépose de la digue (volume total environ 80 000 m³ (1600 m x 50 m² de section) :
- Préservation d'un segment de 150 m (environ 7500 m³) pour mettre les chevaux en sécurité en période de crue (segment en violet sur la photo)
- Régalaie d'environ 40 000 m³ sur 1 m d'épaisseur dans les deux derniers casiers en aval (dont les épis seront enlevés)
- Régalaie d'environ 20 à 30 000 m³ dans le Doubs lui-même au droit du site. Ceci permettra de réalimenter le Doubs en charge solide (de lui rendre une partie de ce qui lui a été enlevé...) et de réactiver les processus d'érosion latérale dans le chenal rectiligne.

- Utilisation du reste pour réaliser la nouvelle digue de 800 m environ le long du vieux Doubs

NB : on pourrait envisager, pour réduire les coûts, de laisser la digue se faire éroder naturellement par le Doubs. Cette solution se traduirait par une renaturation beaucoup plus lente du site.

✓ Coûts

Coût minimal

- Dépose d'environ 4000 m d'enrochements y compris bucheronnage pour préparation du chantier et mise en dépôt (en comptant en moyenne 4 m³/ml) : **environ 105 000 E HT**
- Réalisation de 4 brèches de 100 m de long dans la digue d'entonnement dont une au droit du « barrage » du vieux Doubs : **100 000 E HT**
- Document d'incidence loi sur l'eau : **15 000 E HT**
- Maîtrise d'œuvre : environ **20 000 E HT**.

Soit un total d'environ : 240 000 E HT

Coût maximal

- Dépose d'environ 4000 m d'enrochements y compris bucheronnage pour préparation du chantier et mise en dépôt (en comptant en moyenne 4 m³/ml) : **environ 105 000 E HT**
- Dépose de la digue d'entonnement du Girard et régalage sur place des déblais (80 000 m³) : **environ 360 000 E HT**
- Etude d'impact (ou document d'incidence loi sur l'eau) : 25 à 35 000 E HT en fonction des demandes des divers services concernés (Diren, Police de l'eau, etc.)
- Maîtrise d'œuvre : environ 50 000 E HT.

Soit un total d'environ : 550 000 E HT

Régénération complète pont de Gevry-pont de Champdivers

L'enjeu de ce niveau plus ambitieux est de renaturer le Doubs sur 9.4 km entre le pont de Gevry et le pont de Champdivers et de **réduire les pressions hydrauliques sur la digue de Molay**. Ce niveau d'ambition remet en question, outre les aménagements des années 60, les 2 ponts de Molay : le pont routier (en très mauvais état) et le pont SNCF (depuis longtemps désaffecté). L'intérêt de l'effacement de ces deux structures est qu'elles créent actuellement un « verrou » à la fois géodynamique (blocage des processus d'évolution latérale du Doubs, indispensables à son équilibre sur le long terme) et hydraulique (effet de remous en crue, augmentant

considérablement les pressions sur la digue de Molay située en amont, rive droite). Ainsi, **la suppression du pont SNCF et de son remblai permettrait de réduire de 1.3 m les hauteurs d'eau en amont en crue centennale** (SAFEGE, 2003), ce qui est considérable et extrêmement favorable pour améliorer la protection de Molay.

✓ Principes généraux

Outre l'enlèvement des structures décrites dans le niveau « de base », il s'agira d'enlever :

- Environ 1850 m d'enrochements le long de la digue de Port Aubert-île Cholet rive gauche (5 m³/ml, soit environ 9 000 m³)
- Environ 1500 m d'enrochements sur divers sites (4 m³/ml, soit 6 000 m³)
- La digue ballast de l'ancienne voie SNCF : 700 m x 50 m² de section = 35 000 m³
- Les 2 ponts

NB : pour réduire les coûts, on laissera la digue de port Aubert (rive gauche le long du tracé actuel) se laisser éroder naturellement par le Doubs une fois les enrochements enlevés



photo 7 : scénario optimal de renaturation de la confluence Doubs-Loue

✓ Mise en œuvre

- Dépose des enrochements (au total environ 15 000 m³) et mise en dépôt sur un site particulier ou réutilisation immédiate pour renforcement de protections existantes.
- Dépose de la digue ballast SNCF (volume total environ 36 500 m³) :
- Régilage d'environ 20 000 m³ dans le Doubs lui-même au droit du site. Ceci permettra de réalimenter le Doubs en charge solide.
- Mise en dépôt du reste pour réaliser de nouvelles digues.

Comme pour la digue du Girard, on pourrait envisager pour réduire les coûts, de laisser la digue ballast se faire éroder naturellement par le Doubs. Cette solution se traduirait par une renaturation beaucoup plus lente du site mais éviterait aussi d'avoir à « gérer » 36 500 m³ de matériaux alluvionnaires.

- Suppression des 2 ponts

✓ Coûts

Coût minimal

- Dépose d'environ 15 000 m³ d'enrochements y compris travaux de préparation du terrain , bucheronnage, etc°: **environ 100 000 E HT**
- document d'incidence loi sur l'eau : 10 000 E HT en fonction des demandes des divers services concernés (Diren, Police de l'eau, etc.)
- Suppression des 2 ponts : **500 000 E HT**
- Maîtrise d'œuvre : environ 50 000 E HT.

Soit un total d'environ : 660 000 E HT

Coût maximal

- Dépose d'environ 15000 m³ d'enrochements y compris travaux de préparation du terrain , bucheronnage, etc : **environ 100 000 E HT**
- Dépose de la digue ballast SNCF régilage sur place d'une partie des déblais et mise en dépôt du reste : 36 500 : **Environ 165 000 E HT**
- Etude d'impact (y compris document d'incidence loi sur l'eau) : 20 000 E HT
- Suppression des 2 ponts : **500 000 E HT**
- Maîtrise d'œuvre : environ 65 000 E HT.

Soit un total d'environ : 850 000 E HT

C. Synthèse des coûts

- Projet « minimal »

entre 240 000 et 550 000 E HT

- Projet « optimal »

entre 900 000 et 1 400 000 E HT



photo 8 : photo montage présentant un hypothétique état futur à 50-100 ans si mise en œuvre du projet optimal de renaturation

ANNEXE N°2

Exemples de Projets de Restauration de cours d'eau

Fiches techniques



GENIE BIOLOGIQUE / Cours d'eau

OPERATION : Revitalisation du cours d'eau de l'Aire
entre le Pont des Marais et le Pont du Centenaire

PAYS : Suisse

MAITRE D'OUVRAGE : Etat de Genève / Département de l'Intérieur,
de l'Agriculture et de l'Environnement (DIAE)

LIEU : Confignon (GE)

Problématique

La revitalisation de l'Aire entre les ponts des Marais et du Centenaire sur un linéaire de 800 m environ, s'inscrit dans le projet général de l'aménagement de l'ensemble de la plaine de l'Aire (bande de 4 km sur 200 m de large).

Les objectifs poursuivis par le projet intègrent aussi bien des critères environnementaux, biologiques, paysagers, que des critères de loisirs ou de protection contre les crues.

Ce premier tronçon, dit tronçon pilote, a été fortement corrigé dans les années 30 par la suppression de plusieurs méandres et la construction de deux courbes régulières dont les pieds de berges avaient été protégés par la mise en place de murs en béton. De plus, la présence d'une galerie de décharge des débits de crue, en amont du secteur, limite le développement d'une morphologie naturelle du lit et des berges.

Description des travaux

- Réglage des débits de crue au droit de la galerie de décharge;
- démolition et évacuation des murs en béton;
- travaux de terrassement permettant la création d'un lit d'étiage et de berges à pentes faibles et variables;
- stabilisation végétale (fascine d'hélophytes, de saules, etc.) des berges où les contraintes le demandent et favorisation d'un processus de divagation dans les secteurs où l'Etat est maître des terrains, de manière à donner un certain espace de liberté à l'Aire;
- constitution de hauts-fonds et de mouilles pour favoriser la colonisation du secteur par la faune piscicole;
- création de milieux humides, tels que bras-morts et risbermes.

Nature des prestations BIOTEC

- Conception générale du projet en collaboration avec les ingénieurs et les architectes;
- élaboration du dossier d'autorisation de construire avec les ingénieurs et les architectes;
- élaboration du projet d'exécution concernant la stabilisation des berges et la végétalisation du site;
- appel d'offres et comparaison des offres des travaux de stabilisation et de végétalisation;
- direction locale des travaux de stabilisation et de végétalisation;
- coordination des travaux de génie civil et de génie biologique lors de la direction des travaux;
- suivi de l'entretien des aménagements durant les 3 ans de garantie de l'entreprise.

Exécution des travaux

2002-2003

Montant des travaux

523'000 € HT

BIOTEC
Biologie appliquée sarl
65-67, cours de la Liberté
F-69203 Lyon

Tel: +33 (0)4 78 14 06 06
Fax: +33 (0)4 78 14 06 07
Mail: biotec@biotec.fr
Internet: <http://biotec.fr/>



Figure 1



Figure 2



Figure 3

Figure 1. (04.06.02) Etat initial, après les travaux d'abatage. On remarque les pieds de berge protégés par les murs en béton et la faible hauteur d'eau à l'étiage.

Figure 2. (10.09.02) Etat à la fin des travaux. Un lit d'étiage a été créé et seule la berge droite a été stabilisée à l'aide des techniques du génie biologique. Ainsi, la rivière peut travailler de manière naturelle sa berge gauche ayant été uniquement terrassée en pente douce.

Figure 3. (01.10.02) Detail de l'aménagement végétal de la berge droite avec une fascine d'hélophytes en pied de berge. Ces plantes, directement au contact de l'eau, vont pouvoir participer très efficacement à son auto-épuration, contrairement au béton qu'elles ont remplacé.

Photo: A. F. Dubau

Espace nécessaire aux zones alluviales (OFEFP, fiche n°9)

Augand (objet n° 71, BE)

Situation initiale :

Situé directement en amont des gorges de la Kander, l'Augand s'étire le long de la rivière au lit incisé, sur le territoire des communes de Spiez et de Reutigen. Un projet de revitalisation destiné à enrayer l'érosion du fond du lit devrait aboutir à un paysage dynamique et accueillant pour les plantes, les animaux et les personnes en quête de détente. Un élargissement à 60 m en moyenne et la suppression d'une grande partie des épis permettront de combattre l'érosion du fond du lit. L'érosion latérale sera surveillée au moyen de lignes de discussion et d'intervention et stoppée le cas échéant par des mesures de protection ciblées.

Préservation de l'espace nécessaire :

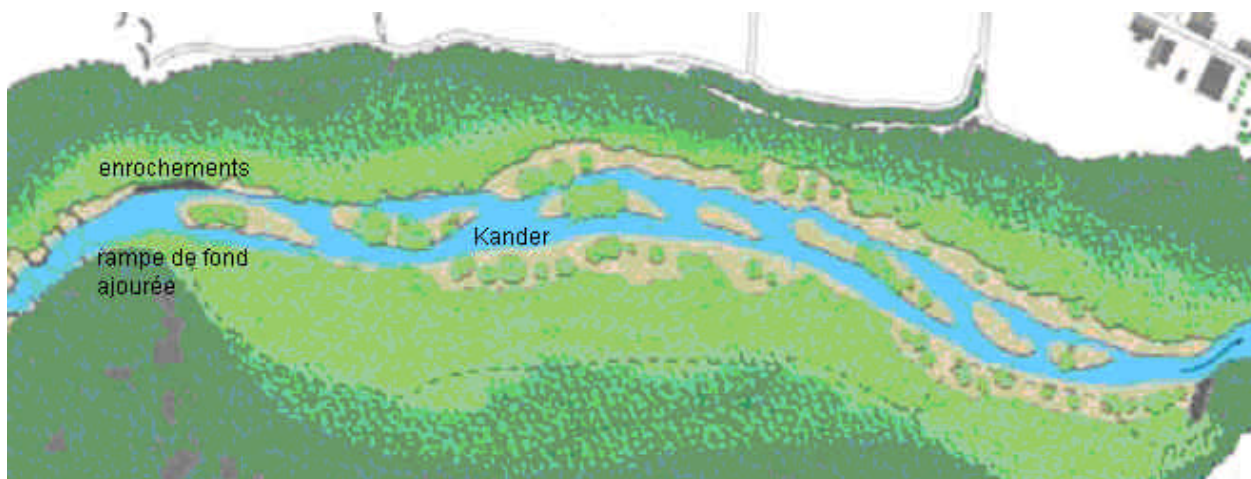
Au début du projet, tous les propriétaires fonciers ont été invités à participer à un comité directeur chargé du suivi. Leurs souhaits ont ainsi été pris en considération dès le départ pour la suite de la procédure. L'objectif est de trouver un accord avec les propriétaires et les exploitants en vue de garantir par des contrats une exploitation naturelle ou, suivant l'emplacement par rapport au cours d'eau, une suspension pendant 50 ans de l'exploitation des rives boisées situées dans la zone alluviale. Dans l'ensemble, 64 hectares sont concernés. Les propriétaires forestiers touchés seront indemnisés de façon appropriée. La réalisation débutera au plus tôt l'hiver 2004/2005.

Coûts et financement :

Les coûts de planification et de mise en oeuvre sont évalués à 2 ou 3 millions de francs. Ils seront pris en charge par la Confédération, le canton de Berne, le fonds pour la régénération des cours d'eau (alimenté par 10 % des redevances annuelles pour l'utilisation des forces motrices, celui-ci permet de couvrir en règle générale 80 % des coûts qui ne sont pas assumés par la collectivité), les communes de Spiez, Reutigen et Wimmis, ainsi que par une entreprise privée locale.



La Kander à Augand avant l'élargissement : une rivière fortement corrigée (photo : Stephan Lussi)



Augand à l'avenir: cours d'eau en tresse avec des bancs de gravier et des forêts alluviales à bois tendre (Dessin: Marianne Seiler)

Espace nécessaire aux zones alluviales (OFEFP, fiche n°9)

Bünzaue Möriken (objet n° 337, AG)

Situation initiale :

Les crues du printemps 1999 ont laissé de profondes traces en créant une nouvelle zone alluviale au milieu de terres agricoles. Les efforts conjugués des communes, du canton et des personnes touchées ont permis de conserver cette région, reconnue par la Confédération comme zone alluviale d'importance nationale.

Préservation de l'espace nécessaire :

Le site de Bünzaue Möriken s'étend sur 60 hectares. Près des deux tiers du territoire ont été acquis par la collectivité à la suite d'un remaniement parcellaire. Des parcelles situées en dehors du périmètre de la zone alluviale y ont aussi été intégrées sur une base volontaire. Cette mesure a permis par la même occasion aux paysans de regrouper des parcelles qui étaient auparavant éparpillées et de disposer de terres à l'abri des inondations. Les terrains privés font l'objet d'une revalorisation écologique sur une base volontaire, convenue par des contrats d'exploitation. Les terrains exploitables aux mains de la collectivité sont mis en affermage moyennant certaines exigences de nature écologique. Par ailleurs, des mesures d'aménagement ont été entreprises afin de protéger les infrastructures de la zone à construire bordant la Bünz.

Coûts et financement :

Les coûts s'élèvent à 5,2 millions de francs. Sur ce total, 2,4 millions correspondent à la valeur du terrain acquis par le canton. Les mesures de remaniement parcellaire et de revalorisation à la charge des communes et subventionnées par l'OFEFP se montent à 1,9 millions de francs. Quant aux mesures complémentaires de protection contre les crues supportées conjointement par le canton et les communes et subventionnées par l'OFEG, elles représentent 0,9 million de francs.



Les rivières dynamiques sont devenues rares sur le Plateau :Bünzaue Möriken (photo : Oekovision)

Zones alluviales et revitalisation (OFEFP, fiche 5)

Objet n° 160 : Pascoletto, GR

Problématique:

Afin de protéger la ligne ferroviaire, la route nationale A13 et les zones agricoles contre les crues de la Moesa, de nombreux ouvrages de protection ont été construits dans la vallée du Misox depuis le début du siècle. Ces interventions ont porté atteinte à la zone alluviale et ont eu pour conséquences l'enfoncement du lit de la rivière, l'affouillement des culées des ponts, l'abaissement de la nappe phréatique, ainsi que la banalisation de la végétation riveraine.

Projet:

De l'espace a été redonné au cours d'eau afin de remédier à ces différents problèmes. Sur une zone longue de 600 m située entre deux ponts et actuellement protégée par des enrochements, le lit de la Moesa a été élargi.

Objectifs:

- Freiner l'incision du lit de la rivière.
- Stabiliser le niveau de la nappe phréatique.
- Restaurer la dynamique fluviale et les fonctions écologiques de la zone alluviale.

Mesures entreprises

Revitalisation:

- Suppression d'ouvrages de protection de berges (enrochements).
- Construction de nouvelles digues externes contre l'inondation des zones agricoles et de l'A13.
- Elargissement du lit de la rivière.
- Abaissement des berges.

Revalorisation:

- Coupe de bois
- Assainissement de décharges.
- Création de biotopes pour les batraciens.
- Rétablissement des possibilités de migration des poissons dans un affluent.

Autres travaux:

- Protections ponctuelles d'infrastructures (enrochements, épis)
- Gestion forestière temporaire pour limiter les espèces exotiques, puis abandon de la gestion forestière.

Coûts et financement:

Les coûts pour l'ensemble du projet se montent à Fr. 810'000.- Le financement est assumé par la Confédération, le Canton, les Communes ainsi que par le Fonds Suisse pour le Paysage et Pro Natura.

Illustration:

Les images de la page 1 présentent les états avant et après la revitalisation. L'abaissement du niveau du terrain (zone A), la mise à disposition d'un espace pour le développement du fleuve (zone B) et pour des inondations périodiques (zone C) ont été réalisés.

Espace nécessaire aux zones alluviales (OFEFP, fiche n°9)

**Winterseyschachen/Oberburger Schachen
(objet n° 44, BE)**

Situation initiale :

L'Oberburger Schachen est une zone alluviale d'importance nationale située sur la rive gauche de l'Emme en amont de Berthoud, entre Oberburg et Hasle-Rüegsau. Le Winterseyschachen s'étire sur la rive droite. Sur ce tronçon, l'Emme, étroitement canalisée par des blocs, présentait une incision avancée du fond du lit, et la zone alluviale menaçait de s'appauvrir. L'élargissement et la revitalisation, désormais achevés, devraient permettre de réactiver cette rivière et de favoriser une érosion naturelle des berges qui contribuera à freiner l'incision du lit.

Préservation de l'espace nécessaire :

Les zones qui devraient être touchées par l'érosion des berges sont essentiellement composées de forêts. Elles appartiennent à la bourgeoisie de Berthoud, à la commune de Hasle ainsi qu'à cinq propriétaires privés. Après avoir été soigneusement informés sur les mesures prévues, ces derniers ont finalement donné leur accord. L'exploitation est réglée par des contrats visant à préserver la zone alluviale.

Coûts et financement :

Les coûts sont pris en charge, sur la rive droite, par l'Office fédéral des eaux et de la géologie (OFEG), le canton, le fonds pour la régénération des cours d'eau du canton de Berne et l'association Schwellenverband Emme II. Sektion, et, sur la rive gauche, par l'OFEFP, l'inspectorat de la protection de la nature du canton de Berne et le fonds pour la régénération des cours d'eau du canton de Berne.

Zones alluviales et revitalisation (OFEFP, fiche 5)

Objet n° 133 : Pfynwald (Finges), VS

Problématique:

La construction de l'autoroute A9 (accompagnée des déplacements de la route cantonale et de la voie de chemin de fer) va porter atteinte à plus de 22 ha de milieux naturels de très haute valeur biologique inscrits dans l'inventaire fédéral des paysages (IFP).

Projet:

Faisant suite aux propositions du Plan de protection élaboré en 1984 par Pro Natura, le canton du Valais a mis en oeuvre une nouvelle stratégie assurant la gestion du Rhône (plus de 300 ha revitalisés), l'extension des marais et des étangs (environ 12 ha revalorisés), ainsi que des mesures de sauvegarde de l'espace agricole traditionnel et de restructuration des accès piétonniers.

Objectifs:

- Restaurer et sauvegarder le site.
- Redonner au site un aspect de paysage naturel dynamique.
- Rétablir le fonctionnement écologique du paysage.

Mesures entreprises

Revitalisation:

- Elargissement du lit actif du Rhône et de la zone inondable.
- Réouverture d'anciens bras secondaires pour faciliter le transit dynamique des crues.
- Déplacement et/ou suppression de digues.
- Déplacement d'exploitations (gravières, station de pompage d'eau).

Revalorisation:

- Protection et mise en lumière de pelouses steppiques.
- Extension de biotopes favorables aux batraciens.
- Création de bras morts.

Ces mesures suivent une stratégie qui répond simultanément aux exigences de la sécurité, de la conservation de la nature et du paysage, tout en préservant les intérêts de l'économie.

Coûts et financement:

Devis des mesures de compensation : **25 millions de francs**. Financement par la Confédération et le Canton du Valais.

Espace nécessaire aux zones alluviales (OFEFP, fiche n°9)

Schäffäuli (objet n° 6, TG)

Situation initiale :

La correction de la Thur dans sa partie faisant frontière entre les cantons de Thurgovie et de Zurich vise à mieux protéger contre les crues les agglomérations et les voies de communications proches de la rivière. Les deux cantons devront assainir à cet effet les digues vieilles de plus de cent ans et élargir localement le profil d'écoulement. Ces corrections permettront en même temps de revitaliser les derniers vestiges de la zone alluviale de Schäffäuli, un site d'importance nationale en aval de Neunforn (Thurgovie). L'exemple ci-dessous se limite aux mesures prises dans la partie thurgovienne. Le lit de la rivière a été élargi avant la forêt alluviale proprement dite. Les berges ont été stabilisées par des épis végétaux, des fascines et des arbres entiers disposés en épis. La zone ainsi aménagée se situe dans le secteur dynamique de la Thur et a déjà été inondée à plusieurs reprises.

Préservation de l'espace nécessaire :

Des négociations avec les propriétaires privés des surfaces agricoles situées dans le lit majeur de la Thur ont précédé la mise en oeuvre de ces mesures de protection contre les crues. Le canton avait l'intention d'acheter les parcelles concernées. Mais comme la plupart des paysans ne voulaient pas vendre leur propriété, l'office cantonal de l'environnement de Thurgovie a réalisé un échange de terrains avec des parcelles achetées ailleurs. L'échange s'est fait soit d'après la valeur, soit d'après la surface. Les parcelles de forêts ont ainsi été échangées sur la base de leur superficie (1:1) et les surfaces agricoles utiles selon leur valeur évaluée par un service agricole. Les travaux d'aménagement ont débuté en été 2000, avant que l'échange de terrains ne soit achevé.

Coûts et financement :

Les coûts d'aménagement de la partie située en amont de la forêt alluviale de Niederneunforn s'élèvent à 9,3 millions de francs (y compris l'acquisition des terrains, calcul sur la base d'une évaluation de 1998). Répartition des coûts : canton 58,5 %, commune de Neunforn 7,5 %, Confédération 34 %.



La région de Schaffäuli en automne 2003 : elle accueille pour l'instant le plus grand élargissement de la Thur (photo : Chr. Herrmann)

ANNEXE N°3

Exemples de Structures d'accueil

Fiches techniques



Fiche technique – valorisation :

I. L' Ecozone du Forez

➤ Caractéristiques du site

- Nom du site : Ecozone du Forez
- Localisation : Chambéon, entre Montrond-les-Bains et Feurs, Département de la Loire, Région Rhône-Alpes. Localisation à proximité de la nationale 82 et de l'autoroute A71, entre Clermont-Ferrand et Lyon.
- Surface : 400 ha sur 12 km de cours d'eau.
- Nature du site : Anciennes gravières réhabilitées.
- Statut et mesures de protection : Site Loire Nature. Site répertorié en ZICO, en cours de classement en ZPS et pré-sélectionné pour Natura 2000.
- Propriétaire et gestionnaire : FRAPNA Loire

➤ Caractéristiques des infrastructures, moyens de communication et de valorisation

- Nom et Date de création : Ecopôle construit en 1993.
- Caractéristiques : L'Ecopôle est une réalisation en bois, sur pilotis, évoquant la coque d'un bateau. Il est composé de deux bâtiments : la ruche (petit bâtiment annexe pour groupes et scolaires) et la nef (bâtiment principal d'observation). La structure de 360 m2 offre un observatoire sur le milieu depuis longue baie vitrée circulaire, une salle d'expositions (muséographie) de 100 m2, ainsi qu'une salle annexe (la ruche) pour l'accueil de scolaires, des réunions et quelques conférences. 250 ha du sites sont dédiés à l'accueil du public
- Financement de la structure :
Acquisition foncière : fonds européens (majoritaires), Conseil Général Loire, et partenariat financier avec l'exploitant de la carrière Morillon-Corvol.
Coût de la structure : de l'ordre du million d'euros pour la nef / Environ 60 000 euros pour la ruche.
Partenaires financiers pour l'investissement : Conseil Général Loire, Conseil Régional Rhône-Alpes et la FRAPNA Loire, Etat, Agence de l'Eau Loire-Bretagne, le carrier Morillon-Corvol (ancien propriétaire), Patagonia, une ou deux fondations.

- Fonctionnement :

Plan de gestion quinquennal 2003-2008 (convention entre Conseil Général Loire, Conseil Régional Rhône-Alpes et la FRAPNA Loire)

Partenaires financiers : Etat (5 à 10%), Agence de l'Eau Loire Bretagne (env. 20%), Conseil Régional Rhône-Alpes (15 à 20%), Conseil Général Loire (5 à 10%) et FRAPNA Loire (autofinancement à hauteur de 20 à 30%).

Le budget annuel représente au total 500 000 €.

Salariés : FRAPNA Loire : 18 salariés dont 8 sur le site de l'Ecozone mais pas exclusivement : un directeur, un animateur sur le site et autres, deux chargés de mission sur le site et autres, une animatrice (1/4 temps) pour les scolaires et deux personnes à l'accueil.

Ouverture : 364 jours / an.

Fréquentation : entre 60 000 et 80 000 visiteurs par an, surtout le week-end et l'été.

- Moyens de communication et de sensibilisation :

▪ Structure de découverte (observatoires, sentiers...) :

L'Ecopôle (structure d'accueil), un sentier de découverte de 5 km, quatre observatoires et une palissade d'observation.

Mise à disposition des visiteurs de jumelles pour l'observation des oiseaux sur les zones de repos, de nourrissage et de reproduction.

▪ Nature des expositions (permanentes ou temporaires) :

Une exposition permanente sur 100 m² présentant l'histoire du site, les milieux naturels environnants, la problématique de l'enfoncement du lit du fleuve et les effets néfastes des extractions.

▪ Accueil de scolaires : 10 000 scolaires / an

▪ Communication, publicité : Service Communication de la FRAPNA à Saint-Etienne qui médiatise les réalisations, publie les articles sur l'Ecozone.

Déjà 12 ans d'expérience, donc le site est déjà connu, juste un « entretien de communication » sur ses actions.

▪ Implication dans la vie locale : Participation à des manifestations (tenue d'un stand). Accueil Club Nature sur le Site : 12 enfants des communes alentours venant un mercredi sur deux pour la participation à l'éducation à l'environnement...

▪ divers : Vente de divers produits : cartes postales du site et de sa faune...



FRAPNA Loire

4 rue de la Richelandière

42100 Saint-Etienne

04.77.41.46.60.

direction-loire@frapna.org

Ecopôle du Forrez

Villeneuve-le-Port

42110 Chambéon

04.77.27.86.40

ecopoleduforez@frapna.org



Fiche technique – valorisation : La Petite Camargue Alsacienne II.

➤ **Caractéristiques du site**

- Nom du site : Réserve Naturelle de la Petite Camargue Alsacienne
- Localisation : Saint Louis, Sud-Est de l'Alsace, département du Haut-Rhin.
- Surface : 200 ha dont 120 pour la Réserve. (Projet d'extension jusqu'à 206 ha)
- Nature du site : marais relique de la jungle rhénane (plaine alluviale du Rhin)
- Statut du site et mesures de protection : Réserve Naturelle Nationale
Natura 2000
- Propriétaire(s) et gestionnaire(s): Les propriétaires fonciers sont à 95 % les communes (3 communes : Saint Louis, Rosenau et Blotzheim ; et 5 communes avec le projet d'extension : Bartenheim et Kembs). Le gestionnaire est l'association Petite Camargue Alsacienne.

➤ **Caractéristiques des infrastructures, moyens de communication et de valorisation**

- Nom et Date de création : En 1852, création de la Pisciculture impériale (Pisciculture d'Huningue). Association créée en 1976 et Réserve Naturelle en 1982.
- Caractéristiques : Le site regroupe la pisciculture, la réserve naturelle et la station de recherche.
Les infrastructures sont :
 - Maison de maître : bureaux et appartements
 - Maisons de gardiens : stagiaires
 - Petites maisons Est et Ouest : Laboratoire de recherche et station ornithologique
 - Maison de la réserve, dépendances
 - Pisciculture (aile Est) et accueil public (aile Ouest)
- Acquisition : bail emphytéotique

- Fonctionnement :

Budget annuel de 600 000 € (une petite partie seulement pour la Réserve).

Partenaires financiers : Etat, Région, Département, Communauté de communes, AE, partenaires privés...

Salariés : 13 équivalents plein temps.

Fréquentation : 30 000 visiteurs par an.

- Moyens de communication et de sensibilisation :

▪ Structure de découverte :

Sentiers balisés de quelques kilomètres, 7-8 observatoires, maison de la réserve et autres bâtiments.

▪ Nature des expositions et autres prestations :

Expositions permanentes : Mémoires du Rhin (la domestication du Rhin et ses conséquences), Mémoires du Saumon (élevage du Saumon, programmes de réintroduction (Prog. Saumon 2000))

Expositions temporaires : A la fois sur des thématiques « nature » que culturelles.

Conférences diverses à la maison de la Réserve.

Stages nature pour tous

▪ Accueil de scolaires : 4500 élèves par an.

Intervention sur le site et en salle au centre d'initiation à la Nature.

▪ Communication, promotion : Jamais de publicité payante. Quelques journaux, bouche-à-oreille, publications d'ouvrages ...

▪ Implication dans la vie locale : Participation aux conférences. Les mercredis art et nature. Participation d'un groupe de retraités (*les bras cassés*) au travail sur le site tous les jeudis depuis 15 ans.

▪ divers : boutique



Réserve Naturelle de la Petite Camargue Alsacienne

Rue de la Pisciculture
68300 Saint Louis

Téléphone : 03.89.89.78.50

E-mail :

petitecamarguealsacienne@wanadoo.fr

Site : www.petitecamarguealsacienne.com



Fiche technique – valorisation :

ObservaLoire de Digoin

➤Caractéristiques du site

- Nom du site : ObservaLoire (et sentier « Promenade des Demoiselles »)
- Localisation : Digoin (71)
- Nature du site: bords de Loire et face au pont-canal.
Objectifs : Valorisation de la Loire et de ses canaux. Faire connaître le patrimoine naturel et historique de la région, ainsi que le pont-canal.
- Statut et mesures de protection : ZNIEFF et proposition en Natura 2000 (tout le linéaire de la Loire proposé).
- Propriétaire(s) et gestionnaire(s) : Mairie de Digoin pour l'ObservaLoire. La Communauté de communes du Val de Loire pour le sentier en vis-à-vis.

➤Caractéristiques des infrastructures, moyens de communication et de valorisation

- Nom et Date de création : ObservaLoire inauguré le 13 juin 2001.
Sentier découverte intitulé « Promenade des Demoiselles » inauguré en 2004.
- Caractéristiques : L'ObservaLoire est un bâtiment de 520 m² dont 400 m² accessibles au public. Il comprend : un vaste espace d'accueil / boutique, un auditorium de 50 places, des salles d'expositions permanentes, une petite salle d'expositions temporaires (et un petit laboratoire).
Le sentier découverte est une boucle de 2 km en bord de Loire illustrée avec quelques panneaux explicatifs.
- Coût et Financements de la création de la structure :
Aménagements d'anciens abattoirs d'un montant d'investissement de 915 000 €. Subventionnement : 40% fonds européens (FEOGA, maintenant FEADER), 20% Conseil Régional, 20% Conseil Général Saône et Loire = 80% de subvention
20% d'autofinancement (suivant législation).
- Fonctionnement :
Gestion assurée par la municipalité de Digoin.
Budget annuel : de l'ordre de 10-12% de l'investissement.

Exemple : Environ 28 000 euros pour entretien, fournitures, équipement, documentation et publicité (communication).

Equipe : 3 employés permanents (dont 2 emplois-jeunes) et 2 personnels saisonniers en été

Fréquentation : en hausse constante, 9000 visiteurs en 2004

- Moyens de communication et de sensibilisation :

- Structure de découverte : Structure d'accueil avec un observatoire (panorama), des salles d'expositions, un auditorium pour l'accueil des groupes et conférences ; et un sentier découverte.

- Nature des expositions et autres prestations :

Expositions permanentes (différentes salles) : La Loire (dynamique fluviale, le fleuve sauvage, découverte des poissons (aquarium)), la Marine Loire, l'Univers des canaux.

Expositions temporaires : crues de la Loire, « voiles de Loire, des bateaux et des hommes », les « micro-organismes », le Castor, les Joutes...(détail de l'exposition permanente).

Conférences : à la découverte du patrimoine local...(souvent liées aux expositions temporaires)

balades découverte...

Visites : Visite libre : environ 1h ; Visite guidée : environ 1h30

Visites guidées pour les scolaires.

Forfait 4 h d'animation sur le terrain ou en classe (ou les deux au choix) sur différents thèmes .

- Accueil de scolaires : Animations, programme adapté à chaque niveau (primaires, collèges et lycées). Visites guidées (env 2h avec film, visite, questionnaire....)
Programme avec les classes de seconde de Digoin : théorie en classe (dynamique fluviale), visites de terrain et de l'ObservaLoire
- Communication et promotion : balades découverte gratuites tous les vendredis durant été. Publicité dans des revues spécialisée (Loire Terroir), dans la presse locale (en partenariat avec la municipalité) et dans d'autres structures semblables.
- Implication dans la vie locale : intervention de résidents locaux amoureux de la Loire (enfants du pays, amoureux de la nature, chasseurs...) lors des conférences. Participation aux expositions temporaires...
- divers : boutique



ObservaLoire

Rue des Perruts
71160 Digoin
03.85.53.75.71

www.observaloire.com
contact@observaloire.com



Fiche technique-valorisation :

Réserve Naturelle de Remoray

➤ **Caractéristiques du site**

- **Nom du site :** Réserve Naturelle du Lac de Remoray
- **Localisation :** Labergement-Sainte-Marie (Doubs)
- **Surface :** 430 ha
- **Nature du site :** Milieux aquatiques et humides d'altitude (Lac, Marais, Tourbières). Richesse ornithologique (223 espèces)
- **statut et mesure de protection :** Réserve Naturelle Nationale, Natura 2000
- **Propriétaire(s) et gestionnaire(s):**

La propriété du site se partage entre différents propriétaires : différentes communes (Labergement Sainte Marie...), la communauté de communes du Mont d'Or et des lacs, l'Etat, l'association des amis du site naturel du lac de Remoray, et quelques privés. Le propriétaire de la maison de la réserve est la communauté de communes du Mont d'Or et des lacs.

Une convention est passée entre l'Etat et l'association (en 1985) pour la gestion de la Réserve naturelle, et entre la communauté de communes et l'association pour la gestion et le fonctionnement de la maison de la réserve.

➤ **Caractéristiques des infrastructures, moyens de communication et de valorisation :**

- **Date de création :** Création de la Réserve naturelle en 1981, de l'association en 1984 et de la maison de la réserve en 1986.
- **Types d'infrastructures :** La Maison de la réserve est assez compacte pour des raisons d'économie d'énergie. Son ossature est en bois avec un bardage en mélèze. Sa surface est de 1200 m² dont 540 m² d'exposition.
- **Financement :** Le terrain a été acheté pour la commune de Labergement-Ste-Marie et rétrocédé à la communauté de communes.
- **Fonctionnement :** Le budget annuel est de 430 000 euros. L'Etat est le partenaire financier au fonctionnement de la réserve naturelle. Le fonctionnement de la maison de la réserve est autofinancé.

La fréquentation annuelle est de : 34000 visiteurs (chiffre pour 2004)

Nombre de salariés : 11 dont 2 pour la réserve.

- **Moyens de communication et de sensibilisation :**

▪ **nature des expositions :** 540 m² d'exposition

Des expositions permanentes sur : le réseau RN, Pâturage et Forêt, Milieux humides...

Des expositions temporaires sur divers thèmes : le chauffage au bois, le Grand Tétrás (durée 2 ans).

Ainsi que des expositions artistiques (durée 3 mois) pastels de Jean Chevalier, sculpture de Joseph Chalverat, Photos de Gérard-Benoît à la Guillaume...

conférences : 19 conférences en 2004 sur le thème de la montagne jurassienne , 15 conférences en 2005 sur le thème des énergies renouvelables

▪ **accueil de scolaires :**

nombre de scolaires à l'année : 8000 en 2004

Des interventions en classes ainsi que sur le terrain en complément de visites guidées de la maison de la réserve.

▪ **communication, publicité :** budget : 8500 euros pour 2005

Une personne est chargée de communication à mi-temps, dépliants, affiches, site internet, émission de radio, presse.

Publicité dans des revues spécialisées, dans la presse locale ainsi que des publications (Livres sur les mammifères, poissons, amphibiens et reptiles de la montagne jurassienne)

▪ **actions pour l'implication des locaux :**

Des Interventions de locaux aux conférences (exemple :60 visiteurs en moyenne sur le cycle de conférences 2004) sont organisées.

Egalement, des groupes ou associations locales sont accueillis à la maison.

▪ **divers :** boutiques

MAISON DE LA RESERVE

28, rue de MOUTHE

25160 LABERGEMENT Ste MARIE

Tél. : 03 81 69 35 99

Fax : 03 81 69 34 28

infos@maisondelareserve.fr

ANNEXE N°4

Visite de la Petite Camargue Alsacienne Du samedi 01 octobre 2005

Invitation et ordre du jour



SOUS PREFECTURE DE DOLE



SERVICE DES MILIEUX NATURELS AQUATIQUES

ET TERRESTRES (SMNAT)

affaire suivie par : Luc Terraz, Anne-Fanny-Profit

tél : 03 81 61 53 96

fax : 03 81 81 24 96

courriel : luc.terraz@franche-comte.ecologie.gouv.fr

anne-fanny.profit@franche-comte.ecologie.gouv.fr

Dole, le 21 septembre 2005

La Sous-Préfète de Dole

à *(liste des destinataires ci-jointe)*

Madame, Monsieur,

Le secteur de la confluence entre le Doubs et la Loue fait actuellement l'objet de plusieurs études ayant pour objectifs complémentaires de travailler sur les possibilités d'un réaménagement, d'une renaturation et, dans le même temps, de l'essor d'activités durable pour le développement touristique et socioéconomique local. Cette dynamique est inscrite dans le cadre global de l'aménagement de la basse vallée du Doubs pour lequel l'ensemble des partenaires locaux sont mobilisés.

Ainsi, l'extension du golf à 18 trous, la revitalisation des zones humides du Girard, la dynamique alluviale au confluent et l'amélioration des conditions écologiques, le développement de structures d'accueil pour les activités touristiques sont les axes de réflexion pouvant amener l'avènement d'un projet d'aménagement global du territoire dans un souci de développement durable.

Lors de la réunion du comité de pilotage du Défi porté par la délégation de Besançon de l'Agence de l'Eau du Rhône, de la Méditerranée et de Corse le 12 juillet 2005 au Conseil Général du Jura, il a été convenu de proposer à l'ensemble des partenaires de rencontrer les acteurs d'un site analogue ayant développé une dynamique autour de ces trois thématiques que sont la renaturation d'une zone alluviale, le développement d'un pôle d'accueil touristique et l'appropriation locale par le montage d'un projet de développement durable autour de ces activités par les élus locaux. La date retenue lors de cette réunion a été unanimement arrêtée au 1^{er} octobre 2005.

C'est donc dans cette perspective que j'ai l'honneur de vous convier le **samedi 1^{er} octobre 2005 à la visite de la Petite Camargue Alsacienne à Saint-Louis (Haut-Rhin)**. La journée consistera à la découverte du site, à l'exposé de l'histoire et des projets de réaménagement hydraulique, à la visite des expositions au sein de l'ancienne pisciculture impériale. Les élus locaux et l'équipe technique accueilleront le groupe jurassien et exposeront la genèse de leur projet. Vous trouverez ci-joint l'ordre du jour de cette journée d'information. Le voyage sera également l'occasion d'échanger les informations sur les études en cours et sur les éléments techniques dont les partenaires disposent à l'heure actuelle.

D'un point de vue pratique, les frais de transport - un bus de 50 places est prévu - sont pris en charge ainsi que le repas de midi. **Le départ se fera à 7h00 à Dole (place du théâtre) et le retour vers 20h00.** Afin de finaliser l'organisation logistique de la journée et de procéder aux réservations, je vous prie de bien vouloir nous faire parvenir le nombre de participants de chacune de vos collectivités, associations et administrations pour le 26 septembre prochain.

Naturellement la Sous-Prefecture et la DIREN Franche-Comté restent à votre disposition pour tout renseignement que vous jugeriez utile.

Je vous prie de croire, Madame, Monsieur, à l'expression de mes salutations respectueuses.

La Sous-Préfète de Dole

Josette MICHEL

BP 76 - 39108 DOLE CEDEX - ☎ : 03 84 79 44 00 - TELECOPIE : 03 84 72 87 58 - E-MAIL : spdole@jura.pref.gouv.fr INTERNET : WWW.JURA.PREF.GOUV.FR

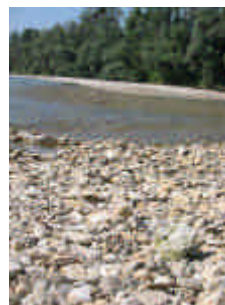
Visite de la Petite Camargue Alsacienne Saint-Louis (Haut-Rhin) Samedi 1^{er} octobre 2005

- ❖ **Objectifs :** Contribuer à expliquer l'objectif et l'intérêt de la réalisation d'un projet tel que celui de reconquête de la confluence Doubs-Loue. Sensibiliser les partenaires locaux et les élus, rencontrer d'autres élus ayant monter un projet similaire, appréhender les aspects techniques (renaturation, concept de mobilité...) et les moyens de valorisation envisageables.
- ❖ **Invités :**
 - Préfecture et Sous-Préfecture de Dole (2 personnes),
 - Agence de l'Eau RMC (4 personnes),
 - CG39 (4 personnes),
 - CC Jura Dolois (4 personnes),
 - CC Plaine Jurassienne (4 personnes),
 - Communes de Parcey, Gevry, Molay et Rahon, (8 personnes),
 - Conseil Régional de Franche-Comté (2 personnes),
 - Syndicat Mixte Saône Doubs (2 personnes),
 - Syndicat Mixte de la Loue (2 personnes),
 - Bureaux d'étude (2 personnes : MM. Malavoi et Roulier),
 - RNN Ile du Girard (2 personnes),
 - CSP et ONCFS (2 personnes),
 - MISE Jura (2 personnes)
 - DDE Jura et cellule hydraulique (2 personnes),
 - CPIE de la Bresse Jurassienne (2 personnes),
 - DIREN Franche-Comté (4 personnes),
- ❖ **Ordre du Jour :**
 - **Départ Dole (place du théâtre) : 7h00,**
 - **Trajet :** Points de rappel sur la géomorphologie fluviale, études géomorphologiques Doubs et Loue en cours, outils de valorisation et exemples français et européens...
 - **Arrivée** point de rendez-vous (Bartenheim) : 10h00,
 - **Aspects techniques :** Visite au bord du Vieux Rhin (milieu « conservé », projet de restauration en rive allemande et d'érosion maîtrisée sur l'île du Rhin) puis au bord du Rhin canalisé (écluse, centrale hydroélectrique...) : 10h-12h,
 - Trajet en Car (env. 5 min) jusqu'au parking de la réserve et descente à pieds pour rejoindre la maison de la réserve au cœur du site : 12h-12h30,
 - **Accueil** par les élus et apéritif : 12h30-13h00,
 - **Repas** à la Petite Camargue Alsacienne avec des produits locaux (buffet froid, vin, café et dessert) : 12h30 – 14h00,
 - **Aspects valorisation :** Visite de l'exposition «Mémoires du Rhin », puis du circuit des observatoires et enfin de l'exposition « Mémoires du Saumon » : 14h-16h30,
 - **Discussions et échanges** sur la journée, les aspects techniques abordés (extension de la PCA, le projet d'érosion « maîtrisée » sur l'île du Rhin, le projet de golf...), les aspects « valorisation », le contexte confluence Doubs-Loue envisageable d'après les aspects observés... :16h30-17h
 - **Départ d'Alsace : environ 17h00 pour un retour vers 20h00 à Dole (place du théâtre).**

ANNEXE N°5

Dossier de Communication

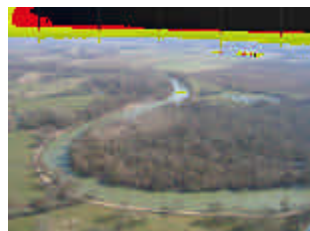
DEFI CONFLUENCE DOUBS-LOUE



Dossier de synthèse

Projet « pilote » de Reconquête de la Confluence

Eléments Techniques



Septembre 2005

Projet pilote Confluence

Dans le cadre de l'étude géomorphologique de la basse vallée du Doubs (Syndicat Mixte Saône Doubs ; BE Malavoi, 2004), un projet de « reconquête » de la confluence Doubs / Loue a été proposé.

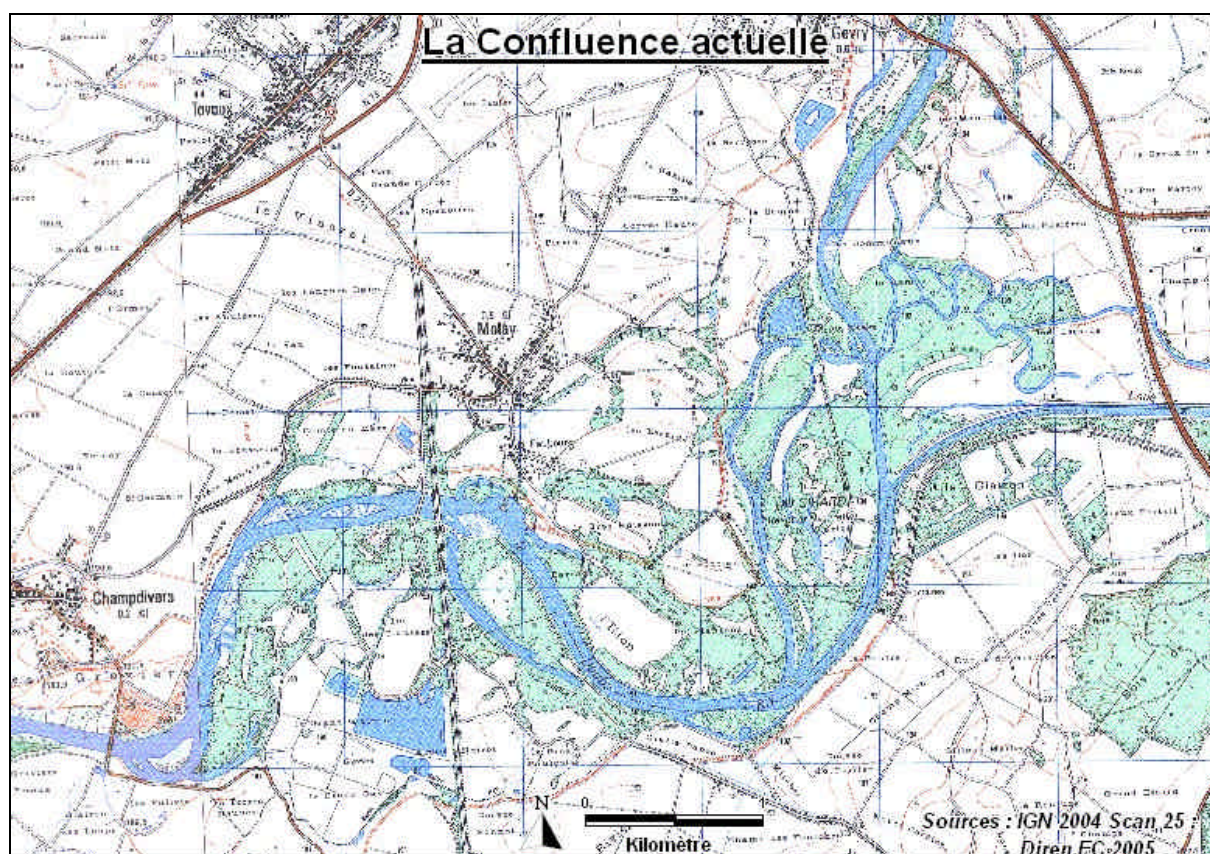
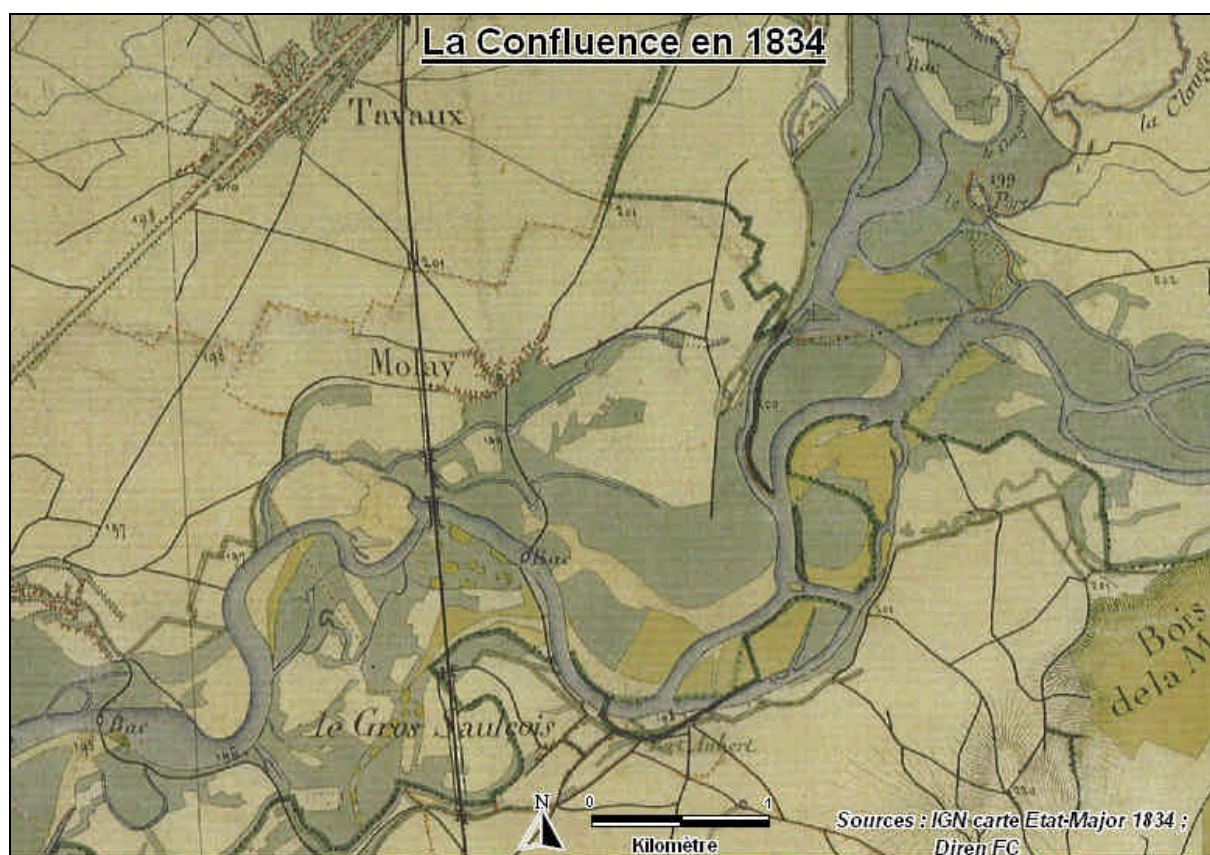
Ce projet « pilote » vise un retour à une dynamique naturelle et optimale de la confluence, comme elle avait pu l'être avant les travaux d'aménagement des années 60. Ce retour est rendu possible grâce à la réversibilité des aménagements, ce qui n'est pas toujours le cas (la Loire dans le Forez, la Garonne toulousaine...). Il est envisageable aussi et surtout, grâce à une dynamique particulière et à des capacités de régénération géodynamique et écologique importantes pour la basse Loue et le Doubs aval.

La confluence est un secteur d'une grande richesse écologique du fait de la présence de nombreux habitats naturels propices à l'établissement d'espèces faunistiques et floristiques remarquables. Même si les aménagements des années soixante ont quelque peu grevé certains des habitats et des espèces, le caractère emblématique de ce secteur du point de vue écologique mais aussi des points de vue hydraulique et historique, lui donne le potentiel pour faire l'objet d'une renaturation remarquable qui pourrait s'avérer d'ampleur nationale voire européenne.

En effet, le site pourrait faire figure de « site pilote » dans le domaine de l'aménagement hydromorphologique et bénéficier de moyens de communication à la hauteur de ses ambitions. De plus, sa localisation géographique en fait également un site facilement accessible au public, permettant ainsi d'envisager un attrait touristique non négligeable au niveau local.

Tous ces éléments participent au caractère unique de ce projet et à son statut exemplaire, offrant de vastes possibilités de sensibilisation et de communication autour du concept d'espace de mobilité des cours d'eau et de ses applications.





La confluence actuelle

Caractéristiques

Le site est une zone d'environ 300 ha, localisé à la confluence de trois cours d'eau : le Doubs (452 km), la Loue (122 km) et la Clauge (35 km), sur les communes de Gevry, de Parcey, de Molay et de Rahon. Cette réunion fluviale confère à la zone un caractère hydromorphologique remarquable sur le plan régional de par leur géodynamique importante.

Intérêts écologiques

La confluence est un secteur d'une grande richesse écologique du fait de l'importance des phénomènes hydromorphologiques, structurant et diversifiant les nombreux habitats naturels accueillant une faune et une flore remarquables.

Par ailleurs, cette richesse est attestée par l'existence de l'une des 156 réserves naturelles nationales du territoire : la Réserve naturelle de l'Île du Girard.

Ce secteur fait l'objet de divers inventaires, programmes de gestion et études :

- une zone naturelle d'intérêt écologique, floristique et faunistique de type 2 (ZNIEFF type 2),
- une zone naturelle d'intérêt écologique, floristique et faunistique de type 1 (ZNIEFF type 1),
- de nombreuses zones humides référencées au titre de la loi sur l'eau et du code de l'environnement,
- site Natura 2000 Basse Vallée du Doubs,
- une réserve naturelle nationale,
- une étude géomorphologique sous la maîtrise d'ouvrage du Syndicat mixte Saône-Doubs qui a permis de délimiter un espace de mobilité tel qu'il est défini par la loi « risques » du 30 juillet 2003,
- une étude de même nature lancée par le même maître d'ouvrage sur la Loue (en cours).

I

Vue des travaux en cours de réalisation
(source DDE 39)



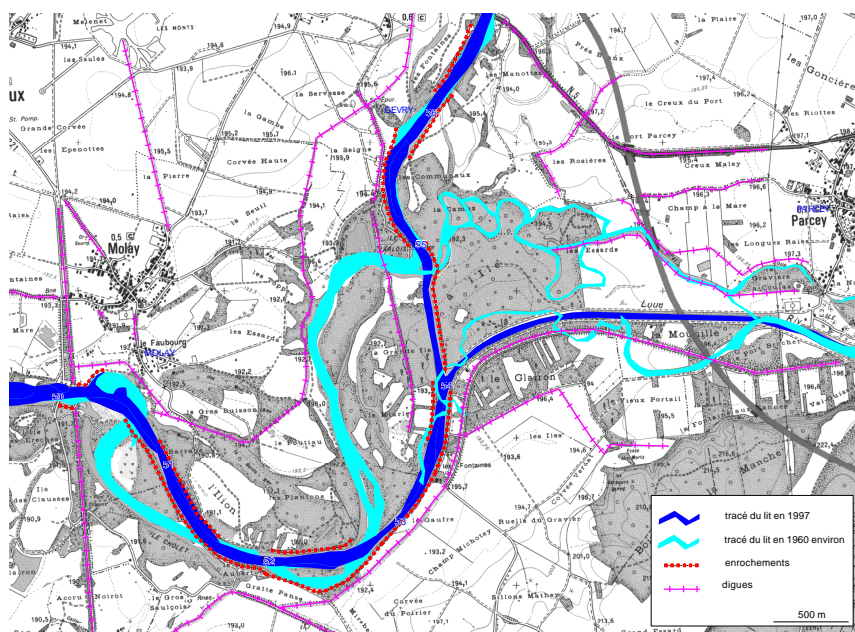
Travaux achevés (novembre 1964)
(source DDE 39)



Contexte historique

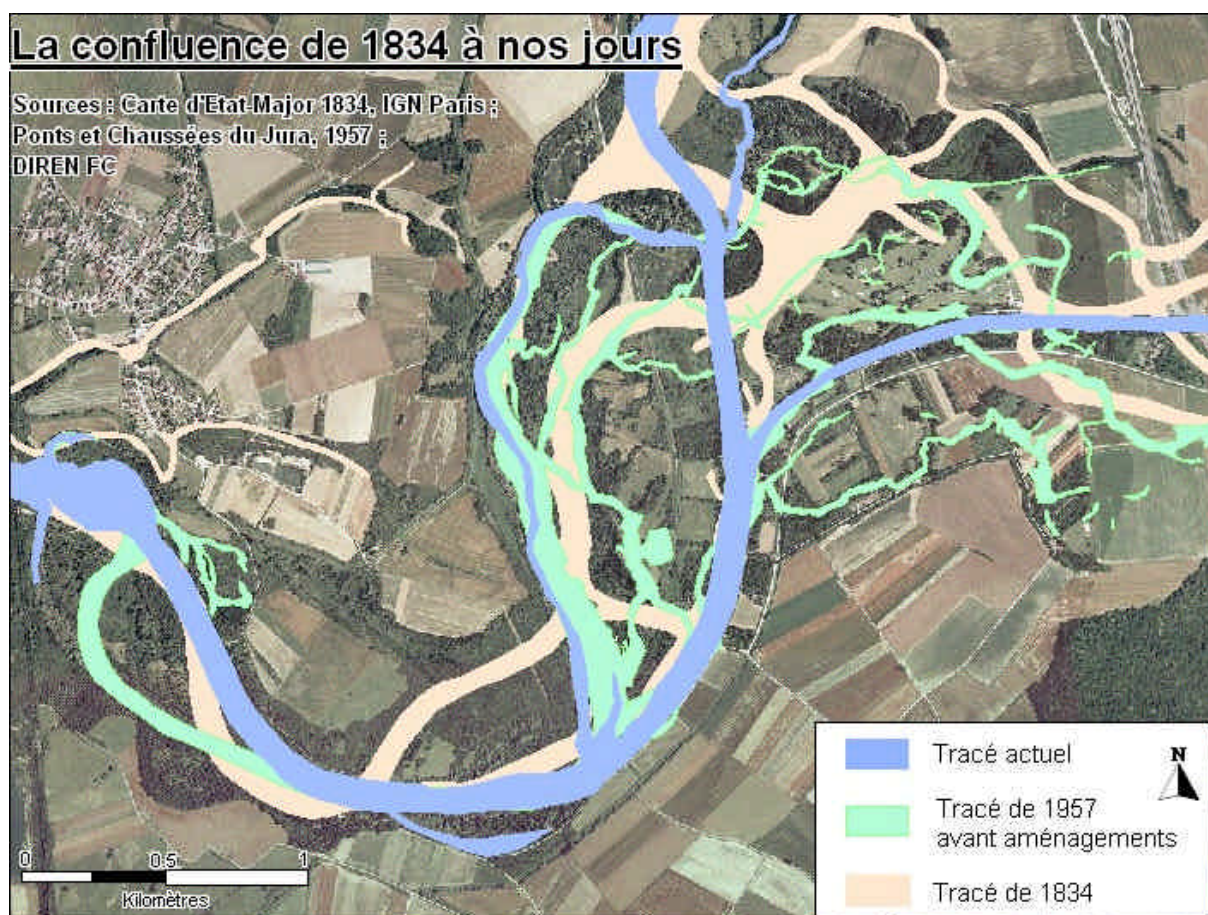
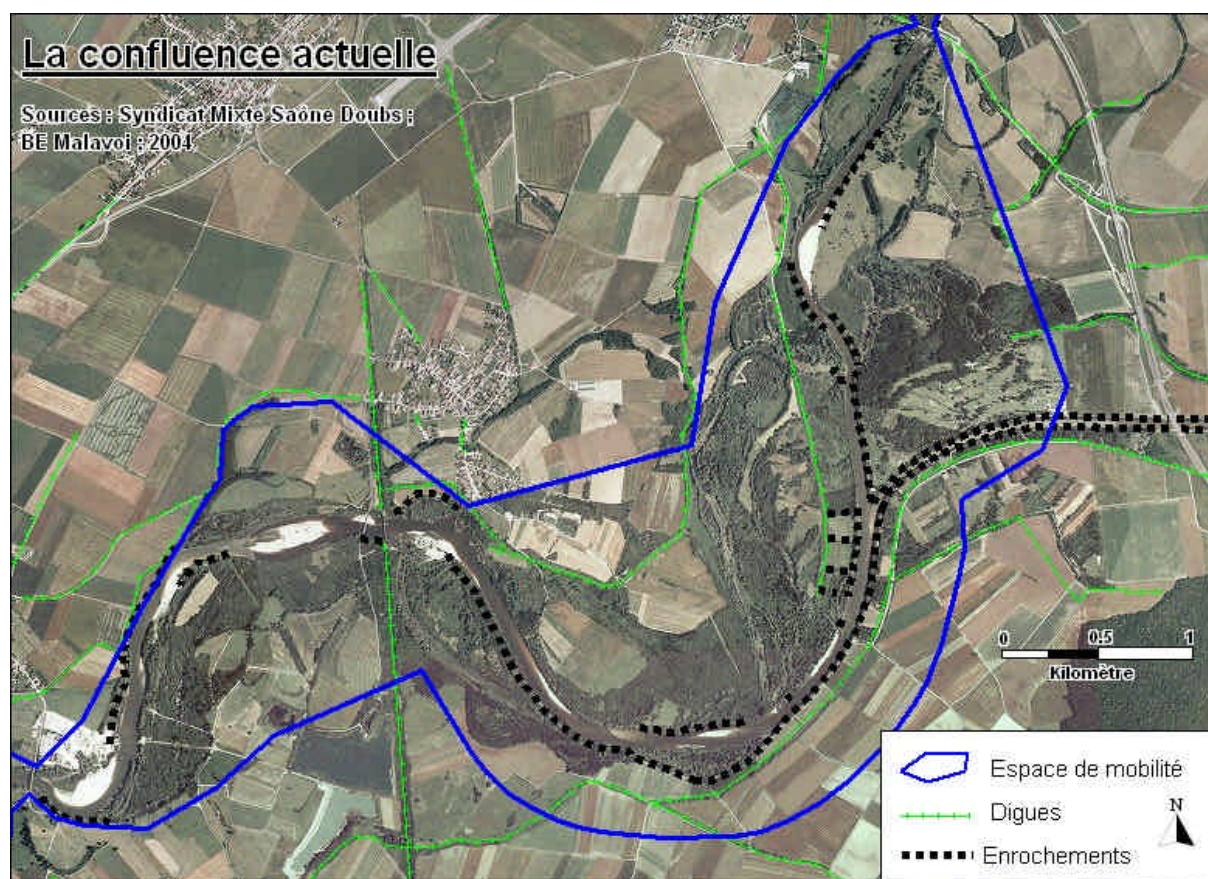
Aménagements

Une rectification du tracé du Doubs et de la Loue au droit de leur confluence a été réalisée dans les années 1962-1964. L'objectif de cet aménagement était de créer un chenal à écoulement suffisamment rapide pour évacuer les alluvions grossières provenant de l'amont du Doubs et surtout de la Loue afin d'éviter l'engorgement alluvial de la zone de confluence (Terraz, 2000). Depuis, l'évolution spatiale naturelle s'en retrouve figée.



Vue générale des travaux de la confluence (en amont) et de port Aubert (en aval)
(sources : Syndicat Mixte Saône Doubs ; BE Malavoi ; 2004)

Malgré l'intensité exceptionnelle de l'impact de ces travaux, un réaménagement est toutefois envisageable étant donné leur caractère réversible.



Rappel du projet

(Sources : Syndicat Mixte Saône-Doubs ; BE Malavoi ; 2004)

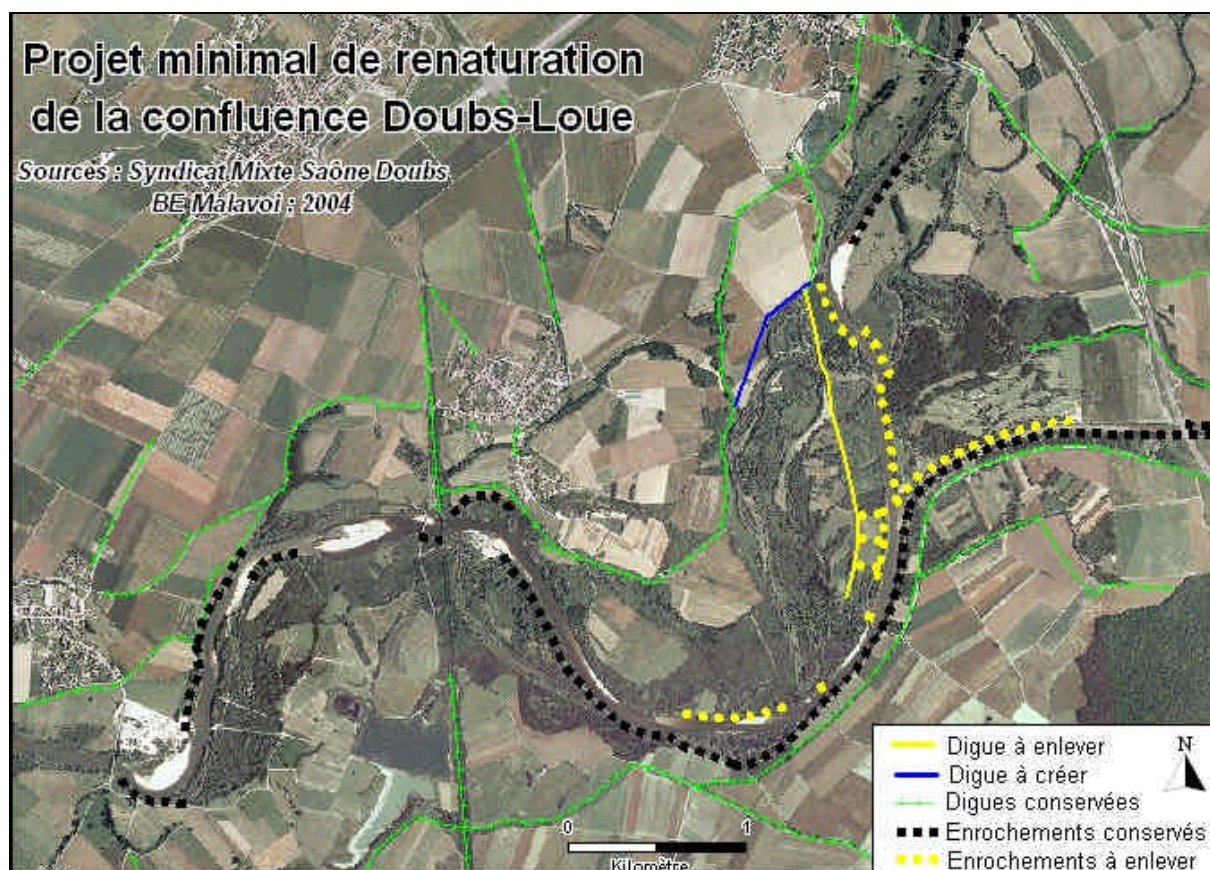
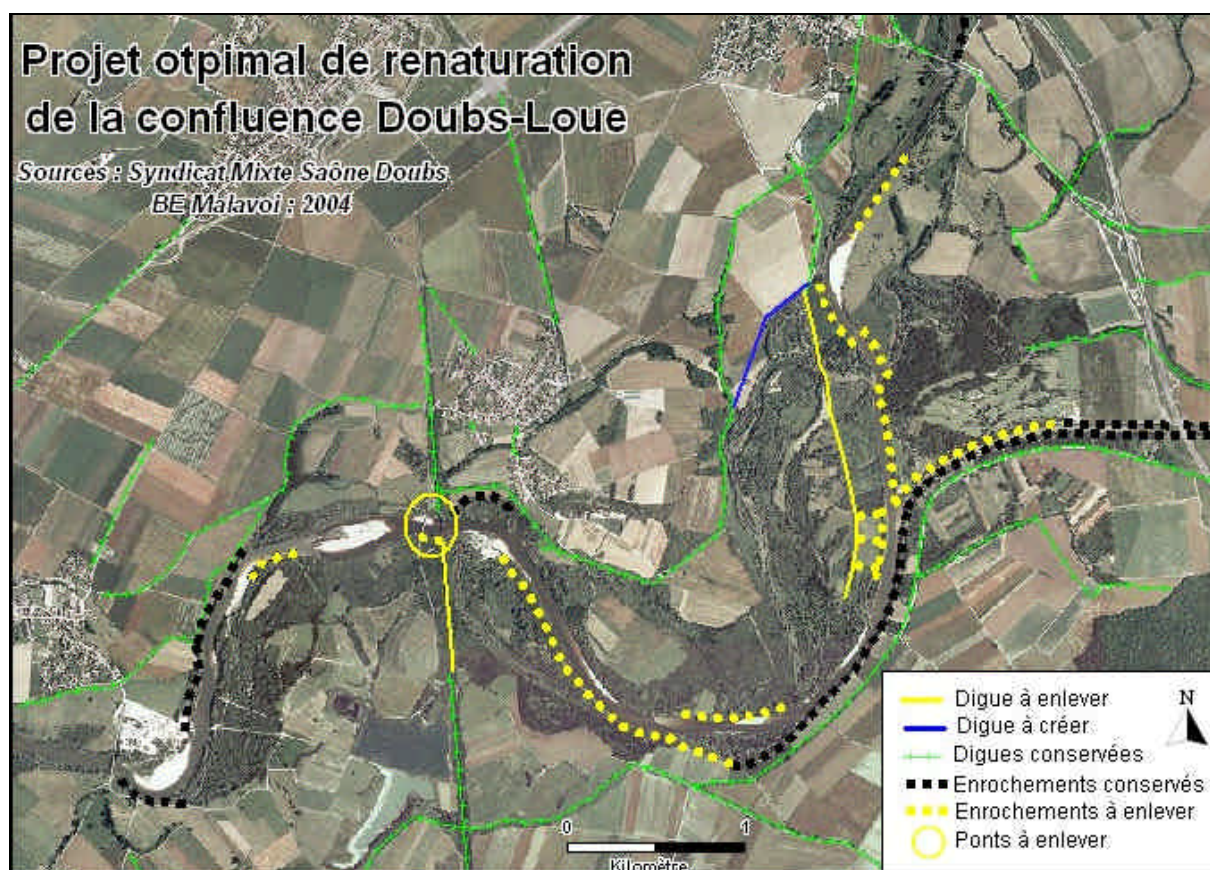
Objectifs

Le projet vise à retrouver un état proche de la dynamique fluviale avant travaux, tout en prenant en compte les enjeux socio-économiques locaux (habitations, inondations, agriculture, voies de communication...).

Pour atteindre cet objectif, deux niveaux d'ambition sont proposés, qui peuvent également représenter deux phases de mise en œuvre :

- **un niveau optimal**, visant à régénérer un secteur de près de 9.5 km s'étendant du pont de Gevry au pont de Champdivers en aval, qui serait à **réaliser sur 10 ans**. La qualité du milieu qui résulterait de cette restauration et la longueur importante du site permettraient d'envisager à terme la création d'une véritable *réserve naturelle fluviale* du type de celle de Varennes-Moulins sur l'Allier,
- **un niveau minimal** centré sur la seule reconquête de la confluence, à mettre en œuvre **rapidement**.

Ces deux niveaux d'ambition sont développés ci-après.



❖ Régénération optimale de la confluence

Principes généraux

L'enjeu de ce scénario ambitieux est de renaturer le Doubs sur 9.4 km entre le pont de Gevry et le pont de Champdivers et de réduire les pressions hydrauliques sur la digue de Molay.

Ce niveau d'ambition remet en question, outre les aménagements des années 60, les 2 ponts de Molay : le pont routier (en très mauvais état) et le pont SNCF (depuis longtemps désaffecté). L'intérêt de l'effacement de ces deux structures est qu'elles créent actuellement un « verrou » à la fois :

- géodynamique (blocage des processus d'évolution latérale du Doubs, indispensables à son équilibre sur le long terme)
- et hydraulique (effet de remous en crue, augmentant considérablement les pressions sur la digue de Molay située en amont, rive droite).

Ainsi, la suppression du pont SNCF et de son remblai permettrait de réduire de 1,3 m les hauteurs d'eau en amont en crue centennale (SAFEGE, 2003), ce qui est considérable et extrêmement favorable pour améliorer la protection de Molay.

Coût

De 900 000 à 1 400 000 € HT.

❖ Régénération minimale de la confluence

Principes généraux

Compte-tenu de la puissance du Doubs et de la Loue, la réalisation de ce projet passe par le simple démantèlement des diverses protections mises en place lors de la réalisation de l'aménagement :

- Suppression d'environ 3 500 m d'enrochements ainsi que des 4 épis réalisés en rive droite en aval immédiat de la confluence (environ 500 m au total). Les enrochements ainsi récupérés seront ensuite réutilisés pour conforter les digues en mauvais état et les protections de berges sur les sites à enjeux forts.
- Suppression de la digue d'entonnement de la réserve du Girard (une solution moins coûteuse mais moins efficace consisterait à ne faire que quelques brèches dans cette digue). Rappelons que cette digue est constituée des alluvions du Doubs récupérées sur le creusement du chenal de coupure.
-

A titre compensatoire, une nouvelle digue de faible hauteur pourrait être construite le long de l'ancien Doubs en rive droite et viendrait se raccorder à celle de Molay.

Coût

De 240 000 à 550 000 € HT

La mise en œuvre du scénario optimal permettrait un remodelage complet (dans certaines mesures) de la confluence actuelle.

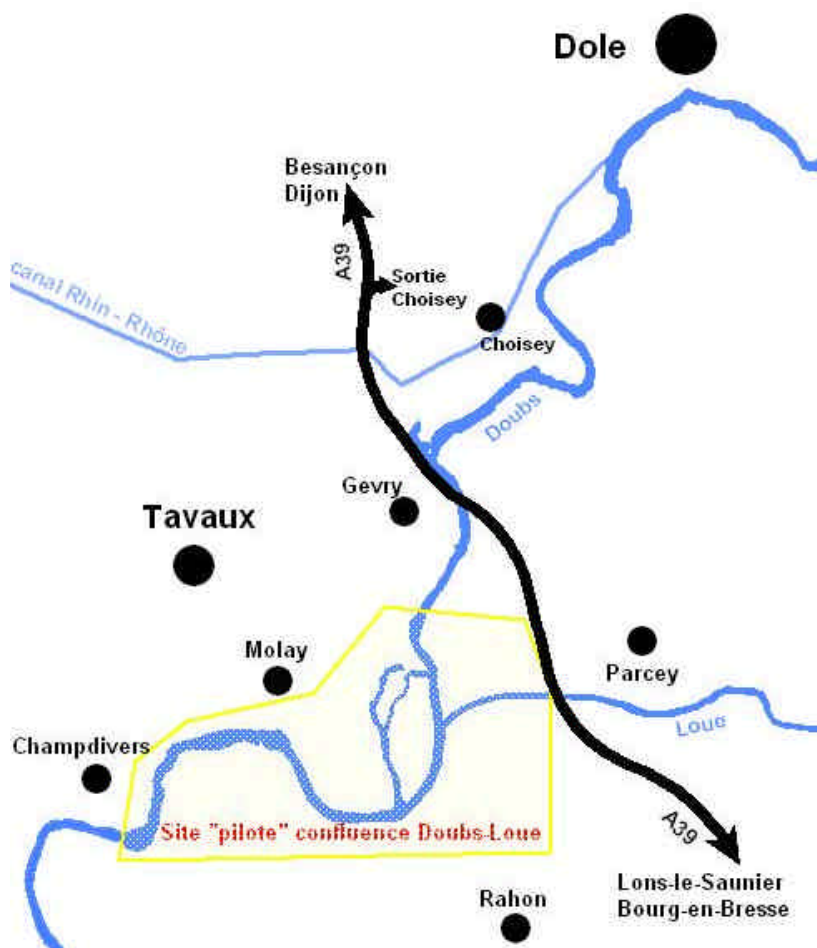


Photo montage présentant un hypothétique état futur à 50-100 ans dans le cas de mise en œuvre du **projet optimal** de renaturation (Source : Syndicat Mixte Saône Doubs ; BE Malavoi ; 2004)

Atouts géographiques

Localisation

La localisation géographique du site est stratégique. A proximité de l'axe autoroutier A39 desservant les villes de Dijon, Besançon et Lons-le-Saunier, il dispose de la sortie d'autoroute n° 6 Dole-Choisey (à environ 5 km). De plus, la ligne TGV faisant étape en gare de Dole (à environ 10 km) ainsi que l'aéroport de Tavaux ne sont pas négligeables. L'accessibilité du site au public s'en trouve facilitée.



Localisation géographique

Projets touristiques

Le site peut également bénéficier du développement touristique local et s'inscrire au tableau des curiosités régionales incontournables.

Différents projets touristiques locaux pourraient contribuer à la fréquentation du site :

- Projet Vélo Route Nantes-Budapest dont le tracé passe par le chemin de halage du canal Rhin-Rhône, à Choisey.
- Projet Voie Verte sur l'ancienne voie ferrée Dole-Lons Le Saunier qui passerait à Molay.
- Le développement actuel du tourisme fluvial : projet de création d'une halte fluviale à Choisey sur le canal du Rhône au Rhin, et de connexion des boucles de cyclotourisme aux haltes fluviales.

Retombées positives du projet

En plus de son objectif principal (restauration de la dynamique alluviale), le projet est susceptible de toucher positivement différents usages et activités sur la confluence.

❖ Aspects touristiques



Le site pourrait avoir un attrait touristique croissant et devenir un lieu agréable de balade au bord de l'eau et de détente dans un cadre exceptionnel.

De plus, en contrepartie de la réalisation d'aménagements pédagogiques, il pourrait devenir un véritable écopôle, lieu de découverte des plaines alluviales...

❖ Activités naturalistes



Gorge bleue à miroir

Les naturalistes et amateurs de nature pourraient apprécier la qualité et la diversité des milieux du site à l'occasion d'observations faunistiques et floristiques inattendues...

Le projet représenterait également un gain pour la réserve naturelle en terme de qualité de milieu (diversification des faciès d'écoulement (notamment du Vieux Doubs), crues morphogènes, mortes) et de biodiversité.

❖ La Pêche

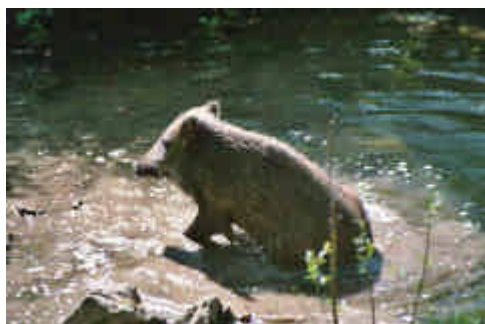


Brochet

Cette diversité de biotopes serait également un gain précieux pour les populations piscicoles (retour hypothétique de Salmonidés), leur reproduction (frayères...) et leur développement.

Notamment pour le Brochet (*Esox lucius*) qui se reproduit actuellement dans le Vieux Doubs mais dont le développement des alevins est entravé faute d'une connexion suffisante avec le Doubs.

❖ La Chasse



Sanglier

Le remodelage de la confluence permettrait le développement d'une vaste zone humide, de bras secondaires et de forêt alluviale, ce qui améliorerait la qualité et la capacité d'accueil du milieu pour la faune sauvage (oiseaux d'eau, gibier...).

Optimisant la reproduction sur le site et renforçant ainsi les populations de sanglier, de chevreuil et de divers oiseaux d'eau (sarcelle d'hiver...) déjà conséquentes sur la

zone. (Comme c'est le cas sur la réserve naturelle de l'île du Girard).

❖ Le Golf du Val d'Amour



Golf du Val d'Amour

En complément du projet d'extension du golf, le caractère naturel et exceptionnel du site représenterait un attrait non négligeable pour les golfeurs amateurs de qualité paysagère.

En effet, le parcours bénéficierait du cadre exceptionnel du site et jouirait des charmes de la plaine alluviale.

Potentialités écotouristiques

Ce projet « pilote » s'inscrit directement dans un programme de restauration d'un fuseau de mobilité sur la basse vallée du Doubs, projet de gestion durable de la ressource en eau et des milieux aquatiques de la plaine alluviale.

Il apparaît nécessaire de réaliser ce projet de restauration dans le secteur où l'espace de mobilité a été particulièrement réduit lors des grands travaux des années 60 : la confluence Doubs-Loue. Indépendamment des aspects géodynamiques, il importe de souligner le grand intérêt écologique, de préserver, et ici de restaurer les zones de confluence qui comptent parmi les milieux naturels fluviaux les plus riches.

La communication étant le gage d'une protection et d'une gestion de l'environnement réussies, l'aménagement pédagogique du site en serait un des outils, dans le respect, bien sûr, de l'intégrité des milieux et des espèces.

Le site pourrait bénéficier d'une valorisation certaine, sur la thématique de la gestion des plaines alluviales, par le biais de différents outils de communication, sensibilisant à l'environnement, à la dynamique alluviale et ses problématiques, à la gestion durable des ressources (ici, ressource en eau)...

❖ Thèmes et moyens de sensibilisation

Thématique

La thématique générale pourrait être la gestion des systèmes alluviaux. Différents points pourraient être abordés :

- Le site, son histoire : photos aériennes, cartes et cartes postales anciennes...
- La dynamique alluviale : fonctionnement, menaces...
- Les usages liés à ces milieux : Alimentation en eau potable (AEP), irrigation, loisirs (pêche, chasse...)
- Les menaces sur les milieux d'eau courante (pollutions, incision du lit, érosion régressive...)
- Les intérêts de préserver ces milieux : gestion de la ressource en eau (AEP, irrigation...), lutte contre les inondations, intérêts écologiques...
- Les intérêts de la mise en œuvre d'actions à l'encontre des aménagements réalisés ultérieurement.
- Outils de gestion et concepts à mettre en œuvre (Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE), Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE), Contrats de rivière, concept d'espace de mobilité...).

Moyens à mettre en place

D'une part, une campagne de communication autour du projet et de sa réalisation serait pertinente avant, pendant et après les travaux d'aménagement par le biais de réunions d'information, de plaquettes, et autres moyens de communication...

Plusieurs scénarii sont envisageables en terme de développement écotouristique pour la découverte, la sensibilisation à l'histoire, au fonctionnement du site sur la thématique générale de la gestion des plaines alluviales.

• Un sentier de découverte ou d'interprétation

La découverte du site depuis un sentier est envisageable (exemple du sentier pédagogique de Chamblay). Ce sentier peut se décliner sous différentes formes :

- un simple sentier avec quelques panneaux et repères d'indication (à vocation surtout touristique),
- un sentier plus complet (type sentier d'interprétation) avec un développement axé sur la pédagogie avec un petit livret pour la visite et l'appui de panneaux ludiques pour la découverte du milieu fluvial, ses particularités, ses intérêts.

Ce dernier type de sentier s'ouvrirait au public (vocation touristique) mais également aux scolaires (vocation éducative) avec lesquels divers programmes pédagogiques sur les thématiques relatives au site pourraient être imaginés.



- Exemples d'aménagements pédagogiques

Remarque : Un sentier pédagogique (pour les 6 à 10 ans) avec des panneaux explicatifs, intitulé « mieux connaître la confluence pour

mieux la protéger », a été élaboré et mis en place sur le site par l'école primaire de Parcey.

Sur ce sentier, la mise en place d'observatoires du milieu et de sa faune est envisageable pour marquer peut-être un peu plus les esprits et permettre des rencontres inattendues.



En ce sens, des partenariats sont envisageables afin d'enrichir la qualité du projet et l'éventail des activités de découverte à proposer : Centre Permanent d'Initiation à l'Environnement (CPIE) Bresse du Jura, associations diverses.
Voir en annexe : exemples de livrets-guides réalisés par le CPIE Bresse du Jura.

• Une Maison de la Confluence

En plus du sentier, la mise en place d'un établissement fixe sur le site permettrait de mener des actions de sensibilisation et d'information sur les thématiques relative à la confluence. Différents exemples positifs sont connus pour la qualité de leur structure, de leurs outils de communication et pour leurs résultats en terme de fréquentation : l'Ecopôle du Forez (42), l'ObservaLoire de Digoin (71), la Maison de la Réserve Naturelle du Lac de Remoray (25) ou encore la Petite Camargue Alsacienne (68). Ainsi la structure pourrait accueillir, au sein d'une muséographie, une ou plusieurs expositions permanentes dans un cadre atypique, développant différents thèmes : la confluence (histoire du site avec photos...), les caractéristiques des milieux naturels fluviaux (intérêt de la réalisation d'un projet de ce type, découverte des milieux aquatiques et des zones humides annexes, de leurs menaces...).



Cette « Maison de la Confluence » pourrait d'accueillir également des expositions temporaires (itinérantes par exemple) sur des thèmes approchants (expositions itinérantes, sensibilisation sur le thème de l'eau ou détaillant les expositions permanentes). Des structures, comme le CPIE par exemple, pourraient apporter leur expérience en la matière. Egalement, des personnages locaux pourraient participer afin de transmettre et de communiquer leur amour du Doubs, de la Loue et de la confluence.

En plus de sa vocation touristique, l'établissement pourrait avoir un rôle éducatif avec une salle (du type auditorium) pour accueillir des scolaires et des conférences.

Pour les scolaires, dans le cadre du module d'éducation à l'environnement du programme d'enseignement, on peut imaginer une demie ou une journée sur la thématique de la rivière (alternance découverte en salle (exposition) / sur le terrain) encadrés par un animateur.

• Guide touristique ou de randonnée

Prenant exemple sur l'ouvrage suisse « Eaux libérées – A la découverte des cours d'eau revitalisés de Suisse », un livret répertoriant des sites français ayant connu un projet de restauration de la géodynamique alluviale semble être une idée intéressante de valorisation du concept de mobilité des cours d'eau. L'ouvrage saurait être précis, en abordant des notions de base de géomorphologie fluviale et intégrant des aspects techniques et financiers, tout en restant simple et accessible. Une lecture agréable par tous serait favorisée par des illustrations ludiques et plaisantes. Pour chaque site, comme dans un guide touristique, seraient précisés :

- un itinéraire de découverte pertinent de la station (distance, temps de promenade) permettant de visualiser et de comprendre les mesures de restauration entreprises et leur objectif ;
- les coordonnées d'établissements hôteliers (pour l'hébergement) et de restauration à proximité ;
- un contact pour les demandes de renseignement.

Ce guide pourrait être conçu en partenariat avec des structures telles que des CPIE, le WWF France et autres.

Financements : Aides et Partenariats

Life Nature

Pour un tel projet, représentant des investissements conséquents, le site pourrait bénéficier d'un programme LIFE Nature (fonds européens), intéressant d'un point de vue financier, pour la réalisation des aspects techniques et de valorisation de ce projet pilote.

Autres

Cela pourrait également permettre, notamment en matière de valorisation et pour le fonctionnement d'une structure d'accueil, de bénéficier d'instruments financiers européens tels que :

- FEDER (Fonds Européen de Développement Régional),
- FEADER (Fonds Européen pour le Développement Rural), anciennement FEOGA (Fonds Européen d'Orientation et de Garantie Agricole)

Exemple de l'ObservaLoire de Digoin : Investissement subventionné à 40% par des fonds européens (FEOGA à l'époque).

Remarque : Tous ces éléments sont des hypothèses de travail, c'est-à-dire que le subventionnement pourra être différent suivant le développement du projet, notamment dans le temps.

