



HAL
open science

De l'eau, des digues et des hommes. Approche géographique du risque inondation sur le Siret inférieur
(Roumanie)

Florence Salit

► To cite this version:

Florence Salit. De l'eau, des digues et des hommes. Approche géographique du risque inondation sur le Siret inférieur (Roumanie). Géographie. Université Paris-Diderot - Paris VII; Université de Bucarest - Faculté de Géographie, 2013. Français. NNT: . tel-00923009

HAL Id: tel-00923009

<https://theses.hal.science/tel-00923009>

Submitted on 1 Jan 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

De l'eau, des digues et des hommes

Approche géographique du risque inondation sur le Siret inférieur (Roumanie)

Florence SALIT



Thèse en co-tutelle internationale
dirigée par Gérard BELTRANDO et Liliana ZAHARIA

Thèse de Doctorat de géographie préparée au sein de l'UMR PRODIG et du
"Centrul de cercetări Gestiunea Resurselor de Apă și a Riscurilor Hidrice" (G.R.A.R.H.)

Soutenue le 26 novembre 2013

MEMBRES DU JURY

| | |
|-------------------------------|--|
| Gilles ARNAUD-FASSETTA | Professeur à l'Université Paris-Diderot |
| Dan BALTEANU | Professeur, Institut de Géographie Académie Roumaine à Bucarest (rapporteur) |
| Gérard BELTRANDO | Professeur à l'Université Paris-Diderot (co-directeur) |
| Patrick PIGEON | Professeur à l'Université de Savoie (rapporteur) |
| Magali REGHEZZA-ZITT | Maître de conférences à l'Ecole Normale Supérieure |
| Liliana ZAHARIA | Professeur à l'Université de Bucarest (co-directrice) |

À ma mère...

Remerciements

Ce travail de thèse a été le fil rouge de ces trois années, émaillées d'épreuves. De nombreuses personnes ont été là, scientifiquement, émotionnellement, amicalement. Je n'aurais jamais assez de mots et de sourires pour remercier tout le monde.

Je tiens tout d'abord, à remercier mes directeurs de thèse, Monsieur Gérard Beltrando et Madame Liliana Zaharia qui depuis le M2, me soutiennent, me supportent. Merci Monsieur, pour avoir été toujours là, dans les moments les plus difficiles, compréhensif, exigeant mais présent. Merci Liliana pour m'avoir fait découvrir la Roumanie, pour m'avoir accueillie si chaleureusement et pour tous les conseils et le temps que vous m'avez accordé.

Je voudrais remercier Monsieur Gilles Arnaud-Fassetta pour ses conseils et suggestions qui ont fait progresser sans cesse mon travail. Je tiens à remercier les membres du jury, Madame Magali Reghezza-Zitt et Messieurs Dan Bălteanu, Patrick Pigeon, pour avoir accepté d'évaluer mon travail.

Je tiens à remercier Egide-Campus France « Brâncusi » qui a financé les premières années de cette thèse en co-tutelle internationale et sans qui le terrain n'aurait pas été le même.

Je remercie chaleureusement Madame Grecu, qui m'a toujours accueillie avec sourire, Madame Ionac et toute la faculté de Géographie de Bucarest qui ont facilité les démarches et ont rendu possible mon doctorat roumain.

Ma gratitude la plus sincère va à la population de Vadu Roșca qui a accepté de répondre à toutes mes questions, à Simona et à toute la famille Pavel, à Florin Radu, pour ses conseils avisés, aux professeurs de l'école de Vulturu, pour leur aide précieuse, aux personnels de l'organisme de bassin et du SGA Vrancea, à Nicu et Gabriel... Un merci au Monsieur à vélo, à Bruce Willis, au Monsieur à la chemise... et tous les autres pour vos témoignages. Un grand merci à Georges et à Christi qui ont toujours réussi à nous mener à bon port et pour leur gentillesse. Enfin un merci en vrac aux moustiques, pour avoir été toujours fidèles, aux serveurs de l'hôtel Aqua et bien sûr aux tampons, ronds.

Je tiens à remercier de tout mon cœur, Lucile, ma comparse de thèse, pour avoir toujours été présente, même loin... pour sa gentillesse, son humour, pour tous les moments difficiles ou drôles que nous avons passé ensemble.

Mes plus sincères remerciements à Gabriela, sans qui une grande partie de ce travail n'aurait pas été possible... mais bien au-delà pour sa gentillesse, ses sourires... je souhaite que ce ne soit que le début de notre amitié.

Un grand merci à Malika qui m'a toujours aidée, écoutée, conseillée. Je tiens également à remercier toute l'équipe P7/PRODIG, Anne-laure, Ariane, Elodie, Emilie, François, Laurent, Mélanie, Nicolas, Quentin, Romain, Salman, Sarah... même si je ne vous ai pas tous connu comme je l'aurais souhaité.

Toute ma plus profonde gratitude va au département de Géographie de Créteil, dans son intégralité qui m'a accueillie toutes ces années, Josyane, Stéphane, Sophie, Anne-Lise et tous les autres... Même un grand merci à mes étudiants qui m'ont fait garder le sens des réalités !

Je tiens à remercier encore et encore mon père, pour son soutien sans faille toutes ces années... pour m'avoir écoutée me plaindre (presque) tous les jours, pour m'avoir laissée envahir la table de la salle à manger, pour m'avoir aidée à recopier des chiffres illisibles, pour avoir écouté patiemment mes théories, pour avoir été le premier correcteur... la liste est trop longue !

Un grand merci à ma sœur, Delphine et à Cyril qui ont été présents et compréhensifs et bien sûr à leur fille, ma nièce Mathilde, future géographe pour qui je réserve une place en thèse d'ici quelques années. Un grand merci à ma sœur, Anne-Frédérique, qui sait exactement par quoi je suis passée et qui a toujours acceptée de corriger mon anglais.

Merci à ma famille, Malcolm et Isabelle, Jean-Paul et Anne-Marie, Jean-Pierre et Francine, pour votre soutien dans toutes les circonstances, l'aide sans borne que vous nous avez apportée. Merci à Stéphane, Anne, Roger et l'équipe de l'Océane pour avoir été là. Je tiens également à remercier Bernard et toute la famille Dewaele qui, dans l'épreuve, sous la neige et à tout instant ont toujours été là.

Merci à Thaïs pour ses ronronnements très encourageants, pour me réveiller à cinq heures, pour ses cadeaux-souris, toujours très distrayants...

Et enfin, un grand merci à mon ordinateur, qui malgré son grand âge, ses bruits étranges et ses caprices, a tenu jusqu'au bout... même si tu refuses désormais catégoriquement, de corriger les fautes !

De l'eau, des digues et des hommes.

Approche géographique du risque inondation sur le Siret inférieur (Roumanie)

La gestion des inondations dépend étroitement du contexte politique et économique dans lequel elle est pensée, tout autant que des événements hydro-climatiques intenses. Le risque inondation est une étude qui se prête à une pensée transdisciplinaire puisque pour analyser le risque, il est nécessaire de comprendre l'aléa, passé et à venir et les sociétés qui façonnent le territoire dans lequel il s'inscrit. Cette thèse cherche à comprendre et à quantifier l'impact des stratégies d'aménagements sur l'espace fluvial et sur les inondations, de la période communiste à l'intégration de la Roumanie à l'Union européenne, à travers le cas du Siret inférieur. L'analyse diachronique des interactions entre système social et système fluvial est fondée sur l'étude de données de débits et de précipitations, de documents cartographiques intégrés dans un SIG et de textes législatifs et d'ingénierie. Le point de départ de l'analyse du risque inondation s'est fait par l'étude de l'événement de juillet 2005 qui a provoqué une vingtaine de morts et plusieurs millions d'euros de dégâts. Certes les caractéristiques hydro-climatiques de cet épisode sont exceptionnelles, mais les aménagements et les logiques associées participent à expliquer l'ampleur de la catastrophe. On constate que les stratégies passées d'aménagement de cours d'eau sont lisibles autant dans les choix actuels de gestion (préférence donnée aux mesures structurelles et non remise en cause des réseaux de défense) que sur l'espace fluvial (rétrécissement de la bande active, accélération des vitesses d'écoulement, déconnexion de la plaine alluviale). L'entrée d'une analyse du risque inondation par l'événement et l'approche géographique permettent ainsi d'appréhender la complexité dans le temps et dans l'espace, des interactions et rétro-actions entre système fluvial et système social.

Mot-clés : Risque inondation ; système fluvial ; système social ; gestion du risque ; Siret inférieur ; Roumanie

Apă, diguri și oameni.

Abordare geografică a riscului la inundație în sectorul inferior al Siretului (România)

Riscul la inundație se pretează unei gândiri transdisciplinare, deoarece este necesar să înțelegem atât fenomenul, trecut și viitor, cât și societatea, care își lasă amprenta asupra teritoriului. Aceasta teză încearcă să înțeleagă și să cuantifice impactul strategiilor de amenajare asupra spațiului fluvial și inundațiilor, din perioada comunistă și până la integrarea României în Uniunea Europeană, pornind de la exemplul sectorului inferior al râului Siret. Analiza diacronică a interacțiunilor dintre sistemul social și sistemul fluvial este bazată pe studiul datelor de debit și precipitații, a documentelor cartografice integrate în SIG și a textelor legislative și inginerești. Constatăm că strategiile trecute de amenajare a cursurilor de apă se reflectă în deciziile actuale de gestiune (preferință pentru măsurile structurale, fără a fi contestată eficiența lor) și în spațiul fluvial (restrângerea benzii active, creșterea vitezei de scurgere, abandonarea luncii). Astfel, în analiza riscului la inundații, pornind de la eveniment și prin intermediul unei abordări geografice, se ajunge la înțelegerea complexității în timp și spațiu a interacțiunilor și retroacțiunilor dintre sistemul fluvial și sistemul social.

Cuvinte cheie: Riscul la inundație; sistemul fluvial; sistemul social, gestiunea riscului, Siretul Inferior, România

Floods, dykes and men.

Geographical analysis of flood risk on the Lower Siret River (Romania)

The system of water management in Romania has undergone various stages of evolution associated with government changes and the various floods the country had known. The flood risk is the more appropriate topic for a transdisciplinary analysis since risk understanding has to go through the analysis of the past and future hazard, the territory and the society. The aim of this thesis is to understand and quantify the impact of water management strategies on flood and fluvial system in Romania from the communism period until the integration of the country in European Union, through the study case of the Lower Siret River. The diachronic analysis of interactions between social system and fluvial system is based on the study of hydro-climatic data, of various map material integrated into a GIS and of legislation and engineering texts. The results show that the past management left traces both on actual water management (development of structural measures and non-questioning the dykes network) and on the river morphology (narrowing of the active band, acceleration of flow velocity and disconnection of the flood plain). The entry of a risk analysis by the event and the geographical approach help to understand the complexity in time and space of interactions and feedbacks between fluvial system and social system.

Keywords: Flood risk; fluvial system; social system; flood risk management; Lower Siret River; Romania

Sommaire

| | |
|--|------------|
| INTRODUCTION | 11 |
| Du risque en géographie – Cadre épistémologique et méthodologique | 15 |
| Cadre géographique – Le Siret inférieur comme terrain privilégié de recherche..... | 33 |
| 1^{ERE} PARTIE – L’EVENEMENT DE JUILLET 2005 | 41 |
| Chapitre 1 – Approches et méthodologie de recherche | 43 |
| Chapitre 2 – Juillet 2005, un événement extrême ? | 49 |
| Chapitre 3 – Reconstitution et chronologie de l’événement | 65 |
| 2^{EME} PARTIE – ETUDE DIACHRONIQUE DES AMENAGEMENTS ET DES LOGIQUES ASSOCIEES | 91 |
| Chapitre 1 – Approches et problématique de recherche..... | 93 |
| Chapitre 2 – Vie et mort d’une digue | 121 |
| Chapitre 3 – Maîtriser le cours d’eau : les travaux de régularisation | 137 |
| 3^{EME} PARTIE – DYNAMIQUES HYDRO-MORPHOLOGIQUES ET IMPLICATIONS DES AMENAGEMENTS | 155 |
| Chapitre 1 – Etat de l’art, données et méthodes de l’analyse hydro-morphologique..... | 157 |
| Chapitre 2 – Résultats de l’analyse hydro-morphologique | 179 |
| Chapitre 3 – Discussion Quelle implication des aménagements ?..... | 209 |
| Chapitre 4 – Etude de cas l’aménagement du TR1.2 | 225 |
| 4^{EME} PARTIE – VERS DE NOUVELLES STRATEGIES ? | 235 |
| Chapitre 1 – Les nouvelles stratégies de gestion du système fluvial | 237 |
| Chapitre 2 – Impact sur l’aménagement et la gestion du Siret inférieur..... | 257 |
| Chapitre 3 – La difficile mise en place des mesures non-structurelles | 281 |
| CONCLUSION GENERALE..... | 303 |

Introduction

Du risque en géographie – Cadre épistémologique et méthodologique

Cadre géographique – Le Siret inférieur comme terrain privilégié de recherche

De la géographie avant tout...

« *La connaissance du risque impose, outre la connaissance de l'aléa, une réflexion sur les formes d'organisation spatiale des sociétés et les modalités d'aménagement des territoires* » (Veyret et Reghezza, 2005). La géographie fait appel à plusieurs domaines pour analyser le risque inondation, pour déterminer l'origine des crues, en spatialiser l'étendue, en quantifier les impacts sur le système fluvial, en évaluer les dommages mais aussi pour analyser la perception des sociétés, le rôle des acteurs... Chacune des disciplines qui relèvent de la géographie, développe des approches novatrices et enrichissantes qui permettent une meilleure compréhension des interactions Nature-Sociétés. Mais dans la majorité des cas, ces développements se font indépendamment les uns des autres, alors que le fondement même de la géographie est d'allier dans une pensée systémique l'ensemble des disciplines qu'elle recouvre, que ce soit les domaines dits de géographie physique (eux-mêmes divisés en climatologie, géomorphologie, hydrologie...) ou de géographie humaine (géographie historique, politique ou l'aménagement du territoire et même la géographie culturelle). Le risque inondation est une étude qui se prête à une approche globale, ce qui fait la force de la géographie. Puisque pour analyser le risque il est nécessaire de comprendre l'aléa passé et à venir, le territoire dans lequel il s'inscrit et les sociétés qui le façonnent. « *Il n'y a pas de discipline mieux placée pour démêler l'écheveau des interrelations entre Nature et Sociétés* » (Hétu, 2001). De nombreux travaux s'accordent sur la nécessité d'une approche transdisciplinaire du risque et en particulier du risque inondation (Tricart et Bravard, 1991 ; Dacharry et Laganier, 2001 ; Hétu, 2001 ; Piégay, 2003 ; Scarwell et Laganier, 2004 ; Pigeon, 2005 ; Veyret et Reghezza, 2005 et 2006 ; Burnouf *et al.*, 2009....). Mais l'on constate souvent dans la réalité des travaux, qu'il s'agit de pont entre les domaines de la géographie physique, entre les sciences de l'environnement (hydrologie, écologie, géomorphologie, biologie...), ou de liens entre les sciences humaines (de l'histoire à la sociologie jusqu'à la géopolitique...). Et finalement les rapprochements se font plus simplement avec les autres disciplines qu'au sein même de la géographie. L'objectif de ce travail, loin de prétendre aborder tous les champs de la géographie, cherche à démontrer à travers l'étude du risque inondation, les apports nombreux d'une analyse transdisciplinaire, d'un « diagnostic transversal » (Veyret et Reghezza, 2005) et l'apport, dans l'étude des interrelations Homme-Environnement, de la géographie avant tout.

Du risque en géographie – Cadre épistémologique et méthodologique

La recherche et la gestion des risques en géographie ont connu de profondes évolutions. L'histoire de la géographie des risques a été retracée à de nombreuses reprises et des thèses récentes (Reghezza, 2006; Combe, 2007; Ruin, 2007; Defossez, 2009; Rode, 2009 ; Gérin, 2011 ; Robert, 2012) consacrent une partie de leurs travaux à décrypter l'évolution des concepts et approches utilisés en géographie. Ce chapitre ne vise pas à refaire ce travail de recherche mais cherche, d'une part à contextualiser l'approche favorisée dans notre étude et d'autre part à mettre en exergue l'apport de différents champs disciplinaires de la géographie dans l'étude du risque inondation.

1. Vers une approche globale du risque au croisement des champs disciplinaires

Alors même que le risque est « le thème transversal de la géographie permettant de dépasser le clivage par trop traditionnel entre géographie physique et géographie humaine » (Donze, 2007), la multiplicité des définitions de cette notion rend problématique une approche globale. Les domaines des risques ont fait l'objet de nombreux travaux portant sur les concepts (Dauphiné, 2003 ; D'Ercole *et al.*, 1994 ; Leone, 2007 ; November, 2006 ; Pigeon, 2005 ; Provitolo, 2007). Cette polysémie naît de l'évolution de cet objet géographique qui connaît, depuis un peu plus d'une dizaine d'années maintenant, un renouveau. Cette évolution peut se comprendre en trois périodes définies par Reghezza (2006). L'auteur développe les trois temps dans les recherches sur les risques naturels, qui ont mené à la richesse des recherches en géographie des risques actuellement.

- **Le temps de l'aléa** : La catastrophe et le risque sont réduits au processus physique de l'aléa. Le danger vient du phénomène naturel et la réduction de ce danger n'est envisagée que par des solutions techniques. L'objectif est la compréhension des phénomènes naturels et de leur prévision indépendamment du contexte social.
- **La mise en exergue de la dimension sociale** du risque par l'École de Chicago et de White (1945 et 1974). Ce tournant épistémologique part du constat que des aléas identiques peuvent avoir des conséquences différentes. Les géographes commencent à explorer les interactions Nature-Société. L'introduction de la dimension sociale du risque mène à la

définition classique selon laquelle le risque est le croisement entre un aléa et une vulnérabilité ; définition sur laquelle nous reviendrons.

- « **L'introduction de la vulnérabilité** » (Fara, 2001). Ce concept n'est plus seulement envisagé comme l'impact d'un aléa sur une société ou la valeur des enjeux mais comme « un fait social, économique et politique, caractérisé par son coût économique et psychologique, sa perception et sa gestion » (Laganier, 2002).

Ce dernier temps nous intéresse plus particulièrement pour deux raisons : il voit l'émergence des concepts clés de la géographie des risques que sont la vulnérabilité et la résilience et la réconciliation des volets « physiques et humains » de la géographie.

1.1. Une réconciliation attendue

De par l'évolution même de la géographie physique en France, le clivage physique/humain se fait moins prégnant. L'appel à un regard géographique global sur le risque (Pigeon, 1993, 2005) est lancé. La géographie « essaie d'intégrer les aspects physiques et les aspects humains » (Ribas Palom, 1994) dans sa recherche sur les risques en ne la réduisant pas au seul aléa mais sans pour autant le négliger. Ce clivage est pourtant favorisé par les approches classiques du risque résumées par l'équation : $risque = aléa \times vulnérabilité$ et qui se rapproche de la définition du risque du UNISDR (2009) : « La combinaison de la probabilité d'un événement et de ses conséquences négatives ». Les interactions multiples entre Nature et Sociétés ne peuvent se résumer à cette association linéaire et de nombreux travaux attestent qu'elle a atteint ses limites (Veyret et Reghezza, 2005 et 2006 ; Ledoux, 2006 ; Combe, 2007). Ils dénoncent cette « lecture duale » (Combe, 2007) du risque et soulignent l'intérêt et les apports nombreux d'une approche globale, voire systémique (Pigeon, 2005 ; Ledoux, 2006).

1.2. De la vulnérabilité à la résilience

La vulnérabilité est un concept qui connaît une « profusion de définitions » (Pigeon, 2005). Elle rassemble « les caractéristiques et les circonstances d'une communauté ou d'un système qui le rendent susceptible de subir les effets d'un danger » (UNISDR, 2009). La vulnérabilité est définie selon la nature des éléments exposés, elle peut être qualifiée d'humaine, de socio-économique et d'environnementale (Veyret et Meschinot de Richemond, 2003) mais aussi déclinée comme vulnérabilité structurelle et conjoncturelle (Vinet, 2002). Pour Thouret et D'Ercole (1996) la vulnérabilité renvoie à deux approches : la première consiste à mesurer l'endommagement potentiel des enjeux, tandis que la seconde « vise à cerner les facteurs propices aux endommagements ou influant sur la capacité de réponse à une situation de crise » (Ledoux, 2006). La vulnérabilité ne peut

que s'inscrire dans un système qui obéit à des facteurs structuraux (socio-économiques, culturels, fonctionnels et institutionnels), conjoncturels (dysfonctionnements) et géographiques (caractéristiques de l'impact) (Thouret, 1996). Cette définition prend non seulement en compte le degré potentiellement dommageable des enjeux mais aussi la capacité de réponse et d'adaptation d'une société face à un événement. Mais une connotation péjorative est inhérente à ce concept. La société est vulnérable lorsqu'elle est exposée à un danger.

Le concept de résilience, approfondi depuis quelques années, vient compléter la définition de la vulnérabilité. Il «inclut l'exposition de la population au risque, la résistance ou l'efficacité des mesures visant à prévenir, à éviter ou à réduire les dommages et la résilience d'une société ou sa capacité à recouvrer son fonctionnement une fois le dommage absorbé » (Thouret et Leone, 2003). La résilience devient la vision positive de la vulnérabilité, elle est son pendant mais cependant l'une reste liée à l'autre. Ce concept n'est pas sans poser des problèmes de définitions (Reghezza-Zitt, 2013). Elle n'est pas une simple capacité de résistance face à un choc, elle est une capacité d'adaptation, de restauration. L'introduction de ce concept en géographie des risques est récente et se développe de plus en plus (Dauphiné et Provitolo, 2007 ; Djament-Tran *et al.*, 2011 ; Barroca *et al.*, 2013). Christina Aschan-Leygonie (1998) réalise dans sa thèse une étude pionnière portant sur la résilience du système spatial du Comtat (Aschan-Leygonie, 1998). Elle définit la résilience comme « la capacité d'un système à intégrer dans son fonctionnement une perturbation sans pour autant changer sa structure qualitative ». La résilience désigne ainsi la capacité des systèmes à se reproduire: elle n'est pas seulement la capacité de résistance mais également la capacité à intégrer la perturbation à son fonctionnement (Djament-Tran *et al.*, 2011). La résilience intéresse directement notre étude puisqu'elle est une clé de lecture de l'analyse systémique des risques en ce sens où elle est «la capacité d'un système, une communauté ou une société exposée aux risques de résister, d'absorber, d'accueillir et de corriger les effets d'un danger, en temps opportun et de manière efficace, notamment par la préservation et la restauration de ses structures essentielles et de ses fonctions de base » (UNISDR, 2009). Mais la complexité de la notion et son usage parfois ambivalent, font que son recours est limité dans ce travail. Le paradoxe de ce concept tient au fait qu'on ne peut vérifier la résilience d'un système sans aléa ou catastrophe ; une grande résilience est soit issue d'une vulnérabilité historique surmontée, soit jugée uniquement comme de la résistance. Le caractère opératoire de ce concept reste encore à démontrer et dans notre analyse la question n'est pas tant de savoir si un système est résilient ou non que d'analyser ce qui change et ce qui se maintient et surtout d'en comprendre pour qui et pour quoi. (Djament-Tran *et al.*, 2011).

Malgré les approfondissements que ces concepts connaissent, aléa et vulnérabilité ne se conjuguent que peu et les interactions entre eux se limitent aux liens de causes à effet, à des relations linéaires (Provitolo, 2007). La richesse du concept de vulnérabilité compris comme le

« volet social » du risque, malgré toute sa complexité, ne prend pas en compte les boucles de rétroactions et la variabilité des échelles spatio-temporelles inhérente à toutes interactions Nature-Société. Le développement du concept de résilience témoigne de l'engouement pour une nouvelle approche de l'étude des risques, qui sort de l'analytique pour se faire systémique.

1.3. « La nécessité de recourir à l'analyse systémique » (Pigeon, 2002)

Pour pallier ces difficultés, l'approche systémique devient la voie privilégiée à une étude globale du risque (D'Ercole *et al.*, 1994 ; Pigeon, 2002 et 2005 ; Provitolo, 2003 et 2007). L'analyse systémique est le biais par lequel les interactions Homme-Milieu peuvent se révéler dans toute leur complexité. Ainsi l'approche du risque s'enrichit : « [elle] procède d'un regard sociétal qui invite à considérer l'aléa naturel, *i.e.* l'inondation, par rapport aux conséquences qu'il engendre sur les systèmes sociaux » (Scarwell et Laganier, 2004). Néanmoins la composante physique est réduite à la mention « aléa naturel », tandis que le système social est appréhendé dans toute sa complexité.

C'est pourquoi il est intéressant de faire intervenir d'autres approches complémentaires et notamment le renouveau épistémologique de la géomorphologie avec l'introduction et le développement du concept de système fluvial (Schumm, 1977 ; Roux, 1982; Amoros et Petts, 1993; Bravard et Petit, 2000) et d'hydrosystème. Ainsi la notion d'aléa s'enrichit et ne se limite plus à la seule hydrologie. La composante physique requiert «une analyse systémique des dynamiques environnementales en relation avec les activités anthropiques» (Arnaud-Fassetta *et al.*, 2009). Ces auteurs développent par ailleurs la notion de *risque fluvial* qui permet d'intégrer outre les inondations, l'érosion verticale et/ou latérale, les étiages. Ils soulignent les nouveaux apports de l'hydrogéomorphologie fluviale qui « [fait] l'objet d'approches globales visant à améliorer les actions de gestion et de prévention des risques en mettant l'accent sur l'aléa et l'impact des modifications d'usages des sols de la plaine, mais aussi du bassin et des aménagements fluviaux » (Arnaud-Fassetta *et al.*, 2009).

L'approche systémique globale, c'est-à-dire qui intègre non seulement le système social, mais aussi le système fluvial, devient nécessité pour éviter de scinder la complexité et les échelles spatio-temporelles de l'aléa d'une part, et de la vulnérabilité d'autre part.

1.4. L'intégration de la variabilité des échelles spatiales et temporelles

L'apport premier de la géographie est le maniement des échelles qu'elles soient spatiales ou temporelles. Aussi bien en géomorphologie (Bravard, 1998 ; Bravard et Piégay, 2000 ; Gurnell *et al.*, 2003) qu'en géohistoire dès les travaux pionniers de Roger Dion (1933 et 1961) dans le Val de Loire, l'analyse diachronique donne une profondeur temporelle à l'analyse de la gestion du risque (Desailly, 1990 ; Antoine, 1992 ; Cœur, 2003 ; Antoine *et al.*, 2009). Elle permet la prise en compte du rôle des

héritages dans les politiques de gestion et d'aménagement (Laganier, 2002 et 2006) et évite l'écueil de linéarité dans les interactions Nature-Société. L'approche systémique couplée à la prise en compte des échelles de temps et d'espace dans l'appréhension de la gestion des risques « permet de reconstituer l'historique de ces interactions, en fournissant au géographe un moyen de comprendre les matérialisations territoriales actuelles du risque, tout en les représentant » (Pigeon, 2002). On peut à ce titre citer les travaux de R. Laganier qui s'intéresse à l'évolution historique du « système risque ». Il s'agit de comprendre les modalités de gestion actuelle et leur traduction spatiale à la lumière des héritages des politiques de gestion passées (Laganier, 2002 ; Scarwell et Laganier, 2004 ; Laganier, 2006).

2. Cadre théorique de la recherche

2.1. Système fluvial et système social

C'est à partir de ces différentes études et des travaux de Piégay (2003) que nous avons essayé de poser le cadre d'étude de notre recherche. L'auteur cherche à comprendre pourquoi et comment le système fluvial évolue à la suite d'actions humaines. Le cadre de ses travaux est résumé dans la Figure 0- 1. « Il s'agit de mettre en évidence ce que l'on nomme les impacts anthropiques, c'est-à-dire les actions humaines, qu'il s'agisse d'un aménagement, d'un entretien, d'une restauration, ou de la gestion d'un cours d'eau, entraînant une modification de sa structure et de son fonctionnement » (Piégay, 2003).

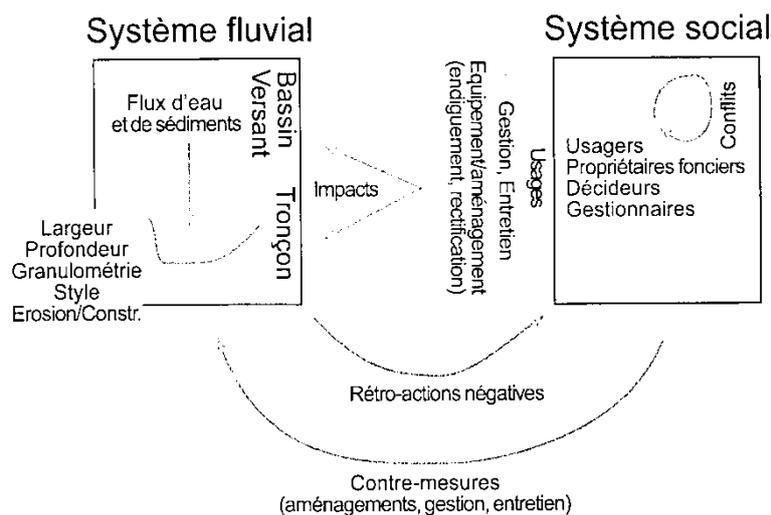


Figure 0- 1: Le lien Homme-Nature dans les systèmes fluviaux : impacts, rétro-actions négatives et contre – mesures (Piégay, 2003)

Le système fluvial est composé de deux principaux compartiments physiques : le système morphologique des chenaux, des versants définis par des variables géométriques et les flux d'eau et

de matière, appelés variables de contrôle (Chorley et Kennedy, 1971 ; Schumm, 1977). Il est compris ici dans sa dimension longitudinale, de l'amont à l'aval, et latérale entre les chenaux et le lit majeur. Le système social est ici considéré selon les changements que les sociétés imposent aux systèmes fluviaux et qui ont des répercussions sur leur propre fonctionnement (Piégay, 2003). Les usages, gestions et entretiens ont un impact sur le système fluvial que ce soit de façon directe (endiguement) ou par le biais des conflits entre usagers.

Le cadre théorique de notre étude s'appuie sur ce schéma et est synthétisé dans la Figure 0- 2. L'objectif est d'appréhender non seulement la complexité du système fluvial d'une part et social d'autre part, mais aussi la nécessité de les appréhender ensemble pour une approche globale du risque inondation. Chacune de ces composantes agissant comme un sous-système complexe aux multiples échelles spatiales et temporelles. Notre travail s'inscrit pleinement dans ces démarches qui visent à mettre en relation les dynamiques spatiales (du bassin versant au tronçon) et temporelles (du siècle à l'heure pour les événements hydrologiques intenses) de l'espace fluvial à d'autres temporalités, celles des aménagements et des stratégies auxquelles ils renvoient qui jouent un rôle dans la perception que les populations ont du risque et de leur rivière.

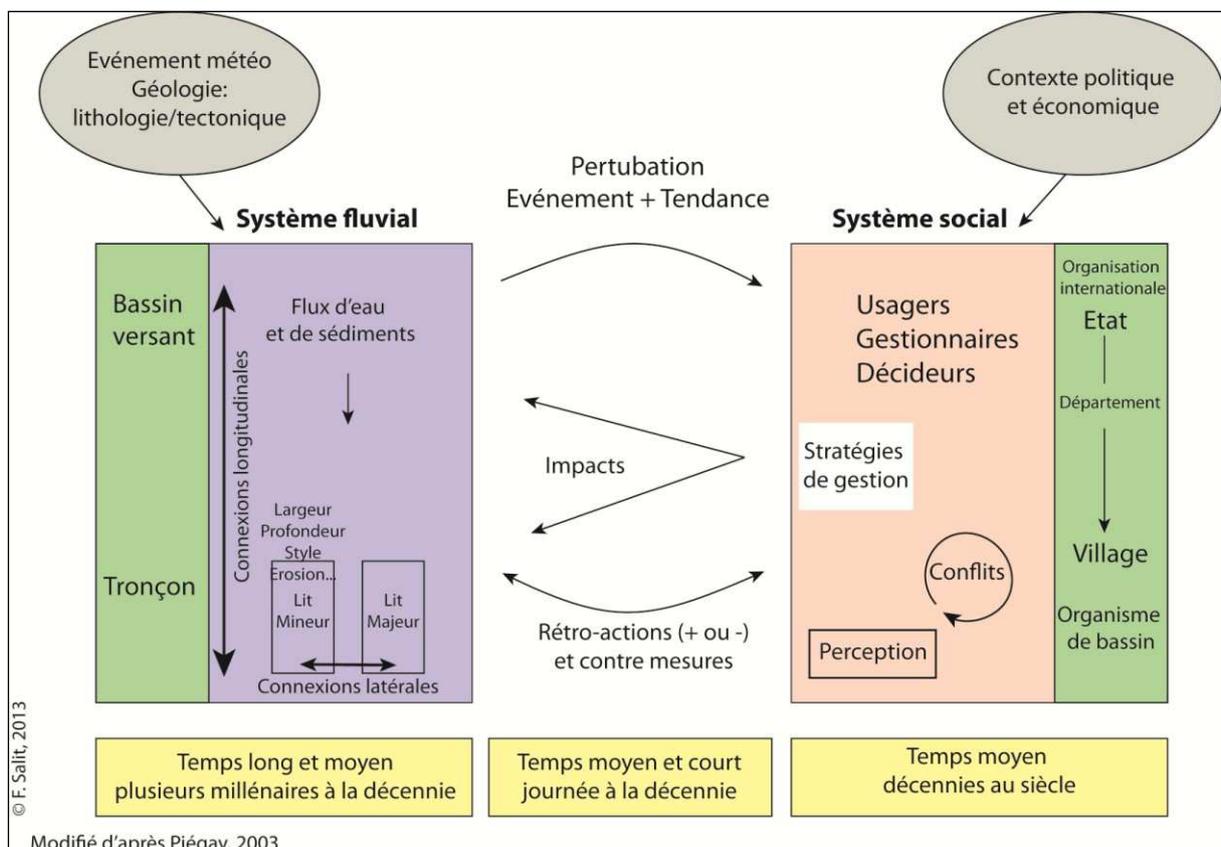


Figure 0- 2: Cadre théorique de l'étude : l'approche systémique des liens Environnement-Société pour la gestion du risque inondation. Echelles spatio-temporelle du cadre d'analyse (en vert : les échelles spatiales ; en jaune : les échelles temporelles ; en bleu : le système fluvial ; en rose : le système social) (modifié d'après Piégay, 2003)

A la problématique initiale de H. Piégay, les différentes échelles temporelles et spatiales ont été mises en avant et les facteurs de variabilité externe ajoutés aux deux sous-systèmes. Il a semblé nécessaire de prendre également en considération les différentes échelles du système social qui s'emboîtent et forment le territoire même du risque (November, 2002 ; Scarwell et Laganier, 2004). Par ailleurs le système social a été élargi par le biais du champ des perceptions tant des populations que des décideurs. Les interactions entre les deux sous-systèmes sont appréhendées selon plusieurs biais :

- **Par l'impact que les stratégies de gestion** passées et actuelles ont sur le système fluvial. Ce volet renvoie directement aux travaux de géohistoire et de R. Laganier (Laganier, 2002 et 2006).

- **Par les rétroactions positives ou négatives** entre les deux sous-systèmes, c'est-à-dire à l'adaptation de ceux-ci à toute évolution d'une ou plusieurs composantes de l'ensemble (Bravard et Petit, 2000).

- **Par l'entrée « perturbation »**. Dans cette approche systémique une attention particulière est portée à la perturbation, définie comme non seulement l'événement mais aussi comme la tendance. La nécessaire prise en compte de toutes les temporalités des interactions mène à utiliser ce terme plutôt que l'aléa (connoté comme circonscrit dans le temps et limité à la manifestation physique de la perturbation) (Magnan, 2009 ; Provitolo *et al.*, 2009). On pose l'hypothèse que la perturbation a deux acceptations : elle est **soit un événement soit une tendance**. Ce qui distingue les deux ce sont les temporalités dans lesquelles elles s'inscrivent : un événement est par définition court, instantané alors que la tendance s'inscrit dans le moyen et long terme.

Ces deux notions sont complexes et interrogent sur la place du temps en géographie. Il est nécessaire de poser les bases de ces concepts, telle une première ébauche sur laquelle nous reviendrons par la suite.

- **La tendance** est une évolution, une orientation qu'un élément ou une variable suit sur une période donnée. Elle est un processus général perçu au-delà des variations cycliques ou épisodiques. En géographie la tendance est utilisée essentiellement dans la description et l'analyse de variables (tendance à la hausse ou à la baisse). En tant que *perturbation*, la tendance peut recouvrir plusieurs domaines : elle peut être incarnée par une perturbation du climat (changement climatique ; sécheresse), par un processus lent (l'érosion côtière)... L'ensemble de ces perturbations sont des phénomènes (aléas) qui s'inscrivent sur le temps moyen à long et dont les impacts sur les systèmes sociaux et environnementaux sont nombreux. L'étude de la tendance, en tant que *perturbation*, est très délicate puisqu'elle recouvre (dans le temps) d'autres perturbations (type événement) et/ou d'autres sources de changements (anthropiques cette fois, de type changement d'occupation du

sol...). Dans le cas du système fluvial que peut recouvrir la perturbation comme tendance ? La tendance peut être un phénomène d'érosion des berges, une modification à moyen terme du style fluvial...

- **L'événement** par essence se définit comme une surprise, un fait auquel on ne s'attend pas. L'événement se fait extrême dans le cadre d'un aléa d'ampleur inégalée. Il se définit par son amplitude, sa fréquence et sa magnitude. Il est un fait qui survient, il a une date, un lieu précis (Provitolo *et al.*, 2009). L'événement est un point précis dans le temps et dans l'espace, il est régi par le temps court. Mais rien dans cette première approche ne le distingue de l'aléa. L'événement occupe une place particulière dans notre problématique de recherche qui requiert un traitement supplémentaire.

Comme l'événement, la tendance peut être issue de facteurs externes telle la tendance à l'élargissement de la bande active des rivières en Europe dans le Petit Age Glaciaire (Bravard *et al.*, 1997), mais elle peut être également issue directement des interrelations plus complexes entre les deux sous-systèmes. L'objectif de ce travail est également de cerner les relations entre événement et tendance dans l'approche systémique du risque inondation et leurs implications dans la définition d'une nouvelle gestion du risque. La réaction des sociétés face à un événement se fait aussi bien en termes d'évolution de leur vision de l'espace fluvial que de politiques d'aménagement. Ces modifications des composantes du système social entraînent des modifications du système fluvial par la mise en place de barrages écrêteurs de crue, de digues par exemple. Une réaction des variables du système fluvial se produit, c'est-à-dire une adaptation de celui-ci ou une rétroaction qu'elle soit négative ou positive. Ce qui peut entraîner encore une fois, mais selon d'autres échelles, une réaction du système social à plus ou moins long terme. Le couple événement/tendance tend à complexifier les interactions entre les deux sous-systèmes mais a l'avantage de prendre en compte de façon transdisciplinaire et globale ces relations.

Afin de mesurer l'apport du couple tendance/événement dans l'analyse du système risque, il est nécessaire d'aller plus en avant dans la définition de ces notions. Cette section a pour objectif de mettre en contexte l'événement en géographie, d'en définir les contours et de mettre en lumière son intérêt dans l'analyse systémique du risque inondation.

2.2. L'événement dans les sciences sociales

« Pour les sciences sociales l'événement pose problème », ainsi commence l'étude de Bensa et Fassin (2002) sur la place de l'événement dans le champ des sciences sociales. Alors que Morin (1972a) déclare que « l'événement a été chassé de la sociologie qui tend à s'ordonner de lois,

modèles, structures, systèmes. Il tend même à être chassé de l'Histoire qui est, de plus en plus, l'étude de processus obéissant à des logiques systématiques ou structurales et de moins en moins une cascade de séquences événementielle » il n'en programme pas moins le retour (Morin, 1968, 1972ab et 1976). De même après le rejet de l'histoire événementielle suscitée par l'École des Annales, l'événement devient un enjeu épistémologique essentiel que le « trait de génie »¹ de P. Nora a initié (Nora, 1974). L'objet n'est pas de retracer ici tout le débat sur l'événement en histoire, mais de noter que l'événement a été questionné dans de multiples champs disciplinaires pour aujourd'hui tenir une place à part (Prestini, 2006ab). « Structure et événement constituent deux paradigmes fondateurs des sciences historiques » (Boutinet, 2006). Même si la place de l'événement et son traitement en sciences sociales sont débattus, la notion a des caractéristiques communes à la philosophie, à la sociologie et à l'histoire. Ce trait commun est la discontinuité : « l'événement est ce qui fait irruption, discordance, introduit un changement, marque une discontinuité » (Leclerc-Olive, 1997), il est « tout ce qui ne s'inscrit pas dans les régularités statistiques » pour le sociologue (Morin, 1968), il est rupture (Bensa et Fassin, 2002). L'événement n'est pas fondamental pour lui-même mais pour le sillage qu'il laisse, que ce soit dans la mémoire collective (Nora, 1972), ou par le repère qu'il devient : « l'événement par la cassure qu'il produit va devenir lui-même temporalisant à travers le repère que de fait il institue » (Boutinet, 2006).

Malgré l'utilisation courante de cette notion en géographie, peu de définitions sont apportées et la bibliographie est peu dense. Et pourtant dans une des définitions même du risque, celui-ci est défini par deux composantes : « la probabilité qu'un événement se produise et l'impact associé à cet événement » (Sayers *et al.*, 2002). Mais qu'est-ce que l'événement en géographie? Un élément statistique avec une période de retour, un événement médiatique ou un événement dommageable, qui a un coût, une catastrophe?

2.3. L'événement géographique

2.3.1. De l'événement en géographie...

L'événement et le plus souvent l'événement extrême est un point de départ dans l'analyse d'un risque, une étude préalable de l'aléa extrême, de la vulnérabilité et de la crise. L'événement est également un point de référence, que ce soit dans l'élaboration des Plan de Prévention du Risque Inondation avec la définition d'une crue de référence (centennale), ou dans la mise en place des repères Plus Hautes Eaux Connues (PHEC). Les problèmes de définition se posent avec vigueur et il

¹ Réponse de René Rémond au discours de Pierre Nora à l'Académie française en 2001. Cité par Prestini M., 2006a

convient dès à présent de savoir de quoi l'on parle en géographie. Quitte à adopter une démarche à contrario, il est possible de prendre comme point de départ ce que l'événement n'est pas.

L'événement n'est pas l'aléa

Etudier l'événement ne se limite pas à l'étude de l'aléa, de ses caractéristiques physiques, de son étendue, mais il s'agit bien d'étudier l'événement dans toutes ses composantes. Comme le définit le Robert : l'événement est « tout ce qui arrive et qui a quelque importance pour l'Homme ». L'analyse de l'événement ne peut se faire sans l'analyse de la fragilité du territoire sur lequel il se produit ni des dommages que les sociétés subissent.

Dans plusieurs travaux l'événement est pourtant au centre de la recherche. Appelés diagnostics ou retours d'expérience, ces travaux sont établis par des scientifiques ou des organismes d'Etat (Huet, 2005). Ils portent sur le déroulement de l'événement tout autant que sur ses causes ou sur ses conséquences (Dourlens, 2003). Ces études *a posteriori* analysent un événement particulier que ce soit pour en expliquer le phénomène ou en tirer les leçons (Huet, 2005). Trop d'études de ce type existent en géographie pour les citer toutes, que ce soit pour des événements récents – Meschinot de Richemond (1993) sur la catastrophe d'octobre 1988 à Nîmes, Bravard (2001) sur les inondations de l'hiver 2000-2001) – ou passés – Ambroise-Rendu (1997) sur la crue de la Seine en 1910. Chauveau *et al.* (2011) dans leur article intitulé, *Xynthia : leçons d'une catastrophe*, analysent et hiérarchisent les éléments physiques et humains permettant d'expliquer le bilan de l'événement. Arnaud-Fassetta *et al.* (2002) proposent une analyse de la catastrophe hydrologique de novembre 1999 dans le bassin de l'Argent Double, de l'aléa à la gestion du risque. Tous ces travaux ont pour point commun de ne pas se limiter à l'aléa en tant que tel, mais d'intégrer plusieurs composantes du risque, de la vulnérabilité des territoires à la gestion de crise autour d'un événement jugé majeur.

L'événement n'est pas la catastrophe

Plusieurs définitions de la catastrophe sont données : Robert (2012) distingue la catastrophe statistique qui s'établit à partir de seuils pour la différencier du désastre (définition du CRED : 10 morts, plus de 100 blessés et un recours à l'aide extérieure) de la catastrophe théorique qui est une « rupture dans une trajectoire, dans la reproduction d'un système (...) suivie par l'émergence ou la bifurcation d'une nouvelle trajectoire et la mise en place d'un nouveau système » (Brunet *et al.*, 1993). La première simplifie l'approche quantitative des catastrophes sans rendre compte de la complexité des événements dans leurs interactions avec les systèmes tant environnementaux que sociaux. La seconde, quant à elle, limite l'apport de la notion de résilience en écartant dans sa définition la possibilité d'une adaptation des différents systèmes aux nouvelles conditions post-catastrophe. Bethemont (1991) distingue la catastrophe qui est l'événement mesuré, du cataclysme qui est l'événement perçu ; les événements extrêmes étant « ceux qui frappent par leur ampleur,

leur portée, leur caractère exceptionnel et leurs implications ». Sans être convaincu du caractère uniquement « mesuré » de la catastrophe, en raison d'un contexte de médiatisation croissante des phénomènes extrêmes, la catastrophe est présentée ici comme une composante de l'événement sans la recouvrir dans son intégralité.

L'événement n'est pas la crise

On voit depuis les travaux pionniers de Rosenthal *et al.* (1989) l'essor de la géographie de la crise avec récemment une thèse intitulée « Pour une géographie de la gestion de crise : de l'accessibilité aux soins d'urgence à la vulnérabilité du territoire à Lima » de J. Robert (2012). L'auteur s'intéresse « aux crises provoquées par des événements rares » et ne veut pas « restreindre l'analyse des crises à celle des dommages provoqués par un événement » (Robert, 2012). Ici l'événement se confond avec l'aléa ou plus précisément par une occurrence (certes de fréquence rare) d'un aléa. Si l'on considère que l'événement n'est que « le déclencheur extérieur de la crise » (Morin, 1976), alors celui-ci est réduit à sa simple manifestation physique, ce qui en géographie ne se vérifie pas. Alors quelle(s) différence(s) entre événement et crise ?

Plusieurs définitions de la crise sont apportées par Robert (2012) dont celle de Rosenthal *et al.* (1989) : « Une crise est une menace sérieuse affectant les structures de base ou les valeurs et normes fondamentales d'un système social qui (...) nécessite la prise de décisions cruciales » et celle de Dubois-Maury et Chaline (2002) : « Les états de crise sont des situations de dérèglement organisationnel et de désordre en chaîne affectant le social, l'économique et l'environnement. » Ces définitions rejoignent par de nombreux points celles de l'événement : elles sont une perturbation du système social.

Les notions sont souvent interchangeables dans les textes. Alors pourquoi recourir à l'événement ? Plusieurs points mènent à privilégier l'emploi de la notion d'événement. Car la crise porte en son sein une double connotation, la première est négative: l'idée que rien de bon ne sort d'une crise ; la seconde est que la crise a une fin, elle n'est qu'un moment passager. L'événement s'inscrit également dans ce temps court, mais il est à saisir dans l'écho qu'il a sur toutes les composantes des systèmes, comme l'onde qu'il crée que ce soit sur le système fluvial ou social, que sur les interrelations entre les deux. Il s'agit là du second argument en faveur de l'événement : la notion de crise ne porte pas sur les interrelations complexes des systèmes, mais renvoie à la catastrophe et à sa gestion. Alors que l'étude de l'événement englobe également les changements dans les relations système fluvial/spatial suite à un choc. Mais plus encore, l'événement apporte une richesse à l'analyse systémique des risques, car l'événement n'est pas qu'un désordre : « à la différence de l'événement, la crise n'est pas porteuse de sens. (...) L'événement annonce l'instauration d'un nouvel ordre » (Boutinet, 2006).

2.3.2. ... à l'Événement géographique

Deux tentatives de définition de l'événement en géographie ont eu lieu, notamment lors de débats. Ils s'inscrivent tous deux dans une démarche interdisciplinaire, mais ont une problématique totalement différente. Le premier débat réunit statisticiens, hydrauliciens et juristes autour de Denis Cœur et Catherine Brun (1998) lors d'un séminaire intitulé « Des disciplines à la rencontre le l'événement *risques naturels* ». L'événement est tour à tour défini en hydraulique (Bois, 1998), en droit (Servon, 1998) et par un juge (Domenach, 1998). Ce qui ressort de ce débat est la définition apportée par les juristes qui enrichit l'événement utilisé en géographie. L'événement est considéré « comme l'acte fondateur qui va engendrer une réponse en termes législatifs, réglementaires » (Servon, 1998). C'est-à-dire qu'il est à l'origine d'une réglementation, de lois qui structurent et régissent un territoire. « Dans le domaine des risques naturels, peut-être plus qu'ailleurs, l'événement est un acte fondateur du droit » (Servon, 1998). Cette définition fait écho à la notion d'événement marquant ou déclencheur. Reghezza (2006) fait référence à cette idée lors de ses questionnaires où une des premières questions posée auprès des gestionnaires d'enjeux est « Existe-il un événement qui a déclenché ou accéléré la prise de conscience ? ». Ainsi l'événement est à la fois un élément majeur de la perception du risque par les différents acteurs mais est aussi, pour aller plus loin, un élément déclencheur possible d'une législation.

Le second débat fait l'objet d'un numéro spécial de *L'Espace Géographique* en 2000, intitulé « le concept d'événement spatial ». Le débat, regroupant les membres du groupe EPEES (Espace Post-Euclidien et Evénements Spatiaux) cherche à l'instar des historiens, à cerner les contours du concept d'événement en géographie (EPEES, 2000). En analysant le caractère spatial d'un événement, l'objectif était de réfléchir sur la question du temps dans les territoires.

L'entrée « événement » n'est pas toujours présente dans les dictionnaires de la Géographie. Il est absent des *Mots de la Géographie* de Brunet *et al.* (1993) mais couvre une page dans le Lévy et Lussault (2003). Leur article présente les débats épistémologiques de l'événement en histoire. Ce détour par l'histoire peut apporter une clé de lecture intéressante. L'événement est un objet historique à emprunter, comme l'intitule Ozouf-Marignier et Verdier (2000). Il est un concept clé de l'histoire et a fait l'objet de larges débats (Ricoeur, 1992 ; Dosse, 2010). Qu'est-ce que l'événement pour l'historien ? Pour simplifier le concept, *l'Événement historique* se distingue du fait et de l'événement de par ses conséquences et la lecture *a posteriori* que les historiens en font. Il est défini comme un événement qui a un impact sur le déroulement de l'histoire (Ozouf-Marignier et Verdier, 2000). L'événement, notion éminemment temporelle peut-il s'articuler à la géographie ? Citons les mots de Lamizet (2011) qui permet de résoudre ce paradoxe apparent : « C'est l'événement qui articule l'espace et le temps en suscitant une transformation de l'espace au cours de l'expérience de

la temporalité ». Peut-on alors définir un *Événement géographique* ? Dans l'analyse systémique du risque inondation, quelle place peut avoir l'événement géographique ?

Un Événement géographique serait un événement extrême qui non seulement aurait des caractéristiques physiques remarquables, des conséquences directes (décès, dommages) mais qui aurait un impact à la fois sur le système fluvial et une implication directe sur le système social et le territoire, espace géré par les sociétés et surtout sur les interactions entre les deux ensembles. L'événement géographique est un événement extrême qui engendre une réponse extrême des composantes du système (Goodin, 2004 ; Décamps, 2007) et qui modifie les interactions entre ces composantes.

La notion d'extrême est elle-même sujette à débat (Bourrelier et Dunglas, 2009). L'IPCC (2012) propose une définition où le caractère extrême est défini par le « fait qu'une variable météorologique ou climatique prend une valeur située au-dessus (ou au-dessous) d'un seuil proche de la limite supérieure (ou inférieure) de la plage des valeurs observées pour cette variable ». Tout événement climatique extrême n'a pas un impact extrême. La relativité de la notion apparaît aussi bien selon des échelles spatiales (des variables extrêmes ne le sont que pour un secteur donné) que temporelles (en fonction des périodes d'enregistrement). L'événement extrême est alors compris, dans ce travail, comme un événement aux caractéristiques physiques relativement rare en ampleur, en fréquence et/ou en durée dans un lieu donné (Décamps, 2007) et aux conséquences exceptionnelles.

L'intégration de l'événement dans l'approche systémique du risque a déjà été abordée par Morin (1972a) selon lequel : « Système et événement ne devraient-ils pas être enfin conçus de façon couplée ? La théorie des systèmes (...) a besoin d'intégrer l'événement ». Selon Morin (1972b) « la notion d'événement ne prend tout son sens que par rapport au système qu'elle affecte ». Celle-ci apporte une valeur ajoutée à l'approche systémique du risque, en ce sens où « reconnaître l'événement, ce n'est pas seulement reconnaître l'aléa (...) dans l'histoire, c'est permettre l'étude des propriétés des systèmes » (Morin, 1972b). Ainsi l'étude de l'événement offre la possibilité de comprendre le fonctionnement des systèmes et d'en mesurer la capacité de résistance, restauration et de récupération. Ce couplage événement/système est également au cœur du débat du groupe EPEES, où *l'événement spatial* induit un changement dans le système spatial et où l'événement peut participer à la formation de systèmes (la systémogénèse) ou à la transformation profonde de ceux-ci (EPEES, 2000).

L'événement géographique agit comme une perturbation tant dans les composantes des systèmes fluviaux ou sociaux que dans les interactions entre les deux systèmes. De ce fait, il tient une place de premier ordre dans l'analyse systémique du risque inondation.

3. Organisation de la recherche

Le terrain d'étude est d'une importance capitale, car c'est par lui que les problématiques de gestion et d'appréhension du risque vont pouvoir s'établir. Le contexte politico-historique a eu en Roumanie autant d'impact sur la gestion des inondations que les crises hydrologiques elles-mêmes (Vinke-de Kruijf *et al.*, 2010). C'est pourquoi la Roumanie est un terrain d'étude de premier plan dans l'analyse des interactions entre Nature et Sociétés. Deux événements majeurs motivent le choix de ce terrain d'étude. En juillet 2005, le pays a connu une série d'inondations historiques et plus particulièrement la vallée du Siret inférieur. Cette inondation qui a provoqué le décès de 23 personnes sur ce seul secteur a remis en question les aménagements existants mais a aussi accéléré le processus de renouvellement des stratégies de gestion du risque. Parallèlement la Roumanie a adhéré à l'Union Européenne en 2007. Ce processus d'adhésion, engagé depuis 2000, a entraîné la mise en place de l'application des Directives Cadre sur l'Eau et Inondation qui ont mené à la redéfinition des stratégies de gestion de l'espace fluvial et des inondations.

Enfin sur un tout autre plan, les liens scientifiques particuliers tissés entre la France et la Roumanie depuis le XIX^{ème} siècle favorisent les études comparées et encouragent la poursuite de telles collaborations enrichissantes pour les deux parties.

3.1. Structure du travail

Ce travail s'organise en quatre parties et vise non seulement à cerner les interactions complexes entre système fluvial et système social dans la gestion du risque inondation mais aussi la place que tient l'événement dans l'évolution de ces interactions.

La première partie part de l'événement structurant de l'inondation de juillet 2005 qui s'est déroulé sur le Siret inférieur en Roumanie. L'objectif est de démontrer le caractère extrême de cet événement et de poser les bases de son déroulement aussi bien physique qu'en termes de gestion de crise. La connaissance approfondie de l'événement permet non seulement d'en évaluer l'ampleur et les conséquences, mais également de déterminer l'implication du système social dans le déroulement de la crise. L'enquête menée grâce à une reconstitution de l'inondation, dévoile le rôle des aménagements et de la gestion de ceux-ci dans l'ampleur de la catastrophe.

A partir du constat de l'implication du système d'aménagement en 2005, l'objectif de **la seconde partie** est de saisir les stratégies de gestion qui ont prédominé avant cet événement. Après avoir défini l'évolution de la vision de l'espace fluvial en Roumanie à partir du début du XX^{ème} siècle, selon une comparaison européenne (française plus particulièrement) cette partie s'attache à comprendre

comment ont été pensés les aménagements, selon quelles logiques et quelles en sont les traductions spatiales. L'analyse diachronique des aménagements et logiques associées met en exergue les politiques d'aménagements qui ont prévalu dans les années 70 et le rôle fondamental d'un autre événement : les inondations de mai 1970.

La troisième partie cherche à définir l'impact de ces aménagements sur le système fluvial, par l'utilisation d'outils d'hydromorphologie et la construction d'un SIG. Cette partie a deux objectifs majeurs. Dans un premier temps l'objectif est de déterminer les variations hydrologiques et morphologiques du Siret inférieur au XX^{ème} siècle. Dans un second temps l'objectif est de définir la part de chacun des facteurs pouvant expliquer ces variations (climatique, changement d'occupation du sol, aménagements). L'analyse démontre l'impact décisif que les aménagements et les stratégies associées ont eu depuis les années 70 sur le Siret inférieur, mais aussi les incertitudes quant au rôle que le climat et les variations du couvert forestier ont pu jouer.

Après avoir cerné, selon une profondeur temporelle, les interactions entre le système fluvial et le système social qui éclairent la gestion actuelle du risque inondation sur le Siret inférieur, **la quatrième partie** cherche à définir en quoi l'inondation de 2005 est un événement géographique dans le sens où il a engendré de nouvelles stratégies, une nouvelle vision de l'espace fluvial qui aboutissent à une nouvelle gestion du risque en Roumanie en général et dans le Siret inférieur en particulier. Cette partie met en lumière le rôle tant des politiques de gestion, issues de l'adhésion de la Roumanie à l'Union Européenne, que des inondations de 2005, dans la définition d'une nouvelle gestion du risque en cours d'élaboration et dans les difficultés de sa mise en application.

3.2. Données et méthodes

Selon une volonté d'approche globale et géographique, ce travail fait appel à de nombreuses méthodologies de recherche, que ce soit en géographie physique, environnementale ou en « géographie humaine ». C'est pourquoi il a été décidé de faire figurer de façon détaillée les données et méthodes non pas dans un chapitre unique, au risque de perdre de la cohésion mais au début de chaque partie où elles sont mobilisées. Cette section ne présente que de façon générale, les diverses données utilisées et méthodes employées.

- **Séries de données climatiques (précipitations) et de données hydrologiques (débit ; hydrogrammes de crue) analysées par méthodes statistiques.** Les données climatiques consistent en des séries chronologiques de cumuls mensuels et annuels de 1961 à 2005 ou 2010 selon les stations du bassin versant du Siret et en des cumuls quotidiens de précipitations pour 48 stations du bassin pour l'événement de juillet 2005. Ces données proviennent de l'Administration nationale de la

météorologie roumaine (ANM) obtenues par le National Climatic Data Center (NCDC) ou le National Oceanic and Atmospheric Administration (NOOA).

Les données hydrologiques sont : le débit liquide moyen journalier, maximum mensuel et annuel de 1951-53 à 2010-11 et le débit solide de matière en suspension moyen journalier et maximum mensuel et annuel de 1971 à 2010 pour la station de Lungoci (situé sur le Siret à 100 km de son embouchure). Ces données proviennent de deux sources : (i) saisie manuelle des débits maxima annuels et mensuels liquides et solides, à partir des annales papiers de l'Administrația Națională « Apele Române » (ANAR) par son organisme de gestion à l'échelle du bassin versant du Siret (ABAS) et du département de Vrancea (SGA Vrancea) et (ii) du Global Runoff Data Center (GRDC).

Ces données sont soumises à un traitement statistique simple, composé de trois tests de tendance et de rupture. Une analyse fréquentielle est faite à partir des débits maximaux annuels du Siret à Lungoci.

- **Les données morphologiques** consistent en une série de profils en travers du chenal actif du Siret (largeur et profondeur du chenal) à la station de Lungoci, pour la période 1966-2005, obtenues par l'Organisme de gestion des eaux du département de Vrancea (SGA Vrancea), servant à l'analyse hydromorphologique du Siret inférieur. 104 profils, sous forme de photographies, sont disponibles. Parmi eux, 45 ne sont exploitables que partiellement (profondeur maximale du talweg par exemple) mais 59 profils ont été retranscrits dans leur intégralité sous Excel (soit une cinquantaine de points par profils) avant analyse.

- **Documents cartographiques et images satellites intégrées sous SIG dans une analyse diachronique.** Les données utilisées sont : deux séries de cartes topographiques faits d'après des levées de terrain des années 1891-1894 et 1940-41 (*Planuri Directoare de Tragere – PDT*) ; une série de cartes topographiques roumaines d'après des levées de terrain de 1970, 1971 et 1981 ; une série de cartes russes d'après des levées de terrain de 1976 et 1988-1990 ; photos aériennes ou orthophotoplans de 2005, 2009 et 2010 ; des images Google Earth de 2009-2010. Les données des cartes topographiques de 1981 servent de référence à toute l'étude étant donné que ce sont les seules cartes disponibles, à la même date pour tout le secteur. Ces cartes sont intégrées sous SIG avec les logiciels QuantumGIS et ArcGIS pour analyse et comparaison par superposition. Les éléments sont digitalisés (surface en eau, alluvions, aménagements, forêts, près et villages) puis soumis à une analyse. Le calcul d'indices (indice de sinuosité, de tressage, largeur de la bande active, longueur du lit) est effectué uniquement pour trois de ces données (1940, 1981 et 2010). Parallèlement à ces données, une série de cartes topographiques est utilisée qualitativement : carte austro-hongroise de 1902-1904 ; carte de Cassini de 1891 et de 1953.

- **Données de terrain** : Le travail de terrain a été mené lors de quatre campagnes de 2009 à 2012. Il a consisté en plusieurs points : (i) un travail d'enquête auprès de la population par le recueil de témoignages et la tenue de questionnaires. Ce travail d'enquête a été étendu aux acteurs locaux, mairies, organisme de bassin versant du Siret et branche départementale. (ii) Un double travail de recensement a été effectué : de l'état des maisons dans un village suite à une inondation dans un premier temps et de recensement des aménagements du Siret inférieur dans un second temps. Enfin les données de terrain apparaissent sous forme d'observations des processus analysés tout au long du travail.

- **Analyse des ouvrages scientifiques et d'ingénieries roumains** (analyse critique des préfaces, introductions, théories et techniques développées et schémas d'aménagement) de la période communiste à nos jours (1969-2008). Dans une logique diachronique et comparative, ces ouvrages sont analysés en parallèle d'ouvrages et de textes internationaux (Union européenne – France, Pays-Bas – Australie) afin de cerner la perception et la gestion de l'espace fluvial et du risque inondation en Roumanie. L'ensemble des ouvrages étant en roumain, une traduction est proposée, soumise à l'appréciation de roumanophones. Par ailleurs un glossaire franco-anglo-roumain des principaux termes est donné en fin d'ouvrage.

- **L'analyse des politiques publiques environnementales passées et présentes** par l'étude critique des documents administratifs, rapports et études d'impact en Roumanie des années 60 à nos jours. Ces documents proviennent des sites gouvernementaux roumains, organismes publics roumains en charge de la gestion et de l'aménagement de l'espace fluvial et de la Commission européenne accessibles librement en ligne.

Avant d'aborder le cœur de la recherche, il apparaît nécessaire de présenter le cadre géographique de l'étude. La Roumanie et encore plus le Siret inférieur, restent méconnus. La seconde partie de l'introduction propose de poser le cadre géographique de cette étude en deux temps : tout d'abord de présenter le bassin du Siret, puis plus particulièrement le secteur du Siret inférieur.

Cadre géographique – Le Siret inférieur comme terrain privilégié de recherche

La Roumanie apparaît comme particulièrement vulnérable aux inondations. Parmi les dix premiers désastres naturels recensés en Roumanie depuis 1900, huit sont des inondations en termes de dommages économiques et neuf en termes de personnes affectées (EM-DAT)¹. Depuis le début des années 2000, la problématique de gestion du risque inondation n'a jamais été aussi vive, la Roumanie ayant connu une série d'inondations majeures en 2005, 2006, 2008 et 2010. Ce travail a pour cadre le Siret, plus grand bassin de Roumanie qui a dénombré le plus de victimes dues aux inondations de tout le pays (ABAS, 2013a).

1. Présentation du bassin du Siret

Situation

Le Siret, dernier affluent majeur du Danube, prend sa source dans les Carpates d'Ukraine mais a la majorité de son cours, soit 559 km sur le territoire roumain (sur 725 km au total ; Figure 0- 3). Son bassin, le plus grand de Roumanie avec 42 890 km², représente 18 % du territoire (Romanescu et Nistor, 2010). Le Siret a un débit à l'exutoire de 210 m³/s, le plus élevé de Roumanie.

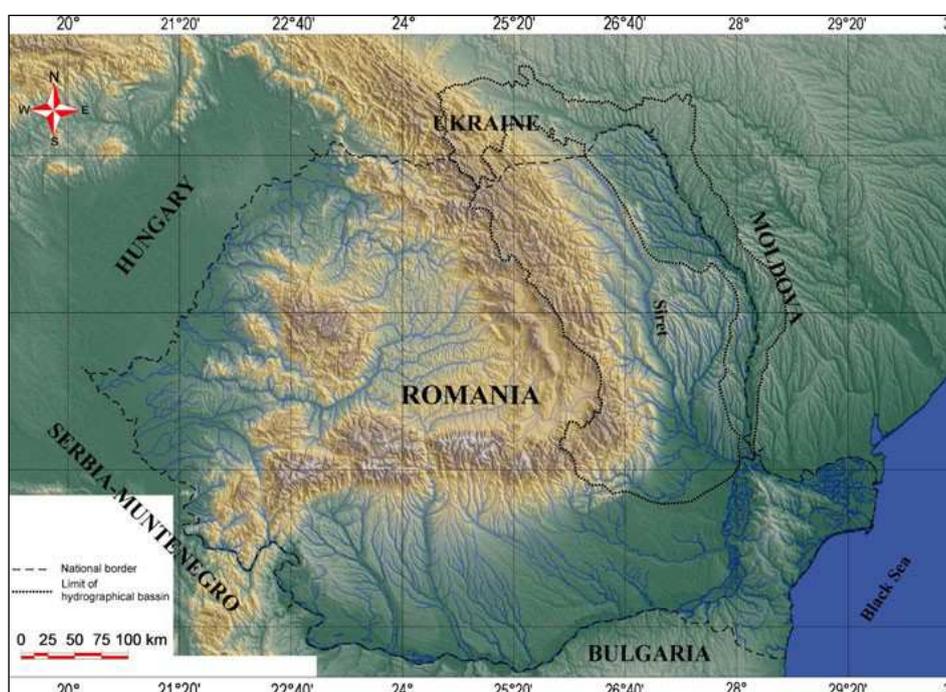


Figure 0- 3: Localisation du bassin versant du Siret en Roumanie (Romanescu et Nistor, 2010)

¹ CRED <http://www.emdat.be>

Caractéristiques principales du bassin du Siret

Le Siret prend sa source à 1 238 m d'altitude dans les Carpates d'Ukraine en amont. Puis il traverse, selon une direction nord-sud, le plateau de Suceava pour se développer entre les Subcarpates Moldaves à l'ouest et le plateau du Bârlad à l'est. Le cours inférieur traverse la plaine du Siret inférieur jusqu'à la confluence avec le Danube (Figure 0- 4).

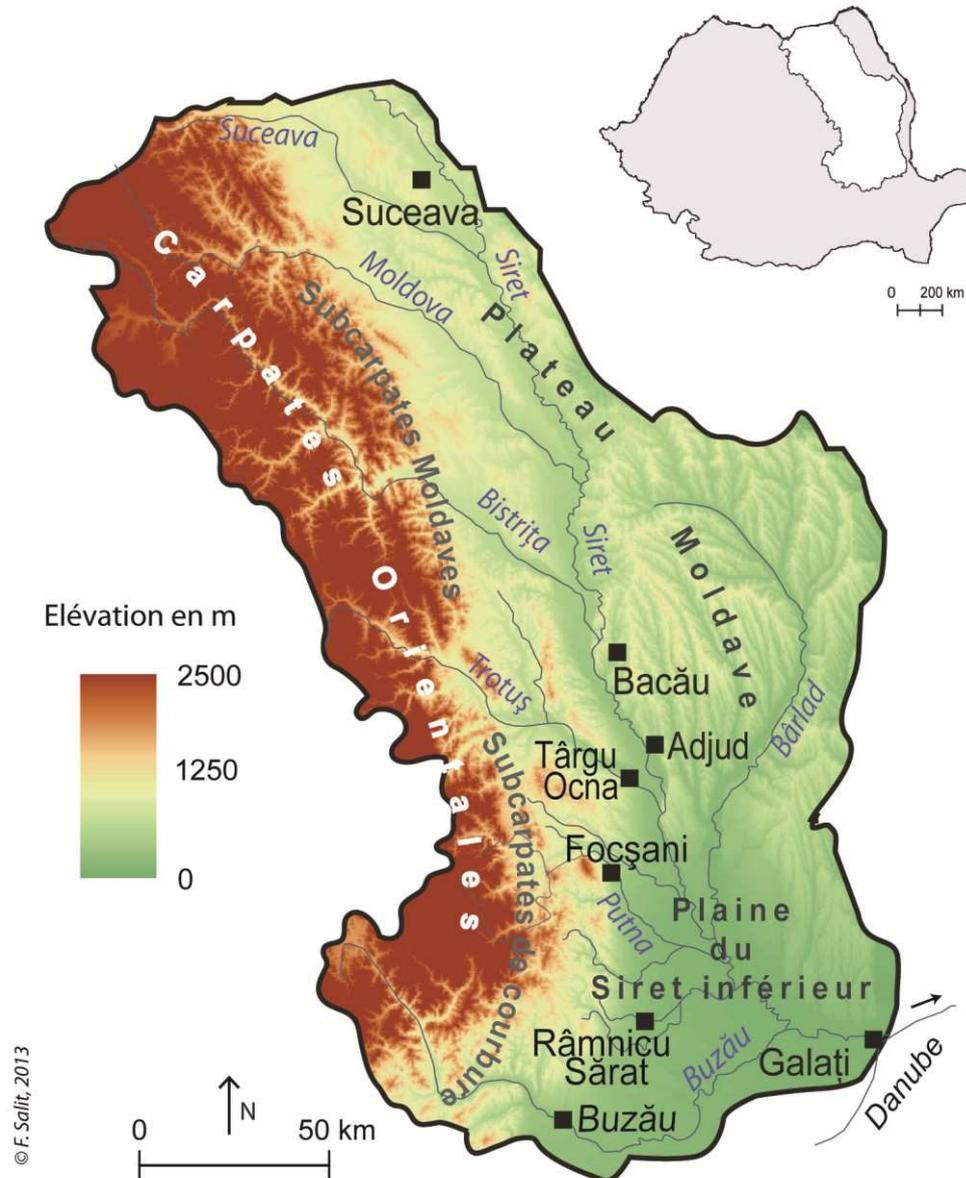


Figure 0- 4: Topographie du bassin versant du Siret (source fond SRTM ; geospatial.org)

Tableau 0- 1: Caractéristiques des principaux affluents du Siret (Source données : Ministerul Mediului, 2009a)

| Rivières | Superficie (km ²) | Longueur (km) | Rivières | Superficie (km ²) | Longueur (km) |
|----------|-------------------------------|---------------|---------------|-------------------------------|---------------|
| Suceava | 2298 | 173 | Bârlad | 7220 | 207 |
| Moldova | 4299 | 213 | Putna | 2480 | 153 |
| Bistrița | 7039 | 283 | Râmnicu Sărat | 1063 | 137 |
| Trotuș | 4456 | 162 | Buzău | 5264 | 302 |

Le bassin du Siret comprend quatre ensembles morphologiques : les Carpates Orientales, les Subcarpates Moldaves, le Plateau Moldave et la plaine du Siret inférieur. Le bassin du Siret est asymétrique avec la majorité de ses affluents en rive droite (Tableau 0- 1 ; Figure 0- 4). Cette asymétrie résulte de la collecte des rivières qui prennent leur source dans les Carpates orientales. Ces rivières forment six des principaux affluents de rive droite, de l’amont vers l’aval : la Suceava, la Moldova, la Bistrița, le Trotuș, la Putna et le Buzău. Le Bârlad est le seul affluent majeur de rive gauche. Les caractéristiques de ces affluents aux stations majeures sont présentées dans le Tableau 0- 2.

Tableau 0- 2: Caractéristiques du bassin du Siret (données 1955-2005 ; Ministerul Mediului, 2009a)

| Rivières | Stations | Longueur de la rivière (km) | Superficie (km ²) | Débit moyen multi-annuel en m ³ /s |
|-----------|----------------|-----------------------------|-------------------------------|---|
| Siret | Siret | 110 | 1637 | 13,1 |
| Siret | Zvoriștea | 151 | 1922 | 14,1 |
| Siret | Huțani | 186 | 2152 | 15,3 |
| Siret | Lespezi | 256 | 5899 | 36,8 |
| Siret | N. Bălcescu | 341 | 6906 | 37,1 |
| Siret | Drăgești | 387 | 11899 | 77 |
| Siret | Adjudu Vechi | 485 | 20355 | 144 |
| Siret | Cosmești | 534 | 25347 | 179 |
| Siret | Lungoci | 594 | 36095 | 210 |
| Siret | Șendreni | 660 | 44629 | 250 |
| Suceava | Tibeni | 99 | 1196 | 11,7 |
| Suceava | Ițcani | 128 | 2299 | 16,1 |
| Moldova | Fundu Moldovei | 37 | 325 | 3,57 |
| Bistrița | Cârlibaba | 30 | 360 | 7,42 |
| Trotuș | Lunca de sus | 16 | 89 | 0,78 |
| Trotuș | Vrânceni | 124 | 4077 | 34,7 |
| Putna | Lepșa | 21 | 71 | 1,83 |
| Putna | Boțârlău | 126 | 2460 | 16,2 |
| Rm. Sărat | Tătaru | 131 | 1060 | 2,54 |

Le climat du bassin est varié : le climat est froid et humide en montagne mais de transition dans les régions subcarpatiques et de plateau ; la partie est du bassin versant et la zone de plaine sont soumises à un climat continental excessif, avec des contrastes thermiques prononcés entre hiver et été, sous l’influence de l’aridité provenant de l’Europe orientale. La température moyenne annuelle est de 4°C dans la zone de montagne, de 8°C en moyenne sur les plateaux et collines subcarpatiques et de 10°C en plaine. Les précipitations moyennes multi-annuelles sont comprises entre 1 000 et 450 mm/an (Romanescu et Nistor, 2010).

Seul 66 % (27 401 km²) du bassin du Siret est sous autorité de l’organisme de bassin du Siret (ABA Siret- ABAS) et les données disponibles de l’occupation du territoire concernent cet espace de

gestion. Le bassin du Siret est couvert de **forêts sur 37 %** de sa surface (16 101 km²), ce qui représente 25 % du total du couvert forestier en Roumanie (CLC, 2006) ; les **terres arables représentent 16 %** du bassin du Siret. Celui-ci a une population totale de 2 758 000 habitants (Ilie, 2007) dont près de **40 % seulement vivent en milieu urbain**. Sur les 26 villes du bassin, seules 7 sont d'importance : de l'amont à l'aval Suceava (117 571 hab.), Roman (82 122 hab.), Piatra Neamț (125 803 hab.), Bacău (208 565 hab.), Focșani (100 314 hab.), Râmnicu Sărat (41 890 hab.) et Buzău (134 227 hab.).

2. La vallée du Siret inférieur : un secteur de plaine vulnérable

2.1. Un secteur de plaine

Ce travail s'intéresse plus particulièrement au secteur du Siret inférieur (Figure 0- 5). Les limites adoptées du secteur sont celles des communes bordant le Siret. Ce travail a opté pour les limites administratives plutôt que les limites de bassin, car les territoires de gestion du risque y sont privilégiés. Ce secteur d'une superficie de 3 900 km² a une altitude de 90 mètres à moins de 1 mètre au-dessus du niveau de la mer. La majorité du secteur étudié est une zone de plaine où de nombreux affluents du Siret convergent. On distingue deux ensembles principaux : (i) le secteur amont voit la confluence de quatre principales rivières : la Putna, la Leica et le Râmnicu Sărat en rive droite et le Bârlad en rive gauche ; (ii) le Siret dans sa partie aval n'a comme affluent majeur que le Buzău en rive droite, en rive gauche de petits affluents rejoignent le Siret comme le Geru ou le Bârladel.

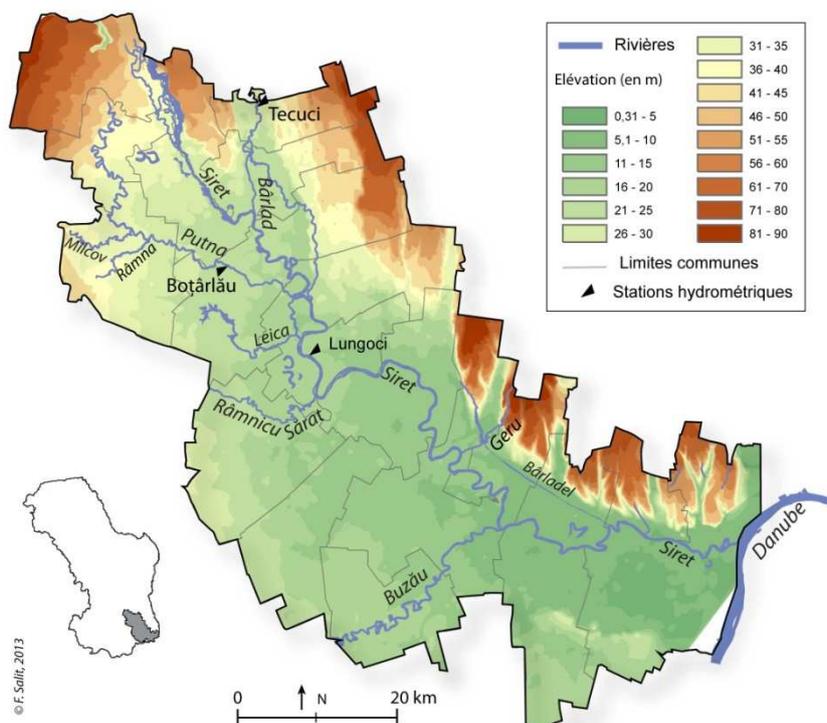


Figure 0- 5: Topographie du secteur du Siret inférieur (réalisé d'après les données d'élévation de la carte topographique roumaine de 1981)

2.2. Un secteur de convergence hydrographique

Les Subcarpathes sont affectées par des mouvements néotectoniques qui ont une amplitude de 0,5 mm/an à 4 mm/an (Dinu et Cioacă, 1987 ; Zugrăvescu *et al.*, 1998). L'axe d'affaissement subsidient maximum est le Siret lui-même, qui attire toutes les rivières (Popp et Teaci, 1969) créant ainsi un secteur dense de convergence hydrographique (Figure 0- 5). La Figure 0- 6 présente la répartition mensuelle des débits moyens pluriannuels pour le Siret à Lungoci et pour deux de ses affluents. On constate que les débits les plus élevés sont enregistrés entre les mois d'avril et de juillet pour le Siret, alors qu'ils sont enregistrés entre mars et avril pour les affluents. La convergence hydrographique et la concomitance des débits élevés sont un facteur hydrologique important dans la vulnérabilité du secteur aux inondations.

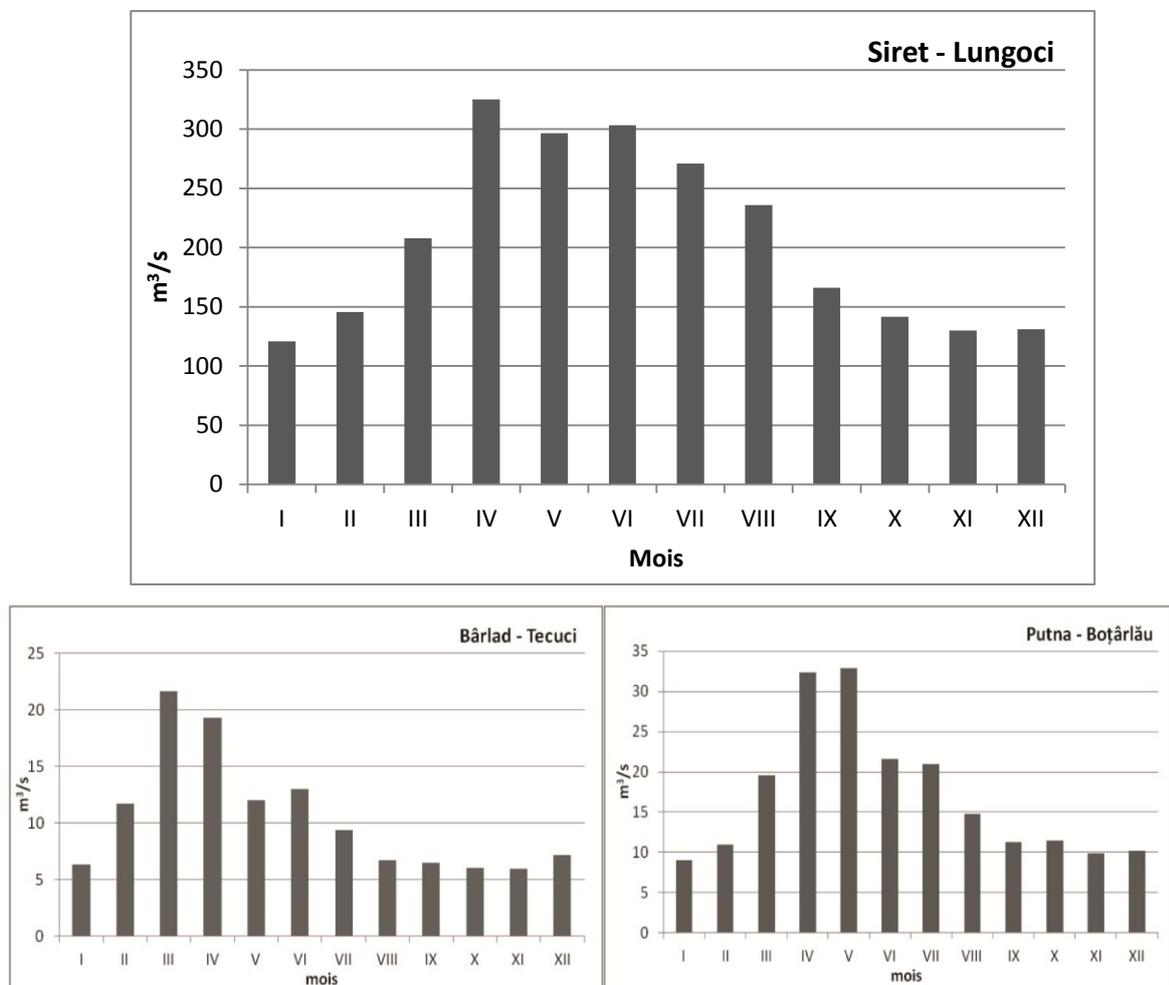


Figure 0- 6: Répartition mensuelle des débits moyens pluriannuels (1953-2010) du Siret à Lungoci, du Bârlad à Tecuci et de la Putna à Boțârlău (1965-2011) (Source données: GRDC ; Ministerul Mediului, 2009a)

Au-delà des caractéristiques physiques (plaine entre 30 et 1 m d'altitude ; confluence avec cinq des grands affluents du Siret) le secteur du Siret inférieur présente des caractéristiques socio-économiques particulières qui en font un espace vulnérable aux inondations.

2.3. Un secteur rural en déclin ?

Le secteur du Siret inférieur n'est pas une unité administrative homogène : il se répartit sur trois départements – appelés *județ* – que sont les județe de Vrancea, de Brăila en rive droite et de Galați en rive gauche (Figure 0- 7). Mais depuis la politique de développement régional en 1998, le secteur du Siret inférieur appartient à la seule région de développement Sud-est (loi n°151/98). Les limites des județe correspondent au tracé des provinces historiques, entre la Moldavie et la Munténie (pour le județ de Brăila) et des régions historiques de la Putna (Vrancea) et de Tecuci-Corvului (Galați).

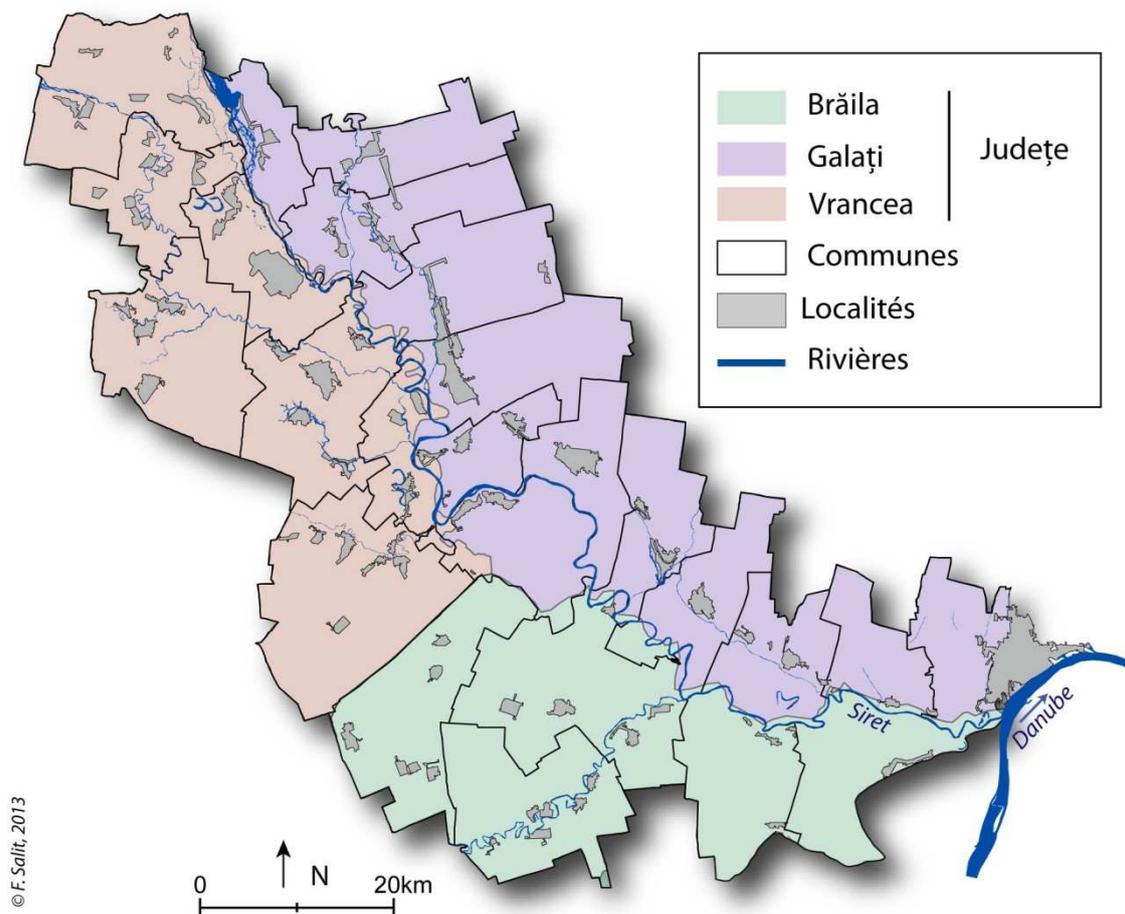


Figure 0- 7: Organisation administrative du Siret inférieur, de la localité au département
(Source données : geospatial.org)

L'organisation administrative locale est à préciser puisqu'elle ne correspond pas au schéma français: une commune (*Comune*) doit avoir un minimum de 1 500 habitants et regroupe plusieurs villages (*sat* ou *localitate*) selon des critères géographiques, socio-économiques et culturels (Cristescu et Muntele, 2007). Malgré le nombre relativement élevé d'habitants, les communes du Siret inférieur sont rurales et faiblement pourvues en service. Le secteur étudié regroupe 85 villages répartis dans 23 communes dont les caractéristiques des principales sont présentées en Tableau 0- 3. L'importance de cette répartition tient principalement au fait que tous les villages ne possèdent pas

de mairie ou d'autorités locales propres, mais sont soumises à celles de la « commune dirigeante ». La répartition de la population se comprend en trois zones : la partie nord du județ de Vrancea apparaît comme la zone la plus dense avec en moyenne 100 à 200 habitants au km² (Șerban, 2005) ; la zone sud du județ de Vrancea et le județ de Galați ont une densité de population de 75-100 habitants au km² en moyenne et les communes du județ de Brăila sont les moins densément peuplées avec 20-40 habitants au km² (Cosinschi *et al.*, 2008).

Tableau 0- 3: Caractéristiques des principales communes et villages étudiés du Siret inférieur (Source données : Ministerul Mediului, 2009c)

| Communes | Villages | Population | Communes | Villages | Population |
|-----------------|-----------------|------------|---------------|---------------|------------|
| Suraia | Biliești | 2 359 | Umbrărești | Umbrărești | 2 521 |
| | Suraia | 5 794 | | Vasile Roaită | NC |
| Vulturu | Vadu Roșca | 1 276 | | Condrea | 658 |
| | Boțârlău | 1 181 | | Salcia | 926 |
| | Vulturu | 4 112 | | Torcești | 661 |
| | Hîngulești | 1 305 | | Siliștea | 352 |
| | Maluri | 770 | Nămoloasa | 1 226 | |
| Nănești | Nănești | 1 065 | Nămoloasa | Cringeni | NC |
| | Călienii Vechi | 900 | Nămoloasa sat | 1 378 | |
| | Călienii Noi | 735 | Piscu | Piscu | 4 606 |
| Fundenii Noi | Hanu Conachi | 2 484 | Piscu | Vameș | 500 |
| | Fundenii Noi | 840 | Măxineni | Corbu Nou | 1 058 |
| | Lungoci | 629 | | Corbu Vechi | 336 |
| | Fundeni | 45 | | Măxineni | 1 732 |
| Independența | 4 852 | Voinești | | 125 | |
| T. Vladimirescu | T. Vladimirescu | 5 239 | | Latinu | 703 |

La population de ces communes est encore essentiellement occupée dans l'agriculture (85% de l'occupation de sol-CLC, 2006) avec 63,6 % de la population en 2002 dans le secteur agricole (contre 81,9 % en 1966) et seulement 22,6 % dans le secteur tertiaire. Les communes du județ de Brăila apparaissent les plus agricoles avec 75,2 % en moyenne en 2002 (Cosinschi *et al.*, 2008). Le secteur est caractérisé par des mouvements migratoires temporaires importants, et notamment une émigration privilégiée vers l'Italie – une communauté importante de Vulturu, composée d'hommes et de femmes part travailler en Italie (Valse, 2011). Ainsi le secteur du Siret inférieur est composé de villages à dominante rurale et d'une population vieillissante au solde naturel moyen négatif (-26 ‰ en 2006 – Cosinschi *et al.*, 2008) vivant essentiellement de la terre et des remises des émigrants.

« Le risque est un événement qui pourrait se réaliser.

La catastrophe est un événement qui s'est produit.»

Provitolo et al., 2009

1^{ère} Partie – L'événement de juillet 2005

Chapitre 1 – Approches et méthodologie de recherche

Chapitre 2 – Juillet 2005, un événement extrême ?

Chapitre 3 – Reconstitution et chronologie de l'événement

Synthèse

L'année 2005 a enregistré le plus grand nombre d'inondations sur l'ensemble de la Roumanie. Le 13 et 14 juillet 2005, la vallée du Siret inférieur subit une inondation majeure, les débits enregistrés atteignant des valeurs historiques. Cet événement a non seulement marqué par son ampleur et les dégâts qu'il a engendrés, mais il provoque également une remise en question du système de protection contre les inondations et des stratégies de gestion du risque. Les précipitations et débits enregistrés lors de l'épisode atteignent certes des valeurs historiques, mais la reconstitution de l'événement met en lumière le rôle du réseau de digues et de sa gestion dans l'ampleur des dommages subis.

Chapitre 1 – Approches et méthodologie de recherche

L'objectif de ce chapitre est de présenter de manière détaillée les données et méthodes utilisées pour reconstituer et analyser l'événement de juillet 2005 selon une échelle temporelle (analyse de l'événement de 2005 et sa mise en contexte historique) et spatiale (du bassin du Siret au secteur du Siret inférieur).

1. Données et méthodologie d'analyse de l'événement pluvieux

1.1. Données d'analyse de l'événement pluvieux de juillet 2005

L'événement pluvieux de 2005 est analysé à partir de la carte synoptique, disponible sur le site web du *Wetterzentrale.de*. Les cumuls quotidiens (mesurés de 18h à 18h) de précipitations pour les 11, 12 et 13 juillet 2005 ont été obtenus pour 48 stations pluviométriques du bassin du Siret (Figure 1- 1), données gérées et validées par l'Administration Nationale de Météorologie (ANM).

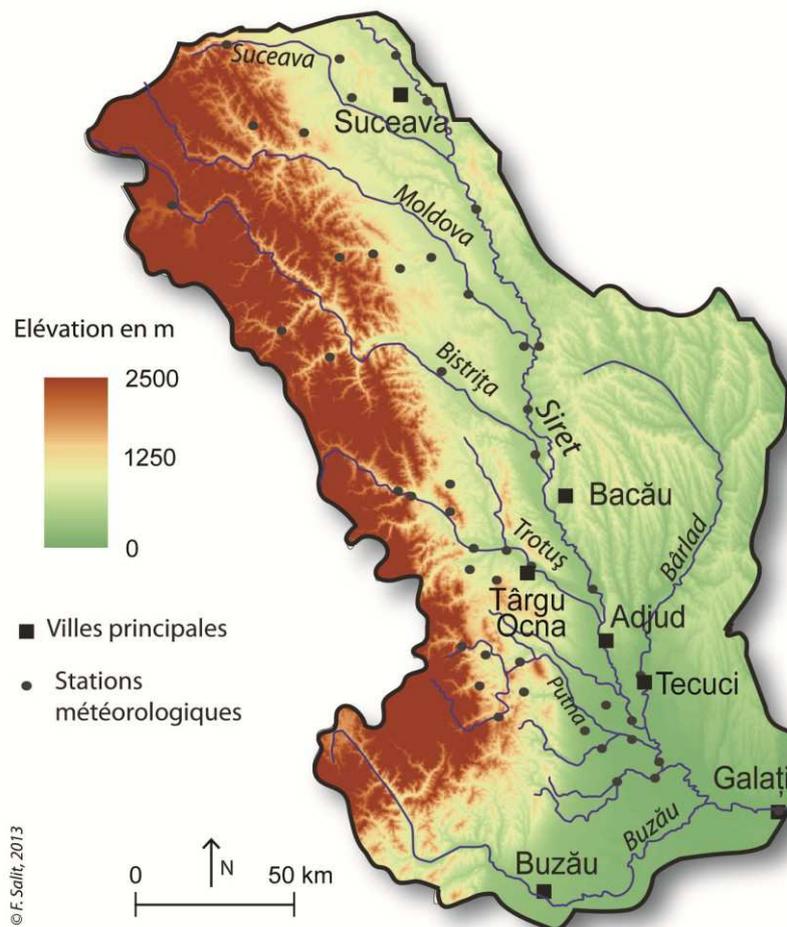


Figure 1- 1: Localisation des 48 stations météorologiques du bassin versant du Siret (Source Fond SRTM ; geospatial.org)

1.2. Mise en contexte de l'événement pluvieux de juillet 2005

Les données climatiques utilisées consistent en des séries chronologiques de cumuls quotidiens, mensuels et annuels de précipitations aux stations météorologiques du bassin versant du Siret. Ces données proviennent des stations du réseau de l'ANM et sont obtenues par le National Climatic Data Center (NCDC) du National Oceanic and Atmospheric Administration (NOOA). Les précipitations quotidiennes sont enregistrées à différents intervalles de temps dont le détail est présenté en Tableau 1- 1 avec un exemple de répartition pour la station d'Adjud.

Tableau 1- 1: Report des précipitations pour NCDC (ncdc.orders@noaa.gov)

| Lettre | Manière de reporter les précipitations | Exemple de répartition pour la station d'Adjud (%) |
|--------|---|--|
| A | 1 report of 6-hour precipitation amount. | 7.3 |
| B | Summation of 2 reports of 6-hour precipitation amount. | 13.1 |
| C | Summation of 3 reports of 6-hour precipitation amount. | 15.2 |
| D | Summation of 4 reports of 6-hour precipitation amount. | 28.7 |
| E | 1 report of 12-hour precipitation amount. | 14 |
| F | Summation of 2 reports of 12-hour precipitation amount. | 1.8 |
| G | 1 report of 24-hour precipitation amount. | 0.3 |
| H | Station reported '0' as the amount for the day (eg, from 6-hour reports), but also reported at least one occurrence of precipitation in hourly observations--this could indicate a trace occurred, but should be considered as incomplete data for the day. | 6.2 |
| I | Station did not report any precipitation data for the day and did not report any occurrences of precipitation in its hourly observations--it's still possible that precipitation occurred but was not reported. | 13.4 |

Pour caractériser l'année 2005, ce travail se fonde sur les cumuls annuels et mensuels de 18 stations du bassin du Siret. Néanmoins seules six de ces stations possèdent des données jusqu'en 2005 et au-delà, c'est pourquoi seules celles-ci, présentées en Tableau 1- 2 sont utilisées (localisation Figure 1- 1).

Tableau 1- 2: Caractéristiques des stations météorologiques du bassin versant du Siret (Source: ANM)

| Stations | Période | Latitude | Longitude | Altitude (m) |
|------------|--------------------|----------|-----------|--------------|
| Adjud | 1961-2006 (45 ans) | 46.1° | 27.167° | 102 |
| Bacău | 1961-2010 (49 ans) | 46.533° | 26.917° | 190 |
| Buzău | 1961-2006 (45 ans) | 45.133° | 26.85° | 97 |
| Galați | 1961-2010 (49 ans) | 45.483° | 28.033° | 72 |
| Târgu Ocna | 1961-2007 (46 ans) | 45.85° | 27.417° | 388 |
| Tecuci | 1961-2006 (45 ans) | 47.217° | 26.383° | 61 |

2. Sources et méthodes de l'analyse de l'inondation

Afin d'analyser l'événement de juillet 2005 plusieurs sources sont mobilisées : tant des rapports officiels que des textes scientifiques, ou encore journaux, témoignages des autorités locales ou de la population.

2.1. Les données hydrologiques

L'accès aux données de débits présente des difficultés, c'est pourquoi plusieurs sources sont utilisées. Les débits de pointe des postes hydrologiques sont obtenus d'une part grâce à la littérature scientifique (Dăscălița *et al.*, 2005; Mustățea, 2005 ; Romanescu, 2006 ; Bălțeanu *et al.*, 2007a ; Bălțeanu *et al.*, 2007b) et d'autre part grâce aux rapports officiels suite à l'inondation (CNSU, 2005 ; Ministerul Mediului, 2006 ; Ministerul Mediului, 2009abc). Les hydrogrammes de crue des stations de Lungoci (Siret) et de Boțârlău (Putna) ont été fournis par l'ANAR (Administration Nationale des « eaux roumaines ») et l'ABAS. Les débits historiques des stations du Siret sont obtenus grâce à la littérature scientifique (Romanescu et Nistor, 2010 ; Ministerul Mediului, 2009abc).

2.2. Données et méthodes pour reconstituer l'inondation

2.2.1. Les images de l'inondation de juillet 2005

En octobre 2000, une charte a été signée entre les agences spatiales européenne, française et canadienne. Cette Charte Internationale appelée *International Charter- Space and Major Disasters*, a pour objectif de fournir des données satellitaires rapidement et gratuitement aux pays et/ou gestionnaires touchés par une catastrophe naturelle ou technologique. En juillet 2005, cette charte a été activée sous le nom de Call 98. Une vingtaine d'images de l'extension de l'inondation sur le Siret inférieur (Tableau 1- 3) est fournie par le CNES et traitée par le SERTIT. Chaque image est présentée sous deux formats : une *spatiocarte événementielle* et une carte d'impact (Figure 1- 2) en couleurs naturelles.

Tableau 1- 3: Caractéristiques des images d'extension de l'inondation de juillet 2005 dans le bassin du Siret inférieur, après activation de la charte (Call 98) (CNES, 2005 ; images créées par le SERTIT)

| Nom | Echelle | Images | Résolution | Date d'acquisition |
|------------------------|----------|---------------|------------|--------------------|
| Mirceștii-Independența | 1/200000 | Spot 5 fusion | 2.5m | 19-07-2005 |
| Putești-Nanești | 1/150000 | RADARSAT | 12.5m | 18-07-2005 |
| Cosmești-Nanești | 1/100000 | Spot 5 fusion | 2.5m | 19-07-2005 |
| Nanești-Independența | 1/100000 | Spot 5 fusion | 2.5m | 19-07-2005 |
| Mirceștii Vechi | 1/12500 | Spot 5 fusion | 2.5m | 19-07-2005 |
| Vadu Roșca | 1/12500 | Spot 5 fusion | 2.5m | 19-07-2005 |
| Nănești | 1/12500 | Spot 5 fusion | 2.5m | 19-07-2005 |
| Nămoloasa | 1/12500 | Spot 5 fusion | 2.5m | 19-07-2005 |
| Piscu | 1/12500 | Spot 5 fusion | 2.5m | 19-07-2005 |
| Independența | 1/12500 | Spot 5 fusion | 2.5m | 19-07-2005 |

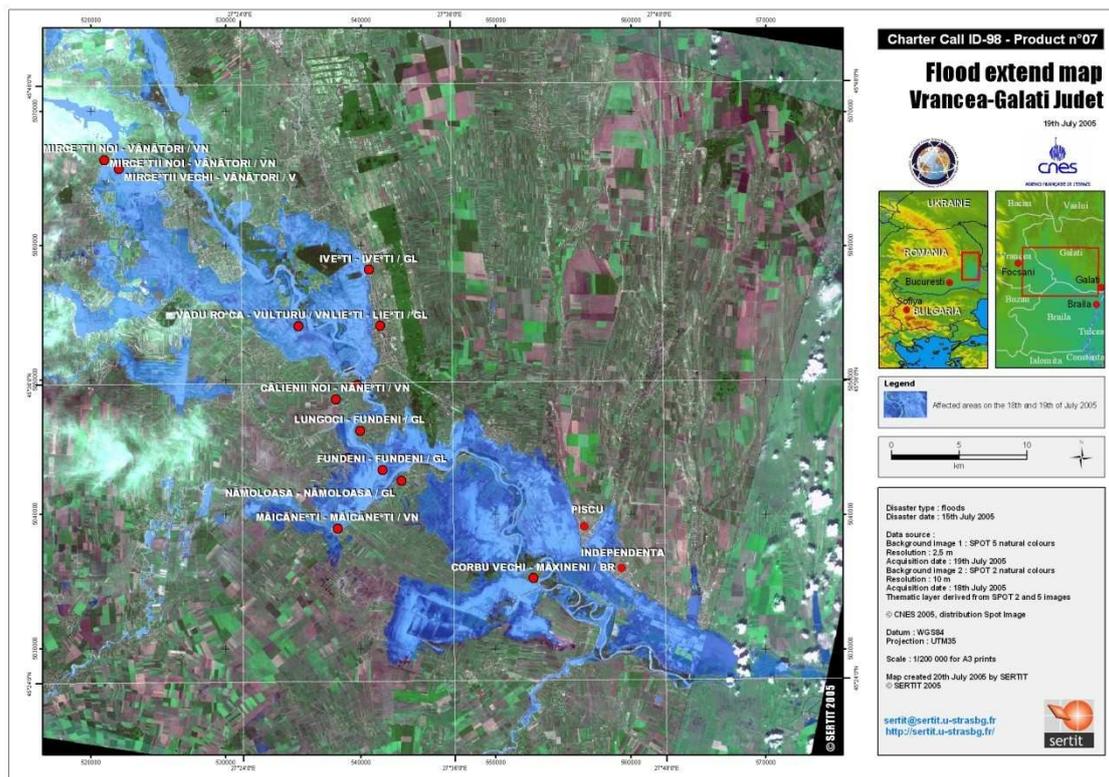


Figure 1- 2: Carte de l'extension de l'inondation de juillet 2005 dans le Siret inférieur après l'activation de la Charte internationale (CNES 2005, distribution Spotimage Map created 20/07/2005 by SERTIT)

2.2.2. Rapports et études sur l'inondation de juillet 2005

Les informations sur le déroulement et l'extension de l'inondation ont pu être récoltées grâce aux rapports du gouvernement roumain sur les inondations (Ministerul Mediului, 2006) et aux études préliminaires de l'inondation réalisées par des chercheurs (Dăscălița *et al.*, 2005; Romanescu, 2006 ; Bălțeanu *et al.*, 2007a; Romanescu et Nistor, 2010).

De plus suite à cet événement, un plan d'aménagement et de gestion des inondations sur le Siret inférieur a été réalisé en particulier, une analyse de l'inondation de 2005 (Ministerul Mediului, 2009abc). Cette étude se divise en 2 volumes (en roumain) et une annexe (en anglais) et représente la synthèse la plus complète disponible actuellement sur le secteur de Siret inférieur. Elle a été réalisée par le groupe SCE en association avec les consultants du Cemagref, de *Ginger, Hydratec, Memoris* et *Odisea Consulting*, selon une commande du Ministerul Mediului.

Afin de mettre en perspective l'inondation de juillet 2005, cette partie fait appel aux textes et rapports sur les inondations antérieures (Podani et Zăvoianu, 1971 ; Poncet, 1972 ; Rusu et Florea, 1972 ; Mustățea, 2005).

2.2.3. Méthodes de terrain

Afin de reconstituer l'inondation des 13 et 14 juillet 2005 dans le secteur du Siret inférieur, quatre campagnes de terrain de 2009 à 2012 ont été menées. Des entretiens ont été réalisés avec 5 mairies

et avec l'organisme de bassin du Siret et sa branche départementale (SGA Vrancea), localisée à Focșani, responsable de cette zone (Figure 1- 3).

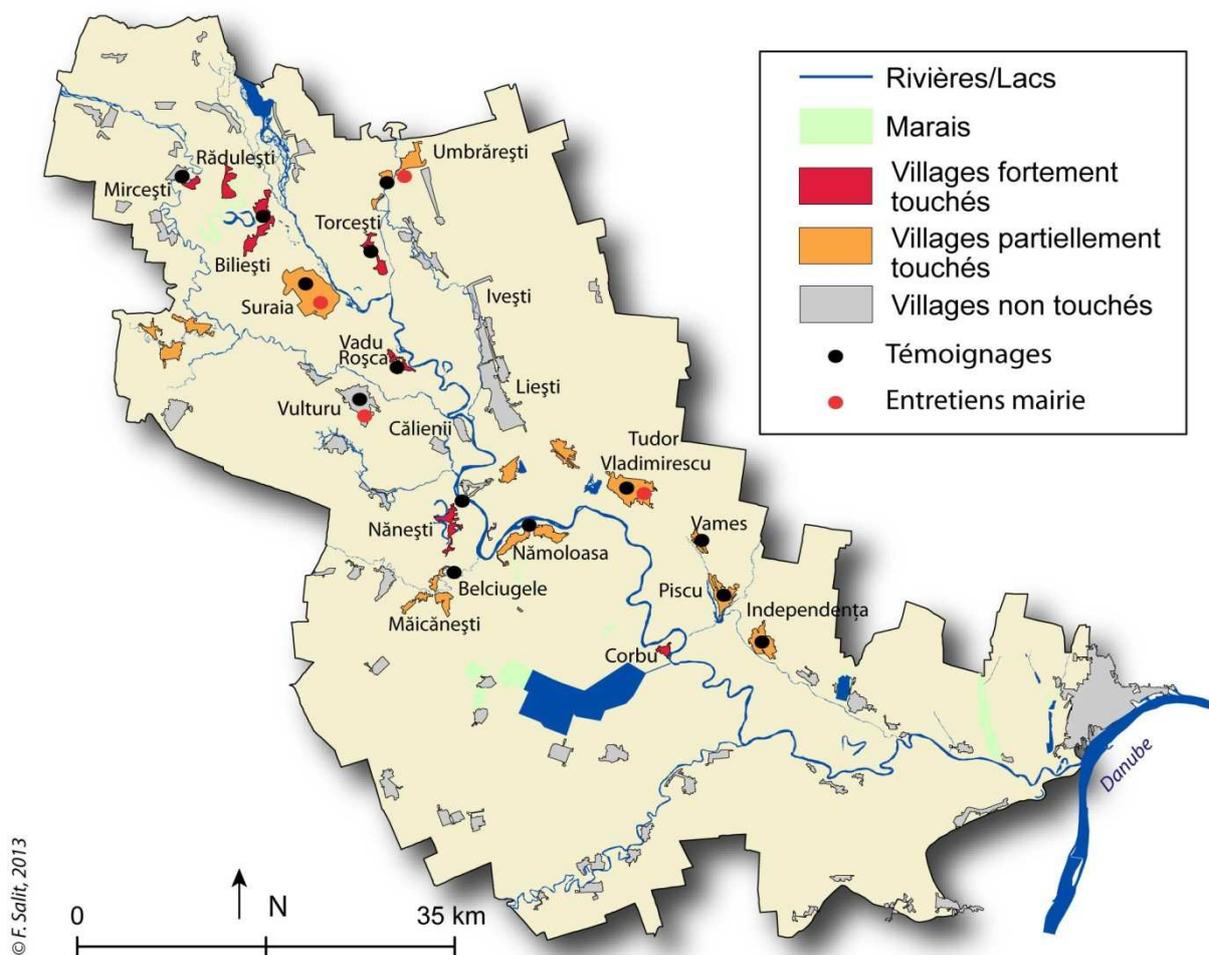


Figure 1- 3: Localisation des enquêtes et témoignages lors des campagnes de terrain de mai 2009 à juin 2012 et localisation des villages touchés lors de l'inondation de juillet 2005

Les témoignages des populations ont été recueillis dans tout le secteur et plus particulièrement dans les villages de Suraia et de Vadu Roșca. Ces témoignages et enquêtes de terrain avaient plusieurs objectifs :

- **Reconstituer le déroulement de l'inondation** : chronologie de l'inondation ; sens d'arrivée de l'eau ; localisation des brèches, traces de ces brèches ou des réparations effectuées.
- **Reconstituer l'extension spatiale de l'inondation** : hauteur d'eau, zones inondées.
- **Déterminer les actions** des autorités locales et des différents acteurs lors de l'événement (mairie, secours, population).

La récolte, l'analyse et la synthèse de ces différentes données ont été le préalable à l'analyse de l'événement hydro-climatique (chapitre 2) et à la reconstitution de l'événement de juillet 2005, par notamment une représentation cartographique problématisée (chapitre 3).

Chapitre 2 – Juillet 2005, un événement extrême ?

L'objectif de ce chapitre est double : il s'agit tout d'abord d'analyser l'événement de juillet 2005, dans ses caractéristiques climatiques et hydrologiques et dans un deuxième temps, de le mettre en perspective (de 50 à 100 ans) pour en déterminer le caractère extrême.

1. De la pluie...

1.1. Les précipitations en 2005

1.1.1. Un événement pluvieux intense...

Sur la période du 11 au 13 juillet 2005, la moitié ouest du continent européen est sous l'influence d'un anticyclone centré entre les îles britanniques et la Scandinavie, tandis qu'un champ de basse pression se situe à l'est de l'Europe, ce qui favorise une circulation de nord-est à sud-ouest dans la troposphère et la formation d'un front occlus quasi stationnaire au-dessus de la vallée du Siret et de l'est des Carpates du 11 au 13 juillet 2005 (Figure 1- 4).

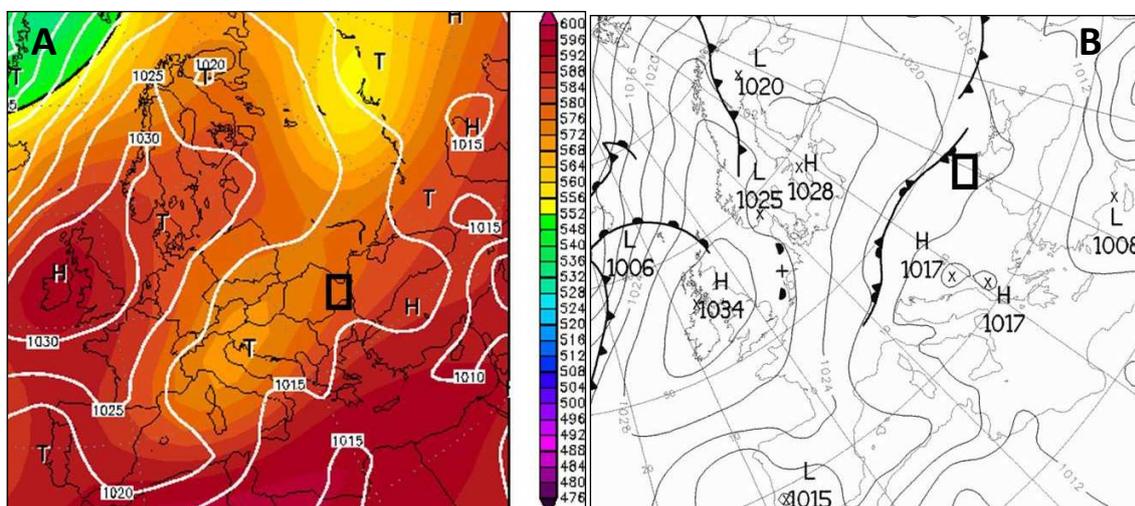


Figure 1- 4: A – Géopotential à 500 hPa et B – champ de pression et surface et front sur l'Europe le 13 juillet à 0h UTC. Le rectangle représente la zone d'étude à l'est des Carpates (*Wetterzentrale.de*)

La Figure 1- 5 présente le déroulement de l'épisode pluviométrique du 11 au 13 juillet 2005 sur le bassin versant du Siret pour 48 stations (Figure 1- 5A). Les précipitations ont débuté le 11-12 juillet à l'ouest du bassin du Siret, sur le bassin du Trotuş et sur le bassin supérieur de la Putna (Figure 1- 5 B). Le maximum enregistré en 24h (le 11-12 juillet) est de 73 mm à Haloş (Caşin, affluent du Trotuş). Le 12-13 juillet les précipitations se sont intensifiées et étendues vers le nord, sur le bassin de la Bistrița

et vers le sud-est, sur les bassins des principaux affluents de rive droite du Siret inférieur : le Râmnic Sărat et la Putna (Figure 1- 5 C). Sur les 48 stations observées, 39 ont un cumul pluviométrique supérieur à 100 mm sur la période considérée, avec un maximum de 220 mm atteint à Herăstrău (Năruja, affluent de la Putna) et de 218 mm à Haloş (Ministerul Mediului, 2009a ; Romanescu et Nistor, 2010).

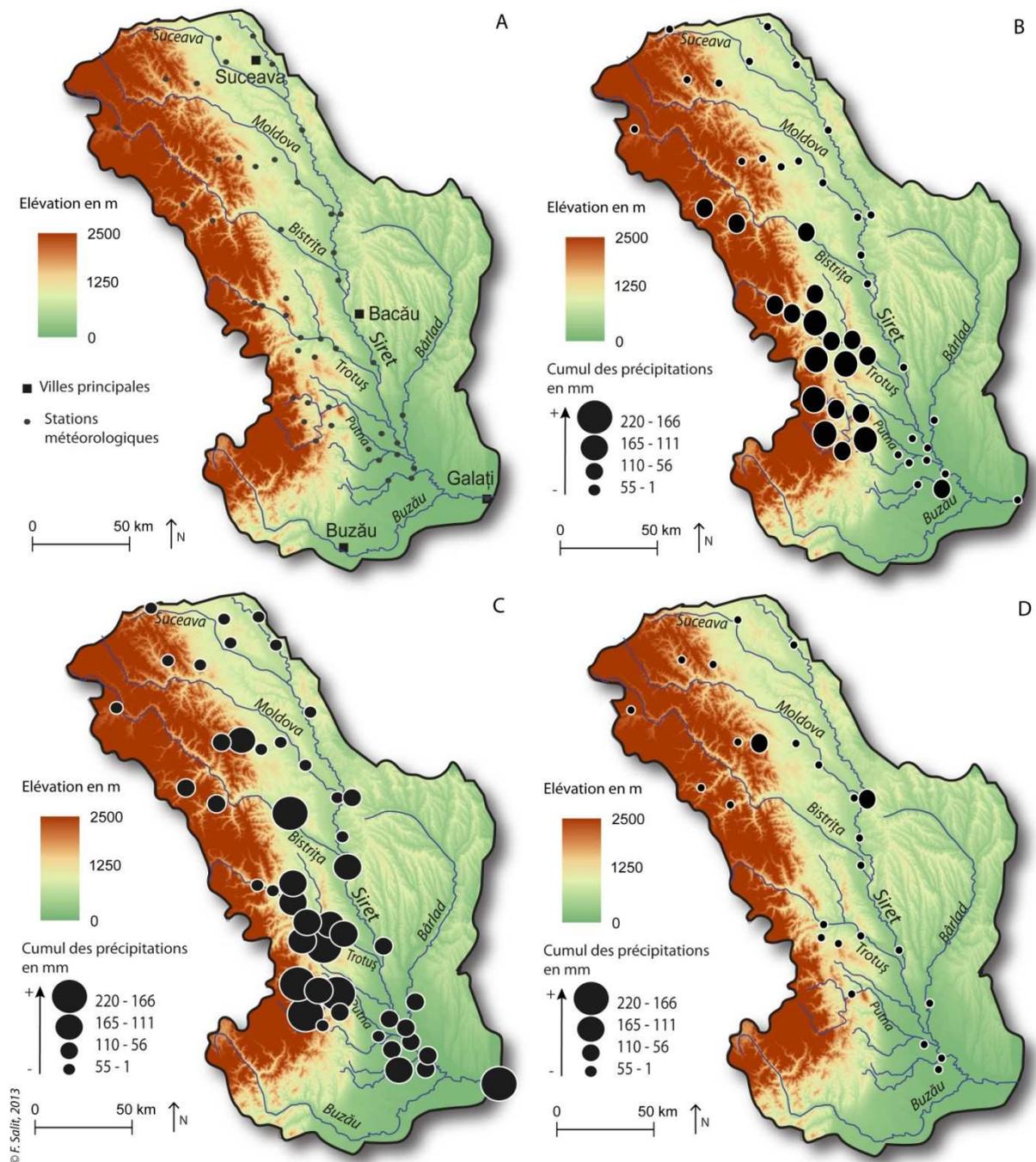


Figure 1- 5: Cumuls quotidiens de précipitations dans 48 stations du bassin versant du Siret. A - Localisation des stations; B - cumuls de précipitations le 11-12 juillet; C - cumuls de précipitations le 12-13 juillet ; D - cumuls de précipitations le 13-14 juillet. (Source données: ANM)

Le maximum de précipitations tombées en 24 heures atteint plus de 100 mm pour 18 stations pluviométriques. Les précipitations maximales tombées en 24 heures l'ont été aux stations de Șendreni (Siret) avec 176 mm et de Colacu (Putna) avec 148 mm, respectivement le 13 et le 12 juillet. Par ailleurs les maxima atteints à Galați (119 mm) et à Focșani (112 mm) le 12 juillet 2005 sont un record des précipitations tombées en 24 heures sur les périodes respectives de 1886-2005 et 1896-2005 (Vasenciuc *et al.*, 2006).

1.1.2. ... Dans le contexte d'une année humide

2005 a été une année particulièrement pluvieuse sur l'ensemble de la Roumanie. Le cumul annuel de précipitations en 2005 est entre 600 et 800 mm pour la partie est et sud du bassin du Siret et entre 800 et 1000 mm pour la partie carpatique à l'ouest et au nord, soit un excédent pouvant atteindre 25% par rapport à la moyenne 1961-2005 (Figure 1- 6).

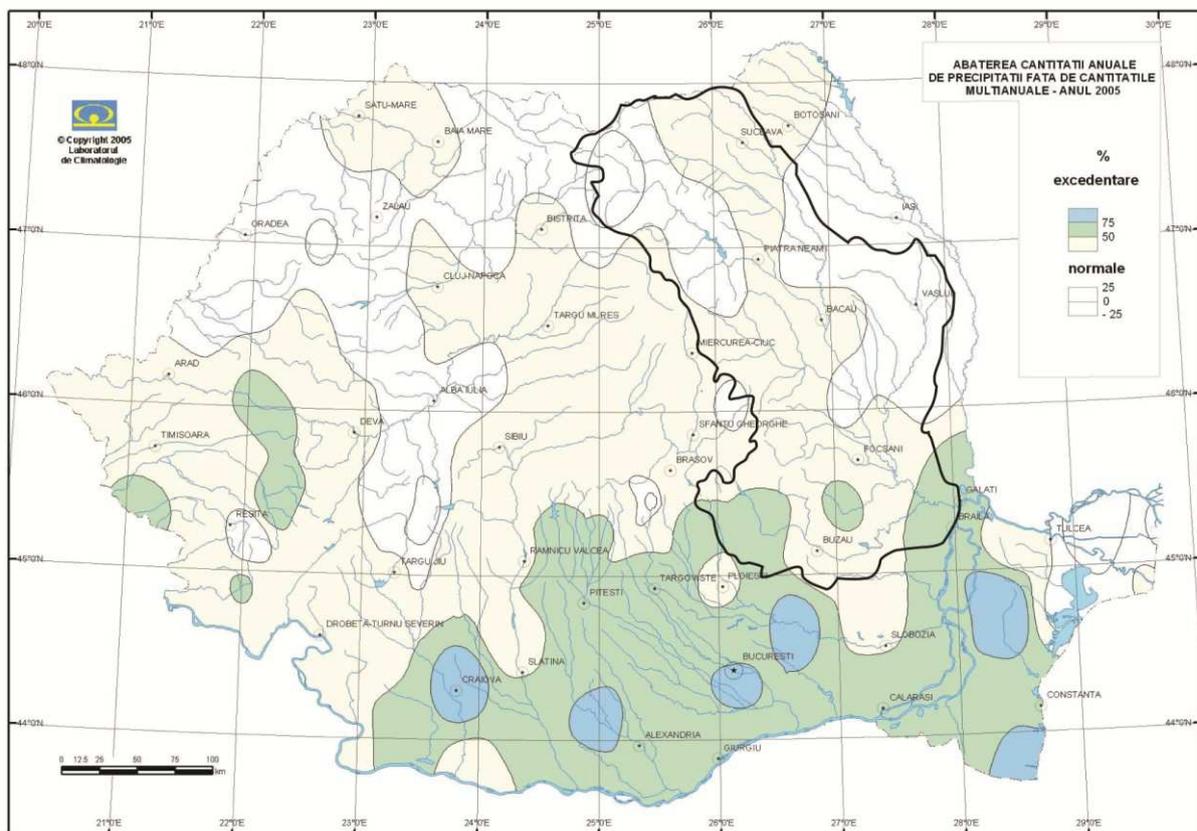


Figure 1- 6: Ecart à la moyenne multi-annuelle (1961-2005) des cumuls annuels de précipitations en 2005 en Roumanie. Le tracé noir représente le bassin du Siret (ANM)

A l'échelle du pays, les cumuls annuels de précipitations ont été en 2005 d'un tiers supérieur à la normale 1961-1990 (Ministerul Mediului, 2006). Les cumuls mensuels de 2005 dépassent la moyenne 1961-1990 pour tous les mois exceptés juin, octobre et novembre. Les mois de juillet, août et septembre montrent les plus forts écarts à la moyenne (Figure 1- 7).

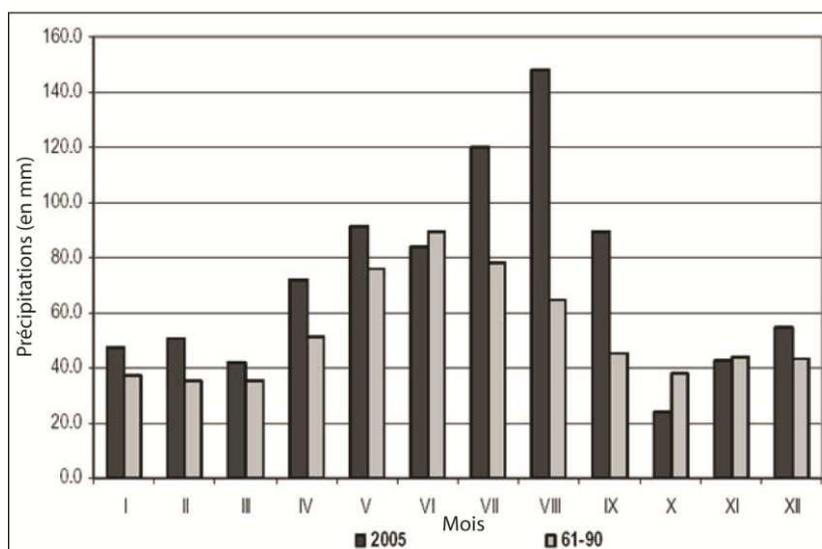


Figure 1- 7: Cumuls mensuels de précipitations en 2005 comparés à la moyenne mensuelle 1961-1990 sur l'ensemble de la Roumanie (Ministerul Mediului, 2006)

Le mois de juillet 2005 présente les plus forts écarts à la moyenne 1961-2005 pour le bassin du Siret. Les cumuls pluviométriques sont excédentaires pour les trois-quarts sud du bassin, entre + 50 % et + 225 % pour le sud du bassin (Figure 1- 8).

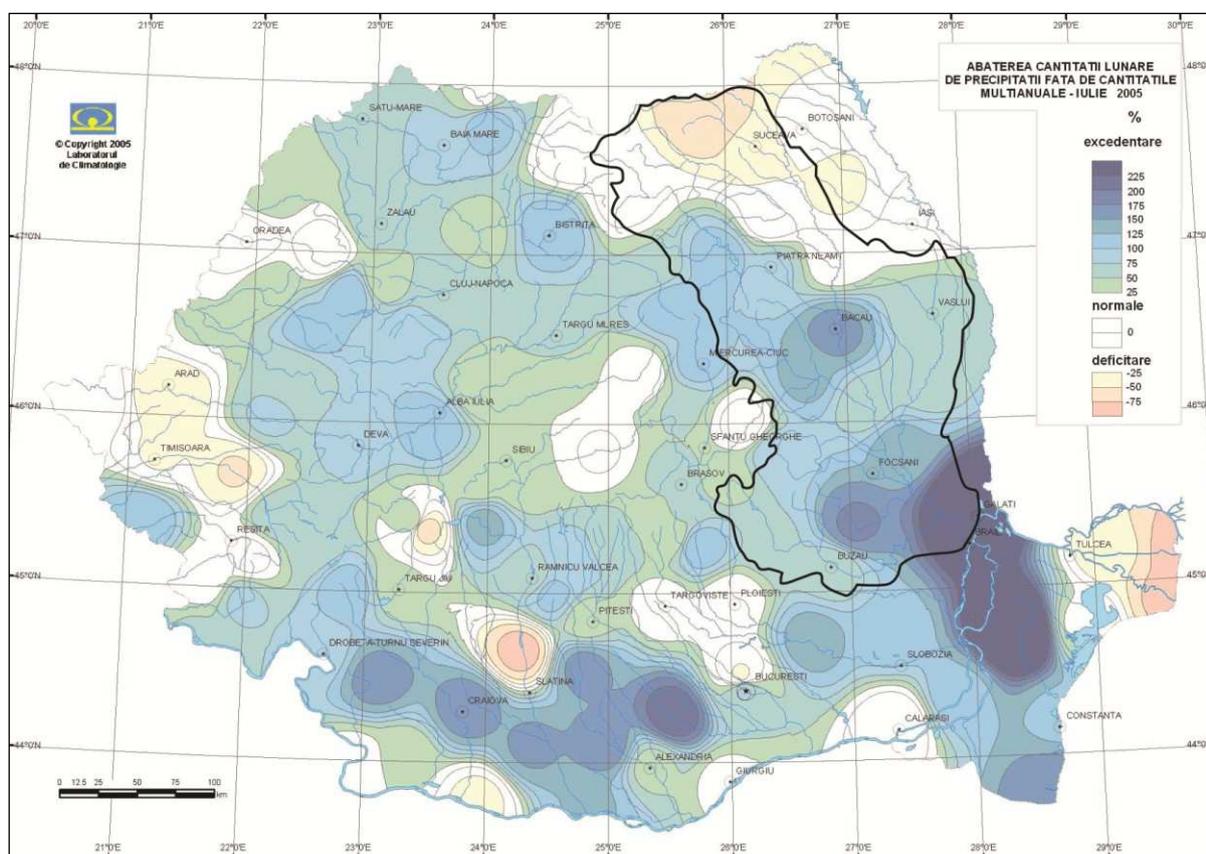


Figure 1- 8: Ecart à la moyenne multi-annuelle (1961-2005) du cumul pluviométrique du mois de juillet 2005 pour la Roumanie. Le trait noir représente le bassin du Siret (ANM)

Les cartes utilisées pour caractériser l'année 2005 contiennent leurs limites étant donné le réseau peu développé de stations sur le bassin du Siret. On constate que l'interpolation des données fait ressortir des points de mesure comme la station de Bacău qui semble être un point isolé. C'est pourquoi pour affiner l'étude dans le bassin versant du Siret, les données de six stations ont été analysées plus en avant.

1.1.3. L'année 2005 et l'événement extrême de juillet dans le bassin versant du Siret

Vasenciuc *et al.* (2006) ont présenté une étude sur les précipitations du semestre chaud (de mai à octobre) de 2005 dans la région de Moldavie qui correspond environ à la partie centrale et sud du bassin du Siret. Il ressort de leurs travaux que 13 stations du secteur ont un cumul pluviométrique supérieur de 25 % par rapport à la moyenne 1961-2005 (Figure 1- 9). Les cumuls de précipitations de la station de Galați, à la confluence du Siret et du Danube, présentent même un excédent de 89% par rapport à la moyenne multi-annuelle 1961-2005.

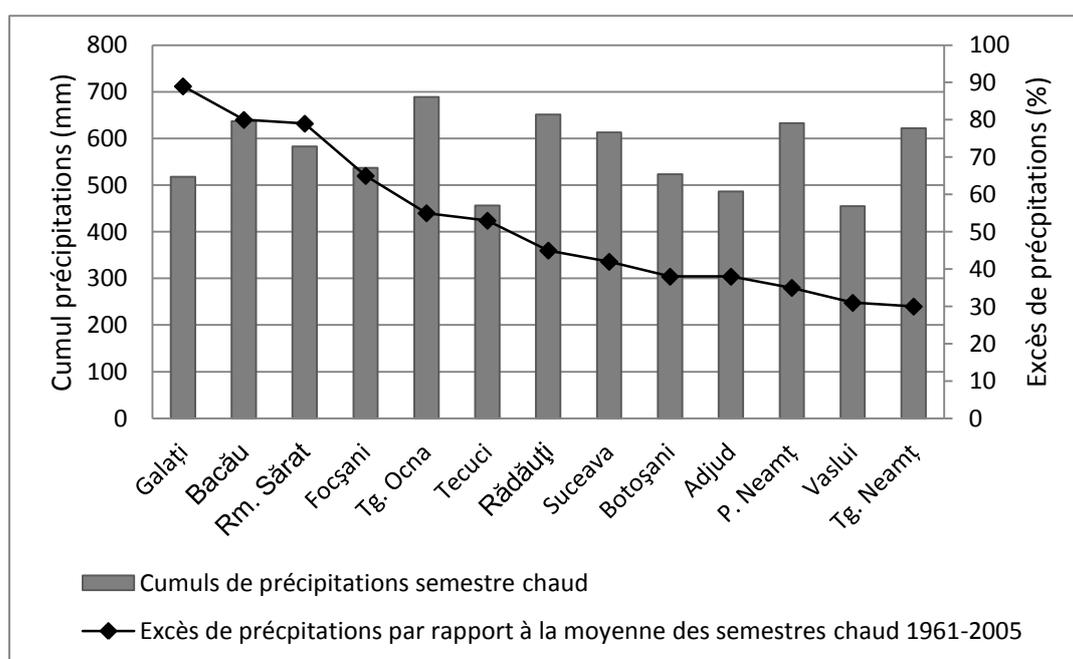


Figure 1- 9: Cumul des précipitations du semestre chaud en 2005 supérieur à plus de 25% à la moyenne 1961-2005 pour les stations de la plaine Moldave (adapté et traduit de Vasenciuc *et al.*, 2006)

La Figure 1- 10 montre les cumuls de précipitations mensuels de l'année 2005 comparés aux moyennes multi-annuelles de six stations du bassin versant du Siret. L'année 2005 présente un cumul de précipitations supérieur à la moyenne quelle que soit la station ; l'écart est compris entre + 112 mm à Adjud et + 282 mm à Bacău. Pour toutes les stations, les mois d'avril, mai et juin ont en 2005 un cumul mensuel de précipitations supérieur à la moyenne. Les écarts maximums sont atteints au mois de mai 2005 pour les stations d'Adjud et de Bacău (respectivement + 59 mm et + 106mm). Mais le mois de juillet 2005 a les plus forts écarts à la moyenne (excepté pour la station de Târgu

Ocna) avec un minimum de + 41 mm à Adjud et un maximum de + 158 mm à Galați. Il ressort que non seulement les cumuls de juillet 2005 atteignent des valeurs supérieures à la moyenne, mais aussi que l'année 2005 a été une année particulièrement humide.

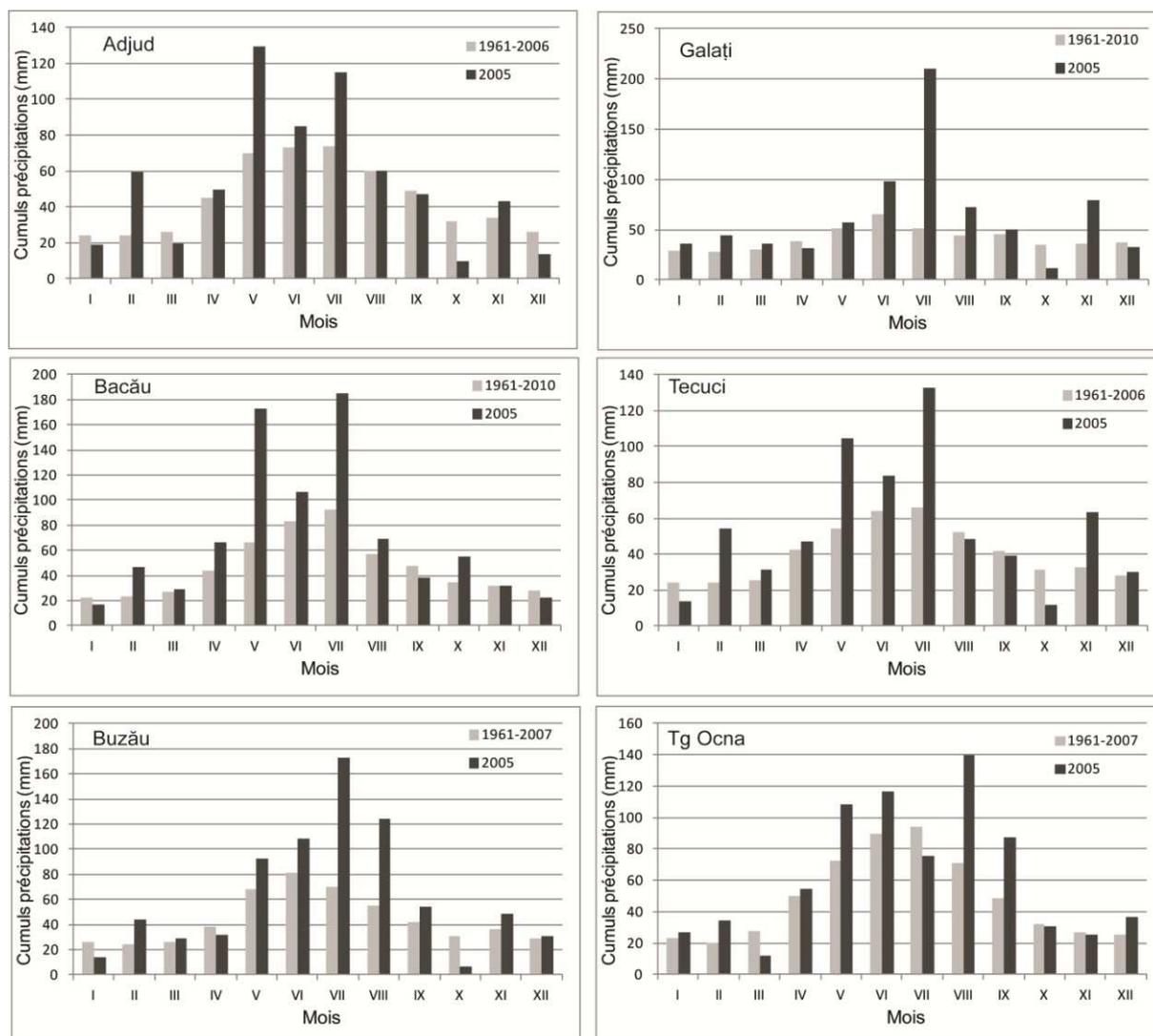


Figure 1- 10: Cumuls mensuels de précipitations en 2005 comparés à la moyenne mensuelle multi-annuelle pour six stations du bassin versant du Siret (Source données: ANM)

1.2. Témoignages d'une tendance générale à l'augmentation des précipitations ?

Les épisodes pluvieux de 2005 apparaissent-ils comme un phénomène extraordinaire ou comme le reflet d'une tendance à l'augmentation des précipitations ou de la fréquence des précipitations maximales tombées en 24h ? Les données de précipitations disponibles limitent l'étude sur la variabilité des séries de précipitations. La plupart des données débutent dans les années 60 et ce laps de temps est trop court pour déceler les variations sur le long terme. Une étude plus précise de la variabilité des précipitations est réalisée par la suite (cf. 3^{ème} Partie p.209), mais quelques résultats de travaux sont présentés ici.

Plusieurs études ont tenté de caractériser l'évolution de la pluviométrie dans la région de Courbure des Carpates (Beltrando et Zaharia, 2009 ; Zaharia et Beltrando, 2009) et dans le bassin du Siret (Olariu et Vamamu, 2003 ; Pleşioanu et Olariu, 2010).

Les analyses de la variabilité des précipitations de Zaharia et Beltrando (2009), réalisées à partir de l'étude de vingt stations de la région de Courbure des Carpates, montrent qu'il n'y a pas de tendances significatives des précipitations de 1962-2006. Par ailleurs des écarts à la moyenne aussi élevés qu'en 2005 ont été enregistrés sur la période 1969-1972 pour les cumuls annuels de précipitations de ces stations (Beltrando et Zaharia, 2009).

Les études sur la tendance des précipitations dans la région moldave montrent une légère tendance à la baisse des précipitations (Dragotă, 2006 ; Busuioc *et al.*, 2010) mais d'autres (Apostol *et al.*, 2012) ont montré que, sur la période 1961-2010, les précipitations annuelles témoignent d'une légère baisse puis d'une hausse depuis 15 ans. Cette hausse serait due à une augmentation des précipitations du semestre froid (alors que celles du semestre chaud présentent une légère baisse mais une augmentation du nombre de jours où les précipitations maximales dépassent les 20 mm).

Olariu et Vamamu (2003) ont réalisé une étude à partir de 120 postes pluviométriques du bassin du Siret et démontrent que la probabilité d'occurrence de cumuls pluviométriques maximaux tombés en 24 h dépassant les 100 l/m² croît à partir de 1960 (8,3 % entre 1941-1960, 30,8 % entre 1961-1980, 47,5 % de 1980-2000 et 30,8 % après 2000). Ces résultats sont à prendre avec précautions car les données de précipitations pour la majorité des postes ne sont disponibles qu'à partir de 1961 voire ultérieurement.

Une étude récente (Ştefănescu *et al.*, 2013) portant sur l'analyse des précipitations maximales tombées en 24h dites fortes (50 mm) et extrêmes (100 mm), de 1980 à 2010 (seule période où les données sont disponibles) et sur 230 stations de Roumanie, a démontré que: (i) le nombre d'événements pluvieux forts et extrêmes montre une nette tendance à l'augmentation dans la dernière décennie 2000-2010 ; (ii) l'année 2005 recense le plus grand nombre d'événement pluvieux (275 événements sur un total de 2 539 pour 155 stations) sur les trente ans étudiés.

**

Ainsi en l'état des séries de précipitations disponibles, il n'est pas possible de déterminer une hausse des cumuls pluviométriques sur le long terme même si une croissance des précipitations maximales tombées en 24 h se dessine sur trente ans. Les événements pluvieux intenses de l'année 2005 sont le reflet d'une année extrême, telle qu'il y a pu en avoir au début du XIX^{ème} siècle ou, à une moindre échelle, entre 1969 et 1972.

2. ... A la réponse hydrologique

2.1. Les inondations de 2005 dans le bassin versant du Siret

La Roumanie a connu de nombreuses inondations dans tout le pays en 2005 (Figure 1- 11). Seule la partie sud-est, la Dobroudja a été épargnée. Le bassin du Siret a connu deux grandes vagues d'inondations en juillet et en aout.

Les précipitations extrêmes enregistrées en juillet 2005 ont conduit à une réponse hydrologique tout aussi extrême. Le débit maximal enregistré en 2005 apparaît parmi les deux plus grandes valeurs enregistrées pour les cinquante dernières années, dans 32 des 64 stations hydrométriques du bassin du Siret (Ministerul Mediului, 2009a). Les stations du Siret enregistrent la même tendance, 2005 apparaissant au moins dans les cinq plus grandes inondations recensées excepté pour la station de Siret, à l'amont de la rivière (Tableau 1- 4). Néanmoins il faut relativiser ces données, puisque les périodes d'enregistrement disponibles pour ces stations ne recouvrent pas les années où les débits maximaux ont été recensés.

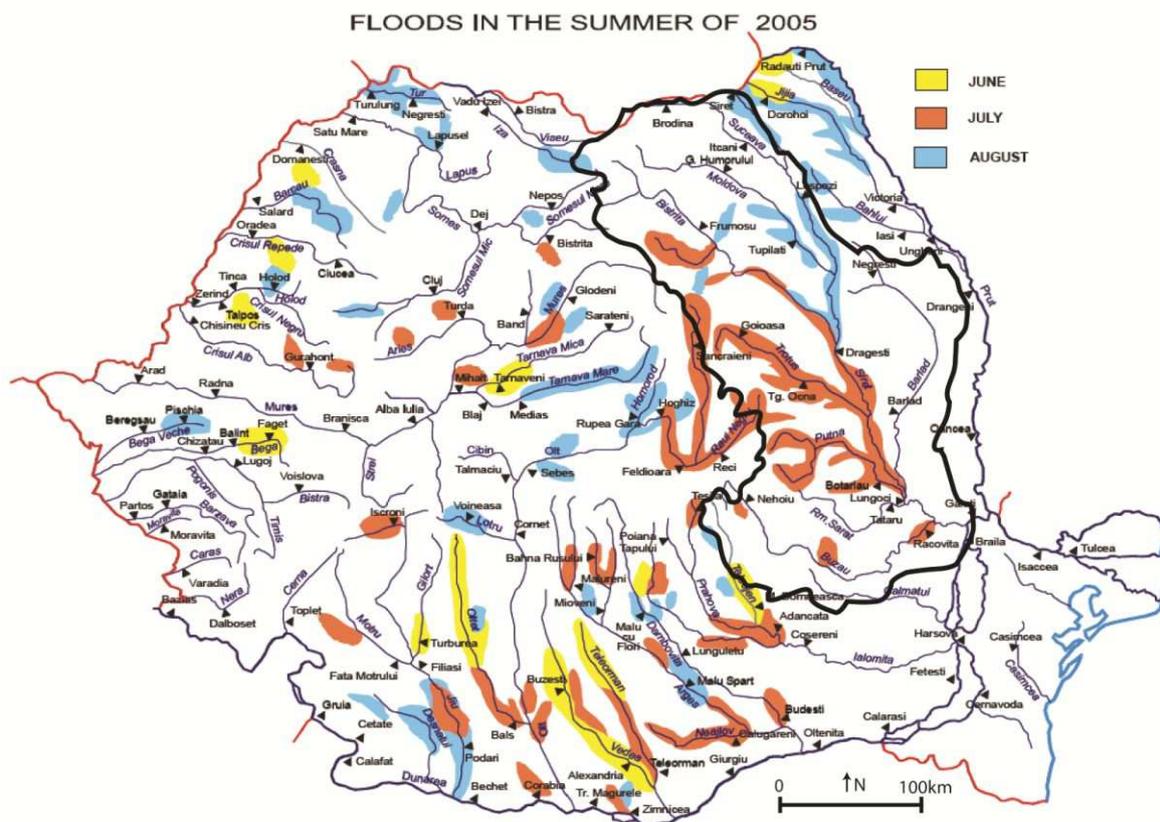


Figure 1- 11: Localisation des inondations l'été 2005 en Roumanie. En noir sont indiquées les limites du bassin versant du Siret (Bălteanu *et al.*, 2007a)

Tableau 1- 4: Les années des cinq plus grandes crues/inondations recensées dans les stations hydrographiques du Siret. En gras est indiquée l'année 2005 (Ministerul Mediului, 2009a)

| | Stations | Période enregistrement | 1 ^{ère} | 2 ^{ème} | 3 ^{ème} | 4 ^{ème} | 5 ^{ème} |
|--------------|-------------|---------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | | | | | | |
| Siret | Siret | 1963-2005* | 1959 | 1960 | 1968 | 1955 | 1964 |
| | Zvoriștea | 1978-2005 | 1978 | 1985 | 2005 | 1981 | 1983 |
| | Huțani | 1969-2005 | 1969 | 1970 | 1985 | 1978 | 1981 |
| | Lespezi | 1952-2005 | 1988 | 1969 | 1974 | 1978 | 2005 |
| | N. Bălcescu | 1986-2005 | 2005 | 2002 | 1988 | 1991 | 1989 |
| | Drăgești | 1962-2005 | 2005 | 1969 | 1991 | 1975 | 1979 |
| | Adj. Vechi | 1986-2005 | 1991 | 2005 | 2002 | 1988 | 1997 |
| | Lungoci | 1951-2005 | 2005 | 1991 | 1970 | 1969 | 1988 |

* les dates des inondations ne correspondent pas à la période d'enregistrement

2.2. Le Siret inférieur particulièrement touché

Le secteur le plus touché par les inondations en 2005 a été le Siret inférieur. Cette zone de plaine présente une convergence hydrographique qui, lors d'épisodes de crues synchrones, engendrent une inondation majeure du Siret. Ainsi cinq des affluents majeurs du Siret peuvent être en crue en même temps que lui : la Bistrița, le Trotuș, la Putna, le Râmnicu Sărat et le Buzău. Ces trois derniers se situent dans le secteur étudié. Les débits maximaux enregistrés aux stations de Boțârlău sur la Putna et de Puiesti sur le Râmnicu Sărat, en juillet 2005 sont des débits historiques jamais atteints pendant les périodes d'enregistrement (Tableau 1- 5).

Tableau 1- 5: Année et débit de pointe des crues majeures enregistrées dans le bassin du Siret inférieur (Source données : Ministerul Mediului, 2006 ; Ministerul Mediului, 2009a)

| Rivières | Stations | Période enregistrement | 1 ^{ère} | 2 ^{ème} | 3 ^{ème} |
|------------------|----------|---------------------------|------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| | | | Année/Débit de pointe | Année/Débit de pointe | Année/Débit de pointe |
| Trotuș | Vrânceni | 1963-2005 | 1991 (3720 m³/s) | 2005 (2 845 m ³ /s) | 1975 (NC) |
| Putna | Boțârlău | 1952-2005 | 2005 (1598 m³/s) | 1970 (1 250 m ³ /s) | 1972 (1000 m ³ /s) |
| Rm. Sărat | Puiesti | 1988-2005 | 2005 (550 m³/s) | 1996 (NC) | 1991 (NC) |
| Siret | Lungoci | 1951-2005 | 2005 (4650 m³/s) | 1991 (3 270 m ³ /s) | 1970 (3186 m ³ /s) |

NC : Non connu

La station de Lungoci, dernière station du Siret avant la confluence avec le Danube, a enregistré un débit maximal de 4 650 m³/s le 14 juillet entre 9 et 11 heures du matin (Figure 1- 12). Le débit enregistré à Călimanești, barrage en amont du secteur a été de 4 300 m³/s le 13 juillet à 13h (INHGA, 2005) ; mais le débit en amont du barrage a été estimé à 6 500 m³/s (Damian et Tătaru, 2010).

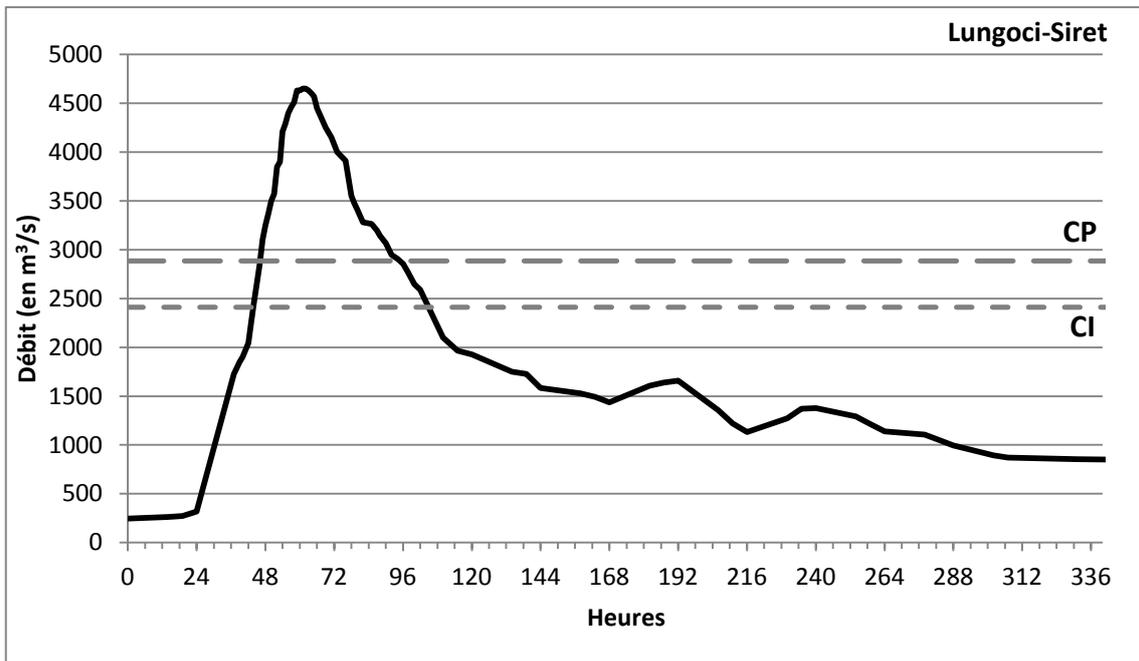


Figure 1- 12: Débits horaires enregistrés à Lungoci-Siret du 11 au 22 juillet 2005 (CI : Cote d'inondation ; CP : Cote de danger) (Source données : ABAS)

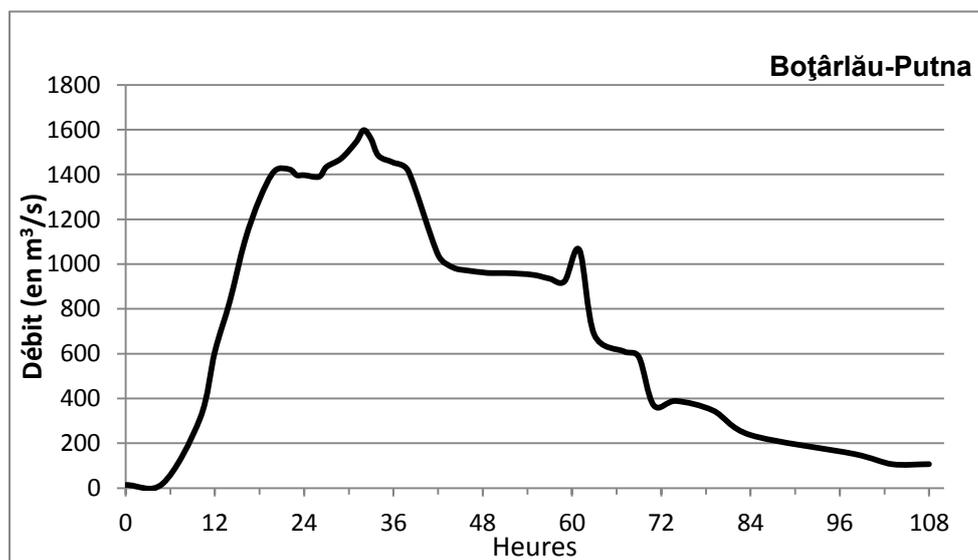


Figure 1- 13: Débits horaires enregistrés à Boțârlău-Putna du 12 au 16 juillet 2005 (Source données : ABAS)

Le débit correspondant à la cote de danger (CP) de 2 885 m³/s, seuil à partir duquel l'alerte est donnée, a été atteint à Lungoci à 16h le 13 juillet. Le débit instantané maximal à Boțârlău (Putna) a été atteint le 13 juillet vers 15h (Figure 1- 13). Les eaux de la Putna sont venues gonfler le Siret au même moment où celui-ci était en crue.

L'inondation de juillet 2005 engendre des débits jamais enregistrés dans le secteur du Siret inférieur tant sur le Siret que sur ces principaux affluents. La conjonction des crues des rivières a

mené à une inondation majeure. La question est de savoir si cette configuration et cette amplitude sont inédites ou si 2005 est le reflet d'une tendance à l'augmentation du nombre d'épisodes.

3. 2005, une année extrême ou une tendance ?

Les données de précipitations et les recherches menées par les scientifiques ne permettent pas de déceler une tendance à l'augmentation des précipitations dans le bassin du Siret. Des épisodes, semblables à ceux de 2005 se sont produits vraisemblablement au début du XX^{ème} siècle et surtout sur la période 1969-1972. Mais il n'existe pas de données permettant une analyse sur le long terme, nécessaire à la démonstration d'une augmentation de la fréquence de ces épisodes. Cependant la médiatisation croissante des inondations et la collecte permanente des données sur le territoire roumain, mènent à penser à une fréquence accrue des inondations. Les nombreuses inondations de 2005, les inondations du Danube de 2006, la crue éclair du Tecucel en 2007, les inondations du Siret en 2008 et en 2010, contribuent à ce sentiment. L'objectif de cette section est double : il s'agit de mettre en perspective l'inondation de juillet 2005 par rapport aux inondations antérieures afin de mieux la définir (i) ; puis l'objectif est d'apporter une première réponse sur la fréquence de ce type d'événement (ii).

3.1. Les inondations jusqu'au début des enregistrements dans le bassin du Siret

Peu de sources permettent un recensement exhaustif des inondations sur le Siret. Mustăţea (2005) a entrepris, d'après des sources historiques variées, un recensement des inondations sur le territoire roumain. Le premier constat est que le bassin du Siret apparaît comme le moins cité, c'est-à-dire qu'il est le bassin pour lequel le moins de sources sont disponibles. Le bassin se situe historiquement en périphérie du territoire roumain, loin des centres actifs de la Roumanie. Zone à faible enjeu, et moins dense que la partie ouest du pays ou que la zone amont du bassin du Siret, les données historiques y sont lacunaires. Des informations sur quelques épisodes ressortent, mais la plupart sont des témoignages indirects qui ne donnent pas de précision sur la nature de la crue. Par ailleurs la majorité de ces épisodes se déroule à partir de la fin du XIX^{ème} siècle.

Le paragraphe suivant donne la liste non exhaustive des inondations qui ont marqué le bassin du Siret jusqu'au milieu du XX^{ème} siècle, d'après Mustăţea (2005) :

- **1893** : Inondations majeures au printemps qui ont touché toute la Roumanie y compris le Siret.
- **1897** : Cette année-là, 888 mm de précipitations en moyenne sur les 116 postes pluviométriques du bassin versant du Siret ont été recensés.

- **1901** : 746 mm de précipitations en moyenne sur le bassin versant du Siret. 80 mm de précipitations en 24h à Galați le 9 juin 1901 (voire plus, le pluviomètre ayant été cassé).
- **1912** : Inondations au mois de juin mais surtout en juillet.
- **1914** : 7 500 ha de terres inondées à Corbu-Măxineni, monastère réputé dans le secteur du Siret inférieur, près de la confluence avec le Buzău. Le 2 juillet, Tulnici a été inondé par la Putna et le 5 de ce même mois, Nămolosa a été inondé par le Siret.

Le peu d'informations ne permettent pas une profondeur temporelle suffisante. Les données les plus complètes ne débutent réellement qu'à partir de 1950-1952, début des enregistrements systématiques des débits et hauteur d'eau sur le Siret.

3.2. Les inondations à partir des années 50 dans le bassin du Siret

Les enregistrements de débits sur le Siret inférieur ont débuté en 1951 à la station de Lungoci. La Figure 1- 14 présente les débits annuels maximaux enregistrés, associés aux seuils d'inondation des gestionnaires. Ces seuils correspondent à la situation actuelle (2011) et peuvent changer dans le temps.

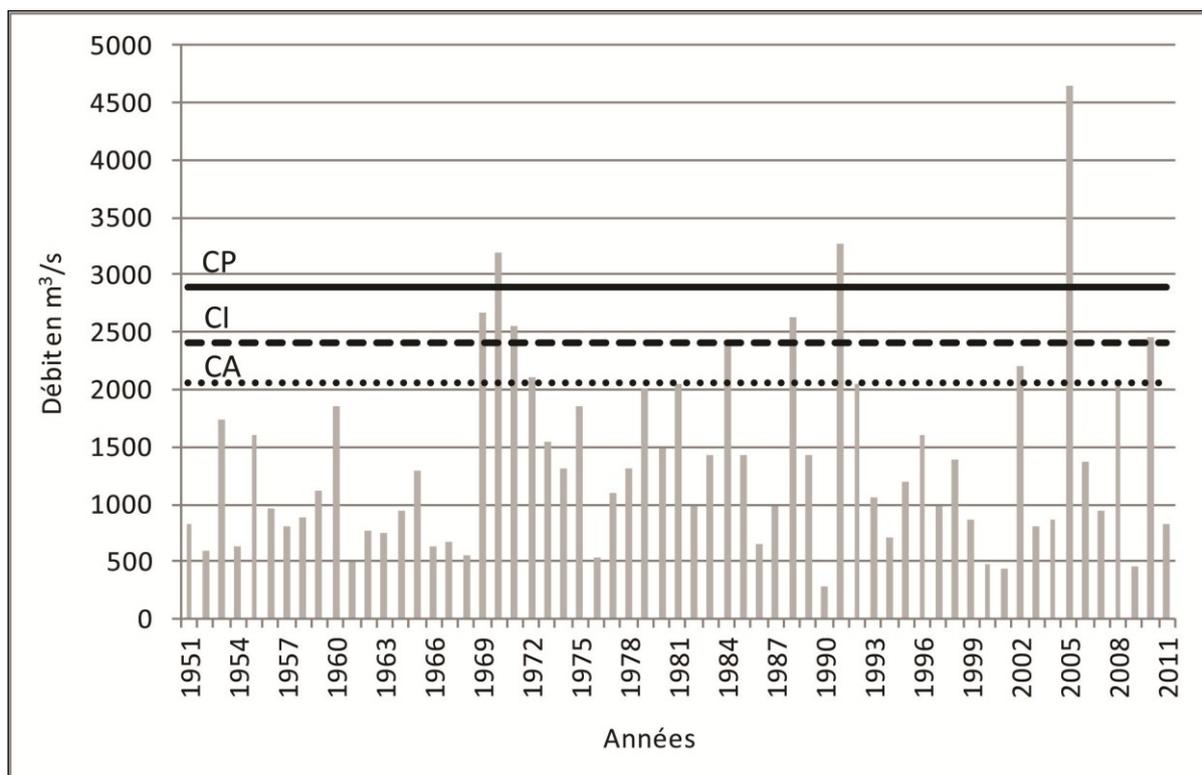


Figure 1- 14: Débits maximaux annuels à la station de Lungoci de 1951 à 2011. CA : débit équivalent à la cote d'attention ($2\,056\text{ m}^3/\text{s}$) ; CI : débit équivalent à la cote d'inondation ($2\,410\text{ m}^3/\text{s}$) ; CP : débit équivalent à la cote de danger ($2\,885\text{ m}^3/\text{s}$) (Source données : GRDC)

Si l'on considère le premier seuil d'alerte (celui d'attention – CA), 14 crues annuelles importantes ont eu lieu à Lungoci de 1951 à 2011. Une période est particulièrement remarquable: de 1969 à 1972 le seuil CA a été atteint ou dépassé au moins à quatre reprises. A huit reprises la cote d'inondation (CI) a été atteinte : 1969, 1970, 1971, 1984, 1988, 1991, 2005 et 2010. En 1970, 1991 et 2005, les débits de pointe des crues annuelles ont dépassé le seuil d'alerte de la cote de danger (CP). Aucune tendance à l'augmentation du nombre de crue n'est décelable mais plutôt des épisodes qui correspondent aux années pluvieuses définies précédemment. Parmi ces inondations deux ont un écho particulier dans la littérature et la communauté scientifique (excepté 2005) : 1970 et 2010.

3.2.1. Les inondations majeures de 1970

L'inondation du 19-20 mai 1970 est restée pendant longtemps l'inondation de référence dans le bassin du Siret et surtout dans sa partie inférieure. Cette année-là, tout comme en 2005, le pays est frappé par une série d'inondations meurtrières sans précédent (Figure 1- 15).

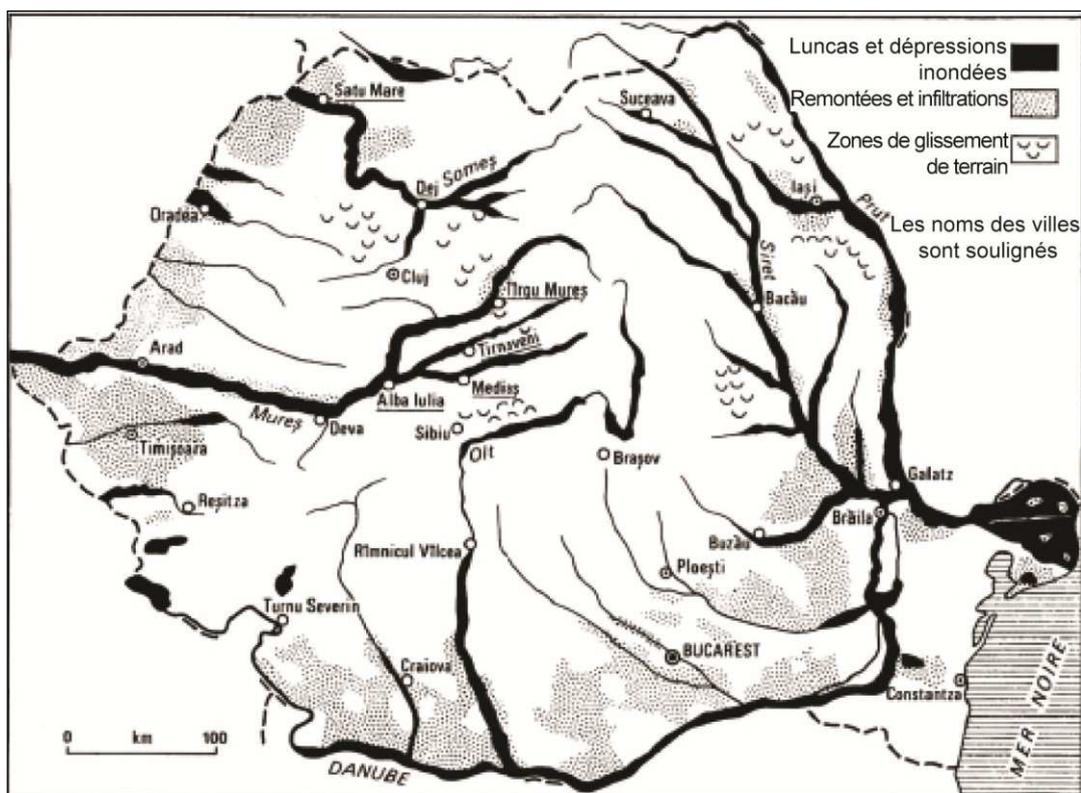


Figure 1- 15: Extension des inondations de 1970 en Roumanie (Poncet, 1972)

De nombreuses rivières ont atteint des débits maximaux historiques provoquant une centaine de morts (Poncet, 1972). Les dégâts sont estimés à plus de 5 milliards de lei (Podani et Zăvoianu, 1971), un million d'hectares de terres a été inondé (Rusu et Florea, 1972). Le Siret inférieur a connu également une inondation et son débit a atteint 3 270 m³/s à Lungoci le 19 mai. D'après les témoignages de la population de ce secteur, le Siret aurait débordé, mais n'aurait pas atteint plus

d'une cinquantaine de centimètres dans les villages. Néanmoins la population garde un souvenir précis de cet événement. Malgré les débits historiques et la conjonction des crues des affluents (Putna et Bârlad), les populations et même les articles ne retracent que les impacts causés aux terres inondables en 1970.

En 1988 et en 1991 les débits enregistrés atteignent des valeurs élevées (respectivement 5^{ème} et 2^{ème} inondations majeures), mais aucun témoignage ou fait sur le terrain ne permet de caractériser plus avant ces inondations. L'inondation de 1991 a touché essentiellement le Trotuş et l'onde de crue de cet affluent, engendrée principalement par la rupture du barrage de Belci, a fait gonfler le Siret. Les conséquences de l'inondation de 1991 sur la vallée du Trotuş ont été catastrophiques pour les localités situées en aval du barrage, car il s'agit d'une vallée industrielle densément peuplée. Néanmoins en 1991, le Siret inférieur ne semble pas avoir été atteint par cette crue.

3.2.2. L'inondation de juillet 2010

Du 30 juin au 7 juillet 2010 une nouvelle inondation frappe le Siret inférieur encore marqué par l'épisode de 2005. Les débits ont atteint un maximum de 2 600 m³/s à la station de Lungoci et la ville industrielle de Galați, à la confluence du Siret avec le Danube a été particulièrement touchée. L'extension de l'inondation de 2010 n'a pas atteint les proportions de 2005 (Figure 1- 16), mais les digues ont dû être renforcées (Figure 1- 17).

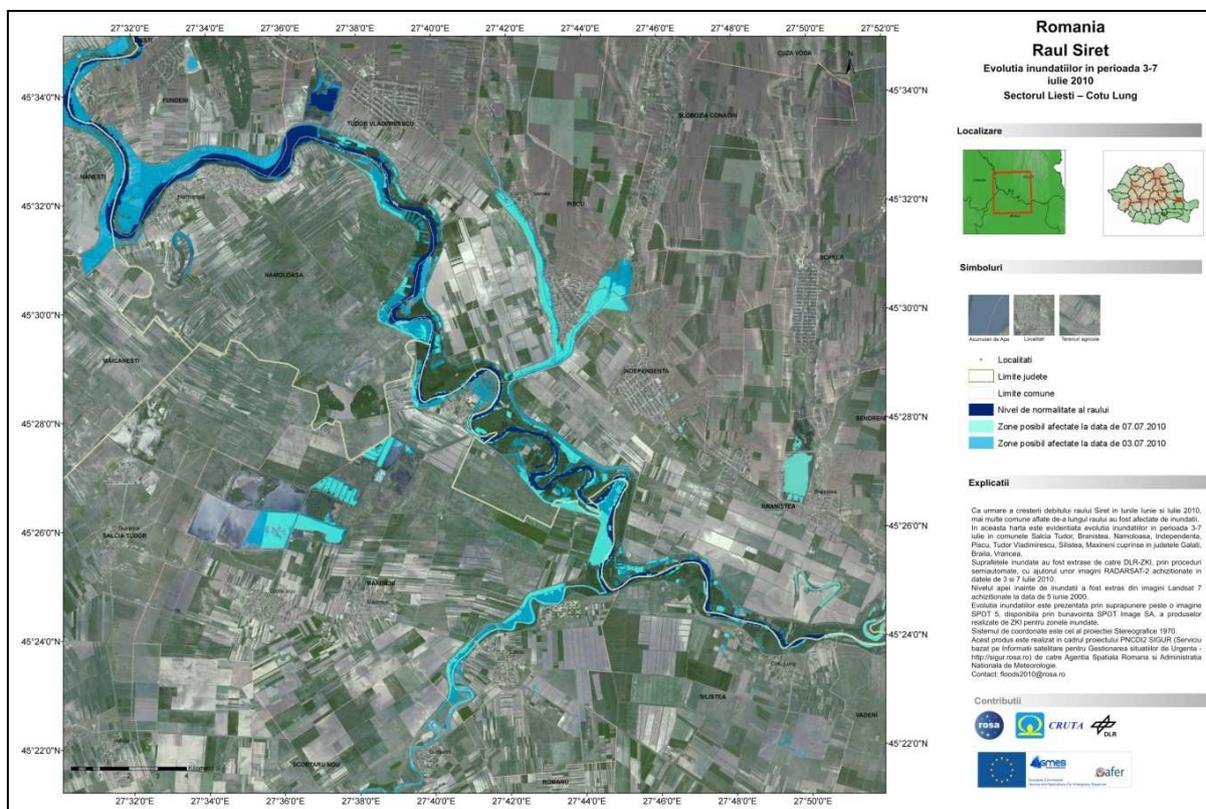


Figure 1- 16: Extension de l'inondation du 3 au 7 juillet 2010 sur le Siret inférieur. En bleu ciel, zone affectée

au 3 juillet ; en bleu clair, zone affectée au 7 juillet ; en bleu foncé, niveau moyen de la rivière. (SIGUR, 2010)



Figure 1- 17: La plaine du Siret inférieur lors de l'inondation du 30 juin-3 juillet 2010 et le renforcement d'une digue de protection, à gauche (Photographie : ANAR). Infiltration sous la digue du Siret à Vadu Roșca en juillet 2010, à droite (Photographie: Ziarul de astazi)

L'inondation de juin 2010 n'a pas causé les dommages de celle de 2005, mais elle a tout de même eu un fort impact sur la population. Elle a renforcé l'idée d'un accroissement de la fréquence des inondations et de l'urgence de la mise en place de nouvelles mesures.

L'inondation de juillet 2005 ne connaît pas d'équivalent en termes de précipitations et de débits dans le bassin inférieur du Siret. Cet événement apparaît comme extrême et comme une exception puisqu'aucune augmentation de la fréquence de ce type d'épisodes ne peut être démontrée. L'ampleur de l'inondation et le choc produit par 2005 peuvent être néanmoins comparés aux inondations de 1970. D'autres inondations atteignent des valeurs de débits élevées, 1988 ou 1991 sans pour autant avoir les mêmes conséquences. La conjonction des crues des affluents du Siret inférieur participe à expliquer cette différence, tout comme les cumuls de précipitations antérieures à la crue et leur extension spatiale. Mais ces arguments ne peuvent suffire à expliquer les hauteurs d'eau atteintes en 2005 et les pertes conséquentes qu'elles ont engendrées.

Chapitre 3 – Reconstitution et chronologie de l'événement

L'événement de juillet 2005 a eu des caractéristiques physiques – tant en terme de précipitations que de débits – remarquables, mais ce n'est que par la reconstitution de l'inondation dans le Siret inférieur et l'étude de l'événement, que l'ampleur et l'origine des dommages peuvent être appréhendées.

1. Reconstitution de l'inondation

1.1. Extension de l'inondation sur le Siret inférieur

1.1.1. Localisation des brèches et du sens de l'écoulement des eaux.

Les données d'extension de l'inondation recueillies sur le terrain et celles récoltées dans les divers rapports (Ministerul Mediului, 2006 et 2009abc) ont été synthétisées et intégrées dans un SIG pour évaluer la superficie maximale inondée dans la plaine du Siret inférieur.

La crue s'est étendue sur plus de 1 100 km² du 12 au 14 juillet 2005 sur le secteur du Siret inférieur. 19 villages ont été touchés dont huit en totalité (Figure 1- 18). La zone la plus fortement atteinte se situe en amont de la confluence du Siret et de la Putna, secteur où les eaux en crue des deux rivières se rejoignent.

Une des causes de l'étendue de l'inondation sur le Siret inférieur est le nombre de rivières en crue qui convergent sur ce secteur : en plus du Siret, de l'amont vers l'aval, la Putna et ses deux affluents majeurs (la Râmna et le Milcov), le Bârlad (dans une moindre mesure), la Leica, le Râmnicu Sărat et le Geru sont également en crue. Mais le nombre de rivière en crue n'apparaît pas comme la seule raison de l'inondation de certains villages. De nombreuses brèches dans les digues ont été recensées et celles-ci participent à expliquer les zones atteintes par les eaux. L'extension de l'inondation n'est ainsi pas seulement fonction du débit et du volume d'eau présents lors de l'événement mais aussi des obstacles « artificiels » et des actions en cas de crise des gestionnaires ou de la population.

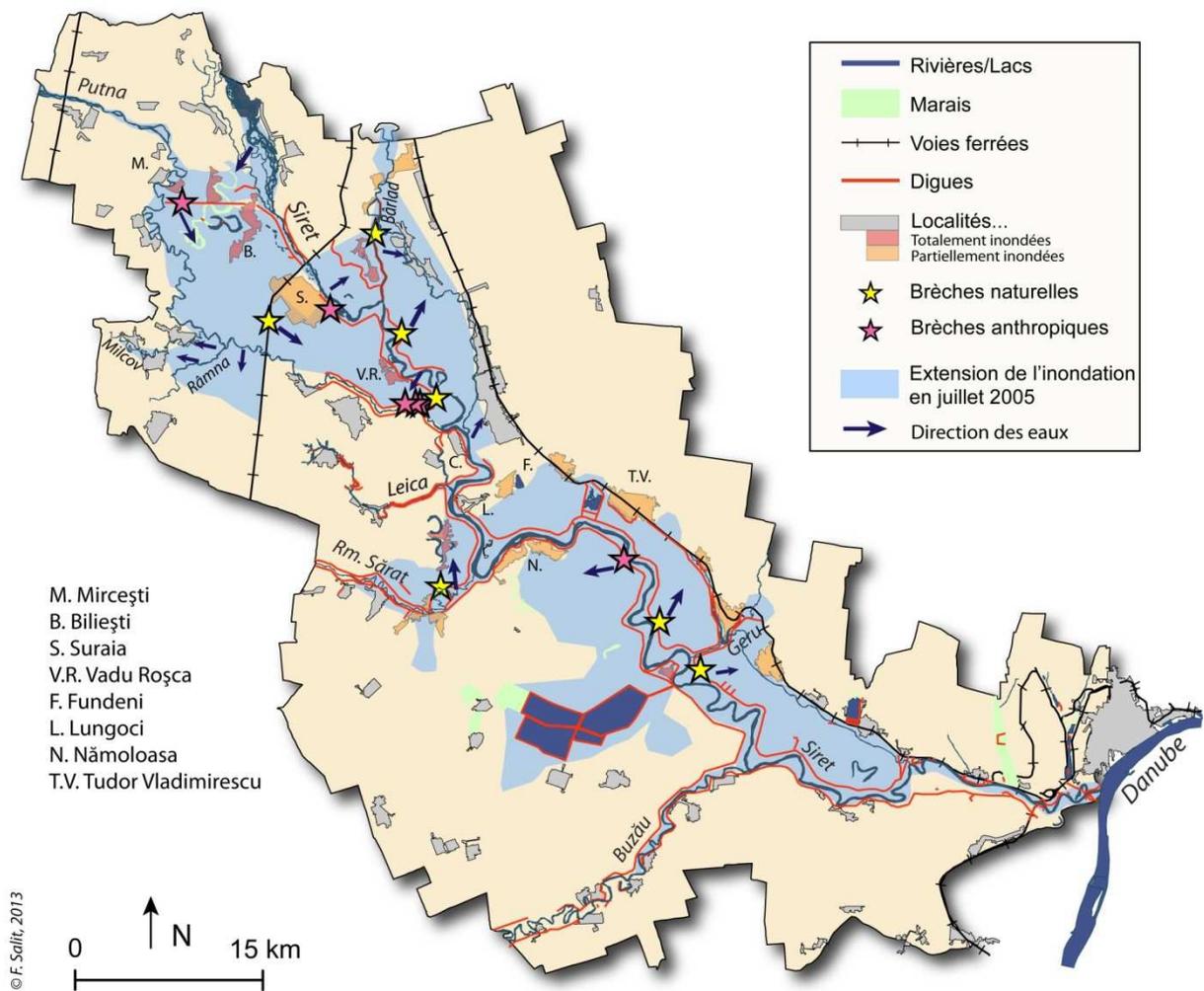


Figure 1- 18: Extension de l'inondation de juillet 2005 dans le bassin inférieur du Siret et localisation des brèches dans les digues

Le sens de l'écoulement des eaux est déterminant pour savoir si un village est touché ou non. Car la direction des eaux est fonction de la pente mais aussi des digues ou *simili* (canalisation, talus de voie ferrée) qui canalisent le flux.

En compilant et confrontant les divers témoignages et les données disponibles dans le rapport sur l'inondation de juillet 2005 (Ministerul Mediului, 2009ac), 12 brèches ont été recensées sur le secteur. Parmi elles, six sont d'origine anthropique et deux d'origine naturelle (Figure 1- 18) ; il n'a pas été possible de confirmer l'origine des quatre dernières. Les six brèches créées par l'Homme l'ont été afin d'évacuer les eaux de leur village ou pour protéger leurs biens ; l'initiative a été personnelle ou collective. Les informations sur les brèches naturelles sont plus sporadiques, étant donné l'absence de témoin. Néanmoins il a été confirmé que la brèche dans la digue du Râmnicu Sărat s'est produite à un endroit où elle avait été fragilisée par le vol de tuyaux et par le passage de véhicules. La localisation de ces brèches est un renseignement majeur car elle permet de comprendre pourquoi

certains villages ont été inondés et d'autres épargnés. Par exemple la brèche sur la digue en rive droite du Siret juste en aval de la confluence du Râmnicu Sărat a provoqué l'inondation d'une partie du village de Nămolosa par l'aval (Figure 1- 18).

1.1.2. Les hauteurs d'eau dans les villages

Tous les villages n'ont pas été touchés de façon similaire. Le village le plus atteint a été Vadu Roșca (Figure 1- 19) où l'eau a pu atteindre jusqu'à quatre mètres. Le village dans son intégralité a été touché ; c'est pourquoi il est l'objet d'une étude plus poussée (cf. 1.3 p.70). Néanmoins pour la majorité des villages, seule une partie a été inondée.



Figure 1- 19: Vadu Roșca inondé le 13 juillet 2005 - à gauche (Photographie: ANAR). L'eau peut atteindre jusqu'à 4 m dans le village ; le trait rouge représente la hauteur d'eau - à droite (Photographie: F. Salit, 2009)

Les hauteurs d'eau dans les différents villages ont été recensées dans le rapport du Ministerul Mediului (2009a). Ce rapport ne précise pas la méthode exacte employée : il ne doit pas s'agir de relevés de terrain mais d'estimation d'après l'étendue de la crue, des volumes d'eau, du débit et de la topographie (Tableau 1- 6). Les hauteurs atteintes varient selon le village et aussi selon le transect utilisé comme point de mesure.

Mise à part Vadu Roșca dont la hauteur d'eau a pu être confirmée par les enquêtes de terrain, les villages les plus atteints sont Biliiești, Călieni (en rive droite du Siret) et Tudor Vladimirescu (en rive gauche). Seul le secteur amont de Lungoci a été atteint tout comme la partie aval de Suraia. Néanmoins ces données sont à relativiser car d'autres villages non cités ont été touchés comme Nămolosa, Corbu Vechi ou Belciugele (sur le Râmnicu Sărat) (cf. Figure 1- 18 pour la localisation des villages cités). Il apparaît que les localités les plus atteintes se situent soit près des brèches, soit en amont de la confluence du Siret et de la Putna. La concordance des crues du Siret et de la Putna est un facteur déterminant de l'ampleur de l'inondation dans la partie amont du secteur étudié.

Tableau 1- 6: Hauteurs minimales et maximales d'eau le 13 juillet 2005 dans les localités les plus touchées par l'inondation. Les secteurs correspondent aux différents points de mesures dans les localités, de l'amont vers l'aval. (Source données : Ministerul Mediului, 2009a) (cf. Figure 1- 18, p.65 pour la localisation des villages cités) *En gras sont indiquées les hauteurs d'eau les plus élevées*

| Localités | Secteur | Min (m) | Max (m) |
|---------------------------|---------|-------------|-------------|
| Biliești | 1 | - | - |
| | 2 | - | - |
| | 3 | - | 3,18 |
| | 4 | - | 2,73 |
| | 5 | 0,22 | 1,72 |
| Suraia | 1 | - | 0,19 |
| | 2 | - | 0,84 |
| | 3 | - | 0,85 |
| | 4 | - | 2,90 |
| | 5 | 0,31 | 1,81 |
| | 6 | 1,14 | 1,84 |
| Vadu Roșca | 1 | 3,73 | 4,73 |
| | 2 | 4,10 | 5,10 |
| Fundeni noi | | - | 1,97 |
| Lungoci | 1 | - | 3,97 |
| | 2 | - | - |
| Călieni | 1 | - | 1,80 |
| | 2 | - | 1,59 |
| | 3 | - | 1,08 |
| Tudor Vladimirescu | 1 | 0,46 | 1,96 |
| | 2 | - | 1,96 |
| | 3 | 0,76 | 1,76 |

La reconstitution de l'inondation est abordée de façon plus spécifique dans deux secteurs : (i) à Mircești Vechi, le point d'origine du débordement de la Putna ; (ii) entre les villages de Biliești et de Vadu Roșca, le village le plus atteint par l'inondation.

1.2. Le point d'origine du débordement de la Putna : Mircești Vechi

L'inondation de la Putna commence le 12 juillet pour atteindre son paroxysme le 13 en fin d'après-midi. Néanmoins les villages en rive droite de la Putna aval, comme Boțârlău (dernière station hydrométrique de la Putna) ou Vulturii n'ont pas été touchés par l'inondation (Figure 1- 21A). Celle-ci s'est produite en rive gauche, dans la plaine séparant la Putna du Siret. Après enquête il a pu être établi que la Putna a débordé à hauteur du village de Mircești Vechi, au nord-ouest de Biliești. La localité de Mircești est composée de deux ensembles, l'ancien village (*Vechi*) en rive gauche de la Putna, et le nouveau en rive droite (*Noi*). Mircești Vechi a été fortement touché uniquement par l'inondation de la Putna (Figure 1- 20). C'est une des raisons pour lesquelles, dans les statistiques et études post-inondation sur le Siret inférieur, ce village n'est pas recensé.

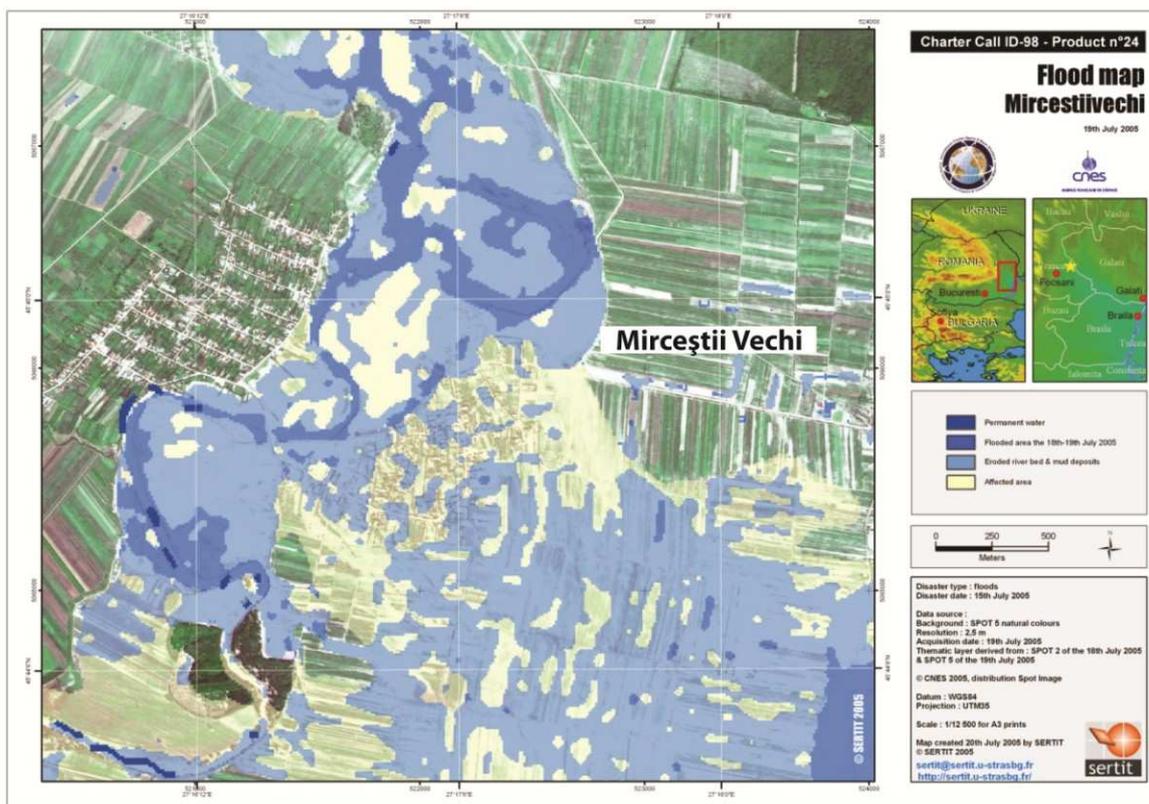


Figure 1- 20: Extension de l'inondation de la Putna à Mircești Vechi en juillet 2005 (CNES 2005, distribution Spotimage Map created 20/07/2005 by SERTIT)

Les eaux en crue de la Putna ont emprunté, à l'amont du village de Mircești, un ancien méandre en s'écoulant à travers champs (Figure 1- 21B). Ce méandre abandonné semble être le résultat de travaux de régularisation réalisés dans les années 80. Aucune trace sur le terrain ne permet d'infirmer ou de confirmer cette hypothèse, néanmoins la comparaison des cartes topographiques de 1981 et de 1990, indique qu'un recoupement total de méandre a eu lieu dans ce laps de temps. Après avoir dévié de son cours initial, l'eau suit une pente sud-est en direction du village de Biliești, alors que la Putna a un cours sud-ouest sur ce secteur. La plaine entre les cours de la Putna et du Siret est couverte de marécages et d'anciens méandres du Siret (dont la date et l'origine sont controversées¹). Selon les témoignages de la population de Mircești Vechi, l'écoulement de l'eau a été stoppé au sortir du village par une ancienne canalisation (non-entretenu) destinée à l'irrigation. Celle-ci a fait office de digue, empêchant l'eau de s'évacuer. Les habitants ont pris l'initiative de créer une brèche pour évacuer l'eau, inondant ainsi la plaine en aval, vers les villages de Biliești et de Suraia (Figure 1- 21C).

¹ Théorie selon laquelle le lit actuel de la Putna serait l'ancien cours du Siret qui a migré progressivement vers l'est, laissant sur son sillage ces méandres (Antonovici, 1929).

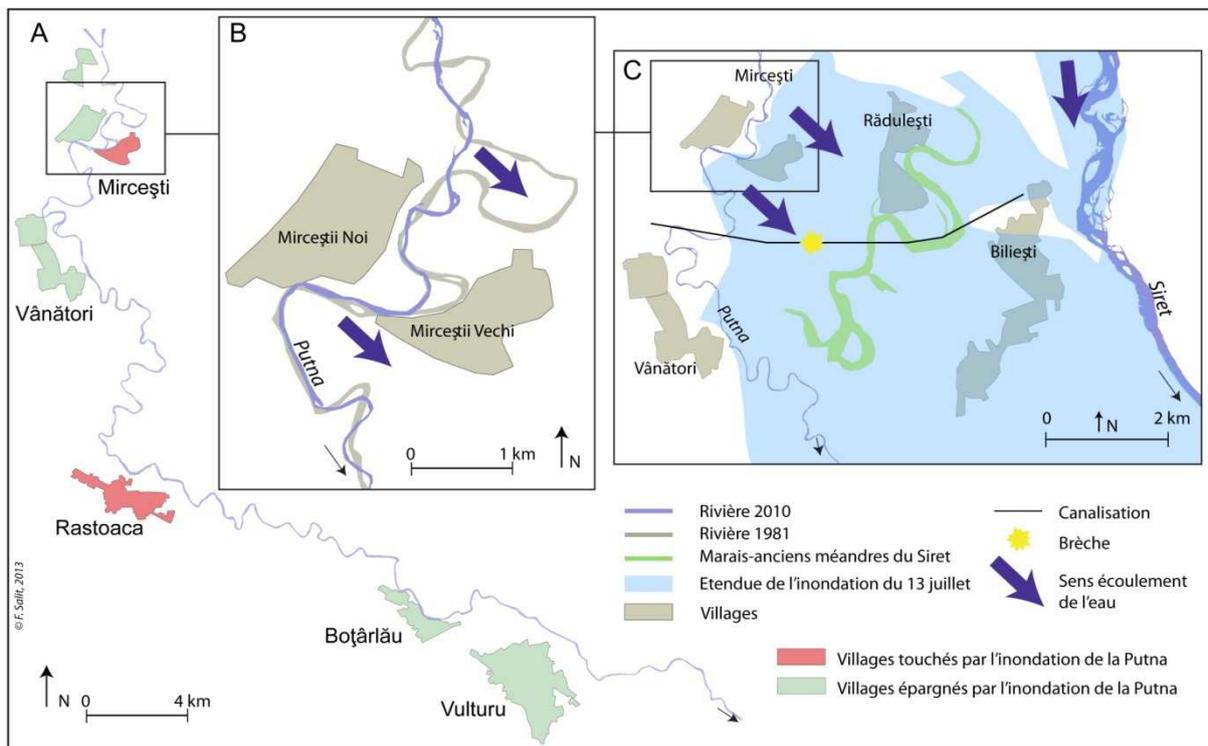
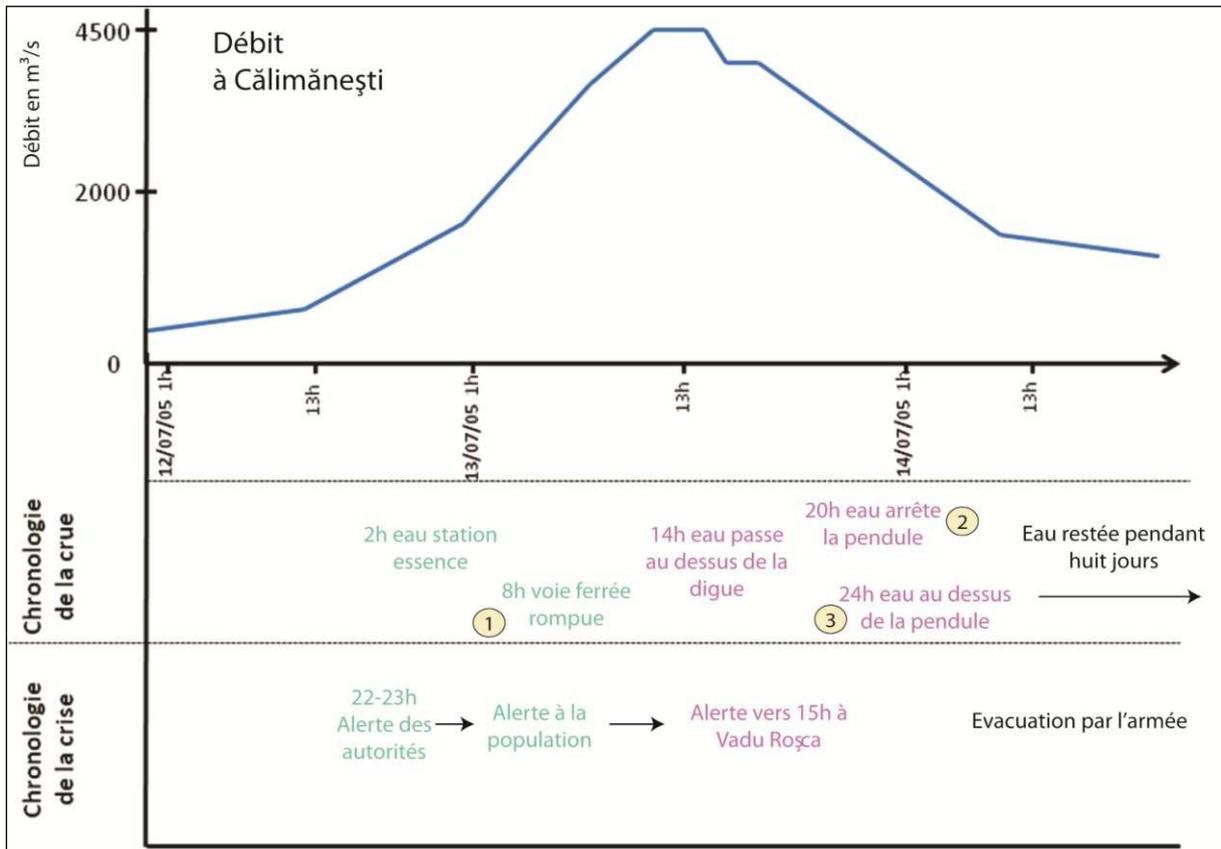


Figure 1- 21: L'origine de l'inondation de la Putna en juillet 2005 ; A – Localisation des villages touchés ou épargnés par l'inondation de la Putna en juillet 2005 ; B – Evolution des tracés de la Putna à Mircești en 1981 et 2010 ; C – Etendue de l'inondation de juillet 2005 de la Putna et du Siret entre Mircești et Biliștei

1.3. L'inondation de Biliștei à Vadu Roșca

1.3.1. Les temps de l'inondation : durée et chronologie de l'événement

La chronologie des 12 et 13 juillet a pu être reconstituée grâce aux témoignages des autorités locales (mairies de Suraia et de Vulturu) et d'une partie de la population qui a participé aux actions de secours (Figure 1- 22). Dans la nuit du 12 au 13 juillet 2005 l'eau de la Putna arrive à la station essence (Localisation : Figure 1- 24) entre les villages de Biliștei et de Suraia. Le matin du 13 juillet la voie ferrée à l'ouest de Suraia, qui retenait les eaux de la Putna est rompue (Figure 1- 22). En milieu de journée le Siret déborde à son tour par l'est et dépasse les digues de rive droite à hauteur des villages de Suraia mais surtout de Vadu Roșca. Un repère de crue trouvé dans l'épicerie (Localisation de l'épicerie: Figure 1- 32) de ce village permet d'estimer la durée et la vitesse de montée des eaux. La pendule accrochée au mur s'est arrêtée à 20 heures sous environ 1m70 d'eau. La montée des eaux dans Vadu Roșca aurait eu lieu de 15 heures à minuit le 13, pour atteindre le toit des maisons.



En vert: Suraia En violet: Vadu Roșca



Figure 1- 22: Chronologie de la crue du 12-13 juillet 2005 dans les villages de Suraia et de Vadu Roșca Les traits rouges représentent les hauteurs d'eau (Photographies: F. Salit, 2009 ; Localisation Figure 1- 24)

1.3.2. L'implication des digues

La Figure 1- 24 schématise le déroulement de l'inondation des 12-13 juillet dans les villages de Suraia et de Vadu Roșca. Plusieurs éléments sont pris en compte : la localisation des zones inondées, les hauteurs d'eau, la direction des eaux et enfin l'implication de chaque aménagement dans l'inondation. Cinq étapes ont été déterminées:

1- La Putna déborde à hauteur du village de Mirceștii Vechi. Aucune digue ne protège les villages riverains de la Putna sur ce secteur. Après avoir franchi la canalisation rompue par les habitants, l'eau s'écoule, comme une vague selon une direction sud-est.

2- L'eau de la Putna est bloquée par le talus de la voie ferrée à l'ouest du village de Suraia. A la faveur d'un passage sous le talus, la voie ferrée se rompt. L'eau inonde la plaine entre les villages de Suraia et de Vadu Roșca.

3- L'eau du Siret dépasse les digues à hauteur de Vadu Roșca. Le Siret ne semble pas avoir débordé à Suraia, la partie nord du village ayant été inondée par la Putna.



Figure 1- 23: Plaine inondée entre Suraia et Vadu Roșca. L'eau est bloquée à l'est par les digues du Siret (Photographie: ANAR ; Localisation Figure 1- 24)

4- Les eaux conjointes du Siret et de la Putna s'accumulent dans la plaine de Vadu Roșca, bloquées à l'est (Figure 1- 23), à l'ouest et au sud par un réseau de digues créant un cul-de-sac. L'eau ainsi accumulée, atteint dans le village de Vadu Roșca jusqu'à 4 mètres (Figure 1- 25).

5- Afin d'évacuer l'eau s'accumulant dans la « cuvette » artificielle, plusieurs digues ont été rompues. La première chronologiquement semble être celle à Suraia. La Figure 1- 26 montre les habitants de ce village en train de percer deux brèches juste en aval de Suraia, sans doute le 13

juillet. L'étendue d'eau que l'on aperçoit n'est pas le Siret mais l'accumulation d'eau des deux rivières (Putna et Siret) entre les deux villages.

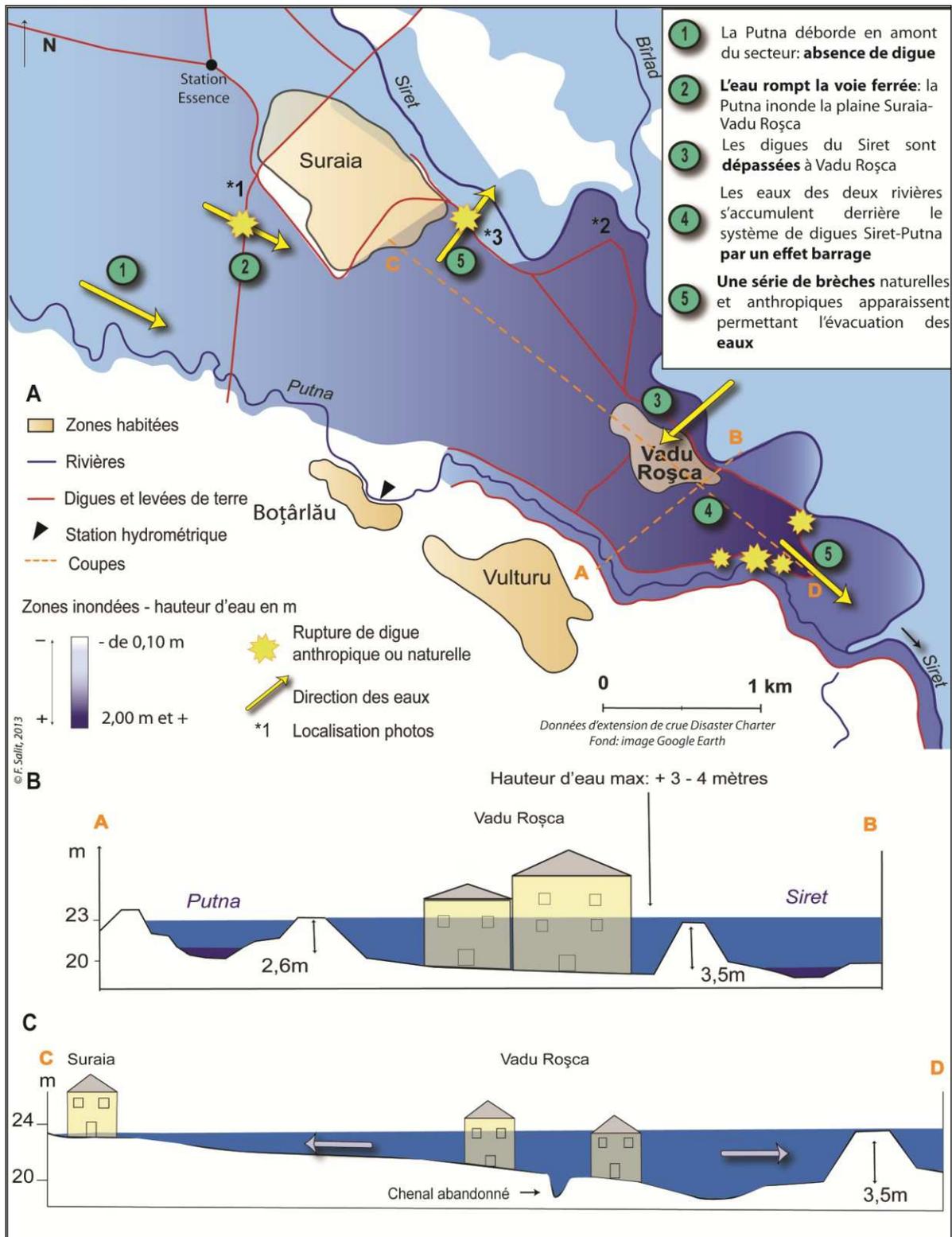


Figure 1- 24: A – Déroulement de l'inondation des 12 et 13 juillet 2005 sur le Siret inférieur entre les villages de Suraia et de Vadu Roșca et implication des aménagements. B – Coupes schématiques de l'inondation à hauteur du village de Vadu Roșca et C – dans la plaine entre les deux villages. (Localisation photographies : *1- Figure 1- 22; *2- Figure 1- 23; *3- Figure 1- 26)



Figure 1- 25: Vadu Roșca inondée le 13 juillet 2005 (Photographies: ANAR)



Figure 1- 26: Brèches dans une digue en rive droite du Siret en aval de Suraia (Photographie: Pavel, 2010; Localisation Figure 1- 24)

Une série de brèches au sud de Vadu Roșca a permis l'évacuation des eaux. L'origine de ces brèches et leur localisation a fait l'objet d'une investigation particulière car les témoignages étaient contradictoires. Il en ressort que trois brèches ont été provoquées par le chef de la station de pompage de Vadu Roșca. D'après son témoignage, celui-ci aurait été prévenu de la montée des eaux par ses supérieurs. Voulant protéger la station, il se rend sur place et pratique trois ouvertures sur la digue en rive gauche de la Putna. Toujours selon lui, une brèche naturelle se serait faite dans la digue de rive droite du Siret.

A l'échelle des villages de Suraia et de Vadu Roșca, les digues ont été l'élément déterminant de l'inondation. Absentes, mal calibrées, fragiles ou encore mal agencées, elles ont engendré une montée des eaux très rapide et des hauteurs d'eau record à Vadu Roșca.

**

Après reconstitution de l'événement sur le secteur du Siret inférieur, l'implication des digues et de leur gestion se dessine dans l'étendue des zones inondées. Sur l'ensemble du secteur étudié et plus particulièrement dans les villages de Suraia et de Vadu Roșca, les digues ont représenté une double menace : de par leur agencement, elles ont piégé l'eau et elles ont engendré des ondes de crues après rupture.

2. Bilan des dommages et dégâts

La mesure d'un événement est établie par les autorités grâce au bilan des dommages qu'il a provoqués. L'entrée d'une étude du risque inondation par les dommages apparaît comme conforter une approche matérialiste du risque (Reghezza-Zitt, 2013) où l'aléa est une source de danger. Mais l'événement se comprend aussi par l'empreinte qu'il laisse et dans l'écho qu'il crée, à plus ou moins long terme. Les dommages qu'il engendre et la façon dont ils sont répercutés dans les médias et la société en général, participent à le façonner en tant qu'événement, que ce soit par son action sur la vision ou le sentiment des populations ou sur les décisions des politiques.

C'est pourquoi il apparaît nécessaire de dresser le bilan de l'inondation de juillet 2005. Plusieurs bilans peuvent être établis : le bilan général des inondations en 2005 sur toute la Roumanie qui participe à la création d'un « événement national » (i), un bilan plus spécifique au Siret inférieur en juillet 2005 (ii). Enfin un bilan plus particulier dans le village de Vadu Roșca est dressé (iii).

2.1. Bilan des inondations de 2005 en Roumanie et de juillet 2005 sur le Siret inférieur

Du printemps 2005 au mois d'octobre, les inondations des principales rivières roumaines ont fait l'actualité, ce qui a renforcé le sentiment de danger à l'échelle nationale. Le bilan des dommages des inondations de 2005 en Roumanie est le plus élevé depuis la vague d'inondations du printemps 1970 (Figure 1- 27). Le bilan des inondations de 2005 est évalué à 76 morts et le coût des dégâts à environ 1,7 milliards d'euro (6 milliards de RON), dont par exemple 656 392 ha de terres agricoles affectées et 1 734 localités touchées, sur l'ensemble de la Roumanie (Ministerul Mediului, 2006).

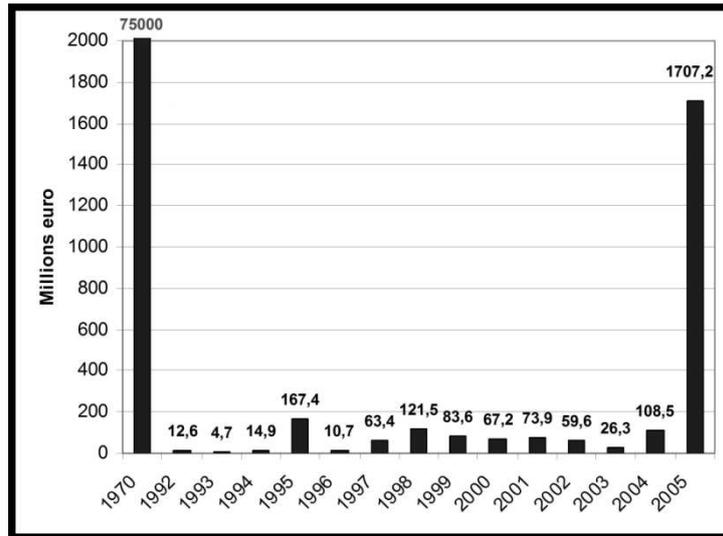


Figure 1- 27: Evaluation des dégâts en millions d’euro, occasionnés par les inondations depuis 1970, en Roumanie (Ministerul Mediului, 2006)

L’inondation de juillet 2005 dans le Siret inférieur a entraîné la mort de 23 personnes dont 7 dans le seul village de Vadu Roșca. Les dégâts matériels concernent essentiellement trois domaines : les habitations, les infrastructures de circulation de type routes, ponts ou voies ferrées (Figure 1- 28) et les terres arables.



Figure 1- 28: Voie ferrée détruite le 15 juillet 2005 dans le bassin du Siret inférieur (Photographie: ANAR)

Tableau 1- 7: Répartition des surfaces affectées par l’inondation de juillet 2005 sur le Siret inférieur de Cosmești à Galați (d’après Romanescu et Nistor, 2010)

| | Surface (en ha) | % |
|------------------------------|-----------------|------|
| Terres arables | 34 142 | 58,5 |
| Prairies | 6 697 | 11,5 |
| Vergers et vignobles | 1 864 | 3,2 |
| Surfaces bâties | 2 866 | 4,9 |
| Forêts | 4 916 | 8,4 |
| Rivières et lacs | 2 081 | 3,6 |
| Terrain non productif | 5 757 | 9,9 |
| Total | 58 324 | 100 |

80 % des surfaces affectées sont couvertes de végétation dont la majorité sont des terres arables (Tableau 1- 7). Les surfaces bâties ne représentent que 5 % du secteur inondé, mais le nombre de maisons touchées ou détruites par l’inondation est élevé (Tableau 1-8). Les communes les plus atteintes sont Nanești et Vulturii (qui regroupent les villages de Boțârlău, Vulturii, Vadu Roșca Hîngulești et Maluri) (cf. Figure 1- 3, p. 46 pour la localisation des villages cités).

Tableau 1-8: Répartition des dommages dans les communes du bassin du Siret inférieur (Source données : Ministerul Mediului, 2009a)

| Communes | Dégâts en | | Maisons détruites | Maisons affectées | Morts | Infrastructures affectées |
|------------------------|-----------|-------|-------------------|-------------------|-------|---------------------------|
| | M RON | M EUR | | | | |
| Umbrărești | 9,16 | 2,5 | 152 | 362 | - | 12,3 km route 1 pont |
| Ivești | 8,33 | 2,27 | 67 | 108 | - | 16 km route |
| Liești | 4,28 | 1,17 | - | - | - | 1 pont |
| Biliești | 3,87 | 1,06 | 47 | 185 | - | - |
| Suraia | 97,9 | 26,68 | 162 | 462 | - | 55 km route 2 ponts |
| Vulturu | 29,23 | 7,97 | 330 | 393 | 7 | 17 km route |
| Nănești | 17,58 | 4,79 | 175 | 422 | - | 15 ponts |
| Nămoloasa | 5,31 | 1,45 | 3 | 38 | - | 17 km route 2 ponts |
| Milcov | 5,91 | 1,61 | 58 | 332 | - | - |
| Fundeni | 3,35 | 0,91 | 4 | 34 | - | 75 km route 4 ponts |
| Piscu | 6,51 | 1,77 | 33 | 58 | - | 4 km route 6 ponts |
| T. Vladimirescu | 9,27 | 2,53 | 76 | 303 | - | 1,5 km route |
| Maicănești | 7,95 | 2,17 | 80 | 339 | 1 | - |
| Braniștea | 6,18 | 1,68 | - | 4 | - | 18 km route 4 ponts |
| Șendreni | 9,87 | 2,69 | - | - | - | 0,3 km route |
| Galați | 1,32 | 0,36 | - | 120 | - | 0,4 km route |

Néanmoins ces données sont à considérer avec précaution. D'après le plan affiché en mairie de Vulturu qui représente la répartition des dommages subis dans la commune en juillet 2005, il y aurait 439 maisons inondées à Vadu Roșca et 100 à Vulturu ; de même l'affiche comptabilise 500 maisons inondées à Călienii Vechi et 250 à Călienii Noi (commune de Nănești). La non-concordance des données pose la question des méthodes d'évaluation des dommages après une inondation. La juste évaluation des dégâts est un point majeur non seulement dans la caractérisation de l'événement, mais aussi pour estimer l'impact réel de l'inondation sur le territoire. L'analyse permet également une appréciation de la vulnérabilité d'un secteur. Les moyens disponibles pour cette étude ne sont pas suffisants pour estimer les dommages à l'échelle du bassin du Siret inférieur. Néanmoins ce travail se propose d'estimer, sous la forme d'une étude de cas, les dommages à l'échelle de Vadu Roșca, village le plus atteint par l'inondation de juillet 2005.

2.2. Bilan des dommages à Vadu Roșca

2.2.1. L'évaluation des dommages après un événement

La caractérisation des dommages liés à une inondation participe à la définition de la vulnérabilité d'un secteur permet d'anticiper en partie les impacts potentiels d'une inondation et d'assurer une meilleure préparation à l'aléa. Les méthodes d'évaluation des dommages après un « grand événement » sont connues en France et synthétisées dans un rapport du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement – M.A.T.E. (2001). Le Tableau 1- 9 présente un extrait de la grille des dommages pour l'habitat des particuliers.

Tableau 1- 9: Grille des dommages pour l'habitat des particuliers (d'après M.A.T.E., 2001)

| Types d'enjeux | Types d'impacts | Types de coût | Origines et nature des financements | Indicateurs non monétaires |
|----------------------|--|--|--|--|
| Habitat particuliers | - Destruction ou endommagement | - Coût de la reconstruction, de remplacement ou de la réparation | - Montant des indemnisations assurance | - Nombre de maisons détruites |
| | - Relogement provisoire si le logement est gravement sinistré ou détruit | | - Coût du relogement provisoire | - Montant des aides versées aux sinistrés (dons, aide d'urgence) |
| | - Dégradations par bactéries, déstabilisation des fondations | | - Montant du coût assumé par les particuliers | - Nombres de maisons sinistrées |
| Biens mobiliers | | | - Financement du relogement par les pouvoirs publics | - Nombre de véhicules sinistrés |
| Véhicules | - Impacts psychologiques | | | - Nombre de familles relogées temporairement |
| | | | | - Nombre de dossiers assurance déposés |
| | | | | - Nombre de dossiers déposés en mairie |
| | | | | - Nombre de consultations médicales |

Cinq thèmes sont abordés pour caractériser les dommages :

- **Les types d'enjeux** : habitat-particulier ; entreprises ; exploitations agricoles ; infrastructures routières ; environnement. Seul le premier enjeu est présenté ici.
- **Les types d'impacts** : répartis selon les dommages directs ou indirects.
- **Les types de coûts**
- **L'origine et la nature des financements**
- **Les indicateurs non-monétaires** : données qualitatives sur le nombre d'habitations sinistrées par exemple.

Afin d'estimer les dommages matériels d'un événement plusieurs méthodes sont adoptées en France (M.A.T.E., 2001). Deux biais permettent la récolte des informations. Le décompte se fait:

- dans l'immédiat post-crise, par les déclarations des secours (nombre de personnes sinistrées, relogées d'urgence),
- dans les mois qui suivent l'événement, par les indemnisations des assurances. Cette dernière source est considérée comme la plus complète car elle fournit également une quantification des coûts liés à l'inondation. Néanmoins elle contient des limites puisqu'une partie des dommages restent aux frais des populations.

Les méthodes utilisées en Roumanie ne sont pas aussi bien connues et les données apparaissent difficiles d'accès (Duțu, 2010). Deux sources semblent apporter l'information : les secours dans le temps de la crise ; les maires qui sont chargés de recenser les dommages dans leurs communes et faire remonter les données au niveau départemental (Tableau 1- 10). Les méthodes de recueil de l'information font l'objet d'étude actuellement en vue de son amélioration (Ministerul Mediului, 2010a) même s'il apparaît qu'elle ne semble pas avoir beaucoup changé dans les derniers rapports (Ministerul Mediului, 2012). Duțu (2010) propose trois étapes pour évaluer les dommages dus aux inondations: consulter la presse pour cibler les localités touchées ; consulter les préfectures qui centralisent des informations en vue d'une procédure de déclaration de catastrophes naturelles ; consulter les organismes en charge notamment de l'indemnisation. Mais ces options ne sont pas applicables partout, les assurances en cas de catastrophes naturelles ne sont obligatoires que depuis 2011 en Roumanie.

Tableau 1- 10: Extrait de la fiche d'évaluation des dommages après une inondation à remplir par chaque maire (Ministerul Mediului, 2012- traduction F. Salit)

| Nb. | Bassin hydrographique, municipalité, ville, commune/localité appartenance | Chaque cours d'eau partagé par commune et localité | Objectifs affectés | Cause des dommages sur chaque localité |
|-----|---|--|--|--|
| | Commune..... Village..... | | <ul style="list-style-type: none"> - Victimes humaines - nb. personnes sinistrées - nb. de maisons: <ul style="list-style-type: none"> - détruites - avariées - nb. d'annexes: <ul style="list-style-type: none"> - détruites - avariées - nb. d'objectifs socio-économique et administratif (école, maternelle, église, hôpital, mairie etc.) - nb. d'objectifs culturels | <ul style="list-style-type: none"> - débordement de la rivière, ru, cours non permanent (nommer ceux-ci) - embâcles - écoulement de versant - étangs, eaux souterraines - rupture de digue, avarie du barrage |

Objectifs

Le rapport des dégâts en 2005 pour la commune de Vulturu n'apporte finalement que peu de renseignements : les données sont trop générales et concernent l'ensemble des villages de la commune. C'est pourquoi une étude plus précise d'estimation des dommages subis à l'habitat est effectuée à Vadu Roșca.

L'objectif de ce travail d'estimation des dommages est multiple :

- Estimer le nombre et l'étendue des dommages à l'habitat dans Vadu Roșca. Cette quantification et répartition des dégâts permettraient de confirmer la reconstitution de l'inondation développée précédemment.
- Evaluer la vulnérabilité structurelle de l'habitat.
- Estimer la capacité de la population soit à rebâtir/restaurer soit à s'adapter.

2.2.2. Données et méthodes

Elaboration d'une méthode d'évaluation des dommages à l'habitat à petite échelle

Il a été nécessaire d'élaborer une autre méthode que celle adoptée en France pour estimer et spatialiser l'étendue des dommages aux biens matériels avec les moyens disponibles. Etant donné que l'enquête se limitait à un seul village, un recensement de terrain était possible. Les habitations ont été classées en huit catégories selon trois critères principaux :

- **Habitée ou abandonnée** : une maison abandonnée est considérée comme telle lorsqu'aucun entretien (extérieur ou intérieur) n'est effectué ou lorsque les signes d'abandon sont évidents (murs écroulés ; Figure 1- 29).

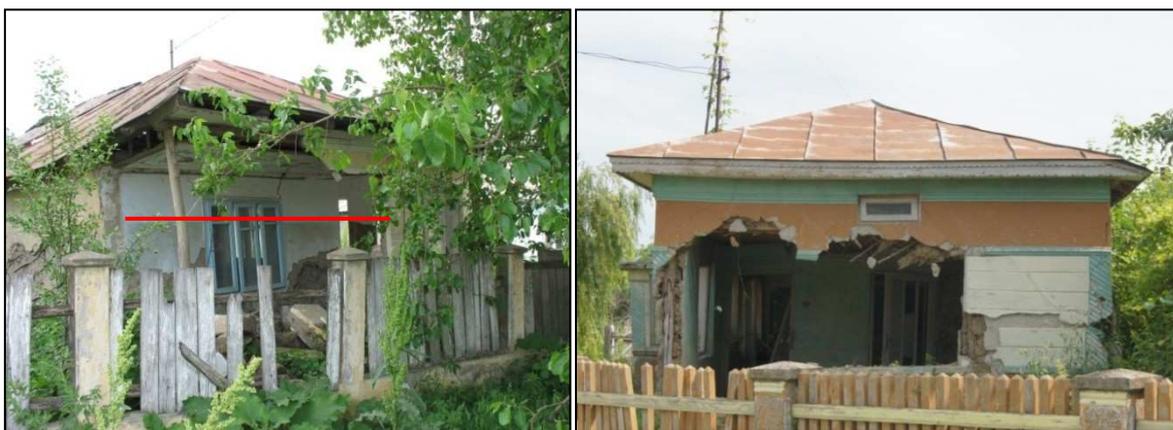


Figure 1- 29: Exemple de maisons considérées comme abandonnées-détruites ; le trait rouge marque la hauteur d'eau atteinte en juillet 2005 (Photographies : F. Salit, juin 2012)

- **En construction ou achevée** : de nombreuses maisons sont en cours de construction (où seule la structure existe ; la façade est inachevée ; Figure 1- 30)



Figure 1- 30: Exemple de maisons en construction. La maison de gauche est considérée comme habitée-abîmée, le trait rouge marque la hauteur d'eau atteinte en juillet 2005 (Photographie : F. Salit, juin 2009) et la maison de droite comme « en construction » (Photographie : F. Salit, juin 2012)

- **Abîmée (à savoir : traces visibles de l'inondation – maisons atteintes selon les témoignages) ou aucune trace** : est appelée « abîmée » une maison où les marques laissées sur les façades par l'eau sont encore visibles (Figure 1- 30) ou une maison qui d'après les témoignages ou/et photos a été inondée.

La qualification des maisons procède d'une appréciation visuelle confirmée ou infirmée par les témoignages et les images de l'événement.

Démarche

Le recensement a été fait sur une journée rue par rue en juin 2012, soit sept ans après l'inondation. 477 maisons ont été recensées au total. Il n'a pas été possible de confirmer ce chiffre ni par la mairie (consultation du cadastre), ni par les images aériennes (on ne peut distinguer les habitations des granges). De plus les maisons détruites dans leur intégralité ne sont visibles sur le terrain que par quelques vestiges (mur, portail). Le recensement des maisons a été effectué en parallèle d'un questionnaire sur l'évaluation du système d'alerte en 2005 (cf. 4^{ème} Partie p.288). Ces questionnaires, réalisés par une équipe de cinq chercheurs dont 3 parlant le roumain, ont favorisé une double démarche qui a permis de préciser l'état des maisons et leur rénovation ou non, suite à 2005. Les habitants ont été encouragés à se remémorer l'inondation et des indices sur les hauteurs d'eau ont pu être récoltés.

Le village a été divisé en 3 zones pour permettre une évaluation différenciée des dommages selon la topographie et la proximité à la rivière : la première zone se situe au nord d'un vallon, qui traverse le village d'ouest en est (i) ; la seconde, au sud-est de ce vallon près de la rive droite du Siret et dans la zone la plus basse du village (ii) ; la troisième au sud-ouest, secteur le plus éloigné du Siret (iii).

Un code couleur a été attribué selon l'état des maisons :

- **Violet** pour les maisons dont il ne reste plus de trace.
- **Rouge pour les abandonnées** : rouge foncé pour les abandonnées (en ruine) et rouge clair pour les abandonnées en construction.
- **Jaune pour les abîmées** (en 2005 ou aujourd'hui) : jaune foncé pour les rénovées et jaune clair pour celles laissées en l'état.
- **Vert pour les habitées** : vert foncé pour les maisons habitées dont aucune précision n'est possible et vert clair pour les maisons neuves (postérieures à l'inondation ou refaites entièrement).
- **Bleu** pour les maisons en construction.

Limites

De nombreux facteurs externes peuvent se combiner pour expliquer la destruction ou l'abandon des habitations : la situation économique des familles, le marché de l'emploi dans la région, la situation familiale... Le laps de temps écoulé entre l'inondation (2005) et le recensement des maisons (2012) accroît la marge d'erreur : les maisons peuvent avoir été endommagées ou abandonnées avant ou après l'inondation, sans lien avec celle-ci. Néanmoins pour évaluer la résilience des populations, il est nécessaire de laisser un certain temps s'écouler. Faut d'avoir pu réaliser deux recensements, un en 2005 et un actuellement, la marge d'erreur a été réduite en demandant confirmation auprès de la population le plus souvent possible.

Les résultats d'une étude à l'échelle d'un village ne peuvent être un modèle de la capacité d'adaptation d'une société à l'échelle nationale. Néanmoins cette étude de cas peut apporter des pistes de recherche sur le « vivre après un événement » et poser les jalons d'une étude sur la naissance d'une culture du risque.

2.2.3. Résultats

Les résultats sont présentés sous forme de carte (Figure 1- 32), où les maisons sont figurées selon leur état et leur localisation. Aucune logique de répartition des couleurs ne se détache de prime abord. On constate, par exemple, qu'aucune rue n'a été complètement abandonnée. Deux couleurs prédominent : le rouge foncé (maisons abandonnées/détruites), et le vert foncé (habitées), catégorie regroupant les maisons dont aucun état particulier n'a pu être avancé.

Près de 50 % des maisons ont été touchées par l'inondation à des degrés divers (addition des cinq premières catégories - Figure 1- 32). Le chiffre paraît en deçà du bilan des autorités et des images mêmes de l'inondation où la totalité du village est sous les eaux. On constate sur la photographie 1 de la Figure 1- 32, que le cimetière est totalement sous les eaux, or celui-ci se situe en plein cœur du village. Selon la mairie de Vulturu dont Vadu Roșca fait partie, 439 foyers ont été inondés, soit 92% des maisons. Néanmoins on a pu constater que plusieurs foyers coexistent au sein d'une maison et que certaines maisons sont collectives. Par ailleurs les chiffres des autorités elles-mêmes ne coïncident pas : selon Ministerul Mediului (2009a) 393 maisons ont été affectées à Vulturu (soit un regroupement de 5 villages).

Au total 36,7 % des maisons ont été classées comme abandonnées-détruites, soit autant que le nombre de maisons habitées (34,6 %). Les habitées-rénovées ne représentent que 1,3 %, mais ce chiffre est sous-estimé par la proportion de maisons où les traces de l'inondation ne sont plus visibles. 9,6 % des maisons sont habitées-abîmées, ce qui témoignent des faibles moyens mis en œuvre pour restaurer les habitations, sept ans après. 9,6 % des maisons gardent les stigmates de l'inondation, soit par des traces visibles de la hauteur d'eau, soit par des repères de crue dans les maisons (Figure 1- 31).



Figure 1- 31: Pendule arrêtée lors de l'inondation de juillet 2005 (à gauche ; F. Salit, juin 2011) dans l'épicerie de Vadu Roșca (à droite ; Google Streetview, juillet 2012) (Localisation de l'épicerie Figure 1- 32)

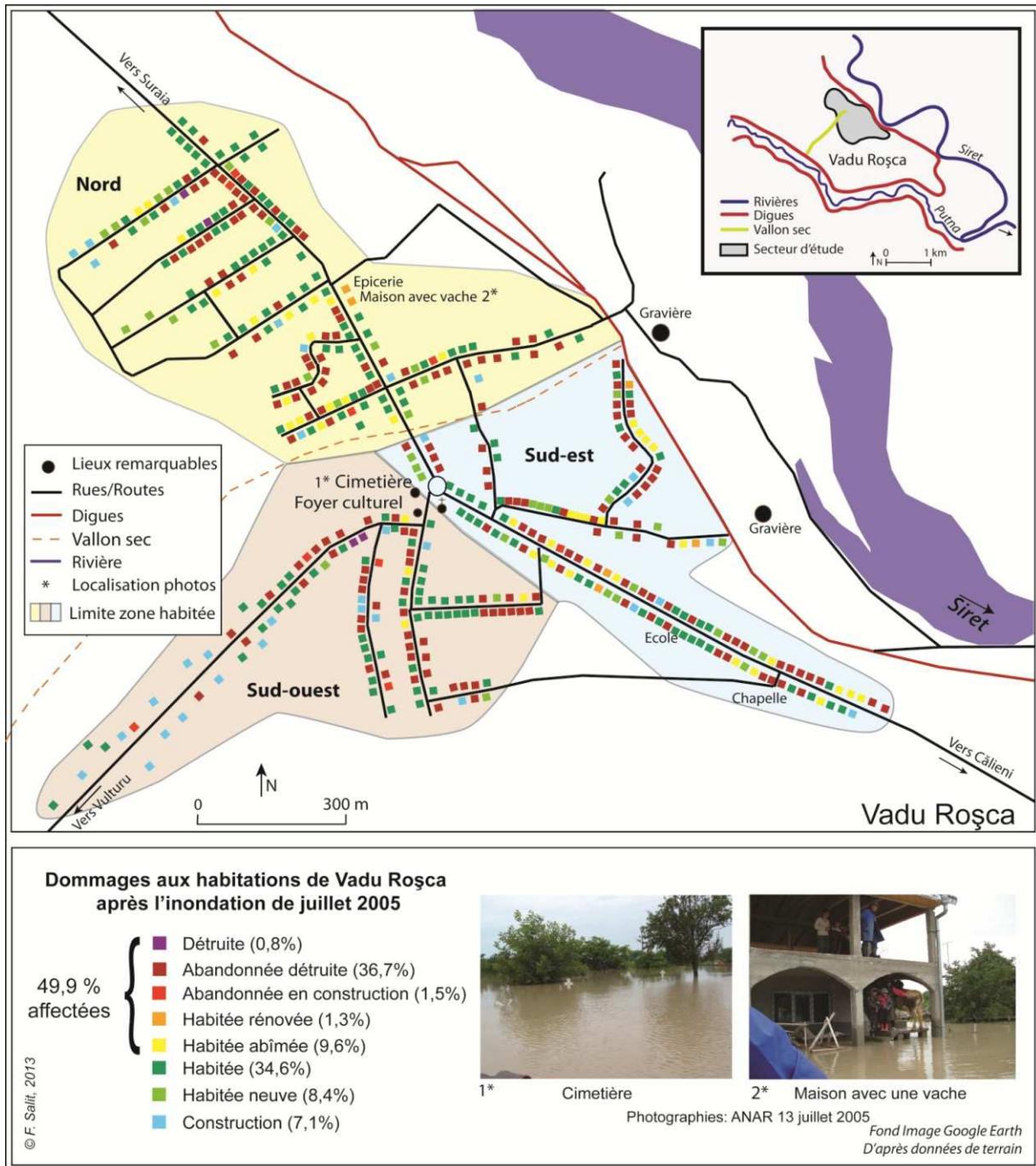


Figure 1- 32: Répartition des dommages causés aux habitations suite à l'inondation de juillet 2005 à Vadu Roșca. Enquête réalisée en 2012 (Photographies : ANAR)

Si l'on considère désormais les résultats par secteur, plusieurs éléments sont remarquables (Tableau 1- 11) :

- **Le secteur sud-est**, c'est-à-dire le secteur qui se situe non seulement sur les rives du Siret mais également sur la zone la plus basse du village près de l'impasse créée par les digues, apparaît le

plus touché. 15,3 % des 157 maisons sont habitées-abîmées sur ce secteur (contre 9,6 % pour l'ensemble) et 40 % sont abandonnées-détruites (contre 33,5 % pour le secteur nord et 37,3 % pour le secteur sud-ouest). Par ailleurs la catégorie habitée y est la plus faible avec 24,8 % des maisons, contre 39,7 % pour le secteur nord et 38,9 % pour le secteur sud-ouest. Enfin c'est dans ce secteur que le nombre de maisons neuves (12,7 %) ou en construction (4,5 %) est la plus faible.

- **Le secteur sud-ouest** est le secteur le plus éloigné du Siret et c'est dans celui-ci que la proportion de maisons en construction est la plus importante (13,5 %) et surtout que celle de maisons abîmées est la plus faible (2,4 %).

- **Le secteur nord** a le plus fort taux de maisons habitées (39,7 %). Même si cela ne reste que peu représentatif des dommages subis en 2005, il est le secteur le plus élevé et le moins soumis au reflux des eaux prisonnières derrière les digues.

Tableau 1- 11: Répartition des dommages aux habitations suite à l'inondation de juillet 2005 à Vadu Roșca (en %). En gras, les chiffres remarquables

| | Etat | Nord | Sud-Ouest | Sud-Est |
|---|-------------------------|-------------|-------------|-------------|
|  | Détruite | 1,0 | 1,6 | 0,0 |
|  | Abandonnée détruite | 33,5 | 37,3 | 40,1 |
|  | Abandonnée construction | 1,5 | 3,2 | 0,0 |
|  | Habitée rénovée | 1,0 | 0,0 | 2,5 |
|  | Habitée abîmée | 9,3 | 3,2 | 15,3 |
|  | Habitée | 39,7 | 38,9 | 24,8 |
|  | Habitée neuve | 8,8 | 2,4 | 12,7 |
|  | Construction | 5,2 | 13,5 | 4,5 |

2.2.4. Discussion

L'inondation de juillet 2005 a touché l'ensemble de Vadu Roșca sans disparité fondamentale. Les trois secteurs du village ont été atteints dans des proportions similaires, malgré les quelques différences mentionnées. Néanmoins un abandon plus prononcé se dessine dans la partie aval du village et près du Siret, ce qui semble s'expliquer par une accumulation d'eau plus importante mais aussi par un sentiment d'insécurité à proximité de la rivière.

Un village marqué

Ce recensement des habitations met en lumière la vulnérabilité structurelle des maisons. La sensibilité des bâtiments est un critère majeur dans les dommages potentiels subis. Elle comprend la hauteur du premier plancher par rapport au terrain naturel, la présence d'un sous-sol, d'un étage, les matériaux de construction (Euleuterio *et al.*, 2008). Cette sensibilité des bâtiments est déterminante

pour deux points : pour la résistance physique de la maison lors d'une crue, mais aussi pour la possibilité de se protéger en cas de montée des eaux. Les maisons à Vadu Roșca sont de deux types :

- Des maisons de plain-pied, sans sous-sol ni vide sanitaire. Elles sont construites en torchis. Le premier plancher est à la même hauteur que le terrain. Il n'y a pas d'accès au toit. La hauteur du plafond au rez-de-chaussée n'excède pas les 2,5 mètres.
- Des maisons plus récentes, à un étage, généralement en parpaing. Elles sont surélevées d'une soixantaine de centimètres par rapport au terrain. La hauteur sous plafond est d'à peu près 3 mètres.

La plupart des maisons abandonnées-détruites sont du premier ordre, très vulnérables aux inondations. D'après les images et films de la crue dans le village, on constate que ces maisons ont subi de larges dommages (murs éventrés) mais aussi qu'elles deviennent un piège en cas de montée des eaux rapide puisqu'elles n'ont pas d'accès au toit.

Une adaptation ?

Comment interpréter l'abandon de plus du tiers des habitations dans ce village ? Trois éléments peuvent être mobilisés :

- **Les dons de maisons** : Des maisons ont été offertes aux habitants de Vadu Roșca par un milliardaire roumain dans le village de Vulturii. Une partie seulement des habitants a accepté. Le gouvernement a aussi fait construire de nouvelles maisons dans des villages voisins considérant que le déplacement de la population reste un des meilleures stratégies de protection contre les inondations. Malgré tout, le taux d'abandon de Vadu Roșca reste faible, de nombreuses maisons « offertes » restent inoccupées. Des témoignages d'habitants d'autres villages du Siret inférieur, ont fait état que les maisons mises à disposition des sinistrés ont été données à la famille. Un habitant de Piscu déclare avoir laissé sa « nouvelle » maison à son fils.

- **Le problème de l'assurance** : L'assurance des maisons était obligatoire jusqu'en 1995, 90 % des maisons étaient alors assurées contre les risques naturels ou technologiques (Bodnarciuc, 2009). Au 1^{er} juillet 2009, seules 25 % des maisons l'étaient. En 2005 seul 1 % des dommages causés par les inondations était assuré (ICAR, 2007). Cette assurance est de nouveau obligatoire depuis 2011. Un article de presse de janvier 2013 (*Ziarul de Vrancea*¹) fait état des difficultés du département de Vrancea à imposer l'acquisition d'une assurance en cas de catastrophe naturelle. Le reportage qui se

¹ Article publié le 9 janvier 2013 disponible en ligne : <http://www.ziaruldevrancea.ro/actualitatea/88099-video-vrancenii-nu-se-mai-asigura-impotriva-calamitatilor-naturale.html>

située à Vadu Roșca témoigne du faible taux d'assurés dans le village. Si les habitants ne sont pas assurés, la rénovation des maisons sinistrées a un coût élevé.

- **Les nouvelles constructions** : deux générations de maisons se côtoient parfois au sein de la même propriété. La tradition veut qu'une nouvelle maison soit construite à côté plutôt que d'améliorer l'ancienne. Une nouvelle construction est dans ces cas, possible grâce à l'apport des remises de membres de la famille travaillant à l'étranger. Des habitants peuvent ainsi avoir abandonné leur maison sans avoir quitté le village. De la même manière, certaines maisons en construction qui paraissent abandonnées, peuvent être seulement en attente de moyens nécessaires pour achever la construction. Ce cas de figure semble assez fréquent dans le village de Vultură où une communauté importante de la population travaille à l'étranger, et notamment en Italie (Valse, 2011).

Peut-on constater une adaptation des habitants aux inondations ? Dans une certaine mesure ces maisons à étage qui ne correspondent plus aux normes traditionnelles de l'habitat, sont une forme d'adaptation au risque inondation. Mais les moyens financiers sont limités dans la grande majorité des cas. L'emplacement des nouvelles constructions et leurs caractéristiques sont autant un indice de la présence d'une mémoire du risque qu'une marque d'ascension sociale.

L'évaluation des dommages à Vadu Roșca permet de cerner l'étendue de l'événement de 2005 et la vulnérabilité structurelle des habitations, à l'échelle d'un village. L'adaptation de l'habitat apparaît néanmoins limitée par les ressources financières. Le déplacement (dans le village ou dans un autre) des populations, semble être la forme d'adaptation la plus marquée. Ces éléments jettent les pistes de l'élaboration de nouvelles stratégies et notamment ouvrent la voie à une adaptation du bâti aux inondations, des mesures non-structurelles (financement des assurances ou éducation des populations) au cas de la campagne roumaine.

L'événement de juillet 2005 a été meurtrier dans la basse vallée du Siret et a causé d'importants dommages. L'étude de l'événement de 2005 démontre le rôle majeur des aménagements au-delà de ses caractéristiques physiques. L'enquête révèle l'implication des digues et de leur gestion en temps de crise, que ce soit dans la chronologie de l'événement, les hauteurs d'eau ou les dommages.

Conclusion de la 1^{ère} Partie

L'objectif de cette première partie était de caractériser l'événement de 2005 pour, non seulement en analyser les composantes physiques c'est-à-dire en définir l'aléa, mais également en comprendre le déroulement et les conséquences. Il apparaît que l'événement de juillet 2005 est extrême tant dans ses caractéristiques physiques, que dans les dommages qu'il engendre. Les précipitations à l'origine du phénomène et les débits de pointe enregistrés ont atteint des valeurs jamais égalées dans ce secteur, depuis le début des enregistrements. Néanmoins il n'est pas un phénomène unique, des événements similaires s'étant produits dans les années 70, d'une ampleur moindre, mais surtout à la fin du XIX^{ème} siècle/début du XX^{ème} sans que des enregistrements puissent le confirmer.

L'étude de l'événement et non de l'aléa a permis de mettre au jour que l'extension de l'inondation et l'ampleur des dommages ne sont pas imputable aux seules caractéristiques physiques de l'aléa, mais également aux aménagements et à leur gestion. L'entrée par l'événement permet de mettre au jour le rôle du contexte politique, organisationnel et économique dans l'étude du risque inondation. Cette implication des aménagements et en particulier des digues indique la nécessité de comprendre selon une approche diachronique comment ils ont été pensés, selon quels objectifs et dans quel contexte et si le système d'aménagement, compris comme l'ensemble des ouvrages et leurs objectifs, est encore adapté aux stratégies de gestion de l'espace fluvial et du risque inondation de nos jours.

*« Tout destin d'une digue est de faillir
par rupture ou submersion »
Vinet et al., 2011*

2^{ème} Partie – Etude diachronique des aménagements et des logiques associées

Chapitre 1 – Approches et problématique de recherche.

Chapitre 2 – Vie et mort d'une digue

Chapitre 3 – Maîtriser le cours d'eau : les travaux de régularisation

Synthèse

L'aménagement du Siret inférieur en 2005 répond à une logique de maîtrise des éléments naturels développée dès 1970, suite à une inondation majeure, dans un contexte politique particulier. Les temporalités de la gestion de l'espace fluvial en Roumanie s'apparentent à celles des pays d'Europe occidentale. Néanmoins un décalage apparaît en 1970 avec le renforcement du paradigme techniciste qui perdure jusqu'à la fin des années 80. Le développement d'un réseau dense de digues et de travaux de régularisation dans le Siret inférieur correspond à une volonté d'aménagement total et systématique pour lutter contre les inondations et la perte de terres arables.

Chapitre 1 – Approches et problématique de recherche

L'objectif de ce chapitre est de présenter dans un premier temps, les données et méthodes utilisées pour analyser les aménagements sur le Siret inférieur, et dans un deuxième temps, de mettre en perspective le terme de « régularisation » et les logiques auxquelles il renvoie.

1. Données et méthodologie de recherche

1.1. Données et méthode de l'analyse diachronique

L'analyse diachronique des aménagements fait appel à deux types de données : (i) des données cartographiques et (ii) des ouvrages techniques et scientifiques roumains et internationaux sur l'aménagement des cours d'eau.

1.1.1. Les données cartographiques

Afin de saisir l'évolution des aménagements sur le Siret inférieur jusqu'à l'inondation de juillet 2005, un matériel cartographique dense qui s'étend de 1891 à 1990 a été utilisé. Les sources sont variées, cartes roumaines, austro-hongroises ou russes. Ainsi quatre groupes de cartes ont été mobilisées dont les caractéristiques vont être détaillées : (i) les *Planuri Directoare de Tragere*, (ii) les cartes topographiques roumaines, (iii) les cartes topographiques russes et (iv) les autres données cartographiques.

Les Planuri Directoare de Tragere

Les *Planuri Directoare de Tragere* (PDT) représentent les premiers documents cartographiques de précision au 1/20 000^e réalisés de la fin du XIX^{ème} et du début XX^{ème} siècles (Osaci-Costache, 2000). Ces cartes utilisent des levés de terrain de 1891 à 1941. Pour les besoins de l'Armée le système de projection Lambert a été adopté car il ne déforme pas les angles. Les PDT ont été complétés avec des déterminations géodésiques des coordonnées de certains enjeux militaires et actualisées pour les détails planimétriques au moyen d'observations de terrain et de photos aériennes (Osaci-Costache, 2000). Le territoire roumain dans son intégralité est couvert et parmi ces cartes, un ensemble de 25 cartes (Figure 2- 1) a été sélectionné. Elles se répartissent en trois catégories :

- Les cartes les plus anciennes dont le relevé de terrain est antérieur à 1900. Elles ne sont que peu nombreuses mais offrent une profondeur temporelle intéressante.
- Les cartes dont le relevé de terrain est de 1940/1941. Elles constituent la majorité du matériel cartographique.

- Les cartes rééditées après la Seconde Guerre Mondiale et entre 1954 et 1959 dont les relevés de terrain n'ont pas été réactualisés. Seuls le nom des localités et quelques figurés ont été changés.

Les détails figurés sont nombreux même si la légende et la réalisation des cartes en elles-mêmes n'est pas homogène. Les éléments digitalisés, à partir de ces cartes ont été les informations sur l'espace fluvial (les surfaces en eau, rivières et lacs, les alluvions), sur l'environnement (zones marécageuses et terres inondables) et les aménagements (digues).

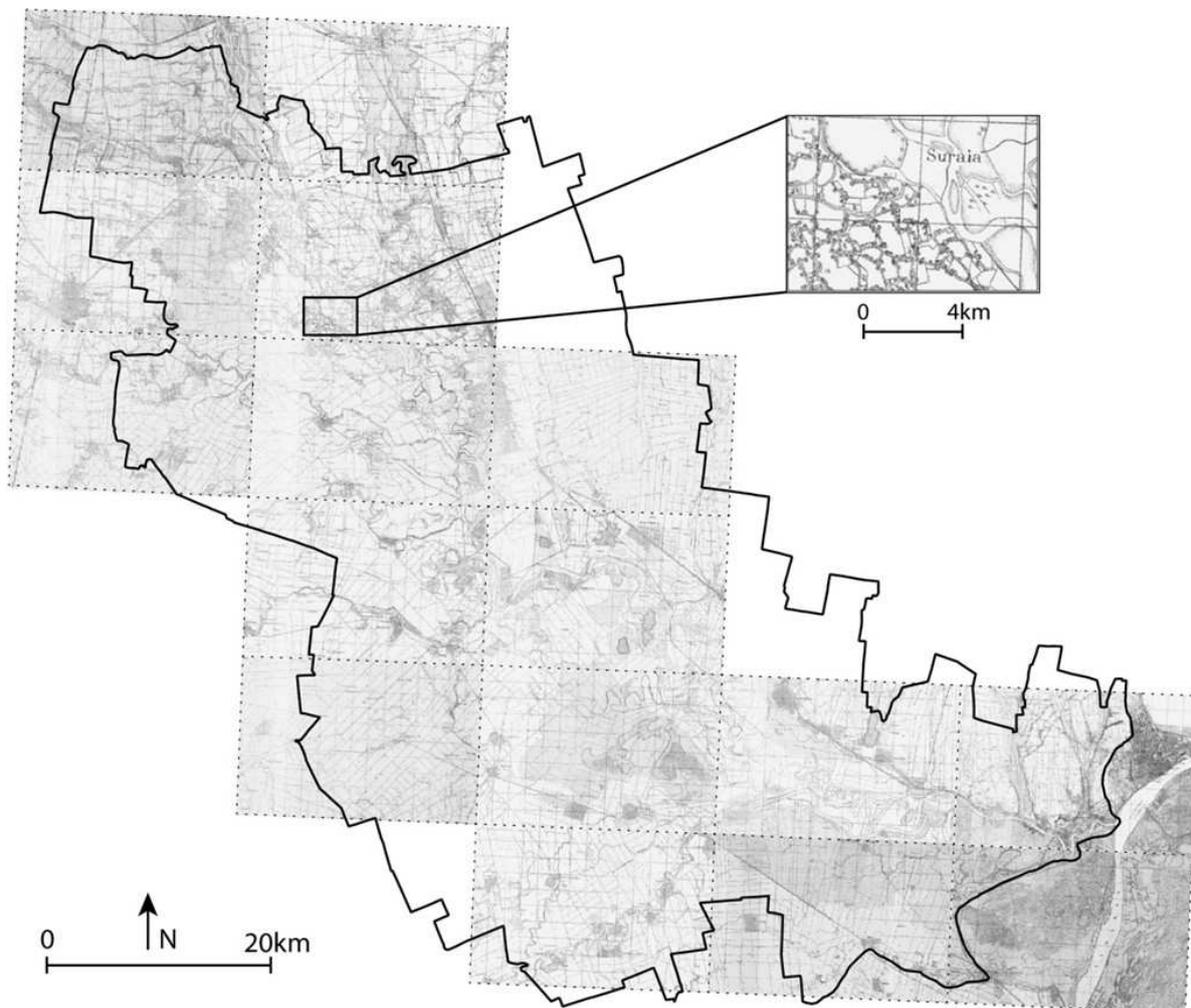


Figure 2- 1: Mosaïque des *Planuri Directoare de Tragere* dans le secteur étudié du bassin du Siret inférieur (Source cartes : geospatial.org)

La difficulté principale réside dans la multitude de dates présentes sur cette mosaïque, auxquelles il faut ajouter les dates de relevés de terrain qui ne sont pas les mêmes (Tableau 2- 1). Ainsi il existe deux cartes, à des dates différentes pour 8 secteurs, avec des dates de relevés de

terrain de 1891-94 et 1940. Néanmoins les relevés de terrain ne semblent pas toujours avoir été refaits : les cartes de 1917 et 1940 de Vulturu par exemple, ne diffèrent pas.

Tableau 2- 1: Caractéristiques des *Planuri Directoare de Tragere* dans le secteur étudié du bassin du Siret inférieur (Source données: geospatial.org)

| N° | Nom de la carte | Dates | Levés de terrain | Statistiques réactualisées | Remarques |
|------|---------------------------|---------------|---------------------------|----------------------------|----------------|
| 4859 | Ciușlea | 1956 | 1940 | 1954 | |
| 4858 | Focșani | 1944 1958 | 1940 ? | | Déchirée |
| 4959 | Tecuci Sud | 1957 | 1891-1893 | 1956 | |
| 4958 | Umbrărești | 19 ?? 1944 | 1891 1940 | | |
| 4857 | Risipiți | 1917 1958 | 1894 1908 | 1956 | |
| 4957 | Vulturu | 1917 1940 | 1891-1894 1940 (?) | | |
| 5057 | Hanul Conachi | 1916 | | | |
| 4956 | Maicănești | 1940 | EST : 1891 / OUEST : 1940 | | |
| 5056 | Nămoloasa | 1941 | | | |
| 5156 | Lascăr Catargiu | 1941 | 1940 | | |
| 4955 | Salcia | 1917 1944 | 1894 1940 | | Info militaire |
| 5055 | Corbu Măxineni | 1917 1955 | 1894 1940 | | Info militaire |
| 5155 | Braniștea Independența | 1941 1958 | 1940 1908 | 1954 | |
| 5255 | Galați | 1941 1958 | 1930-31 1930-31 | 1955 | |
| 5254 | Vădeni | 1955 | 1940 (EST) | 1954 | |
| 5054 | Gurgueți | 1941 | 1940 | | |
| 5154 | Nazîru | 1955 | Reproduit in 1941 | | |

Les cartes topographiques roumaines

Les cartes topographiques roumaines, au 1/25 000^e de 1981 représentent la base du travail effectué. Elles sont homogènes et complètes sur l'ensemble du secteur. Elles sont réalisées en système de projection Gauss-Krüger (cylindrique transversale, système de coordonnées 1942). Ces cartes sont faites à partir de levés de terrain des années 1977-1980. Les renseignements fournis par ces cartes sont riches (hauteur et largeur des digues par exemple) et précis. Elles sont, jusqu'à aujourd'hui, les dernières réalisations cartographiques effectuées par la Roumanie. Ces cartes sont disponibles en version numérique géoréférencées.

Parallèlement à cette carte de référence, un ensemble de cartes topographiques roumaines a été utilisé (Tableau 2- 2). Celles-ci ne sont disponibles qu'en photographie (ou aperçu) et donc inutilisables dans un SIG. Seule une d'entre elles, étant scannée, a été géoréférencée : la carte de Suraia, au 1/50 000^e de 1971. Les cartes dites de Cassini (au 1/50 000^e et au 1/100 000^e) et la

carte Lambert-Cholesky (au 1/100 000^e) sont disponibles en ligne¹, mais en aperçu seul (Figure 2-2). Enfin les cartes topographiques roumaines (au 1/200 000^e) de Focșani et Râmnicu Sărat ne sont disponibles qu'en photographie.

Tableau 2- 2: Caractéristiques des cartes topographiques roumaines disponibles uniquement qualitativement

| | Référence | Noms | Date | Date de relevé de terrain | Echelle | Remarques |
|-----------------------------|-----------|---------------------|------|---------------------------|-----------|---------------|
| Cassini 100 | I09 | Nămoloasa și Pechea | 1909 | 1891-1894 | 1/100 000 | Couleur |
| | M09 | Galați | 1910 | 1889-1896 | 1/100 000 | Noir et blanc |
| Cassini 50 | v15 | Ivești | ? | 1892 | 1/50 000 | |
| | v16 | Nomolósa | ? | 1892 | 1/50 000 | |
| | x16 | Corbu | ? | 1892 | 1/50 000 | Couleur |
| | x17 | Cotu Lung | ? | 1892 | 1/50 000 | |
| | y17 | Brăila | ? | 1892 | 1/50 000 | |
| Lambert-Cholesky 100 | 4555 | Focșani | ? | 1953 | 1/100 000 | Couleur |
| | 5055 | Galați | ? | 1953 | 1/100 000 | |
| Cartes roumaines | L35-99 | Rm. Sărat | 1973 | 1973 | 1/200 000 | Photographie |
| | L35-79 | Focșani | 1973 | 1973 | 1/200 000 | Photographie |
| Carte roumaine | L35-79-D | Suraia | 1972 | 1971 | 1/50 000 | Scannée |

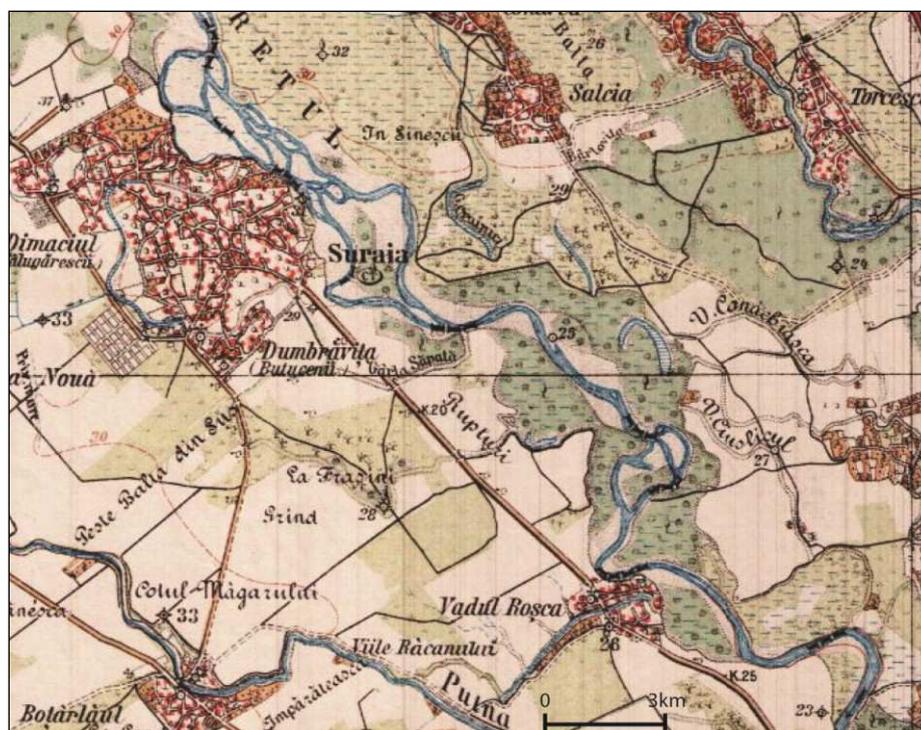


Figure 2- 2: Capture d'écran d'un extrait de la carte topographique de Cassini au 1/100 000^e de Nămoloasa și Pechea de 1891-1894 (pour les relevés de terrain) - Vue des villages de Suraia et de Vadul Roșca <http://earth.unibuc.ro/php/tools/gcp-harta.php?mapId=77&projectId=2>

¹ <http://earth.unibuc.ro/php/tools/member-index.php>

Les cartes topographiques russes

Les cartes russes sont disponibles à deux échelles différentes : au 1/50 000^e et au 1/100 000^e. Les cartes au 1/50 000^e sont disponibles, librement, sur le site de *geospatial*¹ de la Faculté de géographie de l'Université de Bucarest (Figure 2- 3). Au nombre de 8, elles couvrent l'intégralité du secteur. La majorité d'entre elles sont de 1991 et leurs relevés de terrain s'échelonnent de 1988 à 1990, mais une de ces cartes – carte de Nămolosa – n'existe que pour 1976 (date de relevé de terrain inconnue). Les cartes au 1/100 000^e datent, quant à elles de 1971, relevé de terrain de 1970 (Tableau 2- 3).

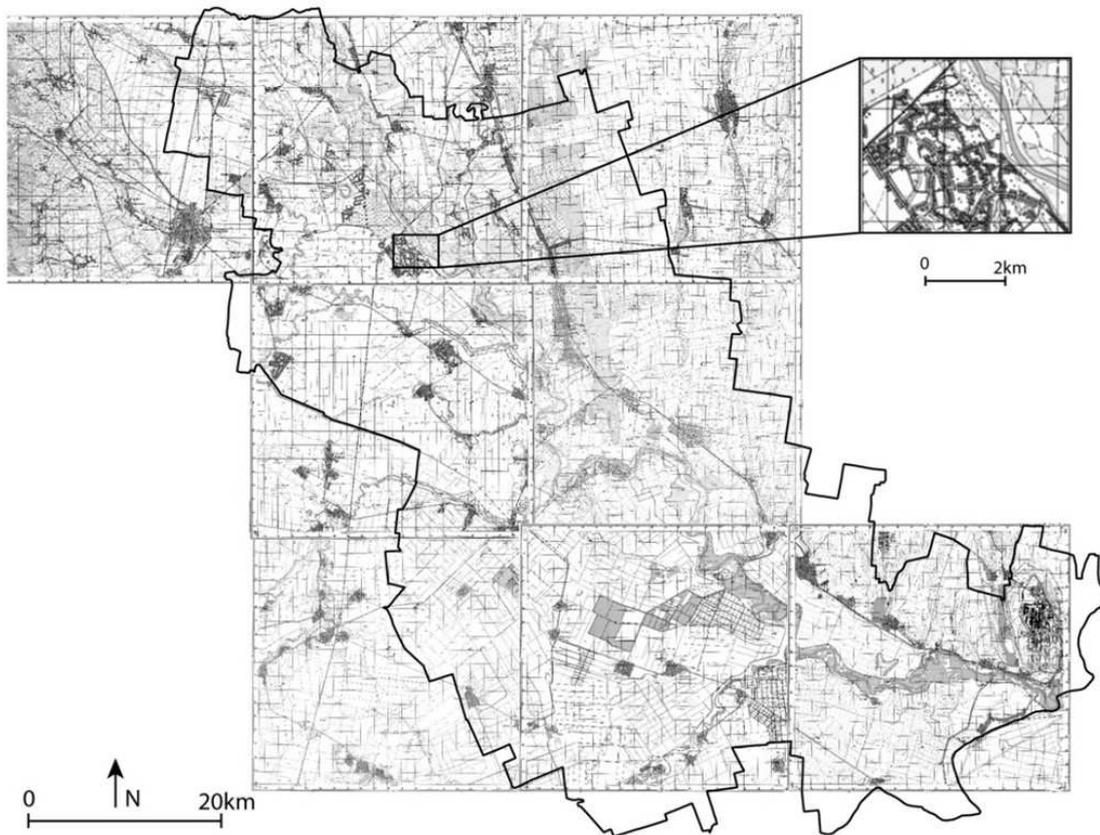


Figure 2- 3: Mosaïque des cartes russes au 1/50 000^e du secteur étudié du bassin du Siret inférieur (Source cartes : *geospatial.org*)

Tableau 2- 3: Caractéristiques des cartes topographiques russes (Source données : *geospatial.org*)

| Nom | Date | Date de relevés de terrain | Projection | Echelle | Nombre |
|-----------------------|------|----------------------------|------------|-----------|--------|
| L35-79/80/91/92-1/2/3 | 1991 | 1988-1990 | Stereo 70 | 1/50 000 | 11 |
| L35-92-1 : Nămolosa | 1976 | ? | Stereo 70 | 1/50 000 | 1 |
| L35-79/80/91/92 | 1971 | 1970 | Stereo 70 | 1/100 000 | 4 |

¹ Disponible à l'adresse : <http://earth.unibuc.ro>

Autres données cartographiques

Un ensemble de cartes diverses constitue la dernière catégorie. Ces cartes ont une échelle trop petite, pour que les tracés des rivières soient digitalisés et comparés (Tableau 2- 4). Néanmoins elles fournissent des indications sur les infrastructures (pont ; voie ferrée) ou sur les localités.

Tableau 2- 4: Caractéristiques des cartes thématiques et austro-hongroises

| | Référence | Noms | Date | Echelle |
|--|-----------|----------------------|------|-----------|
| Atlas des voies de communications | | Județul Putna | 1897 | 1/200 000 |
| | | Județul Tecuci | 1897 | 1/200 000 |
| Cartes austro-hongroises | 45- 46 | Adjud | 1904 | 1/200 000 |
| | 46- 45 | Brăila | 1902 | 1/200 000 |
| Carte géologique | | Focșani și Frumușița | 1966 | 1/200 000 |

Parmi ces cartes, les cartes austro-hongroises de 1902-1904 sont les seules cartes topographiques ; elles sont disponibles en ligne (<http://earth.unibuc.ro>) et intégrables à un SIG tout comme la carte géologique. L’atlas des voies de communications, quant à lui, le plus ancien document, datant de 1897, permet de faire un état début XX^{ème} des voies de communication dans le secteur du Siret inférieur.

*

Un large éventail de cartes est disponible pour le secteur du Siret inférieur de 1891 à 1990. Cet ensemble permet une profondeur temporelle et une analyse plus fine de l’évolution des cours d’eau et des aménagements, mais complexifie l’analyse par l’hétérogénéité des dates, des échelles et des figurés employés. Le Tableau 2- 5 résume les principaux avantages et inconvénients des cartes topographiques utilisées.

Tableau 2- 5: Principaux avantages et inconvénients des cartes topographiques utilisées

| Cartes | Avantages | Difficultés |
|---------------|--|--|
| PDT | - Ancienneté : 1891-1940 - L’échelle fine - Mosaïque complète - Deux dates différentes pour certains secteurs | - Dates non homogènes : neuf tracés incomplets en tout, seulement pour le Siret - La légende non homogénéisée - Flou entre les dates de relevés, de réalisation, et les mises à jour |
| | Roumaines | - Grande précision des informations (pour 1981) - Nombre de cartes disponibles |
| Russes | - Précision des données - Période post-aménagement | - 1 carte de 1976 - Mosaïque incomplète - Alphabet cyrillique - Cartes au 1/50 000 ^e |

1.1.2. Construction et traitement du SIG

L'exploitation des données cartographiques a été effectuée en deux temps : (i) par la construction d'un SIG sous Quantum GIS et (ii) le traitement des données. Toutes les cartes citées n'ont pas pu être exploitées dans le SIG. Elles n'ont permis que l'apport d'informations complémentaires.

La construction d'un SIG

La construction du SIG a ainsi été réalisée à partir des seules cartes exploitables. Le Tableau 2-6 présente les caractéristiques de ces cartes exploitées dans le SIG.

Tableau 2- 6: Paramètres des cartes topographiques utilisées pour la création du SIG

| Nom | Date | Date de relevés de terrain | Projection | Echelle | Nombre |
|--------------------------------------|-----------|----------------------------|----------------|-----------|--------|
| <i>Planuri Directoare de Tragere</i> | 1916-1958 | 1891 et 1940 | Stereo 70 | 1/20 000 | 25 |
| Cartes roumaines | 1973 | 1973 | Géoréférencées | 1/200 000 | 2 |
| | 1981 | 1977-1980 | Stereo 70 | 1/25 000 | 15 |
| Cartes Russes | 1991 | 1988-1990 | Stereo 70 | 1/50 000 | 12 |
| | 1976 | ? | | | |
| | 1971 | 1970 | Stereo 70 | 1/100 000 | 1 |

Les cartes ont été obtenues au format .tiff, déjà géoréférencées grâce au projet collaboratif *eHarta* de geo-spatial.org de la Faculté de géographie de l'Université de Bucarest. Ainsi l'accès aux PDT, aux cartes russes est libre. D'autres cartes sont en cours de géoréférencement mais pas encore téléchargeables comme la première édition de la carte topographique roumaine de 1953 dont il existe seulement un visuel. La carte topographique roumaine de 1981 a été choisie comme tracé et carte de référence pour l'analyse, puisqu'il s'agit de la seule carte réalisée sur tout le secteur à la même date.

Traitement de l'information

A partir de la superposition de ses cartes sous SIG, plusieurs travaux ont été effectués :

- **les tracés de chaque cours d'eau** (le Siret et tous ses affluents) ont été digitalisés, pour chacune des dates disponibles. A cette digitalisation, il faut ajouter celle des lacs, étangs, marais, ancien méandres et zones dites inondables. L'ensemble de ces informations permet de définir les changements de tracés des cours d'eau du bassin du Siret inférieur. L'espace occupé par les « terres inondables » a été mesuré en m².

- **les aménagements et infrastructures** (digues, canalisations, ponts...), lisibles sur une carte topographique ont été digitalisés sur chaque carte, comparés et mesurés (longueur en kilomètre).

- **les localités** (villages et communes) ont été comparées d'une carte à l'autre. Leur limite a été définie lorsque des changements conséquents (d'emplacement et/ou d'étendu) sont observés.

Pour minimiser les erreurs dans la digitalisation, tout le travail a été effectué par la même personne. La marge d'erreur subsiste néanmoins et est estimée à 1 pixel pour tous les documents (± 4 m pour les cartes russes ; ± 3 m pour les cartes topographiques roumaines ; $\pm 2,5$ m pour les PDT). Les données récoltées ont subi un traitement statistique simple, sous Excel.

1.2. Méthodes d'analyse des ouvrages scientifiques et d'ingénierie

L'analyse des politiques ou stratégies de gestion passées est un préalable indispensable à la compréhension du territoire actuel et des logiques d'aménagement qui y sont implantées. Analyser une politique publique suppose de prime abord d'en comprendre les conditions d'élaboration (Antoine *et al.*, 2009), c'est-à-dire le contexte historico-économique. Cette politique a-t-elle été pensée dans le cadre d'un programme politique global ? Quelles étaient les conditions économiques qui ont permis ou non sa mise en place ? Afin de poser des critères d'analyse plus précis, cette étude se fonde sur les travaux de Bressers et Kuks (2003) repris par Vinke-de Kruijf *et al.* (2010 et 2013), qui ont établi une méthode d'analyse des politiques publiques. Sans en suivre la stricte application, ce travail propose d'utiliser ces critères comme grille de lecture. Les principaux critères sont les suivants :

- **Problèmes de perception et objectifs des politiques** : Quel élément est vu comme un problème ? Quelles en sont les causes et les solutions potentielles ? Quels sont les objectifs ?

- **Niveau et échelle de gouvernance** : Quelle est l'échelle dominante ? Comment se font les interactions entre les niveaux ?

- **Les acteurs de la politique** : Qui est impliqué ? Quelle est leur position ? Comment les acteurs coopèrent-ils, y a-t-il des structures ? Qui est propriétaire ?

- **Stratégies et instruments** : Quels instruments sont utilisés ? Sont-ils flexibles ? Y a-t-il un rapport coût-bénéfice ? Quelles ressources sont nécessaires ?

- **Responsabilités et ressources de l'implantation** : Quelle(s) organisation(s) est/sont responsable(s) de la mise en application ? Quels pouvoirs et quelles ressources sont accordés à cette organisation ? Quelles sont les restrictions ?

La difficulté de cette méthode tient à la multitude de sources nécessaires à son application. Les informations disponibles peuvent être lacunaires, les difficultés d'accès aux documents s'ajoutent aux méandres de la bureaucratie. Les textes de lois ou discours sont désormais facilement accessibles. Néanmoins de nombreuses difficultés se sont dressées pour accéder aux plans d'aménagement passés afin de comprendre précisément les objectifs et moyens de la gestion de l'espace fluvial du Siret inférieur. Leur existence ne fait aucun doute, dans un gouvernement où comme en France, la bureaucratie tenait un si grand rôle. Mais les rapports préliminaires ou évaluation des coûts, rapports d'avancement de travaux sont restés inaccessibles. Pour pallier ces manques, d'autres sources que textes de lois ou rapports ont été mobilisées. Dans un premier temps les textes des ingénieurs contemporains des politiques de gestion des eaux ont été utilisés.

Une triple lecture a été effectuée :

- **Analyse des préfaces et introductions des ouvrages** : compréhension des politiques publiques, perception globale et lignes directrices de ces politiques et de leurs objectifs. Elles permettent non seulement de dresser un panorama de ce qui est vu comme un problème mais aussi de comprendre la vision de l'espace fluvial à ces périodes.
- **Analyse des techniques et théories développées** : compréhension des stratégies et instruments mis au service de l'application des politiques publiques, c'est-à-dire de l'effectivité de ces politiques (mise en œuvre des politiques et comment).
- **Analyse des schémas d'aménagement** : certains livres présentent la réalisation de plans d'aménagement de quelques bassins ou secteurs. A partir de ces exemples, l'efficacité des politiques est évaluée (échelle d'application, techniques et matériaux...).

Afin de mieux contextualiser les textes roumains et de saisir les temporalités de la gestion de l'espace fluvial en Roumanie, la bibliographie roumaine a été comparée à la française de cette même période. Dans un cas comme dans l'autre, des ouvrages et documents postérieurs explicitant la période étudiée ont été mobilisés (Tableau 2- 7).

Tableau 2- 7: Ouvrages techniques roumains et français utilisés

| | Roumanie | France |
|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Ouvrages techniques | Băloiu, 1969, 1980 | Larras, 1965 |
| | Manoliu, 1973 | Cacas <i>et al.</i> , 1986 |
| | Hâncu S., 1976 | Wasson <i>et al.</i> , 1998 |
| | Mitoiu et Marin, 1999 | Malavoi, 1990 |
| | Hâncu CD, 2008 | Malavoi et Adam, 2007 |
| | Ciornei et Grudnicki, 2009 | |

Dans un deuxième temps ce travail a eu recours, de manière non-exhaustive, aux textes de géographes qui analysaient les événements hydro-climatiques telles que les inondations de 1970

ou de 1975 ou les problèmes environnementaux en Roumanie. Parmi la documentation importante de textes géographiques, la priorité a été donnée aux articles faisant référence au Siret inférieur en particulier, ou au bassin du Siret, en général. Par ailleurs certains articles que l'on pourrait qualifier d'épistémologique ont été utilisés. Plusieurs thèmes ont été sélectionnés hormis celui des inondations. Une première série d'articles, parmi les plus anciens, traitent de l'évolution hydrologique et morphologique du Siret, de sa formation au changement de tracé de la rivière. Un autre thème sélectionné est celui des sols en Roumanie, à travers des textes roumains et français. En effet comme l'un des objectifs de l'aménagement de l'espace fluvial est la mise en valeur des terres, les articles sur ce sujet sont porteurs de nombreux renseignements et données. Le Tableau 2- 8 suivant présente les articles utilisés dans ce travail :

Tableau 2- 8: Principales sources utilisées pour l'étude des aménagements et des logiques associées

| Thème | Article | Thème | Article |
|-------------------------|------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| Inondations 1970 | Doneaud <i>et al.</i> , 1972 | Environnement Aménagement | Berindei et Josan, 1976 |
| | Gaspar <i>et al.</i> , 1972 | | Brădeanu, 1973 |
| | Ionițoaia et Dobrescu, 1972 | | Olariu, 1988ab |
| | Nistoriu et Buhociu, 1972 | | Olariu, 1990 |
| | Rusu et Florea, 1972 | Hydrographie | Antonovici, 1929 |
| | Podani et Zăvoianu 1971 | | Tufescu, 1946 |
| | Poncet, 1972 | | Păduraru et Nițulescu, 1967 |
| Suffert, 1972 | Sols | Velcea, 1967 | |
| Inondations 1975 | | Mustață, 1976 | Poncet, 1969 |
| | | Zăvoianu et Podani, 1977 | Bethemont, 1976 |

Enfin les lacunes du matériel cartographique et des sources écrites ont été comblées dans la mesure du possible, par des campagnes de terrain de mai 2009 à juin 2012. Les seules données récoltées sur le terrain, et exploitables pour la période des années 40 aux débuts des années 2000, sont les témoignages de la population ou des autorités locales sur la présence dans le passé de digues ou d'autres ouvrages.

**

L'évolution des politiques publiques de gestion des eaux est étudiée en deux temps. Dans cette deuxième partie, seules les politiques anciennes et leurs applications jusqu'à l'inondation de 2005 sont étudiées. L'objectif est de comprendre comment l'aménagement présent en 2005, a été pensé. Puis dans la quatrième partie, les politiques depuis 2005, mais plus particulièrement depuis le début du processus d'intégration de la Roumanie dans l'Union Européenne dans les années 2000 sont abordées.

2. « La régularisation » : concept et mise en perspective

« Aménager la rivière : une nécessité que chacun reconnaît d'évidence lorsque, échappant au contrôle que nous pensons avoir sur elle, celle-ci devient maléfique »

J. Renard, Directeur de l'aménagement, 1986

2.1. La vision de l'espace fluvial des années 40 à 2000 : mise en contexte

Les logiques d'aménagement des rivières, c'est-à-dire les règles et objectifs auxquels répondent la conception et la réalisation des aménagements, dépendent étroitement de la relation complexe et évolutive que la société entretient avec son environnement. Les stratégies de gestion de l'espace fluvial sont donc fonction de la vision de l'espace fluvial, tout comme des besoins socio-économiques de la société. Appréhender l'évolution de ces logiques, c'est analyser le contexte historique, politique et économique dans lequel les stratégies d'aménagement sont instaurées. De cette étude se dégage des temporalités ou des phases de la relation homme-rivière au travers des actions publiques de gestion de l'espace fluvial.

De nombreux chercheurs en France (Dourlens, 2003 ; Scarwell, 2007 ; Bravard, 2010 ; Rode, 2009 et 2010 ; Malavoi et Bravard, 2010) ont essayé de déterminer des phases, des grandes tendances dans les rapports entre les sociétés et l'environnement, et plus particulièrement dans les logiques d'aménagement des cours d'eau. Rode (2010) dans son étude de l'évolution du modèle de gestion du bassin de la Loire, établit trois phases :

- **Le temps de l'aménagement** (des années 60 aux années 80) avec l'hégémonie du paradigme techniciste.
- **Le temps de la contestation des grands projets** (du milieu des années 80 au milieu des années 90) : une transition des deux modèles de gestion du fleuve.
- **Le temps du ménagement** (depuis 1994) avec l'émergence d'un paradigme environnementaliste.

Grâce à l'ensemble des sources répertoriées, cette section tente de dégager les temporalités de la vision de l'espace fluvial et des aménagements en Roumanie jusque dans les années 2000 (cette chronologie sera complétée, à partir de 2005, dans la 4^{ème} partie). Puis ces temporalités dégagées en Roumanie seront comparées à celles définies en France.

2.1.1. Les temporalités de la vision de l'espace fluvial en Roumanie (années 40-2000)

Des années 40 à 1969 : une ressource à utiliser

« Cursurile de apă din țara noastră prezintă o importanță economică pe plan național de prim ordin » *les cours d'eau représentent pour notre pays un bien d'une importance économique de premier ordre* – Băloiu, 1969. Cette citation résume la vision première des cours d'eau en Roumanie lors de cette période : l'eau est avant tout une ressource de premier plan dans le développement économique du pays ; les cours d'eau doivent avoir un débit suffisant pour satisfaire toutes les utilisations de l'eau : énergie, navigation, alimentation en eau potable, pour l'industrie, la pisciculture, l'agriculture... Le développement de l'agriculture et les débuts de l'industrialisation requièrent d'importantes quantités d'eau et la mise en valeur du territoire est une priorité. L'agriculture en Roumanie est alors en pleine transition. Alors que la population active employée dans l'agriculture passe de près de 70 % en 1960 à 46 % en 1974 (George, 1961 ; Bethemont, 1976), les fonds fixes investis dans ce secteur sont de 100 % en 1950 et de 334 % en 1975 (Petreșcu, 1977) permettant, grâce aux progrès technologiques, de meilleurs rendements. Le secteur agricole reste « un ressort essentiel de l'économie roumaine » (Bethemont, 1976), car son solde commercial positif permet les investissements nécessaires dans l'industrie.

Ainsi l'«utilisation planifiée des cours d'eau » (Păduraru et Nițulescu, 1967) doit répondre aux besoins économiques de la Roumanie pour l'agriculture essentiellement, mais aussi pour l'industrialisation grandissante.

« Ce sont les immenses progrès réalisés dans la voie de l'industrialisation d'une part, de la modernisation de l'agriculture d'autre part, qui expliquent, avec l'adoption d'une économie planifiée à base socialiste, la rapide maturation des problèmes jadis négligés ou impossible à résoudre, sinon ignorés (...) Un plan général d'aménagement des ressources en eau a pu être mis sur pied entre 1960-63. D'ici la fin du quinquennat en cours (1966-1970) les superficies améliorées, asséchées et protégées représenteront 1 500 000 ha. » (Poncet, 1969)

On constate que c'est à travers les textes sur la valorisation des sols en Roumanie que l'on trouve le plus de renseignements sur l'aménagement des cours d'eau de cette période. La croissance économique et l'augmentation de la productivité agricole conditionnent les stratégies d'aménagement. On distingue deux objectifs principaux : protéger les terres arables et mettre en valeur les terres non-productives. Fin 1967, quelques 1 300 000 ha de terres étaient mis à l'abri des crues, c'est-à-dire 45 % de la superficie menacée habituellement contre les crues (Bethemont, 1976). Pour la zone du Siret inférieur, plusieurs secteurs ont été endigués en vue d'une bonification dont la plus étendue (17 000 ha) se situe entre Nămolosa et Măxineni (Velcea,

1967). Non seulement il s'agit de mettre en valeur les terres non-productives mais également de réparer l'exploitation irrationnelle des années antérieures :

« Exploatarea abuzivă și nerațională terenurilor agricole și silvice practică în trecut provocat apariția unor grave. Si întinse procese de eriozune. (...) Planul de electricare și folosire a apelor (1951) constituie pentru economia națională documentul de bază, care a pus pentru prima oară la noi, organizat și planificat, problema folosirii complexe de apelor și valorificării întinselor terenuri neproductive. » (Băloiu, 1969) *L'exploitation abusive et irrationnelle des terres agricoles et forestières dans le passé a conduit à l'apparition de graves et intenses processus d'érosion. (...) Le plan d'électrification et d'utilisation de l'eau (1951) est le document de base pour l'économie nationale (...) [il permet] d'organiser et de planifier le problème complexe de l'utilisation de l'eau et de l'exploitation des vastes terres improductives.*

En 1956, un plan d'aménagement intégré de l'eau de Roumanie (« Planul de amenajare integrăla a apelor din România » par le Comité National de l'Eau et l'Institut des plans d'aménagement et des constructions hydrotechniques) est instauré dont la mise en œuvre est prévue en deux étapes. La première court jusqu'en 1980, avec un aménagement général des rivières dont le temps de récupération des travaux est inférieur à 10 ans; la seconde doit débuter en 1980, jusqu'à la réalisation de tous les aménagements sur les rivières intérieures ayant un potentiel économique (Hâncu CD, 2008).

Ainsi après la Seconde Guerre Mondiale et l'accès de la Roumanie à l'industrialisation à marche forcée, l'eau n'est perçue par la société que comme une ressource à exploiter. Les besoins grandissants des villes, de l'industrie et surtout de l'agriculture mènent à la nécessité d'exploiter cette ressource naturelle et ainsi à des plans d'aménagement de grande envergure.

Le tournant de l'année 1970 : un espace fluvial dangereux

De la fin des années 60 jusqu'en 1970, la Roumanie connaît une période très pluvieuse où les inondations se succèdent. En 1970 la Roumanie est frappée par de multiples inondations sur l'ensemble du territoire. Cette année marque un tournant dans l'évolution homme-rivière. L'eau n'est plus seulement vue comme une ressource nécessaire, que les récents moyens techniques permettent d'exploiter de façon « systématique », mais elle est également devenue dangereuse, source de « calamités » (Hâncu S., 1976), « d'actions destructrices » (Manoliu, 1973). Le bilan de ces années est lourd et l'accent est mis sur l'impact sur les terres arables (Tableau 2- 9) :

Tableau 2- 9: Etat des terres inondées sur la période 1960-1970 (d'après Rusu et Florea, 1972)

| Année | Superficie inondée (ha) | Terres arables inondées (ha) |
|--------------------|-------------------------|------------------------------|
| 1960 | 132 399 | 82 039 |
| 1961 | 105 940 | 48 610 |
| 1962 | 581 869 | 160 534 |
| 1963 | 465 416 | 122 831 |
| 1964 | 62 845 | 33 142 |
| 1965 | 408 738 | 168 396 |
| 1966 | 315 678 | 165 282 |
| 1967 | 263 450 | 97 684 |
| 1968 | 30 124 | 29 657 |
| Total 60-68 | 2 103 009 | 908 175 |
| 1970 (juin) | 1 058 376 | 558 860 |

Dans l'étude des inondations de 1970 de Podani et Zăvoianu (1971) la liste des « effets négatifs » des crues et surtout l'ordre dans lequel ils apparaissent est révélateur de l'importance accordée de prime abord à l'agriculture :

« **Dommages directs provoqués par les inondations** : Bien entendu qu'en premier lieu il faut mentionner les dommages *résultés* de la destruction des valeurs matérielles, mais il ne faut pas oublier non plus les modifications apportées au paysage naturel ou aux zones systématisées. Ensuite il y a les dommages indirects *résultés* de la valeur de la production dont la réalisation a été entravée dans les unités respectives endommagées, ou dans l'agriculture. » (Podani et Zăvoianu, 1971)

Les mêmes auteurs, à l'occasion d'une nouvelle crue en 1975, décrivent les dégâts occasionnés par l'inondation. Après avoir détaillé sur plusieurs pages avec des chiffres précis à l'appui les dégâts économiques (« Les eaux ont inondé 800 000 ha de terrains agricoles. (...) Lors des catastrophes engendrées par les eaux ont péri environ 10 000 bovins, 80 000 porcs, 100 000 ovins et presque trois milliards de volailles »), les pertes humaines ne sont évoquées qu'avec cette seule phrase lapidaire « Dans la catégorie des effets nuisibles sociaux on peut considérer en premier lieu les pertes humaines ». (Zăvoianu et Podani, 1977)

L'ensemble des textes mettent en avant l'insuffisance en nombre des défenses contre les inondations. En 1970, 3 791 km de digues étaient achevés et ce réseau protégeait plus de 1 300 000 ha de terres, « [ces travaux d'endiguement] certes importants, furent insuffisants eu égard à leur répartition » (Suffert, 1972). Parmi les 600 000 ha de terres cultivées inondées, 30 000 ha le furent quand même malgré leur protection par des digues. « On a pu estimer une destruction de 15 à 20 % du potentiel agricole et économique de la nation (estimation du Ministère de l'Intérieur) » (Suffert, 1972). Les renseignements sur l'impact de 1970 sur le bassin

du Siret sont sporadiques et ne concernent pas exclusivement le Siret inférieur (Figure 2- 4). Le Tableau 2- 10 présente le bilan des dommages causés dans le bassin du Siret lors de l'inondation de 1970.

Tableau 2- 10: Bilan des dommages sur le Siret au printemps 1970 (d'après Rusu et Florea, 1972)

| Superficie (ha) | Maisons | Voies ferrées (km) | Routes (km) | Digues (km) |
|-----------------------|---------|-----------------------|----------------|----------------|
| Inondées | | | | |
| 299 981 | 8 415 | 121 | 336 | - |
| Dont endiguées | | | | |
| 39 836 | 2 755 | 15 | 5 | 151 |

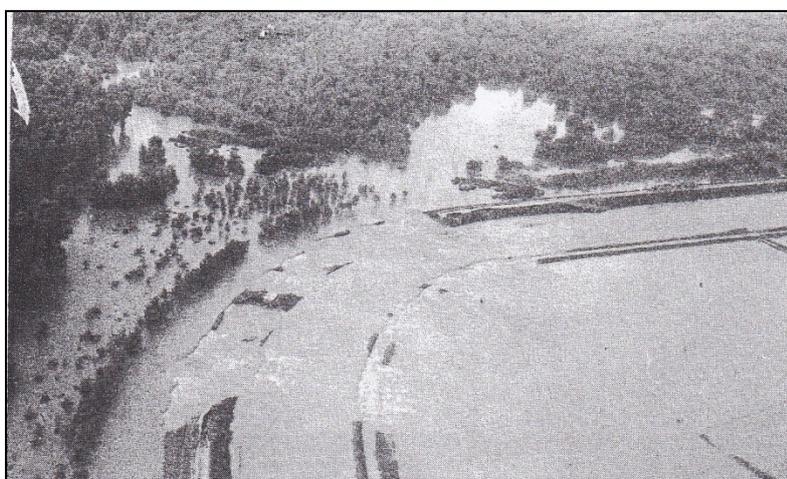


Figure 2- 4: Inondation du Siret et du Danube en mai 1970 (Suffert, 1972)

L'année 70 a été le facteur déclenchant de l'accélération du processus d'aménagement des bassins et la nécessité d'accentuer les programmes de régularisation des cours d'eau :

« Inundațiile catastrofale din anul 1970 au pus un accent deosebit asupra importanței și urgenței începerii unor lucrări de amenajare și regularizare a râurilor din țară noastră. » (Manoliu, 1973). *Les inondations catastrophiques de 1970 ont particulièrement mis l'accent sur l'importance et l'urgence du lancement de projets d'aménagement et de régularisation des cours d'eau dans notre pays.*

Le problème de l'eau est un problème d'intérêt national qui requiert l'intervention du chef de l'Etat :

« Il s'impose d'adopter des mesures spéciales afin d'éviter de nouvelles destructions à l'avenir. Tout d'abord il faudra exécuter des travaux supplémentaires par rapport à ce que nous avons envisagé auparavant, pour la régularisation de certains cours d'eau, pour la construction de barrages et de digues... Il est nécessaire dès cette année de refaire et de consolider les digues endommagées, de construire de nouvelles digues » (Ceașescu, 1970).

De 1970 aux débuts des années 2000 : une ressource dont on se protège

La réponse de l'Etat à la « crise climatique du printemps 70 » a été immédiate et les plans d'aménagement ont été étoffés par rapport au projet initial et surtout « une politique systématique de protection contre les eaux » devient effective (Poncet, 1972). « La RSR donne un bel exemple national visant à maîtriser les « dynamismes » de l'environnement. » (Poncet, 1972). L'eau est doublement perçue : c'est une ressource à exploiter dont on doit se protéger, surtout c'est un danger pour l'économie nationale :

« In stare naturală râurile pot fi folosite doar parțial. De foarte multe ori în stare naturală ele aduc neazuri, uneori calamități, provocând pagube importante economiei naționale. » (Hâncu S., 1976) *A l'état naturel les cours d'eau ne peuvent être utilisés qu'en partie. Souvent, à l'état naturel, ils apportent des catastrophes, parfois des calamités, provoquant beaucoup de dégâts à l'économie nationale.*

En 1974 une nouvelle loi sur l'eau est adoptée ; il s'agit d'un programme national concernant l'administration rationnelle des ressources en eau et la protection contre les crues:

« Avînd în vedere importanta tot mai mare pe care o au satisfacerea cerințelor de apă ale populației și economiei naționale, apărarea împotriva inundațiilor, precum și grija deosebită ce trebuie acordată protecției și valorificării raționale a bogăției naturale pe care o reprezintă apele țării, este necesară asigurarea unei concepții unitare și întărirea disciplinei de stat în activitatea din domeniul apelor » (Loi sur l'eau nr 8-1974) *Compte tenu de l'importance croissante des besoins en eau de la population et de l'économie nationale, de la protection contre les inondations, ainsi que de l'attention particulière qui doit être accordée à la protection et à la mise en valeur rationnelle des richesses naturelles que représente l'eau du pays, il est nécessaire d'assurer une **conception unitaire** et de renforcer les activités de l'Etat dans le domaine de l'eau.*

Parmi les observateurs étrangers (Bethemont, 1976) une remarque revient de façon récurrente : la politique d'aménagement est menée de façon globale et systématique dans tout le pays : « L'importance des problèmes abordés est pour la première fois dans l'histoire du pays, analysés et traités de façon globale » (Poncet, 1972). Les aménagements n'ont pas une fonction unique, mais sont au contraire multiformes, comme le souligne J. Bethemont :

« L'aspect le plus frappant de ce cadre institutionnel est certainement son caractère systématique, qui vise à exploiter au maximum toutes les implications d'une action donnée et toute les virtualités d'un espace concerné. C'est ainsi que les aménagements en vue de l'irrigation sont liés à d'autres interventions qui peuvent intéresser le territoire bonifié,

correction des pentes, atténuation du ruissellement, endiguement, drainage et défrichement éventuel. » (Bethemont, 1976).

Le constat après 1970 est que les aménagements existants ont bien résisté (Gaspar et *al.*, 1972), mais qu'il faut amplifier les travaux. Des études sont menées (Nistoriu et Buhociu, 1972) pour améliorer l'efficacité des digues et leur résistance grâce à des travaux végétaux ou des empierrements. La majorité des mesures préconisées sont d'ordre structurel (extension du réseau de digues, création de nouveaux barrages, protection des objectifs économiques...) Mais parallèlement on voit émerger de nouvelles problématiques même si elles ne sont présentées que secondairement: la gestion de crise, l'organisation des secours et surtout l'avertissement des populations :

« In caz de pericol, populația și bunurile trebuie evacuate conform planurilor de apărare întocmite anticipat » *En cas d'urgence, la population et les biens doivent être évacués conformément aux plans établis à l'avance* (Rusu et Florea, 1972).

Néanmoins les mesures structurelles restent l'apanage de la protection contre les inondations lors de cette période. Les nécessités économiques régissent les politiques des eaux et à la fin des années 80, d'autres priorités occupent le premier plan. Le Tableau 2- 11 résume les différentes phases de gestion des eaux en Roumanie, des années 40 aux débuts des années 2000.

Tableau 2- 11: Synthèse des temporalités de gestion des eaux en Roumanie des années 1940 à 2000

| Période | Vision de l'eau | Type de gestion |
|--------------------|---|--|
| Années 40 -1969 | Eau= ressource à exploiter | Valorisation des terres agricoles/approvisionnement des industries et des grandes villes |
| 1970 | Inondations majeures dans toute la Roumanie | |
| 1970 - années 2000 | Eau= ressource à exploiter dont il faut se protéger | Lutte contre les effets néfastes des eaux : inondations des terres arables et des localités, érosion des berges... |

2.1.2. Une comparaison possible avec la France

Il a été évoqué le rôle du contexte économique et politique dans l'évolution de la gestion des espaces fluviaux. C'est en cela que les temporalités en France et en Roumanie ne peuvent être similaires. Néanmoins des points communs et des différences peuvent être soulignés. L'intérêt d'une comparaison entre ces deux pays est de saisir l'originalité ou finalement la représentativité du modèle roumain. Cette comparaison s'appuie sur un historique de la transformation des

rivières en France des années 60 aux années 2000 élaboré par Bravard (2010) et une synthèse présentée dans l'ouvrage d'hydromorphologie fluviale de Malavoi et Bravard (2010).

1945-1970 : décennies d'intervention de toutes natures

Dans les années 60 la France est aux prises avec les mêmes problématiques de gestion de la ressource en eau que la Roumanie. Jean Larras (1965) écrit dans l'introduction de son ouvrage de référence *L'aménagement des cours d'eau* :

« La France s'en va donc vers un manque d'eau qui finira par freiner son développement, car on ne peut concevoir une nation surpeuplée sans production agricole. (...) Il devient de plus nécessaire de coordonner l'utilisation des ressources et de hiérarchiser les besoins. Les pouvoirs publics du pays (...) mettent dès maintenant les organismes et la législation nécessaires en place pour parvenir à ce qu'on appelle l'« aménagement intégré des cours d'eau », dans le cadre plus vaste des projets d'aménagement général du territoire. » (Larras, 1965).

Le développement du monde rural et de l'industrie sont le moteur majeur d'un aménagement coordonné et planifié des cours d'eau. Les interventions, soutenues par la politique de l'Etat, sont massives : seuils, barrages, recalibrage, chenalisation...

« A une époque où pour assurer le développement du monde rural, la priorité était accordée à l'accroissement de la productivité, de tels aménagements destinés à accompagner des plans de remembrement ou d'assainissement et dont l'objectif unique était d'évacuer le plus rapidement possible les eaux excédentaires ont pu paraître légitimes, même s'ils se sont révélés par la suite regrettables ; (...) des aménagements si décriés dans un passé encore récent, qualifiés par d'aucuns de fossé anti-char qui consistaient à transformer le cours d'eau en chenal rectiligne de section trapézoïdale. » (Cacas *et al.*, 1986).

On peut noter cependant qu'il ne s'agit pas d'un aménagement systématique et uniforme de tous les cours d'eau et que les acteurs engagés dans ces travaux sont plus nombreux, ce qui est dû en partie aux multiples propriétaires des berges et lits majeurs. En effet les agriculteurs prennent part de façon indépendante à l'aménagement des cours d'eau, en créant des associations pour la construction d'épis de rétention des eaux de crue et de limons, par exemple (agriculteurs rassemblés en ASA – association syndicale autorisée). Ainsi les objectifs finaux apparaissent comme similaires entre les deux pays, mais les moyens d'actions, l'échelle d'intervention et les acteurs engagés diffèrent.

Les années 70 : Remise en question généralisée des excès enregistrés pendant les Trente Glorieuses

Les Services de l'Etat engagent une réflexion dans le domaine de la gestion des rivières et évoluent vers un encadrement des travaux plus respectueux des milieux aquatiques. On voit émerger une réglementation en faveur d'aménagements moins brutaux.

« A partir des années 70, l'évolution du contexte économique et social et la prise en compte de facteurs plus qualitatifs, sous la pression notamment des mouvements écologistes, modifient la situation. Les aménagements dans lesquels la rivière est assimilée à un simple chenal d'assainissement et d'écoulement de crues sont dénoncés alors même que par ailleurs grâce au recul dont ils disposent par rapport aux premiers travaux, de nombreux ingénieurs remettent en cause leurs conceptions et complètent leur formation » (JF Lorit, Délégué à la qualité de vie, in Cacas *et al.*, 1986).

On peut citer la circulaire du 13 septembre 1974 relative à l'aménagement d'ensemble de bassins et à leur mise en valeur piscicole et l'obligation de consulter des associations de protection de la nature avant tout projet d'aménagement de rivière (Bravard, 2010).

Les années 80 : « Le grand tournant »

La mutation du paysage économique et social français, ainsi que l'apparition des mouvements écologistes, ont favorisé le changement de cap de la politique de gestion des cours d'eau. La profession d'aménageur de rivière est en mutation : des études d'impact de l'aménagement des cours d'eau voient le jour, c'est une « nouvelle philosophie de gestion » (Malavoi et Bravard, 2010) qui émerge :

« Une nouvelle sensibilité à la qualité du cadre de vie implique désormais que toute politique d'aménagement du milieu rural, s'inscrive dans le respect des équilibres et des valeurs de l'environnement » (Dinger et Fischesser, 1982).

Le terme de restauration est employé de plus en plus souvent alors qu'il n'apparaît que récemment dans les études roumaines:

«La restauration d'un cours d'eau recouvre à la fois un ensemble de techniques qui concourent à lui redonner des caractéristiques d'écoulement satisfaisantes en contrariant au minimum sa configuration et les processus naturels, et un objectif celui de la satisfaction d'une multiplicité d'usages » (Cacas *et al.*, 1986).

Les années 90 : prise en compte de la gestion des rivières dans les politiques publiques

On ne citera que l'élaboration de la Loi sur l'Eau de 1992 qui « patrimonialise » les rivières (Malavoi et Bravard, 2010) et la création des schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) et des schémas d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE), qui devance de quelques années la Directive Cadre sur l'eau de l'Union Européenne.

*

On constate des points de convergence dans les phases de gestion, mais les années 1970 marquent un vrai tournant dans les visions et politiques roumaine et française de l'aménagement des cours d'eau. Si la première intensifie les interventions pour se prémunir des effets néfastes de l'eau, la seconde cherche à définir un cadre de protection de l'espace fluvial. Néanmoins les interventions massives sur les cours d'eau français ont commencé bien avant celles de la Roumanie. Ainsi on peut se demander s'il ne s'agit pas juste d'un décalage dans la chronologie des politiques de gestion que l'Union Européenne cherchera à combler.

2.2. La définition et les objectifs socio-économiques des interventions sur l'espace fluvial

De cette vision de l'espace fluvial découle une gestion particulière des cours d'eau : les objectifs évoluent comme les interventions mais aussi le vocabulaire. Dans cette partie l'objectif est de poser le cadre dans lequel les aménagements du Siret vont être analysés. Quelle(s) définition(s) de l'aménagement en Roumanie ? Quelles différences ou points communs avec d'autres pays du monde ? Pour quels objectifs socio-économiques ? Afin de cerner la conception roumaine de l'aménagement des cours d'eau, ses particularités et de cerner exactement la nature des interventions, il paraît nécessaire de comparer les approches roumaines avec d'autres pays et notamment avec la France. Deux éléments vont être particulièrement abordés : les objectifs des travaux et les classifications des interventions sur les cours d'eau.

2.2.1. Les définitions et les problèmes de vocabulaire

Il existe une réelle difficulté de vocabulaire lorsque l'on évoque les aménagements et la régularisation des cours d'eau. Tout d'abord le terme français d'aménagement n'a pas de strict équivalent, que ce soit en roumain ou en anglais¹. La polysémie du mot en est d'autant plus problématique : il s'agit tout autant des ouvrages eux-mêmes que de toutes interventions (des

¹ Cf. Glossaire

travaux d'entretien aux dérivations) effectuées sur la rivière. Le terme de régularisation recouvre également plusieurs réalités et souvent on retrouve dans les textes plusieurs équivalents, aux différences pas toujours très marquées : chenalisation, correction, travaux de contrôle, stabilisation... Nous avons opté dans notre étude sur le mot régularisation puisque c'est le terme le plus courant dans la littérature roumaine.

Qu'est-ce que régulariser ? Le terme lui-même est symptomatique. Est-ce rendre la rivière conforme aux objectifs assignés ? Ou est-ce la rendre rectiligne, régulière ? Comme point de départ la définition de Hâncu S. (1976) est utilisée. Il explique :

« Prin lucrări de regularizare a albiilor râurilor se înțeleg atit lucrările de corectare, rectificare, și stabilizare a albiilor minore, cât și lucrările de îndiguire sau de amenajare și sistematizare a albiilor majore. » (Hâncu S., 1976) *Par régularisation du lit on entend tout aménagement de correction, rectification et stabilisation du lit mineur, tout comme les travaux d'endiguement ou d'aménagement et de systématisation du lit majeur.*

La régularisation est définie comme le contrôle de toutes les composantes de l'espace fluvial que ce soit spatialement (lit majeur/mineur ; tracé en plan/profil en travers) ou sur les variables hydrologiques et morphologiques du cours d'eau.

« Regularizarea albiei unui râu este un asamblu de măsuri și construcții menite să creeze echilibru între procesele de albie astfel încât să se înlătore efectele distructive ale curgerii și să se creeze condiții optime pentru utilizarea complexă a cursurilor de apă. » (Hâncu CD, 2008) *La régularisation du lit d'une rivière est un ensemble de mesures et de constructions visant à créer un équilibre entre les processus du lit afin d'éliminer les effets destructeurs des écoulements et à créer des conditions optimales pour l'utilisation complexe de l'eau.*

La régularisation est autant le processus que les ouvrages eux-mêmes. Mais dans ces définitions aucune mention n'est faite de la dimension de protection de ces ouvrages. Il ne s'agit que de maîtriser le cours d'eau pour mieux dompter tout effet qui peut s'avérer néfaste et en tirer le meilleur parti. C'est pourquoi la définition de Mitoiu et Marin (1999) qui allie à la fois les ouvrages eux-mêmes et les interventions sur le cours d'eau a été choisie :

« Prin lucrări de regularizare a albiilor de râuri se înțeleg acele lucrări care, acționând simultan asupra traseului în plan, asupra secțiunilor de scurgere și profilului longitudinal al cursului de apă, conduc la obținerea unei albie stabile cu scurgere cât mai uniformă și cu variații cât mai mici ale vitezei. » (Mitoiu et Marin, 1999) *Par travaux de régularisation du lit d'une rivière on entend tous les ouvrages qui agissent simultanément sur le tracé en plan, la*

section d'écoulement et le profil longitudinal d'un cours d'eau afin de rendre le lit stable et que l'écoulement soit uniforme, avec des variations atténuées de vitesse.

2.2.2. Les objectifs des interventions

Les interventions sur un cours d'eau répondent à un certain nombre d'objectifs socio-économiques qui permettent de comprendre les logiques d'aménagement. Ces objectifs, évolutifs dans le temps, définissent les priorités des aménageurs. Il a été choisi de comparer les objectifs des interventions dans trois pays à deux époques différentes selon la disponibilité des sources. Les objectifs de l'aménagement des rivières en Roumanie sont analysés en 1980 (période où les références sont le plus disponibles) et de nos jours (années 2000) et comparés à ceux de la France à peu près aux mêmes dates, pour une meilleure appréhension de l'aménagement des cours d'eau dans deux pays de l'Union Européenne. Enfin il a paru intéressant de les comparer avec un pays, l'Australie, qui répond à un tout autre contexte, un pays dont l'aménagement des cours d'eau est plus récent et dont les caractéristiques tant géographiques, économiques et politiques sont différentes. Malheureusement il n'a pas été possible de trouver des références datant des années 80 pour ce pays.

Le Tableau 2- 12 résume les différents objectifs des interventions, dans l'ordre dans lequel ils sont cités dans les textes. On constate un certain nombre de convergences : la lutte contre les inondations, la protection des berges ou des infrastructures sont des éléments que l'on retrouve dans toutes les études. Il faut noter chez tous les auteurs la volonté d'obtenir ou de garder un chenal stable, sans divagation et un débit suffisant pour le fonctionnement des ouvrages hydrauliques. Chez les auteurs roumains les logiques d'exploitation et de protection des cours d'eau se retrouvent ; les objectifs de protection arrivent cependant en tête chez l'auteur le plus récent. Une différence notable est la prise en compte chez Hâncu CD (2008) des eaux souterraines et surtout des secteurs déjà aménagés. Chez les auteurs les plus récents et notamment australiens, on constate la prise en compte de logiques de réparation et d'entretien que l'on ne retrouve pas ailleurs ; tout comme on retrouve chez Cacas *et al.* (1986) et pas chez les Roumains des logiques de préservation et de protection de la rivière avec la lutte contre la pollution et les loisirs.

Un dernier élément est à noter dans cette comparaison : les interventions pour lutter contre les inondations. Cet objectif arrive tantôt au début tantôt à la fin, mais c'est le vocabulaire employé qu'il faut noter. Les auteurs roumains et ceux des années 80 l'évoquent en termes de *lutte* et de *défense* contre les inondations, alors que chez les autres la connotation fataliste des crues est absente et ils envisagent ce volet avec un vocable tel que le *maintien des protections* ou le *contrôle des crues*.

Tableau 2- 12: Typologie des objectifs des interventions sur un espace fluvial selon des auteurs australiens (à gauche), français (au centre) et roumains (à droite). L'ordre des objectifs est présenté tel qu'il est donné par les auteurs. En gras sont indiqués les objectifs concernant la protection contre les inondations ; en italique ce qui est destiné à protéger ou à favoriser l'exploitation des terres arables

| Erskine, 2001 | Spink et al., 2009 | Cacas et al., 1986 | Wasson et al., 1998 | Băloiu, 1980 | Hâncu CD, 2008 |
|---|---|---|----------------------------------|--|--|
| Stopper l'érosion des berges | Maintien capacité de transport approprié | Lutte contre les inondations agricoles | Contrôle local des crues | Assurer les conditions optimales de l'utilisation des eaux | Protection des berges, des constructions, <i>des terres agricoles</i> et tout autre bien |
| Enlever ce qui bloque partiellement le lit et concentre les flots contre les berges causant l'érosion | <i>Réduire la nature érosive des eaux de crue sur les berges et protéger les terres arables</i> | <i>Assainissement</i> | <i>Assainissement des terres</i> | Lutte contre l'inondation des terres arables et des objectifs économiques | Protection des constructions transversales (pont, conduite aérienne) |
| Obtenir un chenal stable | Retrait des obstacles qui bloquent le canal d'écoulement | Lutte contre les inondations des lieux habités | Contrôle de l'érosion des berges | Contrôle de l'érosion des berges | Création des conditions pour le fonctionnement des ouvrages hydrotechniques (prise d'eau, réservoirs...) |
| Protéger les infrastructures spécifiques (pont) | Contrôle des débris | Valorisation piscicole | Contrôle de l'érosion du fond | Protection des infrastructures (pont, prise d'eau, voies de communication) | Augmentation de la capacité de transport du lit |
| Stopper un éventuel changement de cours de la rivière | Chenal stable et arrêter un éventuel changement de cours | Lutte contre l'érosion | Amélioration piscicole | Amélioration des conditions de navigation | <i>Contrôle du niveau des eaux souterraines dans les plaines pour les drainer</i> |
| | Protections des infrastructures | Loisirs | | | Aménagement des confluences et des ramifications de la rivière |
| | Maintien des protections contre les inondations | Irrigation | | | Défense contre les inondations |
| | | Lutte contre la pollution | | | Aménagement du lit pour la navigation |
| | | | | | Aménagement du lit dans les zones où il y a eu une modification artificielle du lit ou un lit nouveau |

Dans son étude, Cacas *et al.* (1986) présente les résultats d'une enquête réalisée auprès de 62 Directions Départementales de l'Agriculture et de la Forêt (DDAF), destinée à cerner les objectifs des aménagements récents des cours d'eau et leur réussite. L'étude fondée sur 420 interventions ou ouvrages, recense des objectifs multiples aux différents aménagements dont les principaux sont résumés dans la Figure 2- 5:

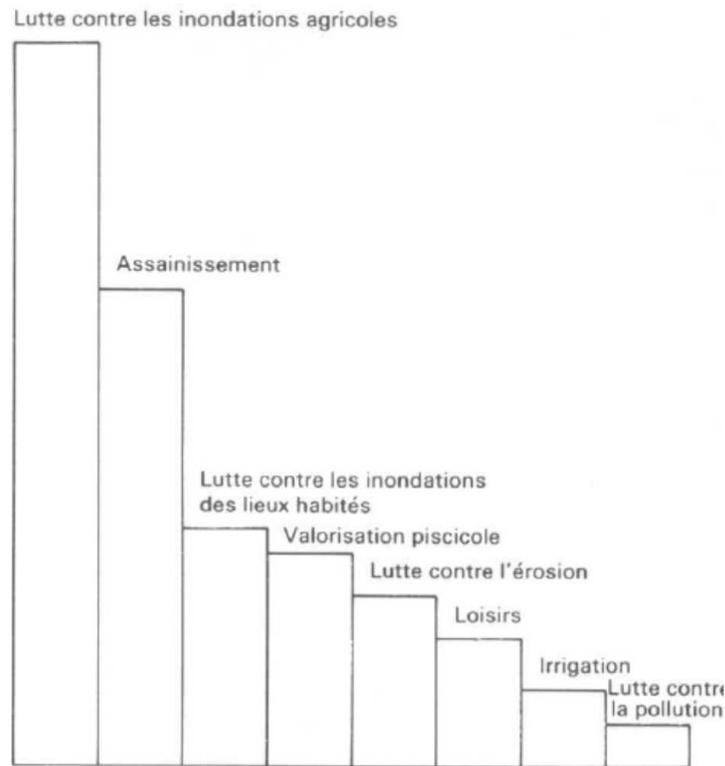


Figure 2- 5: Objectifs des aménagements sur un espace fluvial (Cacas *et al.*, 1986)

En tête des objectifs, la lutte contre les inondations agricoles et l'assainissement arrivent loin devant la lutte contre les inondations des lieux habités. Un parallèle évident peut être fait avec la vision roumaine des aménagements : « *ces aménagements vont résoudre les problèmes de défense contre les inondations des localités et des terrains agricoles* » (traduit de Hâncu S., 1976). L'objectif premier de la régularisation en Roumanie est clairement présenté comme la protection des terres arables, que ce soit par la protection contre l'érosion des berges ou contre les inondations des terres agricoles. L'assainissement des terres est également prioritaire: en 1969 les pédologues roumains estimaient à 20 % la superficie agricole du pays et à 2 750 000 ha l'étendue des secteurs à assécher, drainer, endiguer et assainir (Poncet, 1969). Les aménagements n'ont pas un objectif unique, tout comme Cacas *et al.* (1986) le présentent en France, mais il s'agit d'une « conception globale des aménagements » (Bethemont, 1976). Ainsi malgré quelques différences, les objectifs généraux sont similaires d'un pays à l'autre. C'est plutôt dans l'évolution de ces objectifs que des divergences apparaissent.

Alors que Cacas *et al.* écrivent en 1986 :

« Aujourd’hui les objectifs de productivité agricole, s’ils conservent leur importance, sont considérés avec moins de frénésie et d’autres usages qui privilégient un développement multiforme du monde rural sont avancés parallèlement aux premiers » (Cacas *et al.*, 1986).

Ce discours n’apparaît que depuis une dizaine d’années dans les textes roumains même si le rôle de l’agriculture a décliné bien avant.

2.3. Les types d’intervention sur l’espace fluvial : vers une classification ?

L’étude des aménagements nécessite une typologie des interventions. Plusieurs classifications existent dont les critères varient : en fonction de l’objectif, de l’impact sur le cours d’eau ou des techniques employées. Le Tableau 2- 13 résume certaines de ces classifications, en France et en Australie (les classifications roumaines sont présentées à part).

Tableau 2- 13: Typologie des types d’interventions sur un espace fluvial selon des auteurs français et australiens

| Malavoi et Adam, 2007 | Cacas <i>et al.</i> , 1986 | Spink <i>et al.</i> , 2011 | Brookes, 1985 |
|---------------------------------------|---|----------------------------|----------------------------|
| Couverture complète | Travaux forestiers (abattage, élagage, débroussaillage) | Ingénierie | Recalibrage |
| Déplacement | Terrassements lourds (calibrage/rescindement de méandre/endiguement) | Machinerie lourde | Réalignement/rectification |
| Rescindement de méandre/rectification | Terrassements légers (atterrissements enlevés/rabotage fragments de berge) | Végétation | Endiguement |
| Recalibrage | Entretiens (désenvasement, faucardement) | | Protection des berges |
| Suppression de la ripisylve | | | Entretien/curage |
| Protection des berges | | | |
| Endiguement et merlon de curage | | | |
| Seuils et ouvrages transversaux | | | |
| Etangs implantés sur cours d’eau | | | |
| Extraction de granulats | | | |

On constate que la classification de Malavoi et Adam (2007) est plus exhaustive et recense tous les types d’interventions qui ont un effet néfaste sur les rivières. Les interventions sont surtout classées en fonction de l’impact sur le cours d’eau et des moyens engagés. On constate

dès les années 80 en France, avec l'ouvrage de Cacas *et al.* (1986), et de façon systématique à partir des années 2000, que l'aménagement des cours d'eau est vu par le prisme des impacts qu'il a sur l'environnement et non plus seulement par les objectifs qu'il cherche à satisfaire. Ce tableau est à compléter avec la Figure 2- 6 qui présente de façon synthétique une typologie des interventions.

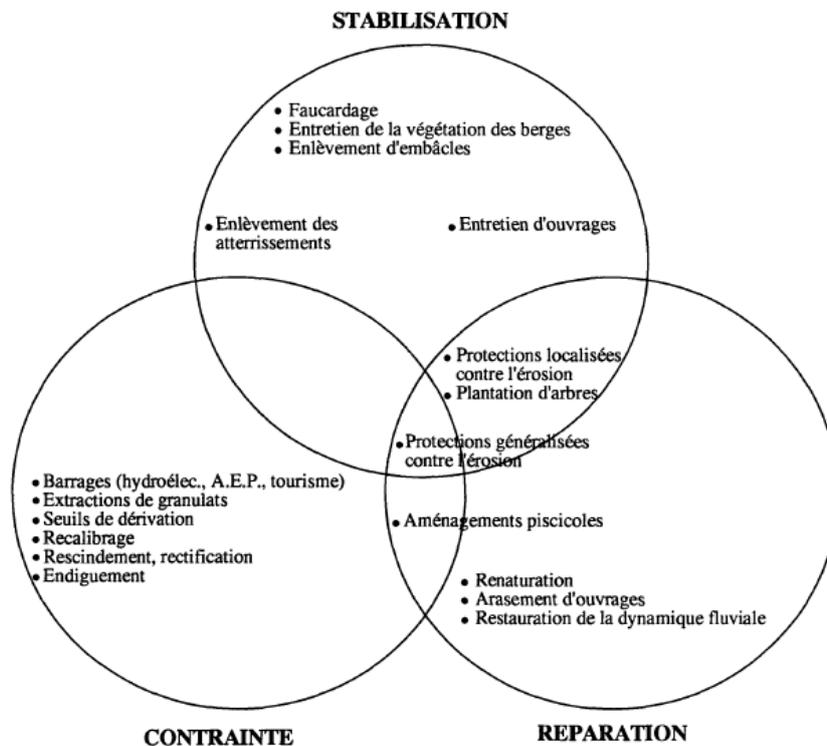


Figure 2- 6: Classification des interventions sur un espace fluvial (Malavoi, 1990)

Sous trois objectifs principaux - stabilisation, contrainte et réparation - Malavoi (1990) classe les interventions sur les cours d'eau. Cette typologie a l'avantage de prendre en compte les anciennes logiques d'aménagement (contrainte) et les récentes (réparation). Les auteurs roumains passés ou actuels, n'utilisent pas les mêmes critères de classification. Et dans ceux-ci on aperçoit un décalage avec ceux utilisés en France: les logiques d'exploitation et les logiques technicistes sont prédominantes. Une combinaison de critères est utilisée (Băloiu, 1969 repris par Ciornei et Grudnicki, 2009):

- **D'après le type d'aménagement (à caractère...) :**

Unique : A un caractère provisoire, réalisé avec des matériaux locaux. Exécuté dans le cadre d'une étape pré-régularisation ou en situation d'urgence.

Massif : A un caractère définitif et est exécuté avec des matériaux plus résistants.

- **D'après l'action sur le courant :**

Passif : Aménagements qui arrêtent l'action du courant sans en modifier les caractéristiques (digue longitudinale de direction ou protection des berges)

Actif : Aménagements qui affectent directement le débit en changeant ses caractéristiques selon les nécessités (épis, seuils)

- **D'après le mode d'exécution des travaux**

Barré : La régularisation en régime barré suppose l'exécution d'un ouvrage transversal dans le secteur supérieur du cours d'eau

Libre : La régularisation en courant libre peut être :

- de type **conservative**, c'est-à-dire où le régime d'écoulement est très peu perturbé, avec la création d'un chenal d'écoulement unique au profil plus ou moins régulier.
- **radicale** avec la création d'un nouveau chenal et la modification du régime d'écoulement.

- **D'après l'échelle :**

Locale : a un objectif limité, consolider une berge, protéger une confluence ou une prise d'eau.

Sur un grand secteur : a pour objectif de fixer un lit instable, de protéger contre les inondations.

La classification des années 70 et celle actuelle ne varient pas, même si on constate une lente évolution depuis la mise en application des directives européennes. La Figure 2- 7 présente pour conclure la classification des interventions selon Ciornei et Grudnicki (2009).

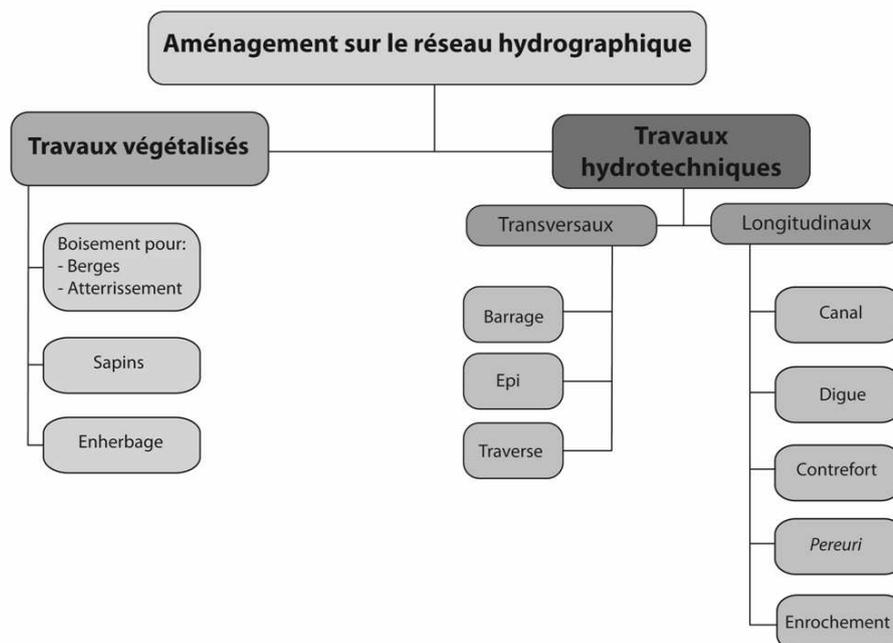


Figure 2- 7: Classification des types d'interventions (adapté et traduit de Ciornei et Grudnicki, 2009)
perueri apparait en italique car aucune traduction exacte n'a été trouvée (empierrement ?)

Les interventions ne sont considérées que sous l'angle de la technique et des ouvrages réalisés. Même si l'apparition des travaux végétalisés annonce une certaine mutation de la conception de l'aménagement des cours d'eau, les travaux hydrotechniques sont prédominants.

L'aménagement des cours d'eau en Roumanie a évolué depuis les années 50 et notamment à partir des inondations de 1970. Le développement des moyens techniques, les possibilités économiques et surtout la volonté politique ont permis la généralisation de l'aménagement des cours d'eau selon une double conception de protection et d'exploitation. Le tournant des années 80 constaté en France, et le développement d'une nouvelle vision de l'espace fluvial à partir des années 90 sont absents en Roumanie et un décalage se fait dans la conception de l'aménagement des rivières. On constate que, au moment des inondations de 2005, l'aménagement en Roumanie est dominé encore par ce que Rode (2010) appelle « l'idéologie prométhéenne de l'aménagement », c'est-à-dire dominée par la volonté de maîtriser le milieu naturel par des interventions lourdes. La solution technique et l'aménagement au cas par cas sont privilégiés. La vision de l'espace fluvial comme patrimoine à préserver - qui apparaît en France dès les années 90 - n'est pas encore pris en compte. On verra dans un second temps (4^{ème} Partie) comment cette transition est en train de s'opérer dans les textes législatifs roumains et dans quelques cas d'aménagement sous l'impulsion de l'Union Européenne mais aussi comment le passage de la théorie à la pratique est encore difficile.

Après avoir dressé le contexte de l'aménagement des cours d'eau en Roumanie, les deuxième et troisième chapitres ont pour objectif de décrire et d'analyser les aménagements du Siret inférieur tels qu'ils apparaissent en 2005.

Chapitre 2 – Vie et mort d’une digue

Parmi les méthodes d’intervention sur l’espace fluvial, l’endiguement et la chenalisation apparaissent les plus fréquents. Les digues ou levées de terre en sont la forme la plus répandue sur le Siret inférieur quelle que soit la période considérée, c’est pourquoi elles font l’objet d’un chapitre. Après avoir présenté l’évolution du réseau de digues des années 40 aux années 2000, l’objet de ce chapitre est de comprendre les logiques et la gestion de ces ouvrages qui constituent la base de l’aménagement des rivières.

1. Evolution du réseau de digues sur le Siret inférieur (des années 40 à 2000)

Le réseau de digues sur le Siret inférieur n’est présenté qu’à partir des années 40, pour deux raisons : (i) c’est à partir de cette période que les données cartographiques sont les plus complètes et utilisables sous SIG et (ii) à la lecture des cartes topographiques roumaines de 1892, on note l’absence de digues sur le secteur. Aucune donnée n’est disponible pour confirmer l’absence de digues entre 1892 et 1940, il semble néanmoins peu probable que des digues aient été mises en place, puis abandonnées dans ce laps de temps.

L’évolution du réseau de digues est présentée en deux temps, correspondant, non seulement aux deux périodes d’aménagement identifiées dans le chapitre précédent, mais aussi aux dates des cartes disponibles. D’une part le réseau est analysé dans les années 40, grâce essentiellement aux *Planuri Directoare de Tragere*. D’autre part celui-ci est étudié de 1969-1970 (dates à partir desquelles des sources écrites apportent des informations en complément des premières données cartographiques) à 2000 (la dernière carte date de 1990, mais on estime qu’aucun aménagement n’a eu lieu entre 1990 et 2000).

1.1. Faible densité du réseau de digues dans les années 40

1.1.1. Localisation du réseau de digues

Le réseau de digues des années 40 est très réduit. Grâce aux *Planuri Directoare de Tragere* intégrées dans un SIG, on a pu comptabiliser 133 km de digues sur l’ensemble du secteur. La localisation des digues est très inégalement répartie (Figure 2- 8).

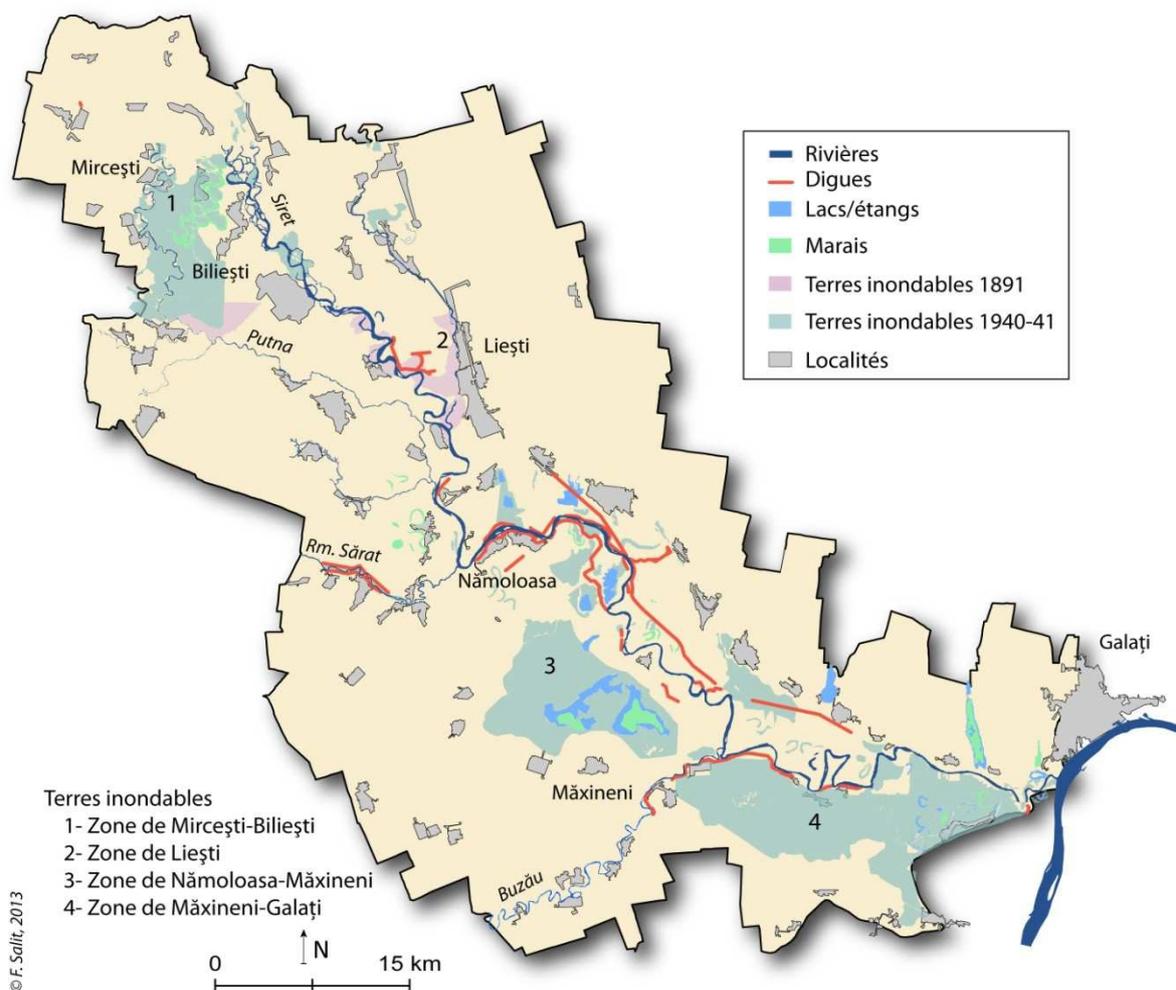


Figure 2- 8: Le réseau de digues sur le Siret inférieur aux débuts des années 40 (Source des données : PDT)

Plus de 76 % des digues se situent sur le Siret lui-même (Figure 2- 9) et en grande majorité à l’aval de la confluence avec la Râmnicu Sărat. Seuls deux affluents bénéficient de digues : le Râmnicu Sărat et le Buzău avec respectivement 14 et 9 % du réseau.

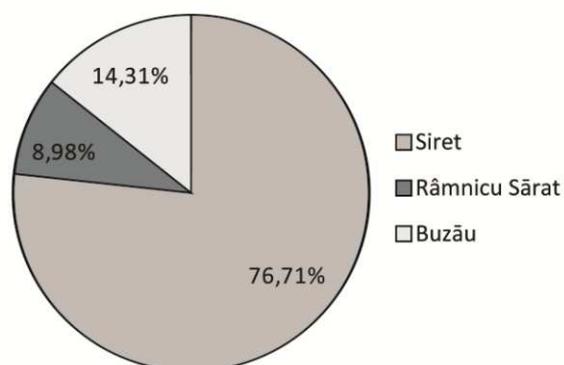


Figure 2- 9: Répartition des digues par rapport à la longueur totale, en fonction de leur localisation (Source des données : PDT)

Les aménagements recensés sur ce secteur ne sont pas représentatifs du réseau de digues des années 40 en Roumanie. Le bassin du Siret, et plus particulièrement ce secteur, sont des zones

défavorisées dans l'aménagement des cours d'eau. Hâncu C.D. (2008) cite les aménagements de la zone de Timișoara : dès le XVII^{ème} siècle, de lourds travaux de régularisation et d'endiguement aménagent la Timiș et le Bega.

En 1941 et 1942 de grandes inondations se produisent, toujours selon le même auteur, qui mettent en exergue la nécessité de faire des travaux d'aménagement général et d'endiguement :

« Rezultă dar necesitatea lucrărilor generale de amenajare a râurilor (în special pe torenți în bazinele hidrografice) și îndiguri. S-a pus în evidență și amplasarea greșită a podurilor împreună cu lipsa lucrărilor specifice de regularizare locală. (Hâncu C.D., 2008) ». *Il en résulte la nécessité de travaux d'aménagement général des rivières (en particulier des torrents des bassins hydrographiques) et d'endiguement. Il a été mis en évidence la disposition inadéquante des ponts et le manque de régularisation locale spécifique.*

Une campagne de travaux est lancée sur le Siret à la fin des années 50 notamment à Cosmești, à l'amont du secteur étudié, ce qui constitue une exception pour le Siret. Ainsi hormis leur localisation, peu d'informations sur les digues de cette période sont disponibles. Aucune source n'explique leur construction ou leur constitution. Il a été cependant possible de les classer selon leur fonction.

1.1.2. Objectifs et fonctions principales des digues

A partir de la localisation des digues et de l'étude des logiques d'aménagement sur d'autres bassins, il a été possible de classer les digues selon les objectifs et les fonctions qu'elles remplissent (Figure 2- 10). Quatre catégories ont été retenues : la protection d'un village (i) la protection de terres inondables (ou ouvrages pour assurer le drainage ou l'irrigation) (ii), la protection d'infrastructure (iii), ouvrages voués à limiter les divagations du lit et à permettre la régularisation de l'espace fluvial (iv).

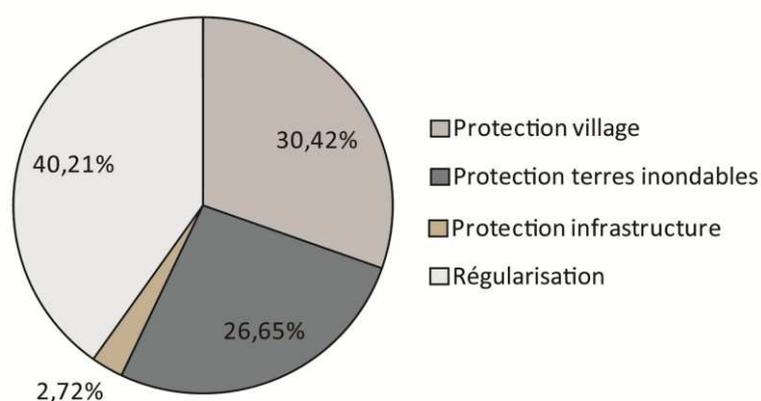


Figure 2- 10: Répartition du réseau de digues selon leur fonction (Source des données : PDT)

La protection des infrastructures est mineure, ce qui rejoint les travaux de Hâncu C.D. (2008). Les ponts sont mal protégés des crues. Ce même auteur évoque la destruction de cinq ponts sur le Siret lors des inondations de 1932-33. Les fonctions se répartissent environ par tiers pour les autres

catégories, avec une majorité pour les ouvrages de chenalisation. Lors de l'attribution des fonctions un choix a été opéré, or il est possible, sans que rien ne puisse le confirmer ou l'infirmier, qu'un ouvrage ait eu plusieurs fonctions. C'est pourquoi cette répartition n'est qu'indicative et ne permet que d'esquisser les logiques d'aménagement lors de cette période. Néanmoins un élément présent sur les *Planuri Directoare de Tragere* apporte un éclairage supplémentaire : les terres dites inondables.

1.1.3. Les « terres inondables »: définition et problèmes

Le figuré « terres inondables » apparaît sur certaines cartes des PDT (Figure 2- 11). Son élaboration est incertaine. A-t-il été déterminé grâce au relevé de terrain? Ou est-il le fruit de déduction suite aux témoignages de la population ou extension de crues précédentes ?

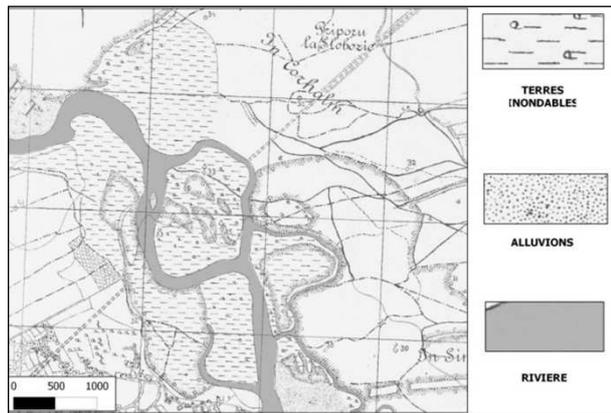


Figure 2- 11: Le figuré «terres inondables» (PDT)

Sa délimitation apparaît précise et son extension élevée. Ainsi 460 km² (46 000 ha) de « terres inondables » ont été comptabilisés aux débuts des années 40, auxquels il faut ajouter 35 km² (3 500 ha) présents sur les cartes les plus anciennes dont les relevés de terrain datent de 1891. Pour une seule carte les données sont disponibles à deux dates : en 1917 et 1958 (dates de la carte ; les relevés de terrains datent respectivement de 1891 et 1940), et sur celle-ci l'extension des terres inondables n'est pas la même. Seules des hypothèses peuvent être émises, étant donné les très faibles renseignements sur l'élaboration du figuré. Si celui-ci est établi à partir de l'extension de crues connues, peut-être qu'aucune inondation n'a touché ce secteur lors de ce laps de temps.

Quatre grandes zones de « terres inondables » peuvent être déterminées (Figure 2- 8) :

- **Zone Mircești-Biliești** : entre la rive gauche de la Putna et la rive droite du Siret. Ce secteur correspond à une zone de marécage et d'anciens méandres abandonnés du Siret (Antonovici, 1929).
- **Zone de Liești** : en rive gauche du Siret. Secteur que l'on ne connaît que par la carte de 1916 d'Hanul Conachi.
- **Zone de Nămolosa-Măxineni** : entre les cours du Râmnicu Sărat et du Buzău. Elle comprend en son centre des zones de marécages et s'étend sur environ 130 km² (13 000 ha).

- **Zone Măxineni-Galați** : secteur le plus étendu, en rive droite du Siret avec une surface de près de 200 km² (20 000 ha). Cette zone entre le Buzău, le Siret et le Danube, correspond à une vaste zone de marécages et de terres humides.

L'extension de ces terres inondables et leur localisation permet de mieux saisir les plans d'aménagement de la période suivante qui sont motivés en grande partie par l'assainissement et la mise en valeur de ces terres vulnérables.

Le réseau de digues sur le Siret inférieur dans les années 40 est peu dense. A la lecture des cartes topographiques roumaines de 1953, aucune digue supplémentaire ne semble avoir été implantée. Entre 1953 et les cartes de 1970 aucune donnée cartographique ne nous permet de suivre l'évolution du réseau.

1.2. 1969-2000 : un aménagement intégral ?

1.2.1. Répartition du réseau de digues

Les mesures effectuées sous SIG pour la carte de 1990, dernière carte disponible pour cette période, permettent de recenser plus de 990 km de digues sur l'ensemble du secteur du Siret inférieur. Ces chiffres sont supérieurs à ceux recensés dans la bibliographie pour l'ensemble du bassin ou dans les textes des organismes de bassin : Băloiu (1980) recense 1 000 km d'endiguement pour le bassin du Siret et le rapport sur les inondations de 2005 donne 391 km de digues contre les inondations (Ministerul Mediului, 2009). La raison est double : d'une part ils ne recensent que les digues de protection contre les inondations, alors qu'il s'agit dans ce travail, de toutes les digues quelles que soient leurs fonctions. D'autre part les longueurs de digues sont calculées par kilomètre de rivière aménagée, or les chiffres présentés ici se rapportent au linéaire des deux rives de chaque rivière y compris les affluents, quel que soit l'organisme auquel elle se rapporte.

Ainsi la somme totale du kilomètre de digues est supérieure à celle présentée selon les différentes sources. La Figure 2- 12A indique la répartition des digues selon les rivières du secteur. On constate qu'une grande majorité de ces ouvrages se situe sur le Siret (39 %) mais que les digues se situent dans l'ensemble des rivières ou cours d'eau de plus ou moins grande envergure, contrairement à la répartition du réseau dans les années 40.

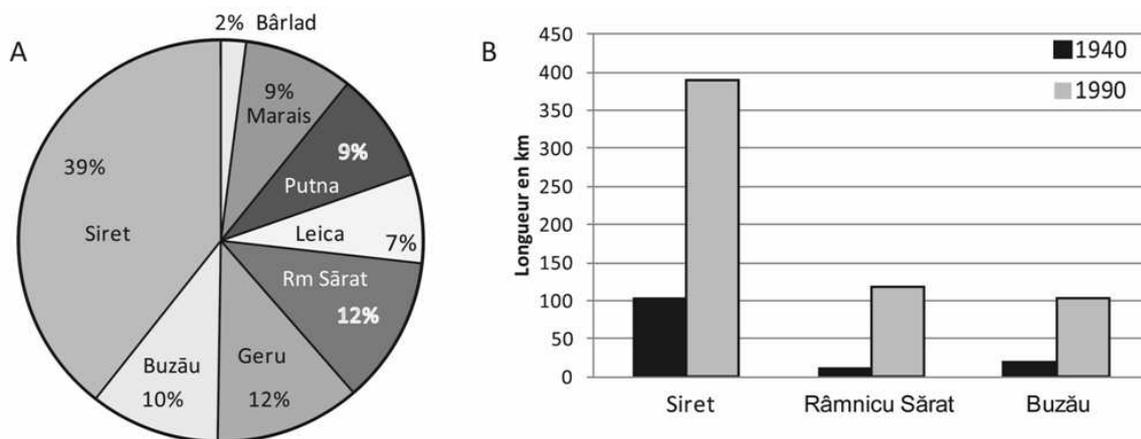


Figure 2- 12: A – Répartition du linéaire des digues en 1990 sur le Siret inférieur. B – Evolution de la longueur des digues pour le Siret, le Râmnicu Sărat et le Buzău dans les années 40 et en 1990

Si l'on compare la longueur totale des digues entre ces deux périodes, on constate que le réseau a été multiplié par plus de 7. Le graphique en Figure 2- 12B montre l'évolution du linéaire pour trois rivières des années 1940 à 1990.

1.2.2. Détermination des phases d'aménagements

Afin de déterminer les différentes dates de construction du réseau de digues, le croisement des sources cartographiques et écrites a été indispensable. Un état des lieux complet des digues a pu être fait grâce à la couverture intégrale des cartes topographiques roumaines de 1981. Au-delà de cette période l'étude s'est fondée sur les cartes russes au 1/50 000^e de 1988-1990 qui ont permis l'ajout de certaines digues. La difficulté a été de déterminer les phases d'aménagements avant 1981. Les cartes disponibles de 1970, 1971, 1973 et de 1976, ne couvrent pas la totalité du secteur et les échelles hétérogènes ne permettent pas avec certitude de fixer une date. Ainsi il a été nécessaire d'utiliser d'autres sources, comme les rapports de travaux du SGA Vrancea (SGA Vrancea, 1974) ou les textes scientifiques pour dater avec précision l'établissement du réseau de digues.

Trois grandes périodes ont été déterminées (Figure 2- 13) :

- **De la fin des années 60 à 1974** : réseau de digues certainement construit ou programmé avant les inondations de 1970, voire dont la réalisation a été accélérée par celles-ci. Les moyens financiers et humains ont été multipliés après les inondations de 1970 permettant la réalisation des aménagements.
- **1974-1981** : réseau dont la réalisation fait suite aux inondations de 1970 et dont l'existence est attestée par le rapport du SGA Vrancea (SGA Vrancea, 1974).
- **1988-2000** : réseau dont l'existence n'est attestée qu'à la fin des années 80, d'après les sources cartographiques. Le linéaire de digues de cette période est limité.

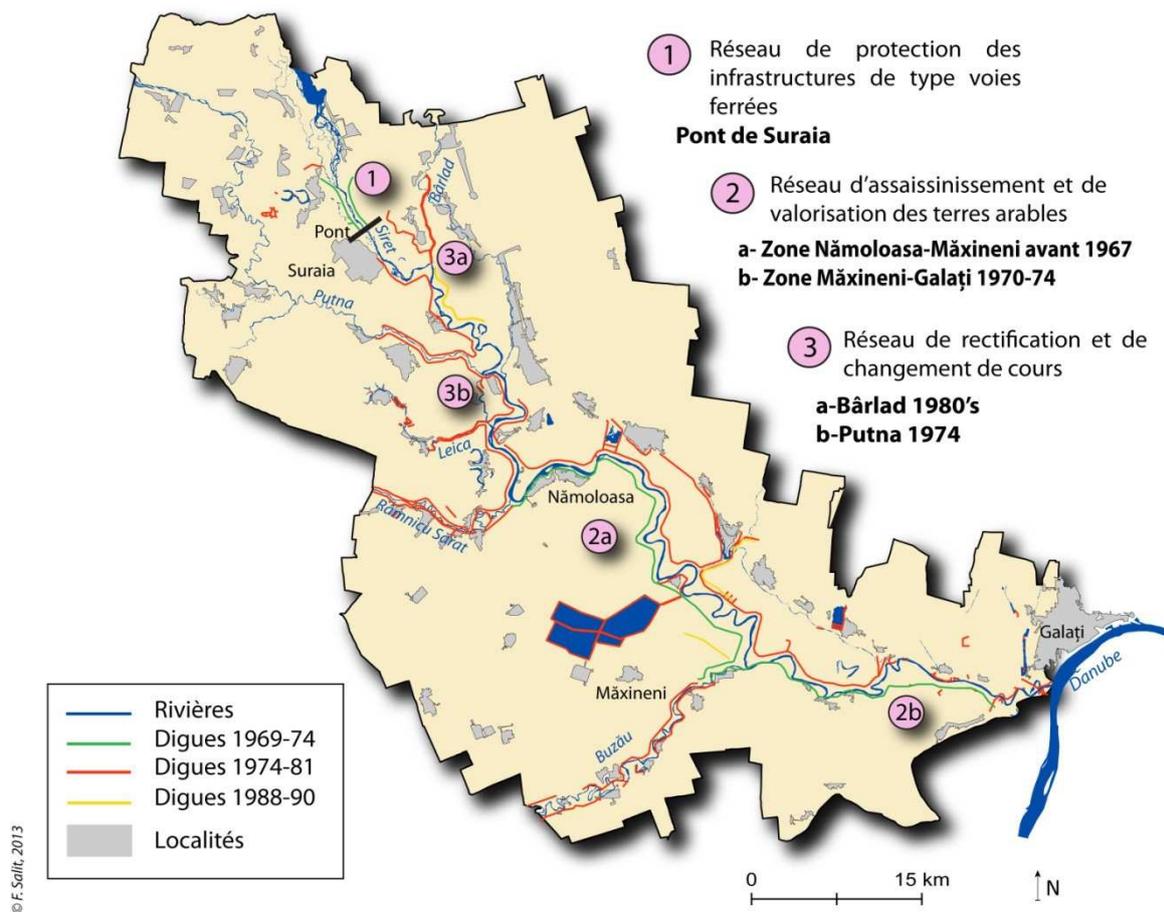


Figure 2- 13: Les phases d'aménagements du réseau de digues du Siret inférieur de la fin des années 60 à 2000 (Source : SGA Vrancea, 1974 ; cartes topographiques roumaines de 1971, 1973 et 1981 ; cartes topographiques russes de 1970, 1976 et 1990)

On constate que l'aménagement des affluents (le Bârlad, la Putna, la Leica, le Râmnicu Sărat et le Buzău) a été entrepris pour tous, suite aux inondations de 1970. Le plan d'aménagement d'ensemble apparaît comme un compartimentage de la plaine inondable où chaque confluence est encadrée par un réseau de digues.

Il n'est pas possible, contrairement à la période précédente, de catégoriser l'ensemble du linéaire des digues car comme déjà cité les infrastructures peuvent avoir des objectifs multiples. Il est possible de définir trois types de fonctions globales pour certains réseaux de digues :

- **Un réseau de protection des infrastructures** : on retrouve ce type de digue à chaque pont ferroviaire ou routier. D'après certains témoignages d'habitants ayant participé à sa construction, le réseau de digues du pont de Suraia semble dater de 1972 ce qui est corroboré par les cartes topographiques ; le pont quant à lui, date de 1947.
- **Un réseau d'assainissement et de valorisation des terres arables** : On peut remarquer que les deux réseaux d'assainissement notés sur la Figure 2- 13, renvoient aux deux plus grandes zones de « terres inondables » relevées sur les PDT (Figure 2- 8). La zone

Nămoloasa-Măxineni permet de protéger des crues et de mettre en valeur plus de 15 000 ha de terres arables ; sa date de construction reste incertaine, elle aurait été aménagée au début des années 60 (Velcea, 1967) ou entre 1958 et 1960 (Căzănescu, 2010).

- **Un réseau de rectification ou correction des cours d'eau** : deux exemples sont présents sur ce secteur sur le Bârlad et la Putna (exemples détaillés en chapitre 3 p.144).

1.3. Quelques cas particuliers

Après avoir dressé un état général du réseau de digues des années 40 à 2000 dans la vallée du Siret inférieur, deux cas particuliers d'aménagement apparaissent : le cas des villages de Nămoloasa-Fundeni et de Vadu Roșca.

1.3.1. Le cas des localités de Nămoloasa et Fundeni

Le secteur du Siret situé à la confluence du Siret et du Râmnicu Sărat (Figure 2- 14) est encadré par un réseau de digues dès les années 40. Ce secteur semble être considéré comme particulièrement vulnérable aux inondations. Deux éléments en témoignent. Tout d'abord le village de Nămoloasa est le seul village qui bénéficie dès les années 40 d'une protection contre les inondations. On peut émettre l'hypothèse que ce village a été protégé à la suite de l'inondation du 5 juillet 1914 (Mustătea, 2005). Puis Fundeni, village situé dans un méandre du Siret, a été déplacé après une inondation dans les années 40, certainement l'inondation de 1942 déjà citée. Le déplacement d'un village est une protection extrême contre les inondations, même s'il ne s'agit qu'un déplacement de quelques kilomètres.

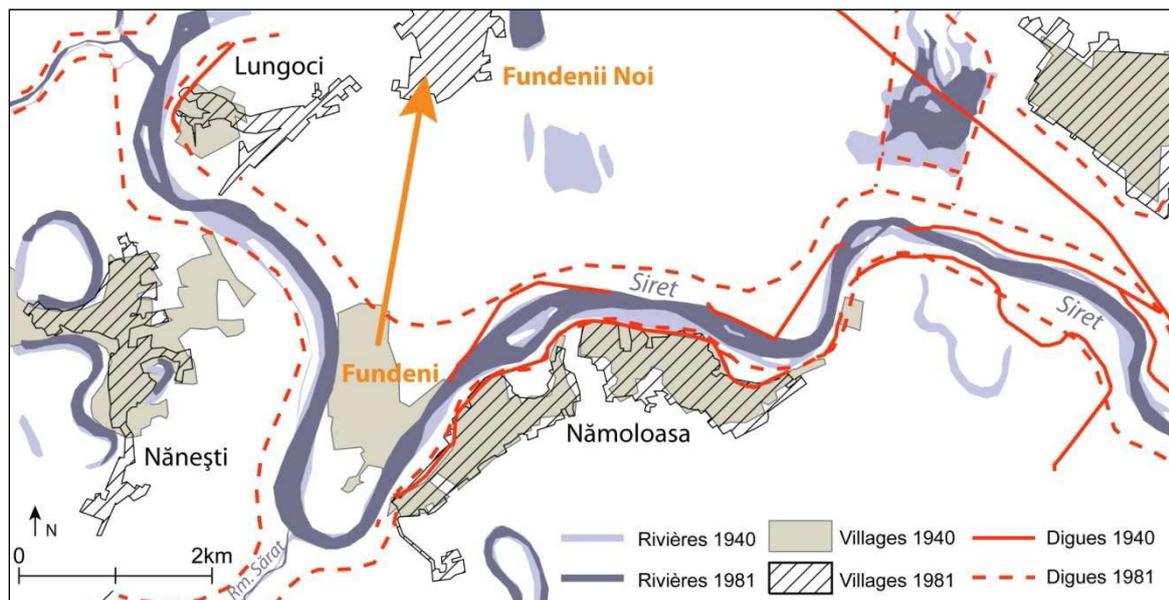


Figure 2- 14: La protection de la localité de Nămoloasa, dès les années 40. Le déplacement de Fundeni suite aux inondations dans la deuxième moitié des années 40 (indiqué par la flèche orange)

La bibliographie a permis de trouver un autre cas de déplacement : d'après des fouilles archéologiques, le village de Măxineni ne se trouvait pas à son emplacement actuel en 1554 (Câdea et Croitoru, 2009). D'après ces recherches, les habitants auraient abandonné la première localisation près des rives du Siret (à la confluence actuelle du Siret et de Buzău) suite à des inondations certainement vers 1878-79. Le village aurait été déplacé de près de 9 km à l'ouest sur des terres où l'altitude est supérieure.

Ces deux exemples témoignent d'une logique d'aménagement des cours d'eau en nuance qui s'applique au cas par cas avant les années 70. Sur un même secteur, deux logiques cohabitent à la même période: un réseau de digues pour défendre un village et un choix de délocalisation pour s'adapter au risque d'inondation. Plusieurs explications peuvent être avancées. Tout d'abord des raisons locales économiques ou politiques peuvent mener à ces choix. Le village de Măxineni abrite un monastère réputé qui a pu pousser la municipalité à le protéger contre les inondations. Enfin il est important de noter que les villages de Fundeni et de Nămolosa ne se trouvaient pas sur la même rive du Siret et ne sont donc pas administrés par le même département.

1.3.2. Evolution des aménagements à Vadu Roșca

Il a semblé important de faire le point sur l'aménagement de Vadu Roșca, étant donné le rôle que les digues ont tenu dans l'inondation de juillet 2005. On constate que dans les années 40, le Siret n'est pas endigué à hauteur du village (Figure 2- 15) et est plus proche du village. Les digues ne se situent qu'en rive gauche, empêchant la divagation du lit sur cette rive.

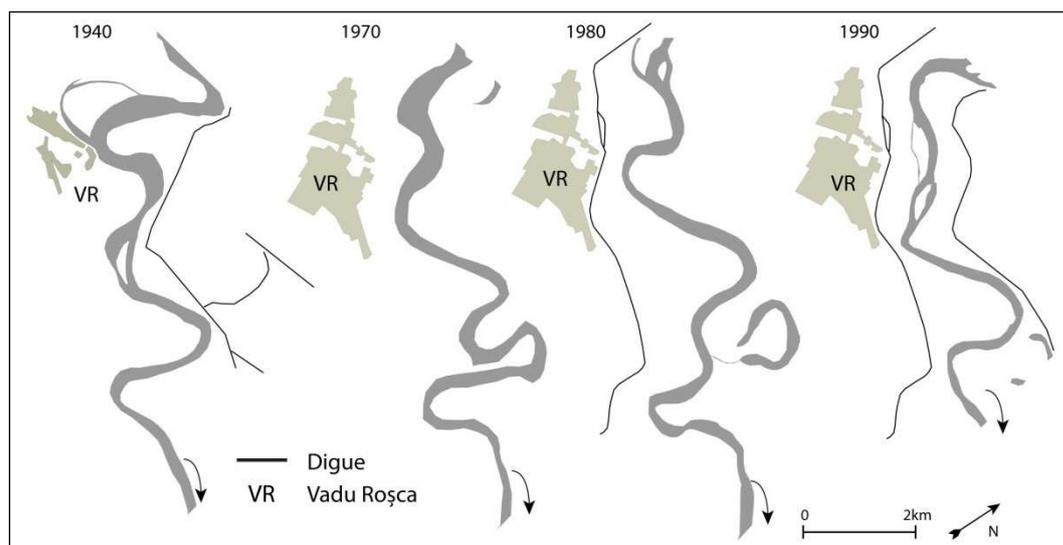


Figure 2- 15: Evolution du Siret et des aménagements à Vadu Roșca de 1940 à 1990

Mais d'après les cartes topographiques, aucune digue n'est présente dans les années 70. La carte topographique roumaine de 1953 confirme cette disparition. Ce n'est qu'en 1981 que les

digues de rive droite apparaissent, complétées en 1990 par celles de rive gauche. La disparition des premières digues témoignent peut-être de l'usure de celles-ci, comme on a pu le constater sur d'autres secteurs où les digues indiquées sur les cartes n'existent plus sur le terrain. Ainsi à Vadu Roșca l'aménagement est passé d'une logique de limitation des divagations à une protection des inondations, mais encore une fois l'aménagement d'une rive est réalisé indépendamment de l'autre. C'est pourquoi dans un deuxième temps il est nécessaire de comprendre comment sont constitués ces ouvrages et comment ils sont gérés.

2. La gestion et l'entretien des digues

Cette section s'attache à comprendre plus particulièrement l'état et la gestion des seules digues de protection contre les crues. Les digues destinées à mettre en valeur les terres agricoles, comme celles se situant dans la zone de Nămolosa-Măxineni, ne seront pas évoquées ici.

2.1. Constitution des digues de protection contre les crues

Les digues de protection contre les crues sont des levées de terre sans structure faites de sables argileux. Leur constitution simple est révélée par les photographies prises pendant des travaux de réparation (Figure 2- 16). D'après les relevés de terrain aucune digue n'a de structure en dur et elles sont toutes enherbées.



Figure 2- 16: Réparation provisoire d'une digue sur la rivière Geru dans la zone de Lungoci, travaux exécutés par ANAR en 2010 (Photographie : ANAR)

Le profil des digues est varié comme en témoigne le rapport sur l'aménagement du Siret inférieur (Ministerul Mediului, 2009c). La hauteur des ouvrages varie de 2,5 à 4 mètres avec une base et une crête de digue plus ou moins larges (Figure 2- 17).

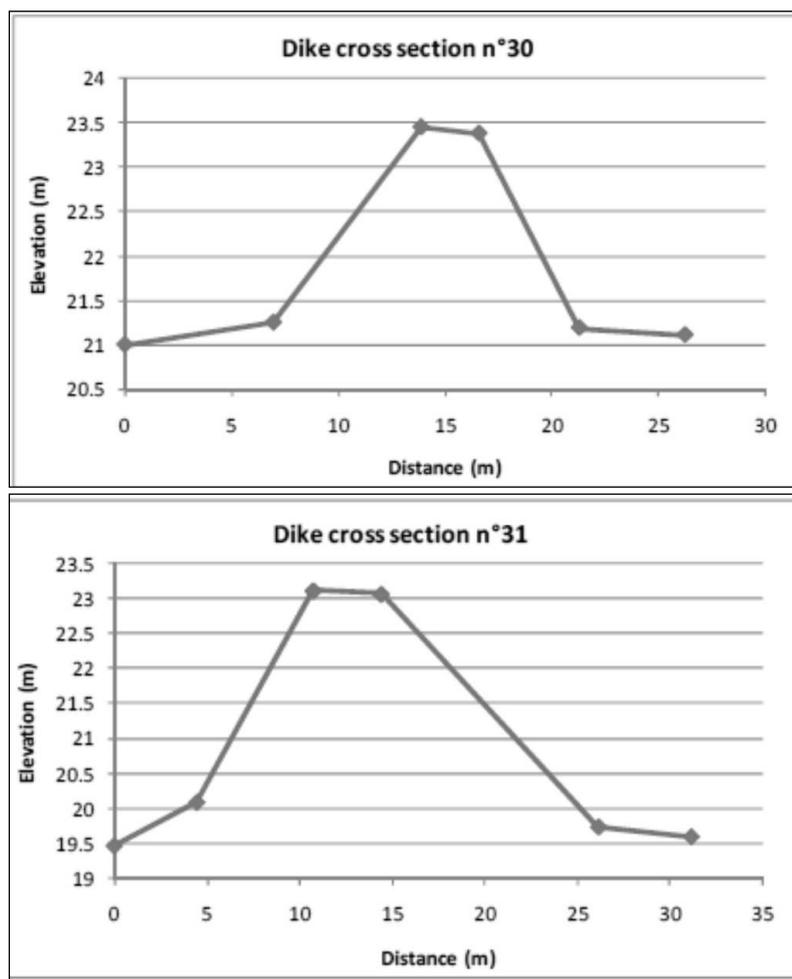


Figure 2- 17: Exemples de profils de digues (Ministerul Mediului, 2009c)

Les ouvrages hydrotechniques sont classés par catégorie d'importance selon les normes établies en 1983 (STAS 4273/1983). Ces classes sont élaborées en fonction de la pérennité des aménagements et de la valeur des objectifs économiques et sociaux protégés. La majorité des digues sont de classe IV, c'est-à-dire des constructions d'importance secondaire. Les classes IV sont des constructions hydrotechniques dont l'avarie n'aurait qu'une influence réduite sur les objectifs socio-économiques (*Construcții hidrotehnice a căror avariere are o influență redusă asupra altor obiective social-economice*¹, 1983). La gestion des digues de protection contre les crues est à analyser selon deux angles : tout d'abord il convient de faire un état de leur gestion au quotidien (quel entretien ? par quels gestionnaires ?) et ensuite en temps de crise, c'est-à-dire lors de crues ou d'inondations.

¹ Texte disponible en intégralité à l'adresse : <http://fr.scribd.com/doc/65619473/STAS-4273-83-Constructii-nice-1-Clase-de-Important-A>

2.2. La gestion au quotidien

2.2.1. La multiplicité des gestionnaires

L'ensemble des digues appartient à l'Administration Nationale des « Eaux Roumaines » (ANAR) et à ses composantes que sont les organismes de bassin, l'ABAS pour le bassin versant du Siret. Or sur le secteur étudié du Siret inférieur, trois *Sisteme de Gospodărire a Apelor* (SGA ou système de gestion des eaux) se partagent la gestion des ouvrages, tous trois n'appartenant pas au même organisme de bassin versant (le détail des zones de gestion est abordé en 4^{ème} Partie p.252). Ainsi un seul secteur est non seulement géré par trois SGA différents, définis selon les limites des județe (départements), mais les rives du Siret ne sont pas gérées par le même organisme de bassin versant.

Le SGA Vrancea a été l'interlocuteur privilégié dans ce travail de recherche et suite à leur coopération, des données plus détaillées sont disponibles pour ce secteur (Tableau 2- 14). Le réseau de digues s'organise en 5 domaines ou compartiments, de tailles variables. Pour chacun des domaines est établi un « canton d'exploitation » chargé de l'entretien et des réparations des digues.

Tableau 2- 14: Zones de gestion du réseau de digues du SGA Vrancea (d'après SGA Vrancea, 1974)

| Nom zone endiguée | Localisation | Longueur (km) | Surface agricole protégées (en ha) | Nombre d'habitats protégés |
|---------------------------------------|-----------------------|---------------|------------------------------------|----------------------------|
| Suraia-Vadu-Roșca | Rive droite Siret | 12,5 | 2 510 | 2 400 |
| | Rive gauche Putna | 8 | | |
| Călieni-Nănești compartiment 1 | Rive droite Putna | 9 | 2 600 | 2 945 |
| | Rive droite Siret | 7 | | |
| | Rive gauche Leica | 3,8 | | |
| Călieni-Nănești compartiment 2 | Rive droite Leica | 4 | 2 600 | 3 076 |
| | Rive droite Siret | 6 | | |
| | Rive gauche Rm. Sărat | 13,8 | | |
| Râmnicu Sărat | Rive droite Rm. Sărat | 8,9 | 225 | 1 803 |
| Nămoloasa-Măxineni | Rive droite Rm. Sărat | 5 | 225 | 1 003 |

2.2.2. Entretien, usages et interdictions

L'entretien des digues est de la responsabilité des mairies et des cantons d'exploitations. Aucune digue n'est une propriété privée contrairement à ce que l'on peut trouver en France notamment. Cette gestion est l'héritage de l'époque communiste, période où la majorité de ces ouvrages a été réalisée. La gestion des digues était l'objet d'une attention particulière : elles étaient fermées et surveillées par des gardes armés, la circulation sur leurs crêtes interdite. Aujourd'hui les barrières sont souvent présentes, leur état général apparaît comme bon et un entretien régulier de la végétation sur les digues est effectué (Figure 2- 18).



**Figure 2- 18: Entretien des digues (à gauche) . Digue interdite d'accès par une barrière (à droite)
(Photographies : F.Salit, juin 2011)**

Les mairies ont l'obligation d'assurer les travaux de maintenance par l'addition de remblais, l'enherbage et le fauchage de la végétation sur les digues et d'assurer les travaux nécessaires sur les annexes des digues (Loi nr. 112/2006). Suite aux enquêtes de terrain, de nombreuses digues apparaissaient détériorées par la circulation de véhicules (notamment des charrettes). Des habitants s'en sont à plusieurs reprises plaints et l'ont accusée d'être responsable des défaillances des digues (tassement ou brèches) lors de l'inondation de 2005. Afin de préciser les limites de l'usage de celles-ci, le manuel du maire pour les situations d'urgence en cas d'inondations, établi dès la loi sur l'eau en 1996 (et revu en 2006 - donc appliqué en 2005) a été mobilisé. D'après celui-ci (Tableau 2- 15) la circulation sur les digues n'est autorisée que pour les véhicules à traction animale. On constate que le pâturage sur les digues est interdit, or il a été constaté à plusieurs reprises (notamment par les mêmes habitants qui dénonçaient les charrettes) que vaches, chèvres et autres sont mises à brouter sur les digues.

Tableau 2- 15: Extrait du Manuel du maire pour la gestion des situations d'urgence en cas d'inondation – de l'usage des digues de protection contre les inondations (Loi nr. 112/2006 – qui modifie et complète la loi des Eaux nr. 107/1996 : *Manualul Primarului, 2006* – Traduction : F. Salit)

Pour assurer la stabilité et l'intégrité des digues,

Il est interdit :

- a) D'extraire de la terre ou tous autres matériaux des digues ou de leur aires protégées
- b) De planter des arbres de toutes sortes sur les digues ou ouvrages de protection
- c) De faire du pâturage sur les digues, les rives et le lit mineur du cours d'eau
- d) De réaliser des extractions de matériaux dans le lit, dans la zone de captage des eaux de la rivière
- e) De circuler en véhicule sur les crêtes des digues
- f) De couper les ceintures forestières de protection des digues

Il est autorisé :

- a) De déposer des matériaux de construction et de réaliser des travaux sur les digues
- b) De circuler sur les digues avec des véhicules à traction animale
- c) De percer des digues pour faire passer des conduites, lignes ou câbles électriques si ceux-ci ne nuisent pas à l'intégrité de l'ouvrage.

Il est interdit, dans le lit majeur inondable et dans les zones de protection, de construire de nouveaux objectifs économiques ou sociaux, y compris des annexes de ceux pré-existants.

Par ailleurs les digues ne sont pas exemptes de malveillance : à Belciugele, village au bord du Râmnicu Sărat, le tuyau d'évacuation des eaux placé dans la digue aurait été volé pour récupérer le métal. Cette fragilisation de la digue (Figure 2- 19), ajoutée à la circulation de véhicules dessus, a provoqué un tassement de l'ouvrage de 1 à 1,5 mètres. Lors de l'inondation de juillet 2005, la digue a cédé à cet endroit, libérant un torrent de boue dans les maisons situées juste derrière.



**Figure 2- 19: Digue fragilisée à Belciugele. La digue a rompu en juillet 2005.
(Photographie : F.Salit, juin 2011)**

2.3. Gestion et comportements en cas de crise : retour sur les inondations de 2005 et 2010

Dans la Stratégie à moyen et long terme de Gestion du Risque Inondation (Ministerul Mediului, 2010a) établie après les inondations de 2005, il est reconnu que des négligences dans l'entretien et l'exploitation des digues ont été commises. Comme indiqué lors de la reconstitution de l'inondation de juillet 2005, la gestion des digues pendant une période de crise manquait de coordination. Dans au moins trois villages (Mircești, Suraia et Vadu Roșca) les habitants ont créé des brèches dans les ouvrages. Il ne s'agit pas de condamner ces actions, puisqu'elles répondaient à une nécessité sur l'instant, mais de montrer les limites d'une gestion fragmentée en temps de crise.

En 2010, les leçons de l'inondation précédente ont été tirées. La gestion et surveillance des digues pendant la crise apparaît comme plus efficace et coordonnée. Un rapport de la mairie de Vulturu (Primaria comunei Vulturu, 2010a) ainsi qu'un entretien avec le chef du service des volontaires pour les situations d'urgence ont mis en évidence la coordination entre le SGA Vrancea et les autorités locales pour vérifier l'état des digues dès l'annonce du dépassement de la

cote d'attention (premier stade dans l'échelle de déclaration de l'état de situation d'urgence). Le comité local de Vulturu de volontaires pour les situations d'urgence a été mandaté pour vérifier l'apparition d'une fissure dans la digue de défense de Suraia-Vadu Roșca entre les km 6+600 et 6+700.

2.3.1. Rôle négatif des digues lors des inondations

Au-delà de l'agencement du réseau de digues qui a eu les conséquences néfastes déjà mentionnés en 2005 (cf. 1^{ère} Partie), les digues ont été très contestées lors du même épisode. De nombreuses digues ont été dépassées par les eaux, elles ont dû être renforcées et surélevées par des sacs de sable. Leur défaillance peut être imputable non seulement à l'usure du temps (érosion et tassement des digues) ou au mauvais ajustement de leur hauteur aux conditions hydrologiques et morphologiques locales, mais aussi à la circulation des charrettes ou autres véhicules. Cet usage détourné, constaté à plusieurs reprises sur le terrain, détériore l'ouvrage jusqu'à en provoquer la disparition (cas constaté à Tudor Vladimirescu).

Ces digues apparaissent très fragiles de par leur constitution (Figure 2- 20). Une étude effectuée après l'inondation de 2005 a réalisé une modélisation du système de digues pour en évaluer leur résistance (Ministerul Mediului, 2009a). 30 % des digues du Siret inférieur (44,3 km) présentent le risque d'être dépassées par les eaux du Siret pour un débit équivalent à celui de juillet 2005. Selon la même étude, 78 % des digues (117,4 km) peuvent être soumises à une pression susceptible de provoquer une brèche pour un débit équivalent à celui de l'inondation de 2005.



Figure 2- 20: Brèche dans une digue sur la rivière Suhu à Piscu en juillet 2005-jud Galați (à gauche). Consolidation d'une digue avec des sacs de sable à Șendreni en 2010 (à droite) (Photographies : ANAR)

Cette fragilité se traduit également par des infiltrations sous les digues. Lors de l'épisode de 2010 des infiltrations ont été découvertes sur la digue du Siret qui protège Vadu Roșca sur une distance de 60-70 mètres. La digue a été renforcée avec des sacs de sable en attendant des réparations sur l'ensemble de la structure.

2.3.2. Rôle positif des digues lors des inondations

Malgré les défaillances du système détectées lors des récentes inondations, un certain nombre de digues ont rempli leur fonction de protection : les villages de Vultur, Piscu ou Independența ont été épargnés par l'inondation de juillet 2005. Seules les habitations les plus proches du Siret ont subi des dommages. Il est intéressant de noter que les populations ne remettent pas en question les digues : d'après les témoignages recueillis, les digues devraient certes être plus hautes ou plus nombreuses, mais c'est principalement le système d'alerte ou la gestion du barrage en amont qui est remis en cause.

Par ailleurs malgré leur fragilité, la constitution des digues engendre la possibilité pour les habitants de les « gérer » eux-mêmes lors de crises. Ils ont à plusieurs occasions créé des brèches. Enfin cette même constitution permet aux autorités de restaurer les digues plus rapidement et à des coûts moindres (Figure 2- 21).



Figure 2- 21: Reconstruction d'une digue sur le Siret à Nămolosa, le 3 août 2005 (Photographie: ANAR)

Les digues ou levées de terre constituent le socle de la stratégie d'aménagement de l'espace fluvial, que ce soit dans la protection contre les inondations que dans la régularisation du Siret inférieur et de ses principaux affluents. Plus de 900 km de digues, de protection et/ou d'irrigation sont enregistrés au début des années 2000. Malgré les faiblesses enregistrées, essentiellement lors des inondations de 2005 et 2010, elles sont d'un entretien plus aisé et moins coûteux. Le problème réside dans leur agencement, qui manque de cohérence à l'échelle du secteur et dans leur gestion, notamment en temps de crise.

Chapitre 3 – Maîtriser le cours d'eau : les travaux de régularisation

Les aménagements sur l'espace fluvial ne se limitent pas à des digues de protection contre les crues. Les digues sont des ouvrages de défense directe en cas d'inondation. Mais d'autres aménagements ont des objectifs multiples, dont la maîtrise du cours d'eau et l'anticipation des effets néfastes de celui-ci. L'objectif de ce chapitre est de recenser tous les aménagements – hors digues de protection contre les crues – présents sur le Siret inférieur et d'en comprendre la logique et les principes.

1. Typologie des aménagements sur le Siret inférieur

1.1. Recensement des types d'ouvrages

Aucune base de données des aménagements sur le Siret n'est disponible (ou existante). La multiplicité des gestionnaires rend d'autant plus difficile un état des lieux sur le secteur. Le recensement a été fait d'après plusieurs campagnes de terrain de 2009 à 2012 et ne peut donc se référer qu'aux ouvrages visibles. Ainsi les travaux d'entretien ou d'aménagement de type travaux végétalisés n'ont pas pu être relevés. Néanmoins après plusieurs terrains, on a pu constater l'absence de débris végétaux ou autres dans le Siret ce qui témoigne d'un entretien ; par ailleurs d'après les témoignages des gestionnaires et des projets d'aménagements en cours, les travaux végétalisés ne semblent pas privilégiés. Pour lutter contre l'érosion des berges deux techniques sont employées, l'enrochement et les épis-fascines. Les techniques de plus en plus utilisées en France de berge enherbée en pente douce ne sont pas évoquées par exemple.

Onze catégories d'aménagements ont été relevées (Tableau 2- 16), classées selon leur fonction, leur constitution et les matériaux utilisés. On constate que l'ensemble des ouvrages relève d'un plan d'aménagement émanant d'un organisme public et qu'aucun n'est issu d'une initiative privée (que ce soit des particuliers ou des entreprises). De même aucun aménagement sauvage n'a été relevé. Certains de ces ouvrages (pylônes en béton par exemple) ne sont visibles que parce qu'ils sont détériorés – beaucoup de ses aménagements datent des années 70 et sont en mauvais état.

Tableau 2- 16: Recensement des aménagements et ouvrages (hors digue de protection contre les inondations) dans le bassin du Siret inférieur. *Seuls les ouvrages visibles ont pu être pris en compte* (Photographies : F. Salit de juin 2009 à juin 2012)

| Nom | Localisation et dates | Description | Objectifs | Photographies |
|-----------------------------------|---|---|---|--|
| <p>Digue longitudinale</p> | <p>Pont de Suraia 1972-74</p> | <p>Digue avec coffrage de pierre, de 100 à 200 m de long. Parallèle à la rivière et perpendiculaire au pont de la voie ferrée</p> | <p>Protection d'ouvrage</p> |  |
| <p>Gabions</p> | <p>A la confluence du Buzău et du Siret, en amont d'un pont</p> | <p>Quatre rangées de gabions, d'un mètre de haut chacun environ</p> | <p>Protection du pont et des berges</p> |  |

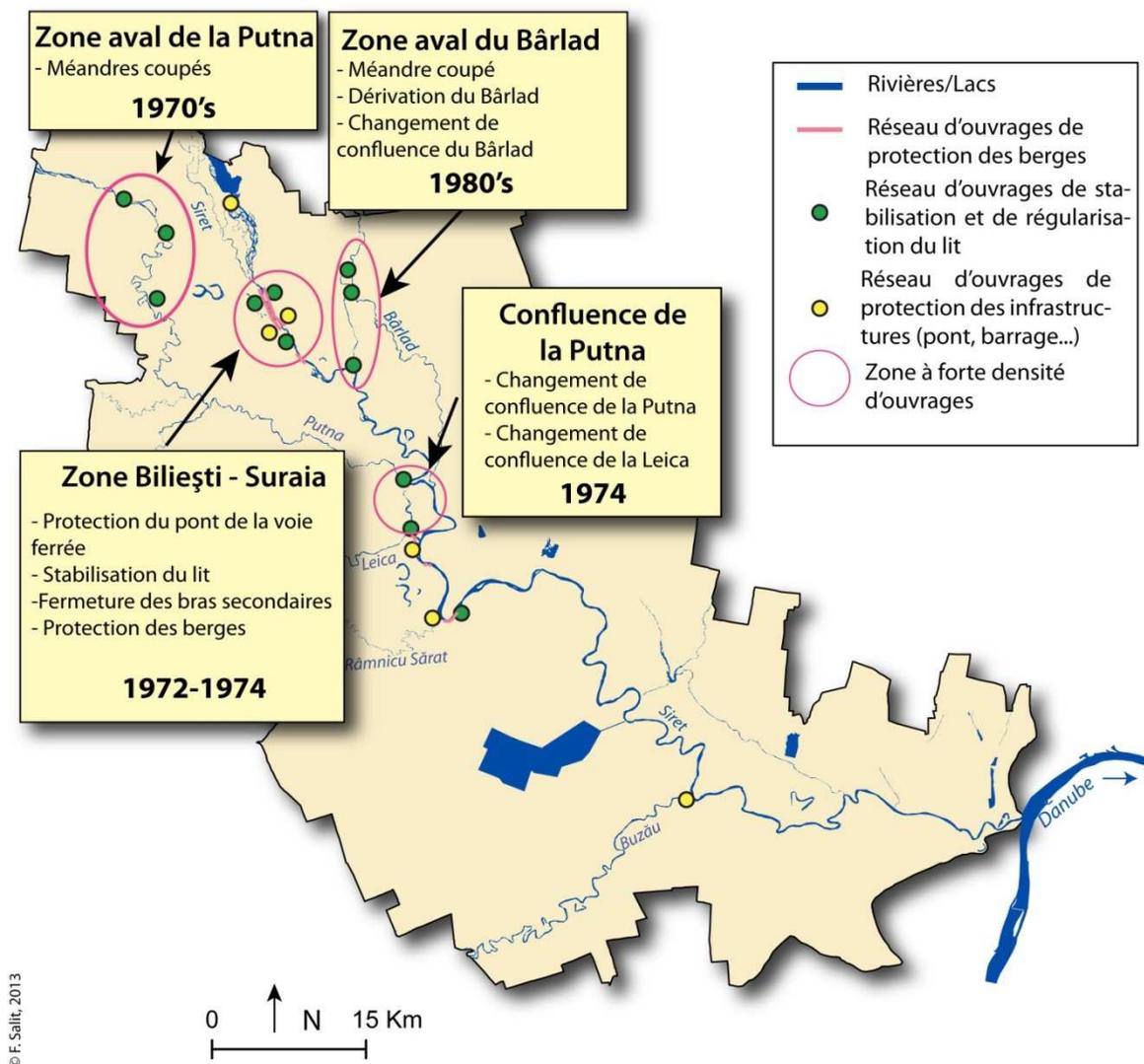
| | | | | |
|-------------------------------------|--|---|--|--|
| <p>Pylônes de bois</p> | <p>Pont sur la Putna à Vulturu Pont du Râmnicu Sărat</p> | <p>Pylônes de bois situés dans le talweg posés en diagonale sur deux rangées en amont des ponts</p> | <p>Casser le flux pour éviter d'endommager le pont (?)</p> |  |
| <p>Pylônes en béton armé</p> | <p>Pont de Suraia Sur le Siret entre les localités de Biliiești et de Suraia</p> | <p>Série de pylônes en béton avec une armature en métal de 2 à 3 mètres de haut. Sont alignés sur la berge par dizaines Sont pour la plupart découverts. Erodés lors des dernières crues</p> | <p>Protection des berges</p> |  |
| <p>Pylônes en bois</p> | <p>Sur le Siret entre les localités de Biliiești et de Suraia</p> | <p>Pylônes en bois le long de la berge moins d'un mètre de haut, peut-être que le reste est enterré</p> | <p>Protection des berges</p> |  |

| | | | | |
|--|--|--|--|---|
| <p>Plaques de béton sur berge</p> | <p>Sur le Siret entre les localités de Biliești et de Suraia</p> | <p>Plaques de béton posées sur la berge. Déchaussées sur toute la longueur. Plaque de 2 mètres de long et de quelques centimètres d'épaisseur.</p> | <p>Protection des berges et du pont</p> |  |
| <p>Enrochement des berges</p> | <p>- Nămolosa à la confluence Siret - Râmnicu Sărat - Lungoci, sur le Siret - Berges du Leica à hauteur du pont - Pont de Suraia en rive gauche du Siret</p> | <p>Pierres de taille moyenne au pied des berges</p> | <p>Protection des berges</p> |  |
| <p>Gravats</p> | <p>Secteur de Biliești et de Suraia Lungoci à hauteur de la station hydrométrique</p> | <p>Gravats entassés au pied des pylônes abimés. En tout genre : briques, parpaing</p> | <p>Stabiliser la berge, Aménagements sauvages ou débris d'anciens aménagements</p> |  |

| | | | | |
|--|---|--|---|--|
| Epis (1) Blocs de bétons liés rectangulaires | Sur le Siret entre les localités de Biliești et de Suraia | Série de blocs rectangulaires de béton de 2x2m attachés formant un épi perpendiculaire à l'axe de la rivière | Limiter les divagations du lit, chenalisation |  |
| Epis (2) Blocs de béton liés formant des traverses semi-enterrées | Sur le Siret entre les localités de Biliești et de Suraia | Série de traverses composées de blocs de béton de formes variées. Certains sont enterrés | Limiter divagation du lit, chenalisation |  |
| Epis (3) Blocs de béton avec pylônes formant des traverses | Sur le Siret entre les localités de Biliești et de Suraia | Traverses composées de blocs et pylônes en béton de taille variable comme désarticulées | Limiter divagation du lit, chenalisation |  |

1.2. Fonctions et répartition des interventions

L'ensemble de ces ouvrages et interventions est réparti inégalement sur le secteur du Siret inférieur. Leurs fonctions se classent en deux catégories : les ouvrages et interventions de régularisation du lit et ceux de protection des infrastructures. Si ces derniers se retrouvent à tous les ponts et à toutes les confluences, les premiers sont concentrés essentiellement sur quatre zones (Figure 2- 22). Le secteur compris entre les villages de Biliești et de Suraia présente la plus forte densité d'ouvrages de diverses natures. Pour cette raison ce secteur sera étudié plus en détail dans une partie ultérieure (cf. 3^{ème} Partie – Chapitre 4 p.225).



© F. Sallit, 2013

Figure 2- 22: Répartition des travaux de régularisation sur le Siret inférieur de la fin des années 60 à 2000

Les trois autres zones de forte densité d'ouvrages concernent le Bârlad et la Putna. Ces deux affluents du Siret ont été l'objet d'opération de régularisation à partir des années 70. Deux interventions majeures ont eu lieu : une rectification du tracé pour optimiser l'écoulement et un

changement de confluence pour éviter des zones habitées. Ces exemples sont développés ci-dessous en lien avec les schémas types d'aménagement.

2. La maîtrise du cours d'eau : de la théorie à la pratique

Après avoir recensé les ouvrages et localisé les interventions sur le Siret inférieur, il apparaît nécessaire de comprendre la logique de ces interventions par leur confrontation notamment avec les schémas théoriques d'aménagement. Trois grands types d'interventions ont été dégagés sur le Siret inférieur : (i) la régularisation des profils en long, (ii) la protection des berges et (iii) la protection des infrastructures.

2.1. La régularisation des profils en long

Deux difficultés majeures apparaissent dans l'étude de ces interventions : les ouvrages ne sont pas forcément visibles sur le terrain (traverses enterrées) et les plans d'aménagement qui permettraient d'avoir un aperçu précis des interventions effectuées sont inaccessibles. Pour ces raisons nous avons dû mobiliser les schémas type d'aménagement, seul témoin des aménagements entrepris entre 1970 et 1980.

2.1.1. Les schémas - type d'aménagement

Le schéma classique de régularisation d'un espace fluvial est résumé sur la Figure 2- 23. Ce schéma est reproduit tel quel d'après Băloiu (1980) : la régularisation s'organise selon un réseau complexe d'ouvrages composé de digues, d'épis et de traverses.

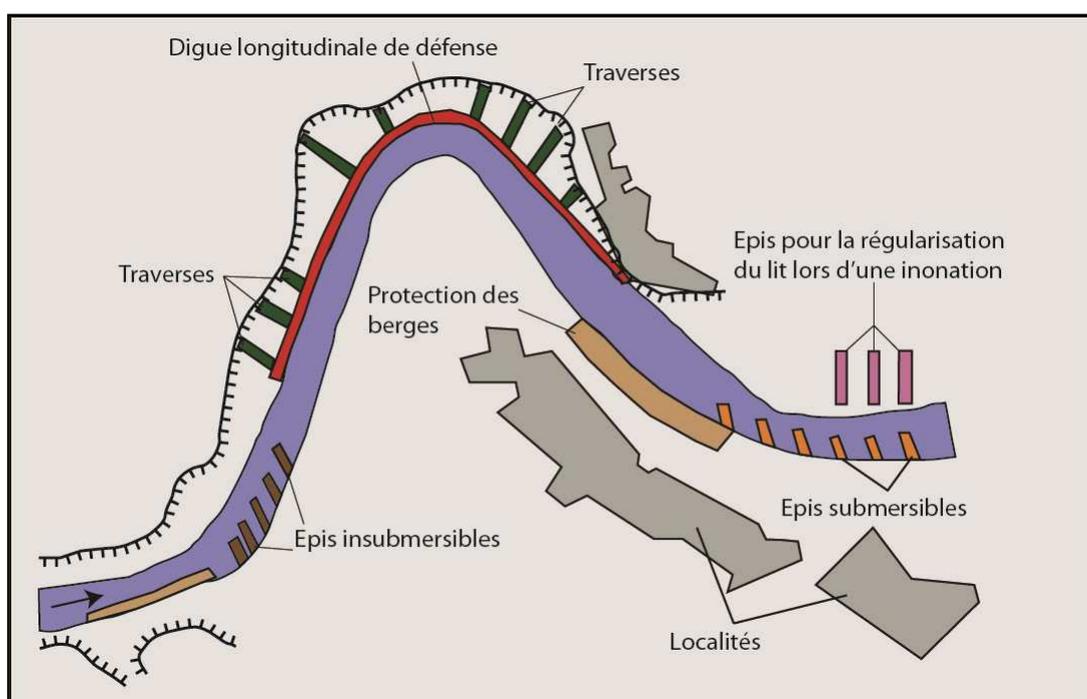


Figure 2- 23: Schéma d'une section de rivière avec divers type d'aménagements (traduit d'après Băloiu, 1980)

On constate tout d’abord que les localités ne sont pas directement protégées par des digues de défense contre les inondations. L’objectif de cette intervention est la régularisation du lit mineur par l’établissement d’un tracé stable, grâce à la multiplication des épis et des traverses. Ce schéma est à comprendre comme l’ensemble des outils disponibles pour l’aménageur et non comme une application réelle d’un aménagement de section de rivière. C’est pourquoi il est à compléter par la Figure 2- 24 qui présente plus particulièrement la rectification d’un cours d’eau par rescindement de méandre et rectification du lit mineur.

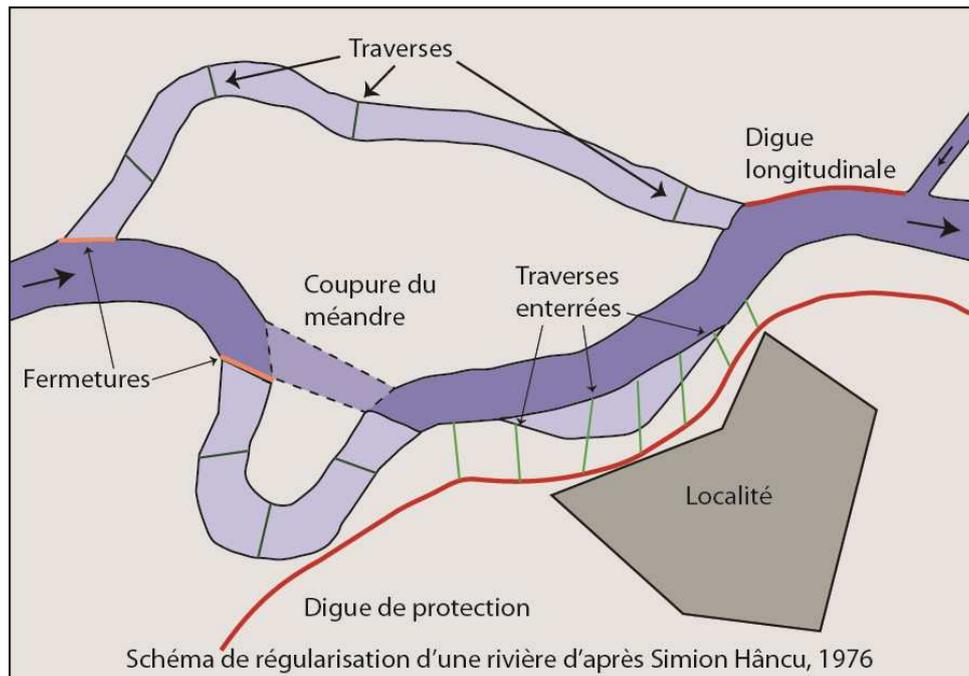


Figure 2- 24: Schéma de régularisation d’une rivière (traduit d’après Hâncu S., 1976)

Un lit mineur unique est obtenu par la suppression des chenaux secondaires. Des fermetures permettent dans un premier temps de déconnecter les chenaux entre eux puis dans un second temps des traverses, réparties dans le lit du chenal indésirable, favorisent le comblement du lit. De la même manière, les méandres sont recoupés pour permettre la formation d’un tracé rectiligne. L’ensemble de ces interventions est complété par un réseau de traverses enterrées sur les berges en aval des fermetures pour limiter l’élargissement du lit et l’érosion des berges issue des travaux entrepris en amont. Ces traverses s’appuient sur une digue longitudinale qui assume une double fonction : protéger contre les inondations et limiter l’élargissement du nouveau chenal unique.

2.1.2. Les exemples dans le bassin du Siret inférieur

On constate que ces schémas type d’aménagement se retrouvent dans les zones à forte densité d’interventions définies antérieurement. Deux de ces zones sont présentées successivement: le secteur aval de la Putna et le secteur aval du Bârlad.

La Putna

Le cours inférieur de la Putna a été régularisé selon cette double logique, de rectification du cours d'eau et de changement de confluence. L'analyse diachronique des tracés de la Putna a permis de définir au moins trois secteurs où les méandres ont été recoupés de façon certaine: entre Mircești Noi et Mircești Vechi (i), entre les villages de Vânători et de Jorăști (ii) et à Garoafa (iii).

Sur la carte topographique de 1940, les villages de Mircești Noi, Mircești Vechi, Vânători et de Jorăști sont situés dans une zone de « terres inondables », menacés par un débordement de la Putna (Figure 2- 25). Les méandres situés en amont de Mircești (comme expliqué en 1^{ère} Partie p.68) et entre Vânători et Jorăști apparaissent recoupés sur la carte topographique de 1981.

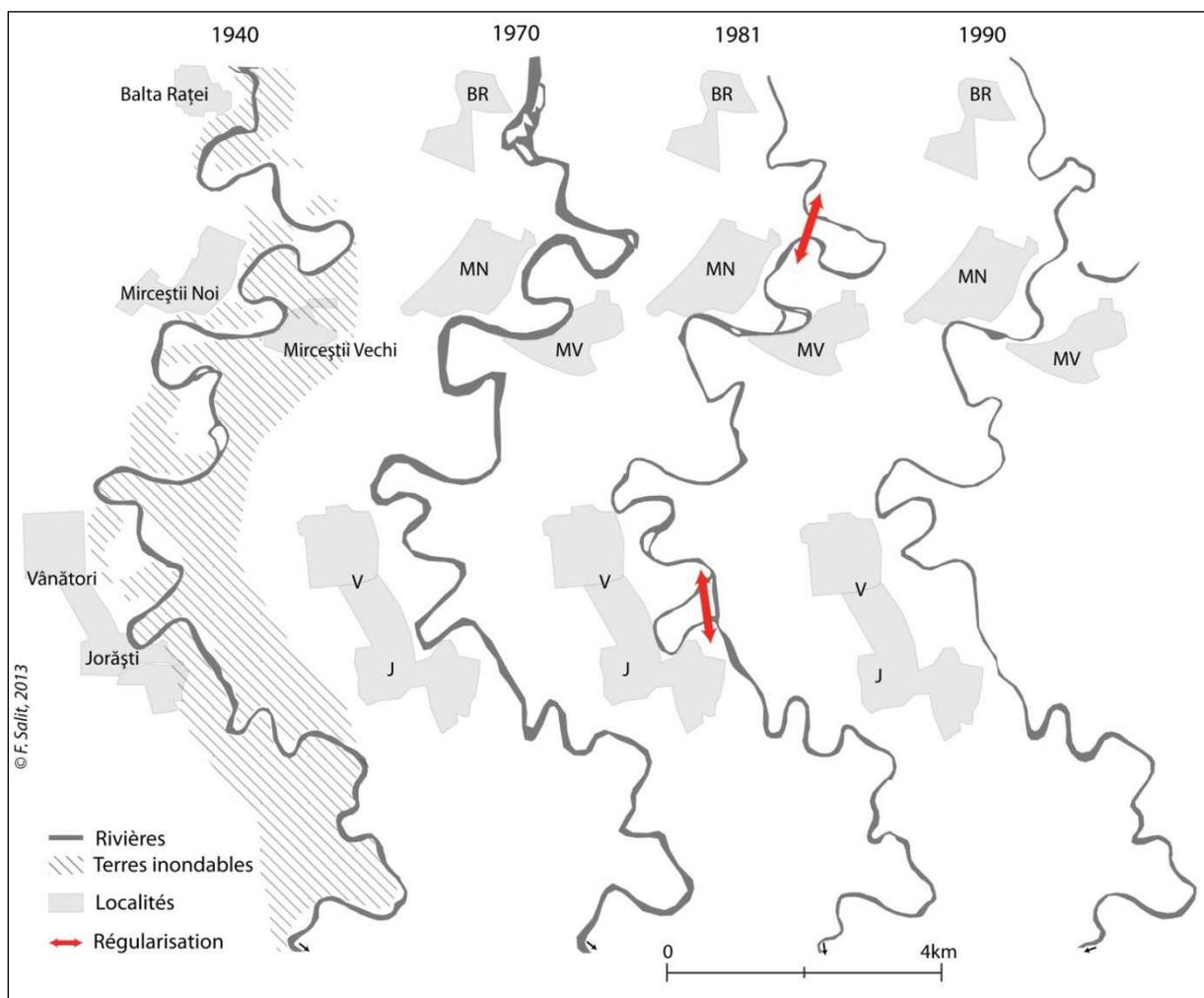


Figure 2- 25: Evolution des tracés de la Putna de 1940 à 1990 et travaux de régularisation à Mircești Noi et Mircești Vechi et entre Vânători et Jorăști



Figure 2- 26: Méandre recoupé à Vânători en rive droite de la Putna. Le méandre est souligné par une ligne pointillée blanche (Source : image Google Earth du 8 juin 2010)

La régularisation de la Putna à Vânători (Figure 2- 26) est un exemple de protection d'un village contre les divagations du cours d'eau. Dans le cas présent la fermeture du chenal a été faite par une levée de terre et on peut supposer la présence de traverses enterrées.

La troisième intervention constatée sur la Putna se situe plus en amont de ce secteur. Il s'agit de la seule régularisation dont il reste des traces sur le terrain (Figure 2- 27). La fermeture d'un chenal secondaire en rive droite de la Putna, en aval d'un pont, est effectuée ici par une traverse avec un coffrage en béton. Une digue longitudinale, de type levée de terre, prolonge cette traverse sur moins d'un kilomètre. Une écluse permet d'évacuer ou de dévier les eaux excédentaires. Ce système mène à émettre l'hypothèse que cette rectification est couplée à un réseau de canaux d'irrigation.

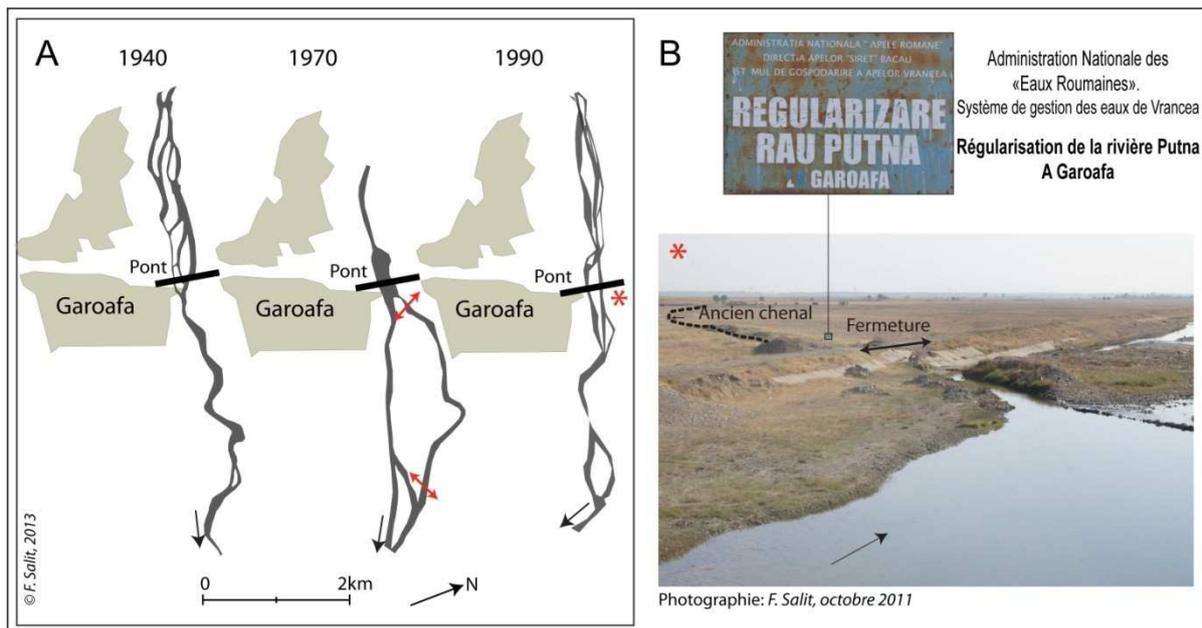


Figure 2- 27: A – Evolution de la Putna à hauteur du village de Garoafa entre 1940 et 1990. B – Régularisation de la Putna à Garoafa, avec un exemple de fermeture d'un chenal secondaire. * Localisation de la photo (Photographie : F. Salit, octobre 2011)

En 1974, une inondation a modifié le tracé de la Putna à sa confluence avec le Siret. A cette occasion les autorités ont décidé d'accentuer cette modification : la confluence Putna-Siret a été déplacée de 4 km en amont (Figure 2- 28A). L'objectif premier est la protection des villages de Călienii Vechi et de Călienii Noi, situés à la convergence du Siret, de la Putna et de la Leica. La Putna se jette dans le Siret en amont de Călienii Vechi, tandis que la Leica n'est plus le dernier affluent de la Putna, mais devient un affluent du Siret. La photographie (Figure 2- 28B), prise au moment des travaux, témoigne de la faible distance entre les deux cours d'eau, mais aussi du caractère artificiel de ce changement de cours. Le Putna Veche est déconnecté de son ancien cours par les digues de protection contre les inondations.

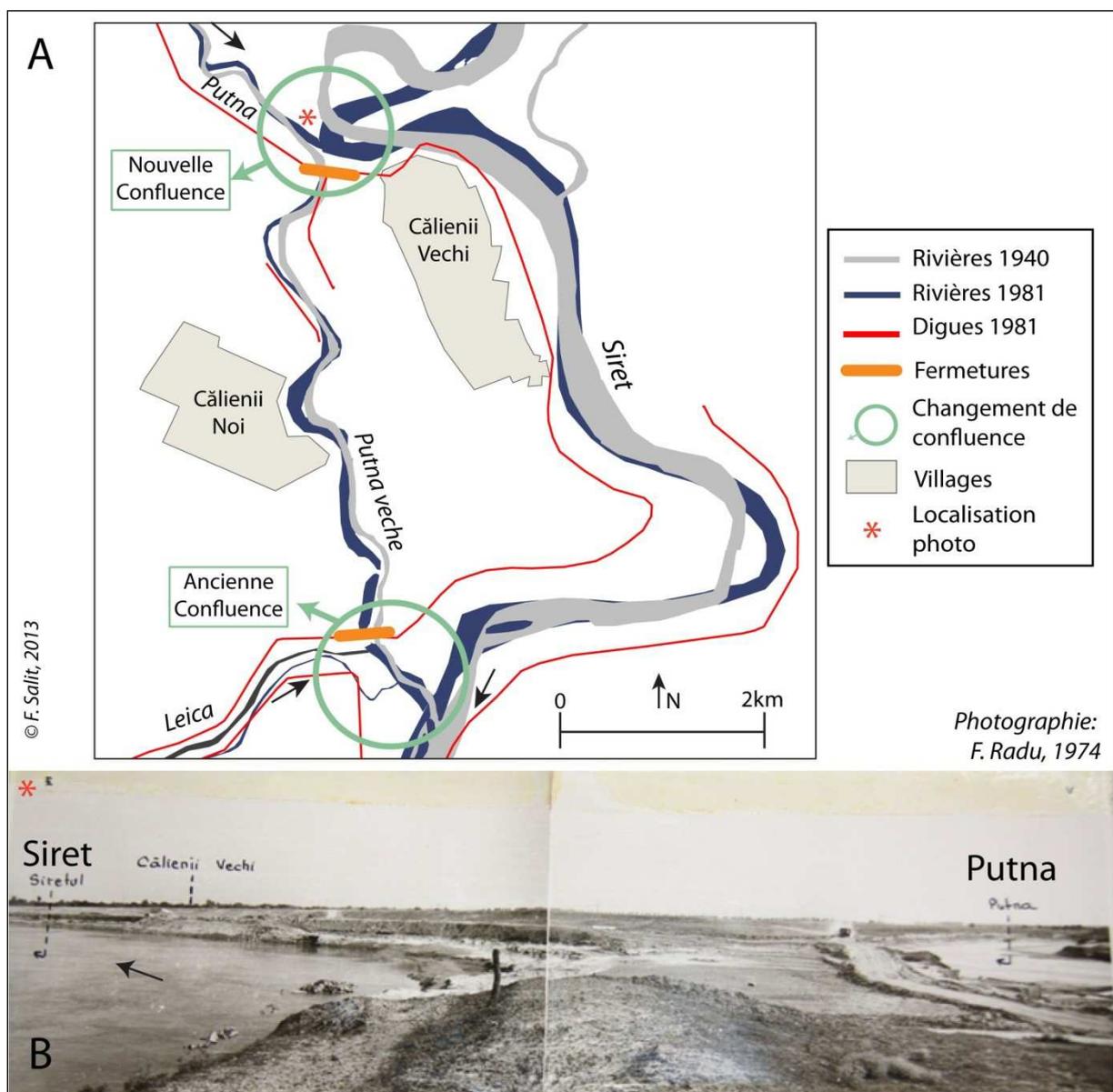


Figure 2- 28: A – Régularisation de la Putna par un changement de confluence ; B – Travaux de changement de la confluence Siret-Putna en 1974 suite à une inondation (F. Radu, 1974)

Le Bârlad

Le Bârlad est la rivière la plus aménagée de la zone de gestion de l'ABA Prut-Bârlad (rappelons que le Bârlad n'est pas dans la zone de gestion de l'organisme de bassin versant du Siret). Le Bârlad long de 247 km et d'un bassin versant de 7 395 km² (Rădoane et Rădoane, 2007) possède plus de 500 km de digues sur son seul tracé, 480 km de longueur de rivière régularisée (pour le Bârlad et ses affluents) et 20 km de travaux de protection des berges¹. La majorité de ces aménagements a été construite après les inondations des années 70, dont le canal de dérivation de 12 km à hauteur de la ville de Bârlad mis en place en 1974. Le secteur étudié ne fait pas exception et deux interventions majeures apparaissent sur le Bârlad (Figure 2- 29A).

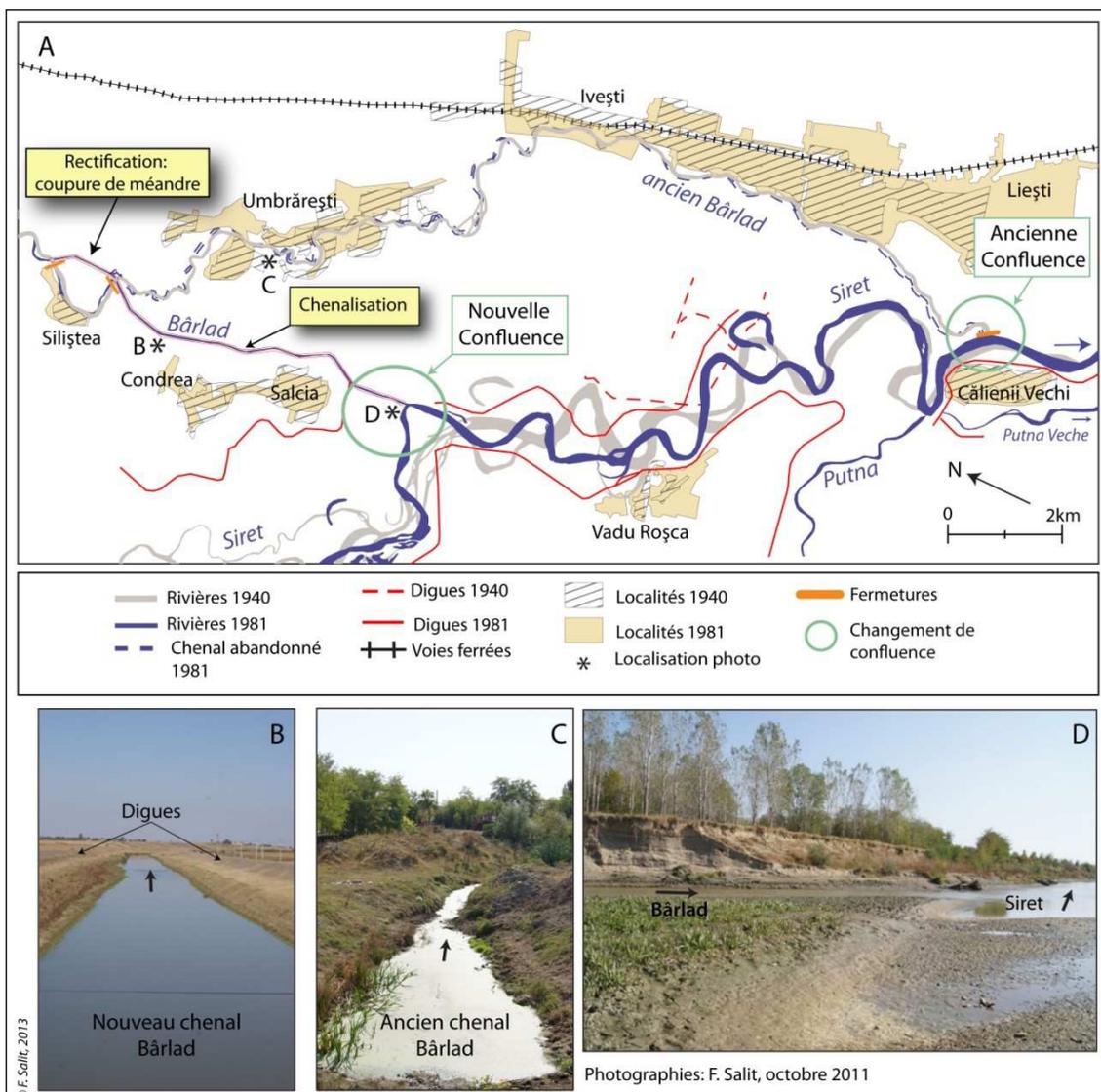


Figure 2- 29: A – Régularisation du Bârlad et changement de confluence. B – Nouveau tracé du Bârlad régularisé. C – Ancien chenal du Bârlad à Umbrărești. D – Nouvelle confluence du Bârlad et du Siret (Photographies : F. Salit, octobre 2011)

¹ Les données sont issues du site de l'ABAPB:

<http://www.rowater.ro/daprut/Continut%20Site/Legislatie/Lucrari%20Hidrotehnice.aspx>

La première intervention est la rectification du tracé du Bârlad pour protéger le village de Silișteia. Cette dérivation s'accompagne de l'endiguement du lit mineur du Bârlad sur toute sa longueur (Figure 2- 29B). La seconde intervention est le changement de confluence dont la date n'a pu être établie avec certitude, mais se situe entre 1971 et 1981. Le tracé du Bârlad a été raccourci de 27 km pour éviter les localités entre Umbrărești et Liești. L'ancien chenal, toujours présent (Figure 2- 29C) est en cours de réhabilitation (entretien des berges, curage, aménagement d'une zone de loisir à Umbrărești). Le Bârlad se jette dans le Siret à hauteur de Suraia, mais cette confluence n'est pas stable : un premier décalage (de 2,3 km) a eu lieu entre 1981 et 1990, dû en partie à un changement de tracé du Siret. Un second décalage de 100 mètres, entre 1990 et 2005, et un troisième de 200 mètres vers l'aval, ont été constatés entre 2005 et 2010. La zone érodée par ce changement de confluence est constituée d'une terrasse de 2-3 m de haut (Figure 2- 29D).

2.2. La protection des berges

Le second objectif majeur de l'aménagement des cours d'eau est la protection des berges pour limiter les divagations du lit. Ces interventions apparaissent sous plusieurs formes, enrochement ou épis mais elles peuvent également être comprises comme un réseau complexe d'ouvrages (Figure 2- 30A).

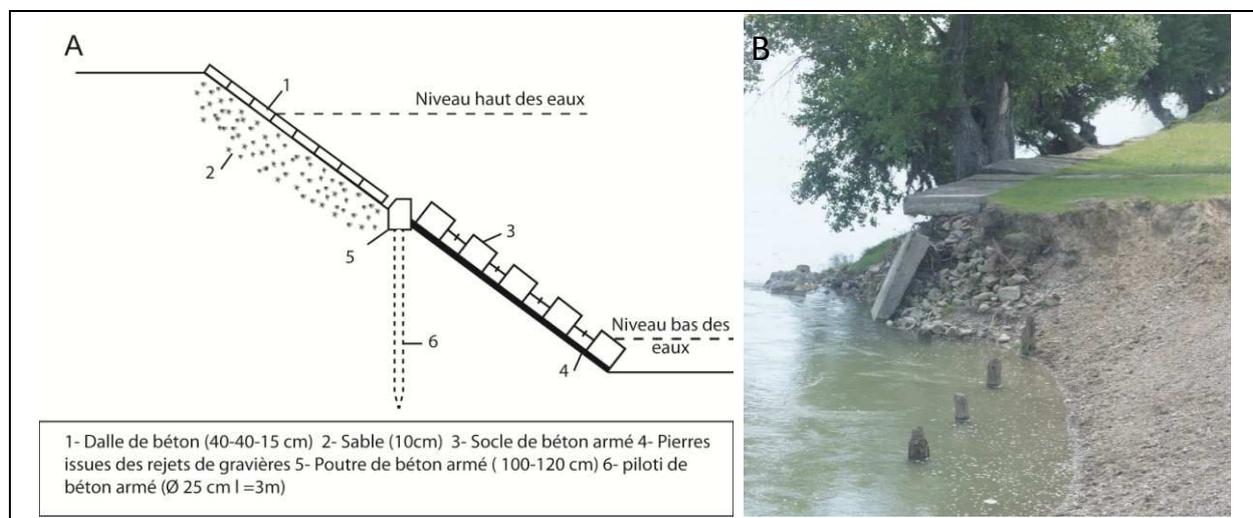


Figure 2- 30: A – Schéma de travaux de protection des berges (traduit d'après Manoliu, 1973). B – Ouvrages de protection des berges sur le Siret inférieur entre Biliștei et Suraia (F. Salit, juin 2012)

Un des schémas théoriques de protection des berges (Manoliu, 1973) expose un aménagement constitué de dalles de béton, de pylônes (ou pilotis) et de pierres. La berge est fixée par le système de pilotis (ici en béton mais que l'on peut retrouver en bois selon les périodes d'aménagement). Le sapement de la base de la berge est limité par un type d'enrochement constitué de rejets d'exploitation des gravières et par un socle en béton. Enfin des plaques de béton, de 15 cm d'épaisseur assurent la protection de la berge en cas de hautes eaux ou de crue. Ce type de

protection a été retrouvé sur les berges du Siret entre les villages de Biliеști et de Suraia. Tous les éléments du schéma y sont lisibles (Figure 2- 30B) en raison notamment de la détérioration de l'aménagement. On note la présence de pilotis en bois décalés de 1-1,5 m de la berge, de plaques de béton armé reposant sur un socle de pierres. Cet aménagement daterait de 1971-1974 et apparaît comme très endommagé. On peut se poser la question de la présence d'arbres sur toute la longueur de cet aménagement : des traces indiquent qu'ils sont postérieurs à l'intervention, mais il est difficile d'établir si leur implantation est volontaire ou non ; l'objectif pouvait être de maintenir les sédiments sur la berge, mais ils ont fragilisé le système de protection des berges. D'autres systèmes de protection des berges ont été mis en place notamment à Suraia, à partir de 2005, composés de fascines et d'épis en sacs de sable. Ces exemples sont développés dans la 4^{ème} Partie avec les projets d'aménagements et les nouvelles logiques associées. Ces interventions sont toutefois moins lourdes que celles réalisées dans les années 70.

2.3. La protection des infrastructures

La dernière intervention majeure est la protection d'infrastructures de type pont. On la retrouve selon plusieurs modalités, à tous les ponts du secteur étudié surtout aux confluences. Le pont peut être protégé par des gabions, des enrochements ou des digues longitudinales avec un coffrage en béton. Le schéma type d'aménagement de ces secteurs (Figure 2- 31) est constitué d'un réseau de digues qui protège l'amont et l'aval de l'ouvrage. L'objectif principal est d'éviter les divagations du chenal et le sapement des piles du pont.

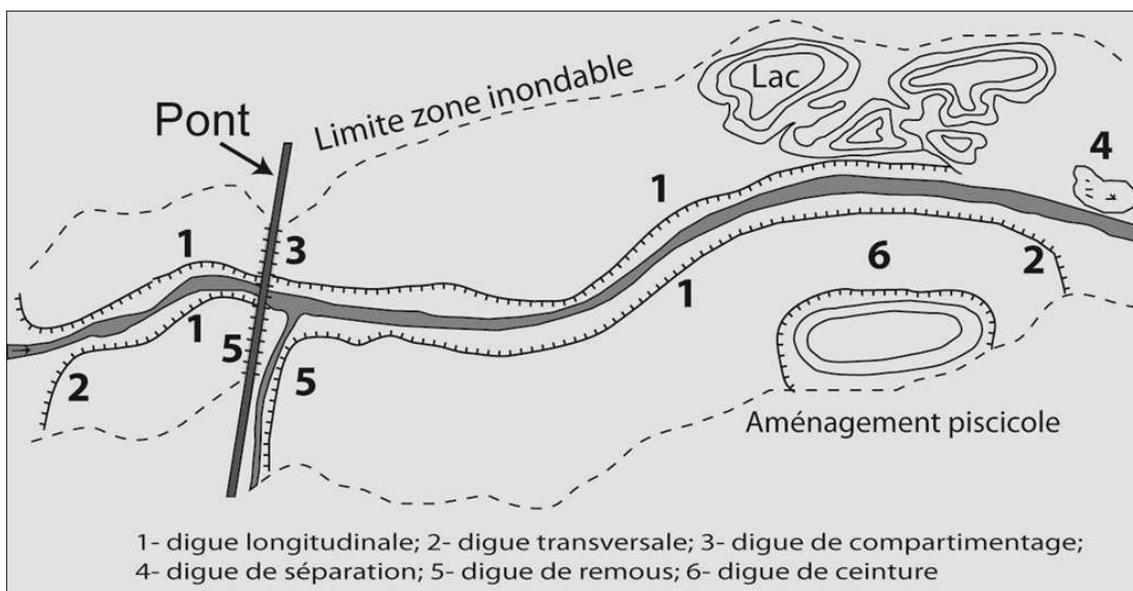


Figure 2- 31: Schéma d'un aménagement de protection de pont (traduit d'après Băloiu, 1980)

La localisation de ces interventions a déjà été faite (Figure 2- 22). Notons cependant que les systèmes de protection les plus complexes se situent sur les ponts des voies ferrées qui représentent les enjeux économiques les plus importants, comme à Suraia (cf. 3^{ème} Partie ch.4 p.225).

La régularisation de l'espace fluvial est un enjeu majeur de l'aménagement des cours d'eau en Roumanie de 1970 à la fin des années 90. Ces interventions intensives ont lieu dans un contexte de croissance économique et industrielle et illustrent la vision prométhéenne (Rode, 2010) des interactions Homme-Environnement. Le Siret inférieur apparaît comme un exemple de ce « tout-aménagement ».

Les aménagements ont peu évolué hormis l'emploi de « nouveaux » matériaux de type béton, privilégiés car plus résistants aux éléments. La maîtrise du cours d'eau prend différentes formes, mais a pour objectif majeur de contrôler l'espace fluvial, de « conférer au paysage une apparence agréable, ordonnée » (Olariu, 1988b).

Conclusion de la 2^{ème} Partie

Les moyens tant techniques que financiers, utilisés depuis les années 70 pour maîtriser l'espace fluvial, sont importants. Le Siret, malgré un aménagement tardif par rapport au reste de la Roumanie, apparaît après cette vague d'interventions intensives comme le second bassin le plus aménagé (en km de rivière régularisée) du territoire.

L'aménagement de l'espace fluvial en Roumanie répond à une perception évolutive des rivières, d'une ressource à exploiter à un espace dangereux. Le tournant constaté dès le début des années 80 en Europe et en France en particulier a été court-circuité par la vague d'inondation des années 70 d'une part et par la chute du régime communiste d'autre part qui a mis d'autres priorités en avant que l'environnement. Le Tableau 2- 17 résume les phases d'aménagements en Roumanie mis en relation avec l'aménagement du Siret inférieur jusqu'aux années 2000.

Tableau 2- 17: Synthèse des aménagements et des logiques associées dans le secteur du Siret inférieur de 1940 à 2000 (les données reprennent les différents résultats du chapitre)

| Phases | Vision de l'espace fluvial | Stratégie | Types d'intervention | Aménagements sur le Siret inférieur * |
|-------------------|----------------------------|------------------------|-----------------------|---------------------------------------|
| 1940-1969 | Ressource | Limitée | Assainissement | 15 000 ha |
| | | | Chenalisation | 133 km |
| | | | Reforestation | ND |
| Inondation | | 1970 | | |
| 1970-2000 | Danger | Totale et systématique | Chenalisation | 900 km digues |
| | | | Barrages | 6 (amont secteur 1977-92) |
| | | | Régularisation | 7 CM ; 24 E ; 2 DC |
| | | | Reforestation | +71 km ² |
| | | | Protection des berges | 20 km** |

ND : non disponible ; CM : coupure de méandre ; E : épis ; DC : dérivation du chenal

* données issues de différentes sources : cartes topographiques, ouvrages et rapports de l'organisme de bassin (SGA Vrancea, 1974). **uniquement pour le Siret

Après avoir démontré l'implication de ces aménagements en 2005 et expliqué leur rôle et origine, il apparaît nécessaire d'en mesurer l'impact sur l'espace fluvial, que ce soit sur le régime hydrologique que sur les dynamiques morphologiques du Siret inférieur.

« L'enjeu d'une gestion saine et durable est en effet, d'identifier les héritages qui pèsent sur les processus actuels, de diagnostiquer d'éventuels changements en action et de prévoir les déséquilibres potentiels »

Bravard, 1998

3^{ème} partie – Dynamiques hydro-morphologiques et implications des aménagements

Chapitre 1 – Etat de l'art, données et méthodes de l'analyse hydro-morphologique

Chapitre 2 – Résultats de l'analyse hydro-morphologique

Chapitre 3 – Discussion : quelle implication des aménagements ?

Chapitre 4 – Etude de cas : impact des aménagements sur un secteur particulier (TR1.2)

Synthèse

L'analyse hydro-morphologique a pour objectif de déterminer les variations de la dynamique fluviale du Siret inférieur et d'en cerner les causes, hydro-climatiques ou anthropiques. Les variations constatées dans la dynamique des débits trouvent leur explication principalement dans la variabilité des précipitations, alors que la baisse des débits d'alluvions en suspension est expliquée en partie par la mise en service des barrages. Cette analyse indique enfin que la contraction de la bande active constatée à partir des années 70 ne peut trouver son origine dans des causes hydro-climatiques mais qu'elle est issue d'une politique intensive de chenalisation et de régularisation, combinée à une politique de reboisement pour lutter contre l'érosion des sols.

Chapitre 1 – Etat de l’art, données et méthodes de l’analyse hydro-morphologique

L’objectif de ce premier chapitre est de poser le cadre de l’analyse hydro-morphologique du Siret inférieur. Après avoir dressé le cadre théorique de la recherche et présenté les données climatiques, hydrologiques et spatiales utilisées, les méthodes et leurs limites sont expliquées.

1. Le temps et l’espace dans le système fluvial

1.1. Les notions en jeu

Dans des conditions naturelles relativement constantes, les rivières tendent à établir une combinaison « dynamiquement stable » entre deux types de variables (Schumm, 1977) :

- **Variables de « contrôle »** : Variations de débit liquide ou solide qui jouent à l’échelle du bassin versant. Elles-mêmes sous l’influence du climat, de la couverture végétale, du relief, de la géologie, mais aussi de facteurs anthropiques, comme les barrages.
- **Variables de « réponse »** qui jouent à l’échelle du tronçon ; celles-ci permettent à la rivière de s’ajuster aux mutations des variables de contrôle (Malavoi et Bravard, 2010). Ces variables de réponse ou d’ajustement influent sur plusieurs paramètres :
 - La forme du **profil en long** est le résultat de l’équilibre dynamique entre les processus d’érosion/dépôt autour des conditions moyennes des variables de contrôle qui ont prévalu jusqu’à ce jour. Parmi les variables d’ajustement, le profil en long est le paramètre pour lequel nous avons le moins d’indicateur. Quelques pistes seront abordées même si la qualité et la quantité des données ne permettent pas une étude plus approfondie.
 - En complément de l’ajustement vertical, le cours d’eau peut ajuster plus ou moins rapidement sa **géométrie en travers** aux fluctuations naturelles ou anthropiques. La largeur et la profondeur sont mesurées dans des conditions de **pleins bords**, c’est-à-dire avant débordement dans la **plaine alluviale** ou lit majeur.
 - **Le style fluvial** est la manifestation spatiale du fonctionnement hydro-géomorphologique d’un cours d’eau. De nombreuses classifications existent, dont nous retiendrons celles de Leopold *et al.* (1964) qui proposent la première classification du style fluvial (rectiligne, à méandres, en tresses) et de Brice (1974),

reprise dans Bravard et Petit (2000), qui distingue 3 types selon le caractère de sinuosité : rectiligne, sinueux et à méandre.

L'ensemble de ces variables a des temporalités différentes (Figure 3- 1), comme les changements brusques ou dans la durée des variables de contrôle (événement climatique extrême, modification de l'occupation du sol...) ou comme les temps de réponse de l'espace fluvial.

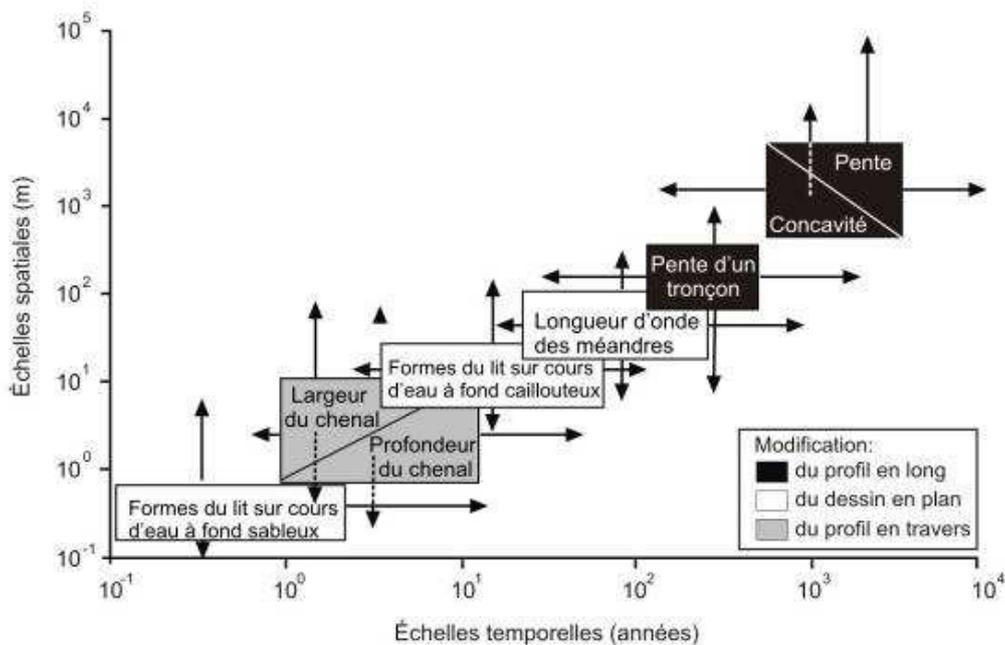


Figure 3- 1: Echelles spatiales et temporelles de l'ajustement des formes fluviales (d'après Knighton, 1984)

1.2. De l'origine des dynamiques hydro-morphologiques des cours d'eau en Europe

La description et l'analyse des changements historiques dans les systèmes fluviaux ont mobilisé de nombreux chercheurs surtout dans le contexte de cours d'eau anthropisés. Parmi eux beaucoup ont constaté une tendance générale à l'incision des rivières qui provoque un rétrécissement du lit, depuis 150 ans dans de nombreuses rivières européennes (Petts *et al.*, 1989 ; Liébault et Piégay, 2002 ; Surian et Rinaldi, 2003 ; Wyżga, 2008). Les rivières roumaines s'inscrivent dans cette tendance, car l'incision et le rétrécissement de la bande active sont notés par plusieurs auteurs (Popa-Burdulea, 2007 ; Rădoane *et al.*, 2010, Perşoiu et Rădoane, 2011 ; Armaş *et al.*, 2012).

Les causes possibles du rétrécissement de la bande active

Les causes possibles de cette tendance sont variées. Les principales caractéristiques en sont retracées dans la Figure 3- 2.

Un débat est né de ce constat entre les tenants d'une origine anthropique de ces changements et les tenants d'une origine plus naturelle. Les conclusions n'apparaissent pas aussi tranchées et se

répartissent plutôt en facteur majeur et mineur (Downs *et al.*, 2013). Les éléments de ce débat, exposé de façon très claire dans Perşoiu et Rădoane (2011) sont repris rapidement.

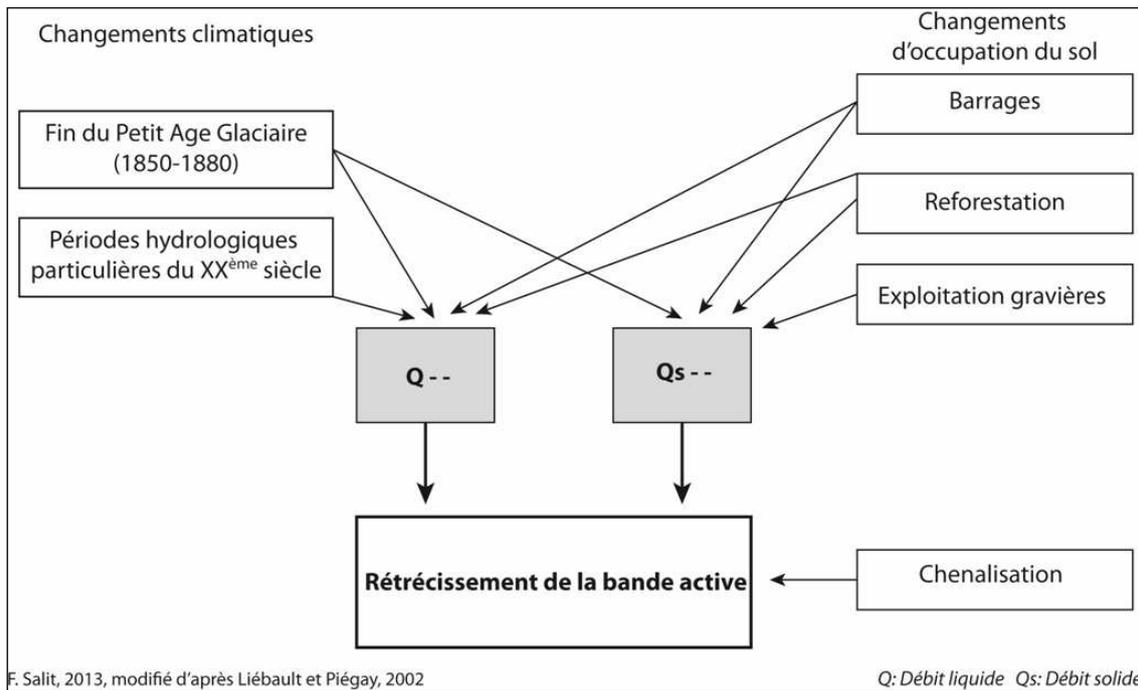


Figure 3- 2: Les causes principales du rétrécissement de la bande active au XXème siècle – Q: débit liquide ; Qs : débit solide (modifié d'après Liébault et Piégay, 2002)

Du XIV^{ème} au XIX^{ème} siècles, le piedmont des rivières européennes était caractérisé par un fort taux d'érosion latérale et d'aggradation qui a mené au développement de chenaux tressés (Bravard *et al.*, 1997). Cette période a été le résultat de l'accroissement de l'activité agricole et des perturbations climatiques du Petit Age Glaciaire (PAG-Lamb, 1995). Cette tendance s'est inversée aux XIX et XX^{èmes} siècles. Certains auteurs (Bravard *et al.*, 1997 ; Surian, 1999 ; Winterbottom, 2000 ; Liébault et Piégay, 2001, 2002 ; Arnaud-Fassetta, 2003 ; Swanson *et al.*, 2011 ; Armaş *et al.*, 2012 ; Ziliani et Surian, 2012) ont montré **que les changements d'occupation du sol, les mutations de la ripisylve, l'extraction de graviers, les aménagements hydrotechniques de ces siècles** ont altéré les variables de contrôle (les débits liquides et la charge sédimentaire), ce qui a mené à un rétrécissement, une incision du lit et une déconnexion croissante des rivières de leur plaine alluviale (Gurnell, 1995). Parmi eux, certains auteurs (Liébault et Piégay, 2002 ; Wyżga, 2008) ont démontré qu'il n'y avait pas de preuves claires que dans les dernières décennies, le climat puisse être considéré comme le facteur majeur ou premier des changements morphologiques constatés.

A l'opposé, d'autres auteurs (Pisùt, 2002 ; Uribe Larrea *et al.*, 2003 ; Rădoane *et al.*, 2010 ; Rădoane *et al.*, 2013) ont montré que le **changement climatique et les changements associés de fréquence et d'amplitude des crues** est le facteur le plus important dans l'histoire des dynamiques morphologiques. Les interventions humaines n'auraient que modulé ces variations causées par le

climat. La période plus chaude et plus sèche après le PAG, qui apporte un régime plus stable des débits, serait responsable de l'incision et du rétrécissement des cours d'eau. L'Homme aurait accentué cette tendance générale (Perşoiu et Rădoane, 2011).

Les temporalités de cette tendance au rétrécissement de la bande active

Les temporalités de la diminution de la largeur de la bande active (BA) sont variables d'un pays à l'autre en Europe. En effet elle n'apparaît pas à la même époque partout, ni au même rythme. Surian (1999), dans son étude sur la rivière Piave en Italie, expose trois phases d'évolution :

- **Jusqu'à 1920** : Baisse moyenne de la largeur de la BA.
- **1920-1960** : La largeur de la BA décroît moins vite.
- **1960-1990** : Diminution très rapide de la BA.

Liébault et Piégay (2002) distinguent des phases similaires pour les rivières du sud-est français :

- **1850-1950** : Rétrécissement graduel de la BA.
- **1950-1970** : Accélération du phénomène sous l'effet des aménagements, des changements d'occupation du sol.

Winterbottom (2000) dans son étude des rivières Tay et Tummel en Ecosse réussit à remonter jusqu'au milieu du XVIII^{ème} siècle.

- **1747-1899** : Diminution de la BA due à la chenalisation essentiellement. L'auteur ne constate aucune tendance dans les pluies ou régime hydrologique.
- **1899-1976** : Diminution de la largeur de la BA due à la régulation et aux barrages.
- **1976-1994** : La diminution se poursuit dans la lignée de la période précédente.

Rinaldi (2003) démontre que pour les rivières de Toscane en Italie centrale, la bande active se réduit autant de 1950 à 1980 que lors de la période 1850-1949. Il est intéressant de comparer ces évolutions aux rivières roumaines. Un travail récent a été réalisé sur la rivière Prahova (Ioana-Toroimac, 2009). Dans cette étude les dynamiques de la Prahova sont étudiées de la fin du XIX^{ème} siècle à nos jours. L'auteur démontre une diminution continue de la largeur de la bande active en quatre périodes :

- Rétrécissement à la fin du **XIX^{ème} siècle**.
- **1900-1955** : la largeur moyenne de la BA a diminué de 33 % dans cette période. Le tronçon divaguant de la rivière a diminué plus en proportion (53 %) que le tronçon subcarpatique (40 %) ou celui en tresse (30 %)
- **1955-1980** : Diminution de 15 % de la largeur de la BA. Le rétrécissement produit en 25 ans représente la moitié du rétrécissement constaté les 55 années précédentes.
- **1980-2005** : Accélération de la diminution de la BA (43 % en moyenne). La largeur moyenne de la BA du tronçon divaguant de la Prahova (en 1900) a diminué de 58 % entre 1980 et 2005.

Les raisons évoquées de cette diminution de la largeur de la bande active depuis les années 70 sont les exploitations de gravières, les barrages comme l'endiguement. Mais les facteurs climatiques ne sont pas écartés : la diminution de la quantité annuelle de précipitations et de la magnitude des événements extrêmes depuis la fin du XIX^{ème} aurait contribué, selon G. Ioana-Toroimac (2009), à la diminution des variables de contrôle.

Ainsi dans ces divers exemples européens, on constate une diminution de la largeur de la bande active des rivières qui a tendance à s'accroître dans les années 50-60. Les causes évoquées sont variables, le facteur anthropique étant dans de nombreuses régions, évoqué en tant que cause dominante de cette évolution.

* *

Ce travail s'inscrit dans cette discussion et l'objectif de cette partie est double. (i) Est-ce que les tendances constatées sur de nombreuses rivières européennes se retrouvent sur le Siret inférieur ? (ii) Quels sont les impacts hydrologique et morphologique des aménagements sur le Siret inférieur, s'il y en a. La démarche adoptée se déroule en deux temps : (i) **Quelles dynamiques hydrologiques et morphologiques sont décelables sur le Siret inférieur et (ii) quels facteurs peuvent intervenir pour expliquer ces variations ?** Cette analyse est effectuée seulement sur le Siret inférieur. Les lacunes dans les données ne permettent d'étendre l'étude aux affluents.

2. Données

Les données exploitées dans cette partie sont de trois ordres : (i) les données climatiques, (ii) les données hydrologiques disponibles uniquement pour la station de Lungoci et (iii) les données dites « spatiales » regroupant les cartes topographiques, images satellites et photographies aériennes.

2.1. Données climatiques

Les données climatiques utilisées consistent en des séries chronologiques des cumuls quotidiens, mensuels et annuels de précipitations aux stations météorologiques du bassin versant du Siret déjà présentées en 1^{ère} Partie (ch1 1.1 p.44). Parmi les 18 stations météorologiques du bassin versant du Siret dont les données sont accessibles, seules six ont été sélectionnées dans cette étude (Figure 3- 3; Tableau 1- 2) pour deux raisons :

- Pour certaines de ces stations, les données sont lacunaires, surtout sur la période 1950-1980. Or il s'agit notamment de la période intéressante à analyser.

- Les périodes de données varient de 12 à 65 ans. Pour une analyse plus rigoureuse, seules les stations ayant une période de données de plus de 40 ans ont été sélectionnées.

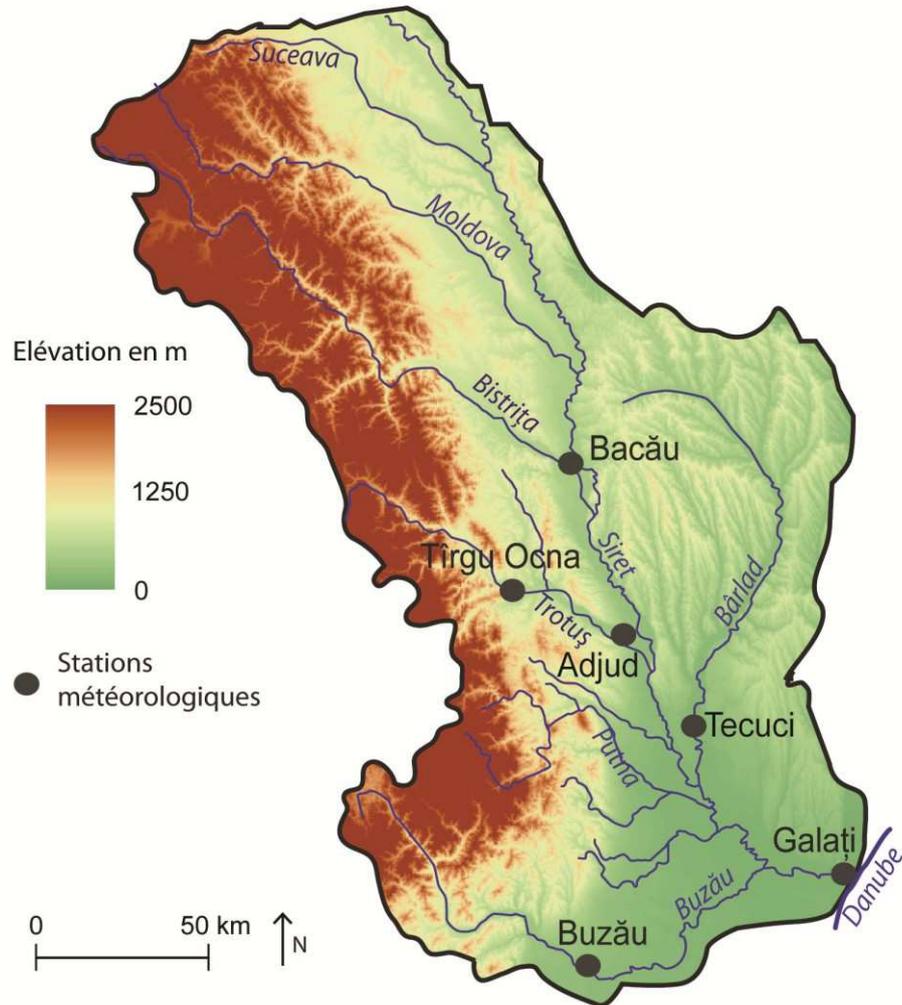


Figure 3- 3: Localisation des stations météorologiques étudiées dans le bassin versant du Siret (Fond SRTM : geospatial.org)

Les six stations ne sont pas distribuées dans toutes les unités de relief du bassin versant du Siret, mais les données provenant de station en amont du bassin et de la région montagneuse n'ont pas été considérées comme utilisables.

2.2. Données hydrologiques à la station de Lungoci

Les données hydrologiques utilisées sont les séries chronologiques de débit – **liquide et de matière en suspension** – à la station de Lungoci, ainsi que les débits horaires lors des crues annuelles du Siret, entre 2004 et 2010, à cette même station (Tableau 3- 1). Les données proviennent de deux sources : ANAR (retranscrites manuellement à partir des annales d'hydrologie) et du GRDC : Global Runoff Data Center¹. Les séries chronologiques de débits liquides et de matières en suspension sont complètes.

¹ http://www.bafg.de/GRDC/EN/Home/homepage_node.html

Tableau 3- 1: Variables des données hydrologiques à la Station de Lungoci sur le Siret
(Sources : GRDC et ANAR/ABAS)

| Variables | | Période | Nombre d'années de données | Source |
|----------------------------------|--------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Débits moyens journaliers | Q_{moy} | 1953-2010 | 57 ans | GRDC |
| Débits maxima annuels | Q_{max} | 1951-2011 | 60 ans | ANAR/ABAS |
| Débits maxima mensuels | Q_{max} mensuels | 1953-2011 | 58 ans | ANAR/ABAS |
| Hydrogramme de crue | | 2004-2010 | 6 ans | ANAR/ABAS |
| Débits d'alluvions en suspension | Q_s | 1971-2011 | 40 ans | ANAR/ABAS |
| Profil en travers | | 1966-2005 | 32 ans (7 ans lacunes) | ANAR/ABAS |

Lungoci est la seule station hydrométrique présente sur le secteur étudié sur le Siret. Les caractéristiques de la station de Lungoci sont présentées dans le Tableau 3- 2. Située à 100 km de l'embouchure avec le Danube, Lungoci est la dernière station de mesure du Siret, mise en place dès le début des années 60 (Figure 3- 4 A).

Tableau 3- 2: Caractéristiques de la station de Lungoci sur le Siret

| Rivière | Station | Longueur de la rivière (km) | Superficie (km ²) | Débit moyen multi-annuel (m ³ /s) |
|---------|---------|-----------------------------|-------------------------------|--|
| Siret | Lungoci | 594 | 36 095 | 210 |

Lungoci est une station de jaugeage à échelle limnimétrique (Figure 3- 4 B). La **hauteur d'eau** est lue une à deux fois par jour sur une échelle graduée. Le débit est mesuré deux à trois fois par mois et reporté sur le carnet de mesures ; les autres débits sont extraits de la courbe de tarage en fonction de la hauteur d'eau correspondante. En période de crue (la Figure 3- 4 C montre les traces de la crue de juin 2010 sur le poste de la station), la hauteur d'eau est lue plusieurs fois par jour (toutes les trois heures ou toutes les heures). Le transport **d'alluvions en suspension** est évalué grâce au prélèvement d'échantillons, au pont de Nănești, à l'aide d'une bouteille accrochée à un câble. L'eau prélevée est filtrée et les résidus sont pesés (Figure 3- 5). **Les profils en travers** du chenal du Siret sont réalisés par le SGA Vrancea deux à quatre fois par an, par câble et par sondage. Seules les photographies des profils originaux sont disponibles : 104 profils de 1966 à 2005, avec comme lacunes 1967, 1968, 1992 et 2003. Néanmoins tous les profils ne sont pas lisibles, ainsi les années 1994, 1995 et 1996 ne sont pas exploitables. Le détail de l'utilisation de ces données est développé par la suite.



Figure 3- 4: A – Station hydrométrique de Lungoci (Siret), câble de mesure en juin 2011 et point de mesure de la section transversal, vu vers l’aval. B – Echelles limnimétriques en rive droite. C – Poste de la station de Lungoci en octobre 2011, avec une marque de la crue de juin 2010 sur la façade. (Photographies: F. Salit)

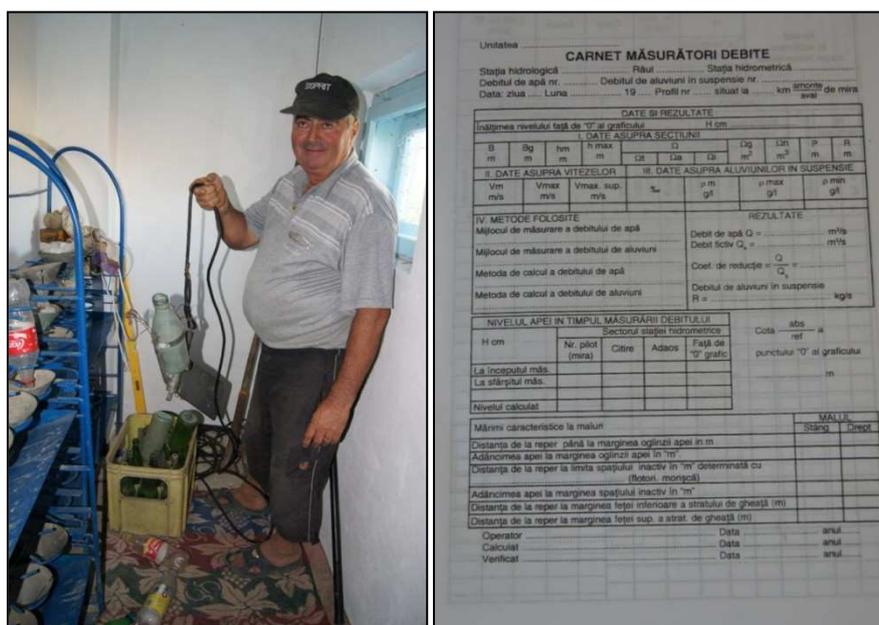


Figure 3- 5: Bouteille de prélèvement d'échantillons de transport d'alluvions en suspension à la station de Lungoci en octobre 2011 (à gauche). Extrait du carnet standard de mesure des débits (à droite). (Photographies: F. Salit)

2.3. Données spatiales

Les données cartographiques ont déjà été présentées en 2^{ème} partie (1.1.1. p.93), seules les images satellites et photographies aériennes sont présentées dans cette section.

2.3.1. Les photographies aériennes

Elles ont été commandées par l'ANCPI dans le cadre d'un programme financé pour moitié par l'Union européenne et par le gouvernement roumain. Les vols ont été faits par plusieurs compagnies, entre 2003 et septembre 2005, ce qui explique les qualités différentes. Elles ont été réalisées en système de projection Stereo 70 au 1/5 000^e, de type orthophotoplan, pour éliminer les déformations dues au relief ou à la perspective. Ce travail s'appuie sur les orthophotoplans de 2005 disponibles au format .tiff, uniquement pour la partie amont du secteur étudié (jusqu'à la confluence du Râmnicu Sărat).

Parallèlement à ces photographies, l'ANCPI a développé un site de consultation en ligne des orthophotoplans, de 2005, 2009 et 2010 pour le bassin du Siret inférieur. Ce site a mis en place également des fonctions de base d'un SIG : superposition, calcul des distances et surfaces. L'inconvénient majeur de ces images est que la date de prise de vue est inconnue. Ainsi il n'est pas possible de déterminer si elles ont été prises avant ou après les inondations de 2005 et 2010.

2.3.2. Les images satellites Google Earth

Le logiciel QuantumGis permet d'exploiter les images Google Earth, comme un raster. Pour le secteur du Siret inférieur les images datent de 2010 (4/5 mai et 7/8 juin). Ces images sont en système de projection Google Mercator.

En plus de ces images, exploitables sous SIG, l'application historique de Google Earth donne accès aux images de 2009 (6 et 30 avril) et 2011 (3 novembre), pour certains secteurs.

3. Démarches méthodologiques

3.1. Méthodes appliquées pour les analyses hydrologiques et climatologiques

Deux groupes de tests ont été effectués : (i) des tests de tendances et de ruptures sur les séries chronologiques de cumuls de précipitations, de débits liquides et de matière en suspension et (ii) une analyse fréquentielle sur les débits maximaux annuels du Siret à la station de Lungoci.

3.1.1. Test statistiques de tendance et de rupture

L'objectif du traitement statistique des données de cumuls de précipitations et de débits liquides ou de matières en suspension (MES) est d'en analyser la variabilité et de déceler un changement de moyenne au sein des séries chronologiques. Le caractère simple et aléatoire des séries a été vérifié. Un échantillon aléatoire signifie que tous les individus de la population ont la même probabilité d'être prélevés. Un échantillon simple signifie que le prélèvement d'un individu n'influe pas la probabilité d'apparition des individus suivants. Si toutes les observations de la série sont issues de la même population et qu'elles sont indépendantes entre elles, la série est alors aléatoire et simple (Musy, 2005).

Une série de trois tests est appliquée : un test de tendance (Mann-Kendall) est appliqué à toutes les séries de données. Si aucune tendance n'est confirmée, deux tests de rupture sont appliqués pour détecter une singularité unique (Pettitt) ou multiple (Hubert).

Le test de Mann-Kendall sert à déterminer si une tendance est identifiable dans une série temporelle. Ce test de tendance non-paramétrique est le résultat d'une amélioration du test d'abord étudié par Mann (1945) puis repris par Kendall (1975). L'hypothèse retenue est l'absence de tendance ; si l'hypothèse est rejetée alors la série de données se caractérise par une tendance. Les trois hypothèses alternatives de tendance négative, non nulle ou positive peuvent être choisies. La valeur seuil de p a été définie à 0,01. Les calculs sont exécutés par le logiciel XLSTAT.

Le test de Pettitt (Pettitt, 1979) a été appliqué sur les séries chronologiques des cumuls annuels de précipitations. Ce test est un test non-paramétrique, dont l'hypothèse retenue concerne l'homogénéité de la série des données ; si l'hypothèse est rejetée alors la série de données n'est pas homogène. Le test de Pettitt est appliqué de manière automatique au moyen du logiciel Khronostat et met en évidence l'année de rupture statistique. La significativité statistique est mesurée par le niveau de probabilité p . Il s'agit de la probabilité d'erreur liée à l'acceptation d'un résultat observé comme valide. La valeur seuil de p a été définie à 0,01.

La segmentation de Hubert est une méthode qui recherche la meilleure segmentation possible pour une série chronologique (Hubert *et al.*, 1989 ; Hubert *et al.*, 1999). Pour chaque ordre de segmentation, la meilleure est celle qui minimise une distance égale à la somme des écarts quadratiques entre chaque valeur de la série et sa moyenne locale. La pertinence d'une segmentation s'établit en vérifiant que la différence entre toutes les moyennes locales contiguës prise deux à deux est significative, grâce au test de Scheffé à un seuil de significativité de 1%. La segmentation de Hubert est appliquée de manière automatique au moyen du logiciel Khronostat.

3.1.2. Analyse fréquentielle

L'analyse fréquentielle est une méthode statistique de prédiction consistant à étudier les événements passés, caractéristiques d'un processus donné, afin d'en définir les probabilités d'apparition future. Cette prédiction repose sur la définition et la mise en œuvre d'un modèle fréquentiel qui est une équation décrivant le comportement statistique d'un processus. Ces modèles décrivent la probabilité d'apparition d'un événement de valeur donnée (Musy, 2005). L'analyse fréquentielle est pratiquée pour les séries de débits maximaux annuels à la station de Lungoci. Le choix du modèle est souvent fondé sur l'expérience et l'habitude. En Roumanie la coutume préconise l'utilisation de la loi de probabilité de Pearson III, ce qui a motivé le choix de cette loi.

3.2. Méthodes appliquées pour l'analyse des dynamiques morphologiques

3.2.1. Analyse du profil en travers

Les données sur la géométrie du chenal n'existent qu'à hauteur de la station de Lungoci. 104 profils au total, répartis de 1966 à 2005 ont été analysés. Ces profils ont été élaborés par l'ABAS-SGA Vrancea sur papier millimétré, à raison d'une cinquantaine de points en moyenne par profil. Deux traitements ont été effectués à partir des photographies de ces profils : (i) le report de tous les points (altitude en ordonnée et distance en abscisse) pour 59 de ces profils, sous Excel afin de les redessiner numériquement et (ii) le report de la seule profondeur maximale pour les profils non lisibles dans leur intégralité, soit les 45 restants. Une fois cette reconstitution achevée, plusieurs analyses sont faites:

- **Analyse de la variabilité inter et intra-annuelle de la géométrie du chenal** : disponible pour 59 profils du Siret à Lungoci de 1966 à 2005
- **L'évolution de la profondeur maximale du talweg** : La profondeur maximale du talweg est la seule indication disponible (lisible sur les graphiques) pour évaluer l'incision du lit.
- **Les déplacements du chenal et de position du talweg** : Les déplacements horizontaux du chenal entre 1966 et 2005 ont été calculés (pour 59 profils) grâce à l'échelle des distances

utilisée sur les graphiques des profils en travers et au point de repère 0 qui reste inchangé tout au long de la période.

- **Evolution de la surface de la section active du chenal**

Le calcul de la surface de la section active du chenal se déroule en plusieurs étapes :

- (i) Après avoir délimité une hauteur à plein bord pour chaque profil en travers, il faut calculer la surface comprise entre la courbe et l'axe des abscisses. Sur Excel, la méthode consiste à découper cette zone en parallélépipèdes (tel que les lignes en tiretés l'indiquent sur la Figure 3- 6) et à calculer la surface de chacun d'entre eux grâce à la formule :

$$(x_{n+1}-x_n)*(y_{n+1}+y_n)/2$$

- (ii) On additionne les surfaces de tous les parallélépipèdes pour obtenir A2. Par souci de simplicité on applique la même formule pour calculer A1 qui représente la surface totale comprise entre la courbe qui correspond à la surface maximale de la section du chenal et l'axe des abscisses.

- (iii) On soustrait ces deux surfaces pour obtenir la surface de A3 en m², l'aire recherchée tel que :

$$A3 = A1 - A2$$

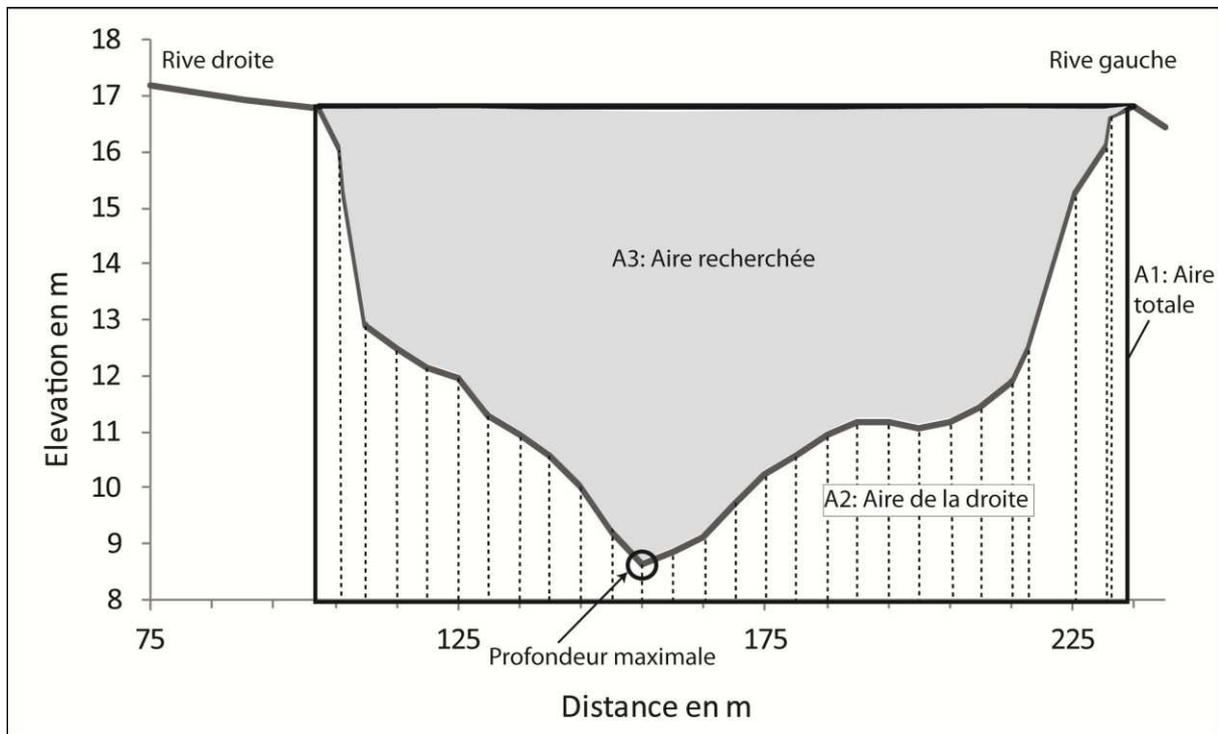


Figure 3- 6: Méthode de calcul de la surface de la section active du chenal à partir des profils en travers. Une aire est calculée en divisant la zone en parallélépipèdes et en calculant la surface de chacun d'entre eux

Cette opération est répétée à chaque profil en travers disponibles, soit 59 fois de 1966 à 2005. L'avantage de réitérer le calcul à chaque fois est que non seulement on peut quantifier l'évolution du chenal sur la période mais également en saisir les dynamiques intra-annuelles. Malheureusement il n'a pas été possible de calculer ces évolutions avant et immédiatement après une crue par manque de données.

3.2.2. Analyse de l'évolution en plan du Siret inférieur

L'analyse diachronique des dynamiques du Siret est réalisée à partir des données historiques, composante essentielle de la compréhension d'un espace fluvial et de sa gestion (Bravard, 1987 ; Peiry, 1988 ; Surian, 1999 ; Delahaye, 2000 ; Piégay et Schumm, 2003 ; Hohensinner *et al.*, 2004 ; Zaroni *et al.*, 2008 ; Michalkova *et al.*, 2010). Les cartes, images et photographies aériennes sont intégrées dans un SIG et analysées par superposition.

Construction d'un SIG et traitement de l'information

L'utilisation des cartes topographiques dans les mesures de la dynamique fluviale est fréquente (Miramont et Guilbert, 1997 ; Miramont *et al.*, 1998) mais elle contient ses limites (Zaroni *et al.*, 2008 ; Swanson *et al.*, 2011). Afin de limiter la marge d'incertitude, toutes les cartes dont l'échelle est supérieure au 1/25 000^e n'ont pas été intégrées dans les calculs. Les informations des cartes dont l'échelle est supérieure ont été digitalisées (surface en eau, alluvions et forêts) mais utilisées uniquement qualitativement. En effet pour la mesure de certains indices, tel l'indice de tressage, l'imprécision des tracés ne permet pas un relevé exact des bancs alluviaux et des chenaux les plus petits. De même la précision de l'indice de tressage, déterminé à partir des images satellites est dépendante du niveau de l'eau à la date de prise de vue. Ne seront présentées ici que sous forme synthétique les différentes données utilisées pour l'analyse morphologique et le traitement effectué. Ces données se répartissent en trois groupes (Tableau 3- 3) selon l'analyse que la qualité et la précision des données permettent :

- **Les données utilisées pour l'analyse morphologique quantitative (Quant.)** : l'échelle de ces données (1/5 000^e, 1/20 000^e et 1/25 000^e) permet d'identifier les éléments (bande active, chenal en eau, alluvions...) et d'en quantifier les variations principales. Seules trois données le permettent pour l'ensemble du secteur étudié du Siret inférieur: **1940, 1981 et 2010.**
- **Les cartes utilisées pour l'analyse morphologique mais dont on ne peut en tirer que des informations qualitatives (Qualit. 1)** : l'échelle de ces données (1/50 000^e, 1/100 000^e et 1/200 000^e) ne permet que l'identification des éléments principaux du lit mineur ; l'imprécision des tracés rend trop incertaine la quantification.

- **Les cartes utilisées pour des informations qualitatives (Qualit. 2) :** Ces cartes ou images ne peuvent être intégrées au SIG (aperçu ou capture d'écran) et ne sont évoquées que pour confirmation ou infirmation d'une hypothèse.

Tableau 3- 3: Caractéristiques du matériel cartographique utilisé pour l'analyse morphologique

| Nom | Date de relevés de terrain | Projection | Echelle | Utilisation |
|--|----------------------------|-----------------|-----------|---------------|
| PDT | 1891 et 1940 | Stereo 70 | 1/20 000 | Quant. |
| Cartes Russes | 1970 | Stereo 70 | 1/100 000 | Qualit. 1 |
| | 1976 (?) | Stereo 70 | 1/50 000 | Qualit. 1 |
| | 1988-1990 | Stereo 70 | 1/50 000 | Qualit. 1 |
| Cartes topographiques roumaines | 1971 | Géoréférencées | 1/50 000 | Qualit. 2 |
| | 1973 | Géoréférencées | 1/200 000 | Qualit. 2 |
| | 1979-1981 | Stereo 70 | 1/25 000 | Quant. |
| Images Google Earth | 2009-2010 | Google Mercator | | Quant. |
| Orthophotoplans | 2005 | Stereo 70 | 1/5 000 | Qualit. 1 |
| | 2009 | | 1/10 000 | Qualit. 2 |
| | 2010 | | 1/5 000 | Qualit. 2 |

Quant. : Quantitative ; Qualit. 1 : Intégrée au SIG mais sans mesure ; Qualit. 2 : Aperçu d'écran

Estimation de la marge d'erreur

Les éléments digitalisés nécessaires à l'analyse morphologique sont : les surfaces en eau, les alluvions, les prés et les forêts. Pour une interprétation des résultats plus rigoureuse, il est nécessaire d'évaluer une marge d'erreur. Les erreurs peuvent survenir à plusieurs étapes :

- Un premier type d'erreur provient de l'imprécision planimétrique sur les cartes (Durand, 2000). L'erreur sur les cartes topographiques roumaines de 1981 et sur les PDT a été estimée dans la thèse de G. Ioana-Toroimac (2009) : l'auteur estime que l'erreur est de maximum un pixel, soit +/-3 m sur les cartes topographiques et +/-2,5 m pour les PDT.
- Les documents cartographiques, afin d'être comparés, doivent être calibrés et corrigés pour avoir le même référentiel géographique et éviter dans la mesure du possible les décalages. L'extension « open layer » de QuantumGis a été utilisée. Elle permet la superposition automatique des images Google Earth. Un contrôle visuel au niveau des points de repères (ponts, routes) a été fait pour contrôler le décalage des images. On peut estimer la marge d'erreur à +/- 3m.

- Pour minimiser les erreurs dans la digitalisation, tout le travail a été effectué par la même personne à un zoom égal pour chacune des cartes. La marge d'erreur subsiste cependant et est estimée à 1 pixel pour tous les documents (soit à +/-1 m pour les images Google Earth ; +/-3 m pour les cartes topographiques ; +/-2,5 m pour les PDT).

Découpage du secteur en tronçons homogènes

Pour une analyse plus fine des dynamiques spatio-temporelles du Siret inférieur, le secteur a été découpé en tronçons homogènes et en sous-tronçons (Figure 3- 7). Les limites sont choisies selon des considérations hydrologiques (confluence) ou par rapport aux ouvrages (pont). Seule la délimitation du premier tronçon répond à un autre critère : il correspond aux limites de la seule carte disponible de 1891. Au total 4 tronçons et 10 sous-tronçons sont établis. Les tronçons ne seront évoqués par la suite que par leur numéro (ex : TR1 ou TR1.1). Les tronçons ont des caractéristiques différentes dont on peut, dès à présent dresser une esquisse (Tableau 3- 4) :

- **Le premier tronçon (TR1)** est le mieux connu, il est délimité par la carte la plus ancienne de 1891. Il présente la plus forte pente (0,07 %) et est en tresse. Il est divisé en trois sous-tronçons, définis selon les aménagements présents (digues et pont) : le TR 1.1 débute juste en aval du barrage de Movileni jusqu'au début de l'endiguement du Siret ; le TR1.2 se termine au pont de Suraia ; le TR1.3 se termine à la fin de la carte la plus ancienne de 1891.

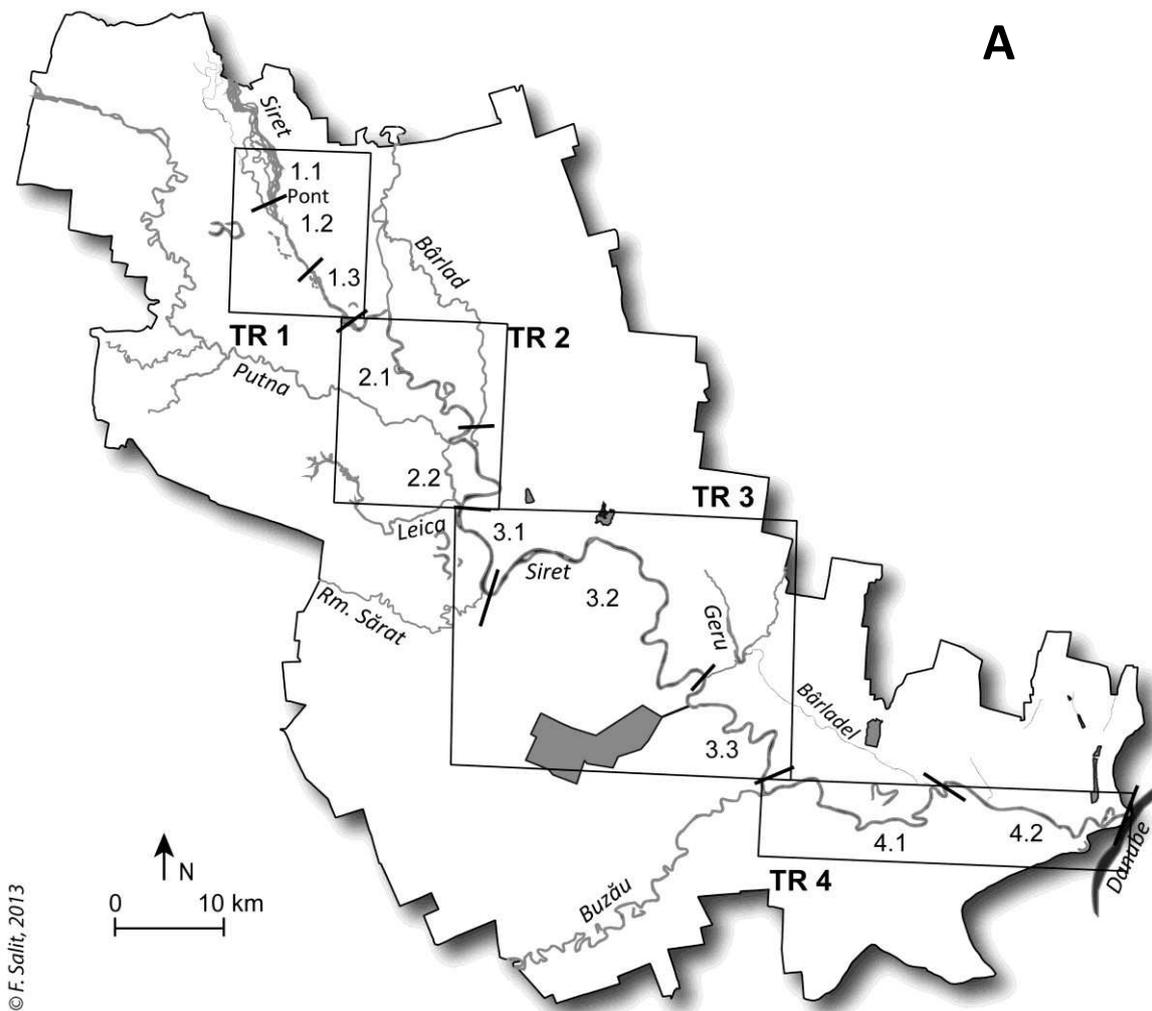
- **Le second tronçon (TR2)**, long de 28 km, comprend trois des affluents majeurs du Siret : le Bârlad, la Putna et la Leica. Les sous-tronçons sont délimités par les changements anthropiques de confluence de la Putna. Ce tronçon est marqué par de nombreuses rectifications et changements de confluence des trois affluents.

- **Le troisième tronçon (TR3)** est le plus long avec 60 km ; il est contraint depuis les années 40 par des digues longitudinales. Il est divisé en trois sous-tronçons établis selon les confluences (du Râmnicu Sărat, du Geru et du Buzău). La seule station hydrométrique du Siret inférieur se situe sur le TR3.1 à Lungoci.

- **Le quatrième tronçon (TR4)** de 37 km est divisé en deux sous-tronçons (selon la confluence du Bârladel). Il a la pente la plus faible (0,01 %).

Tableau 3- 4: Pente moyenne du secteur étudié du Siret inférieur selon les tronçons

| Tronçons | Pente moyenne % |
|--------------|-----------------|
| TR1 | 0,0714 |
| TR2 | 0,0204 |
| TR3 | 0,0107 |
| TR4 | 0,0106 |
| Total | 0,0180 |



B

| Tronçons | Sous-tronçons | Délimitation | Km | Transects |
|----------|---------------|------------------------|--------------|-----------|
| TR 1 | 1.1 | Jusqu'aux digues | 6,5 | 27 |
| | 1.2 | Jusqu'au pont Suraia | 4,75 | 20 |
| | 1.3 | Fin PDT 1891 | 5,25 | 22 |
| | TOTAL | | 16,5 | |
| TR 2 | 2.1 | Jusqu'à la Putna | 18,25 | 74 |
| | 2.2 | Jusqu'à la Leica | 10 | 41 |
| | TOTAL | | 28,25 | |
| TR 3 | 3.1 | Jusqu'au Râmnicu Sărat | 8,75 | 36 |
| | 3.2 | Jusqu'au Geru | 33,75 | 136 |
| | 3.3 | Jusqu'au Buzău | 16,75 | 68 |
| | TOTAL | | 59,25 | |
| TR 4 | 4.1 | Jusqu'au Bârladel | 20 | 81 |
| | 4.2 | Jusqu'au Danube | 17,5 | 71 |
| | TOTAL | | 37,5 | |

Figure 3- 7: Délimitation des tronçons pour l'analyse morphologique : A – Carte de localisation des différents tronçons. B – Paramètres de chacun de chacun des tronçons et sous-tronçons

Les données disponibles ne sont pas identiques selon les tronçons. Le Tableau 3- 5 synthétise l'ensemble de ces dates pour chaque tronçon et celles utilisées pour l'analyse quantitative morphologique. Ainsi cette analyse est effectuée en 1940, 1981 et 2010 pour tous les tronçons et en 1891 pour le TR1.

Tableau 3- 5: Dates des cartes disponibles pour l'ensemble des tronçons. En gras sont indiquées les dates des cartes pour lesquelles l'analyse morphologique a été effectuée

| Tronçons | Dates des cartes disponibles | Tronçons | Dates des cartes disponibles |
|----------|------------------------------|----------|------------------------------|
| TR 1 | 1891 | TR 3 | - |
| | 1940 | | 1940 |
| | 1970 | | 1970 |
| | 1971 | | 1973 |
| | 1973 | | 1976 |
| | 1981 | | 1981 |
| | 1990 | | - |
| | 2010 | | 2010 |
| TR 2 | 1940 | TR 4 | 1940 |
| | 1970 | | 1970 |
| | 1973 | | 1973 |
| | 1981 | | 1981 |
| | 1990 | | 1990 |
| | 2010 | | 2010 |

Choix des indices calculés

Le choix s'est porté sur le calcul de 4 indices : largeur de bande active, longueur du lit, indice de tressage et indice de sinuosité (les définitions associées sont présentées dans le Tableau 3- 6).

Tableau 3- 6: Définitions des indices utilisés dans l'analyse morphologique

| Indices | Définition | Référence |
|-----------------------------------|--|--|
| Largeur de la bande active | Ensemble comprenant le lit mineur et les bancs d'alluvions peu ou pas végétalisés | Osterkamp et Hedman, 1982 ; Rundle, 1985 |
| Indice de tressage | Nombre moyen de chenaux actifs par transects perpendiculaires à l'axe du lit moyen | Ashmore, 1991 |
| Indice de sinuosité | Mesure de la longueur développée du cours d'eau en suivant l'axe du lit mineur, divisée par la longueur entre les deux mêmes points en suivant l'axe général d'orientation du cours d'eau (soit l'axe moyen de l'enveloppe de méandrage) | Malavoi et Bravard, 2010 |
| Longueur du lit mineur | La longueur développée du lit actif. Espace limité par les berges, végétation herbacée et broussailles | |

Le nombre d'indices calculé est limité pour deux raisons :

- Ces indices peuvent être calculés à partir de cartes topographiques tout en restant dans une marge d'erreur acceptable (Gurnell *et al.*, 2003).
- Seuls les indices permettant de répondre à la problématique de cette partie sont choisis.

Elaboration des transects et calcul des indices

Les calculs de la largeur de la bande active et de l'indice de tressage ont été faits à partir de transects perpendiculaires à l'axe d'écoulement. Les transects sont dessinés tous les 250 mètres, échelle la plus pertinente pour saisir finement les évolutions (Hohensinner, 2004 ; Michalkova, 2011) et qui permet une analyse de la variabilité spatiale (Perşoiu et Rădoane, 2011). Le nombre total de transects s'élève à 576 pour l'ensemble du secteur étudié.

Le nombre de chenaux recoupant chaque transect est compté pour mesurer l'indice de tressage. Il est présenté sous forme de moyenne pour chaque sous-tronçon. L'indice de sinuosité n'a été calculé que par tronçon.

Le calcul de la bande active, dans la mesure où les largeurs doivent être comparées à différentes dates a posé plus de difficulté. Deux méthodes sont possibles (Figure 3- 8):

- On crée des transects à partir d'un **tracé de référence** que l'on applique ensuite aux autres tracés. L'avantage de cette méthode est que tous les transects sont exactement à la même position quel que soit le tracé étudié. L'inconvénient est que les transects ne sont pas forcément perpendiculaires à chaque axe d'écoulement, puisqu'ils ont été établis à partir d'un axe de référence. La largeur de la bande active a tendance à être surestimée car les transects peuvent être obliques. Cette méthode peut être appliquée si le tracé du cours d'eau n'évolue pas dans de trop grande proportion dans le temps.

- On crée des **transects pour chaque axe d'écoulement**. L'avantage de cette méthode est que chaque transect est perpendiculaire à l'axe d'écoulement qui lui correspond. La comparaison de l'évolution de la bande active est ainsi plus rigoureuse. L'inconvénient est que les transects ne sont pas forcément exactement au même endroit d'une date à l'autre.

La seconde méthode a été choisie pour avoir la valeur la plus juste de la largeur de la bande active, le tracé du Siret inférieur connaissant par ailleurs de fortes variations sur la période étudiée. Pour pallier le biais méthodologique, tous les transects (de chacune des trois années étudiées) ont été repris un par un pour comparer leur position. Dans la majorité des cas ils se situent au même endroit à 5 mètres près. Dans le cas de figure où ils sont trop éloignés, essentiellement lorsqu'il s'agit

de migration ou de recouplement de méandre, la moyenne de la largeur de la bande active des transects de la date B correspondant au transect unique de la date A a été faite (Figure 3- 8). Selon la première méthode, les transects T1 et T5 de 1940 sont surestimés, alors que selon la seconde méthode le T2 (1981) est comparé à la moyenne des T2 bis et T2 ter de 1940.

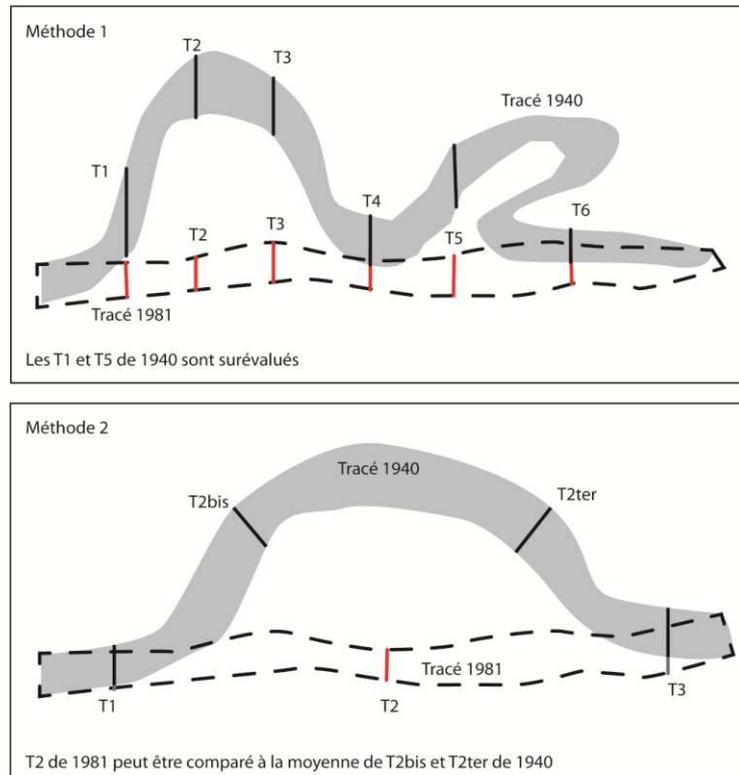


Figure 3- 8: Méthodes pour calculer la largeur de la bande active à différentes dates (T représente un transect). Méthode de l'axe d'écoulement unique pour deux dates (en haut). Méthode de deux axes d'écoulement pour deux dates, avec correction du biais méthodologique (en bas)

Interprétation des cartes

La reconstitution des éléments à digitaliser se fonde sur les éléments représentés sur les cartes topographiques. Il n'a pas été possible par exemple de représenter les digues à partir des images Google Earth, car il s'agit de levées de terre enherbées difficilement reconnaissables sur une image aérienne. Pour la reconnaissance des figurés sur les cartes, les notices détaillées ont été mobilisées, excepté pour les PDT dont la notice n'a pu être trouvée. Ainsi plusieurs problèmes se sont posés à propos de ces cartes :

- **La reconnaissance du figuré « bancs d'alluvions »** sur les cartes a été parfois problématique car il se confond avec d'autres et peut être superposé à d'autres figurés. D'après la littérature (Osaci-

Costache, 2000 ; Ioana-Toroimac, 2009), ce figuré présenterait des variantes en fonction de la granulométrie des alluvions. Les informations sont néanmoins trop faibles pour en tenir compte.

- **Utilisation du figuré « terres inondables »** : ce figuré présente uniquement sur les PDT, indique des zones inondables. Malgré des recherches, il n'a pas été possible de préciser leur méthode d'élaboration. Ils peuvent indiquer des zones marécageuses, des bras morts, des zones basses ou encore la plaine alluviale. Ces symboles perturbent la délimitation de la bande active et la question s'est posée de son intégration dans la définition de celle-ci. Sur certains secteurs la question semblait légitime (Figure 3- 9) puisque la zone couverte pouvait représenter une zone en eau temporairement. Néanmoins sur d'autres secteurs, essentiellement dans le TR4, la bande active aurait été évaluée à plus de 30 km de large. C'est pourquoi nous avons choisi de l'exclure du calcul, au risque de sous-évaluer la largeur de la bande active essentiellement pour les TR1 et TR2.

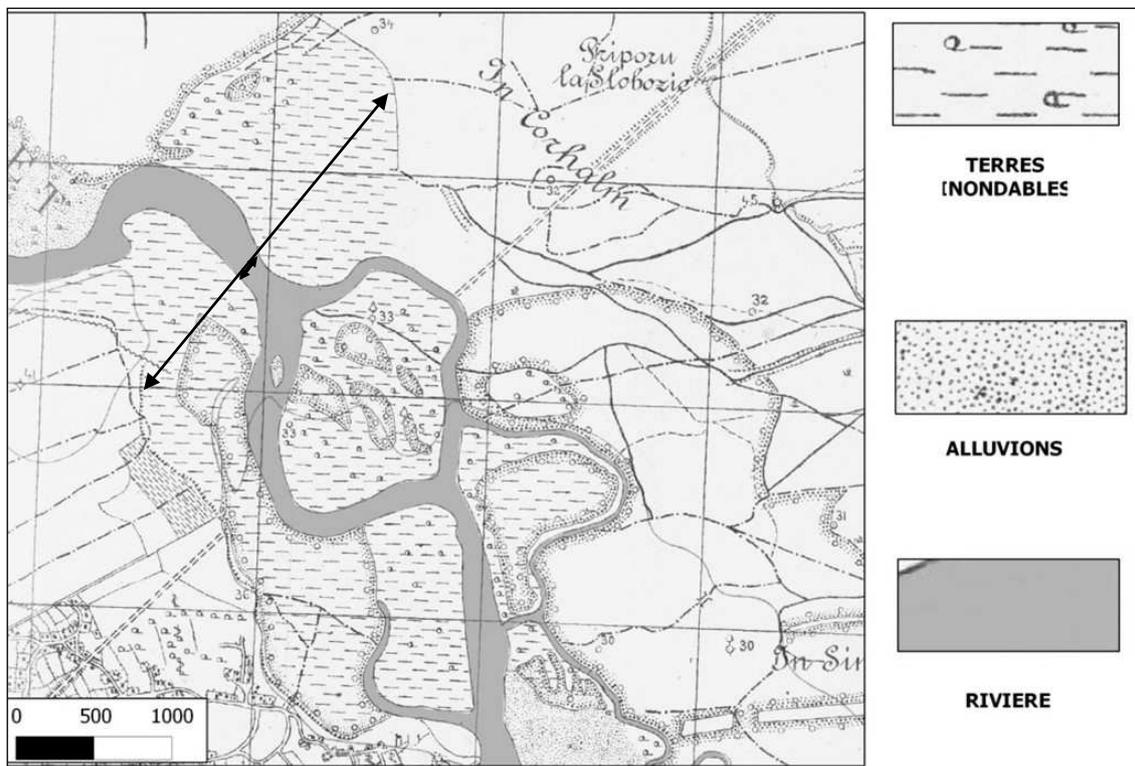


Figure 3- 9: Illustration du problème du figuré « terres inondables ». Les deux flèches représentent la différence de largeur de la bande active en prenant en compte ou non ce figuré

L'objectif est de déterminer l'impact des aménagements sur le régime hydrologique et les dynamiques morphologiques du Siret inférieur. La démarche adoptée consiste à décrire les changements détectables dans ces deux paramètres puis de chercher les raisons possibles de ces évolutions.

Un certain nombre de points sont cependant à préciser, avant de débiter l'analyse :

- Le secteur étudié se situe à l'aval du bassin versant, il est donc assujéti aux évolutions du bassin dans son intégralité. La somme des données requises pour étudier toutes les variables ne permet pas de procéder à une analyse complète. Il convient ainsi de pondérer les résultats obtenus au vu de la quantité limitée de données.
- Tous les facteurs explicatifs ne peuvent être abordés dans cette étude. Des choix ont dû être fait selon :
 - les limites imposées par la quantité de données existantes : les données climatiques sont restreintes dans le temps et dans l'espace et ne permettent pas toujours de cerner la question dans son intégralité ; les données hydrologiques n'apparaissent que dans les années 50, ce qui limite l'étude du régime hydrologique dans la période pré-aménagement.
 - les limites que nous nous imposons pour répondre seulement à la problématique posée au risque de ne pas faire une analyse géomorphologique globale (choix des indices étudiés par exemple).
- Les facteurs des changements possibles sont nombreux et souvent concomitants. Il n'est pas toujours possible de faire la part entre une variable et une autre.

Les facteurs possibles des variations hydro-morphologiques du Siret inférieur seront abordés dans le cadre de ces limites. Néanmoins la problématique de ce travail s'articule essentiellement autour des impacts possibles des aménagements dans le temps et dans l'espace sur le régime hydrologique du Siret inférieur, sur le régime de ses crues et sur ses dynamiques morphologiques.

Chapitre 2 – Résultats de l'analyse hydro-morphologique

Les résultats sont présentés en deux temps : l'analyse hydrologique du Siret inférieur, des années 50 à 2011, précède l'analyse morphologique, établie du début du XX^{ème} siècle à 2010.

1. Dynamique hydrologique du Siret inférieur de 1950 à nos jours

1.1. Variabilité de l'écoulement liquide et d'alluvions en suspension

1.1.1. Variabilité du débit liquide du Siret à Lungoci

Test de tendance et de rupture

Les résultats du test de Mann-Kendall sur les débits liquides de la station de Lungoci ne montrent aucune tendance sur la période 1951-2010 que ce soit pour les débits moyens annuels ou les débits maximaux annuels (Tableau 3- 7).

Tableau 3- 7: Résultats du test de Mann-Kendall sur les débits moyens et maximaux annuels de la station de Lungoci sur le Siret

| Paramètres | Période de l'analyse | Test Mann-Kendall- Risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie (%) Seuil $\alpha=0,01$ |
|--------------------------------|----------------------|---|
| Q moyens annuels (Q_{moy}) | 1953-2010 (57 ans) | 45,25 |
| Q max annuels (Q_{max}) | 1951-2011 (60 ans) | 48,19 |

Le risque de rejeter l'hypothèse nulle selon laquelle il n'y a pas de tendance dans la série chronologique alors qu'elle est vraie, est élevé (>45 %). Néanmoins les résultats du test de Pettitt (Tableau 3- 8) montrent une rupture possible des séries de données en 1968. Cette fois le risque de rejeter l'hypothèse nulle est plus faible. Ainsi deux périodes se distingueraient dans les chroniques de débits moyens et maximaux : 1951-1967 et 1968-2010.

Tableau 3- 8: Résultats du test de Pettitt sur les débits moyens (Q_{moy}) et maximaux (Q_{max}) annuels à la station de Lungoci sur le Siret

| Paramètres | Période de l'analyse | Test Pettitt risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie (%) Seuil $\alpha=0,01$ | Date à laquelle une rupture est statistiquement possible de se produire |
|------------|----------------------|--|---|
| Q_{moy} | 1953-2010 (57 ans) | 12,10 | 1968 |
| Q_{max} | 1951-2011 (60 ans) | 5,43 | 1968 |

La segmentation de Hubert permet de confirmer cette date de rupture et de déterminer des phases dans les séries chronologiques. Nous avons fait le choix pour l'ensemble des données analysées de ne pas considérer comme une phase les pas de temps inférieurs à 5 ans. Les résultats montrent qu'aucune segmentation n'a été possible pour les données de débits maximaux de 1951 à 2011. Néanmoins des phases ont été détectées dans les débits moyens annuels à la station de Lungoci (Tableau 3- 9).

Tableau 3- 9: Résultats de la segmentation de Hubert sur les débits moyens annuels (Q_{moy}) à la station de Lungoci sur le Siret

| Variables | Date début | Date de fin | Moyenne (m^3/s) | Ecart-type | CV |
|-----------|------------|-------------|---------------------|------------|------|
| Q_{moy} | 1953 | 1967 | 160,467 | 45,098 | 0,28 |
| | 1968 | 1983 | 267,938 | 56,686 | 0,21 |
| | 1984 | 2009 | 196,154 | 86,617 | 0,44 |

Trois phases sont détectées : l'année 1968 est de nouveau considérée comme un point de rupture, tout comme cette fois-ci, 1984. Lors de la **première période**, les débits moyens sont plus faibles ($160 m^3/s$ en moyenne). On constate que les débits moyens sont en moyenne 66% plus élevés lors de la **seconde période** que lors de la première. Néanmoins si l'on retrouve clairement ces phases (issues de la segmentation de Hubert) sur les chroniques des débits moyens (Figure 3- 10), on constate que la moyenne des débits de la **troisième période** 1984-2010 ($196 m^3/s$) ne reflète pas les variations inter-annuelles qui sont relativement plus élevées (CV de 0,44). En effet des années aux débits moyens annuels plus faibles (en moyenne de $117 m^3/s$ - 1986-87; 1990; 1994-95; 2000-2001; 2007; 2009) succèdent des années aux débits moyens plus élevés ($275 m^3/s$ - 1984 ; 1988 ; 1991 ; 1996-99 ; 2002 ; 2006 ; 2008 ; 2010) même sans considérer l'année 2005, année particulière (cf 1^{ère} Partie).

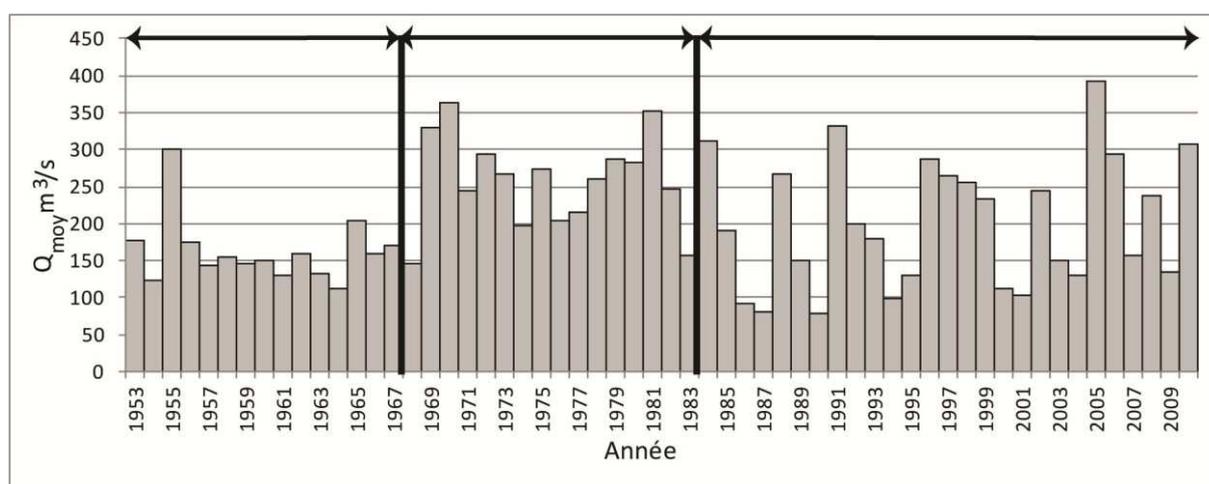


Figure 3- 10: Segmentation de Hubert appliquée à la chronique des débits moyens annuels (Q_{moy}) de la station de Lungoci sur le Siret de 1953 à 2010 (Source données : GRDC)

Le point de rupture en 1968 pour les débits maximaux annuels peut être vérifié sur le graphique (Figure 3- 11) : les débits maximaux étant plus faibles en moyenne pour la première période que pour la seconde. Néanmoins on note une relative variabilité des débits qui ne permet pas de poursuivre l'analyse plus loin.

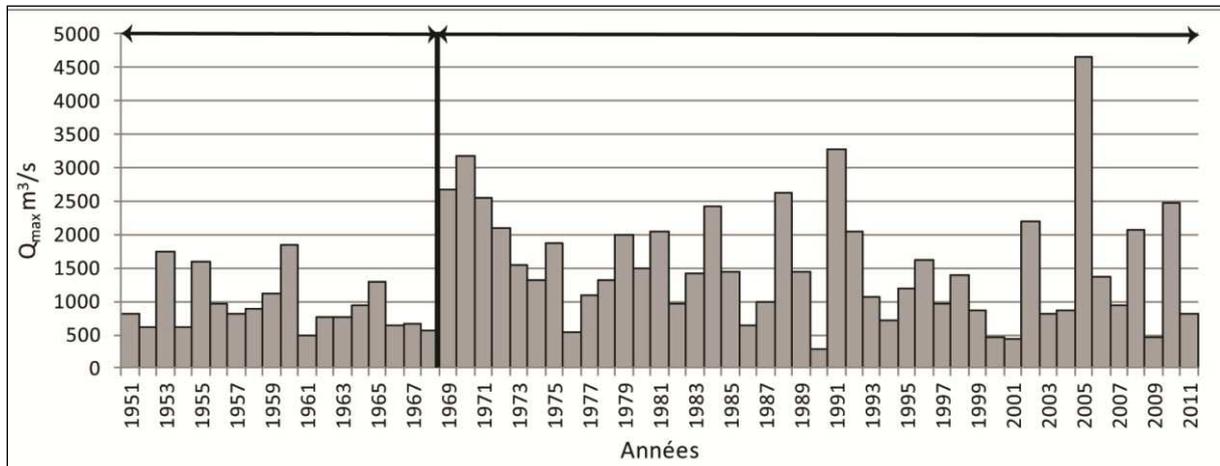


Figure 3- 11: Périodisation des débits maximaux annuels(Q_{max}) pour la station de Lungoci de 1951 à 2011 (Source données : ANAR/ABAS)

Variabilité des débits mensuels moyens et maximaux annuels

A partir de ces dates mises en évidence, nous avons cherché s'il existe une évolution dans la variabilité des débits mensuels moyens et la fréquence mensuelle des débits maximaux annuels (Figure 3- 12 ; Figure 3- 13).

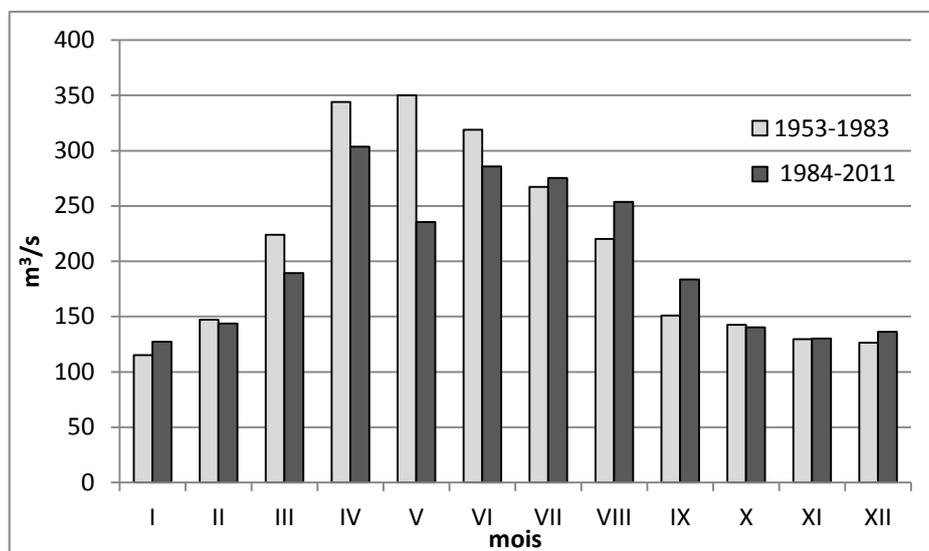


Figure 3- 12: Variation des débits moyens mensuels à la station de Lungoci sur le Siret de 1953 à 2010 (Source données : GRDC)

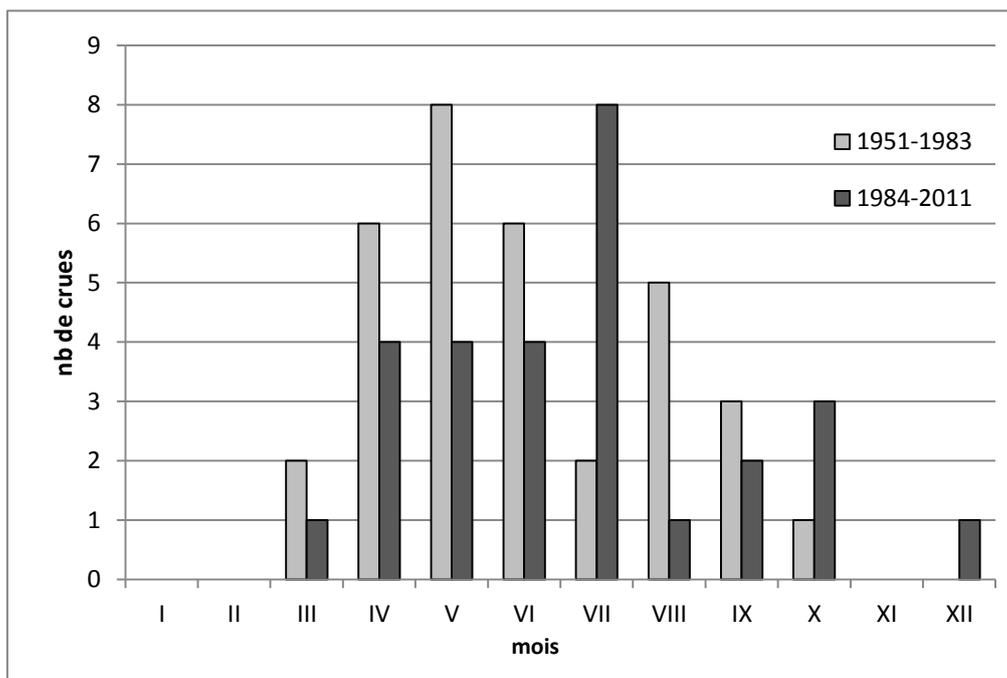


Figure 3- 13: Nombre de crues selon la fréquence mensuelle des débits maximaux annuels à la station de Lungoci sur le Siret de 1951 à 2011 (Source données : ANAR/ABAS)

On constate un changement dans la répartition mensuelle des débits moyens : plus élevés en avril, mai et juin de 1953 à 1983, le mois de mai est sous-représenté dans la période suivante où les débits moyens les plus élevés se situent en avril, juin et juillet. On retrouve cette sur-représentation du mois de juillet dans la répartition des débits maximaux annuels. Ceux-ci se situaient en majorité aux mois d’avril, mai et juin de 1951 à 1983, alors que la fréquence des débits maximaux est élevée en juillet de 1984 à 2011.

*

De ces différents tests on peut retenir qu’aucune tendance n’a été détectée dans les séries de débits moyens ou maximaux annuels. Les tests de rupture et de segmentation mettent en avant trois phases dans les chroniques de débits:

- **1953-1967** : Des débits moyens faibles mais relativement constants ; débits maximaux annuels relativement faibles.
- **1968-1983** : Des débits moyens élevés ; des débits maximaux annuels plus fréquents en mai.
- **1984-2010** : Plus forte variabilité des débits moyens ; des débits maximaux annuels plus fréquents en juillet

1.1.2. Variabilité des débits d'alluvions en suspension à Lungoci

La même méthode a été appliquée pour définir la variabilité des débits d'alluvions en suspension à la station de Lungoci. Le test de Mann-Kendall (Tableau 3- 10) montre une nette tendance dans les deux séries chronologiques. L'hypothèse alternative est donc acceptée.

Tableau 3- 10: Résultats du test de Mann-Kendall pour les débits moyens et maximaux annuels d'alluvions en suspension pour la station de Lungoci sur le Siret de 1971 à 2011 (Source données : ANAR/ABAS)

| Paramètres | Période de l'analyse | Test Mann-Kendall- Risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie (%) Seuil $\alpha=0,01$ |
|-------------------|----------------------|---|
| Qs moyens annuels | 1971-2011 (40 ans) | <1% |
| Qs max annuels | 1971-2011 (40 ans) | <1% |

Le test de Pettitt (Tableau 3- 11) permet de distinguer deux points de rupture : 1985 pour les $Q_{s_{moy}}$ et 1991 pour les $Q_{s_{max}}$. La segmentation de Hubert relève les mêmes périodes (Tableau 3- 12).

Tableau 3- 11: Résultats du test Pettitt pour les débits moyens ($Q_{s_{moy}}$) et maximaux annuels ($Q_{s_{max}}$) d'alluvions en suspension pour la station de Lungoci sur le Siret de 1971 à 2011 (Source données : ANAR/ABAS)

| Paramètres | Période de l'analyse | Test Pettitt | Date à laquelle une rupture est statistiquement possible de se produire |
|---------------|----------------------|--|---|
| | | risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie (%) Seuil $\alpha=0,01$ | |
| $Q_{s_{moy}}$ | 1971-2011 (40 ans) | <1% | 1985 |
| $Q_{s_{max}}$ | 1971-2011 (40 ans) | <1% | 1991 |

Tableau 3- 12: Résultats de la segmentation de Hubert pour les séries $Q_{s_{moy}}$ et $Q_{s_{max}}$ à la station de Lungoci sur le Siret de 1971 à 2011 (Source données : ANAR/ABAS)

| Variables | Date début | Date de fin | Moyenne | Ecart-type |
|---------------|------------|-------------|---------|------------|
| $Q_{s_{moy}}$ | 1971 | 1983 | 454,3 | 132,5 |
| | 1984 | 2010 | 123,6 | 159,25 |
| $Q_{s_{max}}$ | 1971 | 1991 | 15 000 | 13 326,17 |
| | 1992 | 2011 | 2 512,6 | 3 600,8 |

Ces tests indiquent la présence de deux périodes, seul le point de rupture diverge entre 1983 et 1991. Entre ces deux dates, les débits moyens annuels d'alluvions en suspension sont très variables, avec un maximum de 731 kg/s en 1991 et de 678 kg/s en 1984 en moyenne, alors que 1987 et 1990 ne présentent une moyenne que de 32 et 23 kg/s respectivement (Figure 3- 14). La segmentation pour les débits maximaux d'alluvions en suspension a présenté plus de difficultés : la seconde période de 1992 à 2011 a été clairement identifiée, mais la première présente de fortes variabilités

avec deux pics identifiés en 1974 et 1991. La méthode de segmentation de Hubert ne considère pas la période 1971-1991 comme un segment unique, 4 segments apparaissent : 1971-1972 ; 1973 ; 1974-1989 ; 1990. Or nous avons considéré qu'une période était valable à partir de 5 années consécutives (Hubert *et al.*, 1999). Cette répartition reflète l'hétérogénéité des débits maximums d'alluvions en suspension de ces années.

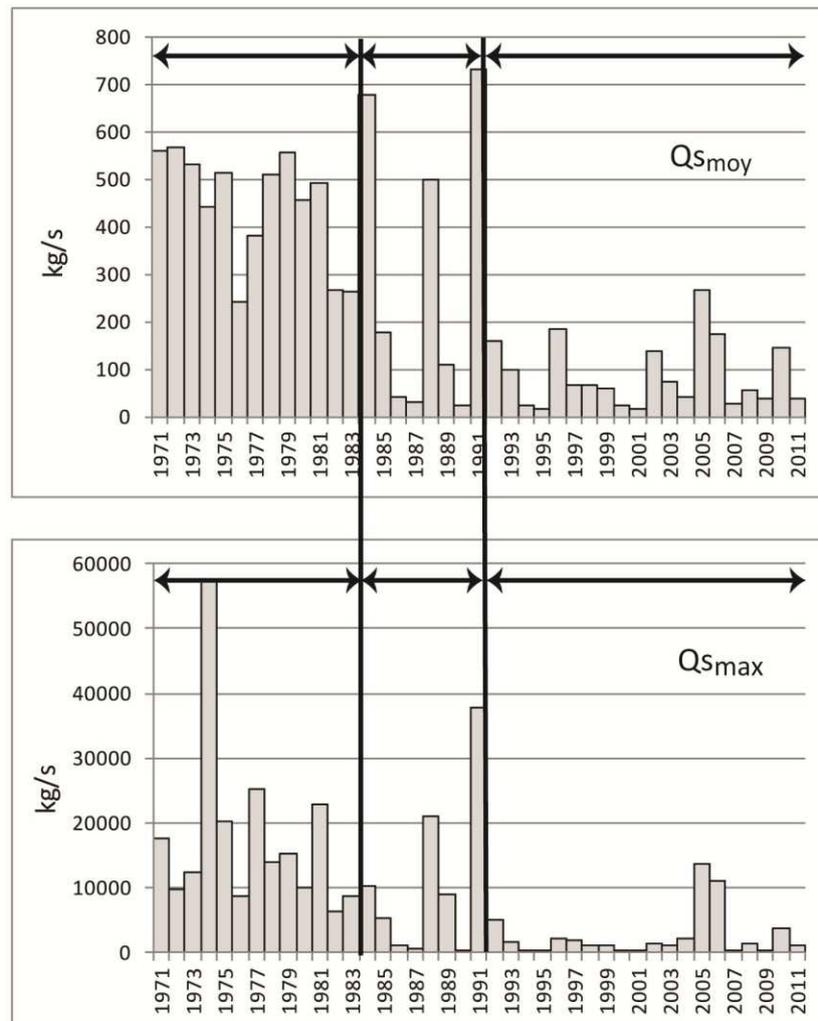


Figure 3- 14: Périodes détectables dans les séries de débits moyens ($Q_{s\text{moy}}$) et maximums ($Q_{s\text{max}}$) d'alluvions en suspension à la station de Lungoci de 1971 à 2011 (Source données : ANAR/ABAS)

*

On peut conclure de ces tests la présence de trois périodes aux caractéristiques distinctes :

- **1971-1983** : Les débits moyens et maximums annuels d'alluvions en suspension sont élevés
- **1984-1991** : Les débits moyens et maximums annuels d'alluvions en suspension baissent, mais les extrêmes (1988 et 1991) sont plus élevés que la période précédente
- **1992-2011** : L'ensemble des débits d'alluvions en suspension diminuent

1.2. Analyse des crues

Afin de chercher une tendance dans le régime des crues du Siret inférieur, des seuils de crue par analyse statistique ont été établis. Nous avons justifié le choix de l'application de la loi de Pearson III dans le chapitre précédent (ch. 1 3.1.2 p.167), cependant les rapports de 2009 commandés par le Ministerul Mediului (Ministerul Mediului, 2009a) sur le Siret inférieur utilisent la loi de Gumbell. De même les chercheurs roumains (Dăscălița *et al.*, 2005 ; Romanescu et Nistor, 2010) présentent des périodes de retour sans en préciser la méthode. Afin de comparer les données, les différents résultats de ces auteurs sont également présentés.

1.2.1. Analyse fréquentielle des débits maximum annuels : application de la loi de Pearson III

La distribution de Pearson III est parmi les lois fréquentielles les plus utilisées dans la pratique hydrologique en Roumanie (Diaconu et Lăzărescu, 1965 ; Drobot, 1997). Elle se définit par l'équation (Drobot, 1997) :

$$Q_{p\%} = Q_0(1 + C_v \Phi_{p\%})$$

où : Q_0 = le débit module; C_v = coefficient de variation (le rapport entre l'écart type et la moyenne de la série de données analysées); $\Phi_{p\%}$ = l'écart de l'ordonnée de la courbe de probabilité de dépassement par rapport à la moyenne, dans le cas d'une courbe standardisée ayant $Q_0 = 1$ et $C_v = 1$ (les valeurs de Φ_i sont recherchées dans les tables préexistantes pour les valeurs du C_s et la probabilité de dépassement $p\%$ choisies).

Le coefficient d'asymétrie (C_s) est calculé ou adopté. Pour le Siret à Lungoci, il est adopté à : $C_s = 4C_v$ avec une correction de +14% pour C_v , pour que la courbe théorique s'ajuste mieux à celle empirique. Les probabilités empiriques ($p\%$) ont été estimées selon la formule de Weibull, la plus utilisée en Roumanie : $p\% = (r/n+1) 100$, où r = le numéro d'ordre (le rang) de la valeur dans la série ordonnée par ordre décroissant et n = nombre total des valeurs dans la série des données (Meylan *et al.*, 2008).

Afin d'appliquer cette méthode des probabilités de dépassement de 1%, 2%, 5%, 10% 20% et 50% sont choisies, correspondant à des temps de retour respectivement de 100 ans, 50 ans, 20 ans, 10 ans, 5 ans et 2 ans.

Les résultats sont présentés dans le Tableau 3- 13.

Tableau 3- 13: Résultats de l'analyse fréquentielle appliquée aux débits maximaux annuels de la station de Lungoci de 1951 à 2011 et comparaison avec les résultats d'autres tests (en m³/s)

| | Q0,5% | Q1% | Q2% | Q5% | Q10% | Q20% | Q50% |
|--|-------|------|------|------|------|------|------|
| Pearson III | - | 5055 | 4281 | 3255 | 2490 | 1810 | 1017 |
| Gumbell (ABAS) | - | 4232 | - | - | 2559 | - | - |
| Dăscălița et al., 2005; Romanescu et Nistor, 2010 | 4510 | 3950 | 3424 | - | 1160 | - | - |

On constate que les résultats des différentes méthodes varient : les seuils statistiques sont plus bas pour Dăscălița *et al.* (2005) et Romanescu et Nistor (2010) que ceux obtenus dans ce travail. Le seuil établi selon la loi de Gumbell est similaire pour une période de retour de 10 ans, mais sous-évalué pour une période de retour de 100 ans.

1.2.2. Variations de fréquence des crues les plus importantes selon les seuils statistiques

A partir des séries de débits moyens quotidiens de 1953 à 2010 de la station de Lungoci, le nombre de fois où ces seuils statistiques (selon la méthode Pearson III) ont été atteints, a été calculé (Figure 3- 15).

Des choix ont dû être effectués dans la définition du nombre de crues. Trois éléments sont à préciser:

- Les jours consécutifs où un seuil a été atteint sont considérés comme une seule occurrence.
- Si deux seuils d'amplitude différente sont atteints dans des jours consécutifs, seul le seuil le plus élevé est pris en compte.
- Il peut y avoir plusieurs occurrences de crues dans un mois, à partir du moment où un intervalle (défini à 5 jours) est respecté entre deux occurrences.

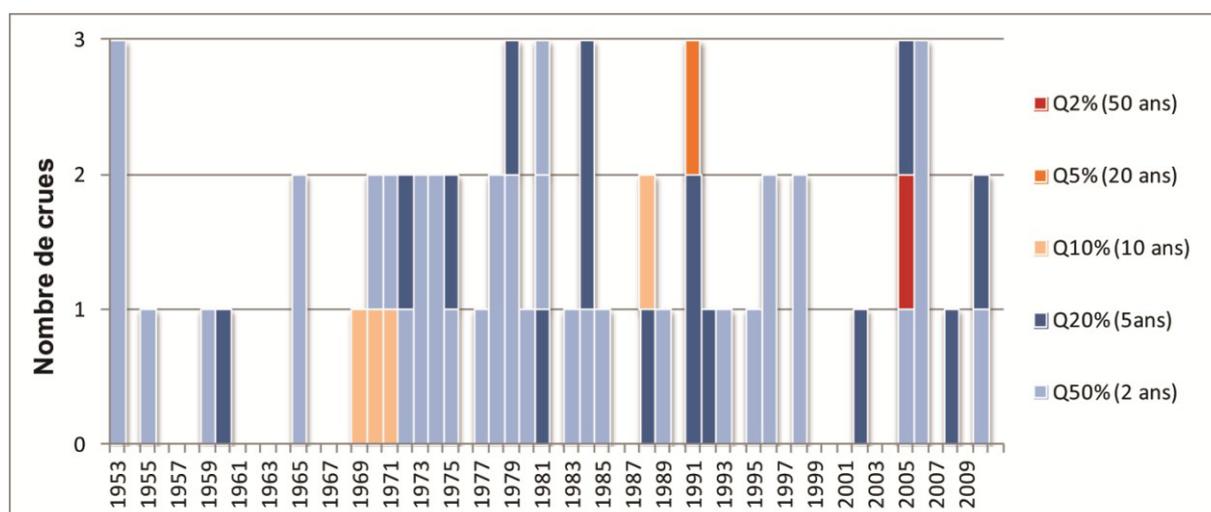


Figure 3- 15: Fréquence des crues les plus importantes à la station de Lungoci sur le Siret inférieur de 1953 à 2010 selon les seuils statistiques Pearson III (Source données : ANAR/ABAS)

Plusieurs constats peuvent être faits à partir de la répartition des crues les plus importantes :

- 59 crues sont comptabilisées sur la période 1953-2010. 64 % ont une période de retour de 2 ans (Q50%); 25,4 % de 5 ans (Q20%); 6,7 % de 10 ans (Q10%).
- Pour un même pas de temps il y a eu 6 crues de 1953 à 1968 mais 27 de 1969 à 1984 ;
- A partir de 1984, la fréquence des crues est plus variable : 14 crues de 1985 à 1999 et 10 de 2000 à 2010.
- On constate deux occurrences de crue de faible fréquence : une crue de période de retour de 20 ans (Q5%) en 1991, une de période de retour de 50 ans (Q2%) en 2005.

Différentes phases peuvent être dégagées :

- **1953-1968** : faible fréquence des crues de faible intensité
- **1969-1984** : fréquence des crues accrue avec une intensité moyenne (plus de $\frac{2}{3}$ de crues de période de retour de 2 ans – Q50%)
- **1985-2010** : grande variabilité de la fréquence des crues. Des crues moins fréquentes que la période précédente mais plus intense (50% des crues ont une période de retour supérieure ou égale à 5 ans – Q20%)

1.2.3. Comparaison avec les seuils des gestionnaires du bassin versant du Siret

Les gestionnaires roumains des différents bassins versants définissent des seuils d'alerte, à partir desquels le système de prévention et de lutte contre les inondations est déclenché. Trois seuils sont définis.

Une inondation est définie selon la « **cote d'inondation** » (CI). Elle représente la hauteur d'eau au-delà de laquelle commence l'inondation du premier enjeu socio-économique. La « **cote d'attention** » (CA) représente la hauteur d'eau située à 0,5-1 m au-dessous de la cote d'inondation des enjeux socio-économiques, dans des conditions météorologiques favorables à la remontée des eaux. La « **cote de péril ou de danger** » (CP) exige la mise en place d'actions d'évacuation des habitants et des biens matériels, de restrictions de la circulation routière et ferroviaire et d'action d'exploitation efficace des ouvrages hydrotechniques destinés à diminuer l'onde de crue.

Ces cotes sont calculées pour chaque station hydrométrique ; puis les débits correspondants sont extraits de la courbe de tarage. Ces valeurs sont actualisées tous les ans à cause des changements survenus dans le chenal fluvial ou en relation avec les changements d'occupation du sol (Ioana-Toroimac, 2009).

Il faut préciser que les débits correspondant aux cotes, donnés dans ce travail (Tableau 3- 14) sont les débits calculés en 2011. Pour la station de Lungoci, les débits correspondant à ces cotes sont de :

- CA = 2 056 m³/s ; elle a été atteinte 7 fois de 1953 à 2010
- CI = 2 410 m³/s ; elle a été atteinte 5 fois de 1953 à 2010
- CP = 2 885 m³/s ; elle a été atteinte 3 fois de 1953 à 2010

Tableau 3- 14: Années où les cotes d’alerte des gestionnaires et les débits correspondant ont été atteints à la station de Lungoci sur le Siret. En blanc sont indiquées les dates correspondant à la seconde phase définie (1969-1984) ; en gris celles correspondant à la troisième phase (1985-2010) ; les seuils n’ont pas été atteints lors de la première phase (1953-1983) (Source données : ANAR/ABAS)

| Cote Attention (CA) 2 056 m³/s | Cote Inondation (CI) 2 410 m³/s | Cote Danger (CP) 2 885 m³/s |
|--|---|---|
| 1972 | 1969 | 1970 |
| 1984 | 1971 | 1991 |
| 1988 | 1984 | 2005 |
| 2002 | 1988 | |
| 2005 | 2010 | |
| 2008 | | |
| 1991 | | |

1.2.4. Caractéristiques des crues les plus importantes

Les données de débits horaires pour la station de Lungoci ne sont disponibles qu’à partir de 2005. Seul le graphique des hydrogrammes des crues les plus importantes de 1953 à 2005 (Figure 3- 16) est disponible. Il n’est possible d’établir qu’une estimation des caractéristiques des crues.

On note que la crue de juillet 2005 a un profil différent des crues précédentes. Le temps de crue (temps en heures du début de la montée des eaux jusqu’à l’enregistrement du débit de pointe) et le temps total (somme des temps de crue et de décrue) sont plus rapides :

- 6 heures pour 2005 pour un temps total de 14 heures
- 22 heures pour 1991 pour un temps total de 31 heures
- 11 heures pour 1970 pour un temps total de 20 heures

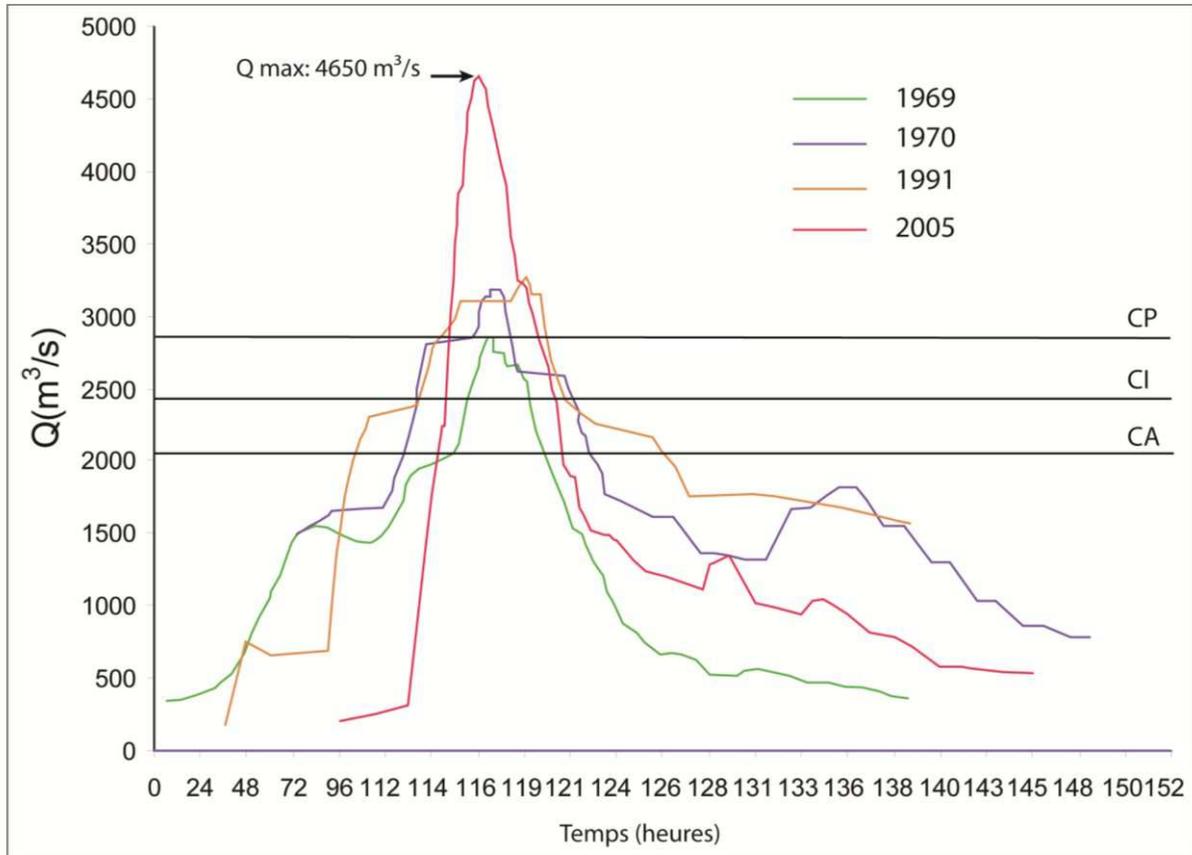


Figure 3- 16: Hydrogramme comparé des crues les plus importantes du Siret à la station de Lungoci de 1953 à 2005 (Source : INHGA)

En l'état actuel des données l'analyse ne peut être plus menée plus loin. On peut juste conclure que l'inondation de 2005 a un profil différent, ce qui est à ajouter au caractère exceptionnel de cet événement (cf. 1^{ère} partie).

L'analyse des variables hydrologiques a montré qu'il n'y avait pas d'augmentation ou de baisse significative des débits liquides ou du nombre de crues sur la période 1951/53-2010/11. Seuls les débits d'alluvions en suspension présentent une forte baisse. Néanmoins des phases où les dynamiques hydrologiques du Siret ont changé, sont décelables sur ce pas de temps (Tableau 3- 15).

Tableau 3- 15: Résumé des différentes périodes identifiées

| Débits liquides | Débits d'alluvions en suspension | Crues les plus importantes |
|-----------------|----------------------------------|----------------------------|
| 1953-1967 | - | 1953-1968 |
| 1968-1983 | 1971-1983 | 1969-1984 |
| 1984-2010 | 1984-1991 1992-2010 | 1985-2010 |

On constate une similarité dans les périodes identifiées quelle que soit la variable. Ces périodes et les « tournants » qui les caractérisent c'est-à-dire les années **1967-68**, **1983-84** et **1991** incarneront le point de départ de notre recherche de facteurs explicatifs dans le chapitre suivant.

Ainsi nous déterminons que de 1951-53 à 2010-11 les caractéristiques hydrologiques du Siret inférieur à la station de Lungoci se répartissent comme suit :

- **1951/53-1968** : Des débits faibles et donc des crues peu nombreuses (données de débit d'alluvions en suspension absentes).
- **1968-1984** : Des débits liquides et d'alluvions en suspension moyens et maximaux importants. Des crues fréquentes et de moyenne intensité.
- **1985-2010/11**: Forte variabilité des débits liquides et de la fréquence des crues. Les crues sont moins fréquentes que lors de la période précédente mais plus intenses. Les débits d'alluvions en suspension connaissent une baisse majeure surtout à partir de 1991.

2. Dynamiques morphologiques du Siret inférieur de 1891 à 2010

L'étude des dynamiques du Siret inférieur se divise en deux temps : l'analyse de la géométrie en plan, puis de la géométrie en travers.

2.1. Modification de la géométrie en plan

Dans un premier temps les grandes lignes de l'évolution en plan du Siret inférieur sont présentées, puis dans un second temps, les différences entre tronçons. Plusieurs marqueurs des dynamiques de l'espace fluvial sont utilisés : la largeur de la bande active, les indices de tressage et de sinuosité, et la longueur du chenal principal.

2.1.1. Evolution de la largeur de la bande active et du style fluvial

On constate une diminution de 46 % de la largeur de la bande active de 1940 à 2010 sur l'ensemble du secteur. La majorité (81 %) de cette réduction se déroule entre 1940 et 1981. L'indice de tressage moyen sur l'ensemble du secteur évolue de 1,79 en 1940, à 1,45 en 1981 et à 1,29 en 2010. L'évolution de l'indice de sinuosité n'est pas significative puisqu'il passe de 1,33 en 1940 à 1,29 en 2010. Mais ces tendances masquent les différentes évolutions au sein du secteur.

2.1.2. Une évolution différenciée par tronçon

TR1

L'ensemble du TR1 (Figure 3- 17) subit de profondes transformations de 1891 à 2010. La largeur de la bande active en 2010 ne représente plus que 44 % (TR1.1), 29 %, (TR1.2) et 25 % (TR1.3) de celle de 1891. Le tracé passe de sinueux en 1891 à rectiligne en 2010.

De 1891 à 1940 la bande active évolue peu : on constate des phases d'élargissement et de rétrécissement propre aux rivières en tresses (Malavoi et Bravard, 2010). Sur le TR1.1 la tendance à l'élargissement est plus marquée avec en moyenne + 394 mètres. On note une tendance au rétrécissement au droit de Suraia, ainsi qu'un déplacement du chenal principal en rive droite, ce qui est corroboré par les témoignages qui font état de la disparition de certaines maisons et bâtiments publics due au changement de tracé du Siret.

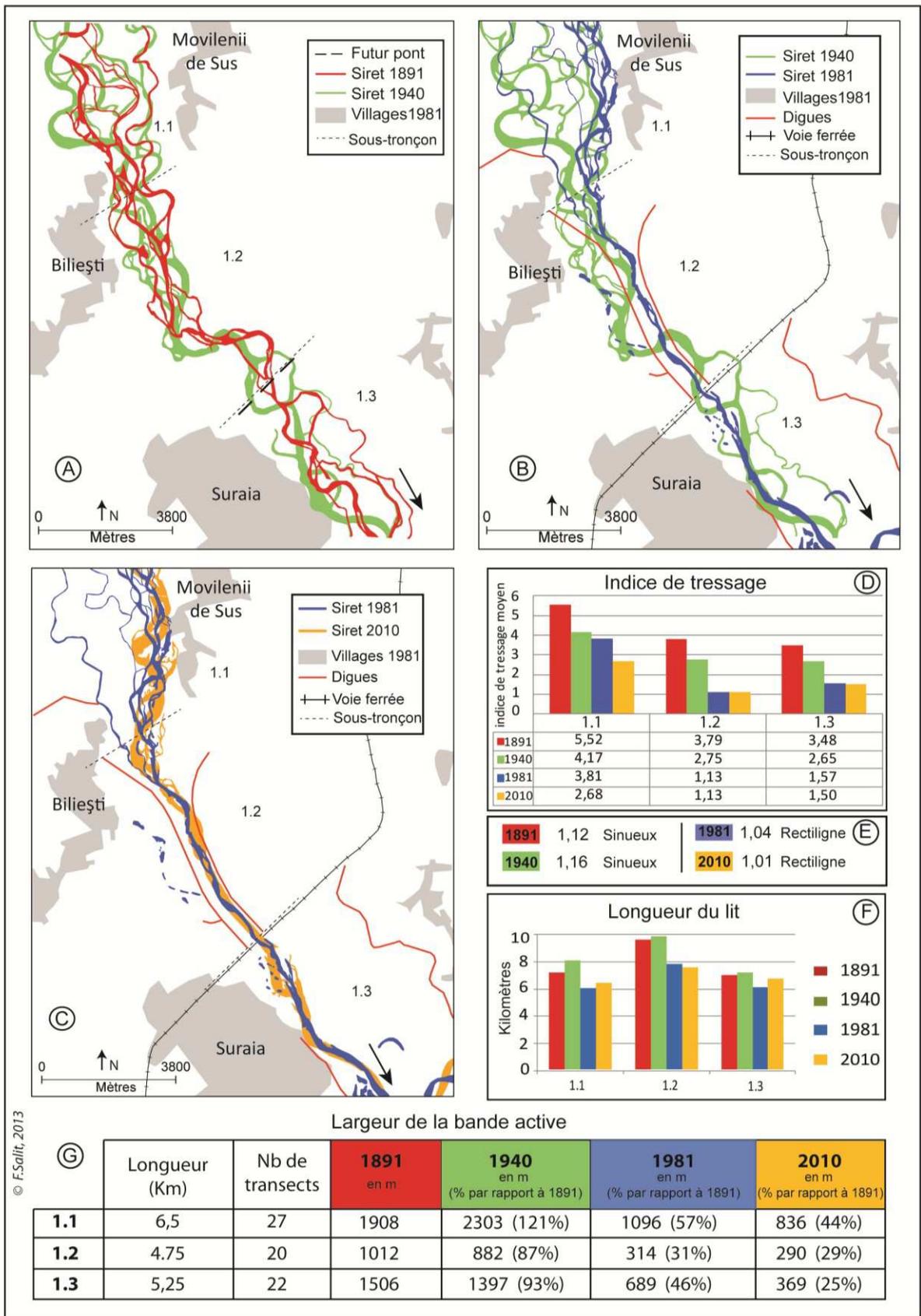


Figure 3- 17: Evolutions des marqueurs de la dynamique morphologique du TR1 : A – en plan de 1891/1940 ; B – de 1940/1981 ; C – de 1981/2010; D – de l'indice de tressage ; E – de sinuosité ; F – de la longueur du lit mineur ; G – de la largeur de la bande active

De 1940 à 1981 la morphologie du Siret a beaucoup évolué : le premier élément notable est la possible avulsion en TR1.1 (Malavoi, Bravard, 2010). Le chenal principal a été abandonné au profit d'un chenal en rive gauche. Le chenal abandonné n'est plus en 1981 compté dans la bande active puisqu'il est séparé du chenal principal par une forêt de peupliers présente sur les sources cartographiques dès 1971. La bande active du Siret passe de 1 602 m en moyenne, à 739 m en 1981. Les TR1.2 et TR1.3 sont ceux qui marquent la plus forte contraction de la bande active. On note cependant, juste en aval du pont de la voie ferrée de Suraia, un élargissement de la bande active. La longueur moyenne du lit mineur diminue sur la période, mais la baisse n'est pas significative.

Durant la phase 1981-2010 la bande active se stabilise, le profil général des courbes est sensiblement le même. Les tendances de la période précédente se confirment. On constate une stabilisation du style fluvial. La largeur de la bande active diminue encore, mais dans des proportions plus faibles.

Afin de préciser la période durant laquelle la contraction de la bande active s'est passée, les autres données cartographiques ont été mobilisées, notamment celles de 1970, 1971 et 1990 (Figure 3- 18). Il n'a pas été possible, compte tenu de l'échelle de ces nouvelles cartes, de mesurer la largeur de la bande active, les résultats auraient été par trop approximatifs. Néanmoins elles informent sur l'évolution du profil en long du TR1.

On constate trois éléments :

- La partie amont du tronçon (TR1.1) connaît une réduction de son chenal dès 1971, qui s'accroît entre 1981 et 1990
- Le TR1.2 a un tracé rectiligne dès 1970, modification du style fluvial qui se confirme sur les cartes ultérieures.
- Le chenal en TR1.2 commence à être moins large dès 1970, mais cette contraction est plus nette à partir de 1971, où le profil du TR1 se rapproche de celui de 1981.

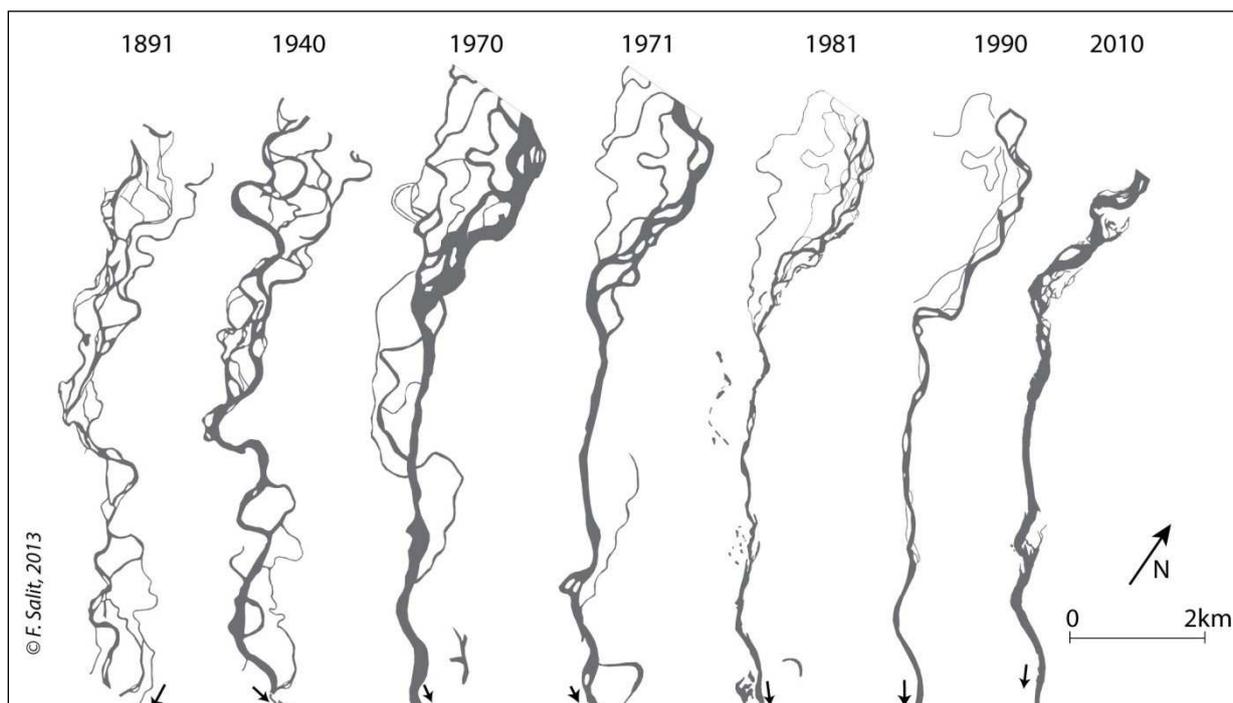


Figure 3- 18: Evolution du tracé du TR1 du Siret de 1891 à 2010

La morphologie du TR1 connaît une évolution marquée : d'un tracé mobile à bande active large en 1891 à un tracé plus rectiligne et stable en 2010. Le paroxysme de ces changements est atteint entre 1940 et 1981 pour les trois sous-tronçons et plus précisément à partir de 1970. Le TR1 est le seul tronçon pour lequel des données antérieures à 1940 sont disponibles, ce qui permet d'avoir une profondeur temporelle plus large. C'est aussi celui qui révèle le plus de changements sur la période étudiée.

TR2

Le TR2 connaît une évolution notable essentiellement dans son tracé en plan (Figure 3- 19). L'indice de sinuosité et la longueur du lit mineur ne montrent que peu d'évolution de 1940 à 2010. La largeur de la bande active passe de 397 m en moyenne en 1940, à 262 m en 1981 et 226 m en 2010. Ces dynamiques sont plus contrastées si l'on considère les sous-tronçons.

Les évolutions du TR2 concernent essentiellement deux points : des changements sur le tracé en plan du Siret et les changements lisibles sur deux affluents du Siret, la Putna et le Bârlad :

- La Putna en rive droite et le Bârlad en rive gauche sont l'objet de changements de confluence dès les années 70 (cf. 2^{ème} Partie 2.1.2 p.144).

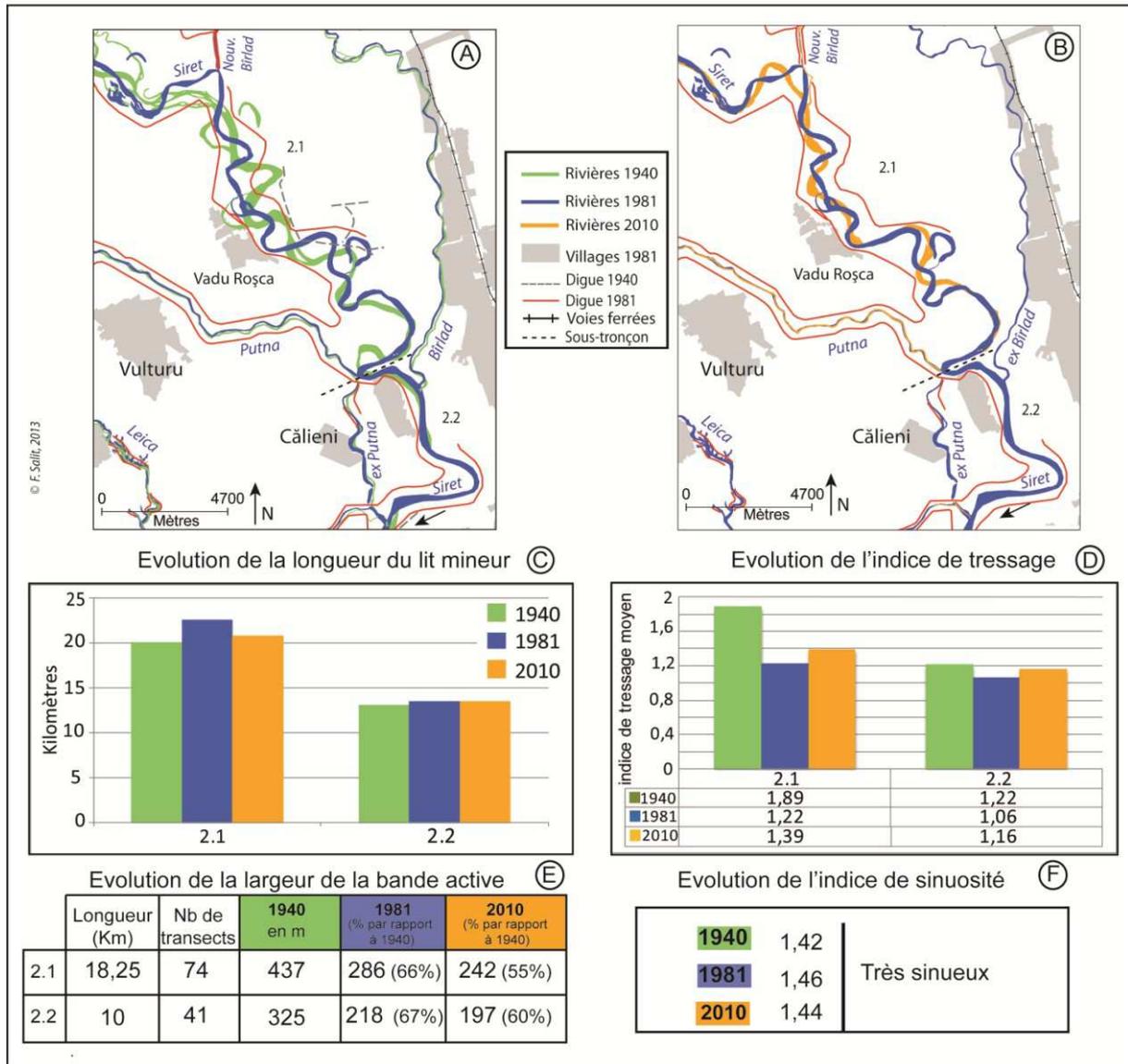


Figure 3- 19: Evolution des marqueurs de la dynamique morphologique du TR2 : A – en plan de 1940/1981 ; B-de 1981/2010; C – de la longueur du lit mineur ; D – de l'indice de tressage ; E – de la largeur de la bande active ; F – de l'indice de sinuosité

- Le TR2.1 connaît une plus forte variation, notamment de l'indice de tressage (de 1,89 en 1940 à 1,39 en 2010) et de l'évolution en plan à l'image du secteur en amont (TR1).

De 1940 à 1981 le tracé du Siret est très divaguant, surtout au droit du village de Vadu Roșca. De 1981 à 2010, le lit mineur du Siret en TR2.1 est toujours mobile. La confluence « artificielle » du Bârlad a même dû être prolongée pour accéder au Siret. Afin de préciser l'évolution du tracé en plan sur le Siret à hauteur du village de Vadu Roșca, d'autres tracés disponibles à des dates intermédiaires sont mobilisés (Figure 3- 20). On note, sans pouvoir le quantifier, que la bande active se rétrécit entre 1970 et 1981 ainsi qu'un recouplement naturel de méandre.

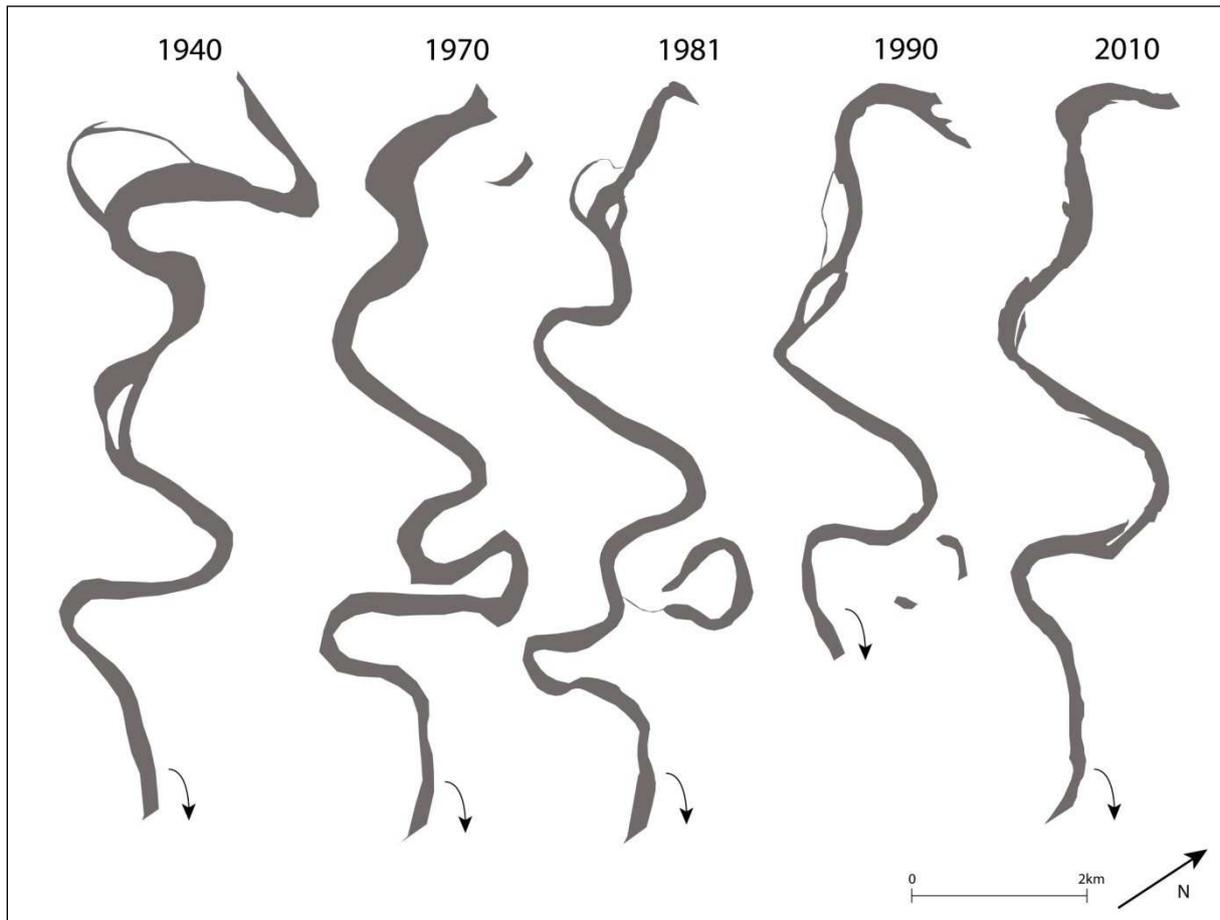


Figure 3- 20: Evolution du TR2.1 à hauteur du village de Vadu Roșca de 1940 à 2010

La largeur de la bande active a tendance à diminuer, essentiellement entre 1940 et 1981. On peut constater (Figure 3- 21) que de 1981 à 2010 sur le TR2.1 en aval de Vadu Roșca, la bande active tend à s'élargir. Le TR2.2 évolue beaucoup moins. Si on note une tendance à la diminution de la bande active de 1940 à 1981, celle-ci reste relativement stable jusqu'en 2010.

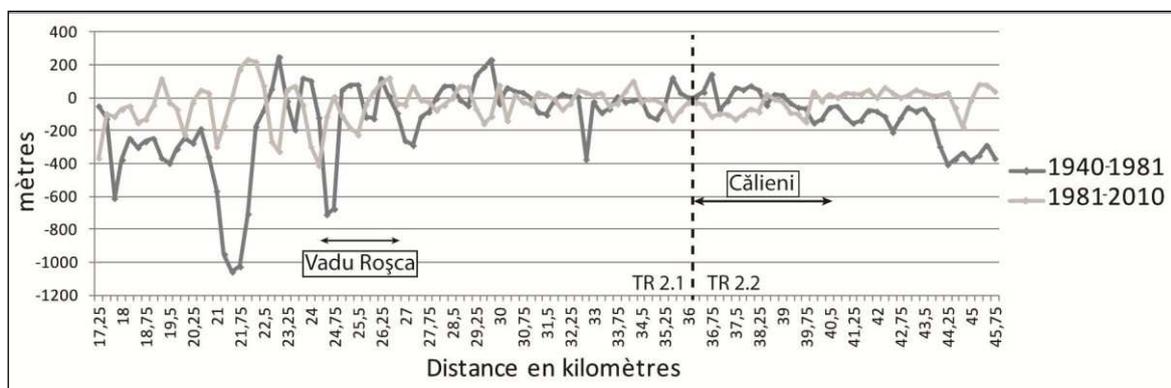


Figure 3- 21: Comparaison des évolutions de la largeur de la bande active du Siret entre 1940-1981 et 1981-2010 sur le TR2

TR3

Le TR3 a un profil particulier par rapport aux premiers tronçons (Figure 3- 22). La majorité des marqueurs évoluent peu sur la période étudiée : la longueur du lit mineur reste stable sauf pour le TR3.3 qui a tendance à augmenter ; l'indice de sinuosité reste élevé, le TR3 passe d'un style très sinueux à méandriforme. Seule la largeur de la bande active connaît un changement. Elle diminue en moyenne de 30 % entre 1940 et 2010, l'essentiel de cette diminution se situant sur les TR3.2 et TR3.3.

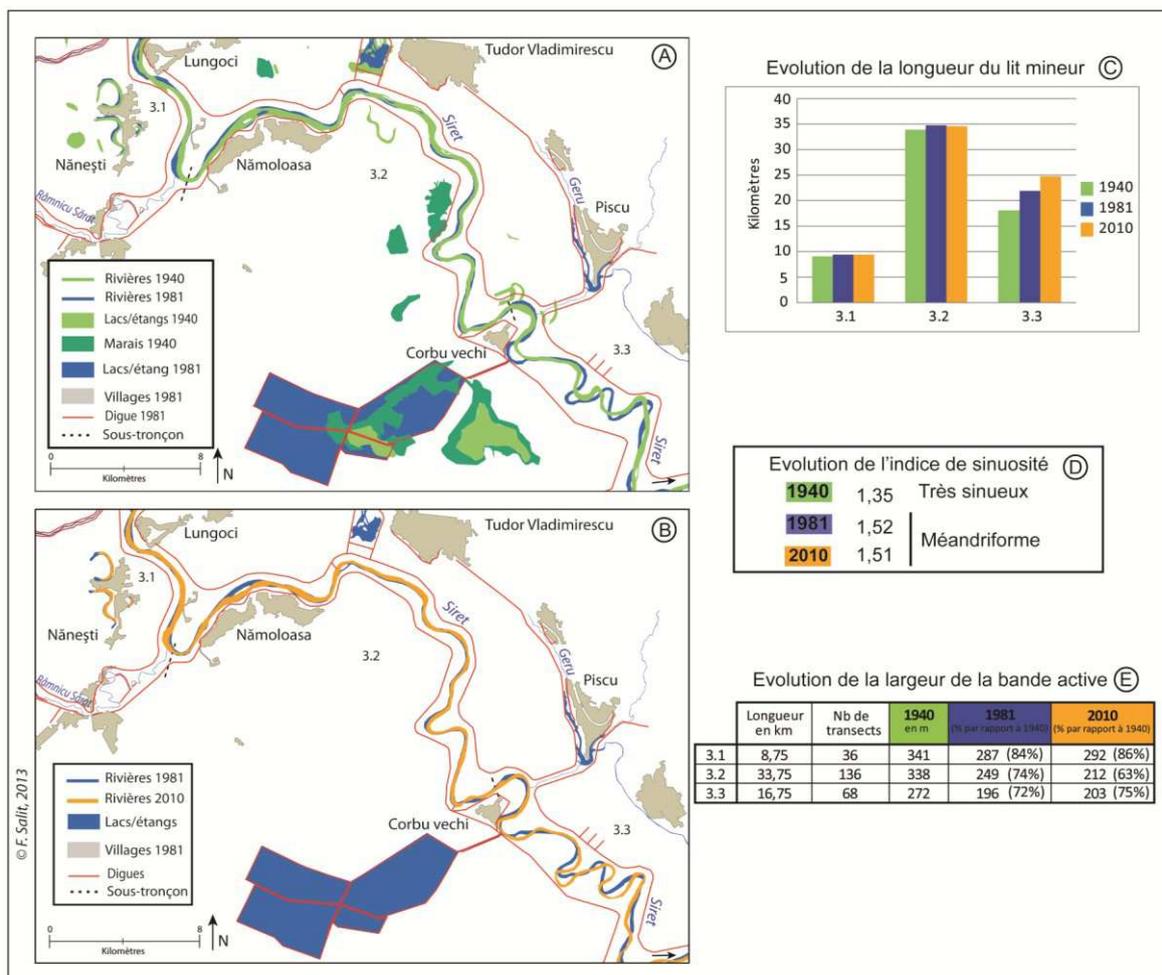


Figure 3- 22: Evolution des marqueurs de la dynamique morphologique du TR3 : A – en plan de 1940/1981 ; B – de 1981/2010; C – de la longueur du lit mineur ; D – de l'indice de sinuosité ; E – de la largeur de la bande active

Le TR3.3 montre un tracé mobile sur l'ensemble de la période, alors que les deux autres sous-tronçons n'évoluent que peu. Néanmoins, grâce à la présence des anciens chenaux fluviaux du Siret présents sur la carte de 1940, on peut supposer que sur les deux sous-tronçons le Siret était aussi très mobile. Si l'on compare les évolutions de la largeur de la bande active (Figure 3- 23), on constate qu'une majorité de la contraction de la bande active se produit entre 1940 et 1981. Cette baisse est

due à une diminution de la surface des bancs d'alluvions. Excepté à hauteur du village de Nămolosa, la bande active reste stable de 1981 à 2010.

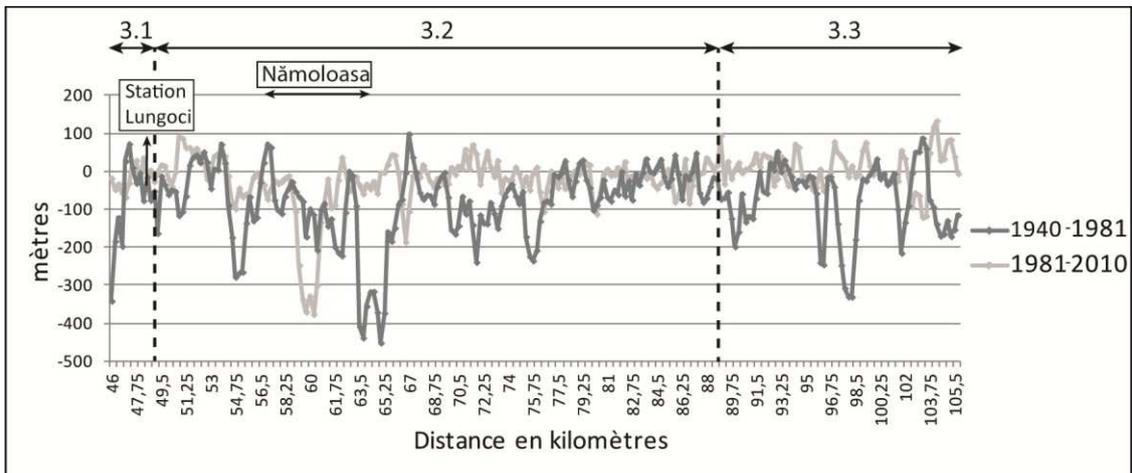


Figure 3- 23: Comparaison des évolutions de la largeur de la bande active du Siret entre 1940-1981 et 1981-2010 sur le TR3

L'écart de 40 ans entre les deux premiers tracés ne reflète pas toutes les dynamiques du Siret. Le TR3.1 semble stable de 1940 à 1981, avec une diminution moyenne de la largeur de la bande active inférieure à 20 %. Or la largeur de la bande active, disponible grâce à la carte topographique russe de 1976 (dont la date du relevé de terrain ne peut être que supposée entre 1970 et 1974), connaît un élargissement remarquable (Figure 3- 24). Cette évolution est due à un banc d'alluvions de plus de 500 mètres de large en moyenne à hauteur du village Nanești.

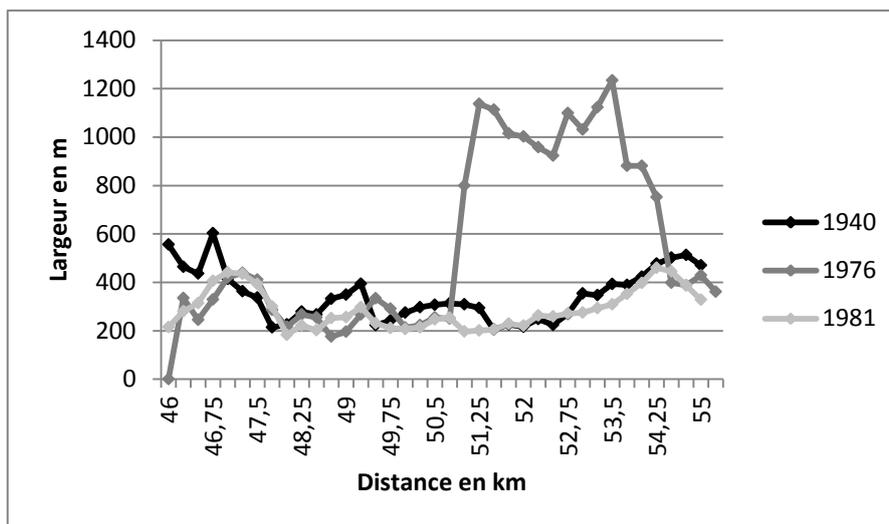


Figure 3- 24: Largeur de la bande active en 1940, 1976 et 1981 sur le TR3.1

Dans son ensemble le TR3 ne connaît que peu de changements en comparaison avec les tronçons précédents. Les dynamiques observées concernent essentiellement l'évolution de la surface des bancs d'alluvions.

TR4

Le TR4 a lui aussi un profil différent des autres (Figure 3- 25). La majorité des modifications constatées ne concerne pas la largeur de la bande active, mais l'évolution en plan. La bande active ne diminue que de 18 % en moyenne, beaucoup moins que les 75 % notés sur le TR1.3. Dans le détail, cette diminution est par ailleurs contrastée (Figure 3- 26) puisque la bande active a tendance à s'élargir entre 1981 et 2010. Cependant la longueur du lit mineur a tendance à baisser en lien avec l'évolution en plan. Ces deux marqueurs sont liés aux divers recouplements de méandres, dont les plus significatifs sont ceux de Cotu Lung (Figure 3- 27) et du secteur juste en amont de Galați. On comptabilise trois recouplements de méandres entre 1940 et 1981 (dont deux à Cotu Lung) et trois autres de 1981 à 2010 (dont deux à Cotu Lung).

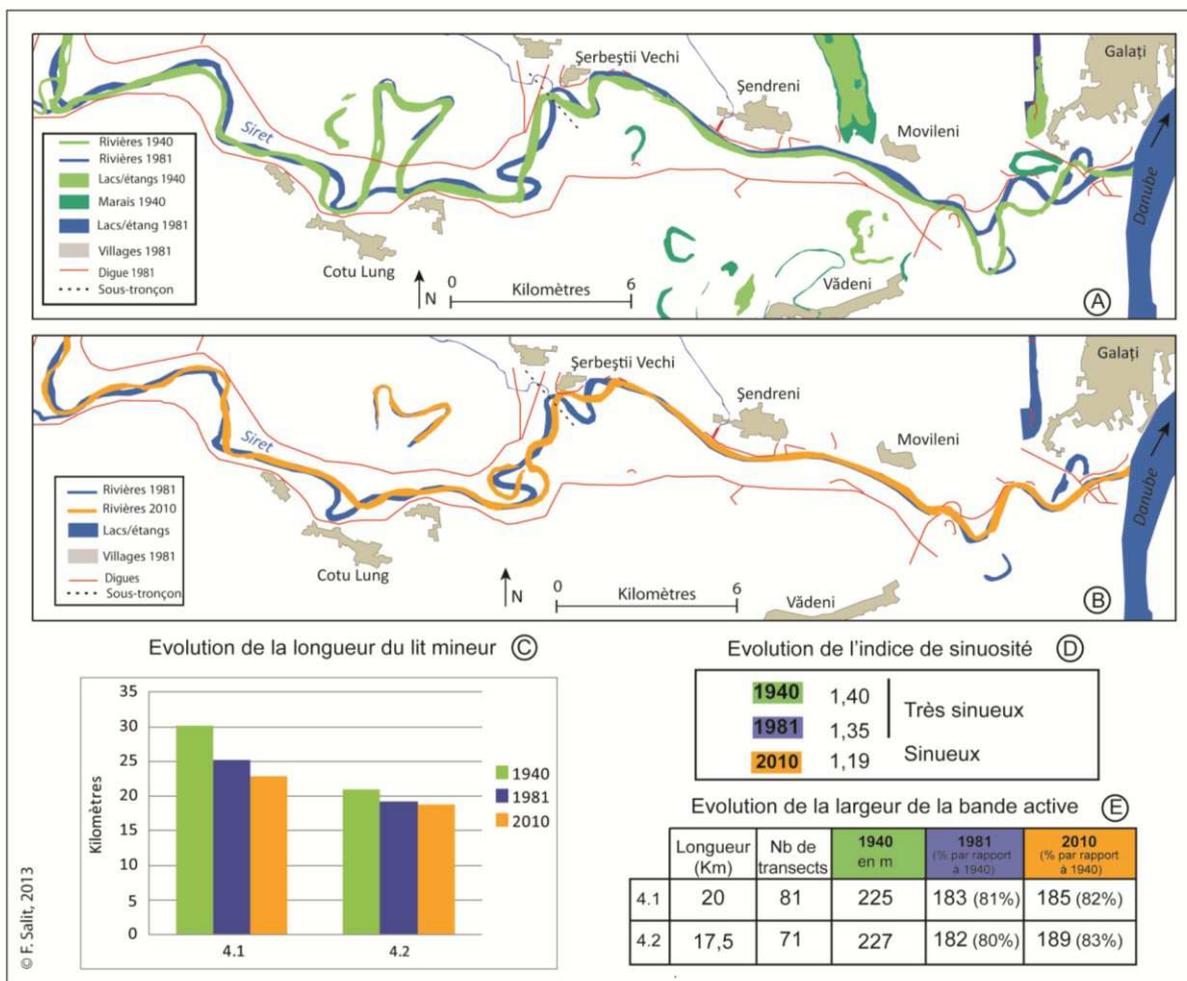


Figure 3- 25: Evolution des marqueurs de la dynamique morphologique du TR4 : A – en plan de 1940/1981 ; B – de 1981/2010; C – de la longueur du lit mineur; D – de l'indice de sinuosité; E – de la largeur de la bande active

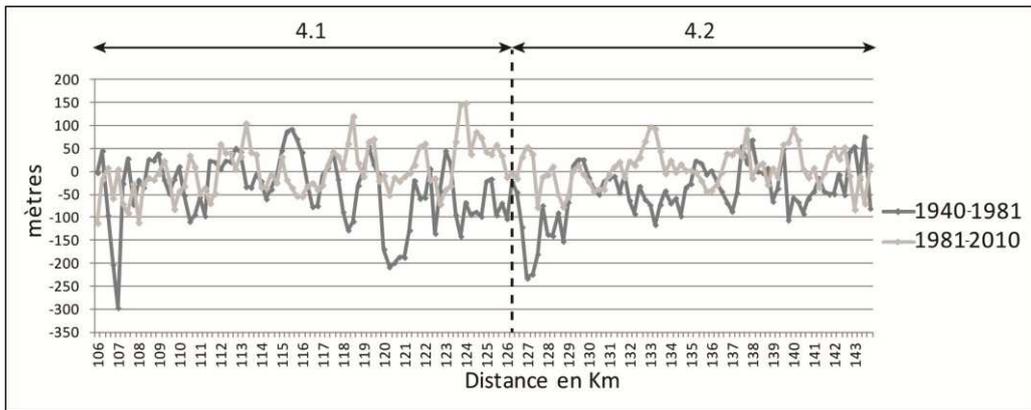


Figure 3- 26: Comparaison des évolutions de la largeur de la bande active entre 1940-1981 et 1981-2010 sur le TR4

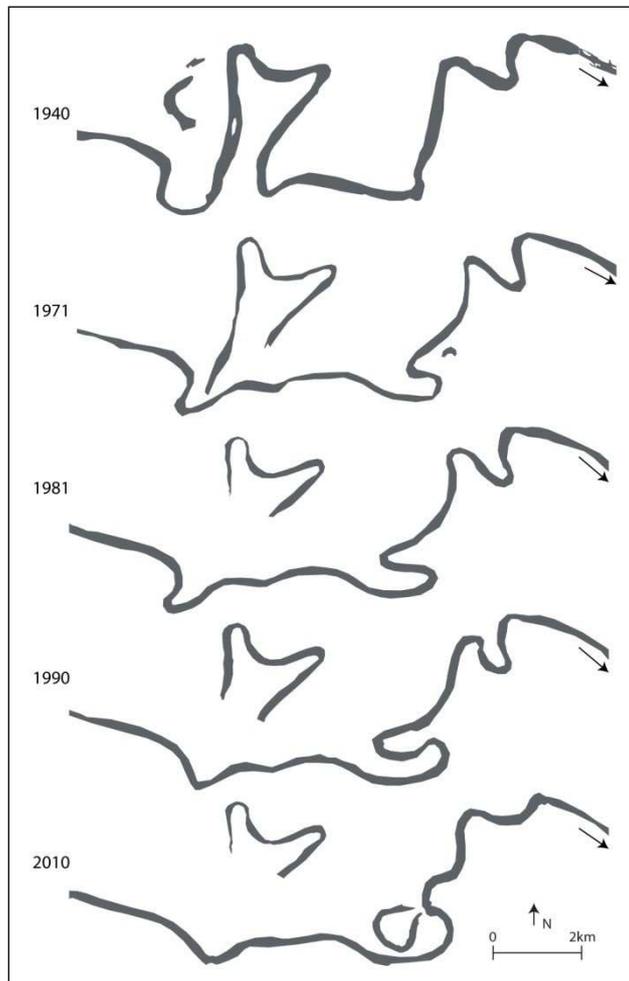


Figure 3- 27: Recouplement de méandres sur le Siret inférieur à Cotu Lung entre 1940 et 2010

*

On constate qu'entre 1940 et 1981, l'ensemble des tronçons présente une diminution plus ou moins prononcée de la largeur de la bande active (Figure 3- 28). Mais entre 1981 et 2010 l'évolution est différenciée selon les tronçons : alors que la bande active en TR1 et TR2 continue de décroître (Figure 3- 29), la dynamique s'inverse pour les TR3 et TR4 même si l'augmentation reste très limitée. Les deux premiers tronçons connaissent les dynamiques les plus fortes sur toute la période (Figure 3- 29).

| | TR1 | TR2 | TR3 | TR4 |
|-----------|-------|------|------|------|
| BA | | | | |
| 1891/1940 | ↗ | — | — | — |
| 1940/1981 | ↘ --- | ↘ -- | ↘ - | ↘ - |
| 1981/2010 | ↘ - | ↘ - | ↗ + | ↗ + |
| IS | ↘ - | ↗ + | ↗ ++ | ↘ -- |
| IT | ↘ -- | ↘ - | — | — |

Figure 3- 28: Tendance des principaux marqueurs de la géométrie en plan du Siret inférieur de 1891 à 2010 pour les quatre tronçons étudiés. Les signes + et - indiquent l'intensité de l'augmentation ou de la baisse des variables ; — : valeur non-calculée ; BA : Bande active ; IS : indice de sinuosité ; IT : indice de tressage

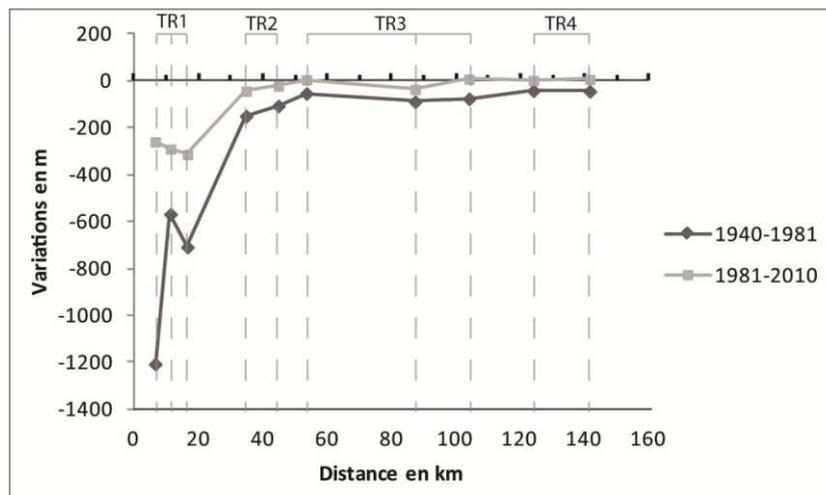


Figure 3- 29: Evolution comparée du rétrécissement de la bande active pour les différents tronçons du Siret inférieur entre les périodes 1940-1981 et 1981-2010

Ainsi la géométrie en plan du Siret inférieur a connu de profonds changements. Le processus le plus prononcé sur la période étudiée est la dynamique de la bande active. Le TR1 présente les

dynamiques les plus marquées, les indices de sinuosité et de tressage connaissant la plus forte baisse.

2.2. Evaluation des dynamiques de la **géométrie en travers**

Les variations d'élévation du lit sont un marqueur important des dynamiques morphologiques du Siret, que ce soit les phases d'incision ou d'aggradation du lit. Comme déjà évoqué, les données sur la géométrie en travers sont très lacunaires et limitent le champ d'investigation. Toute l'analyse présente dans cette sous-partie se fonde sur les seuls profils en travers de la station de Lungoci (en TR3). 104 profils de 1966 à 2005 sont étudiés et parmi eux, seuls 59 ont pu être retranscrits numériquement pour une analyse plus approfondie.

A partir de ces uniques données, quatre analyses ont été effectuées, pour réaliser une estimation des dynamiques de la géométrie en travers du Siret inférieur : l'analyse des profils en tant que tel (i), les variations de la profondeur maximale du talweg (ii) de la surface de la section active (iii) et de la position du talweg (iv).

2.2.1. Evolution des profils en travers du Siret inférieur à Lungoci

Le profil en travers de Lungoci montre une grande variabilité intra-annuelle. C'est pourquoi la comparaison des profils est effectuée en deux temps, selon la période de l'année printemps-été (Figure 3- 30) et automne-hiver (Figure 3- 31). Seuls quelques profils, les plus représentatifs de la période, sont retranscrits dans ces figures.

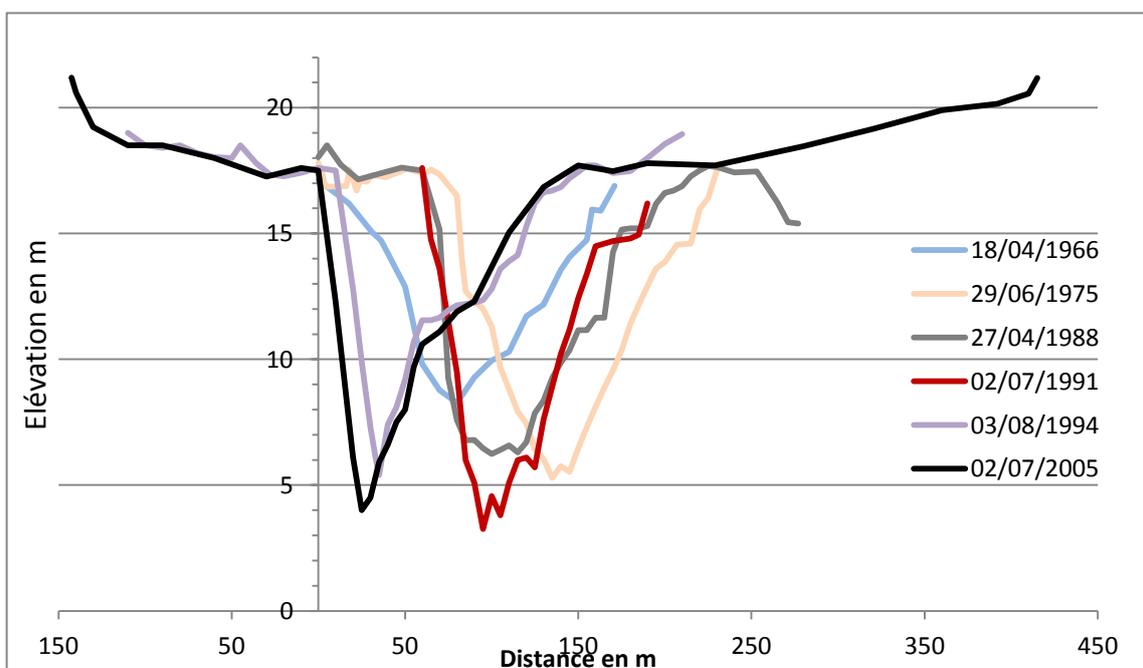


Figure 3- 30: Evolution des profils en travers du Siret à la station de Lungoci au printemps/été
(Source données : ABAS-SGA Vrancea)

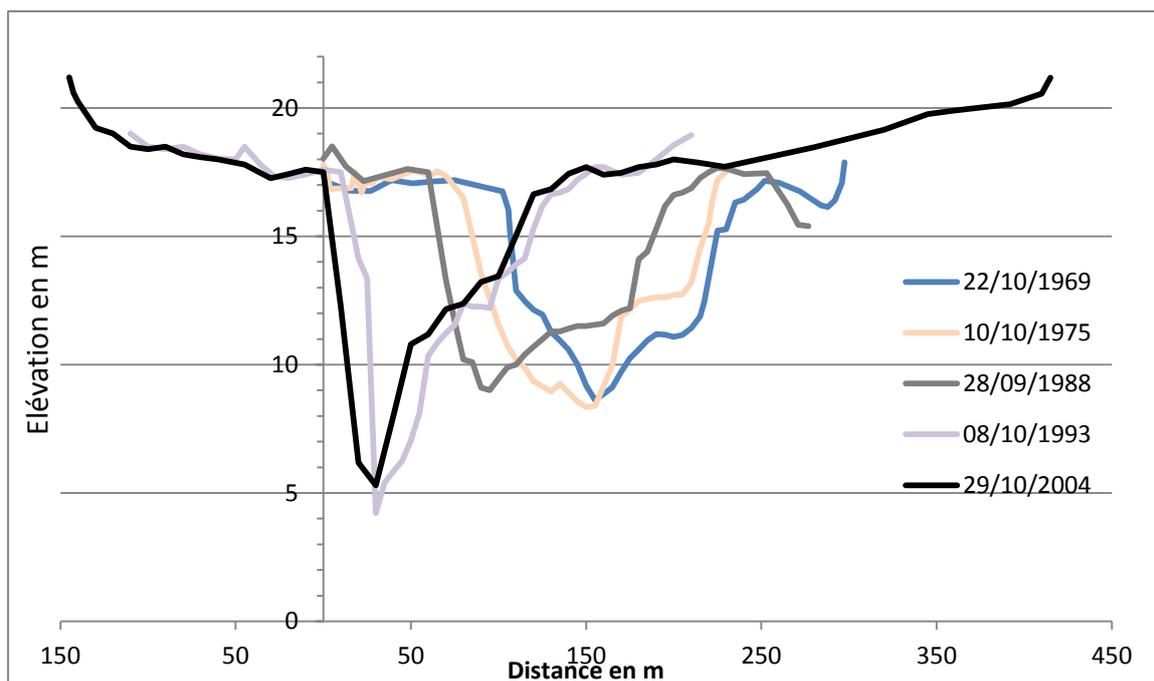


Figure 3- 31: Evolution des profils en travers du Siret à la station de Lungoci en septembre/octobre (Source données : ABAS-SGA Vrancea)

On constate deux déplacements du chenal : le premier entre 1969 et 1975, le chenal se déplace en rive gauche ; puis entre 1991 et 1993, le chenal se déplace en rive droite. Ces déplacements correspondent à deux crues majeures, en 1970 et en 1991, mais les profils immédiatement avant ou après ces dates ne sont pas disponibles pour confirmer cette hypothèse. Par ailleurs la variabilité du profil intra-annuelle (surtout les modifications de profondeur du talweg) que l'on constate jusqu'à la fin des années 80, est très réduite de 1990 à 2005. A partir des années 2000, le profil du Siret à cette station semble se stabiliser.

2.2.2. Profondeur maximale du talweg

La profondeur maximale du talweg correspond au point du lit le plus bas en altitude absolue, par rapport au niveau de la mer. De nombreux auteurs (Wyżga, 1993 ; Korpak, 2007 ; Zawiejska et Wyżga, 2010 ; Obreja, 2012 ; Rădoane *et al.*, 2013) utilisent pour évaluer l'incision du lit, le niveau minimal annuel de l'eau à une station. Or ces chiffres ne sont lisibles que pour une partie des graphiques. C'est pourquoi le choix s'est porté sur la profondeur maximale du talweg. Les résultats peuvent être cependant comparés à ceux de Rădoane *et al.* (2013) pour la station de Lungoci. Les résultats sont présentés en trois phases, correspondant aux périodes définies antérieurement. On constate plusieurs évolutions de la profondeur maximale du talweg (Figure 3- 32).

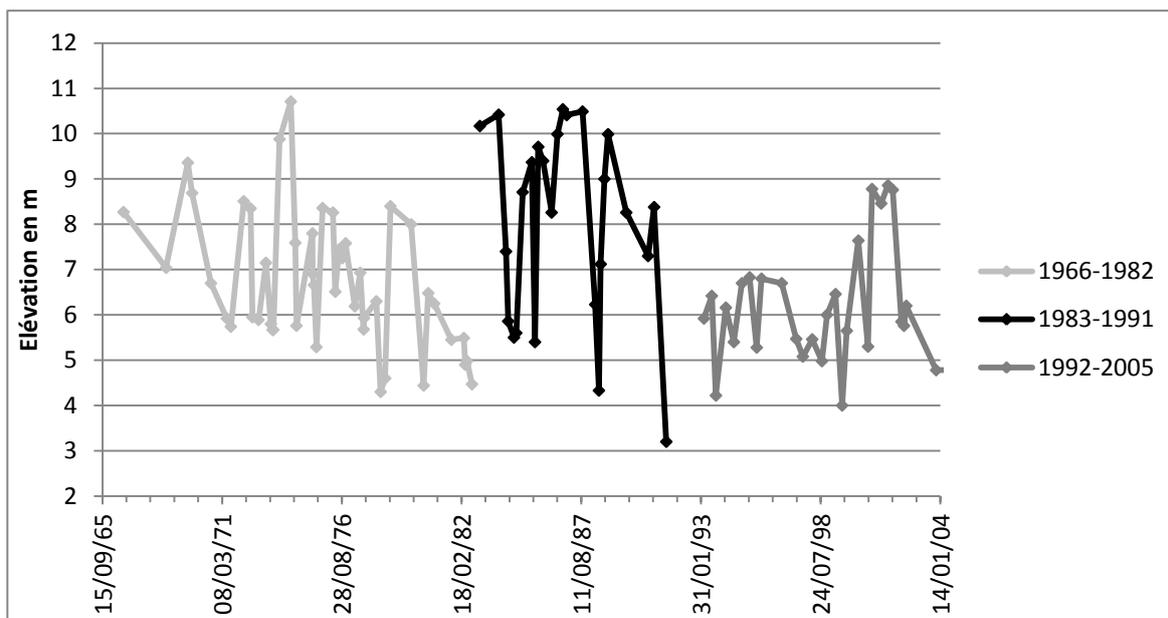


Figure 3- 32: Variation de la profondeur maximale du talweg à la station de Lungoci de 1966 à 2005
(Source données : ABAS-SGA Vrancea)

Une variabilité intra-annuelle élevée. La profondeur évolue selon la période de l'année : en hiver, le lit est en moyenne plus élevé et au printemps/été, il est plus profond. Cela correspond aux variations du régime hydrologique. La profondeur maximale du lit peut varier jusqu'à 5,7 m en 1982. Néanmoins cette variabilité se réduit à partir du début des années 90 : l'écart moyen entre 1970 et 1979 est de plus de 6 mètres alors qu'il n'est plus que de 5 mètres entre 1990 et 1999.

Une tendance à la baisse de la profondeur maximale du talweg. La profondeur maximale moyenne passe de 8,34 m à la fin des années 60 à 6,3 m dans le début des années 2000.

Trois phases majeures sont lisibles dans cette évolution :

- **1966-1982** : Forte variabilité intra-annuelle, mais tendance à la baisse de la profondeur moyenne.
- **1983-1990** : Variabilité intra-annuelle très élevée. Hausse de la profondeur moyenne
- **1991-2005** : Faible variabilité intra-annuelle. Baisse de la profondeur moyenne.

Comparaison avec les résultats de Rădoane et al., (2013)

Pour évaluer l'incision du lit d'une rivière une méthode consiste à prendre le niveau le plus bas annuel de l'eau à une section du chenal (Wyźga, 1993 ; Korpak, 2007 ; Rădoane et al., 2013). Si ce niveau augmente, une aggradation du lit en est déduite ; s'il baisse, une incision du lit est déterminée. Les données nécessaires à ce calcul ne sont pas lisibles sur les profils disponibles. C'est pourquoi les résultats de l'étude de Rădoane et al. (2013) sur le bassin du Siret sont mobilisés. Ils ont eu accès aux données, dès 1960, du niveau minimal de l'eau à la station de Lungoci, jusqu'en 2010

(Figure 3- 33). A partir de leurs données, le test de la segmentation de Hubert a été appliqué pour comparer les phases obtenues à notre travail. On constate certaines différences, notamment pour la phase des années 70 à 80. Alors que de 1966 à 1982, nous avons constaté une tendance à la baisse de la profondeur maximale, Rădoane *et al.* (2013) montrent une phase 1972-1982 de relative stabilité du lit. Néanmoins à partir de 1982, une tendance à l'incision est lisible dans les deux résultats. D'une manière générale, les auteurs concluent à une incision du lit à Lungoci, moins forte cependant que dans l'ensemble des stations du Siret (ce qui est expliqué par l'apport majeur en sédiment de la Putna et du Râmnicu Sărat).

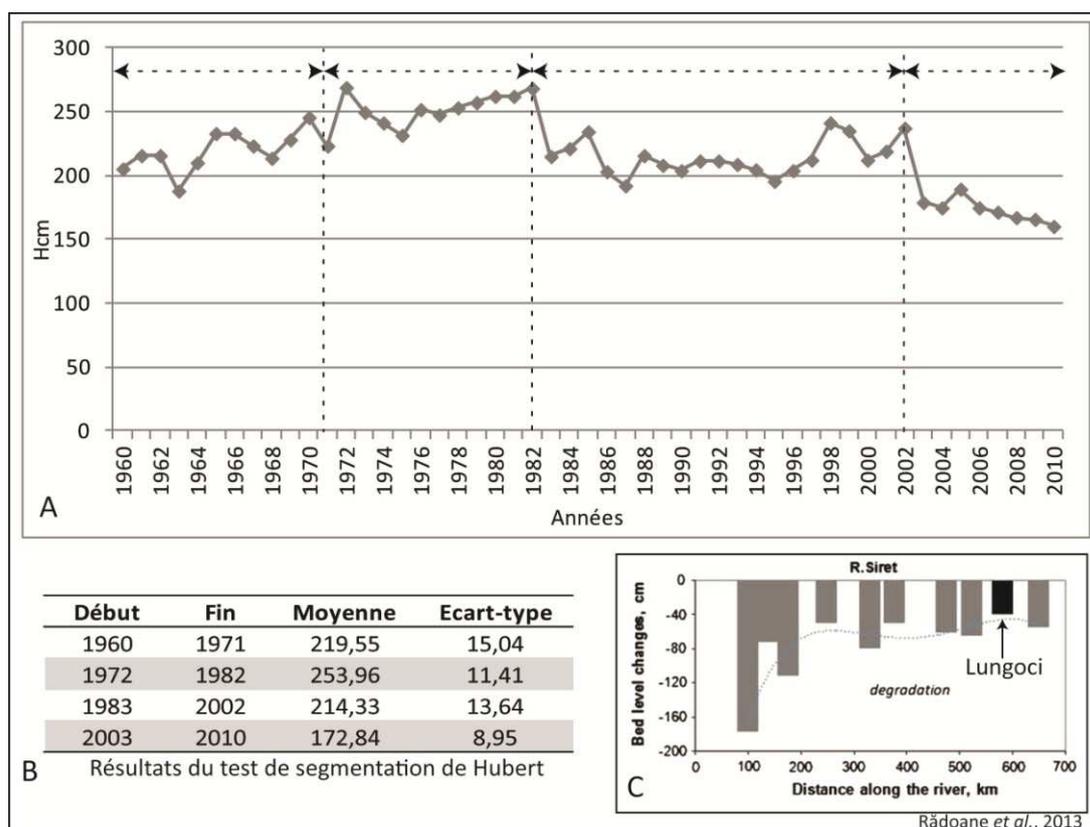


Figure 3- 33: Variation de la géométrie en travers du Siret de 1960 à 2010 d'après les données de Rădoane *et al.*, 2013. A – Variation de l'élévation du lit du Siret à Lungoci de 1960 à 2010 et segmentation de Hubert appliquée à la série ; B – Résultats de la segmentation de Hubert ; C – Variations du niveau du lit du Siret pour dix stations de mesures (Lungoci apparaît en noir) de 1960 à 2010 (Rădoane *et al.*, 2013)

2.2.3. Evolution de la position du talweg

En comparant la position du talweg et des rives droite et gauche, il est possible d'avoir un aperçu des déplacements du chenal entre 1966 et 2005 (Figure 3- 34). La largeur du chenal varie peu sur la période, exceptée pour deux années où l'on constate une rétraction du chenal actif en 1970 et en 1991, dates des deux crues majeures du Siret. Le profil du chenal après la crue de juillet 2005 n'a pu être trouvé pour comparer son profil après cette inondation historique. On constate une érosion latérale en rive droite et un déplacement du talweg vers la rive droite.

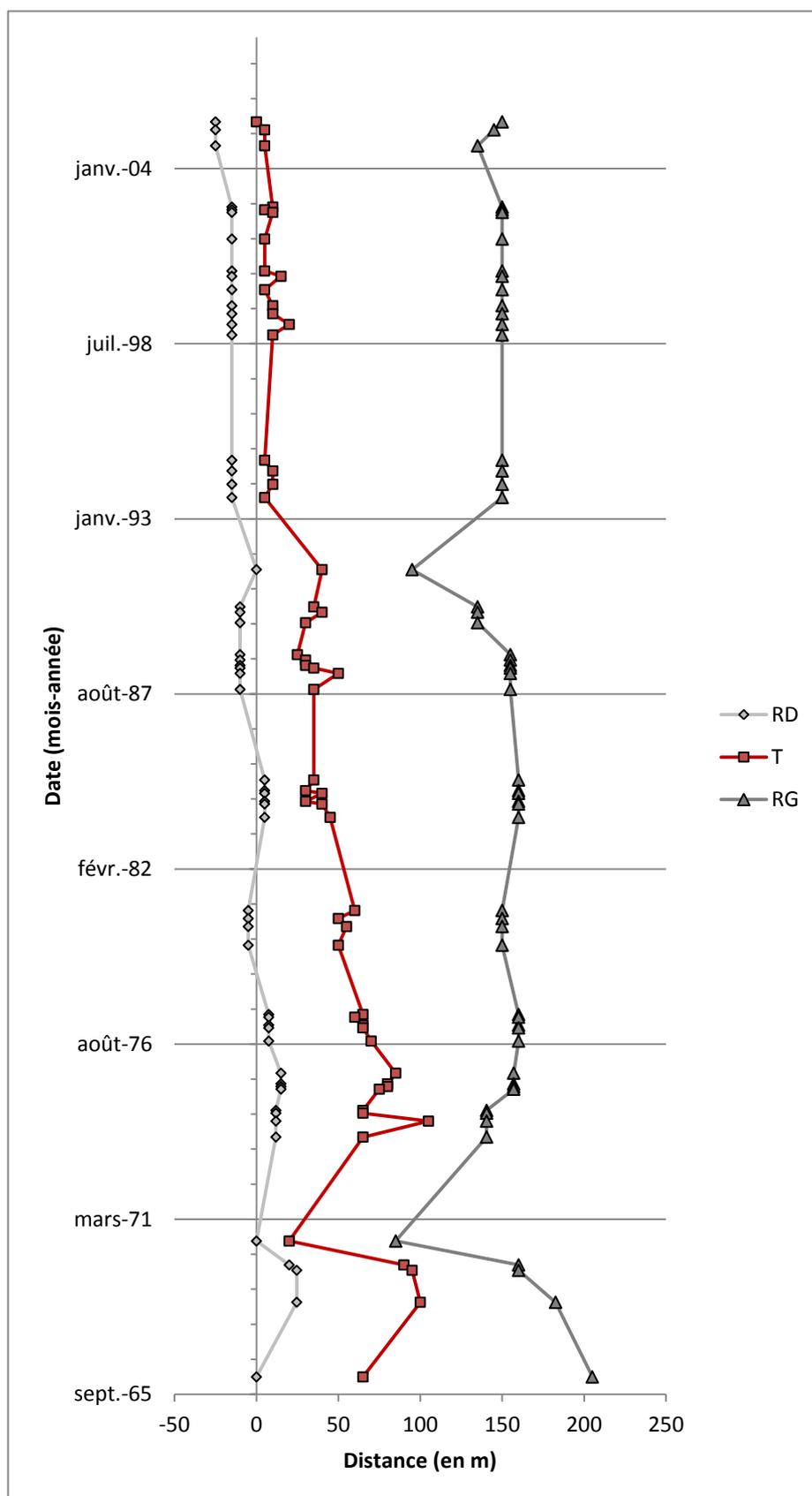


Figure 3- 34: Evolution de la position du talweg à la station de Lungoci de 1966 à 2005
 RD : rive droite ; T : Talweg ; RG : rive gauche (Source données : ABAS-SGA Vrancea)

2.2.4. Evolution de la surface de la section active

La surface moyenne du chenal à la station de Lungoci est de 780 m². Le maximum est atteint le 27 aout 1977 avec 1 060 m² et le minimum le 2 juillet 1991 avec 584 m² sur la période étudiée (Figure 3-35).

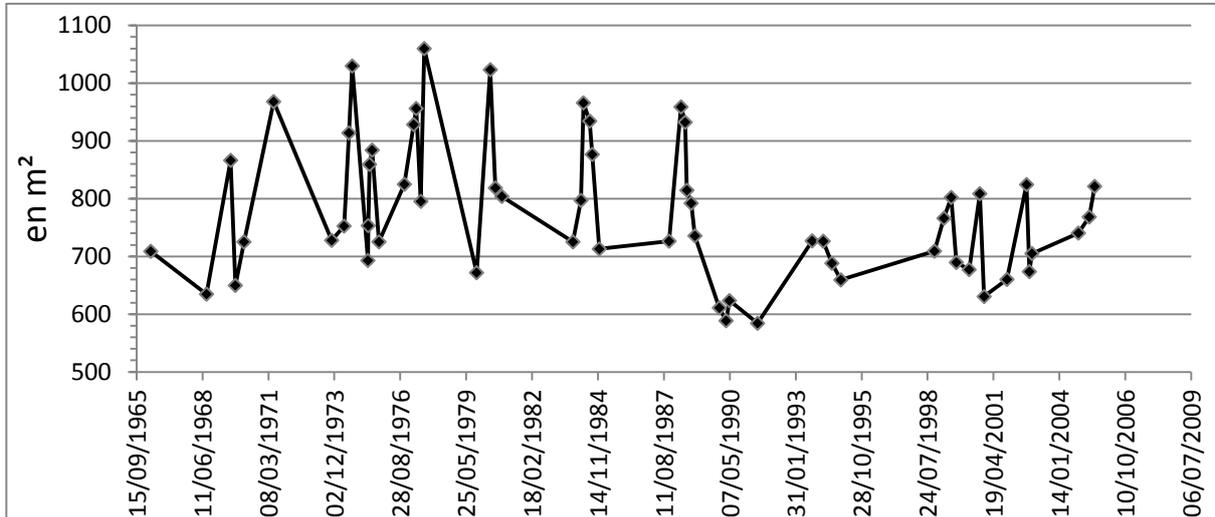


Figure 3- 35: Variation de la surface de la section active du Siret à la station de Lungoci de 1966 à 2005 (Source données : ABAS-SGA Vrancea)

La surface de la section active connaît une évolution similaire à celle de la profondeur maximale du talweg, avec une forte variabilité intra-annuelle, qui décroît à partir des années 90. On décele deux périodes dans cette évolution :

- **1966-1990** : La surface moyenne de la section active est de 812 m² avec une très forte variabilité intra-annuelle.
- **1991-2005** : La surface moyenne de la section active est en baisse avec une moyenne de 719 m² et la variabilité intra-annuelle est réduite.

**

Comme définie dans l'étude de la géométrie en plan, le TR3.1 ne reflète pas l'ensemble du secteur du Siret inférieur. C'est pourquoi les résultats obtenus ici (Tableau 3- 16) ne peuvent s'appliquer sur les autres tronçons. L'association de trois de ces variables permet de définir des phases d'aggradation/incision de la rivière. La surface de la section active peut évoluer en fonction de la profondeur du chenal et/ou de sa largeur. Si pour une largeur égale la surface augmente alors c'est une phase d'incision. Si la surface baisse alors c'est une phase d'aggradation.

Tableau 3- 16: Variations de la géométrie en travers du chenal du Siret à la station de Lungoci de 1966 à 2005 ; en gras sont indiquées les moyennes des valeurs (Source données : ABAS-SGA Vrancea)

| Variables | 1966-1982 | | | 1983-1991 | | | 1992-2005 | | |
|--|-----------|------------|-------|-----------|------------|-------|-----------|------------|------|
| | min | moy | max | min | moy | max | min | moy | max |
| Profondeur maximale (m a.s.l.) | 4,3 | 6,8 | 10,71 | 3,2 | 7,9 | 10,54 | 4 | 6 | 8,86 |
| Surface de la section (m²) | 672 | 823 | 1060 | 584 | 773 | 966 | 631 | 726 | 824 |
| Largeur moyenne (m) | 85 | 165 | 172 | 95 | 157 | 165 | 160 | 166 | 175 |

asl : above sea level

Pour ce secteur du Siret à Lungoci on constate une tendance à l'incision du chenal et une diminution des variations intra et inter-annuelles pour toutes les variables. Le chenal semble plus stable.

Des phases peuvent être dégagées :

- **1966-1982** : le chenal est très mobile, des phases d'aggradation succèdent à des phases d'incision, selon les cycles hydrologiques annuelles et les crues.
- **1983-1991** : La capacité moyenne du chenal diminue, tout comme la largeur moyenne mais la variabilité des paramètres est encore élevée.
- **1992-2005** : Stabilité de tous les paramètres avec une capacité moyenne en baisse et une profondeur moyenne plus basse.

Chapitre 3 – Discussion

Quelle implication des aménagements ?

Afin de comprendre les causes de ces différentes évolutions constatées dans le chapitre précédent plusieurs facteurs explicatifs sont analysés : les facteurs climatiques, les changements d'occupation du sol et plus particulièrement l'évolution des surfaces boisées et les aménagements dont les barrages et les digues. Les variations de la géométrie en plan ou en travers sont directement liées aux variations des variables de contrôle. L'évolution des cumuls de précipitations agit de façon directe sur les débits liquides ; la mise en service des barrages influe sur les débits de sédiments en suspension, comme sur les débits liquides (Petts and Gurnell, 2005) ; la régulation des débits et la chenalisation peuvent induire un rétrécissement de la bande active (Surian, 1999). Chacun de ces facteurs peut avoir une action combinée sur le système fluvial (Gregory, 2006), ce qui rend délicate l'analyse. Néanmoins il est possible d'évaluer le poids de chacun de ces éléments. L'objectif de ce chapitre est d'examiner les causes possibles des variations hydro-morphologiques du Siret inférieur en particulier les causes possibles de la rétraction de la bande active au cours du dernier siècle, car il s'agit du phénomène le plus prononcé.

1. Quelle part des facteurs climatiques ?

1.1. Un état de la question

Les cumuls annuels de précipitations ont enregistré une tendance à la baisse sur la plupart du territoire roumain durant la période 1891-2007 selon une partie des chercheurs roumains (Dragotă, 2006 ; Busuioc *et al.*, 2008 ; Busuioc *et al.*, 2010 ; Mihăilă et Bricu, 2012). La baisse de la quantité de précipitations n'a pas été uniforme à l'échelle du pays et cache une très forte variabilité interannuelle (Pleșoianu et Olariu, 2010). On constate une succession de périodes excédentaires et déficitaires due à des changements dans la circulation atmosphérique générale (Boroneanț et Ioniță, 2005). L'augmentation des précipitations ultérieure aux années 30 est due à l'intensification des flux du sud-ouest et à une diminution de l'intensité de l'Oscillation Nord-Atlantique. La diminution des précipitations en Roumanie après 1980 correspond au renforcement de l'Oscillation Nord-Atlantique (Boroneanț et Ioniță, 2005).

Il existe une réelle difficulté à établir une tendance sur le long terme (plus de 100 ans) sur la Roumanie, étant donné que la majorité des stations commencent leurs enregistrements aux débuts des années 60.

A partir d'une étude sur la Région de la Courbure Carpatique, Zaharia et Beltrando (2009) ont montré qu'il n'y a pas de tendance dans le régime des précipitations mais une alternance d'années plus sèches et d'autres plus pluvieuses parmi lesquelles la période 1969-1972. Ștefan *et al.* (2004) démontrent, à partir d'une étude de la variabilité des précipitations et des débits de la Plaine Roumaine de 1931 à 1999, que les périodes 1943-1952, 1958-1968 et 1980-1999 connaissent une sécheresse météorologique et hydrologique.

A l'échelle du bassin versant du Siret les résultats sont plus contrastés (Busuioc *et al.*, 2008): les cumuls annuels de précipitations entre 1962 et 2000 montrent une tendance à la hausse dans la partie amont du bassin (de + 25 mm à + 75 mm), alors qu'une tendance à la baisse est constatée dans la partie aval du bassin (de -60 à -100 mm). Une étude sur la plateau de Suceava, située au nord du bassin versant du Siret montre sur la période 1961-2010 une très forte sinuosité des cumuls annuels de précipitations et une légère tendance à l'augmentation de ceux-ci (Tănasă, 2011). Une étude a été réalisée sur l'ensemble du bassin versant du Siret à partir de 120 postes pluviométriques de plus de 100 ans de données. Les résultats montrent que pour les dernières 6 décennies, les années « normales » ont alterné avec des années sèches (- de 450 l/m²) et pluvieuses (Dăscaliță, 2012) (Tableau 3- 17) mais aucune information précise n'est fournie sur la fiabilité et les éventuelles lacunes du réseau analysé.

Tableau 3- 17: Caractéristiques des années extrêmes entre 1950 et 2010 dans le bassin versant du Siret (d'après Dăscaliță, 2012)

| Caractéristiques climatiques des années 1950-2010 | Années |
|--|---|
| Années sèches | 1961-1963-1968-1986-1990-2000-2003-2007 |
| Années normales | 1965-1971-1976-2011 |
| Années pluvieuses | 1955-1970-1972-1975-1978-1979-1981-1984-1991-1996-1998-2005-2008-2010 |

Il a été établi, par ce même auteur que la fréquence des précipitations maximales tombées en 24h s'est accrue de façon significative à partir de 1960. Sur la période 1901-2010, 47,5 % se produisent entre 1961 et 1980 et 30,8 % après 2000 (Olariu et Vamamu, 2003 ; Pleșoianu et Olariu, 2010; Dăscaliță, 2012). Néanmoins nous avons montré que la majorité des mesures pluviométriques systématiques du bassin versant du Siret ont débuté dans les années 60, ce qui mène à relativiser ces chiffres.

Enfin une dernière étude récente (Ștefănescu *et al.*, 2013) a mené des recherches sur la fréquence des précipitations maximales tombées en 24h sur l'ensemble de la Roumanie de 1980 à 2010. Il ressort de cette étude une nette tendance à l'augmentation des précipitations supérieures à 50 mm et 100 mm lors de la dernière décennie (2000-2010) (Figure 3- 36).

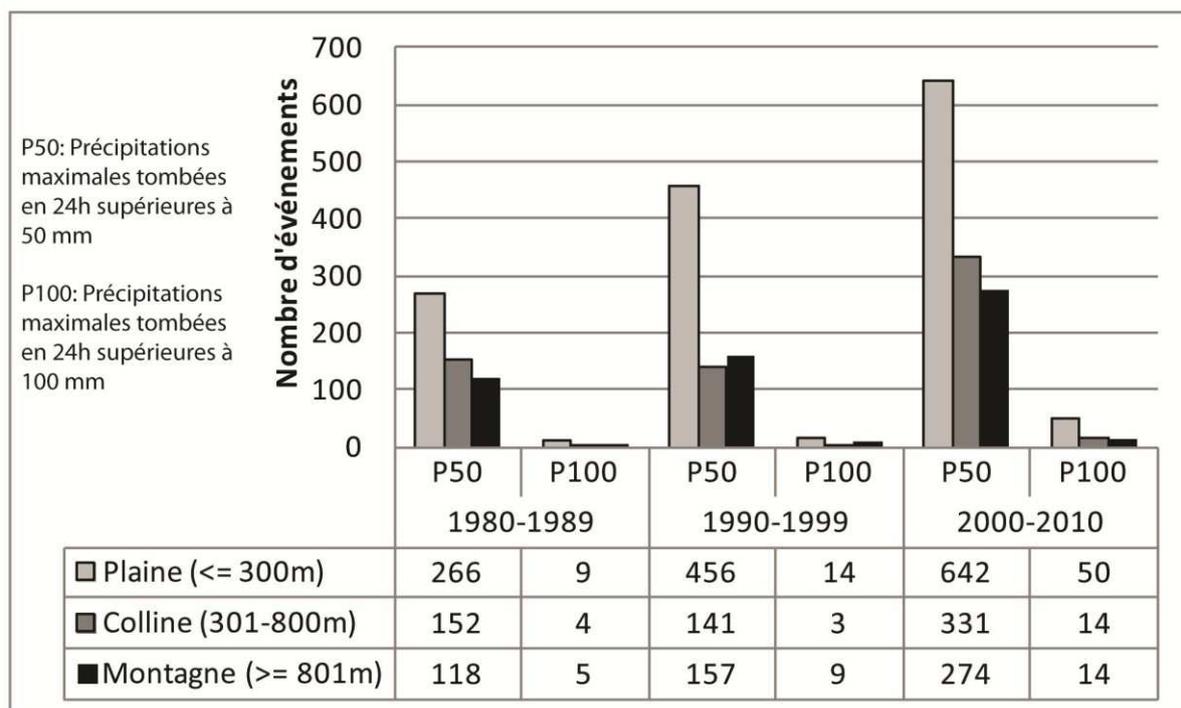


Figure 3- 36: Variations du nombre d'occurrence des précipitations maximales tombées en 24h (P50 : +50 mm et P100 : +100 mm) dans 230 stations et postes pluviométriques de Roumanie de 1980 à 2010 selon leur localisation (d'après Ștefănescu *et al.*, 2013)

1.2. Recherche de tendance dans les cumuls annuels de précipitations

A partir des données de six stations du bassin versant du Siret (localisation Figure 3- 3), une série de tests statistiques a été réalisée (Mann-Kendall et Pettitt). Aucune tendance n'est détectée dans ces séries chronologiques (Tableau 3- 18) ; de même la p value est trop élevée pour considérer comme significative la date de rupture proposée par le test de Pettitt.

Tableau 3- 18: Résultats des tests statistiques sur les séries chronologiques de précipitations annuelles pour six stations du bassin versant du Siret (données ANM-sans lacune)

| Stations météorologiques | Période de l'analyse | Test Mann-Kendall* | Test Pettitt* | Date de la rupture statistique |
|--------------------------|----------------------|--------------------|---------------|--------------------------------|
| Adjud | 1961-2006 | 66,50% | 49,30% | 1981 |
| Bacău | 1960-2010 | 98,70% | 24,59% | 1984 |
| Buzău | 1945-2010 | 94,71% | 70,88% | 1981 |
| Galați | 1961-2010 | 80,19% | 68,56% | 1995 |
| Târgu Ocna | 1961-2007 | 63,54% | 56,29% | 1972 |
| Tecuci | 1961-2006 | 81,29% | 71,74% | 1995 |

*risque de rejeter l'hypothèse nulle H_0 alors qu'elle est vraie (%) ; Seuil $\alpha=0,01$

Afin de déterminer la présence d'années sèches ou pluvieuses dans la période étudiée, les écarts à la moyenne des cumuls annuels de précipitations pour ces six stations ont été analysés (Figure 3- 37).

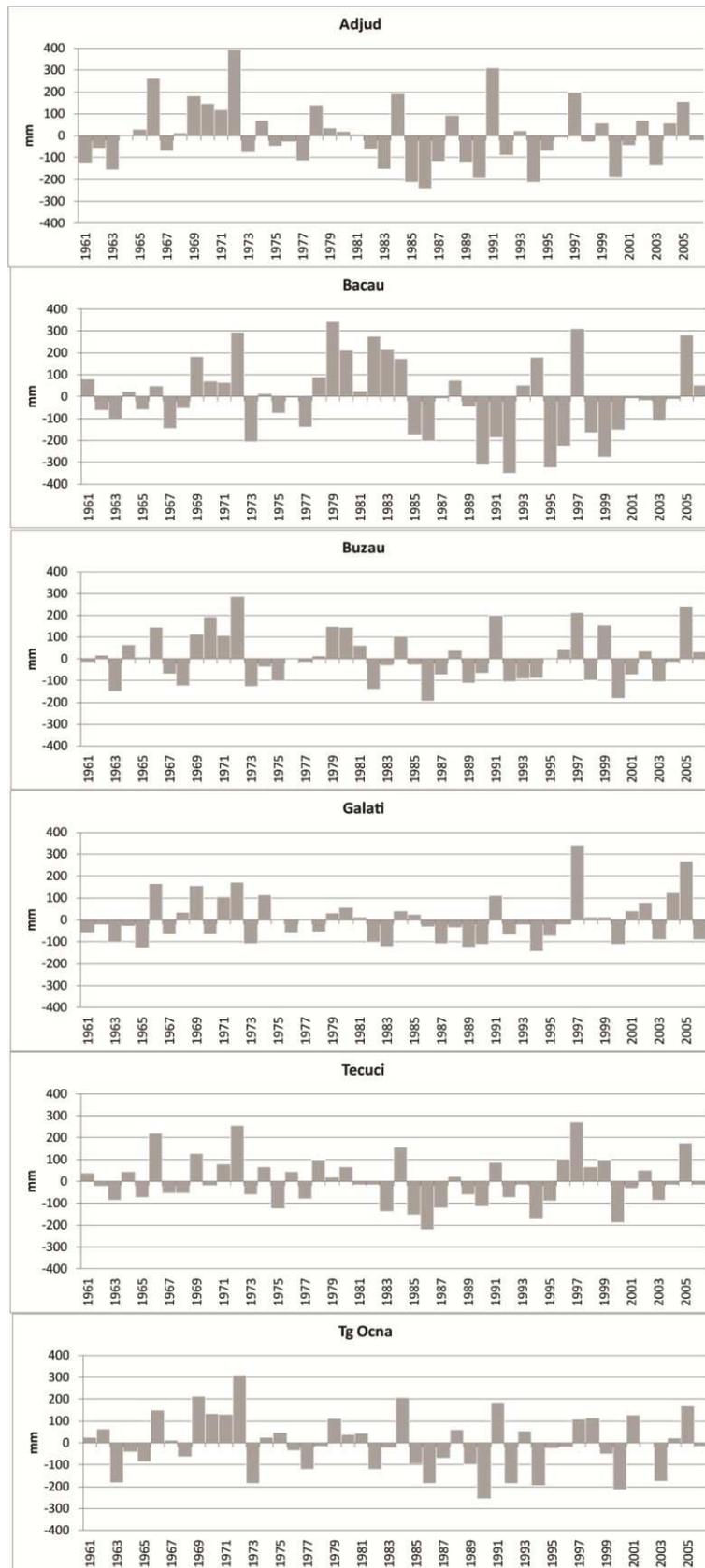


Figure 3- 37: Ecart à la moyenne des cumuls annuels de précipitations pour six stations pluviométriques du bassin versant du Siret : Adjud, Băcau, Buzău, Galați, Tecuci et Târgu Ocna (Source données : ANM)

On constate pour les six stations une anomalie positive des années 1969-1972, moins marquée cependant pour la station de Galați. Trois années se démarquent sur toutes les stations avec une anomalie positive plus forte : 1991 (excepté pour Bacău), 1997 et 2005. Ces années correspondent aux plus fortes inondations enregistrées sur le bassin versant du Siret. A partir des années 80, la variabilité des cumuls annuels de précipitations est plus forte : il est difficile de repérer sur l'ensemble des stations des périodes marquées : une anomalie négative correspondant à des années plus sèches, peut être détectable dans le milieu des années 80. Malgré les résultats obtenus à l'échelle du pays et du bassin versant du Siret, aucune tendance n'est détectable dans le cumul annuel des précipitations. Une période pluvieuse dans les années 70 est suivie par une forte variabilité des précipitations, avec des années pluvieuses (1984, 1991 ou 2005) et sèches (1986, 1990, 2000 ou 2007).

* *

Les débits plus faibles des années 50 et 60 tout comme la hausse des débits constatée dans les années 70 jusqu'au milieu des années 80 s'expliquent en partie par le régime des précipitations qui suit les mêmes logiques. Néanmoins dans la limite des données disponibles, nous ne pouvons expliquer par le facteur climatique uniquement, le régime hydrologique de la dernière période (1985-2010) et notamment la baisse moyenne des Q_{\max} annuels.

Ainsi les premiers résultats obtenus suggèrent que le rétrécissement de la bande active constaté dans les années 70-80 ne peut être lié à une période de crues moins intenses ou moins fréquentes (Liébault et Piégay, 2002) puisque cette période correspond à une hausse moyenne des débits en lien avec une augmentation des précipitations.

2. L'occupation du sol ?

2.1. Impact de l'occupation du sol sur les dynamiques morphologiques

Les changements d'occupation du sol ont deux types d'effets sur le système fluvial : une réduction ou un accroissement de l'apport alluvionnaire, ce qui mène à des réponses différentes de la bande active (Schumm, 2005 ; Boix-Fayos *et al.*, 2007). Un accroissement du couvert forestier peut mener à une fixation du lit ou réduire la fréquence de mobilisation du lit par une augmentation de la rugosité (Liébault et Piégay, 2002). Kondolf *et al.* (2002) ont démontré que la réduction de l'apport sédimentaire par un changement de l'occupation du sol et la stabilisation du couvert forestier, dans le bassin de la Drôme en France, a contribué à la réduction de la bande active et à l'incision de la rivière.

La question est de savoir si la réduction de la bande active et la baisse des apports en alluvions constatées sur le Siret inférieur peut être la ou une des conséquences d'un changement d'occupation du sol entre 1940 et 2010. L'évolution de l'occupation du sol est à saisir à l'échelle du bassin versant dans son intégralité. Néanmoins les données nécessaires sont absentes, c'est pourquoi seul le Siret inférieur est présenté.

2.2. Evolution de l'occupation du sol de 1940 à nos jours

A partir des données de Corine Land Cover de 2006, on constate que la majorité du Siret inférieur est composée de terres arables irriguées ou non (Figure 3- 38).

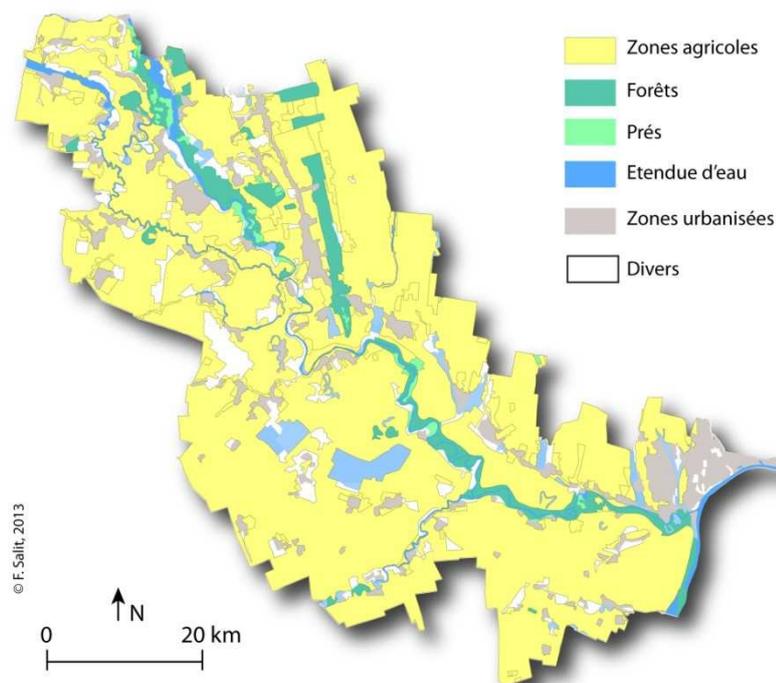


Figure 3- 38: Occupation du sol sur le Siret inférieur (d'après les données de Corine Land Cover 2006)

Le couvert forestier se situe principalement le long de la rivière entre les digues et le chenal. Il est composé de peupliers, de saules, d'ormes et de quelques forêts de chênes. Afin de saisir l'évolution de l'occupation du sol, seule l'évolution du couvert forestier est analysée car l'urbanisation n'a que peu progressé.

L'évolution générale de la forêt sur tout le secteur de 1940 à 2006 est présentée en Figure 3- 39. Le couvert forestier est peu dense sur le Siret inférieur. Il ne représente que 5% du couvert forestier du bassin du Siret. Néanmoins les variations de ce couvert sont représentatives du bassin. On constate que la forêt a doublé de 1940 à 1981. Sur les cartes topographiques de 1981, la nature des espèces est précisée. Ainsi les forêts anciennes (déjà présentes en 1940) sont composées de chênes et feuillus alors que les nouvelles superficies de forêts (que l'on retrouve en 1981) sont essentiellement composées de peupliers et de saules. L'extension de la forêt se fait en majorité le long des berges du Siret.

De 1981 à 2006 le couvert forestier diminue, en grande partie au nord du secteur. Les berges du Siret dans sa partie aval restent recouvertes de forêts.

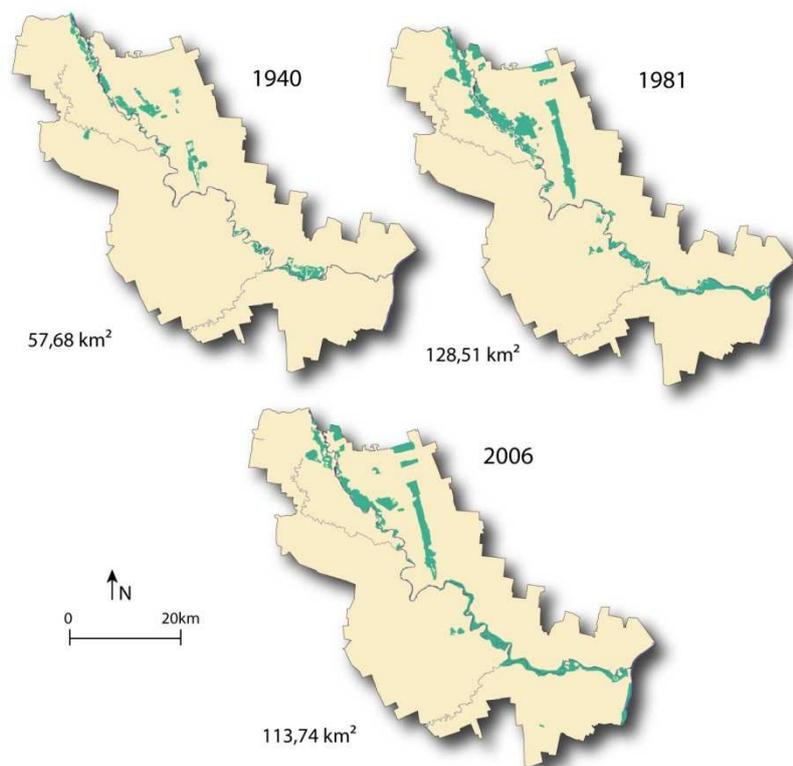


Figure 3- 39: Evolution du couvert forestier sur le Siret inférieur de 1940 à 2006
(Source données : PDT ; cartes topographiques de 1981 et CLC 2006)

Cette évolution générale cache des variations intermédiaires que l'on peut mettre en avant grâce à l'étude du TR1 où les dates disponibles pour comparer le couvert forestier sont plus nombreuses (Tableau 3- 19). Les superficies des forêts sur ce tronçon ne sont pas représentatives du bassin du Siret, ni du secteur étudié, mais les variations constatées le sont.

Tableau 3- 19: Evolution du couvert forestier sur le TR1 du Siret inférieur (d'après les cartes topographiques et Corine Land Cover 2006)

| Années | 1891 | 1940 | 1971 | 1981 | 1990 | 2006 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Superficie (km ²) | 12,47 | 13,36 | 28,14 | 50,13 | 24,33 | 47,62 |
| Evolution par rapport période précédente (%) | - | 107,2 | 210,6 | 178,2 | 48,5 | 195,7 |

L'augmentation du couvert forestier se situe dès les années 70. La superficie a doublé. On constate également une baisse de cette superficie entre 1981 et 1990. L'ensemble de ces fluctuations s'explique en partie par les politiques d'aménagement entreprises en Roumanie.

2.3. Rôle des politiques d'aménagement

La Roumanie a connu de la fin du XIX^{ème} au début du XX^{ème} siècles, une intense période de défrichement et particulièrement dans la région de Courbure des Carpates. La forêt occuperait dans les années 70 un tiers seulement de sa superficie initiale (Giurescu, 1976). Dès les années 30, l'Etat met en place une politique de lutte contre l'érosion et la restauration des terrains dégradés qui s'intensifie en 1976 avec le « Programme national de Perspective pour l'aménagement des bassins hydrographiques de Roumanie » (Zaharia, 1998). La mauvaise gestion des forêts et les défrichements sans cadre pour l'acquisition de nouvelles terres sont dénoncés comme le premier facteur aggravant des inondations de l'année 1970. Des travaux anti-érosifs de reboisement sont entrepris à grande échelle. A la fin de la période communiste, un changement de propriété s'opère, une partie des forêts est rendue à des propriétaires privés sans nécessité de fournir un quelconque titre. Par ailleurs ce retour à la propriété privée est accompagné par des modifications d'usage des sols comme l'abandon d'une partie des terres cultivées ou le non entretien des systèmes de drainage et d'irrigation (Bălteanu *et al.*, 2009)

* *

Les changements d'occupation du sol et surtout du couvert forestier peuvent-ils être la cause du rétrécissement de la bande active ?

On constate que l'extension de la forêt est concomitante au rétrécissement de la bande active dès les années 70-80. Néanmoins nous n'avons que peu de données sur ces changements à l'échelle du bassin versant même si la chronologie semble similaire pour toute la Roumanie. L'extension de la forêt aurait réduit l'apport alluvionnaire et fixé le lit, surtout dans la partie amont du secteur du Siret inférieur. Deux hypothèses sont envisageables. Les changements d'occupation du sol ont entraîné une réduction de la bande active (i) ou les politiques de reforestation feraient partie d'un plus vaste programme de régularisation des cours d'eau et de lutte contre les divagations et l'érosion (ii). La seconde hypothèse semble privilégiée étant donné la concomitance des événements.

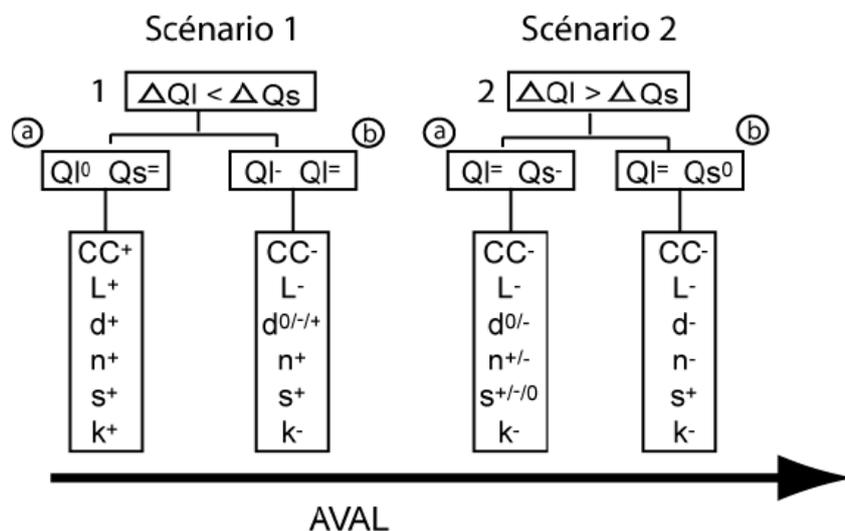
3. La mise en évidence du rôle des aménagements

3.1. L'impact des barrages

3.1.1. Un état de la question

L'influence des barrages sur les écoulements liquides et solides a été mise en évidence par de nombreux auteurs. Parmi eux Richter *et al.* (1996) ont démontré que les barrages ont des effets sur l'ensemble de la gamme des caractéristiques hydrologiques. Le changement le plus commun concerne l'amplitude et la fréquence des débits extrêmes et la diminution par captage de la charge solide (Rollet, 2007). Les effets morphologiques sont plus complexes en raison de la quantité de variables à considérer. La diminution de la variabilité des largeurs du chenal et de la mobilité en plan peut être la première réponse d'un chenal à la construction d'un barrage (Rollet, 2007). Ces changements sont liés au degré de réduction des pics de crue, induite par le barrage, à la modification des apports sédimentaires et aux caractéristiques géomorphologiques locales. Friedmann *et al.* (1998) présentent le cas de cours d'eau des Grandes Plaines aux Etats-Unis où la principale réponse des rivières en tresse en aval d'un barrage est la rétraction de la bande active et celle des rivières à méandres, la diminution du taux de mobilité latérale.

Petts et Gurnell (2005) présentent un modèle des différentes réponses possibles du chenal fluvial d'après les travaux de Schumm (1969) (Figure 3- 40).



0 : pas de changements significatifs ; + accroissement ; - réduction ; = réduction majeure ; Q_l : débit liquide ; Q_s : débit solide ; CC=capacité du chenal ; L=Largeur ; d=Profondeur ; n=Rugosité ; S=Pente ; k=Capacité de transport

Figure 3- 40: Style d'ajustement du chenal à l'aval d'un barrage en réponse aux modifications relatives des débits liquides et solides. Le scénario 1 représente une métamorphose fluviale dominée par une réduction de la charge solide ; le scénario 2 par une réduction des débits liquides. Les cas 1a et 2b ; l'importance des modifications du chenal est décroissante vers l'aval ainsi que l'impact des barrages (D'après Petts et Gurnell, 2005, fondé sur Schumm, 1969)

Dans le cas du Siret inférieur, la variabilité des débits liquides rend difficile le choix d'un scénario. Si les résultats indiquent une très forte diminution des apports alluvionnaires, la tendance des débits liquides est moins nette.

3.1.2. Les barrages sur le Siret inférieur et leurs impacts hydrologiques et hydrogéomorphologiques

Le bassin versant du Siret comprend 291 barrages sous la direction de ABAS (11 % du nombre total en Roumanie) dont 141 avec une retenue d'eau (Ministerul Mediului, 2009a) (Tableau 3- 20). Les fonctions de ces barrages sont souvent multiples mais la production hydro-électrique est souvent le premier objectif.

Tableau 3- 20: Caractéristiques des principaux barrages dans le bassin versant du Siret (actualisé de Rădoane et Rădoane, 2004)

| Nom | Rivière | Année construction | Capacité lac 1 000 m ³ | Fonction |
|------------------|----------|--------------------|--------------------------------------|------------|
| Poiana Uzului | Uz | 1972 | 88 000 | EP, I, EE |
| Dragomirna | Suceava | 1976 | 105 200 | EI, I |
| Izvorul Muntelui | Bistrița | 1961 | 1 230 000 | EE, I |
| Piatra Neamț | Bistrița | 1963 | 10 000 | EE, I |
| Racova | Bistrița | 1965 | 8 660 | EE, I |
| Rogojești | Siret | 1987 | 55 800 | A, Irr, EE |
| Bucecea | Siret | 1977 | 25 000 | A, Irr, EE |
| Galbeni | Siret | 1983 | 39 600 | EE, A |
| Răcăciuni | Siret | 1984 | 103 700 | EE, A |
| Berești | Siret | 1985 | 120 000 | EE, A |
| Călimănești | Siret | 1992 | 18 000 | EE, A |
| Movileni | Siret | 2007 | 63 630 | EE, I |

A : alimentation en eau ; Irr : irrigation ; EE : énergie électrique ; EI : eau pour l'industrie ; EP : Eau potable ; I : atténuation des inondations

Sept de ces barrages se situent sur le Siret lui-même et tous sont en amont du secteur étudié. Ils ont été construits de 1977 à 2007, dont trois dans les années 80. Deux de ces barrages, Călimănești et Movileni, se situent directement en amont du secteur étudié.

Impact sur les débits liquides

Les phases identifiées dans les débits liquides ne correspondent pas aux années de construction des barrages. La part du facteur climatique semble plus déterminante. Néanmoins ces ouvrages ont pu avoir une influence sur deux variables :

- On a constaté une baisse des débits maximaux annuels après les années 80 qui peut être imputable au caractère régulateur des barrages.

- La fréquence mensuelle des débits maximaux et des crues les plus importantes (Figure 3- 12 ; Figure 3- 41) se modifie : le nombre de crues se déroulant au mois de mai est moins fréquent. La capacité des barrages est peut-être plus grande au mois de mai qu'à la fin de la saison pluvieuse.

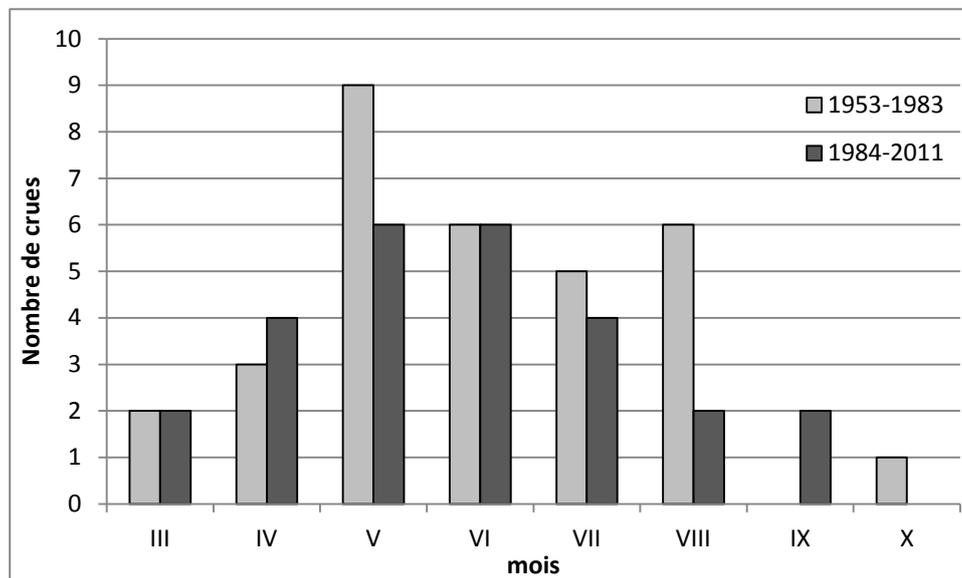


Figure 3- 41: Fréquence mensuelles des crues annuelles à la station de Lungoci sur le Siret de 1953 à 2011 (Source données : ANAR/ABAS)

Impact sur les débits d'alluvions en suspension

On peut observer que les dates de rupture mises en évidence dans le chapitre précédent, dans les débits d'alluvions en suspension coïncident avec les dates de création de ces barrages. Les débits d'alluvions en suspension commencent à diminuer dès le milieu des années 80 pour continuer leur décroissance après 1992 (Figure 3- 42).

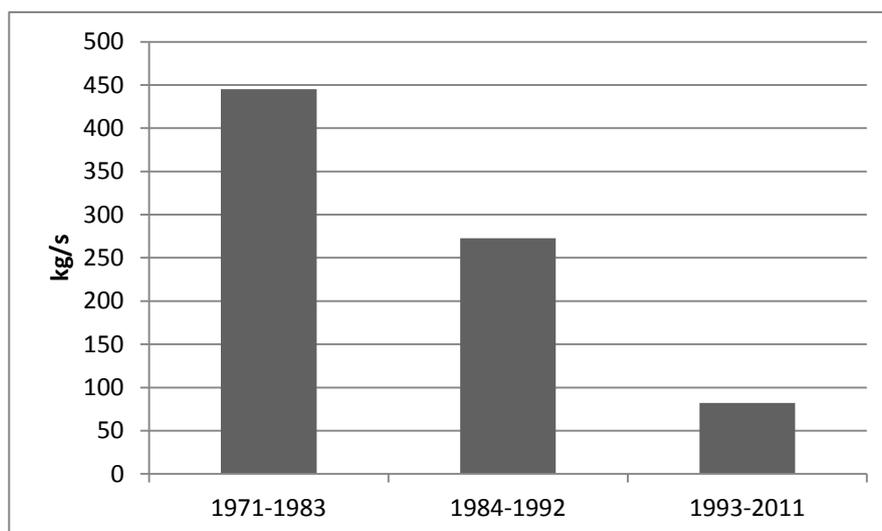


Figure 3- 42: Variations des débits moyens annuels des alluvions en suspension à la station de Lungoci sur le Siret de 1971 à 2011 (Source données : ANAR/ABAS)

L'étude de l'impact des barrages peut être menée au-delà de ces remarques préliminaires, mais l'objectif de cette section se limite à chercher les causes possibles de la rétraction de la bande active. Or celle-ci se produit surtout à partir de 1970. Les dates ne coïncident pas, même si les barrages ont contribué à accentuer le phénomène surtout après la construction des deux derniers de 1992 et de 2007 ; les effets morphologiques étant plus forts à l'aval direct d'un barrage.

Rădoane et Rădoane (2005) ont quantifié l'apport en alluvions en suspension de tous les affluents du Siret (Figure 3- 43). Il en ressort que les plus fortes valeurs d'alluvions en suspension alimentant le Siret sont transportées par la Putna et le Buzău (plus de 30 t/ha/an). Ces deux bassins et celui du Râmnicul Sărat montrent les plus forts taux d'érosion par rapport à leur superficie, de toute la Roumanie. Ces trois rivières se situent toutes dans le bassin du Siret inférieur, à l'aval des barrages et elles apportent chacune plus de 2 millions de tonnes par an au Siret (Rădoane et Rădoane, 2005). Néanmoins la station de Lungoci où les débits ont été mesurés pour notre étude se situe à l'amont des deux dernières confluences citées. Ainsi les barrages apparaissent comme une des causes de la baisse des alluvions en suspension, moins forte cependant que dans les autres stations du Siret (Rădoane *et al.*, 2013). L'implication des barrages dans la rétraction de la bande active est moins nette. Il apparaît qu'ils ont tout au plus accentué un phénomène pré-existant.

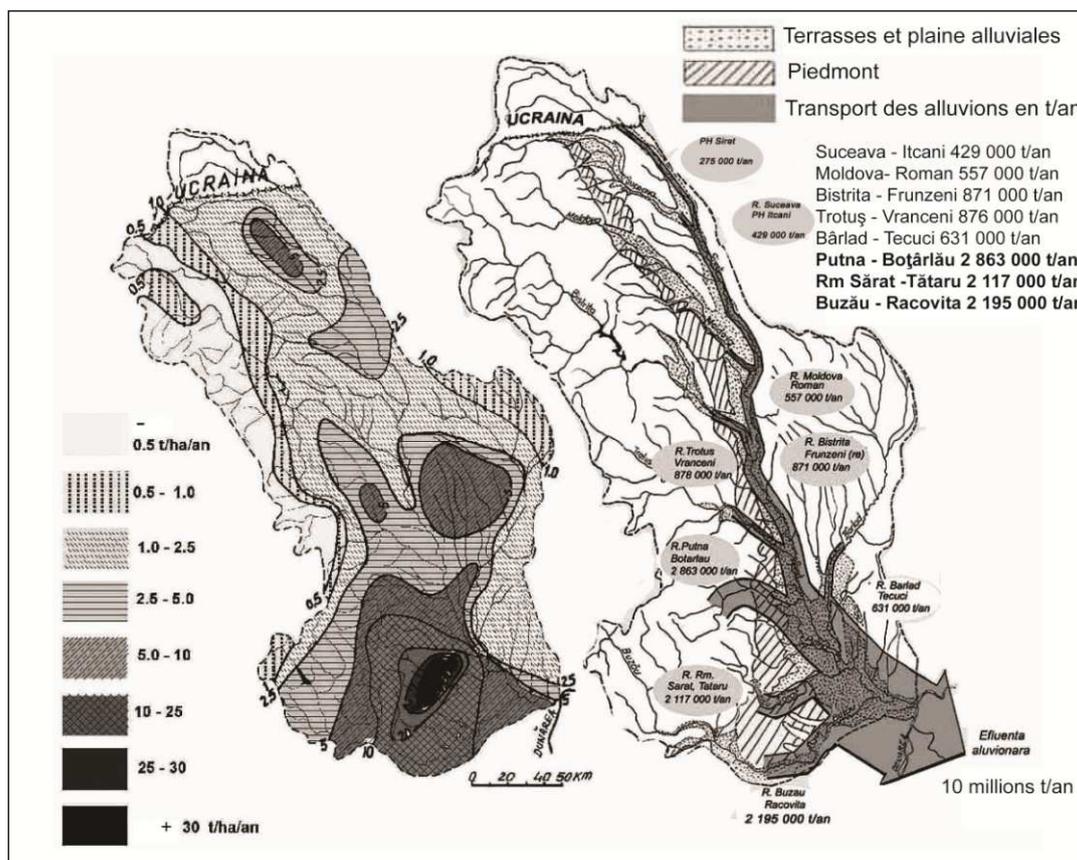


Figure 3- 43: Source des alluvions en suspension dans le bassin du Siret et le transport des alluvions en suspension dans le bassin du Siret (Rădoane et Rădoane, 2005)

3.2. L'impact majeur de la chenalisation

La chenalisation et plus particulièrement les travaux de régularisation effectués sur le Siret apparaissent comme une des causes principales de la contraction de la bande active. Plusieurs éléments en témoignent :

- La réduction brusque en un ou deux ans de la largeur de la bande active, notamment pour les TR1.2 et TR1.3.
- Le profil de la largeur de la bande active en TR1 :

La largeur de la bande active est variable sur la première période de 1891 à 1940 (Figure 3- 44). Des phases de contraction et d'élargissement se succèdent. Le pont de Suraia, construit en 1947, est implanté sur un secteur qui a tendance à s'élargir alors qu'en amont la tendance est plus variable.

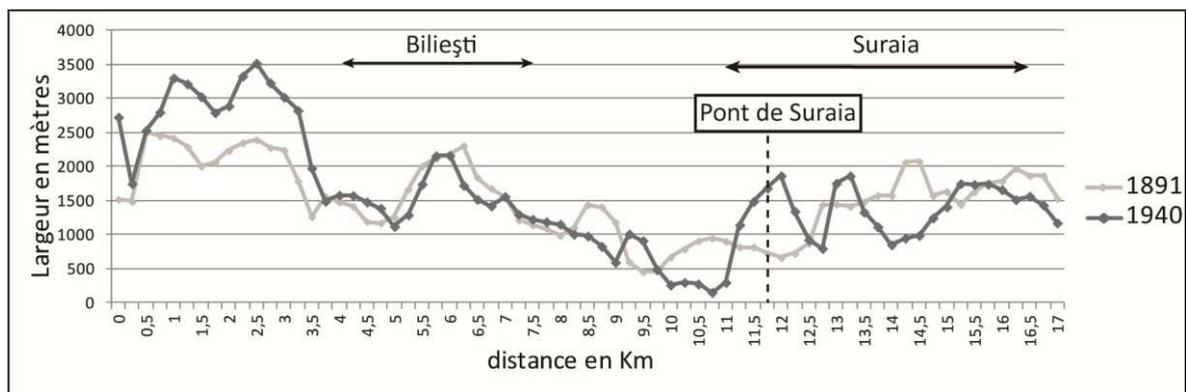


Figure 3- 44: Variation de la largeur de la bande active du Siret sur le TR1 de 1891 à 1940

A partir de 1970, la tendance moyenne sur ce tronçon s'inverse : la largeur de la bande active diminue. C'est à partir de cette date que les travaux de régularisation ont débuté. On constate qu'à partir de 1981, la largeur de la bande active est stable dans l'espace délimité par les digues (Figure 3- 45). La largeur augmente en amont et en aval de cet espace chenalisé.

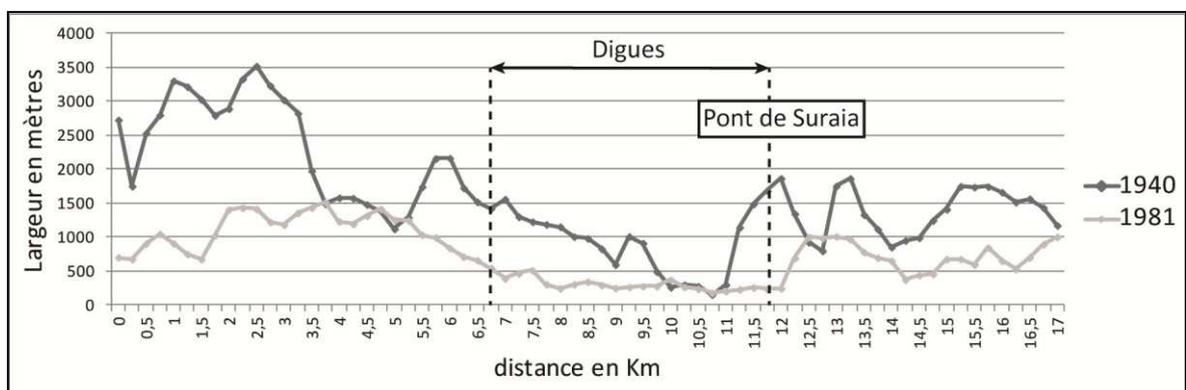


Figure 3- 45: Variation de la largeur de la bande active sur le TR1 en 1940 et en 1981

Le lit du Siret en TR1.2 est stabilisé à partir de 1981. Les digues et travaux de régularisation ont fixé le lit sur ce sous-tronçon. Les variations de la largeur de la bande active sur le TR1 sont confirmées en 2010 (Figure 3- 46). L'impact de la chenalisation sur ce tronçon est étudié de façon plus spécifique en chapitre 4 de cette partie.

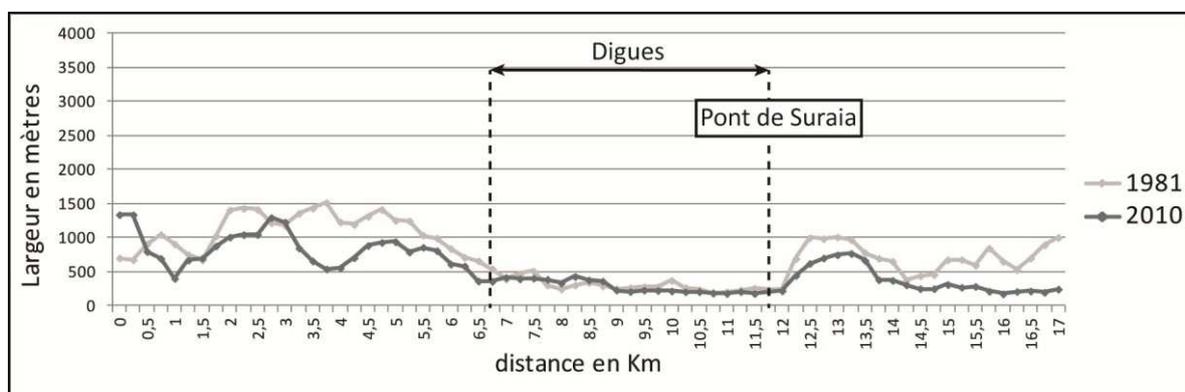


Figure 3- 46: Variation de la largeur de la bande active du Siret sur le TR1 de 1981 à 2010

Le rôle des digues est moins net pour les autres tronçons. En TR2 et TR4, elles ont fixé le lit sans pour autant le contraindre. Les digues sont construites plus loin du chenal principal, ce qui permet de limiter ses divagations et de lui laisser un espace de liberté aussi restreint soit-il contrairement au premier tronçon.

La situation du TR3 est encore différente. Les digues sur ce secteur sont déjà présentes en 1940, donc il n'existe pas de situation de référence. Ce tronçon apparait comme le plus stable du Siret inférieur ce qui peut être imputable à la présence précoce d'une chenalisation.

Les variations spatiales (entre les tronçons) et temporelles (sur à peu près un siècle) des ajustements du chenal, ne permettent pas d'apporter une réponse unique aux différentes évolutions constatées. Les variations des deux premiers tronçons sont plus marquées et divergent des derniers à la fin de la période étudiée. Néanmoins la Figure 3- 47 tente de faire la synthèse des causes possibles et du poids de chacune dans l'évolution de la largeur de la bande active du Siret inférieur de 1900 à 2010, avec une attention particulière apportée à la période 1970-1980.

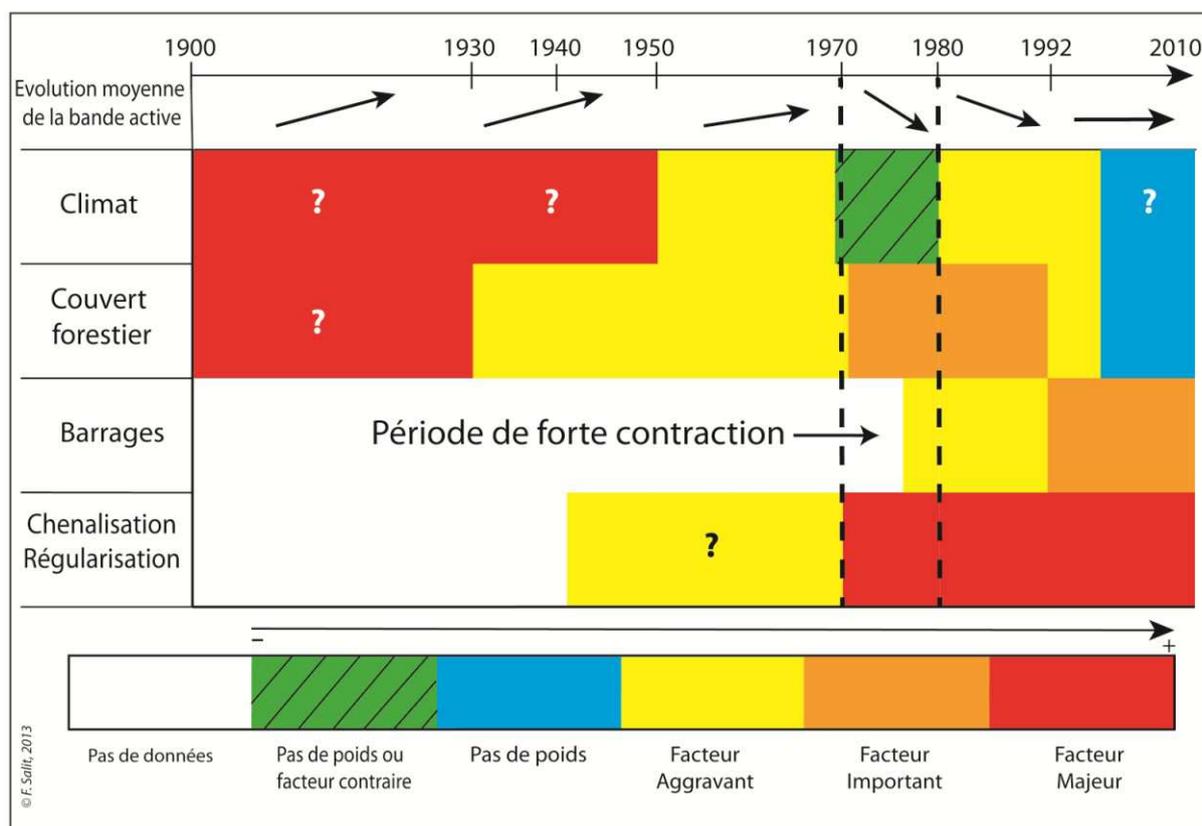


Figure 3- 47: Bilan des causes possibles de l'évolution moyenne de la largeur de la bande active du Siret inférieur de 1900 à 2010. La part de chaque facteur dans la tendance de la bande active est représentée par une couleur : du rouge foncé pour un facteur majeur, au vert pour des caractéristiques contraires à la tendance de la bande active. Les points d'interrogation représentent la formulation d'hypothèses concernant des périodes où les données sont lacunaires

1900-1950 : Les lacunes dans les données de précipitations, pour cette première période, ne permettent que de poser des hypothèses. Le climat et le couvert forestier sont considérés comme des facteurs explicatifs majeurs dans l'élargissement de la bande active, car aucun aménagement n'est présent lors de cette période. Les conditions climatiques et les campagnes de défrichements intensifs, de 1900 à 1930, semblent favorables à un élargissement de la bande active et aux divagations du lit, par une augmentation des débits liquides et solides. A partir des années 30, la lutte contre l'érosion et les mesures de reforestation à l'échelle du bassin versant pourraient mener à une diminution de l'apport en alluvions en suspension, sans que les données le confirment.

1950-1969 : Le ralentissement de l'accroissement de la bande active à partir des années 50 ne peut être démontré. Cette hypothèse découle du constat de la baisse des cumuls pluviométriques qui se traduit par une baisse des débits moyens annuels et ainsi mènent à un ralentissement de l'élargissement. De plus le début de la campagne anti-érosion participe à favoriser une baisse de cet élargissement. On suppose que cette baisse résulte également des débuts de l'endiguement de certains secteurs comme en TR3.

1970-1983 : La chenalisation massive combinée aux mesures intensives de reboisement des corridors fluviaux favorisent une contraction de la bande active et un accroissement des vitesses d'écoulement. Les conditions climatiques (forts cumuls pluviométriques annuels menant à de nombreuses crues) n'ont pas pu jouer un rôle dans cette tendance, au contraire elles auraient plutôt un rôle inverse. Elles n'ont que favorisé les politiques d'aménagement. Les barrages, mis en service à la fin de cette période seulement, ne font qu'accentuer cette tendance.

1984-1991 : Les barrages associés au maintien de l'endiguement ont accentué la réduction de la bande active. Néanmoins les conditions climatiques (succession d'années plus sèches jusqu'aux débuts des années 2000) ont pu participer au phénomène.

1992-2010 : La chenalisation favorise la stabilité de la bande active. Les conditions climatiques même si elles sont très variables (événements hydro-climatiques intenses sur la période) ne peuvent jouer sur ce marqueur, le lit étant contraint dans un réseau de digues. Néanmoins elles peuvent favoriser l'incision par une augmentation des débits, qui ne peut être compensée par une charge alluvionnaire piégée en partie par les barrages. En l'état actuel de la recherche et des données, on ne peut que supposer que ces conditions mènent à l'incision du chenal.

Cette période présente des difficultés d'interprétation car entre 2005 et 2010, on a pu constater (cf. 4^{ème} Partie) une tendance à l'élargissement de la bande active sur certains secteurs des deux premiers tronçons (les résultats ne sont pas indiqués dans cette partie car les données ne sont disponibles que pour l'amont du secteur). Cette variation peut être due à l'action combinée des deux crues majeures de 2005 et de 2010 et au développement de l'exploitation des graviers en lit mineur (Salit et Ioana-Toroimac, 2013).

Chapitre 4 – Etude de cas

l'aménagement du TR1.2

En guise de synthèse et pour faire le lien entre les 2^{ème} et 3^{ème} parties, nous avons voulu présenter plus spécifiquement le cas du TR1.2. Sur ce secteur, le Siret a été particulièrement aménagé et les conséquences de cette régularisation des années 70 s'ajoutent à de nouvelles dynamiques que l'on a pu observer ces dernières années.

1. Un plan d'aménagement particulier

Ce secteur de quelques kilomètres (4 km), présente le plan d'aménagement le plus spécifique du Siret inférieur. En amont du pont de la voie ferrée, le chenal principal de 1940 a été rectifié et contraint. Large de 880 m en moyenne en 1940 la bande active est réduite à 310 m en 1981 (Figure 3- 48). Le lit a été contraint par plusieurs aménagements :

- Le méandre en rive droite a été recoupé.
- Des digues longitudinales chenalisent le tronçon en rives droite et gauche.
- Un réseau d'épis transversaux contraint le lit mineur en rives droite et gauche. 23 épis ont été dénombrés parmi lesquels quatre sont enterrés dans leur intégralité et deux en partie. Tous ces épis ont des formes différentes. Certains se poursuivent au-delà des digues (Figure 3- 50).
- Un système de consolidation de berges formé de pylônes en bois ou en béton implantés dans la berge et de plaques de béton de quelques centimètres d'épaisseur posées sur la berge.

Néanmoins tous les ouvrages ne sont pas visibles sur le terrain, enterrés ou détériorés. Afin de comprendre ce système et de le dater, le plan d'aménagement obligatoire pour ce genre d'intervention lourde a été recherché. Malgré les multiples demandes auprès de l'organisme de bassin du département (étonné quant à la présence de ces ouvrages) aucune information n'a pu être obtenue. Néanmoins les recherches ont révélé l'existence d'un autre plan d'aménagement du Siret à hauteur de la ville de Cosmești (en amont de la zone d'étude) daté de 1957 (Figure 3- 49) qui présente de fortes similarités avec le secteur étudié. On constate que l'aménagement, composé de digues et d'épis est tout à fait comparable dans les deux cas. Il permet de supposer l'existence sur le Siret inférieur de traverses de colmatage et de fermeture dans les anciens chenaux. La rectification du tracé du Siret est pérennisée par l'implantation d'épis qui favoriseraient le comblement des anciens chenaux mais il n'a pas été possible de déterminer si ces épis ont été enterrés à l'origine ou recouverts. Ils semblent antérieurs à la création des digues (certains les traversent) mais peuvent avoir été concomitants. L'ensemble est renforcé par un système de protection des berges (pylônes, plaques et enrochement) et par le reboisement des deux rives en arrière des digues.

Les deux aménagements ont été effectués en amont d'un pont de voie ferrée et sont destinés uniquement à la protection de cet ouvrage. Sous l'autorité de la compagnie roumaine des chemins de fer (et non de l'organisme de gestion des eaux) ces aménagements ont de multiples conséquences sur les dynamiques du Siret.

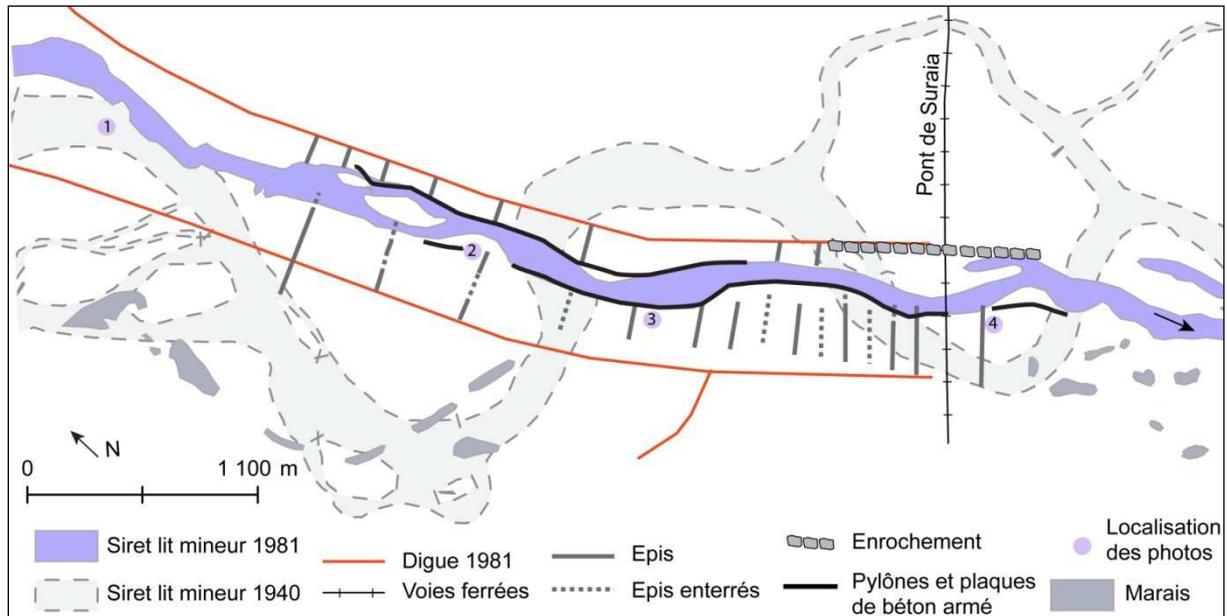


Figure 3- 48: Régularisation complexe du Siret en TR1.2 entre les villages de Bilești et Suraia. Tracés comparés du Siret en 1940 et en 1981 (Localisation des photos : 1- Figure 3- 55 ; 2- Figure 3- 53 ; 3- Figure 3- 56 ; 4- Figure 3- 54)

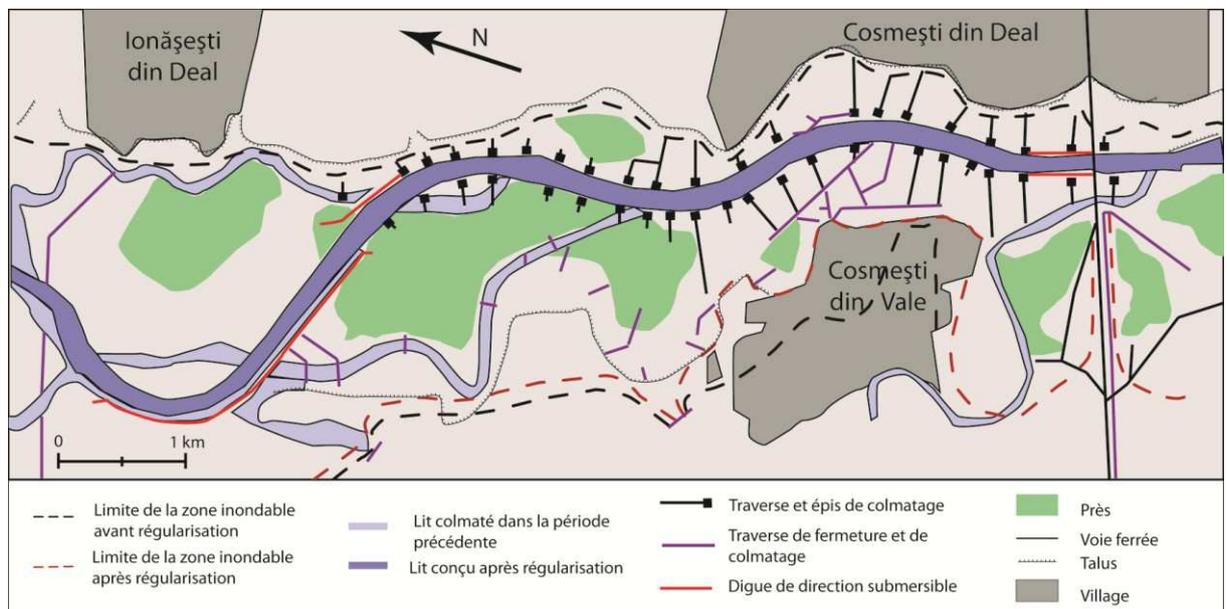


Figure 3- 49: Plan de régularisation du Siret à Cosmești de 1957 par des épis perpendiculaires à l'axe d'écoulement, en amont du pont de la voie ferrée (traduit de Băloiu, 1969)



Figure 3- 50: Variations des formes d'épis perpendiculaires à l'axe d'écoulement, en rive droite du Siret entre les villages de Biliiești et de Suraia (Photographies : F. Salit octobre 2011/juin 2012)

2. Accélération des vitesses d'écoulement

La chenalisation a provoqué une accélération des vitesses d'écoulement entre les zones fortement endiguées, par une réduction de sa capacité hydraulique. Après l'inondation de 2005, un rapport commandé par le Ministerul Mediului (2009abc) présente les résultats de mesures effectuées pour quantifier ce phénomène (Figure 3- 51).

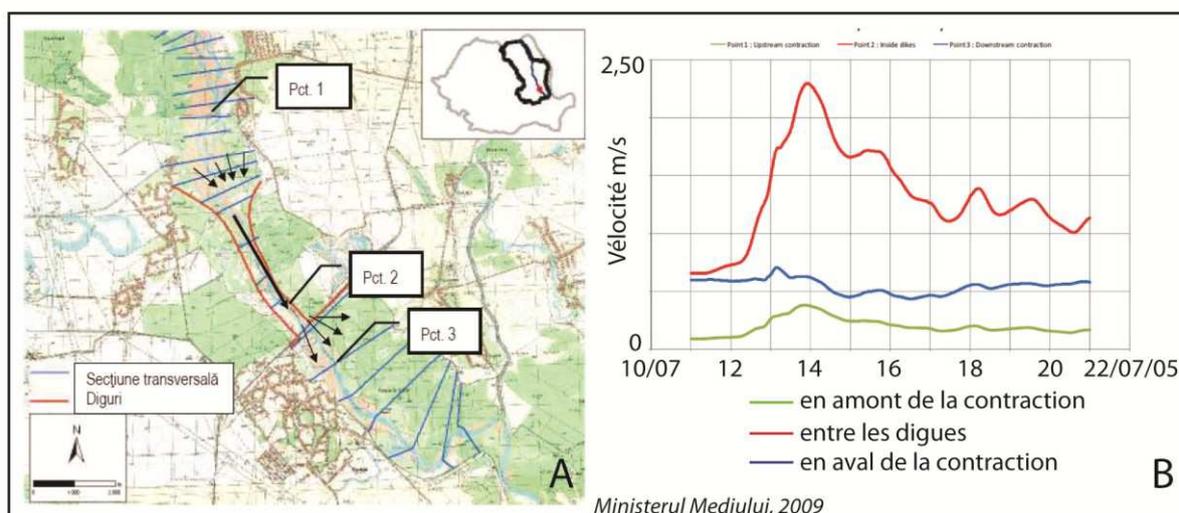


Figure 3- 51: Mesure de l'accélération des vitesses d'écoulement due à la chenalisation entre les villages de Biliești et Suraia. A-Localisation des points de mesure ; B- résultats des mesures simulées pour un débit équivalent à celui de l'inondation de juillet 2005 (à droite) (d'après Ministerul Mediului, 2009a)

Un modèle des vitesses d'écoulement a été créé (Ministerul Mediului, 2009a). Puis plusieurs mesures de vitesse d'écoulement ont été faites entre l'amont de la zone endiguée et l'aval, pour le valider. Les résultats de ces mesures effectuées en temps « normal » ne sont pas disponibles, mais seulement les résultats de la modélisation pour un débit équivalent à celui de l'inondation de juillet 2005. L'objectif de ces travaux est de démontrer l'impact de ce réseau de digues en période de crue. Plusieurs points sont à noter :

- La vitesse moyenne d'écoulement dans la zone endiguée est plus élevée avec 0,6 m/s, que dans la zone amont (0,2 m/s) pour un « débit normal » (aucune précision n'est faite) ;
- La vitesse moyenne au sortir de la zone endiguée est plus élevée qu'à l'entrée (environ 0,55 m/s) ;
- On constate que la vitesse d'écoulement peut atteindre plus de 2,25 m/s dans la zone endiguée pour le débit de pointe de juillet 2005, pour une vitesse moyenne de 0,30 m/s à l'amont.

Le modèle a été appliqué à tout le réseau de digues du Siret inférieur afin d'estimer les points de rupture possibles des digues lors d'une inondation. Les résultats sont présentés pour quatre débits différents : un événement simulé de période de retour de 10 ans ($2\,559\text{ m}^3/\text{s}$) ; équivalent à celui de

2005 (4 832 m³/s) un événement simulé de période retour de 100 ans (4 232 m³/s) et un événement extrême de période retour de 1 000 ans (5 925 m³/s) (Tableau 3- 21).

Tableau 3- 21: Dignes (en km) exposées à une vitesse du courant dans le lit, supérieure à 1 m/s pour un débit équivalent à juillet 2005, pour un événement simulé de période de retour Q10 ans (2 559 m³/s), Q100 ans (4 232 m³/s) et Q extrême (5 925 m³/s) (d'après Ministerul Mediului, 2009a)

| Longueur des digues exposées à une vitesse d'écoulement supérieure à 1m/s pour un événement simulé | | | | |
|--|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------|
| Rive | Q2005 | Q10 | Q100 | Qextrême |
| Rive droite | 39 km (42%) | 39,8 km (43%) | 40,1 km (43%) | 41,4 km (45%) |
| Rive Gauche | 23,9 km (42%) | 24,5 km (43%) | 24,5 km (43%) | 27,6 km (48%) |
| Total | 62,9 km (42%) | 64,3 km (43%) | 64,6 km (43%) | 69 km (46%) |

Quel que soit l'événement, un peu moins de la moitié du réseau de digues est exposée à une vitesse d'écoulement supérieur à 1 m/s. Une partie du réseau est exposée à des vitesses plus importantes comme le TR1.2 mais aussi les digues en amont de la station de Lungoci, où les vitesses peuvent atteindre 1,5-2,5 m/s (Figure 3- 52).

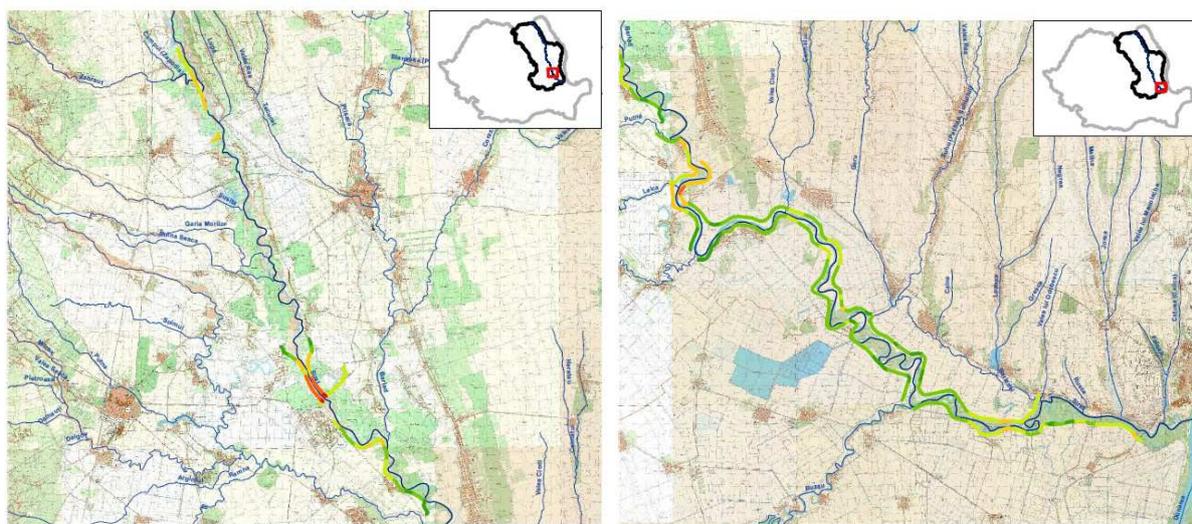


Figure 3- 52: Localisation des digues provoquant une accélération des vitesses d'écoulement sur le Siret inférieur pour un événement d'intensité égale à la crue de 2005. De l'amont (à gauche) à l'aval (à droite) Vert : 0-1 m/s ; Vert clair : 1-1,5 m/s ; Orange : 1,5-2 m/s ; Rouge : +2,5 m/s (d'après Ministerul Mediului, 2009a)

L'ajustement de la rivière aux aménagements depuis les années 70 ainsi qu'aux pratiques de ces dernières années provoque des dommages sur les digues et épis. Les dégâts constatés nuisent à l'efficacité des protections contre les inondations et engendrent eux-mêmes des effets sur l'espace fluvial.

3. Des aménagements à la dérive: impact de la rivière sur les aménagements

La baisse des apports sédimentaires constatée à partir des années 90 provoque un ajustement du système fluvial par une érosion latérale accrue. Les épis construits au début des années 70 sont endommagés ou effondrés. Il est possible d'estimer cette érosion de par leur état. Une des zones les plus touchées est celle du Siret à hauteur du village de Biliști (Figure 3- 53).



Figure 3- 53: Erosion de la berge en rive droite du Siret à hauteur de Biliști, vu vers l'aval. Sept blocs de l'épi au centre de la photo sont détruits: environ un recul de berges de 14 mètres (Photographie : F. Salit, octobre 2011) (Localisation Figure 3- 48)

L'érosion de la berge en rive droite peut-être estimée selon le nombre de blocs effondrés ; un bloc mesure 2 mètres de long. Sur cette zone, l'érosion latérale atteint jusqu'à 14 mètres. Le recul n'est pas aussi intense sur tout le secteur : le recul atteint de 2 à 4 mètres en rive droite et de 2 à 6 mètres en rive gauche.

On ne peut pour autant définir un taux moyen d'érosion par an, les données pour les années intermédiaires manquent. Néanmoins le phénomène est accentué par les fortes inondations et notamment celles de juillet 2005 et de juin 2010. On a pu constater, entre deux dates de terrain de 2009 et 2011/2012, le recul des berges (Figure 3- 54). Dans le secteur du pont de Suraia l'érosion latérale entre avril 2009 et juin 2012 a atteint en rive droite environ 6 mètres.



Figure 3- 54: Estimation du recul de la berge en rive droite du Siret à l’aval du pont de la voie ferrée de Suraia. En avril 2009 (à gauche) 4 blocs effondrés depuis la construction de l’épi (1970’s) ; en juin 2012 (à droite) 3 blocs supplémentaires, soit une érosion de 6 mètres entre ces deux dates. (Photographies: F. Salit) (Localisation Figure 3- 48)

Par ailleurs cette érosion latérale est aggravée par l’exploitation intensive des graviers en lit mineur. Depuis 2007, on constate une présence accrue des exploitations de graviers sur le secteur de Biliеști et Suraia, considéré comme un bassin majeur de ce type de ressource. L’exploitation se fait par des excavatrices en lit mineur et dans les bancs d’alluvions (Figure 3- 55 ; Figure 3- 56).



Figure 3- 55: Extraction de graviers en lit mineur par une grue excavatrice en octobre 2011 dans le Siret à hauteur du village de Biliеști (Photographie: F. Salit) (Localisation Figure 3- 48)



Figure 3- 56: Aménagement des berges pour lutter contre l'érosion latérale sur le Siret inférieur entre les villages de Biliiești et de Suraia, vu vers l'amont. Au premier plan, aménagements détruits et à l'abandon ; à l'arrière-plan, une excavatrice dans le lit mineur (Photographie: F. Salit, juin 2012) (Localisation Figure 3- 48)

Le tronçon 1.2 du Siret inférieur apparaît comme la synthèse des aménagements possibles sur la rivière (Figure 3- 56) et illustre les interactions multiples entre le système fluvial et les logiques de gestion sur l'espace fluvial. D'une logique de protection des voies de communications, à celle d'exploitation des graviers, les strates d'aménagements se chevauchent et entrent en conflit sur cet espace.

Conclusion de la 3^{ème} Partie

L'analyse hydro-morphologique a démontré plusieurs points :

- **Une phase hydrologique plus intense de 1969 aux années 80** : des débits moyens et maximaux élevés ; un nombre de crues majeures de faible et moyenne intensités plus élevé. Cette période a conduit à l'instauration d'une nouvelle politique de gestion de l'espace fluvial et notamment à un aménagement intensif du Siret inférieur.
- **Un rétrécissement de 46 % en moyenne de la largeur de la bande active** sur le Siret inférieur de 1891 à 2010. La grande majorité de cette dynamique a eu lieu entre 1970 et 1980, due à l'action combinée de la chenalisation et de la politique de reboisement.
- **Une phase des années 90 à nos jours** : des débits moyens et maximaux très variables ; une récurrence de crues majeures plus faibles, mais avec des occurrences plus intenses (inondations de 2005 et 2010).
- La régularisation du lit, les barrages et l'extension de la forêt sur les berges, ont mené à une relative **stabilité du tracé du Siret** et du chenal depuis 1992. L'incision du lit ne peut être démontrée.

Le Siret inférieur est un exemple de rivière fortement anthropisée, dont les caractéristiques morphologiques actuelles sont très influencées par la vague d'aménagement des années 70. Les politiques passées de gestion de la rivière ont modifié le comportement du système fluvial et en ce sens, les nouvelles stratégies de gestion des inondations doivent intégrer ces nouvelles caractéristiques pour une meilleure appréhension des interactions Hommes-Environnement.

« Le risque ignore les frontières tracées entre les différentes circonscriptions administratives et, par conséquent, entre champs de compétence des diverses autorités appelées à intervenir. »

Billet, 2003

4^{ème} partie – Vers de nouvelles stratégies ?

Chapitre 1 – Les nouvelles stratégies de gestion du système fluvial

Chapitre 2 – Impact sur l'aménagement et la gestion du Siret inférieur

Chapitre 3 – La difficile mise en place de mesures non-structurelles

Synthèse

Depuis l'inondation de juillet 2005 et l'intégration de la Roumanie à l'Union européenne, de nouvelles stratégies de gestion de l'espace fluvial sont instaurées. Mais face aux différences de contexte économique et social et même culturel, l'application des normes européennes se heurte à de nombreuses difficultés. L'impact de ces nouvelles stratégies de gestion sur les risques et l'espace fluvial, malgré des avancées, peine à être concret. L'écart entre théorie et pratique, entre nécessités économiques et environnementales, prend de nombreuses formes sur le Siret inférieur que ce soit dans la protection des terres agricoles ou dans l'exploitation des graviers en lit mineur. La gestion des risques tend à renforcer les mesures structurelles de protection contre les inondations et la gestion de crise au détriment de la prévention.

Chapitre 1 – Les nouvelles stratégies de gestion du système fluvial

L'adoption de nouvelles stratégies en Roumanie dans les années 2000 est la conséquence de plusieurs événements : économique tout d'abord, avec une transition de l'économie planifiée à l'économie de marché ; politique, avec en 2007 l'intégration de la Roumanie à l'Union européenne, préparée en amont depuis 1994 ; et enfin circonstanciel avec les inondations majeures de 2005. L'application des directives européennes est une obligation mais la transposition dans le droit roumain n'aurait peut-être pas eu une telle ampleur et ressentie comme une nécessité, si le pays n'avait pas vécu quelques années avant de telles inondations. 2005 marque un tournant dans la gestion de l'espace fluvial ; elle marque en partie l'échec des précédentes stratégies de gestion des inondations, ou du moins l'inadéquation entre le système de défense actuel et les nouvelles priorités économiques, environnementales et sociales. Ce chapitre s'organise en trois points : après avoir exposé les principes des nouvelles législations sur la ressource en eau et la gestion des inondations, l'objectif est d'analyser comment ces nouvelles stratégies s'inscrivent dans le bassin du Siret. La dernière partie du chapitre est consacrée à une étude de cas sur les gravières qui reflète les contradictions entre théorie et pratique constatées dans la gestion de l'espace fluvial, la difficile conciliation des nécessités économiques et sociales et du tournant environnemental amorcé.

1. Les apports de l'intégration à l'UE : une nouvelle vision de l'espace fluvial ?

La particularité de la Roumanie, dans l'application du droit européen par rapport aux pays fondateurs de l'UE est le retard pris en matière de législation environnementale. Des objectifs à atteindre dans le domaine de l'environnement sont inclus dans la stratégie d'adhésion à l'UE dès la fin des années 90, dans le cadre du Programme National pour l'Adhésion de la Roumanie (PNAR) (Turtureanu, 2011). La transposition des Directive Cadre sur l'Eau et Directive Inondation ne représentent que l'aboutissement de la mise en place d'un cadre législatif.

1.1. Adoption de l'acquis communautaire dans le domaine de l'environnement

Le programme PHARE (initialement Pologne Hongrie Aide à la Reconstruction Economique) est l'un des instruments financiers pour mettre en place une stratégie de préadhésion pour les pays d'Europe centrale et orientale (PECO) candidats à l'adhésion à l'Union européenne. Dès 1994, un Programme national pour l'adoption de l'acquis communautaire en matière d'environnement est mis en place. L'objectif est le développement d'un jumelage grâce auquel des spécialistes des pays

membres vont aider à préparer le cadre législatif en matière d'environnement (Turtureanu, 2011).

Pour la Roumanie le jumelage s'est fait avec des :

- **Français**, pour renforcer l'unité de la politique environnementale, le rapprochement des législations, la nature, l'agriculture et la gestion de l'eau.
- **Allemands**, pour renforcer l'unité de la politique environnementale, le rapprochement des législations européennes et les pratiques dans le domaine de la gestion des déchets, le concours d'un comité interministériel pour assurer un degré élevé de coopération dans le domaine de la gestion des déchets.

Pour illustrer cette coopération, deux exemples de réalisations dans le cadre du programme PHARE sont présentés. Ces programmes ont été menés par la France et la Roumanie par le biais de l'Office International de l'Eau (OIEau) qui est une association sans but lucratif et chargée de Missions d'Intérêt Général :

- **Elaboration d'une stratégie environnementale pour la mise en application de l'acquis communautaire européen** (janvier 2001- décembre 2003)¹.

Ce jumelage a porté sur l'élaboration d'une stratégie pour la mise en conformité avec la législation environnementale européenne, l'accent étant mis plus particulièrement sur les mécanismes financiers. Il avait pour objectif :

- La préparation d'une stratégie financière intégrée pour la comparaison avec les connaissances acquises sur l'environnement ;
- L'approbation et la mise en œuvre de cette stratégie.

La stratégie a comporté un programme de transposition et de mise en application des 9 directives les plus coûteuses, une estimation des coûts et des propositions de textes législatifs et/ou réglementaires (OIEau, 2003).

- **Un comité de bassin pilote pour le Siret**² (1997-2000)

Un projet de "Création d'un Comité de Bassin pour une gestion concertée des ressources en eau" a été présenté en 1997 par l'OIEau et l'ANAR au Programme Phare partenariat de la Commission Européenne et au Ministère français des Affaires Etrangères (OIEau, 2007). Le projet comprenait une assistance à la mise en place d'un Secrétariat Général et d'un Comité de Bassin pour le Siret et la mise à jour du Schéma d'aménagement et de gestion des eaux.

¹ <http://www.oieau.org/oieau/nos-references/article/roumanie-2001-2003-elaboration-d>

² http://www.oieau.fr/IMG/article_PDF/article_453.pdf

1.2. Les principes des directives européennes

Dans les parties précédentes le lien entre les stratégies de gestion des inondations et la gestion de la ressource en eau a été mis en évidence, avec notamment le rôle et les usages parfois conflictuels des aménagements. Une approche intégrée de la gestion des inondations suppose qu'on ne peut plus l'appréhender indépendamment des autres usages de l'eau. C'est pourquoi, même si l'objectif est ici de saisir l'évolution de la gestion des inondations, un cadre des politiques de gestion de l'eau doit être également dressé. Les principes des directives européennes sur la gestion de l'eau (Directive Cadre sur l'Eau - 2000/60/CE) et des inondations (Directive inondation - 2007/60/CE) sont exposés.

1.2.1. La Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/CE)

La politique européenne de l'eau débute dès les années 70 pour aboutir en 2000 à une approche intégratrice de la politique de l'eau (Scarwell et Laganier, 2004) avec la Directive Cadre sur l'Eau (DCE). La DCE vise à établir un cadre global pour la protection des eaux continentales souterraines et côtières. « Elle propose une approche intégratrice en prévoyant de décrire directement les milieux aquatiques à partir des habitats et des espèces qui les composent. L'objectif à atteindre devient « le bon état écologique » des cours d'eau qui doit être compatible avec une pression humaine raisonnable. » (Scarwell et Laganier, 2004). L'objectif n'est pas seulement d'établir des normes (selon un aspect quantitatif) et d'atteindre un résultat quelle que soit la technique employée, mais bien de prendre en compte sous l'influence des trois piliers du développement durable, les milieux aquatiques, les difficultés et nécessités économiques qui sous-tendent la gestion de la ressource en eau et le volet éthique représenté par la participation et la consultation croissante du public (Barraqué, 2001).

L'objectif n'est pas ici de reprendre toutes les mesures de la DCE, mais seulement d'en aborder les points fondamentaux, souligner ceux qui entrent en interactions avec la gestion des inondations, et les difficultés de mise en application de la directive.

La première mesure est la mise en place de **districts hydrographiques** comme cadre spatial de gestion. Quels critères utiliser pour mettre en place ces districts? Doit-on s'appuyer sur les autorités de gestion de type réglementaires ou de coordination telles les agences de l'eau en France ? Ou s'appuyer sur des structures existantes ou en créer de nouvelles? Le problème s'est posé en France où il y a une inadéquation entre ces autorités et les bassins hydrographiques ; les territoires des agences de bassins étant découpés selon le tracé des cantons (Wasson, 2001). Barraqué (2001) donne l'exemple de la Sambre qui est en Artois-Picardie mais est un affluent de la Meuse. Pour pallier ces difficultés des districts ont été redéfinis (loi du 30/12/2006 sur l'Eau et les Milieux

Aquatiques). L'agence Artois-Picardie regroupe deux districts au sens de la DCE : le district de l'Escaut, Somme et côtiers Manche Mer du Nord et le district de la Meuse (partie Sambre). Le même problème se pose en Roumanie, où les organismes de bassin ne correspondent pas toujours au bassin hydrographique.

Atteindre d'ici 2015 un « **bon état écologique** » pour chacun des districts hydrographiques. Cet état est défini directement par les habitats et les espèces qui le composent. L'altération physique des cours d'eau n'est pas considérée en tant que telle. Pour l'évaluation des conditions physiques c'est-à-dire hydromorphologiques, il n'y a pas de normes préconisées, de critères « bon » ou « moyen » mais des conditions de référence sont données. La directive met en avant la nécessité d'évaluer cette altération physique définie par des paramètres hydro-morphologiques (régime hydrologique, continuité de la rivière, conditions morphologiques telles la variation de la profondeur et de la largeur du lit, la structure du lit et des rives...) qui vont soutenir les paramètres biologiques. Il apparaît primordial de prendre en compte ces paramètres physiques qui non seulement vont contribuer à restaurer les milieux aquatiques, mais aussi à assurer « la maîtrise des risques liés aux inondations » (Ledoux, 2006).

1.2.2. La Directive Inondation (2007/60/CE)

Article premier : La présente directive a pour objet d'établir un cadre pour l'évaluation et la gestion des risques d'inondation, qui vise à réduire les conséquences négatives pour la santé humaine, l'environnement, le patrimoine culturel et l'activité économique associées aux inondations dans la Communauté (Parlement européen, 2007)

Le changement de paradigme est la ligne directrice de la directive : d'une « lutte contre les inondations » ou « défense contre les inondations » à une **gestion du risque inondation**.

La Directive Inondation préconise trois étapes :

Evaluation du risque - fin 2011: Cette évaluation comporte une description des inondations survenues dans le passé pour lesquelles il existe toujours une réelle probabilité que se produisent des événements similaires à l'avenir. « Evaluation des conséquences négatives (...) en tenant compte autant que possible d'éléments tels que la topographie, la localisation des cours d'eau et leurs caractéristiques hydrologiques et géomorphologiques générales, y compris les plaines d'inondation en tant que zones de rétention naturelle, l'efficacité des infrastructures artificielles existantes de protection contre les inondations, la localisation des zones habitées, les zones d'activité économique ainsi que les évolutions à long terme parmi lesquelles les incidences des changements climatiques sur la survenance des inondations » (DI - 2007/60/CE). Il s'agit d'un état des lieux précis non seulement des zones inondées mais aussi des anciennes logiques de gestion des inondations qui peuvent

interférer dans le risque actuel. Le risque inondation n'est pas considéré comme immuable dans le temps mais variable dans le temps et l'espace en fonction des interactions entre le système fluvial et le système social.

Carte des zones inondables et carte du risque inondation - fin 2013 : Les cartes doivent fournir des informations sur l'extension des inondations, la hauteur d'eau pour trois scénarios : crue de faible probabilité ou scénarios d'événements extrêmes; crue de probabilité moyenne (période de retour probable supérieure ou égale à cent ans); crue de forte probabilité. Les cartes doivent montrer les conséquences pour les trois scénarios en terme de : nombre d'habitants affectés ; type d'activités affectées ; les installations qui pourraient causer une pollution ; les zones affectées désignées pour la production d'eau potable ou eaux récréatives, ou zones protégées Directive Habitat ou (92/43EEC) Oiseaux (79/409/EEC).

Plan de gestion des risques d'inondation - fin 2015: Doit contenir les objectifs appropriés pour la gestion du risque inondation, en mettant l'accent sur la réduction des conséquences négatives potentielles d'une inondation pour la santé humaine, l'environnement, le patrimoine culturel et l'activité économique, et si cela est jugé approprié, sur des initiatives non structurelles et/ou la réduction de la probabilité de survenance des inondations.

1.3. Et leur application dans les nouvelles lois sur l'eau en Roumanie

La transposition de ces directives dans le droit roumain va non seulement modifier la gestion de l'espace fluvial, mais également transformer la vision de cet espace. Le premier tournant dans l'appréhension que les sociétés ont de l'espace fluvial, est né des suites des inondations majeures de 1970 et se concrétise par une législation. L'événement est devenu un acte fondateur du droit. Dans les années 2000, le processus est inverse. La loi précède l'évolution des mentalités et des pratiques car la législation provient d'une instance supérieure à laquelle doit se conformer la Roumanie. On assiste à une transposition de la vision européenne occidentale, qui est née de longues réflexions amorcées dès les années 70, à une Roumanie en pleine recomposition. La loi n'entérine pas une pratique mais en fait émerger de nouvelles. La transposition dans la loi française et dans les pratiques en France n'est pas sans poser de difficultés alors que la France a été jugée comme pionnière dans la gestion intégratrice de l'eau (avec dès 1966 la création des agences de bassin mais surtout la loi sur l'eau de 1992). Cette problématique est encore plus prégnante dans la gestion du risque inondation. Il ne s'agit pas seulement d'organismes ou de gestionnaires dont les pratiques doivent être modifiées, mais de l'évolution des mentalités de toute une population et d'acteurs. Passer du « combat contre les inondations » à « vivre avec les crues » est un processus que la loi ne

peut imposer. Cependant la volonté politique des autorités roumaines semble être forte et la communauté scientifique appuie cette démarche. Dans la présentation de la stratégie nationale de gestion des inondations, est mise en exergue cette évolution de paradigme d'un combat à un contrôle et une prévention du risque inondation¹.

Une *Stratégie Nationale de Gestion du Risque* est élaborée dont les objectifs sont la connaissance du risque inondation, la surveillance des crues, l'avertissement du public, la reconsidération du risque inondation dans toutes les activités, les mesures de prévention, la préparation aux situations d'urgence, la reconstruction et le retour d'expérience. Cette stratégie qui se comprend à plusieurs échelles, d'une stratégie nationale à une stratégie de bassin, se construit selon plusieurs étapes.

1.3.1. Les étapes de la stratégie de gestion du risque inondation

Stratégie Nationale de Gestion du Risque Inondation à court et moyen terme (2010-2015)

Il s'agit des premières étapes, déjà réalisées, dans la redéfinition de la gestion du risque inondation (Ministerul Mediului, 2009a). Elles s'organisent en trois temps :

A court terme (2010/2011): Evaluation de la connaissance du risque inondation. Actualisation et rectification des cartes du risque inondation. Recensement et analyse des biens exposés.

A court et moyen terme (2010/2011-2015): Elaboration et application des plans d'aménagement du risque inondation et des schémas directeurs.

A moyen terme (2010-2015): Amélioration des outils, méthodes et normes correspondant à l'évaluation du risque inondation. Mise en place de dispositions légales. Renforcement institutionnel.

Dans le cadre de la redéfinition des attributions et responsabilités dans la gestion des inondations au niveau national, la création de nouveaux acteurs permettrait une meilleure coordination et efficacité de la gestion du risque :

- Création au sein du **Conseil interministériel de l'Eau** d'un **secrétaire pour la prévention des inondations** et d'un **secrétariat technique** chargé du suivi des investissements et de l'application des stratégies et plans de gestion des bassins.
- Renforcement du rôle des **comités de bassin** : il approuve les plans d'aménagement de bassin, propose des travaux et programme de nouveaux aménagements. Il propose la révision des normes de gestion des eaux en concordance avec les normes internationales.

¹« *că se impun schimbări în modul de abordare a problemei apărării împotriva inundațiilor, trecând de la formele **defensive** de acțiune, la cele de **gestionare, de management al riscului la inundații.** » (HG 846 /2010)*

- Création d'un réseau **d'agents d'inondation**. 3 000 agents environ sur l'ensemble du territoire chargés de jouer le rôle d'opérateur auprès de la population pour une meilleure préparation de la population au risque inondation, au plan de défense et au plan d'évacuation. Soutien au recensement des dommages après une inondation.

Cette stratégie à court et moyen terme n'est que la première étape de la stratégie nationale. Depuis 2010 une stratégie à moyen et long terme est élaborée.

***Stratégie Nationale de gestion du risque inondation à moyen et long terme (période 2010 – 2035)
HG 846 /2010***

La définition de cette stratégie est réalisée à partir de la lecture des textes (Monitorul oficial al Românei, partea 1, nr 626/6.IX.2010) et de ses annexes (Ministerul Mediului, 2010ab) ainsi que des présentations et synthèse (Ministerul Mediului, 2008) de cette stratégie disponibles sur le site d'ANAR¹ et du Central and Eastern European Network of Basin Organization² (CEENBO).

Le Tableau 4 - 1 présente les objectifs spécifiques de la Stratégie Nationale de Gestion du Risque Inondation, selon trois volets qui reprennent les orientations de la Directive Inondation.

Les objectifs économiques et sociaux restent très généraux : ils sont théoriques sans précision de méthodes ou de moyens. On note la présence encore significative d'une protection des terres cultivées. Les objectifs environnementaux sont les plus développés en lien surtout avec l'application de la DCE. Le premier objectif environnemental est une avancée dans la gestion de l'espace fluvial puisque la régularisation ne se fait plus systématique. La rivière et les inondations n'ont plus une connotation uniquement négative avec la mention d'une « fonction écologique des inondations ».

Les objectifs restent certes assez généraux, néanmoins ils sont chiffrés (Tableau 4 - 2). On note deux orientations majeures :

- Une réduction chiffrée des dommages causés aux personnes et aux biens (maisons, infrastructures...) d'ici 2035, sans précision de moyens ou de méthodes.
- Une série de mesures pour réduire les zones inondées, répartie en deux catégories : la croissance de la capacité de transport des lits des rivières d'au moins 30 % en 2035 (sans en préciser les moyens) et l'extension/amélioration et utilisation plus rationnelle des mesures structurelles de lutte contre les inondations de type barrages et lacs d'accumulation. Ces mesures mènent à penser que la solution technique est encore privilégiée.

¹ <http://www.rowater.ro/default.aspx>

² <http://www.ceenbo.org/>

Tableau 4 - 1: Objectifs spécifiques de la Stratégie de Gestion du Risque Inondation à moyen et long terme (Ministerul Mediului, 2010a ; traduction F. Salit)

Objectifs économiques:

- Prévenir et minimiser les pertes économiques par la réduction du risque inondation dans les **zones habitées**.
- Prévenir et minimiser les pertes économiques par la réduction du risque inondation des **infrastructures** existantes.
- Prévenir et minimiser les pertes économiques par la réduction du risque inondation des **terres agricoles cultivées**.

Objectifs sociaux:

- **Information, consultation et participation du public** pour la stratégie et les plans de gestion du risque inondation.
- Réduire le risque inondation par l'intermédiaire de **prévisions justes et de système d'avertissements** efficaces.
- Réduire le risque inondation des **biens publics** (hôpitaux, écoles).
- Prévenir les **épidémies** et minimiser la détérioration de l'état de santé de la population.
- Assurer **l'accessibilité aux infrastructures** majeures (ponts, aéroports).

Objectifs environnementaux:

- Réduction de **l'altération et de l'influence anthropique** sur la géomorphologie du bassin hydrographique, en particulier du lit mineur (analyse au cas par cas de l'opportunité de travaux de régularisation) et de la plaine inondable.
- Examen des **fonctions écologiques des inondations** par recharge des aquifères ; fournir une **connectivité latérale** pour la reproduction d'espèces aquatiques.
- Création et/ou préservation **d'espace de liberté** pour les rivières en évitant que les travaux de défense et de rectification des cours d'eau s'étendent sur de longues distances (niveau local et impact cumulé).
- Répondre aux exigences de la **Directive Cadre sur l'Eau**.
- Prévenir la **pollution** des cours d'eau et des eaux souterraines.
- Protéger et améliorer la **qualité des terres** et si possible changer les **pratiques agricoles** pour prévenir et minimiser le ruissellement et les inondations associées.
- Conservation et **restauration des espaces naturels** tels que les forêts alluviales, les zones humides et les anciens lits de rivières.

Les données chiffrées ne convergent pas avec les principes et objectifs de la stratégie nationale car il ne s'agit pas uniquement de mettre en place une meilleure gestion des inondations par le biais de nouvelles pratiques, mais bien de réduire la superficie des zones inondées de plus de 60 % d'ici 2035.

Tableau 4 - 2: Essai de quantification des objectifs de la stratégie de gestion des inondations (Ministerul Mediului, 2010a ; traduction F. Salit)

Quantification des objectifs

- Réduction graduelle de la **superficie potentiellement inondable** (probabilité de dépassement de 1 %) de 1 028 millions d'ha (2006) à 400 000 ha (2035).
- Réduction du **nombre de personnes exposées** au risque inondation : de 930 000 logements en 2006 à 350 000 logements en 2035.
- Réduction du **nombre de vies perdues** d'une moyenne multi-annuelle (1969-2006) de 13/an à 2-3/an en 2035.
- Réduction graduelle **des dégâts** : 86 logements détruits sur 1 000 ha inondés en moyenne par an (période 1969-2006) à 40 logements détruits pour 1000 ha inondés (jusqu'en 2035).
- Réduction de la **vulnérabilité sociale des communautés** exposées aux inondations : -50 % d'ici dix ans et jusque -75 % à long terme (30 ans).
- Réduction graduelle des **dommages aux infrastructures** - 80 % en 2035 par rapport à 2006.
- Réhabilitation des **zones à forte vulnérabilité**/réaffectation annuelle d'au moins 400 km de digues de protection contre les inondations.
- **Croissance de la capacité de transport dans le lit mineur** des principaux cours d'eau d'au moins 30 % d'ici 2035 par des mesures d'entretiens des zones colmatées et la restauration de la rivière à son état initial.
- Corrélation entre les aménagements du lit et ceux des versants dans tous les bassins et sous-bassins pour une meilleure **réglementation des lacs d'accumulation à usages multiples**. Meilleure corrélation entre les volumes d'eau nécessaires pour ces usages et l'atténuation des inondations, avec pour objectif la croissance de l'atténuation des inondations de plus de 20 %.
- Remise en état annuelle d'au moins **20 km de dérivation**.
- Réhabilitation jusqu'en 2035 d'au moins **80 % des barrages et retenues d'eau** dont le rôle majeur est l'atténuation des inondations.
- Réduction de **50 % des zones à forte érosion** jusqu'en 2025. Mesures de reforestation pour réduire le ruissellement et conserver les sols, jusqu'à 50 000 ha.

La volonté première est de réduire le coût des inondations, par une baisse des biens exposés et par une réduction de l'aléa. Deux méthodes principales sont évoquées : la réhabilitation des aménagements existants (digues, barrages...) et la croissance de la capacité de transport des rivières.

1.3.2. Les trois volets de la Stratégie de Gestion du Risque Inondation

Les trois principaux volets de la stratégie roumaine coïncident avec les trois temps de gestion des inondations : la prévention, la gestion de crise et l'après-crise. Encore une fois, les objectifs sont fondés sur les directives européennes et restent très généraux.

Tableau 4 - 3: Principales activités de la gestion du risque inondation. (Ministerul Mediului, 2010ab ; traduction F. Salit) *En italique sont indiquées les activités relevant de mesures non-structurelles.*

Activités de prévention:

- *Eviter la construction de logements et d'objectifs sociaux-culturels et/ou économiques dans les zones potentiellement inondables, grâce à un document d'urbanisme présentant les données sur les crues antérieures et adapté au développement possible du risque inondation.*
- Réalisation de mesures structurelles de protection (barrages, digues, dérivation, consolidation des berges, zones humides).
- *Réalisation de mesures non-structurelles (contrôle de l'utilisation du lit, élaboration de plan de bassin de réduction du risque inondation, système d'alerte, information au public) (...).*
- *Promouvoir de bonnes pratiques d'utilisation des terres agricoles et des forêts (...).*
- *Installation des systèmes de prévision, de prévention et d'alerte en cas d'inondation.*
- Entretien des infrastructures existantes de protection contre les inondations et des aménagements qui protègent les ponts.
- *Education des populations au risque inondation et conseils de comportements en situation d'urgence.*

Activités de gestion de situation d'urgence :

- *Collecte de données en temps réel.*
- *Détection de la formation des inondations ; prévision de l'évolution et de la propagation des crues.*
- *Avertissement des autorités et de la population sur l'ampleur, la gravité et le moment de l'inondation.*
- *Organisation et intervention des pouvoirs publics et de la population pour les situations d'urgence.*
- *Fournir les ressources (matérielles, humaines et financières) au niveau du département.*
- Adapter le fonctionnement des ouvrages (barrages, réservoirs) selon les conditions prévues.

Activités post-crise :

- Aider à répondre aux besoins immédiats de la population touchée par la catastrophe.
- Reconstruction des bâtiments endommagés, des infrastructures et des systèmes de protection contre les inondations.
- *Retour d'expérience et amélioration du processus d'intervention.*
- *Réexamen des zones vulnérables après chaque crue historique.*

Ces mesures reprennent les objectifs européens sans s'adapter à la situation de la Roumanie. Le premier point sur la prise en compte du risque inondation dans les documents d'urbanisme en est un exemple. Dans son travail sur l'urbanisation des vallées dans le Banat Roumain, Farcasiu (2012) pointe les réelles difficultés de mise en application et de respect de ces documents d'urbanisme. Elle cite l'exemple de documents législatifs antérieurs (Loi 575/2001 relative à l'approbation du plan d'aménagement du territoire national- article v) établissant des règles de construction en zone inondable. Des bâtis ont été déclarés comme illégaux mais non démolis face à la grave pénurie de logements qui affecte la Roumanie. La population exposée à un risque élevé est avertie et doit signer un formulaire selon lequel elle n'a le droit à aucune indemnisation publique en cas d'inondation. Cet exemple nous montre que la gestion intégrée de l'eau et du risque inondation est encore un objectif théorique qui se heurte à la réalité du terrain.

1.3.3. Les acteurs de la gestion du risque inondation

Les acteurs nationaux et régionaux. Deux cas de figures sont présentés : la gestion du risque inondation et la gestion des situations d'urgence. La gestion du risque inondation est sous l'autorité principale du Ministerul Mediului (MMP) au niveau national et de l'Administration Nationale des « Eaux roumaines » (ANAR) (et de ses 11 administrations de bassin) et de l'institut Nationale d'hydrologie et de gestions de l'eau (INHGA) au niveau régional. Le Ministère de l'Administration et de l'Intérieur coordonne les interventions en cas de situations d'urgence qui affectent la sécurité publique. En cas de situation d'urgence, les différents ministères interviennent dans leurs champs d'action (Ministère de l'Environnement et de la Gestion des Eaux, Ministère de l'Agriculture et des Forêts, Ministère des Transports, Ministère de l'Education et de la Recherche...) sous la coordination du Comité Interministériel de la Gestion de l'Eau (conduit par le Secrétaire aux inondations) auxquels il faut ajouter la coordination avec tous les organismes publics : ANAR, ANM, INHGA ainsi que le comité national pour les situations d'urgence. Toutes ces composantes se déclinent au niveau départemental (judet) et local. La Figure 4 - 1 présente l'organisation des acteurs pour la gestion du risque inondation et des situations d'urgence, détaillée jusqu'à l'échelon de la localité. Ce schéma, appelé « schéma du flux décisionnel » est pris pour l'exemple du bassin du Siret et de la commune de Vulturu.

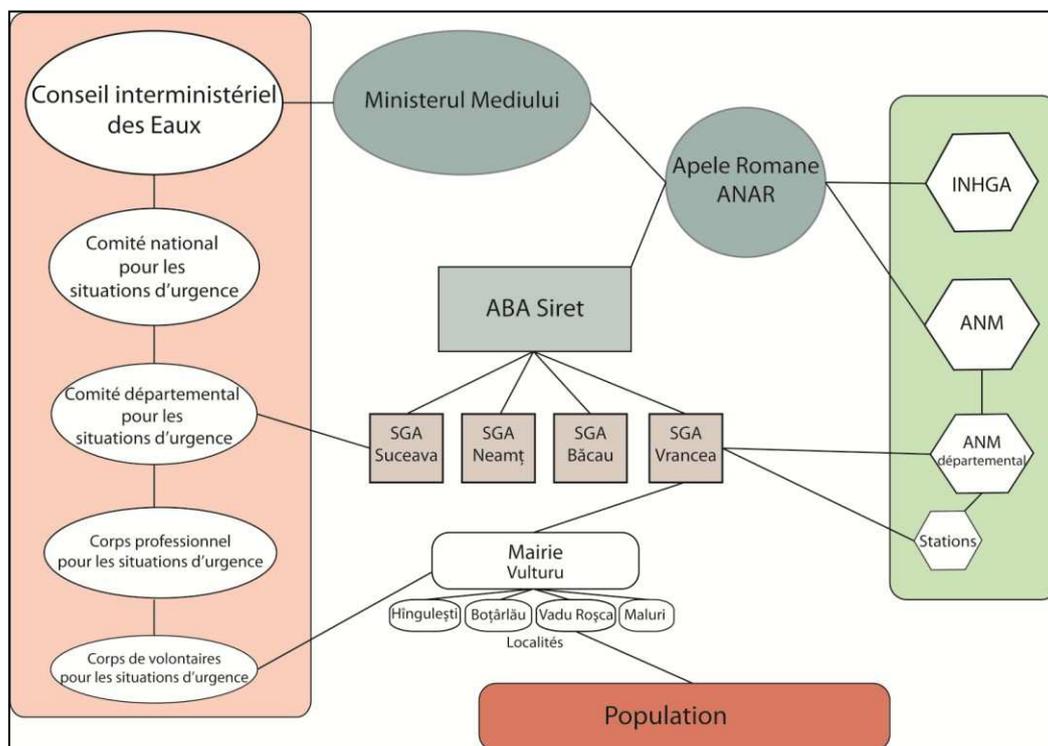


Figure 4 - 1: Schéma du flux décisionnel pour la gestion du bassin du Siret et en situation d'urgence. (ANM : Administration Nationale de la Météo roumaine ; ANAR : Administration Nationale des « Eaux roumaines » ; INHGA : Institut national d'hydrologie et de gestion de l'eau ; SGA : Système de gestion des eaux)(Ministerul Administrației și Internelor, 2009; Ministerul Mediului 2010ab ; Primarul de Vulturu, 2010a)

Les acteurs européens : les apports de l'intégration européenne dans la coopération entre pays membres

L'intégration à l'Union européenne de la Roumanie a également formalisé et simplifié les relations bilatérales qui pouvaient exister entre les pays d'Europe. La coopération Pays-Bas-Roumanie, effective dès 1995 dans le domaine de la gestion de l'eau, s'est accrue en 2007 par la perspective de l'ouverture d'un nouveau marché économique. De nombreux programmes associant partenaires publics et privés ont été développés dont l'objectif était un transfert de compétence et de connaissance particulièrement dans la gestion des inondations. Dans ces travaux, Vinke-de Kruijf *et al.* (2011, 2013) exposent l'objectif de certains de ces projets mais surtout les difficultés rencontrées dans leur mise en application. Ils mettent l'accent sur le rôle du contexte historique, culturel et économique dans l'effectivité des transferts de compétence entre les deux pays. Trois cas sont développés :

- **Développement d'un plan d'aménagement pour créer de « l'espace pour la rivière »** (« *Room for the River* ») dans la plaine d'inondation du Danube aval de 2006-2009. L'objectif est de créer plus d'espace pour la rivière au lieu de surélever des digues. Il en a résulté trois projets conceptuels qui auraient pu réduire le risque inondation le long du Danube. Mais les autorités roumaines n'ont pas utilisé ces résultats et « les ont même ignorés » (Vinke-de Kruijf *et al.*, 2011).
- **La mise en place d'un système d'information et d'alerte inondation (FLIWAS)** dans la région du Banat entre 2009-2010. Par manque de ressources et de moyens, le projet pourtant mis en place n'a jamais été utilisé.
- **Le développement d'un Master plan pour une gestion intégrée de l'eau dans le bassin de la rivière Tecucel** en 2007. Il n'y avait pas les ressources nécessaires pour mettre en place les résultats.

Malgré la motivation des acteurs et l'enthousiasme d'une coopération bilatérale, aucun des trois projets n'a eu de réalisation effective. Deux causes majeures sont évoquées : le manque de moyens alloués et le manque d'appui à l'échelle nationale. Le transfert de compétence à l'échelon régional apparaît comme la première pierre d'achoppement à la réalisation de projets et de prise de décision.

La mise en place de ces nouvelles stratégies et les premières tentatives de réalisations témoignent d'un écart encore marqué entre théorie et pratique que l'on peut retrouver au sein du bassin du Siret.

2. De la théorie à la pratique dans le bassin du Siret

Le nombre de documents législatifs en lien avec l'adaptation des lois aux textes européens s'est accru ces dernières années particulièrement dans le domaine de l'environnement. Mais la fragmentation des institutions limite la mise en place d'une réelle gestion intégrée de l'eau. L'ANAR a en charge les problèmes de gestion de l'eau, les infrastructures et la mise en application de la DCE alors que l'Agence Nationale pour la protection de l'Environnement gère les autres problèmes environnementaux (air, sol, biodiversité...) et leur lien avec l'eau (Teodosiu, 2007). Ces divergences entre la théorie et la pratique à l'échelle nationale, la multiplicité des acteurs ou la difficile décentralisation des pouvoirs, se retrouvent à l'échelle du bassin versant du Siret.

2.1. D'une volonté de gestion intégrée

Deux volets ont été développés dans la gestion du bassin du Siret : le premier concerne le plan d'aménagement du bassin qui établit un diagnostic et propose une stratégie générale. Le second volet est plus axé sur la gestion concertée du risque inondation.

2.1.1. Le plan d'aménagement de bassin

Réalisé en 2004 et révisé en 2010, le plan de gestion du bassin hydrographique du Siret (Ministerul Mediului et ANAR, 2010ab) est le premier état des lieux établi à cette échelle. Le plan de l'ouvrage reprend les grandes lignes directrices de la DCE :

- Présentation générale du bassin
- Caractéristiques des eaux de surface et des eaux souterraines
- Identification et cartographie des aires protégées
- Suivi et caractérisation de l'état des eaux
- Objectifs environnementaux et programme de mesures
- Analyse économique
- Analyse quantitative et changement climatique
- Information, consultation et participation du public
- Problèmes et incertitudes

Le document est établi à partir de la base de données de l'organisme de bassin du Siret. Il met en place un état des lieux, seulement à l'échelle du bassin, des activités susceptibles de nuire au *bon état écologique* : villes, industries et activités agricoles (pollution, rejets et traitement des eaux usées). L'accent est mis sur l'usage de l'eau et la qualité de la ressource en eau. Les mesures et projets restent des grandes lignes directrices, s'appuyant sur les objectifs de la stratégie nationale, sans exemples précis. Une sous-partie évoque l'impact hydromorphologique possible des activités

humaines (régularisation, endiguement et exploitation de graviers) sur l'espace fluvial mais l'étude ne spatialise pas ces informations. Ainsi il ne s'agit pas d'un plan d'aménagement à proprement parler, mais une étude diagnostic du bassin. Les principales difficultés d'utilisation de cet ouvrage sont l'aspect théorique (pas spécifiquement appliqué au Siret) et les cartes du bassin peu lisibles, notamment la typologie de l'état des rivières.

En 2009, sur les 382 masses d'eau de surface du bassin du Siret (sous gestion de l'ABAS), 11,2 % ont un état écologique considéré comme très bon (ce qui représente 25 % du linéaire total), 84,2 % comme bon (65 % du linéaire), et 4,4 % comme moyen (Dăscălița, 2011). Mais sur ces 382 masses d'eau, seules 64 font l'objet d'une surveillance et de mesures. Les autres sont considérées comme pas ou faiblement exposées à une pollution.

2.1.2. Les premières étapes de la gestion du risque inondation dans le bassin du Siret

En pratique les premières étapes de la stratégie sont calées sur le calendrier de la Directive européenne. La première étape qui s'achève en décembre 2011 - Evaluation première du risque inondation (EPRI) - se propose d'identifier les inondations historiques significatives et les zones à risque potentiel significatif. La seconde étape, prévue pour décembre 2013, consiste en l'élaboration d'une carte d'aléa (HH) et d'une carte de risque (HRI). Enfin la dernière étape est un plan de gestion du risque inondation élaboré sur la base des cartes précédentes.

L'EPRI a déjà été réalisée pour tous les bassins de Roumanie (ABAS, 2013ab). 36 événements historiques ont été identifiés pour les rivières intérieures (hors Danube). Parmi les critères choisis (Tableau 4 - 4) la priorité a été donnée aux conséquences sur la santé humaine et sur les activités humaines. Pour le bassin du Siret sous gestion de l'organisme ABAS, 7 événements ont été identifiés (1970, 2005, 2006, 2008 et 2010). L'événement de référence pour le secteur du Siret inférieur est l'inondation de juillet 2005. Le bassin du Siret est le bassin concerné par le plus d'événements qui ont provoqué le plus de victimes (Figure 4 - 2).

Les seuils utilisés témoignent des limites atteintes par la définition d'événements significatifs. L'objectif est de sélectionner des événements non pas par leur caractéristiques physiques exceptionnels, mais par la vulnérabilité des populations exposées. Mais cette vulnérabilité est abordée sous l'angle unique des dommages matériels avec des seuils mal adaptés.

Deux cartes sont issues de cette première étape : une carte des inondations historiques significatives et une carte des zones à risque potentiel. Cette seconde carte est réalisée grâce au croisement des informations sur les inondations historiques significatives et la réalité du territoire de nos jours. Les informations prises en compte sont le nombre d'habitants par localité, les infrastructures et les terres agricoles.

Tableau 4 - 4: Critères d'identification des inondations historiques significatives pour établir la carte des zones potentiellement inondables. (www.rowater.ro; traduction, F. Salit)

| Critères / Types de conséquences | Indicateurs | Valeurs |
|--|---|--|
| Conséquences sur la santé humaine | Perte de vie humaine | Minimum 10 personnes décédées ou disparues |
| | Nombre d'objectifs sociaux affectés | Minimum 2 objectifs sociaux affectés (Mairie, école, hôpital...) |
| | Nombre d'objectifs économiques affectés | Minimum 10 objectifs économiques affectés |
| Conséquences sur les activités économiques | Nombre de km de routes affectées | Minimum 200 km de routes affectées |
| | Nombre de maisons affectées | Minimum 100 maisons par événement ou minimum 30 par zone / localité qui ont été atteintes par un événement ponctuel de forte intensité |
| Conséquences sur l'environnement | Nombre de zones protégées affectées | Minimum 1 objectif affecté |
| Conséquences sur le patrimoine culturel | Nombre d'objectifs affectés – églises, monastères | Minimum 1 objectif affecté |

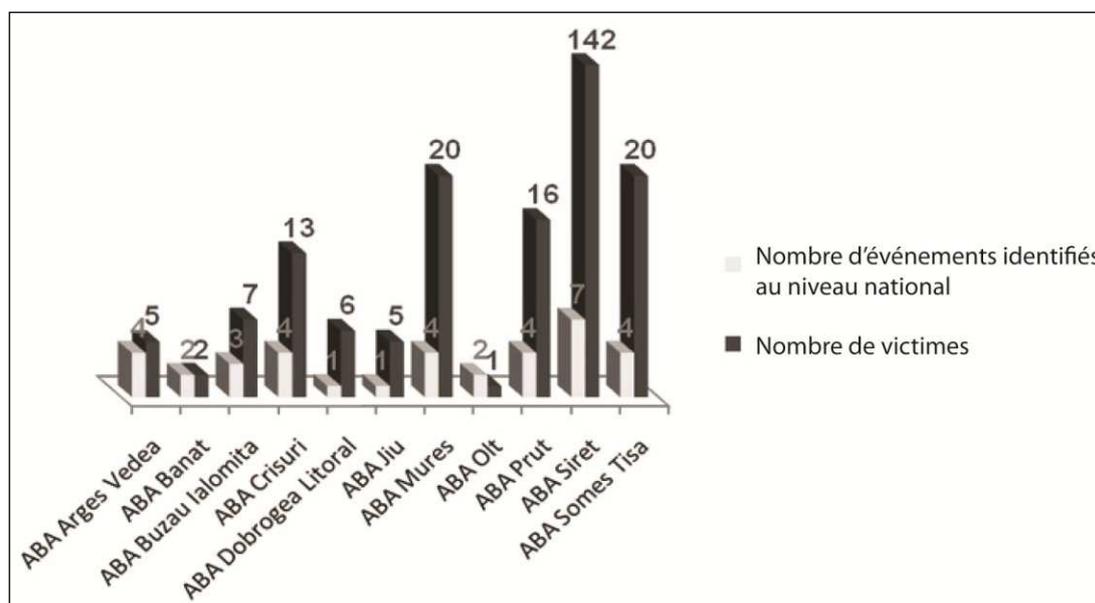


Figure 4 - 2: Nombre d'événements significatifs à l'échelle nationale et de victimes par organisme de bassin (Source : ANAR) ABAS 7 événements significatifs et 142 victimes.

<http://www.rowater.ro/Directiva%20analizat%20statistic/Directiva%20analizata%20statistic.aspx>

La Figure 4 - 3 montre le résultat de l'étude pour le bassin du Siret. La quasi-totalité du cours du Siret a été touché par un événement significatif, ainsi que ses principaux affluents. La plaine du Siret inférieur apparaît comme la plus touchée et la plus vulnérable à une inondation potentielle. Les critères utilisés surtout celui des terres agricoles impliquent la délimitation d'une zone vulnérable étendue dans la plaine inférieure du Siret.

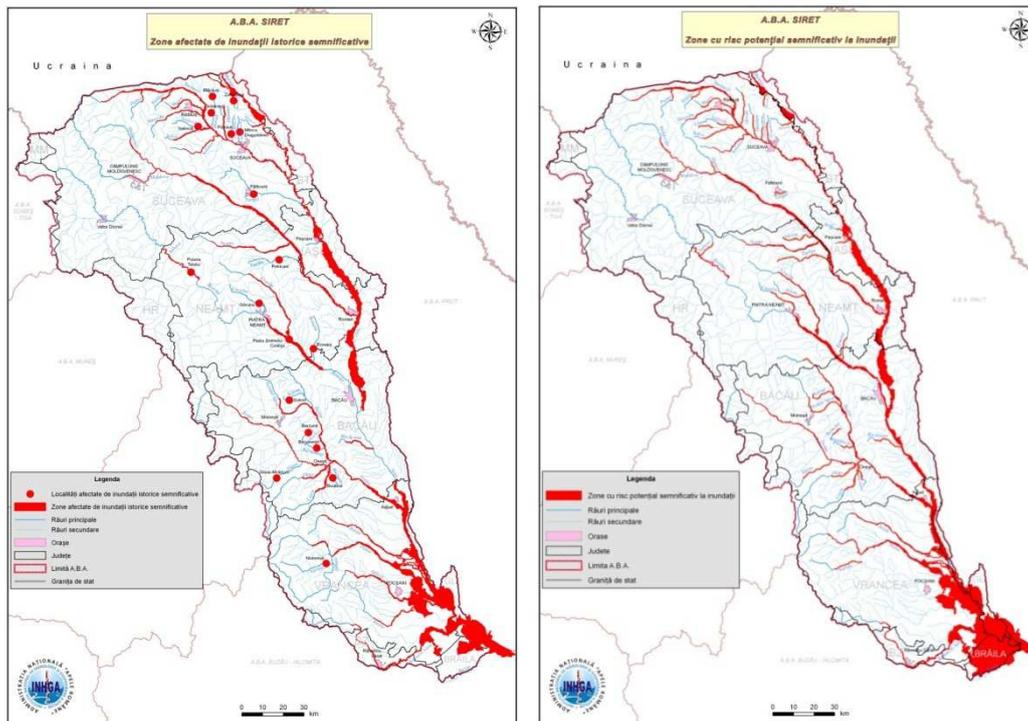


Figure 4 - 3: Zones affectées par des inondations historiques significatives dans le bassin du Siret – indiquées en rouge (à gauche). Zones à risque potentiel significatif – indiquées en rouge (à droite) (ABAS, 2013ab)

Ces cartes ne sont qu'une première étape dans la définition d'une carte des risques. Mais la différence entre elles reste encore floue. La deuxième étape prévoit l'élaboration d'une carte de l'aléa et d'une carte de risque. La première est établie à partir des résultats obtenus de la modélisation hydraulique et hydrologique. Elle représente l'étendue des zones inondées pour une période de retour spécifique. La seconde est la combinaison entre la probabilité d'apparition d'une inondation et les effets négatifs potentiels sur la population. Mise à part l'introduction des périodes de retour, ces cartes ne devraient pas différer des précédentes, les mêmes critères ayant été utilisés. Le changement d'échelle apporterait une valeur ajoutée à ce travail, dans la délimitation plus fine des zones à risque. Ces cartes de risque doivent être incluses dans le plan d'urbanisme général et un régime spécial de construction doit être mis en place dans les zones inondables. Mais son application doit encore être démontrée (Farcasiu, 2012).

2.2. A la réalité de la gestion du territoire

L'inadéquation entre le bassin hydrographique et le territoire des gestionnaires est le premier écueil à la mise en place d'une gestion intégrée. Le bassin du Siret est découpé en trois zones de gestion (Figure 4 - 4) séparant les affluents Buzău et Bârlad de la zone de gestion principale : ABAS, ABA Prut-Bârlad et ABA Buzău-Ialomița. Seul 57 % de la superficie du bassin du Siret est sous l'autorité de l'Administrația Bazinală de Apă Siret (ABAS) (Tableau 4 - 5). L'ABAS est divisé en 4 Systeme de Gospodărire a Apelor (SGA) et 2 Systeme Hidrotehnice (SHI).

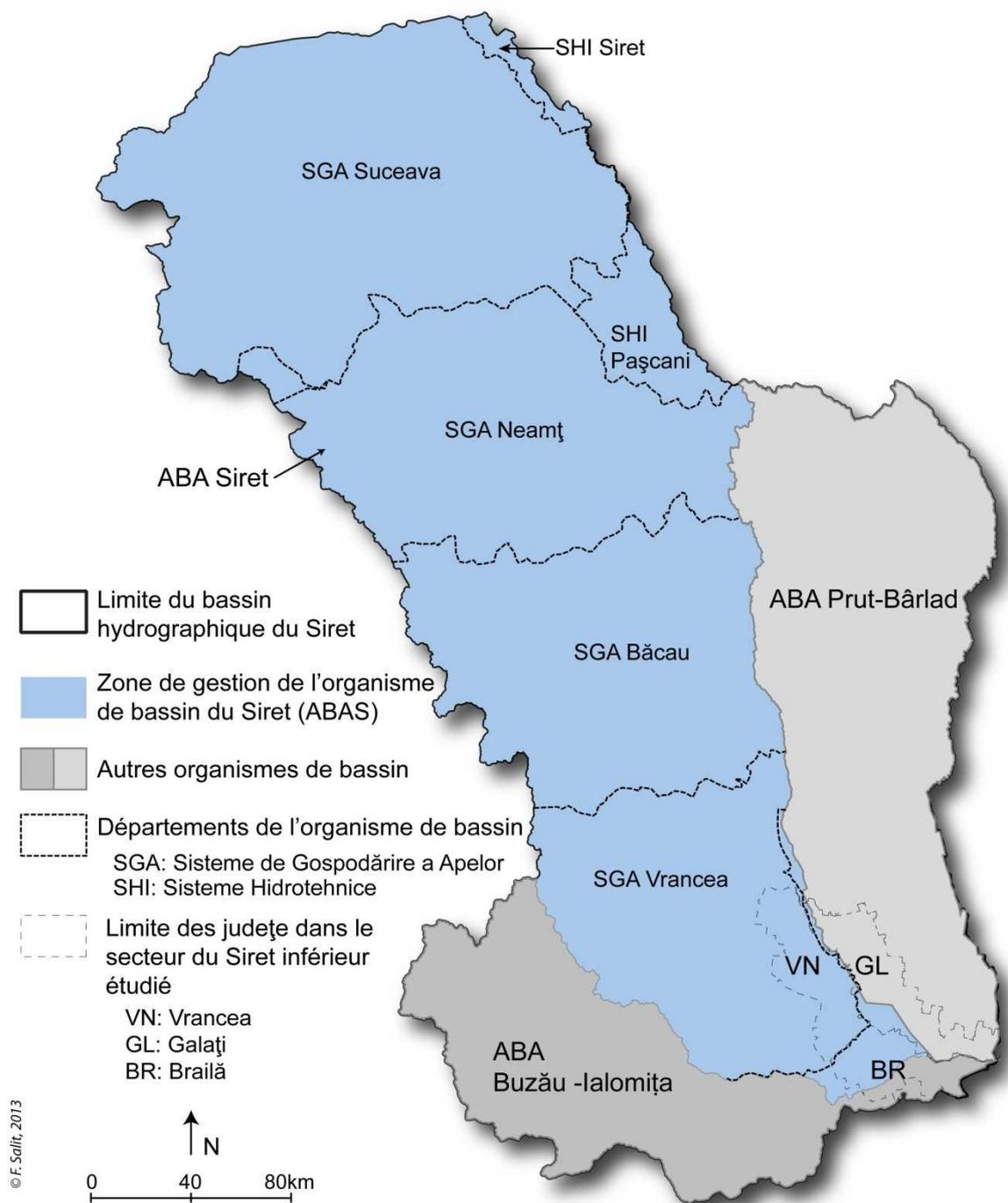


Figure 4 - 4: Zones de gestion du bassin versant du Siret : du bassin hydrographique à la fragmentation des zones de gestion. ABAS : Administrația Bazinală de Apă Siret

Tableau 4 - 5: Caractéristiques du bassin versant du Siret selon les zones de gestion (Dăscălița et al., 2008)

| | |
|--|------------------------------|
| Superficie total du bassin versant du Siret | 47 610 km² |
| En Roumanie | 42 890 km ² |
| Sous gestion de l'ABAS | 27 402 km ² |
| Longueur total du réseau hydrographique | 15 836 km |
| En Roumanie | 15 157 km |
| Sous gestion de l'ABAS | 10 280 km |

Les limites de gestion se compliquent sur le secteur du Siret inférieur où non seulement les affluents majeurs, mais aussi les deux rives du Siret ne font pas partie de l'ABAS. D'après l'article 1 du texte officiel qui établit les statuts de l'ABAS « la superficie du bassin en rive gauche du Siret en aval de Cosmești est sous l'administration de l'Administrația Bazinală de Apă Prut-Bârlad et celle de rive droite en aval de Nămoaloasa, sous celle de l'Administrația Bazinală de Apă Buzău-Ialomița » (ANAR, 2011) (Figure 4 - 5). Certes la loi et les directives sont les mêmes à l'échelle du pays, mais d'après les entretiens avec des mairies du județ de Galați, il s'avère que l'application des directives n'est pas la même. La direction du SGA Vrancea elle-même, ainsi que le représentant de l'organisme du bassin du Siret ont admis que cette fragmentation des responsabilités était dommageable pour la cohérence de la gestion du bassin versant.

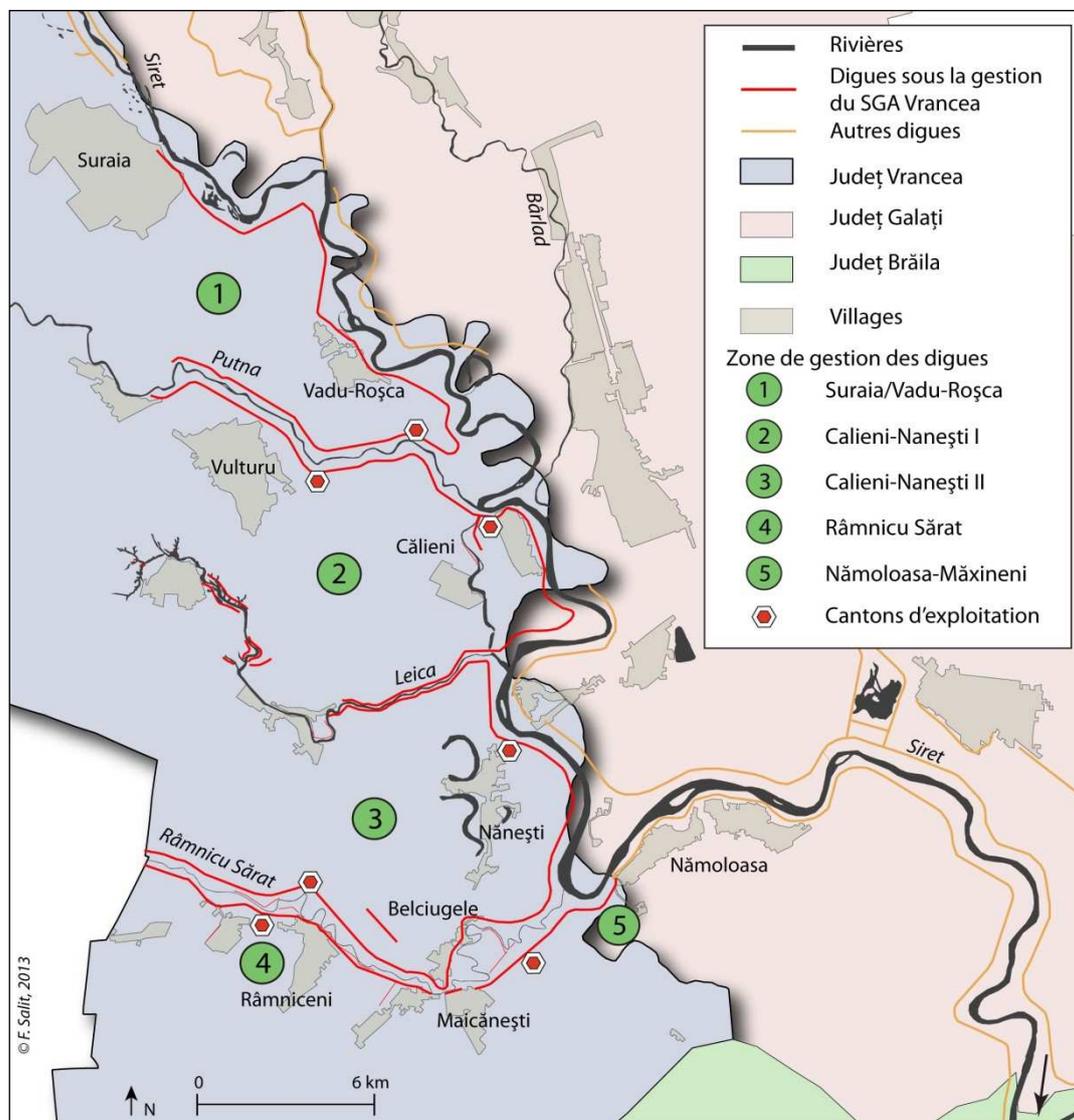


Figure 4 - 5: Zones de gestion du SGA Vrancea sur le Siret inférieur. Les limites des județe correspondent aux limites de gestion des SGA et des organismes de bassins. Les rives gauche et droite du Siret n'appartiennent pas aux mêmes organismes de bassins. Seul le lit du Siret lui-même est sous l'autorité de l'ABAS

Au sein même de la zone de gestion du SGA Vrancea, des incohérences de compétence territoriale apparaissent. On peut les déceler à travers l'étude du réseau de digues géré par le SGA Vrancea. Le réseau est tronqué de toutes digues se situant en rive gauche du Siret, cette zone étant sous l'autorité du SGA Galați. De même la zone Nămolosa-Măxineni est divisée en deux : 5 km de digues (N°5 sur la Figure 4 - 5) sont sous l'autorité du SGA Vrancea et le reste du secteur de Galați. De plus le réseau de digues de Suraia en amont du pont de la voie ferrée, pourtant dans le territoire de compétence du SGA Vrancea, est sous l'autorité des chemins de fer roumains ; un « trou » d'une dizaine de kilomètres de rivière apparaît dans la gestion de l'espace fluvial de l'organisme.

La politique publique sur la gestion des inondations et de l'espace fluvial a beaucoup évolué depuis les années 40 sous l'impulsion des nouvelles orientations économiques de l'Union européenne et de la nouvelle perception que les acteurs ont du risque. Le Tableau 4 - 6 résume, selon les critères d'analyse des politiques publiques (Bressers et Kuks, 2003), ces évolutions étudiées en 2^{ème} et 4^{ème} Parties.

Tableau 4 - 6: Analyse des politiques publiques sur la gestion des inondations (critères d'après Bressers et Kuks, 2003; éléments 2000-2013 : modifiés d'après Vinke-de Kruijf *et al.*, 2010 et Vinke-de Kruijf, 2013)

| | 1940-2000 | 2000-2013 | Difficultés |
|--|---|--|---|
| Perception et objectifs | Lutte contre les inondations | Gestion des inondations; Réduire la vulnérabilité | Ecart théorie et pratique/économie et environnement |
| Niveau et échelle de gouvernance | Etat | Introduction du niveau européen. Accroître coopération entre les niveaux | Coopération pas encore opérative Fragmentation des zones de gestion |
| Les acteurs de la politique | Comité de bassin rôle surtout sur l'aspect quantitatif de la gestion de l'eau. Etat acteur majeur | Comités de bassin. Comité interministériel de gestion du risque inondation Renforcement du rôle de l'ANAR | Mise en place difficile de la participation du public Peu de réel pouvoir des acteurs locaux |
| Stratégies et instruments | Stratégie de protection totale. Pas de rapport coût/bénéfice | Accroître les mesures non-structurelles; nouveaux instruments de mesures | Mesures structurelles et gestion de crise privilégiées |
| Responsabilités et ressources de l'implantation | Etat propriétaire des infrastructures | Transfert de la propriété des digues aux gestionnaires de l'eau; augmentation des fonds issus de l'Etat et de l'UE; augmentation des données et de l'information | Données pas accessibles à échelle locale. Projets non appliqués. Manque de moyens financiers |

Le changement de paradigme, de la « lutte » à la « gestion » des inondations, est effectif depuis les années 2000. Il se traduit par une réorientation des objectifs et des aménagements et par l'implication de nouveaux acteurs à d'autres échelles de gouvernance. Néanmoins la mise en place des nouvelles stratégies demande encore des ajustements essentiellement dans l'effectivité des nouvelles échelles de gouvernance (du supra-national à l'échelon régional). Le transfert de compétence aux acteurs régionaux et locaux et leur réelle capacité à prendre des décisions est un point qui reste problématique au regard des héritages politiques de la Roumanie.

Face à ces nouvelles mesures, quelles applications concrètes peut-on constater sur le territoire roumain et en particulier dans le bassin du Siret ? Les mesures structurelles de gestion des inondations apparaissent comme la réponse la plus répandue (chapitre 2) alors que parmi les mesures non-structurelles, la gestion de crise prime sur la sensibilisation du public (chapitre 3).

Chapitre 2 – Impact sur l’aménagement et la gestion du Siret inférieur

La mise en place des nouvelles stratégies de gestion des inondations et de l’espace fluvial est récente. Néanmoins depuis le début des années 2000, on constate une évolution de l’aménagement sur le Siret inférieur. Ces pratiques ne sont pas sans poser des difficultés aussi bien dans les moyens engagés que dans les objectifs à atteindre.

1. Entre nécessités économiques et environnementales

D’après un sondage réalisé en 2008 par la Commission Européenne, 52 % des Roumains estiment que « la croissance économique a la priorité, même si elle affecte l’environnement » (pourcentage le plus élevé après l’Italie (53 %) - 40 % pour la France et moyenne de 34 % pour l’ensemble des pays européens - Commission Européenne, 2008). La mise en place d’une politique européenne commune dans les domaines tels que l’agriculture ou l’environnement se heurte aux différences tant socioculturelles qu’économiques des Etats membres (exacerbées depuis l’intégration des nouveaux Etats membres qui ont changé l’équilibre des forces). Les nouvelles stratégies de gestion de l’espace fluvial et des inondations témoignent de cette difficile conciliation des nécessités économiques et environnementales. Deux exemples illustrent ces priorités divergentes des instances européennes et roumaines : l’exploitation des graviers en lit mineur et la protection des terres agricoles contre les inondations.

1.1. L’exploitation des graviers et les espaces protégés

Le secteur européen de la construction est fortement dépendant de l’apport en matière première. Les rivières ont historiquement été une source attractive de graviers. Elles fournissent un stock trié et rapidement utilisable de graviers et sables. L’exploitation des graviers peut prendre plusieurs formes :

- Trois types d’exploitations **en lit mineur** peuvent être distingués : l’exploitation immergée (*wet-pit*) menée sous le niveau de l’eau dans le chenal à l’aide d’excavatrices; l’exploitation à sec (*dry-pit*) menée dans un chenal secondaire temporairement hors d’eau ; et l’exploitation dans des bancs alluviaux de profondeur variable mais jamais sous le niveau de l’eau (Kondolf, 1994).
- L’exploitation **en lit majeur**, dans des chenaux abandonnés ou la plaine alluviale.

De nombreuses études (Kondolf, 1994; Bravard *et al.*, 1997; Kondolf, 1997; Surian et Rinaldi, 2003; Rinaldi *et al.*, 2005) ont montré les impacts hydrologiques, morphologiques et environnementaux parfois irréversibles de cette industrie : incision du chenal en amont et en aval, instabilité latérale du lit, baisse de la nappe alluviale, déconnexion du lit mineur de la plaine d'inondation, effets sur la fréquence des inondations et fragilisation des infrastructures. Consciente de cette problématique, la Commission européenne (2010) a publié un « document d'orientation sur la mise en œuvre de nouvelles activités extractives non énergétiques conformément aux critères Natura 2000 » dont l'objectif est de donner des lignes directrices pour que l'extraction des matières premières soit réalisée « en gardant à l'esprit la nécessité de protéger le milieu naturel ». La Roumanie a désigné 381 sites pour le réseau Natura 2000, dont 108 Zones de Protection Spéciale (SPA) et 273 Sites d'Importance Communautaire (SCI) en accord avec les directives Oiseaux (79/409/CEE) et Habitats (92/43/CEE). 4 de ces zones protégées se situent dans la plaine du Siret inférieur : la SPA *Lunca Siretului Inferior* et la SCI *Lunca Siretului Inferior* qui recouvrent la quasi-totalité du cours du Siret inférieur, et les SPA *Măxineni* et SCI *Pădurea Torcești* (Figure 4 - 6).

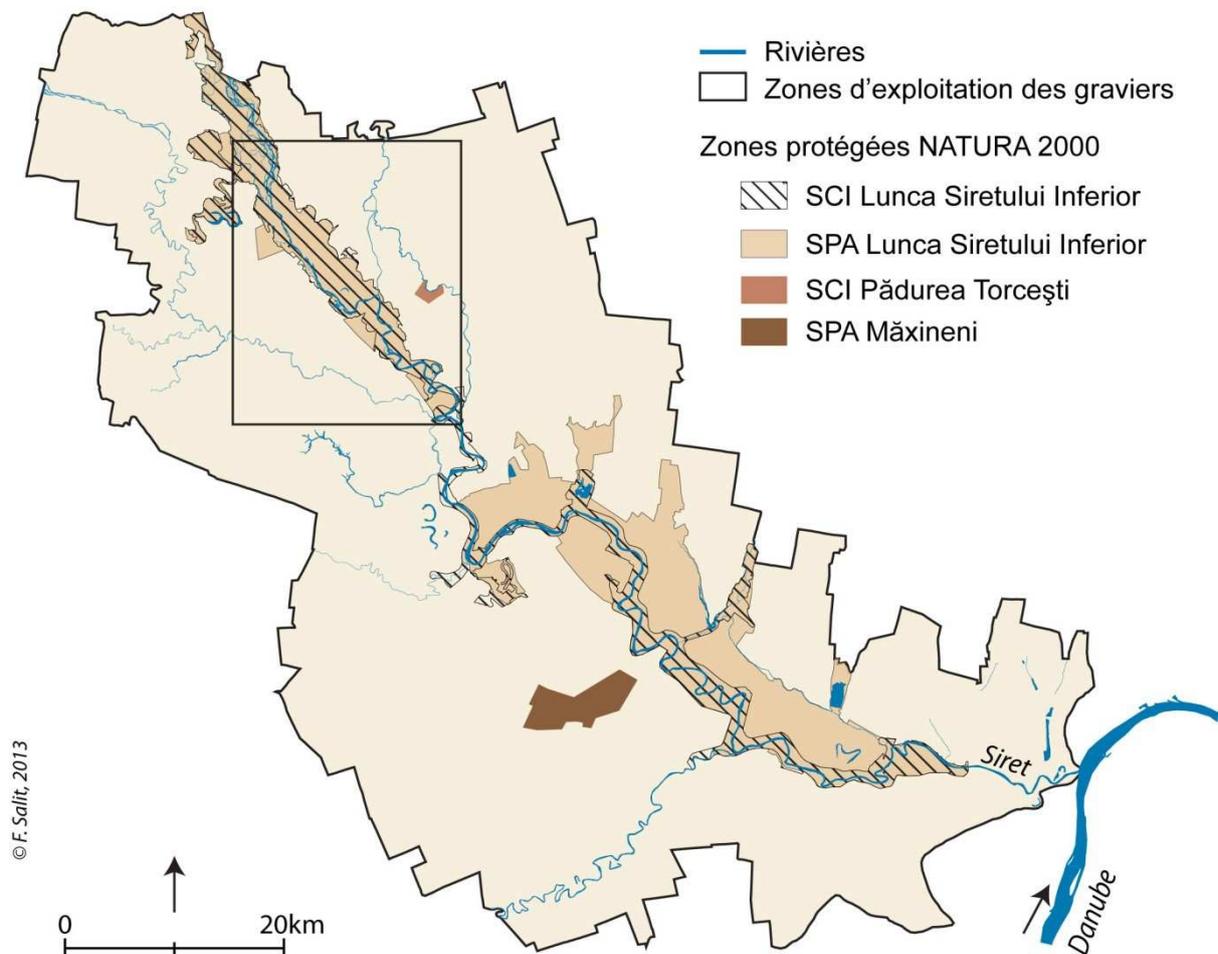


Figure 4 - 6: Localisation des sites protégés NATURA 2000 dans la vallée du Siret inférieur.
 SPA: Zone de protection spéciale. SCI: Sites d'importance communautaire

En Roumanie l'exploitation est autorisée en lit mineur comme dans d'autres pays du globe (dont les Etats-Unis) si cette exploitation est réalisée à des fins de régularisation et de reprofilage du lit.

Article 33, alinéa (2) de la Loi sur l'Eau 107/1996

« **Dreptul de exploatare a agregatelor minerale din albiile sau malurile cursurilor de apă**, cuvetele lacurilor, bălților, prin exploatări organizate, se acordă de autoritatea de gospodărire a apelor numai în zone care **necesită decolmatare, reprofilarea albiei și regularizarea scurgerii**, pe baza unui studiu tehnic zonal privind influența exploatării asupra cursului de apă și pe baza avizului și autorizației de gospodărire a apelor, cu avizul deținătorilor de lucrări hidrotehnice în albie din zonă. » *Le droit d'exploiter les granulats des lits ou des berges des cours d'eau, des bassins lacustres et des étangs pour une exploitation organisée n'est octroyé par l'autorité de gestion des eaux que dans les zones qui nécessitent le décolmatage, le reprofilage du lit et la régularisation des écoulements, sur la base d'une étude technique zonale portant sur l'influence de l'exploitation sur le cours d'eau et sur la base de l'avis et de l'autorisation des gestionnaires de l'eau, avec l'avis des détenteurs des travaux hydrotechniques dans la zone du lit.*

Depuis l'instauration de ces zones protégées Natura 2000, l'autorisation d'exploitation des graviers est soumise à une étude d'impact sur l'environnement (EIE) et réglementée par des mesures restrictives. L'objectif de cette partie est d'établir un état des lieux de l'exploitation des graviers sur le Siret inférieur, d'en analyser la gestion au regard des normes européennes de protection de l'environnement et d'en évaluer l'impact sur la gestion de l'espace fluvial et du risque inondation.

1.1.1. Etat des lieux de l'exploitation des graviers depuis 2005

Le bassin du Siret est un bassin historique de ressources extractives non-minières depuis la période communiste entre 1960 et 1989. Le bassin du Siret représentait, dans les années 90, plus de 33 % des ressources en graviers disponibles en Roumanie (Ilie, 2007). Après une baisse à la chute du communisme, l'exploitation connaît une croissance de son activité dans les années 2000. En 1997, 2 104 000 m³ ont été extraits dans le bassin du Siret (296 exploitations dont 164 en lit mineur – Ilie, 2007) alors que l'exploitation atteint 3 017 844 m³ en 2006 (Ministerul Mediului, 2010a).

Deux sources permettent d'établir un état des lieux de l'exploitation des graviers sur le Siret inférieur :

- La reconnaissance visuelle sur les **images satellites et orthophotoplans** des sites d'exploitations, des zones de tris des graviers et des excavatrices. Les images satellites proviennent des images Google Earth du 06/04/2009, 04/05/2010, 08/06/2010 et du 05/05/2012, selon les secteurs. Les orthophotoplans sont disponibles pour l'année 2005 (sans

précision de dates). De plus l'Agence Națională de Cadastru și Publicitate Imobiliară (ANCP) a développé un site de consultation des orthophotoplans de 2005, 2009 et 2010, sur lequel des applications SIG sont disponibles (de type mesure de longueur et de surface)¹.

- Les **études d'impacts sur l'environnement (EIE)** obligatoires pour l'exploitation dans les aires Natura 2000, depuis 2011 (CEPROHART SA Brăila, 2010 ; Glavan T., 2010; Apostu et Birzila, 2011; DIVORI, 2011abcdefg; SCCMS- SC Centrul de mediu și sănătate, 2012; SC Mediu Consulting SRL Iași, 2012; Zaharia et Pantelimon, 2012ab; Bojoi, 2013; Glavan-Caranghel et Bojoi, 2013)². Ces rapports réalisés par des bureaux d'études agréés fournissent la localisation des sites, les objectifs des extractions, les volumes autorisés, les techniques employées et les impacts potentiels, uniquement sur la faune et la flore des aires protégées.

Sur le Siret inférieur, 5 exploitations en lit mineur sont recensées en 2005, essentiellement d'après les orthophotoplans (Figure 4 - 7), 24 sites en 2010 - 2011 dont 12 confirmés grâce aux EIE (Tableau 4 - 7). Ces sites se répartissent de l'aval du barrage de Movileni au village de Călienii Vechi. Parmi eux, seuls deux sites sont basés en lit majeur à Umbrărești et Condrea, en rive gauche du Siret. 10 sites sont des *wet-pit* et 2 exploitent des bancs alluviaux.

Tableau 4 - 7: Caractéristiques des exploitations de graviers soumises depuis 2011 à une étude d'impact sur l'environnement (EIE). - : pas de rapport EIE précisant les caractéristiques des exploitations, mais exploitations citées (donc existantes) dans d'autres rapport ; RG : Rive gauche

| Nom | Localisation | Volumes autorisés m ³ | Surface m ² | Rôle | Période |
|--------------------------|----------------|----------------------------------|------------------------|---------------|-----------|
| Movileni aval I | Lit mineur | 139 020 | 59 341 | Décolmatage | - |
| Movileni aval III | Lit mineur | 259 200 | 94 366 | Décolmatage | 2012-2018 |
| Movileni | Lit mineur | 291 902 | 138 295 | Pisciculture | 10 ans |
| Movileni 4 | Lit mineur | 147 907 | - | Décolmatage | 2013-2014 |
| Umbrărești | RG ancien bras | 778 474 | 137 951 | Pisciculture | 10 ans |
| Condrea | RG lit majeur | 619 075 | - | Pisciculture | 2013-2020 |
| Condrea I | Lit mineur | 51 500 | 30 380 | Décolmatage | - |
| Liești III | Lit mineur | 35 828 | 16 000 | Décolmatage | - |
| Biliești I | Lit mineur | 5 000 | 6 280 | Décolmatage | 2011-2012 |
| Biliești III | Lit mineur | 116 000 | 58 300 | Recalibration | 10 ans |
| Vadu Roșca 03 | Lit mineur | 66 950 | 33 500 | Décolmatage | 10 ans |
| Calienii Vechi | Lit mineur | 20 000 | 6 300 | Décolmatage | 10 ans |
| Suraia II | Lit mineur | - | - | - | - |
| Vadu Roșca 02 | Lit mineur | - | - | - | - |
| Biliești 05 | Lit mineur | - | - | - | - |

¹ INIS Viewer accessible: <http://geoportal.ancpi.ro/geoportal/viewer/index.html>

² Disponibles en ligne sur le site www.apmgl.anpm.ro

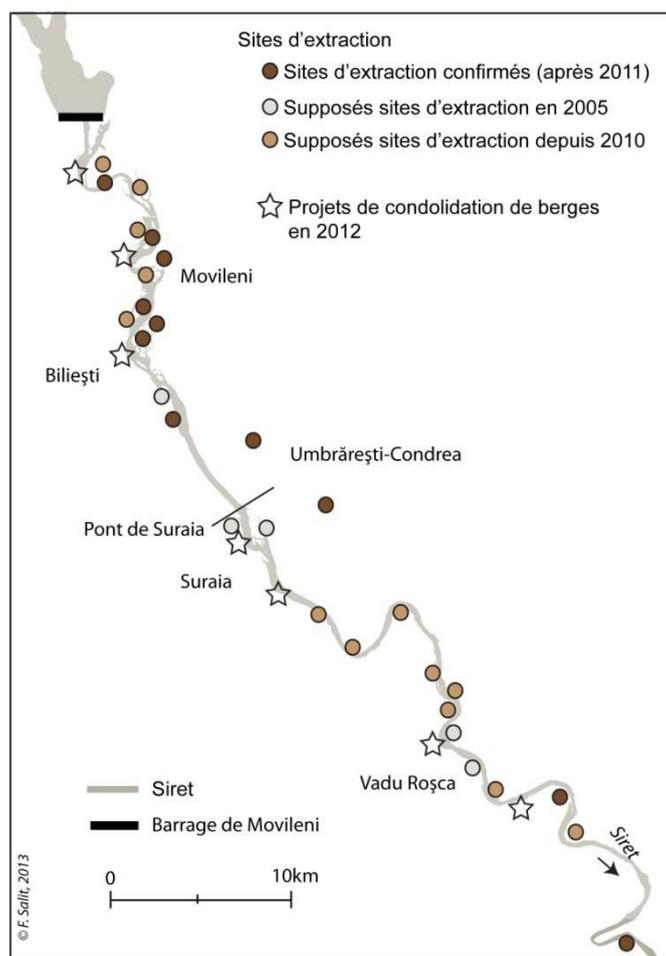


Figure 4 - 7: Localisation des sites d’exploitations de graviers sur le Siret inférieur en 2005 et depuis 2010-2011 (d’après les EIE, les images satellites Google Earth de 2010 et orthophotoplans de 2005, 2010 et 2009).

1.1.2. Les justifications des extractions

Dans les EIE, plusieurs justifications sont données à l’exploitation des graviers dans ces zones. La première et la plus récurrente est la lutte contre l’érosion des berges provoquée par les barrages en amont (surtout le dernier, Movileni mis en fonction entre 2007 et 2009) et les inondations de 2005 et 2010. Pour l’exploitation de Movileni aval III, le rapport explique que le Siret présente une tendance naturelle au méandrage, causée par une pente non uniforme et les barrages en amont. L’érosion de la berge en rive droite peut être arrêtée par le « décolmatage du lit en rive gauche » (SCCMS- SC Centrul de mediu și sănătate, 2012). Le site de Biliesti 01 est justifié par une accumulation importante de sédiments lors de l’inondation de 2010 qui modifie le tracé du chenal et provoque l’érosion de la berge en rive gauche (Zaharia et Pantelimon, 2012). L’érosion latérale, justification donnée dans les rapports, peut être causée par l’action combinée des inondations majeures de 2005 et 2010, des barrages et des extractions de graviers. Mais la réponse technique apportée est d’intensifier l’extraction en lit mineur. Alors que les multiples travaux scientifiques menés ont démontré que le premier impact morphologique de cette activité était d’accroître l’érosion latérale.

Par ailleurs l'extraction des sédiments en lit mineur a pour objectif d'accroître la capacité du chenal en régularisant les débits pour prévenir des inondations. Cet objectif est en accord avec la Stratégie Nationale de Gestion du Risque Inondation (Ministerul Mediului, 2010ab) qui préconise une augmentation de 30 % de la capacité des rivières d'ici 2035 pour limiter la superficie des zones irriguées. Mais la DCE, comme la DI instaure une gestion intégrée de l'espace fluvial ce qui implique une gestion des inondations à l'échelle du bassin versant et la prévention des effets en aval de tous les projets. Or accroître la capacité du chenal, par l'action combinée de l'incision du lit, de la déconnexion croissante à la plaine alluviale et de l'augmentation des vitesses, peut à court terme réduire les zones inondées mais augmente le risque inondation pour les zones en aval, à moyen et long terme.

1.1.3. L'impact sur les sites Natura 2000

Les deux exploitations en lit majeur à Condrea et Umbrărești sont menées afin de créer des fermes piscicoles. Ces projets permettent de préserver l'environnement en recréant des zones humides et favorisent le développement de l'économie locale. Néanmoins de nombreux projets de ce type ont eu lieu en Roumanie, et notamment sur le Buzău (Salit et Ioana-Toroimac, 2013) qui n'ont jamais été portés à terme, laissant les sites d'extraction non reconvertis.

Mais dans l'ensemble le conflit d'intérêt est pour l'instant ignoré. Le règlement de la SPA *Luncă Siretului Inferior* (ACBD, 2010) ne mentionne même pas l'exploitation des graviers dans ses interdictions. Selon les EIE, les exploitations n'ont qu'un faible impact sur l'environnement. Les espèces protégées ne se situent pas sur les zones d'exploitations et les animaux sont jugés capables de s'adapter au nouvel environnement. Un rapport considère même qu'un an après la cessation de l'activité, le site retrouvera son état initial. Plusieurs points sont cependant ignorés : l'altération de l'habitat naturel de ces espèces (zones humides, alternance seuils/mouilles) et l'impact cumulé de ces exploitations à l'échelle du Siret inférieur. Un seul rapport prend en considération l'existence d'une exploitation en amont et d'une en aval de celle étudiée, mais n'en conclut pas d'impacts négatifs, or il existe une vingtaine d'exploitations sur 30 km de rivière. Des mesures compensatoires sont préconisées par les gestionnaires européens du réseau Natura 2000 (Commission européenne, 2010) pour limiter la destruction des habitats. Dans quelles mesures pourront-elles être mises en œuvre en Roumanie ?

*

D'après ces observations on constate encore le manque de gestion à l'échelle du bassin versant en dépit des législations. Cependant on ne peut ignorer les nécessités économiques, qu'elles soient nationales (besoin de matières premières) ou locales : ces exploitations sont créatrices d'emplois et de richesse dans une vallée en difficulté.

1.2. La priorité donnée à l'agriculture

1.2.1. Le contexte économique et social

Dans les pays d'Europe occidentale, les terres arables ne sont pas toujours considérées comme un enjeu à protéger contre les inondations pour deux raisons. La première est l'inadéquation entre les périodes de cultures/récoltes et les périodes de hautes eaux. En Roumanie les débits maximaux ont été enregistrés en juillet, détruisant les récoltes. La seconde tient dans les nouvelles stratégies de gestion des inondations (« plus d'espace pour la rivière » ou la mise en place de zones d'expansion de crue) où les terres agricoles *peuvent* être inondées sous réserve d'une indemnisation. Malgré la multiplication par trois de la population urbaine sous le régime communiste, la Roumanie reste à 45,4 % rurale en 2000. En 2004, 30 % de la population est active dans le secteur agricole (contre une moyenne de 16 % dans les nouveaux Etats membres de l'UE – Bazin, 2007). Dans ce contexte la problématique de protection des terres agricoles contre les inondations se pose avec vigueur et n'est pas seulement un reliquat d'anciennes logiques de gestion. L'agriculture en Roumanie présente plusieurs enjeux majeurs depuis les années 2000 et deux raisons principales apparaissent dans la protection des ces espaces : le maintien d'une agriculture de subsistance (i) et l'augmentation de la production des grandes exploitations (ii).

(i) La Roumanie a connu un exode rural brutal et tardif des années 50 à 1989 par une politique de développement industriel intensive. A partir de 1989, un flux de « contre-urbanisation » apparaît et s'intensifie en 1991 suite à la politique de restitution des terres (Cristescu et Muntele, 2007). Ainsi depuis 1996, le flux migratoire s'est inversé des villes aux campagnes, reflet d'une transition difficile vers une économie de marché (Duma *et al.*, 2005). Pour beaucoup la vie en ville dans les nouvelles conditions économiques n'est plus tenable et le retour en milieu rural permet le recours à une auto-suffisance. Le nombre de micro-exploitations (moins de 5 ha) s'est accru de 2000 à 2005 témoignant de ce recours à une agriculture de survie (Bazin, 2007). Les données détaillées pour le secteur étudié ne sont pas disponibles mais les exploitations agricoles des județe de Vrancea et Galați sont de type mixte, à la transition entre deux modèles: un peu plus de la moitié des terres agricoles appartient à des grandes entreprises et un peu moins du tiers sont des micro-exploitations familiales pour une agriculture de subsistance (Von Hirschhausen, 2008). Protéger ces exploitations des inondations devient ainsi un réel enjeu tant social qu'économique. Le rapport sur l'évaluation du risque inondation sur le Siret inférieur (Ministerul Mediului, 2009a) assure que même si la protection des terres agricoles contre les inondations devrait être l'exception, l'agriculture étant la principale, voire la seule activité sur ce secteur, « le maintien des digues est économiquement et socialement justifié, pour maintenir, au moins à moyen terme, cette activité et éviter un exode rural massif ».

(ii) Depuis le début des années 2000, la Roumanie doit s'adapter à la Nouvelle Politique Agricole Commune (NPAC) et aux autres objectifs européens. B. Von Hirschhausen (2008) pointe le déphasage entre les préoccupations des Roumains et les priorités européennes. La NPAC met l'accent sur les « dimensions environnementales, patrimoniales et paysagères pour lutter contre une dépayssannisation » des campagnes européennes alors que pour la Roumanie « la préoccupation productive est toujours centrale ». L'auteur n'explique pas la balance commerciale agricole négative seulement par la faiblesse de l'offre de produits transformés, mais aussi en grande partie en raison de déficits récurrents dans le secteur des grandes cultures et des grandes inondations qui ont touché ces espaces. La priorité des autorités roumaines est d'augmenter la production et d'équilibrer la balance. Protéger ces terres agricoles des inondations devient un enjeu majeur : les grandes cultures se situent en grande partie dans des zones inondables et les récoltes sont vulnérables aux inondations printanières ou estivales.

Deux cas de figures se présentent sur le Siret inférieur :

- Le maintien des digues de protection existantes, la majorité des terres étant déjà protégées, même si de par leur répartition et leur état, elles peuvent entraîner un accroissement de la vulnérabilité de la plaine.
- La réhabilitation des zones agricoles irriguées dont l'entretien et l'usage ont été abandonnés à la chute du communisme. C'est le cas du secteur de Nămolosa-Măxineni, périmètre mis en place dans les années 70 (digues de protection, système de drainage et d'irrigation - localisation Figure 2- 13 p.125) qui bénéficie d'un programme de réhabilitation dont l'objectif est d'assurer la production de maïs et de contribuer à la défense contre les inondations. Sur les 57 244 ha du secteur, 15 000 ha sont protégés complètement des inondations. Le programme a permis l'augmentation du périmètre irrigué de 300 ha en 2006 à plus de 3 000 ha en 2007 (Căzănescu, 2010).

Ces deux exemples reflètent les deux enjeux majeurs de la protection des terres et de la priorité donnée à l'agriculture dans la gestion du risque inondation c'est-à-dire la préférence accordée aux mesures structurelles classiques (digues, barrages) de gestion des inondations plutôt qu'aux non-structurelles (indemnisation, création de polders et la renaturation d'une partie du lit majeur naturel). D'un côté ces terres sont un enjeu productif pour le secteur agricole à l'échelle nationale et d'un autre côté elles sont « un élément de sécurisation économique » (Von Hirschhausen, 2008) pour une grande partie de la population. A deux niveaux – celui des décideurs et celui de la représentation des populations – les nécessités économiques priment sur les préoccupations environnementales et de ces priorités naissent des choix de stratégie de défense contre les inondations.

1.2.2. Les choix de stratégie qui en découlent

Afin de mettre en place une stratégie de gestion des inondations adaptée au territoire dans lequel elle va s'inscrire, une liste hiérarchique des enjeux à sauvegarder est établie dans l'étude sur la gestion du risque inondation sur le Siret inférieur (Ministerul Mediului, 2009ab). Parmi ces critères on retrouve : le coût des dégâts directs potentiels provoqués par l'inondation et leurs conséquences sociales ; les risques environnementaux et physiques pour les populations ; l'érosion et la destruction potentielles des structures (digue et pont) ; l'impact sur l'agriculture et les activités économiques. Pour le Siret inférieur il a été déterminé que la priorité est donnée aux villages puis à l'agriculture et enfin aux digues. Les ponts ne représentent qu'un intérêt secondaire (Ministerul Mediului, 2009b).

Trois choix de stratégie sont déclinés qui vont être adoptés en fonction des priorités exposées ci-dessus et des nécessités économiques et sociales (Ministerul Mediului, 2009b).

Option 1 : le maintien en l'état et l'indemnisation

Cette option suppose le maintien de la situation actuelle de l'aléa inondation et de la vulnérabilité aux inondations et la compensation des pertes après chaque événement. 9 000 maisons et 20 000 personnes sont exposées au risque inondation par la destruction potentielle des digues. Le coût des dégâts est estimé à 63 millions d'euros pour une probabilité de retour élevée (entre 1 et 10 %).

Cette option est estimée peu viable pour les zones urbaines où les dégâts seraient trop importants, mais viable pour les dégâts aux infrastructures et à l'environnement. Pour l'agriculture cette option est envisagée étant donné que les terres agricoles sont déjà protégées des inondations. L'étude prend en considération l'impact en aval de ce réseau de digues protégeant les terres et elle estime que les « conditions d'inondation des zones urbaines ne seraient pas améliorées en cas de destruction de ces digues ». En d'autres termes ces aménagements n'engendrent pas d'augmentation du risque pour les zones urbaines et ainsi peuvent être maintenus en l'état.

Dans tous les cas un système d'indemnisation apparaît nécessaire par la création d'un fond de solidarité national et européen, pour limiter notamment la perte de ressources engendrée par la destruction des récoltes.

Option 2 : Réduction de la vulnérabilité

Cette option se fonde sur la réduction de la vulnérabilité des biens exposés sans modifier l'aléa inondation, mais en appliquant des mesures non-structurelles. Parmi ces mesures sont évoquées : la préparation des populations par des campagnes de sensibilisation, le recrutement d'agents d'inondation, le développement des plans locaux de situation d'urgence, l'amélioration du système de prévision et d'alerte, la gestion de l'utilisation des terres (éviter les céréales et légumes dans les

zones exposées au profit des pâturages et vergers), la relocalisation des constructions trop exposées, la restauration et l'entretien des berges.

De façon générale, l'option 2 pourrait s'appliquer pour :

- **Les maisons individuelles** (ou petits groupes de maisons) où des mesures structurelles de défense ne peuvent s'envisager. La relocalisation peut être une option.
- **Pour les zones urbaines** très vulnérables le déplacement est recommandé si elles ne bénéficient pas de structures de défense sûres et fiables.
- **Pour l'agriculture** en général, surtout si les inondations sont fréquentes
- **Pour les populations** et professionnels qui vivent ou travaillent dans des zones sujettes aux inondations, protégées ou non par infrastructures, afin de les préparer et de réduire les vulnérabilités individuelles et collectives.

Cette option n'est pas jugée applicable dans la vallée du Siret inférieur en raison d'une vulnérabilité trop élevée (en termes de personnes et structures exposées). Ces mesures non-structurelles doivent être appliquées quelle que soit la vulnérabilité mais le recours à des mesures structurelles est inévitable sur le Siret inférieur.

Option 3 : Amélioration de la défense

L'amélioration du système de défense qui consiste en un renforcement des mesures structurelles de lutte contre les inondations, est l'option privilégiée dans le plan théorique de gestion des inondations. Cette stratégie permet de protéger les enjeux économiques que sont les terres agricoles tout en mobilisant le moins de frais possible puisqu'elle s'appuie sur un système préexistant. De plus ce choix ne nécessite pas de remise en cause radicale des aménagements.

**

Il est apparu important de dresser le contexte économique et social de la vallée du Siret inférieur qui oriente les choix politiques de gestion. Cette difficile conciliation des nécessités économiques et environnementales peut entraîner un décalage avec les préoccupations européennes et illustre la difficulté de « gérer la différence » entre Etats membres (Von Hirschhausen, 2008). Les deux exemples présentés ont un impact majeur sur l'aménagement du secteur du Siret inférieur : le renforcement des mesures structurelles est motivé par la protection des terres agricoles et la volonté d'un statu quo (régularisation du Siret pour limiter ses divagations et réseau de digues). Les deux sections suivantes ont pour objectif d'analyser les projets et réalisations d'aménagement depuis 2005 sur le Siret inférieur.

2. Le renforcement de la défense : la préférence donnée aux mesures structurelles

2.1. La révision du plan d'aménagement

2.1.1. Les premières ébauches de réorganisation

Le renforcement de la défense est dès le départ le choix naturel des gestionnaires. Au lendemain de l'inondation de juillet 2005, l'INHGA développe une première proposition d'aménagement de la vallée (Figure 4 - 8).

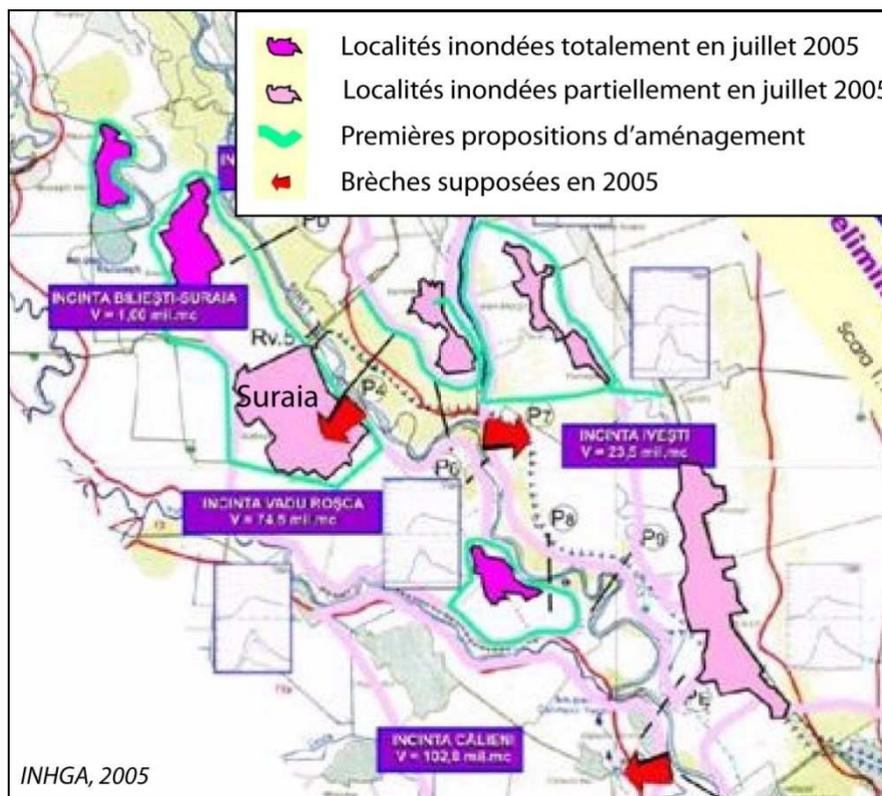


Figure 4 - 8: Schéma d'aménagement et de protection contre les inondations des localités affectées par la crue de juillet 2005 (INHGA, 2005)

La proposition consiste en la refonte du réseau de digues vers un compartimentage de la vallée. Le système s'apparente au concept de « dyke ring » développé par les Pays-Bas (Oost et Hoekstra, 2009) où les enjeux premiers (ici les villages) sont entourés d'anneaux de protection. Deux niveaux de protection coexistent : le premier se situe au plus près de la rivière (système actuel) et protège l'ensemble du territoire ; le second est au plus près des villages et s'apparente à une deuxième ligne de défense. Cette proposition est purement théorique et aucune suite n'a été donnée, mais elle illustre la volonté de repenser le système globale de défense. Les « dyke ring » se justifient

économiquement lorsque les enjeux ont une forte valeur ajoutée comme aux Pays-Bas, mais surtout quand les moyens financiers le permettent ce qui n'est pas le cas dans la vallée du Siret inférieur.

2.1.2. Les scénarios du Ministerul Mediului (2009bc)

Les mesures structurelles envisagées comprennent :

- De nouvelles digues de défense près des villages et loin du lit du cours d'eau. La localisation de ces nouvelles digues rappelle les « dyke ring » où la digue est proche de l'enjeu à protéger, en laissant plus d'espace pour la rivière.
- Le rehaussement des digues existantes pour améliorer la protection de certains villages.
- L'installation de déversoirs de sécurité sur certaines digues du Siret.

Plusieurs changements ont lieu : certes les anciens aménagements sont laissés tels quels pour maintenir la protection des terres agricoles mais les nouveaux prennent en compte les logiques les plus récentes et tirent les leçons de 2005, en prévoyant des déversoirs en cas de crue. Les principes d'aménagement, préconisés par le rapport d'étude (Ministerul Mediului, 2009b) sont présentés dans le Tableau 4 - 8.

Tableau 4 - 8: Recommandations pour la réorganisation du système de défense du Siret inférieur (Ministerul Mediului, 2009b ; traduction F. Salit)

Pour le Siret inférieur il a été considéré que :

- Tous les villages isolés du lit majeur doivent être protégés par des digues spécifiques en veillant à leur entretien. L'éducation des populations est essentielle dans les zones exposées.
- Pour les maisons à haut risque comme celles situées dans des zones trop dangereuses en raison de la fréquence des inondations ou de la vitesse d'écoulement, la relocalisation est nécessaire. De plus cette action présente un intérêt social car il s'agit généralement de population très pauvre.
- Compte tenu de la fréquence des inondations et du nombre important d'affluents en aval d'Adjud, il n'est pas possible de créer une accumulation suffisamment efficace. Il est nécessaire d'améliorer la gestion et le contrôle des grands réservoirs et d'atténuer les débits de pointe lors des crues du Siret.
- De plus les polders peuvent représenter une solution à effets locaux favorables, surtout s'ils sont situés près de zones urbaines.

Ainsi sept nouvelles digues et trois polders (Figure 4 - 9) sont prévus sur le secteur du Siret. Les digues s'organisent comme des enceintes de protection autour de quelques villages (Biliești, Suraia, Vadu Roșca, Călieni, Lungoci, Nămolosa et Independența). L'introduction de polders est relativement nouvelle (Tableau 4 - 9) ; ils permettraient de limiter l'inondation des zones en aval.

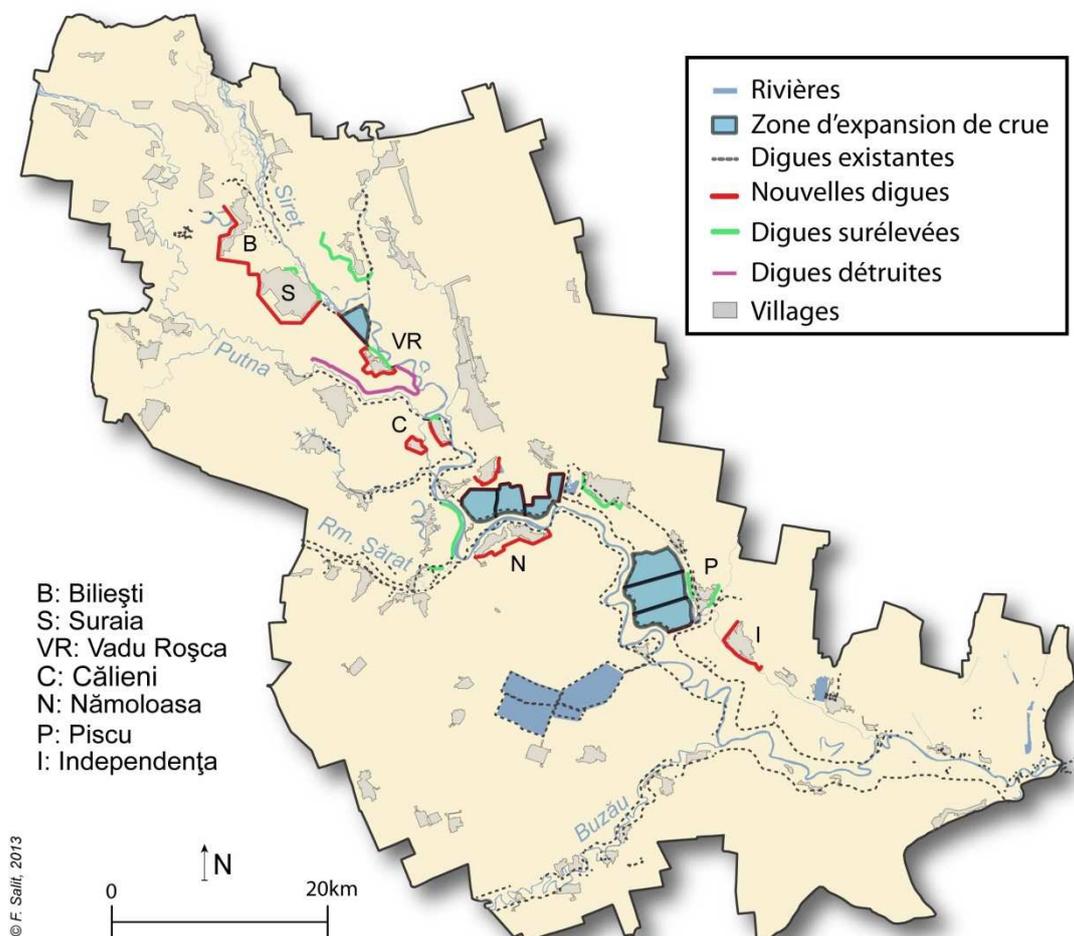


Figure 4 - 9: Projet de révision des mesures structurelles sur le Siret inférieur (Source données : Ministerul Mediului, 2009b)

Tableau 4 - 9: Caractéristiques des zones d'expansion de crue ou polders sur le Siret inférieur (Source données : Ministerul Mediului, 2009b)

| Nom | | Longueur digues m | Surface m ² | Capacité de stockage m ³ |
|----------------------------------|----|-------------------|------------------------|-------------------------------------|
| Polder 1 Suraia | | 2 580 | 250 | 5 |
| Polder 2 Nămolosa/Fundeni | P1 | 15 350 | 416 | 12,4 |
| | P2 | | 311 | 9,3 |
| | P3 | | 336 | 10,1 |
| Polder 3 Piscu | P1 | 9 971 | 574 | 32,5 |
| | P2 | | 664 | |
| | P3 | | 521 | |

La Figure 4 - 10 présente l'aménagement spécifique de la zone Suraia-Vadu Roșca. L'élément majeur de ce programme est la prise en compte des risques de crue par la Putna. Les villages bénéficient désormais d'une protection en rive gauche de la Putna. De même la destruction de la digue de Vultură – qui a engendré l'effet cuvette en juillet 2005 – est envisagée.

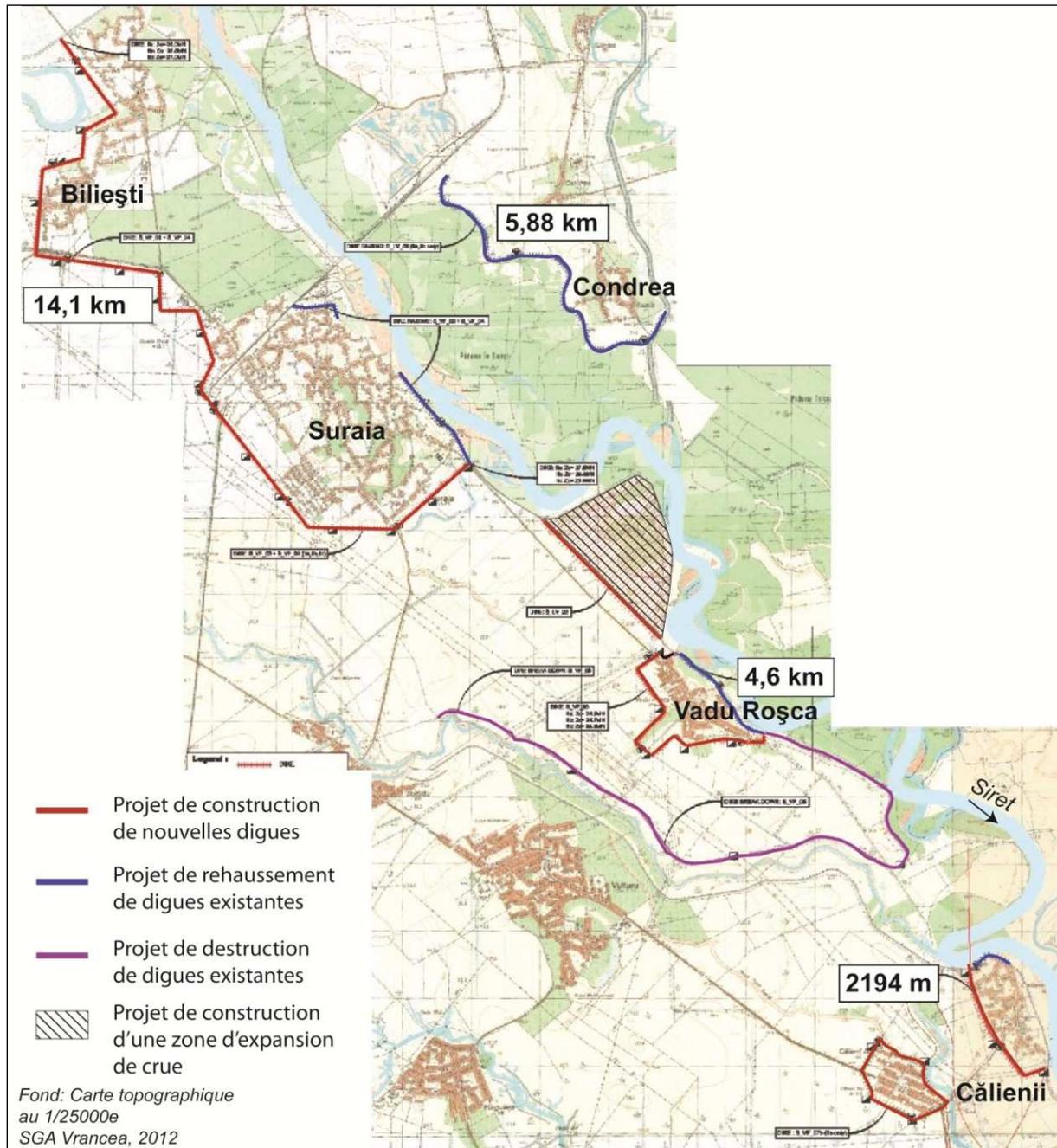


Figure 4 - 10: Les projets de restructuration des mesures structurales sur la zone amont du Siret inférieur (Ministerul Mediului, 2009b ; SGA Vrancea, 2012)

2.1.3. Face aux difficultés financières

3 niveaux de protection selon la période de retour considérée sont proposés en fonction des possibilités financières d'aménagement:

- **Option a** : Débit valeur maximale entre Q100 et Q2005 avec un franc-bord de 0,5 m ou pour un événement extrême sans franc-bord. Protection maximale avec 42 km de nouvelles digues et 32 km de rehaussement de digues. Coût : 52,2 millions d'euros (Figure 4 - 11).
- **Option b** : Q100 avec un franc-bord de 0,5 m : 31 km de nouvelles digues et 28 km de rehaussement de digues. Coût : 42 millions d'euros
- **Option c** : Q100 sans franc-bord : 24 km de nouvelles digues et 4 km de rehaussement. Coût : 26,6 millions d'euros.

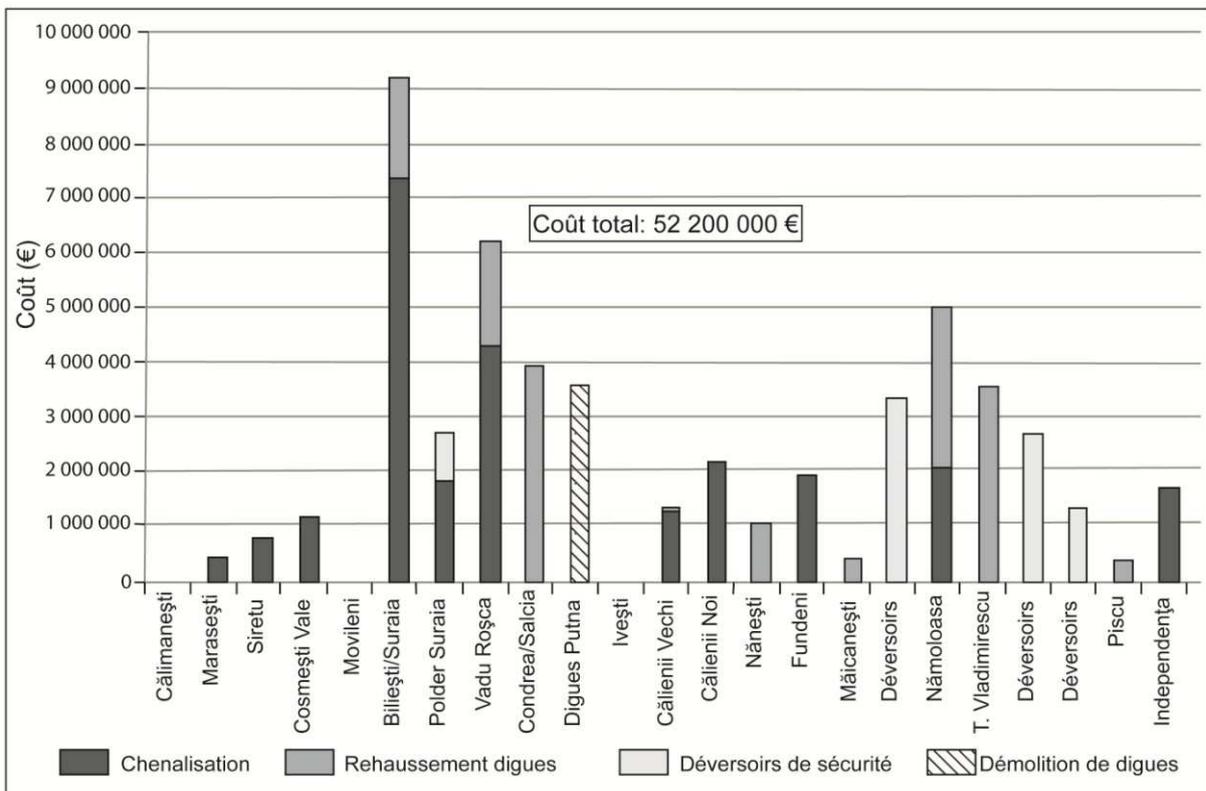


Figure 4 - 11: Coût des mesures de protection pour le scénario a sur le Siret inférieur (Ministerul Mediului, 2009b)

Mesures préconisées après analyse cout/bénéfice :

- **Biliești et Suraia** : digue d'une longueur de 14 100 m et d'une hauteur de 2,7 m protégée par des gabions.
- **Vadu Roșca** : digue d'une longueur de 4 652 m et d'une hauteur de 4,4 m protégée par des gabions.
- **Umbrărești-Condrea-Salcia** : rehaussement de la digue existante sur une longueur de 5 880 m.
- **Vulturu** : destruction de la digue existante.
- **Călienii Vechi** : digue d'une longueur de 2 174 m et d'une hauteur de 3,1 m protégée par des gabions.
- **Călienii Noi** : digue d'une longueur de 3 640 m et d'une hauteur de 3,1 m protégée par des gabions.
- **Nănești** : rehaussement de la digue existante sur une longueur de 3 100 m.
- **Măicănești** : rehaussement de la digue existante sur une longueur de 800 m.
- **Tudor Vladimirescu** : rehaussement de la digue existante sur une longueur de 4 200 m.

**

Les trois polders ont été abandonnés et les autres projets ne se justifient pas économiquement. La difficulté est que depuis la remise de ce rapport en 2009, aucune mesure n'a été adoptée. Lors de l'entretien avec le SGA Vrancea, principal bénéficiaire de cette étude, il est ressorti que rien ne sera appliqué principalement pour des raisons économiques mais aussi parce que le projet semble être considéré comme une remise en question de leur territoire. Le système a jusqu'en 2005 fonctionné. Si des failles sont apparues, c'est en raison des débits exceptionnels et des mauvaises pratiques (état et entretiens des digues). Population et gestionnaires ne voient pas de raison pour repenser le système de défense, hors la mise en place d'un nouveau barrage. Les difficultés économiques mènent à opérer des choix dans les aménagements effectivement réalisés. Etant donné les aménagements réellement effectués depuis 2005, la priorité est donnée aux problèmes visibles et immédiats, la consolidation des berges.

3. Les projets de consolidation des berges

Les seules mesures constatées depuis 2005 sont des travaux de consolidation de berges. Le phénomène est considéré comme le plus menaçant, tant pour les habitations que pour les terres agricoles. Il est même utilisé pour justifier l'exploitation des graviers sur le Siret inférieur. Afin d'évaluer ce processus, une étude plus précise de l'évolution des berges sur ces secteurs est entreprise.

3.1. L'érosion de la berge depuis 2005

3.1.1. Données et méthodes

Pour évaluer l'érosion de la berge, les orthophotoplans de 2005, 2009 et 2010 ainsi que des images Google Earth de 2010 – présentés dans la sous-partie précédente p.259 – ont été intégrées à un SIG. Deux méthodes ont été employées.

Une évaluation de la dynamique de la bande active : La délimitation exacte des berges ne peut être effectuée à partir de ces orthophotoplans pour plusieurs raisons : la résolution trop faible de 50 m en moyenne pour les images de 2010 et de 100 m pour 2005 ; la ripisylve qui empêche la reconnaissance exacte de la berge ; la différence de hauteurs d'eau qui diffèrent pour les images. C'est pourquoi les limites de la bande active ont été utilisées pour quantifier les dynamiques du chenal entre 2005 et 2010. Après avoir digitalisé les limites en rives droite et gauche de la bande active (chenal + alluvions non végétalisés) pour 2005 et 2010, la différence entre ces deux limites a été mesurée tous les 250 mètres. Un recul de la limite de la bande active peut signifier deux choses : la remobilisation de bancs végétalisés ou l'érosion de la berge. A l'inverse une « avancée » de la limite de la bande active ne peut signifier qu'une revégétalisation de bancs d'alluvions et non pas une progression de la berge. Ainsi un recul simultané en rive droite et rive gauche signifie un élargissement de la bande active. L'interprétation de l'évolution des limites de la bande active est effectuée par analyse visuelle des deux images satellites : plusieurs points de repères sont utilisés, les arbres, maisons et chemins. Cette interprétation a été confrontée aux analyses de terrain (dommages subis aux épis – cf. 3^{ème} Partie-Chapitre 4-3 p.230) et aux témoignages.

Une évaluation des surfaces érodées : Cette approche est complémentaire de la précédente. Pour les zones où une érosion de berges a été constatée, une mesure des surfaces érodées est appliquée. Ces zones représentent la plupart du temps un secteur hors d'eau en 2005 que le chenal principal emprunte en 2010.

3.1.2. Résultats et interprétation

La limite de la bande active de la rive droite connaît un recul moyen de 24,6 m de 2005 à 2010, alors que la limite de la bande active en rive gauche avance en moyenne de 3,6 m. Ces moyennes cachent de fortes disparités (Figure 4 - 12): la zone amont du secteur apparaît comme la plus mobile tout comme la rive droite en moyenne. Le secteur où la limite de la bande active connaît le plus d'évolution est le secteur en aval du barrage de Movileni en rive droite. Cette zone, située sur la commune de Biliesti, présente un recul maximum de 400 m.

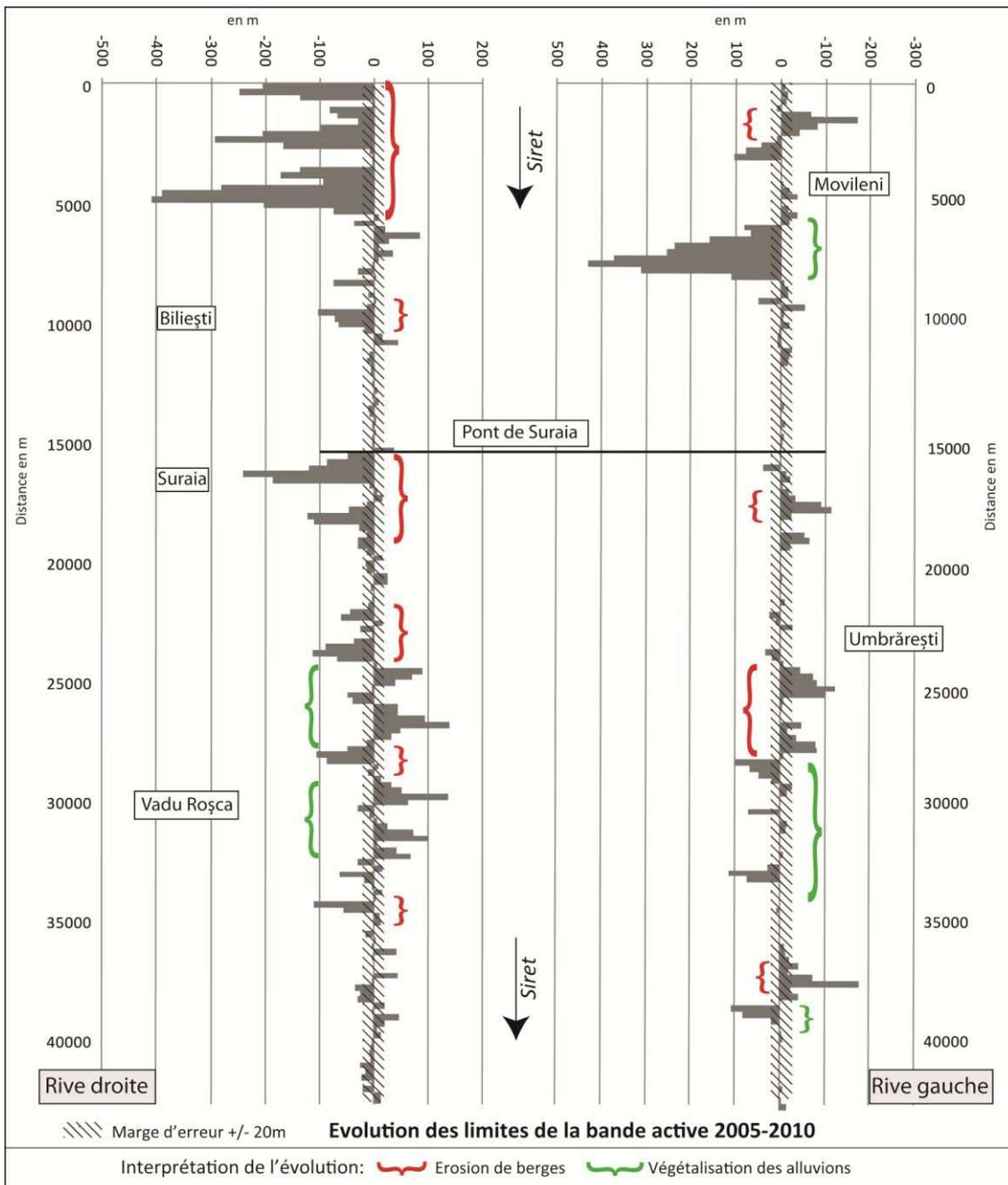


Figure 4 - 12: Evolution des limites en rives droite et gauche de la bande active du Siret entre 2005 et 2010, de Movileni à la confluence avec la Putna. En rouge sont indiquées les zones d'érosion de berges. (D'après les orthophotoplans de 2005 et les images Google Earth de 2010)

L'avancée de la limite en rive droite, à hauteur de Movileni, s'élève au maximum à 300 m et est due à la revégétalisation de bancs d'alluvions. La bande active en aval du pont de Suraia montre une évolution plus différenciée avec une alternance de reculs et d'avancées. Deux secteurs présentent des caractéristiques notables : en aval immédiat du pont, une forte érosion de berge de 135 m en moyenne, apparaît en rive droite ; au kilomètre 25, la bande active connaît un déplacement en rive gauche.

L'évaluation des zones érodées a permis d'estimer à 205 ha la surface de berges érodées entre 2005 et 2010. Les surfaces érodées sont très inégalement réparties et se concentrent essentiellement en rive droite, en aval du barrage et en aval du pont de Suraia au sortir du secteur régularisé par un réseau d'épis. La Figure 4 - 13 présente ces deux zones où l'érosion a été la plus active : en rive droite en aval du barrage de Movileni, la berge a reculé en moyenne de 220 m soit plus de 80 ha (Figure 4 - 13A) ; en aval du pont de Suraia, la berge en rive droite a reculé de 114 m en moyenne soit 17,5 ha (Figure 4 - 13B).

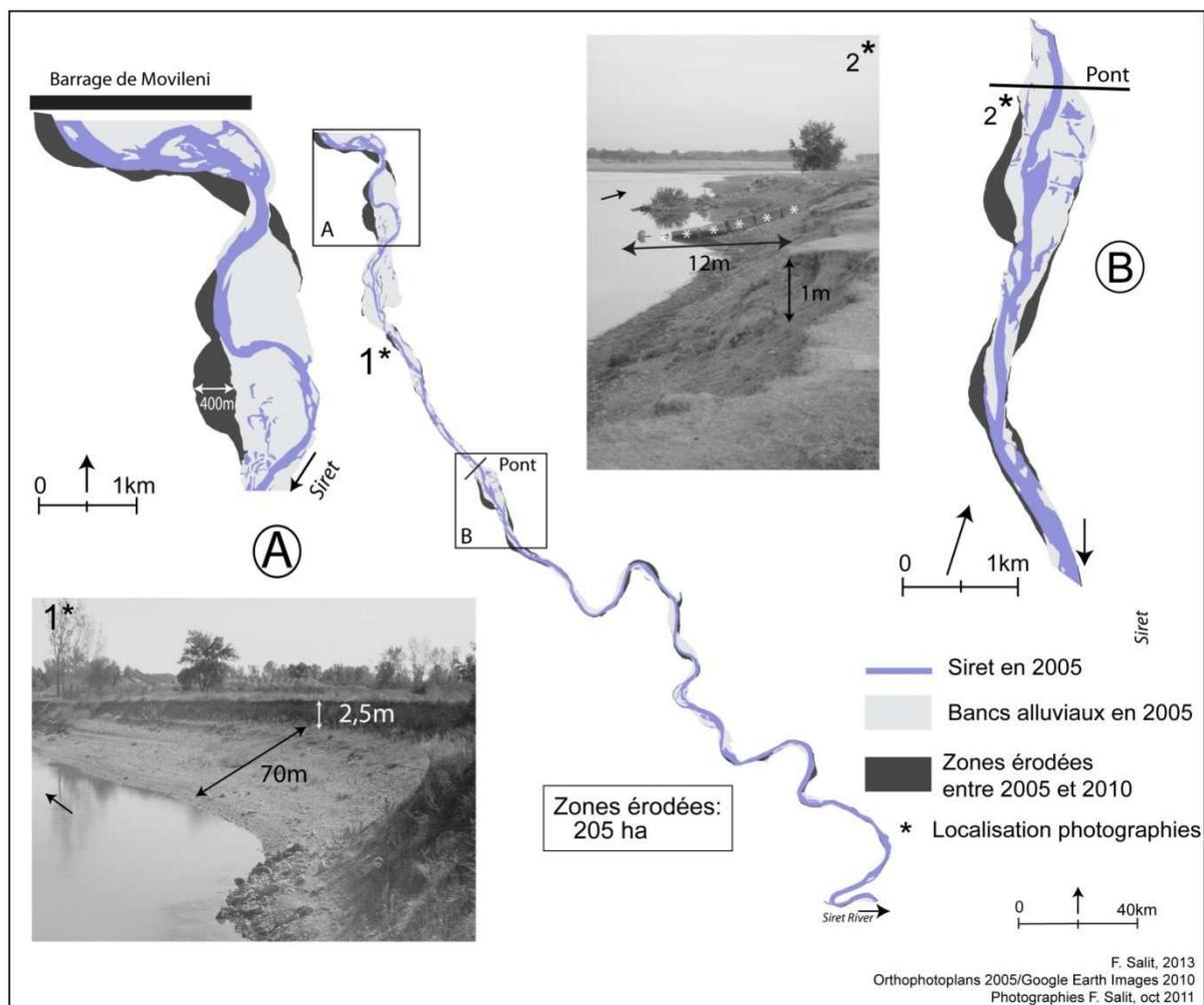


Figure 4 - 13: Zones érodées entre 2005 et 2010 dans la partie amont du Siret inférieur. A- en aval du barrage de Movileni ; B- en aval du pont de la voie ferrée de Suraia

Il y a un réel processus d'érosion des berges sur le Siret inférieur entre 2005 et 2010 engendré par l'action combinée des crues, du barrage et de l'exploitation des graviers. Dans la majorité des cas ce sont des espaces boisés qui sont atteints, excepté à hauteur du village de Suraia, où des habitations sont directement menacées engendrant des travaux de consolidation.

3.2. Les travaux de consolidation de berges

Le SGA Vrancea a fourni en 2012 la liste des aménagements programmés. La Figure 4 - 14 localise les différents travaux de protection de berge sur le Siret inférieur. Plus de 14,5 km de consolidation de berges se répartissent en rive droite du Siret uniquement sur les villages de Suraia, Vadu Roșca et de Călienii. Si l'on compare les travaux proposés et les secteurs où une érosion de berges a été mesurée depuis 2005, on constate que les travaux s'étendent au-delà des zones érodées.

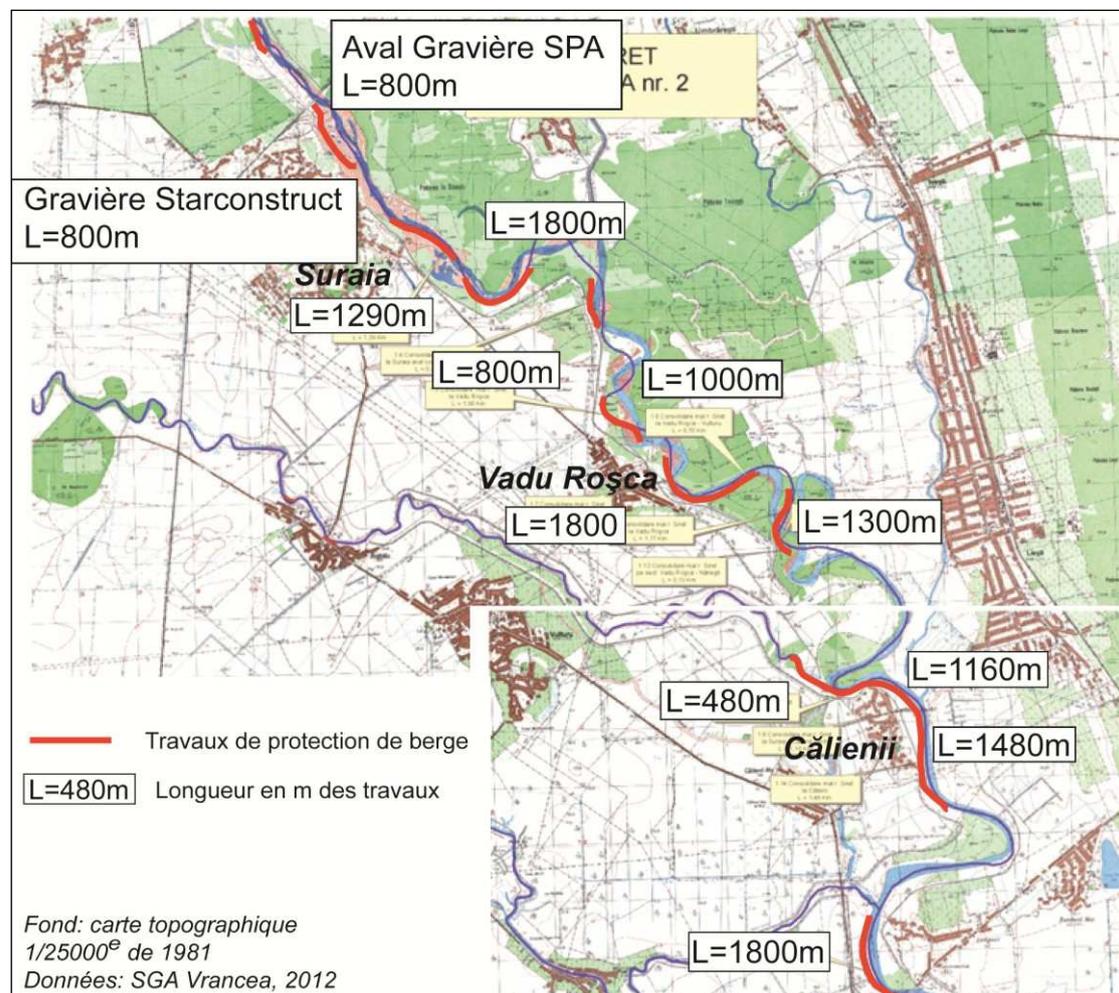


Figure 4 - 14: Projets de consolidation de berges sur le Siret inférieur dans la zone de gestion du SGA Vrancea (SGA Vrancea, 2012)

La configuration de ces travaux est encore incertaine, certains consistent en des épis en fascines transversaux, d'autres en un système de murets. Certains de ces travaux sont clairement localisés sur

des sites d'extraction. Parmi ces travaux, un seul a été réalisé (limite sud de Suraia) et deux sont en cours d'approbation auprès de l'Agentia Națională pentru Protecția Mediului (ANPM) à Suraia et à Vadu Roșca.

Travaux à Suraia de 2006 à 2009

Depuis 2006 la commune de Suraia a entrepris des travaux de consolidation de berges (Figure 4 - 15) constitués d'épis en sac de sable sur socle en fascines. Le recul de la berge entre 2005 et 2009 a sans doute été accentué par l'inondation de juillet 2005, mais l'étude diachronique des images montre qu'il s'est également aggravé après la crue de juin 2010.

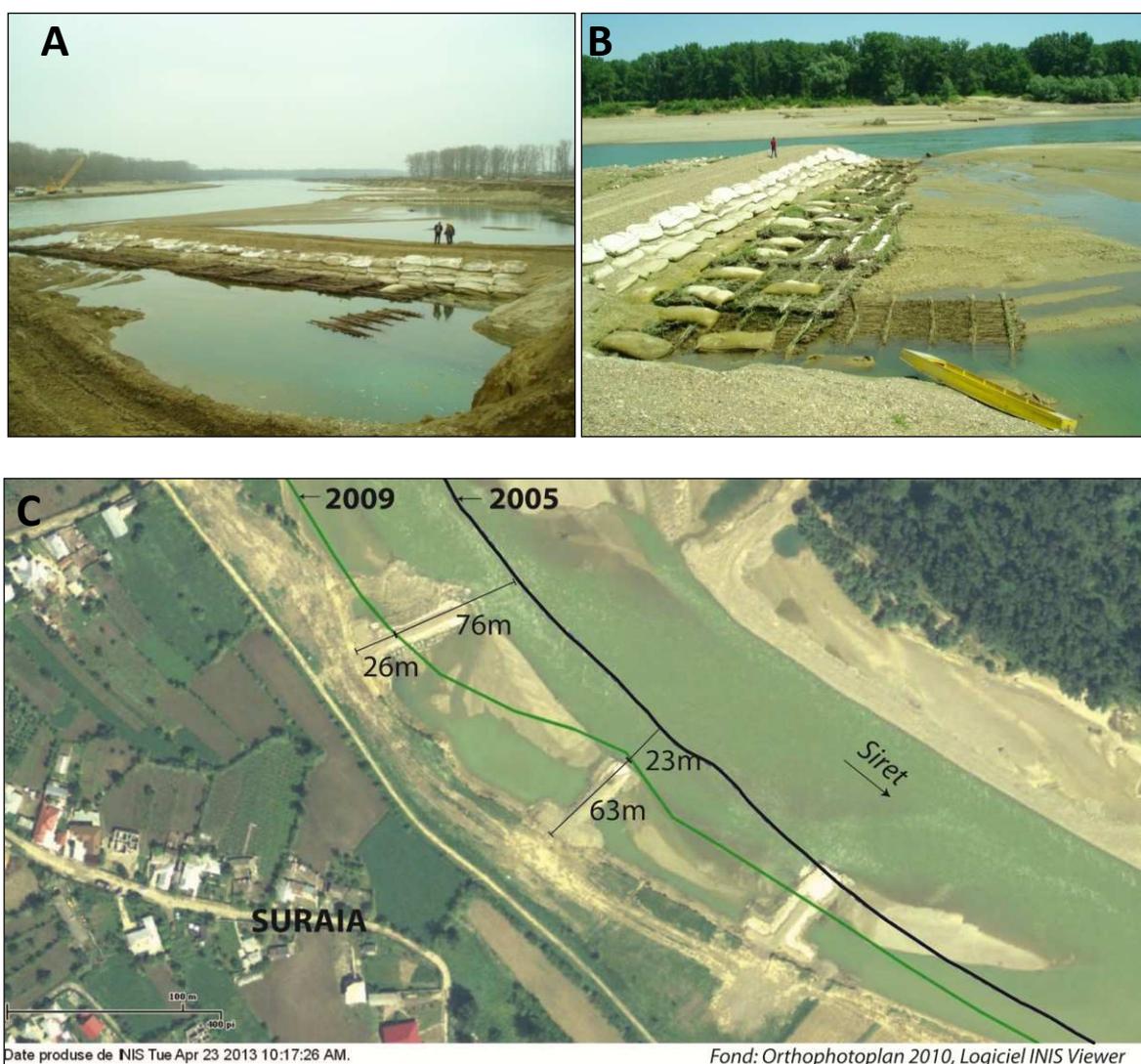


Figure 4 - 15: Travaux de consolidation de la berge en rive droite du Siret à Suraia : A – épis avec fascines et sacs de sable les 9 juin ; B – et 15 août 2009 (Photographies : SGA Vrancea) ; C – Evolution de l'érosion latérale en rive droite du Siret (de 2005 et 2009) et localisation des travaux de consolidation de berge en 2010, d'après les orthophotoplans de 2005, 2009 et 2010 (INIS viewer ; anpci.ro)

Nouvelles réalisations en 2013 à Suraia :

La réalisation de travaux de consolidation de berges en rive droite du Siret au droit de la commune de Suraia est soumise depuis le début de l'année 2013 à l'ANPM. L'objectif des travaux est de combattre l'érosion de la berge, phénomène qui augmente le risque inondation pour 100 foyers, 100 ha de terres agricoles et 5 objectifs socio-économiques¹.

Nouvelles réalisations en mars 2013 à Vadu Roșca² :

En 2013, la consolidation de la rive droite du Siret à hauteur du village de Vadu Roșca est programmée. La berge aurait été érodée suite aux inondations de 2005 et « 2012 » (l'erreur sur l'année de la dernière inondation est présente dans les textes). Ces travaux ont pour objectif de protéger la digue de protection contre les inondations qui a subi des infiltrations en 2010. Les travaux vont consister en la protection de 94 m de berges dont :

- La réalisation d'une digue de direction en rive droite d'une longueur de 94 m
- La réalisation d'une traverse de colmatage

Si l'on compare ces travaux et la localisation des berges érodées entre 2005 et 2010 (Figure 4 - 12), on note que la rive droite du Siret à Vadu Roșca n'est pas la plus touchée par l'érosion. Au contraire entre ces deux dates, la tendance est à la rétraction de la bande active. Les seuls points d'érosion se situent exactement à l'emplacement des sites d'extraction de graviers. On peut supposer que depuis 2010, l'érosion de la berge sur ces sites s'est aggravée, non en raison des inondations, mais par la poursuite des extractions sur cette commune.

La Figure 4 - 16 témoigne de l'évolution des berges en rive droite du Siret en amont de Vadu Roșca. On constate dès 2009, la présence de sites d'extraction de graviers en rives gauche et droite et même la présence d'une excavatrice en lit mineur. Dans l'EIE sur le projet de consolidation de la berge³, la raison invoquée est la protection de la digue fragilisée par les inondations. Or celle-ci paraît également fragilisée par le passage des camions vers la zone de traitement des graviers.

¹ http://apmvn.anpm.ro/proiect_acord_de_meniu-78894

² http://apmvn.anpm.ro/decizie_etapa_de_incadrare_proiect-91064

³ http://apmvn.anpm.ro/upload/104626_Raport%20de%20mediu%20Vadu%20Rosca.pdf



Figure 4 - 16: Evolution des berges en rive droite du Siret en amont de Vadu Roșca de 2005 à 2010 et localisation des travaux de protection des berges envisagés en 2013 (Orthophotoplans de 2005, 2009 et 2010 et Google Earth image du 6 juin 2010)

Malgré une réelle volonté de repenser le système de gestion du risque inondation, de nombreux obstacles se dressent encore dans la mise en pratique des nouvelles stratégies. Plusieurs problèmes apparaissent : les difficultés financières, aggravées depuis 2010 ; la réticence à changer un système qui a fonctionné pendant des décennies ; l'inadéquation des priorités européennes et roumaines...

Néanmoins la stratégie a évolué et les principaux changements apparaissent dans la pratique au cas par cas de l'aménagement. La mise en application des schémas d'aménagement par bassin demande du temps, tout comme l'implication des acteurs locaux. Ces mesures structurelles (réhabilitation des digues et travaux de consolidation des berges), seules réelles réalisations pour l'instant depuis 2005, ne sont qu'une première étape. Le Tableau 4 - 10 complète la synthèse effectuée en fin de 2^{ème} Partie. Il résume l'évolution des logiques de gestion de l'espace fluvial et ses traductions spatiales sur le Siret inférieur (seules les mesures structurelles sont présentées ici).

Tableau 4 - 10: Synthèse des aménagements et des logiques associées dans le secteur du Siret inférieur de 1940 à 2013 (les données reprennent les différents résultats de la 2^{ème} et 4^{ème} Parties)

| Phases | Vision de l'espace fluvial | Stratégie | Types d'intervention | Aménagements sur le Siret inférieur* |
|-------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|
| 1940-1969 | Ressource | Limitée | Assainissement | 15 000 ha |
| | | | Chenalisation | 133 km |
| | | | Reforestation | ND |
| Inondation | | 1970 | | |
| 1970-2000 | Danger | Totale et systématique | Chenalisation | 900 km digues |
| | | | Barrages | 6 (amont secteur 1977-92) |
| | | | Régularisation | 7 CM 24 E 2DC |
| | | | Reboisement | +71 km ² |
| | | | Protection des berges | 20 km** |
| Inondation | | 2005 | | |
| 2005-2013 | Danger Ressource Patrimoine | Intégrée | Barrages | 1 (2007) |
| | | | Gravières | 1 384 644 m ³ /a *** |
| | | | Protection des berges | 15 km + 5E ** |

ND : non disponible ; CM : coupure de méandre ; E : épis ; DC : dérivation du chenal

** données issues de différentes sources : cartes topographiques, ouvrages et rapports de l'organisme de bassin (SGA Vrancea, 1974). **uniquement pour le Siret. ***Données issues des EIE.*

Les mesures non-structurelles sont encore au stade d'élaboration et certains projets ont déjà été analysés précédemment. Un axe est plus particulièrement développé sur le Siret inférieur : la gestion de crise, du pronostic à la gestion des secours.

Chapitre 3 – La difficile mise en place des mesures non-structurelles

Dans la Stratégie Nationale de Gestion du Risque Inondation (Ministerul Mediului, 2010a) et du plan d'aménagement de bassin pour le Siret (Ministerul Mediului, 2009ab), les mesures non-structurelles envisagées recouvrent aussi bien la gestion de crise que la création de polders. La place de la formation et de la sensibilisation du public reste en marge. Or l'UNISDR (2009) propose comme définition de ces mesures : « *Toute mesure ne comportant pas de construction qui utilise les connaissances et la pratique visant à réduire les risques et les impacts, en particulier par le biais de politiques et de lois, par la sensibilisation du public, la formation et l'éducation.* » Cette définition est complétée par le commentaire: « *La sensibilisation du public est un facteur clé dans la réduction effective des risques de catastrophe. Son développement est soutenu, par exemple, par l'élaboration et la diffusion de l'information par les médias et les canaux de l'éducation, la création de centres d'information, les réseaux et les actions communautaires ou la participation et la sensibilisation du public par des hauts fonctionnaires et des dirigeants communautaires.* » Pourquoi un tel décalage et quelles sont les obstacles à la mise en place de ces mesures ?

L'objectif de ce chapitre est d'esquisser les avancées et les difficultés de la mise en place des mesures non-structurelles (i) et d'apporter des pistes de réflexion pour adapter ces mesures à la population du Siret inférieur, avec notamment une étude de cas sur l'évaluation du système d'alerte (ii).

1. Une gestion des inondations axée sur la gestion de crise et non sur la prévention

Deux mesures essentielles composent les mesures non-structurelles : la gestion de crise et la prévention/sensibilisation du public. Ces deux domaines sont analysés dans le bassin du Siret pour en déterminer l'avancée et les difficultés.

1.1. Les avancées réalisées dans la gestion des situations d'urgence

La gestion de crise comprend trois volets : de la prévision des crues à l'alerte et transmission de l'information (i); la gestion des secours (ii) et la gestion de l'après événement (iii). Depuis 2005, des avancées notables ont été réalisées dans le premier point, le plus défailant lors de la dernière

inondation. Celui-ci se développe en plusieurs domaines : le pronostic et la prévision, la chaîne de commandement et l'alerte au public.

1.1.1. Pronostic et prévision

Le système de prévision et de pronostic des crues est le point sur lequel les avancées sont les plus notables (Ștefănescu, 2012). Un réseau de stations hydrologiques est relié au centre de l'opération de comité de bassin. Un code d'alerte est mis en place et formalisé depuis 2012 (Tableau 4 - 11).

Tableau 4 - 11: Règlement sur la gestion des situations d'urgence en cas d'inondation (MO : 649/2012 art 11 traduction F. Salit) http://isudb.ro/legislatie/ORDIN_nr1422_2012.pdf

| |
|---|
| <p>A. Pour les zones endiguées des cours d'eau:</p> <ul style="list-style-type: none">a) Cote phase 1 de défense (code jaune). Lorsque le niveau de l'eau atteint la pente externe du pied de la digue sur un tiers de sa longueur.b) Cote phase 2 de défense (code orange). Lorsque le niveau de l'eau est à mi-hauteur des phases 1 et 3.c) Cote phase 3 (code rouge). Lorsque le niveau de l'eau est à 0,5-1,5m en dessous du niveau maximal des eaux connues ou en dessous du niveau maximal calibré pour cette digue ou du dépassement du point critique. <p>B. Pour les zones non endiguées des cours d'eau, dans les sections des stations hydrométriques:</p> <ul style="list-style-type: none">a) Cote d'attention (code jaune). Niveau à partir duquel le risque d'inondation est possible dans un intervalle de temps relativement court, ce qui nécessite une vigilance accrue pour la pratique d'activités exposées aux inondations.b) Cote d'inondation (code orange). Niveau à partir duquel un débordement important peut conduire à l'inondation des foyers et des objectifs socio-économiques.c) Cote de danger (code rouge). Niveau à partir duquel sont nécessaires des mesures d'évacuation des hommes et des biens, restriction de l'utilisation des ponts et des routes, et mises en place de mesures spéciales dans la gestion des ouvrages hydrauliques. |
|---|

A la station de Lungoci, le système n'est pas automatisé, l'alerte est donc fonction de la personne en charge de la station. Le réseau de surveillance mis en place, la chaîne de commandement intervient pour transmettre informations et ordres à tous les maillons de la chaîne.

1.1.2. Chaîne de commandement

Les schémas du flux décisionnels apparaissent complexes (Figure 4 - 17) que ce soit au niveau national que local (Figure 4 - 18). Mais ces schémas témoignent de la volonté d'intégrer dans le processus de décision les acteurs impliqués à tous les échelons : de l'Etat à la commune.

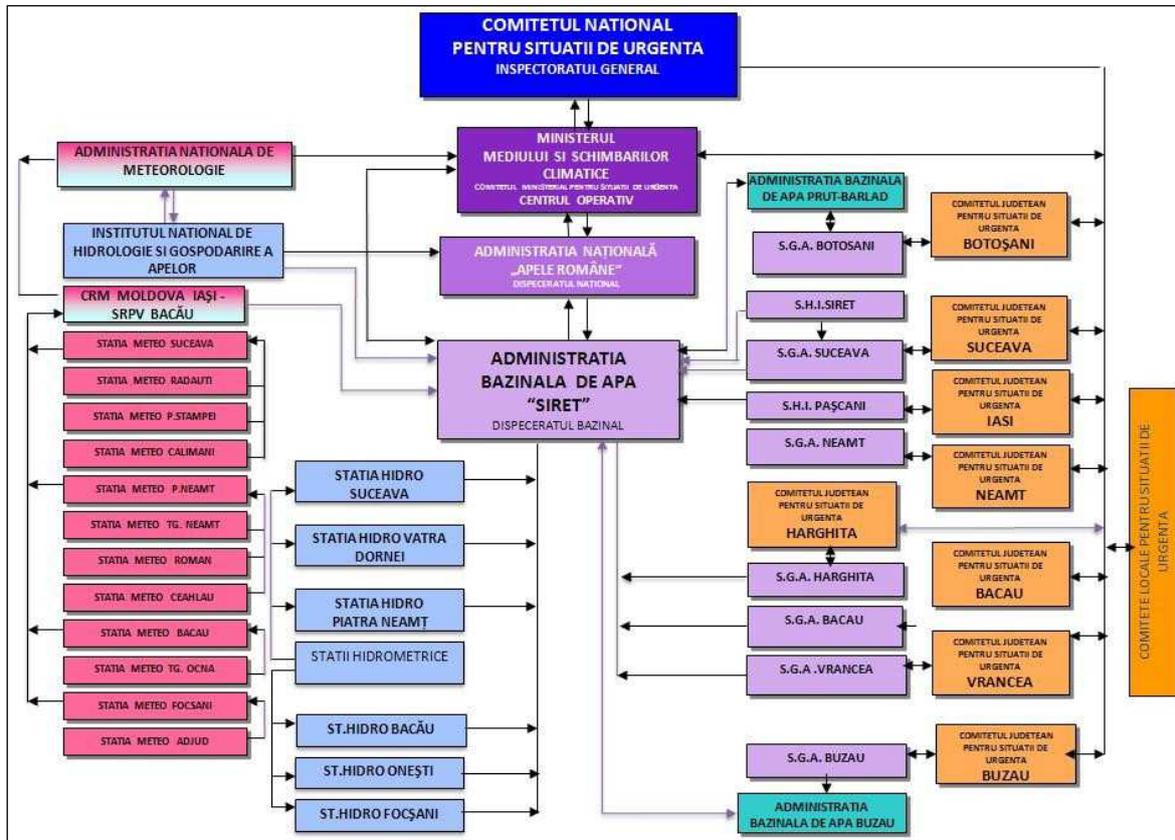


Figure 4 - 17: Schéma du flux décisionnel pour les situations d'urgence à l'échelle de l'ABAS (Source: rowater.ro)

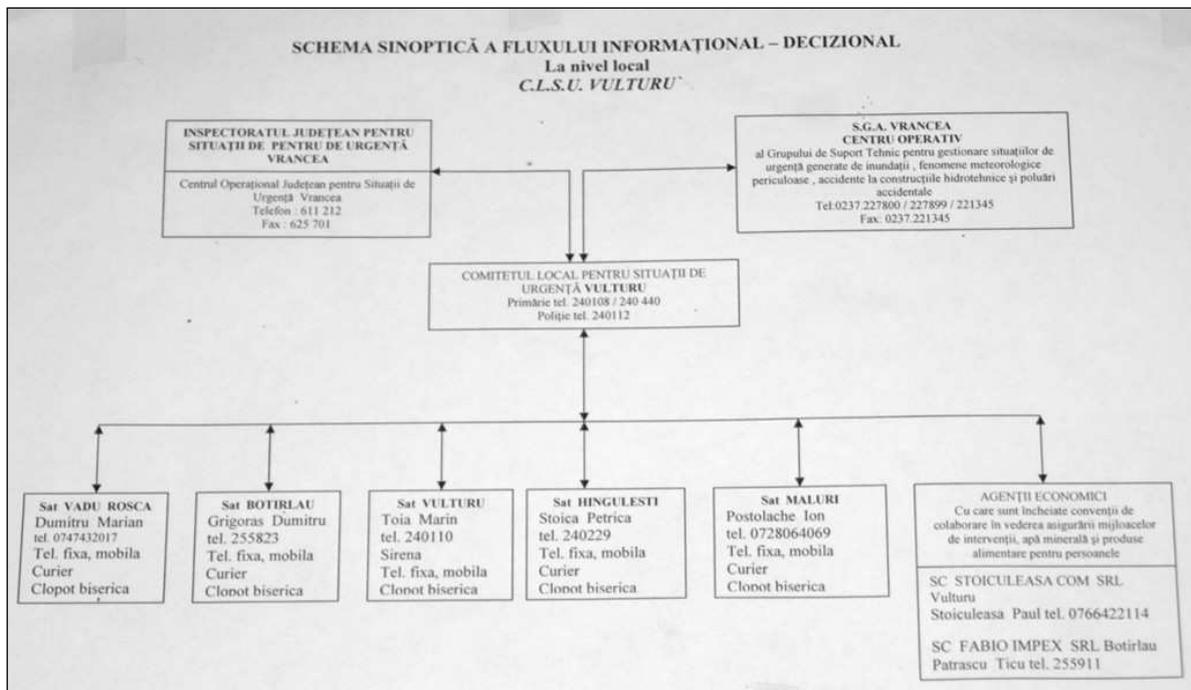


Figure 4 - 18: Schéma synoptique du flux d'information et de décision pour les situations d'urgence de la commune de Vultur (Primaria comunei Vulturu, 2006)

Le point qui nous intéresse plus particulièrement est l'action des autorités locales et la surveillance de l'état de la rivière. L'inondation de 2010 a permis d'éprouver le système. On constate que les autorités de Vulturu ont mis en place, par le biais du comité local de situations d'urgence, une surveillance étroite du Siret en 2010. La Figure 4 - 19 est un extrait du rapport établi par ce comité, suite à une alerte émise. Sur le terrain, l'état de la montée des eaux est constaté et celui des digues surveillé.

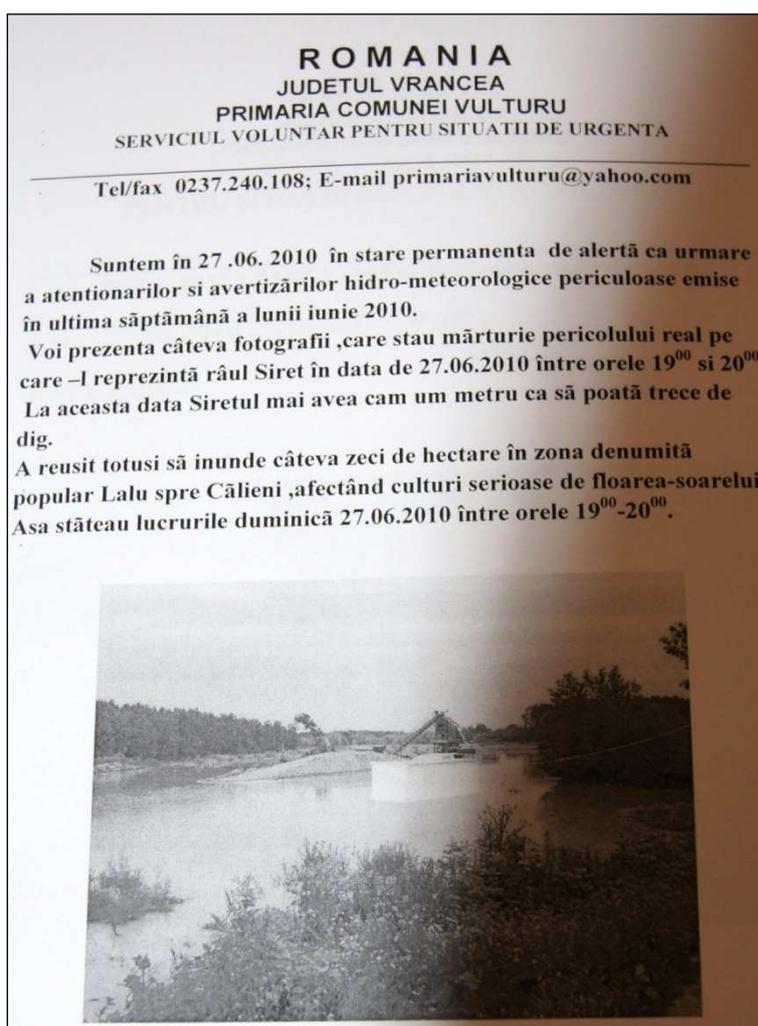


Figure 4 - 19: Extrait du rapport du service des volontaires pour les situations d'urgence de la commune de Vulturu en juin 2010 (Primaria comunei Vulturu, 2010b). Le 27 juin 2010, un état d'alerte est émis pour le Siret et le service a pour mission de surveiller la rivière et l'état des digues. La photographie illustre le débordement du Siret qui se situe à un mètre de la digue et inonde 10 ha de terres.

1.1.3. Transmission de l'information au public

L'équivalent de *Vigicrue*, site français de surveillance des débits des cours d'eau, a été mis en place au 1^{er} juillet 2013 : les données de hauteur d'eau, de débit et de précipitations maximales tombées en 24 h, sont désormais disponibles en temps réel, pour les principales stations de

Roumanie, dont Lungoci. La Figure 4 - 20 est une capture d'écran de ce site, pour la station de Lungoci, où l'état de l'alerte peut être consulté.

Ce système est une avancée, mais pose le problème de l'accès à l'information pour la population. Le taux de foyers disposant d'internet n'est pas disponible dans le secteur, mais l'usage de ce média ne semble pas répandu, plus particulièrement l'été, période de récolte. Par ailleurs des études réalisées ont démontré qu'internet n'était pas le média le plus efficace, même pour une population citadine (Peltier *et al.*, 2008).

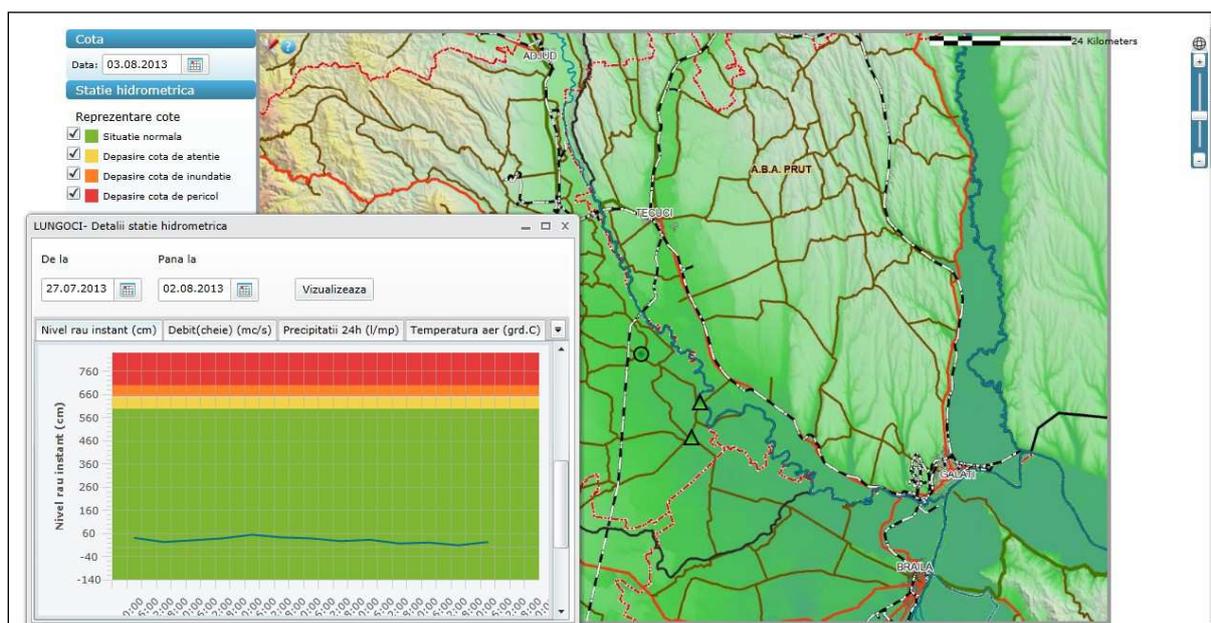


Figure 4 - 20: Capture d'écran du site d'information des hauteurs d'eau et de débit en temps réel des stations hydrométriques de Roumanie - extrait pour la station de Lungoci sur le Siret inférieur (consulté en août 2013)

<http://gis2.rowater.ro:8989/SituatieHidrologica.html?idUnitateA=1&waterDomain=Rauri&limba=Romana>

1.2. Les difficultés de sensibilisation et de formation du public

La première difficulté est de mettre en évidence les atouts d'une consultation du public dans la mise en place d'une stratégie de gestion des inondations auprès des autorités locales. Culturellement, la démarche participative n'est pas usuelle. Un manuel a été édité à cette fin (Centrul Regional de Protecție a Mediului, 2006¹). Il se compose de deux parties : l'obligation réglementaire de libre accès à l'information dont la réglementation des tarifs pour l'accès à ces informations (ce point commence à évoluer : depuis 2005, l'utilisation des cartes topographiques roumaines est autorisée) et l'obligation réglementaire d'une participation/consultation du public.

¹ <http://www.rowater.ro/Lists/Formulare%20publice/Attachments/6/manual%20pentru%20autoritati.pdf>

Un calendrier des mesures de mise en application de cette participation du public, a été instauré dans le bassin du Siret (Tableau 4 - 12). Néanmoins on constate que le public désigné est essentiellement composé d'autorités et d'acteurs locaux.

Tableau 4 - 12: Les mesures d'information et de consultation du public envisagées dans le bassin du Siret ; extrait du calendrier 2015-2021 de mise en place de la consultation du public (source: ANAR-ABAS ; traduction : F. Salit)

<http://www.rowater.ro/dasiret/Documente%20Consultarea%20Publicului/Forms/AllItems.aspx>

Mesures pour l'information/communication :

- Publication sur le site web de l'ABAS, des documents élaborés en vue de la réalisation du second plan d'aménagement du bassin.
- Informer de la publication de ces documents aux intervenants par e-mails, fax et lettres.
- Réalisation de brochures et de dépliants sur les activités entreprises et leur transmission par tous les moyens possibles aux parties prenantes.
- Organisation de journées spécifiques (ex : jours du Danube ou journée mondiale de l'eau) pour informer et accroître la sensibilisation du public à la nécessité de participer à l'élaboration du plan d'aménagement du bassin du Siret.

Mesures pour la consultation :

- Organiser des réunions au sein du comité de bassin pour consulter les parties prenantes et le public sur les activités en cours dans la réalisation du plan d'aménagement de bassin.
- Elaboration d'un questionnaire pour les parties prenantes pour qu'ils puissent s'exprimer sur les activités en cours.
- La mise en œuvre d'une application en ligne pour la consultation sur le site web du plan d'aménagement et que les parties prenantes puissent exprimer leur point de vue.
- Organisation d'ateliers et de workshops dans lesquels les parties prenantes pourront participer activement au processus de décision.
- Recueillir les réponses des parties prenantes et du public et publier les résultats afin qu'ils voient la contribution qu'ils ont apportée.

Un questionnaire pour l'évaluation du plan de gestion du bassin du Siret a été établi (Chestionar privind elaborarea draftului Planului de Management al Bazinului) et soumis pour consultation aux acteurs locaux. Il est assez long avec 20 questions. Mais on note que les principales mesures, pour mettre en place la consultation du public restent au stade de l'information (affichage des avis et des décisions) et requièrent un certain niveau de compétence pour être assimilées.

Différents projets d'information et de sensibilisation du public ont été tentés dans d'autres bassins (Zaharia, 2010). Un projet pilote a été mené dans le bassin de Cheia pour informer le public sur les actions de l'organisme de bassin et sur le comportement à adopter en cas de crise. 3 brochures (*Puterea distrugătoare a inundațiilor- Ghid de pregătire*, pour les habitants, pour les

enfants et pour les touristes) ont été créées. L'ABA Crișuri a mis en place des cahiers d'exercices à destination des enfants pour se protéger des eaux (Figure 4 - 21). Mais aucune de ces initiatives n'a été étendue à d'autres bassins.

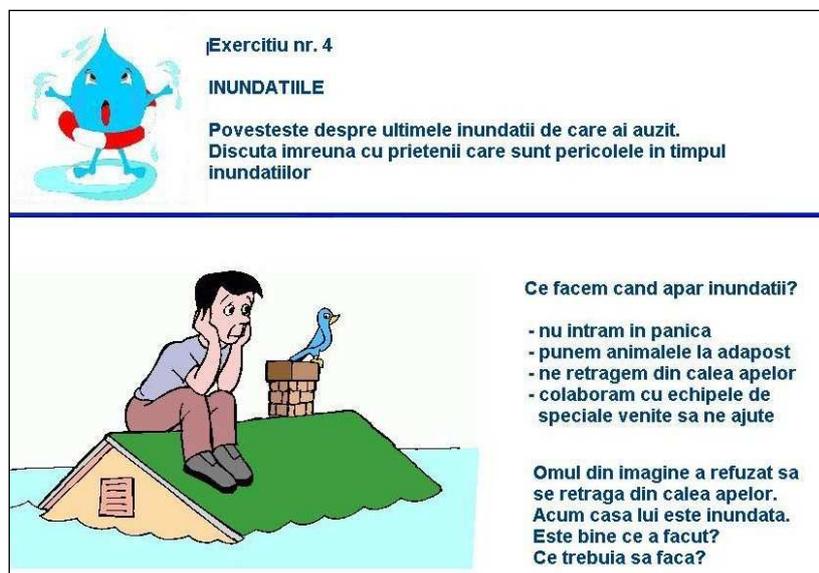


Figure 4 - 21: Extrait cahier de sensibilisation des enfants à la gestion de l'eau et des inondations (Source : Caiet special de protecția apelor)

Un dernier volet de la sensibilisation du public est la mémoire du risque. La conscience du risque et l'entretien de cette mémoire (Figure 4 - 22) participent à une meilleure préparation et à minimiser les dommages lors de catastrophe (Zaharia, 2010). Dans le Siret inférieur, aucune campagne d'information n'a été mise en place après l'inondation de 2005 et on a constaté sur le terrain (12 ans après), l'absence de repère de crue (de type PHEC, obligatoire en France depuis 2003).

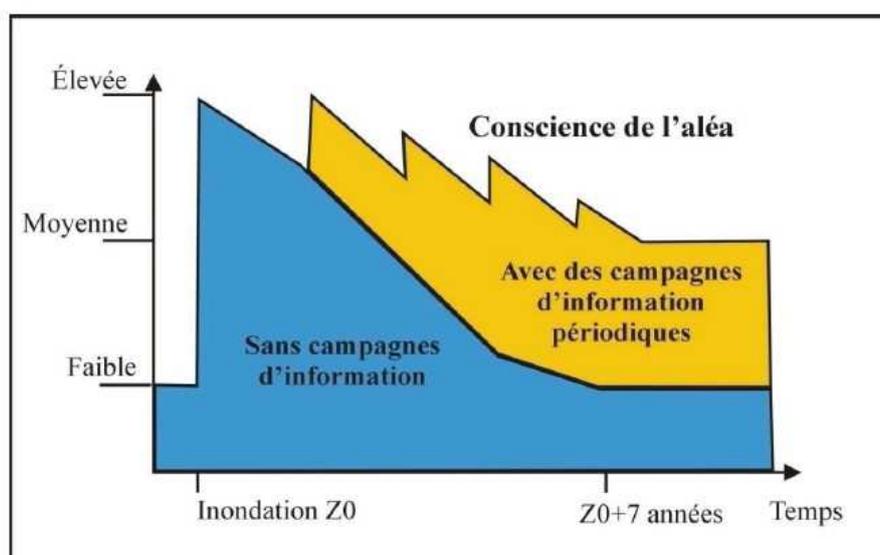


Figure 4 - 22: Echelle temporelle de la mémoire du risque en fonction de l'information (CIPR, 2002, cité par Defossez, 2009)

Dans la majorité des cas, l'information du public prend la forme de documents mis en ligne. Mais on constate en Roumanie, comme dans l'étude de Peltier *et al.* (2008), réalisée sur le rôle d'internet dans l'information sur les risques en France, que cette démarche fait office d'alibi pour les autorités. Les documents accessibles ne sont que des textes réglementaires déjà existants, et surtout difficilement accessibles à un public non averti. La consultation du public est un point primordial pour une alerte efficace. Prendre en compte les attentes du public, dans une démarche de gestion participative, permet de faire adhérer la population aux décisions. C'est pourquoi, tout en essayant de comprendre et d'évaluer l'efficacité du système d'alerte en 2005, l'objectif de cette section est de donner des pistes de réflexion pour adapter le système d'alerte à la réalité du territoire et aux attentes de la population.

2. Etude de cas : L'évaluation du système d'alerte à Vadu Roșca

Le système d'alerte inondation a pour objectif d'informer le plus tôt possible les populations de l'imminence d'une crue et ainsi de réduire les pertes en vies humaines et de limiter les dommages matériels. Il couvre trois composantes (Mileti et Sorensen, 1990) : le réseau de mesures et la prévision des crues (i), la chaîne d'information de la prévision à la prise décision par les autorités nationales et locales (ii) et la transmission de l'alerte à la population concernée (iii). Cette dernière phase apparaît comme le point le plus complexe car son efficacité est fonction du comportement des populations et de leur perception (Bradford *et al.*, 2012). Le comportement des populations dépend étroitement du contexte dans lequel l'inondation se produit (Handmer et Ord, 1986; Sorensen et Mileti, 1989; Handmer, 2000).

Ce travail propose de réaliser une évaluation du système d'alerte et d'information aux populations tel qu'il a eu lieu en juillet 2005 dans le bassin du Siret inférieur et plus particulièrement dans le village de Vadu Roșca, grâce à une analyse du comportement des populations. L'objectif est de comprendre les atouts et les faiblesses du système d'alerte et ainsi de déterminer dans quelle mesure il peut être amélioré, mais aussi de proposer des pistes pour adapter l'éducation des risques au territoire étudié.

2.1. Mise en perspective de l'évaluation du comportement des populations

L'évaluation de l'alerte lors de l'inondation de juillet 2005 présente un double intérêt : elle permet de saisir les failles et qualités du système et également d'orienter l'information aux

populations pour la mettre plus en adéquation avec le territoire étudié. Dans la recherche sur les systèmes d'alerte « le contexte est tout » (Parker *et al.*, 2008). Le contexte historique, politico-économique et socio-culturel est un des éléments majeurs de l'efficacité d'un système d'alerte : que ce soit dans sa conception que dans sa réception par les populations. C'est pourquoi les systèmes d'alerte adoptés dans d'autres pays, voire même dans d'autres bassins versants, sont difficilement adaptables tels quels ailleurs. Les principes de base peuvent être transposés mais des ajustements sont indispensables. Trois catégories de facteurs individuels influencent la capacité de réponse face à un danger imminent et donc conditionnent l'efficacité d'un système (D'Ercole, 1991 ; Mileti, 1995) :

- La nature des liens sociaux et des responsabilités. I. Ruin dans sa thèse (2007), démontre que des femmes avec de jeunes enfants ont tendance à prendre plus de risque et ne pas suivre les consignes.
- Les caractéristiques socio-économiques et démographiques.
- Les caractéristiques psychologiques et culturelles.

Certaines de ces caractéristiques ont déjà été abordées tout au long de ce travail et permettent de dresser le tableau de la population étudiée.

Il est nécessaire de poser les bases logiques de la compréhension des comportements en cas de crise qui conditionnent la réaction face à l'alerte. Cinq étapes ont été définies dans le modèle comportemental (Mileti et Sorensen, 1990 ; Ruin, 2007) :

- **Entendre l'alerte** : Première étape essentielle, entendre l'alerte que ce soit des sirènes ou toute autre alarme. Même si la personne a la capacité physique d'entendre, elle peut être hors de portée ou absorbée dans une autre tâche (cas de personnes travaillant dans des champs).
- **Comprendre le message** : Même si le message est entendu, le contenu n'est pas toujours assimilé. Cela dépend du contexte socio-culturel ou de l'expérience des personnes. Et cela dépend également du message lui-même et de la préparation de la population à ce type de situation. 50 % des personnes recevant le même signal, le comprennent de façon différente (Mileti et Sorensen, 1990).
- **Croire** : La population a tendance à ne pas directement croire en l'alerte et a besoin de vérifier l'information. Ce besoin de confirmation est relevé par plusieurs auteurs (Mileti, 1995 ; Parker et Handmer, 1998 ; Sorensen, 2000 ; Ruin, 2007). Dans sa comparaison de neuf études sur le comportement des populations en cas d'alerte, Parker *et al.* (2009) soulignent

cet élément comme étant un des comportements que l'on retrouve à l'échelle de toute l'Europe. L'information pour être prise en compte doit être reçue sous différentes formes (pluralité des sources émettrices). Elle doit être précise et crédible pour que les personnes se l'approprient.

- **Assimiler l'alerte pour soi-même:** L'individu évalue le risque pour lui en fonction de sa proximité au danger et de ses connaissances ou vécu personnel. Le premier comportement est de ne pas se considérer comme la cible de l'alerte.
- **Répondre en prenant des mesures de protection:** Si l'alerte arrive dans un temps suffisant pour agir. Agir, implique aussi la connaissance des moyens de protection adaptés à la situation.

C'est à partir de ce modèle comportemental et d'après les travaux de Molinari et Handmer (2011) que l'évaluation du système d'alerte à Vadu Roșca a été pensée. L'objectif de Molinari et Handmer (2011) est d'évaluer les dommages causés par les inondations en prédisant la capacité des personnes à agir. Ces bases méthodologiques et notamment la représentation en arbre d'événements ont été utilisées pour évaluer cette fois le système d'alerte en 2005 à Vadu Roșca.

2.2. Méthode

2.2.1. Le questionnaire

Cinq questions ont été déterminées au regard du modèle comportemental. Un nombre limité de questions apparaît préférable et s'adapte bien à la représentation en arbre d'événement. Ces questions sont présentées ici en français, mais ont été élaborées en roumain (Figure 4 - 23). Chaque formulation a été pesée en fonction du contexte socio-culturel et rédigée de manière à ne pas heurter les personnes. Comme expliqué par la suite, les questions ont été soumises à des professeurs de l'école locale qui sont à même de les juger. Les questions sont fermées mais pour certaines, des questions subsidiaires ont été ajoutées, permettant une meilleure interprétation des résultats (Bird, 2009).

1) Avez-vous eu connaissance de l'arrivée de l'inondation? (ALERTE)

On considère que les personnes n'ont eu connaissance de l'alerte que si elles ont été prévenues au moins deux heures avant le début de l'inondation. Des personnes ont répondu qu'elles savaient que l'inondation arrivait au moment où l'eau entraînait chez eux. Pour les questionnaires réalisés en autonomie, seule la lecture de toutes les réponses permet de savoir si les personnes ont eu connaissance de l'alerte suffisamment tôt. Si la réponse à la première question est *non*, le reste des

réponses est négatif, quelles que soient les réponses apportées. On ne prend alors en compte que la dernière réponse sur les actions possibles.

2) Etait-ce une alerte officielle ? (OFFICIELLE)

L'alerte est considérée comme officielle si les personnes ont été prévenues par le maire ou un employé de la mairie, des sirènes ou la police. Si la réponse est non, il est demandé de préciser la source. A cette question des solutions sont proposées: télévision, connaissances/amis... Il est toujours délicat de proposer des choix qui peuvent orienter les réponses. Malgré cela il a semblé préférable de donner des précisions pour faciliter la compréhension lors de la réalisation des questionnaires en autonomie.

3) Vous sentiez-vous concernés par l'alerte ? (CONFIANCE)

Lors de la traduction des questions en roumain, la formulation et le vocabulaire ont été adaptés aux personnes concernées. Littéralement la question est : avez-vous compris que l'alerte vous touchera vous ou vos biens/foyers (le mot *gospodărie* en roumain n'a pas d'équivalent exact : il s'agit autant des biens mobiliers et immobiliers que du foyer ou de la famille ; littéralement il s'agit de la maison et de ses annexes).

4) Avez-vous vérifié l'information ? (VERIFICATION)

Plus exactement en roumain : avez-vous vérifié si l'information était juste ? De nouveau des choix ont été proposés en cas de réponse positive, pour préciser l'objet de la question (par des connaissances, la télévision ou la mairie). Ces deux questions (3 et 4) permettent en outre d'évaluer la confiance de la population dans les autorités.

5) Avez-vous pris des mesures ? (AGIT)

Cette fois-ci il a été décidé de ne pas préciser d'options dans la question subsidiaire, les personnes interrogées pouvant se sentir coupables ou honteuses de ne pas avoir pris certaines mesures. Ainsi plusieurs réponses ont été données dans la question subsidiaire : lors de l'interprétation des résultats, les réponses « s'enfuir » ou « monter sur le toit » n'ont pas été considérées comme une *action* mais une mesure de protection face à l'inondation. En revanche si l'évacuation concernait d'autres personnes ou biens (enfants, animaux), la réponse est considérée comme positive.

En plus de ces questions, des informations personnelles ont été demandées : l'âge, le genre (même si beaucoup de personnes ont donné leur nom), la profession et l'adresse (nom du village : permet de reconnaître ceux qui ont déménagé).

Sistemul de alertă din timpul inundației din 13 iulie 2005

Vârstă :

Sex :

Profesie :

Adresă :

1) Ați fost avertizați că urma să se producă o inundație (în iulie 2005)?

Da Nu

2) Ați aflat de la Primărie/prin sirene?

Da Nu

Dacă nu, cum ați aflat (de la televizor, de la o cunoștință...)?

.....

3) Ați înțeles că aceasta urma să vă afecteze și pe dumneavoastră (gospodăria)?

Da Nu

4) Ați încercat să verificați dacă informația era adevărată ?

Da N

Dacă da, cum (printr-o cunoștință, de la televizor, Primărie) ?.....

5) Ați luat măsuri?

Da Nu

Ce fel de măsuri ?.....

Mulțumesc pentru timpul acordat!

Figure 4 - 23: Questionnaire en roumain d'évaluation du système d'alerte inondation proposé aux habitants de Vadu Roșca en juin 2011 (réalisation F. Salit et G. Ioana-Toroimac)

Le questionnaire est court et seuls deux types de réponses sont attendus, ce qui facilite la démarche des personnes interrogées comme des enquêteurs.

2.2.2. Une représentation en arbre d'événement

L'arbre d'événement est une représentation graphique d'une démarche inductive qui montre tous les résultats possibles résultant d'un événement déclencheur (Rausand, 2004). Chaque action est appelée événement. L'analyse des résultats est fondée sur une logique binaire dans laquelle chaque événement a lieu ou non (réponse oui ou non dans notre cas). L'arbre en tant que tel est ajustable non seulement à la situation étudiée, mais également aux réponses fournies (USACE, 1994 ; Rausand, 2004). Les applications de cette démarche sont multiples mais elle est surtout utilisée dans l'analyse des risques (en ingénierie ou étude sur le nucléaire (Fullwood et Hall, 1988)). Mais l'arbre d'événement est surtout approprié dans l'identification de l'amélioration des systèmes de protection et d'autres fonctions de sécurité (Rausand, 2004). Cette démarche permet une visualisation et une interprétation rapide des résultats. Le système binaire de réponse (oui/non) apporte une simplicité à la méthode d'autant plus qu'il est possible de faire des questions ouvertes subsidiaires. Les résultats fournissent une réelle base de travail dans l'évaluation des systèmes de protection (Rausand, 2004).

La variable « temps » n'est pas prise en compte dans le questionnaire. Ainsi lors de l'analyse, il faut intégrer le fait que des personnes n'ont pas pu agir car l'alerte n'a pas été donnée à temps et non parce qu'elles ne le pouvaient pas.

2.2.3. La démarche sur le terrain

Une triple démarche a été appliquée sur une semaine: enquête dans les rues de Vadu Roșca (i), par le biais de l'école de Vulturu (ii) et dans le quartier de personnes déplacées à Vulturu après l'inondation (iii).

- Afin de tester les questionnaires et d'ajuster l'interprétation des résultats en fonction de la réaction des populations, les personnes ont été interrogées dans les rues de Vadu Roșca. L'enquête a été réalisée sur une demi-journée et 34 personnes ont répondu. En réalité le nombre de personnes interrogées est beaucoup plus important ; les familles/couples répondaient ensemble. Nous avons ainsi décidé de réaliser un questionnaire par foyer, les réponses des conjoints étant similaires ou influencées.

- Pour toucher un public plus large et surtout des personnes qui travaillent pendant la journée, nous avons soumis nos questionnaires aux professeurs d'histoire-géographie de l'école de Vulturu. Cette méthode donne un caractère formel et officiel à la démarche. De plus non seulement les parents pourront répondre, mais également les grands-parents. Par ailleurs les professeurs ont pu

valider le questionnaire, c'est-à-dire que leur contact au quotidien avec la population leur permet d'évaluer la faisabilité de la démarche. Ainsi 24 questionnaires ont été récupérés : les professeurs ont 30 élèves qui viennent du village étudié, dont plusieurs de la même famille : le nombre de questionnaires est ainsi cohérent.

- Enfin nous avons décidé d'interroger des personnes déplacées : 147 maisons ont été construites dans le village de Vulturu, pour les familles sinistrées de Vadu Roșca. Nous avons pu interroger 8 personnes de ce quartier, 2 ont refusé de nous répondre et une était absente le jour de l'inondation.

Au total 66 questionnaires ont été analysés. Le profil des personnes interrogées (Tableau 4 - 13) ne semble pas représentatif de la population du village (sous-estimation du nombre d'hommes). Néanmoins l'exacte représentativité n'est pas un biais discriminatoire dans ce cas de figure, puisque l'inondation peut avoir lieu dans la journée ou dans les mêmes conditions de réalisation du questionnaire.

Tableau 4 - 13: Profil des personnes interrogées en juin 2011, selon le lieu de l'enquête, le sexe et l'âge

| Genre \ âge | 15-29 | 30- 59 | 60 et plus | Total |
|-------------------|----------|-----------|------------|-----------|
| Vadu Roșca | | | | |
| Hommes | 1 | 5 | 8 | 14 |
| Femmes | 2 | 7 | 11 | 20 |
| Total | 3 | 12 | 19 | 34 |
| Ecole | | | | |
| Hommes | 0 | 8 | 2 | 10 |
| Femmes | 2 | 8 | 4 | 14 |
| Total | 2 | 16 | 6 | 24 |
| Vulturu | | | | |
| Hommes | 1 | 2 | 0 | 3 |
| Femmes | 0 | 4 | 1 | 5 |
| Total | 1 | 6 | 1 | 8 |
| Hommes | 2 | 15 | 10 | 27 |
| Femmes | 4 | 19 | 16 | 39 |
| Total | 6 | 34 | 26 | 66 |

2.3. Résultats

La Figure 4 - 24 présente les résultats détaillés des questionnaires sous forme d'arbre d'événements, selon les trois démarches adoptées.

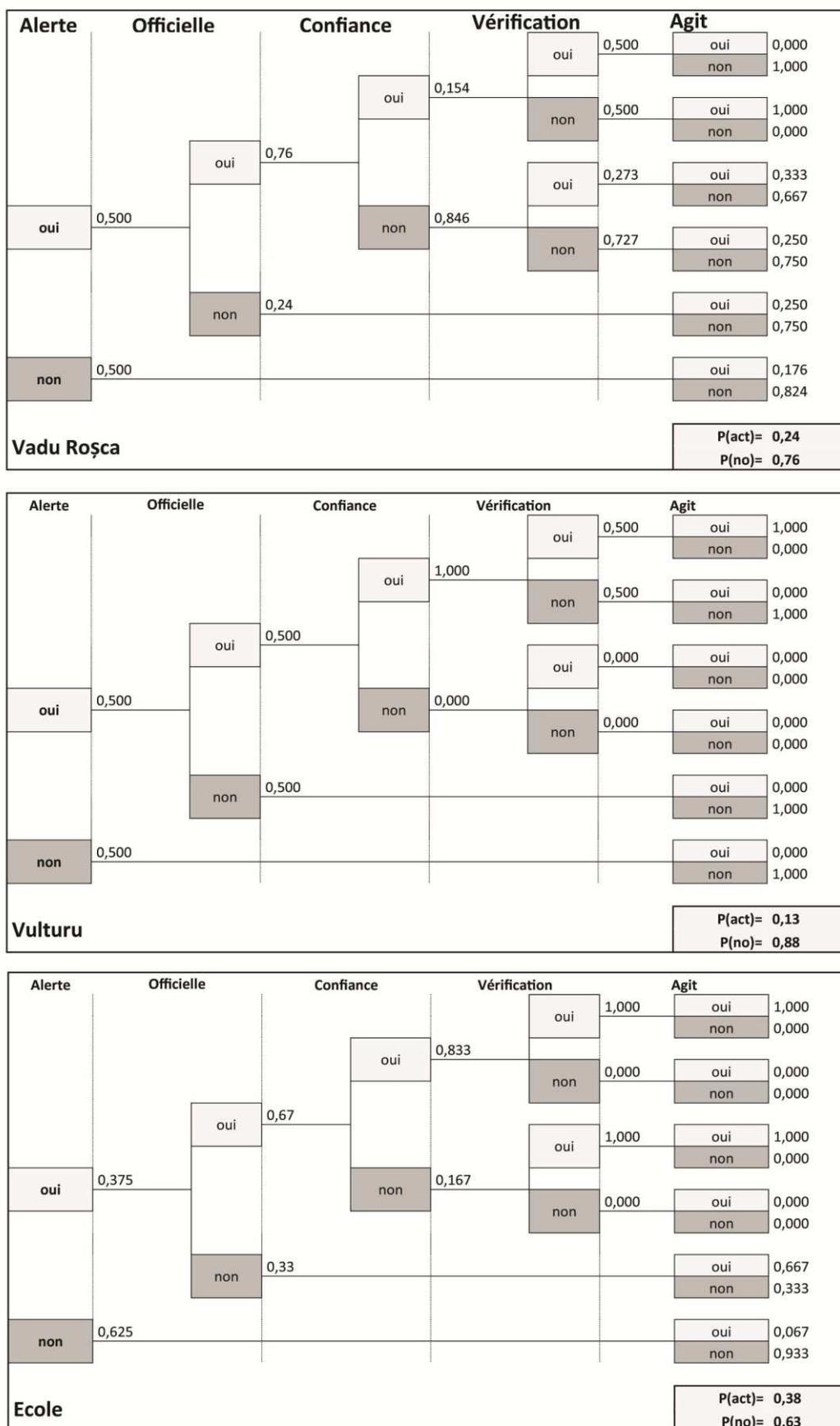


Figure 4 - 24: Résultats de l'évaluation du système d'alerte lors de l'inondation de juillet 2005 à Vadu Roșca. Enquête réalisée en juin 2011

Seuls 45,5 % des personnes ont eu connaissance de l'alerte quel que soit le biais : officiel (70 %, non-officiel : 30 %). L'alerte officielle est toujours désignée par quelqu'un de la mairie. Néanmoins une confusion peut apparaître dans ce résultat. Pendant une semaine, les employés de la mairie sont venus à Vadu Roșca surveiller l'état du Siret, et la population peut confondre cette surveillance avec l'alerte donnée le jour de l'inondation. Parmi les personnes qui ont reçu l'alerte officielle, 57 % ne lui ont pas fait confiance, ne se sentant pas concernées par celle-ci. Les personnes interrogées à Vadu Roșca n'ont, pour l'essentiel pas eu confiance en l'alerte officielle. Un résultat est paradoxal, ce sont les personnes qui ont compris que l'alerte les concernait qui ont ressenti le besoin de la vérifier (77 % des personnes qui ont eu confiance en l'alerte officielle ont cherché confirmation).

Ceux qui n'ont pas entendu l'alerte n'ont pas agi. Ce résultat paraît évident, mais cela confirme que l'alerte permet d'agir. Au total 27 % seulement ont agi, beaucoup ont reçu l'alerte trop tard ou ont compris ce qui se passait que lorsque l'eau arrivait chez eux.

Somme des personnes ayant agi ou non quel que soit leur comportement avant :

$$\sum P(act) \approx 0,27$$

$$\sum P(no) \approx 0,73$$

Moins de la moitié des personnes prévenues a agi: elles ont tenté pour la majorité de mettre à l'abri les animaux et les papiers importants. Dans 60 % des cas, elles ont cherché à mettre à l'abri leurs animaux, certains mettant leur vie en danger dans ce but.

Comme précisé dans les choix d'interprétation des résultats, les mesures prises par la population ne peuvent être toujours considérées comme une « action » mais comme une auto-préservation. Une grande majorité a répondu « j'ai fui » ou « je me suis réfugié sur le toit ». La raison de ces réponses est le temps entre l'alerte et l'inondation, souvent trop court pour réellement agir.

Quelle (s) différence (s) peut-on voir dans le profil des personnes interrogées ? Il y a peu de différences entre les diverses sources ou méthodes de questionnaires. La seule notable se situe dans la confiance accordée à l'alerte officielle entre Vadu Roșca et l'école. Dans les réponses de l'école, les personnes ont eu confiance en l'alerte donnée par la mairie, à la différence de Vadu Roșca. Peut-être faut-il y voir une réaction face à la source de l'enquête. Le commanditaire (l'école) étant considéré ici comme une institution officielle, les enquêtés ont peut-être tendance à ne pas vouloir critiquer la mairie. Néanmoins la population de Vadu Roșca qui, à plus de 80 % n'a pas eu confiance en l'alerte officielle, n'a cependant pas cherché confirmation.

2.4. Discussion

Les éléments qui affectent la réponse du public, énoncés par Drabek (1986), servent de base pour analyser l'efficacité du système d'alerte au regard des résultats de l'enquête :

L'alerte doit être claire/ L'alerte doit comporter une réponse appropriée/ L'alerte doit être perçue comme venant d'une source crédible /L'alerte doit être renforcée socialement et à l'échelle locale/Le média utilisé pour répandre l'alerte est primordial/ La nature de l'appel doit être considérée et évaluée (Drabek, 1986).

2.4.1. Un système d'avertissement peu efficace

Moins de la moitié des personnes ont reçu l'alerte dont certains la veille voire plusieurs jours avant, pour deux d'entre eux. Ceux qui ont reçu l'alerte habitent près des digues et ont « vu » les autorités surveiller la rivière. L'alerte en elle-même a été faite au porte à porte et tout le monde n'a pas pu être atteint. De manière plus générale, l'hésitation des autorités peut expliquer la faible réception de l'annonce. Pendant plusieurs jours, le Siret a été mis sous surveillance, la mairie parcourait les digues pour voir leur état. Seulement l'eau est arrivée par la Putna, élément auquel les autorités ne s'attendaient pas. Ce sont ces circonstances qui ont affaibli les messages d'alerte, la menace ne venant pas de la rivière située à quelques mètres du village mais de celle située à plusieurs kilomètres. Plusieurs personnes précisent qu'ils ont cru à une inondation mais « pas à ce point ». L'ampleur du phénomène a été largement sous-estimée.

Parmi les personnes prévenues de manière officielle, la majorité l'a été par de la famille. Au cours des différentes campagnes de terrain, des entretiens plus longs menés avec des sinistrés, ont permis l'émergence de chaînes d'information particulières. Des parents habitant en amont sur la rivière viennent prévenir la famille en aval. Ces éléments mettent en exergue le rôle de l'alerte non-officielle et du rôle de la communauté dans les zones rurales. Ces réseaux sont difficilement quantifiables, et les études démontrent les problèmes pour en évaluer l'efficacité (Parker et Handmer, 1998).

Plusieurs éléments peuvent être retenus: l'alerte a été donnée trop tard, par un média qui n'a pas pu toucher tout le monde et le message était peu clair (l'inondation venant également de la Putna). Une alerte doit apporter des faits précis mais également des conseils de comportements. Ceux-ci ont été absents en 2005. Les personnes se sont réfugiées chez elle, alors qu'aucun accès au toit n'existe dans leur maison ; les populations n'ont eu qu'une confiance limitée en l'alerte, ce qui peut s'expliquer par le vécu des populations.

2.4.2. Le vécu des populations

Le rôle de la mémoire collective est indéniable, le vécu des populations leur permet d'avoir des réflexes face à l'alerte mais d'un autre côté les personnes qui ont vécu des inondations ont tendance à sous-estimer le danger (Gardner et Stern, 1996 ; Brilly et Polic, 2005). La majorité des personnes interrogées a plus de 60 ans et a toujours vécu dans ce village. Lors des différents entretiens, tous évoquent les crues du Siret d'avant 1970 (c'est-à-dire d'avant les aménagements). Les inondations étaient fréquentes, une à deux fois par an, mais de faible intensité avec jamais plus de 50 cm d'eau dans le village. A partir de 1970 et de l'inondation majeure du mois de mai, les travaux d'endiguement et de régularisation de la rivière ont modifié le régime des crues.

Deux éléments ont pu jouer : soit les digues ont provoqué le sentiment que les inondations étaient terminées, soit les crues ont été oubliées comme phénomène récurrent. Depuis 1970, peu de crues de forte amplitude ont été recensées, corroborant le sentiment populaire. Par ailleurs pour les habitants, s'il y a crue, ce sera comme celles qu'ils ont connue auparavant. Les modifications des dynamiques du Siret n'ont pas été prises en compte. Cette expérience de la rivière, cette « sagesse populaire » (Parker et Handmer, 1998) a influencé très fortement le comportement des populations face à l'alerte en 2005. Ils sont restés sur leur ancienne connaissance de la rivière, sans prendre la mesure des changements opérés depuis les années 70.

Par ailleurs la confiance dans les autorités et/ou les institutions est faible. Une partie de la population estime mieux connaître son territoire que les institutions. Pour certains, ils accusent les gestionnaires du barrage d'avoir voulu « protéger » leur ouvrage. Le meilleur moyen d'établir la confiance dans les institutions n'est pas de la forcer, mais d'intégrer le public au processus de décision et d'établissement des procédures du système d'alerte.

2.4.3. Le rôle des animaux

Cette question peut paraître annexe, mais il ressort des différents entretiens que les animaux revêtent une importance de premier plan dans le comportement des personnes. Les populations sont prêtes à prendre de nombreux risques afin de sauver leur chat ou chien (Wilson, 2006). Cette question trouve pourtant un écho particulier dans le contexte économique déjà décrit de ce secteur. L'agriculture et l'élevage sont des moyens de subsistance. Chaque foyer possède quelques animaux, une vache, un cochon et quelques poules. Au-delà de l'affection qui leur est portée, ils sont aussi une source de revenus ou au moins d'autosuffisance. A chaque entretien, la population évoque leur animal ; certains ont eu à peine le temps de les mettre à l'abri, d'autres se sont blessés en voulant les sauver, d'autres encore pleurent en nous relatant comment ils ont perdu telle ou telle bête. Au-delà de l'anecdote, les habitants sont prêts à risquer leur vie pour sauver ces animaux et il s'agit, dans

plus de 60 % des cas, de la première mesure qu'ils prennent une fois l'alerte reçue. Cet élément doit être intégré dans l'information aux populations. Cela pointe la nécessité de réfléchir en amont à un abri possible pour ces animaux, ou au moins à des conseils de comportement. Dans la limite des moyens financiers disponibles, une zone refuge pour ces animaux pourrait être aménagée.

2.4.4. Des médias peu sollicités

De nombreuses études démontrent le besoin des populations de vérifier l'information et notamment de chercher confirmation auprès des médias (Parker *et al.*, 2009). 40% des personnes interrogées dans les enquêtes de Molinari et Handmer (2011) en Australie cherchent confirmation de l'inondation à la radio ou à la télévision. En France le pivot de l'information au public dans le système *Vigicrue*, est joué par les médias : radio, télévision et de plus en plus, internet. Un code couleur et des conseils de comportements ont été mis au point et connus du public grâce au relais de la météo ou des chaînes d'information en continu. Un système similaire existe en Roumanie, développé depuis les inondations de 2005.

Seulement à la lecture des résultats des questionnaires, on constate que seules deux personnes ont cherché confirmation dans les médias, dont une qui avait 13 ans au moment des faits. La population concernée vit essentiellement dehors au printemps ou en été et ne se réfère pas automatiquement aux médias comme une population citadine aurait le réflexe de faire. Ainsi une alerte où les médias joueraient un rôle central de diffusion de l'information s'adapterait moins à ce type de population. D'autres biais doivent être utilisés comme les sirènes ou les cloches de l'église. La sirène installée à la mairie est difficilement utilisable dans le cas de Vadu Roșca, la mairie étant située à Vultur. L'utilisation des cloches de l'église aurait deux avantages : c'est une alerte comprise par tous (et réclamée) et les personnes travaillant dans les champs peuvent l'entendre.

L'introduction des mesures non-structurelles n'en est qu'à ses débuts. C'est pourquoi il est difficile d'évaluer leur efficacité. A ce jour, les mesures de gestion de crise semblent privilégiées au détriment de la prévention et de la participation du public. L'intégration de ces mesures, par le biais de l'application de la DCE et de la DI, se heurtent aux héritages politico-culturelles et demande une meilleure prise en compte des particularités régionales pour les rendre effective.

Conclusion de la 4^{ème} Partie

Depuis 2005, les nouvelles politiques de gestion des inondations se sont accélérées. Cette inondation a été un moteur du changement que l'introduction de la Roumanie dans l'Union européenne a nourri. La médiatisation de l'événement a joué un rôle aussi bien dans l'opinion publique que dans l'action des politiques, à l'image du « village-martyr » de Vadu Roșca. Un milliardaire roumain a offert des maisons aux sinistrés du village (Figure 4 - 25), participant ainsi à améliorer sa cote de popularité.



Figure 4 - 25: Les rues du “Vulturii Becali”, lotissement à Vulturii offert par un milliardaire roumain aux sinistrés de Vadu Roșca, après l'inondation de juillet 2005. (Bilbie, 2008)

La mise en place de la Stratégie Nationale du Risque Inondation permet le changement de paradigme dans l'appréhension des risques mais n'en est qu'à ses débuts dans sa mise en pratique effective. Des réalités économiques et sociales viennent complexifier l'application des directives européennes et relance le débat dans « la gestion de la différence » des pays européens.

Conclusion générale

L'objectif de ce travail de thèse était de saisir la complexité, dans le temps et dans l'espace, des interactions entre le système social et le système fluvial à travers le prisme du risque inondation sur le Siret inférieur. Les défis posés par l'application de la Directive Inondation en Roumanie et la nécessité d'instaurer une réelle stratégie de gestion du risque, mènent à adopter une démarche globale, systémique, géographique. Cette conclusion s'organise en trois temps : la synthèse des principaux résultats obtenus selon l'angle des temporalités des aménagements (i) ; le rôle de l'événement dans l'étude du risque inondation, un bilan (ii) ; des perspectives de recherche (iii).

Les temporalités des aménagements et des logiques associées

Les principaux résultats ont démontré l'impact des aménagements sur les inondations et sur l'espace fluvial (d'un point de vue qualitatif et quantitatif) et la nécessité de prendre en compte les strates d'aménagements et des logiques passées dans la mise en place de nouvelles stratégies. La Figure 0- 8 synthétise les temporalités de l'aménagement du Siret inférieur au croisement des dynamiques naturelles et des changements politico-historiques.

La figure peut se lire du bas vers le haut (des logiques politiques à l'impact sur l'espace fluvial) ou du haut vers le bas (le rôle d'un événement et son impact sur les choix de politiques d'aménagement). Les relations entre les éléments étudiés ne sont pas linéaires et aucune relation de cause à effet n'est représentée sur la figure. Seuls les deux événements de 1970 et 2005 sont symbolisés par une marque verticale puisqu'ils apparaissent comme un tournant, aussi bien dans le

système fluvial que social. On peut noter l'absence de rôle significatif de l'inondation de 1991, occultée par des événements politiques et économiques de plus grande ampleur.

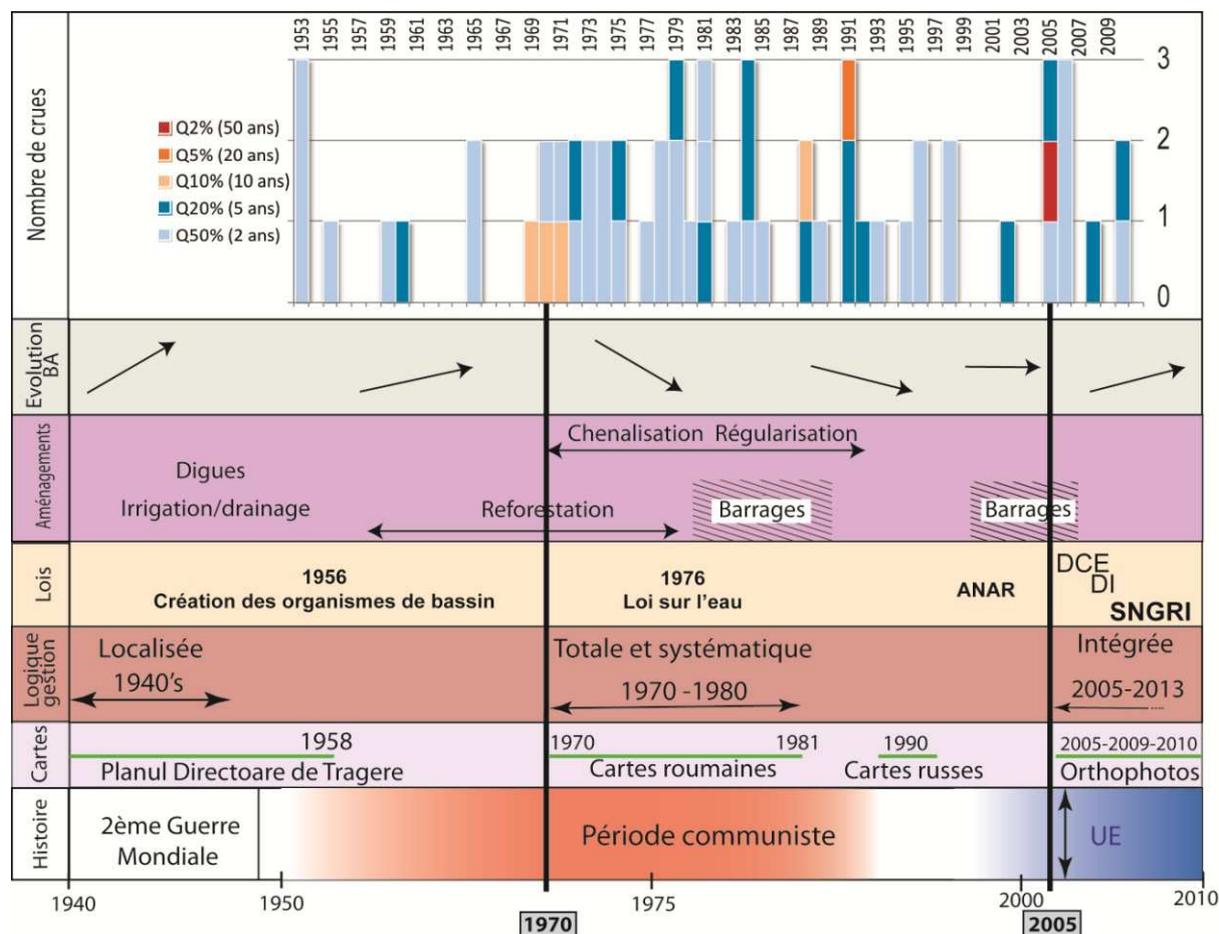


Figure 0- 8: Evolutions temporelles des logiques d'aménagements au croisement des dynamiques naturelles et des changements politico-historiques, sur le Siret inférieur. ANAR : Administrația Națională « Apele Române » ; ABA : Administrația Bazinală de Ape ; DCE : Directive Cadre sur l'Eau ; DI : Directive Inondation ; SNGRI : Stratégie Nationale de Gestion du Risque Inondation ; BA : bande active

Le point de départ de l'analyse du risque inondation s'est fait par l'étude de l'événement de juillet 2005. Certes les caractéristiques hydro-climatiques de cet épisode sont exceptionnelles, mais les aménagements et les logiques associées participent à expliquer l'ampleur de la catastrophe. La gestion de l'espace fluvial est née d'une politique intensive de régularisation des cours d'eau après les inondations de 1970. La maîtrise de l'espace fluvial par des moyens techniques devient l'image du progrès, le symbole de la puissance de la société moderne face à la Nature. L'aménagement actuel de l'espace fluvial du Siret est issu de cet héritage politique, culturel et économique. Les conséquences sont lisibles autant dans les mentalités (sentiment de sécurité qu'implique la présence des digues), dans les choix de stratégie d'aménagement (préférence donnée aux mesures structurelles et non remise en cause des réseaux de défense) que sur l'espace fluvial (rétrécissement de la bande active, accélération des vitesses d'écoulement, déconnexion de la plaine alluviale...). La

quantification de l'impact des stratégies passées d'aménagement sur l'espace fluvial a mis en évidence la complexité des interactions et rétro-actions entre système fluvial et système social. Interactions qui se compliquent encore avec le développement de nouveaux usages (exploitation des graviers notamment) répondant à des nécessités économiques. L'événement de 2005 a remis en cause une partie des logiques d'aménagement héritées et légitime l'arrivée de nouvelles mesures. L'application des directives européennes en Roumanie pose de nouveau les problèmes de la gestion de la différence entre pays de l'Union européenne. La gestion du risque inondation est l'archétype de ces difficultés. De nombreuses questions émergent dans la gestion du système fluvial : comment concilier considérations économiques, sociales, culturelles et environnementales ; en un mot, que protéger ? La Roumanie fait face à ce triple défi : appliquer les nouvelles mesures européennes (i) en prenant en compte les caractéristiques actuelles du pays (ii) et passées (iii).

L'événement géographique : rôle et apport à la connaissance du risque inondation

Nous avons choisi de débiter l'analyse, par l'étude de l'interaction extrême entre les deux systèmes : l'événement. Ce choix méthodologique a permis de mettre en évidence, non seulement l'implication des aménagements dans le déroulement de la catastrophe, au-delà des caractéristiques physiques de l'aléa, mais aussi le rôle qu'un événement pouvait avoir dans la compréhension des logiques d'aménagements passées et à venir.

L'événement intervient selon plusieurs modalités dans les interactions entre le système fluvial et le système social (Figure 0- 9). Il crée une modification de la vision de l'espace fluvial par le danger qu'il engendre. Cette perception influe, à moyen terme, sur les stratégies de gestion et par là même, sur les aménagements (en tant qu'interventions et/ou ouvrages) de la rivière. Ces mesures entraînent une adaptation du système fluvial, par le biais d'une modification des variables de contrôle et ainsi par la création de nouvelles tendances. Ces nouvelles tendances (érosion des berges par exemple) créent elles-mêmes, une nouvelle stratégie de gestion et d'aménagement. **Événement et tendance sont liés et éclairent la complexité du système risque, en intégrant dans l'analyse les différentes échelles temporelles des deux systèmes.**

Dans le cas du Siret inférieur, les inondations de 1970 ont déclenché la mise en place de nouvelles stratégies de gestion de l'espace fluvial et l'aménagement systématique des cours d'eau. La régularisation du Siret inférieur a mené à un rétrécissement de la bande active, à une stabilisation du tracé. Ces nouvelles tendances ont non seulement influé sur la perception du risque inondation, mais aussi sur la possibilité d'exploitation des ressources de l'espace fluvial. L'événement de 2005, quant à lui, a mis en lumière les difficultés posées par le système fluvial aménagé, par les nouvelles tendances instaurées par ces stratégies.

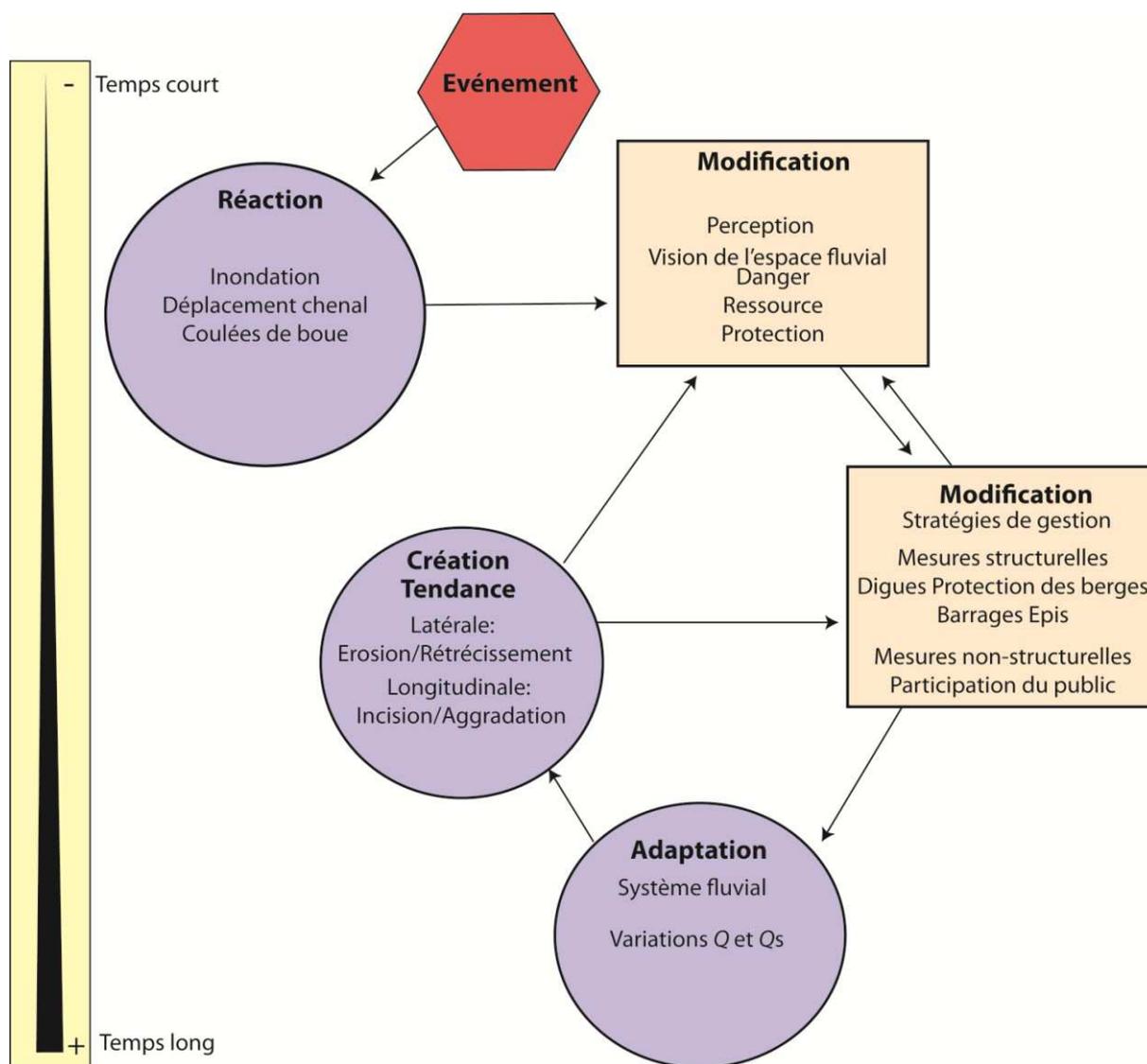


Figure 0- 9: Les interactions entre système fluvial et système social par le prisme de l'événement et de la tendance. Les cercles représentent le système fluvial et les rectangles le système social. Q débit liquide ; Q_s débit solide

Pourtant les événements de 1970 et 2005, malgré leurs impacts sur les deux systèmes et leurs interactions, ont une empreinte différente. En 1970, les inondations ont suscité une réaction des populations et des autorités. Les moyens financiers et humains mis à disposition de la lutte contre les inondations ont été comme une démonstration de la puissance politique et l'image même du pouvoir de l'homme moderne face à la nature. L'événement de 1970 est fondateur de la loi. En 2005, le contexte économique et politique est différent. **L'événement de 2005, au-delà de la catastrophe, a mis en lumière les failles des stratégies précédentes, les nouvelles interactions système fluvial/système social. Ainsi par l'impact qu'il engendre dans la perception du risque et dans sa gestion, 2005 est un événement géographique.** L'événement de 2005 et son écho dans la population a permis de justifier, de rendre incontournable et de conforter la mise en place de nouvelles stratégies. Cette fois la volonté de changement ne naît pas d'un consensus de la société et des

autorités, mais est imposée par une instance supérieure. Les directives européennes prônent la démarche *bottom-up* dans l'élaboration de gestion du risque. Mais les prémices de cette implantation en Roumanie apparaissent comme opposées. 2005 aura permis de rendre plus acceptable le changement de paradigme de gestion du risque, qui reste obscur à la population et remet en question tout le système de pensée et la vision de l'espace fluvial.

Perspectives de recherche

Les perspectives de recherche peuvent être menées selon une double logique d'approfondissement-élargissement. Le suivi dans la décennie qui arrive, de l'application des nouvelles mesures de gestion du risque inondation en Roumanie apparaît comme la suite logique de cette étude. Parallèlement ce travail permet de poser les bases d'une mise en application d'une sensibilisation aux risques dans la vallée du Siret inférieur. Avec la collaboration de l'organisme de bassin, de son antenne départementale, de la mairie et de l'école, des projets d'information/éducation du public peuvent être construits. La commune de Vultură pourrait être un site pilote de ce type d'initiatives. Plusieurs pistes peuvent être explorées : réunions d'informations, élaboration de brochures, intervention dans les écoles, création d'une journée du risque...

Dans un tout autre domaine, le développement récent de l'exploitation en lit mineur des graviers dans le Siret inférieur, permet la mesure en temps réel des impacts de l'activité sur l'espace fluvial à court terme. Afin de trouver un compromis entre nécessités économiques et environnementales, une étude sur l'emploi dans les gravières et le bénéfice économique qu'elles engendrent pour la région est une piste envisageable.

Ce travail ouvre enfin la voie à une étude comparée plus approfondie des logiques d'aménagements (de la théorie à la pratique) en France et en Roumanie. L'application d'une directive européenne unique apparaît comme le billet d'entrée d'une approche bilatérale voire au-delà avec l'extension d'une comparaison à d'autres pays européens (nouvel adhérent comme la Croatie ou un des pays fondateurs de l'Union européenne comme les Pays-Bas).

Glossaire

| Français | Rômană | English |
|---|---|---------------------------------|
| Aménagement | Amenajări | Arrangement |
| Berge | Mal | Bank |
| Bèche | Breșă | Break |
| Correction | Corectare | River training works |
| Cote d'attention | Cotă de atenție | |
| Cote d'inondation | Cotă de inundație | |
| Cote de danger | Cotă de pericol | |
| Crue | Viitură | Flood |
| Digue | Dig | Dyke/levee |
| Dommage | Pagube | Damage |
| Endiguement | Îndiguire | Damming river |
| Enrochement | Anrocament | Riprap |
| Environnement | Mediu | Environment |
| Epi | Epiu/Praguri | Groyne |
| Erosion | Eroziune | Erosion |
| Etude d'impact sur l'environnement (EIE) | Studiu privind impactul asupra mediului | Environmental impact assessment |
| Forêt | Pădure | Forest |
| Foyer/famille/maisons | Gospodărie | Family/Home |
| Inondation | Inundație | Flood |
| Irrigation | Irrigație | Irrigation |
| Lutte contre les inondations | Apărarea împotriva inundațiilor | Flood control |
| Plaine | Câmpie | Plain |
| Protection des berges | Protecție de mal | Rip-rap |
| Reboisement | Împădurire | Reforestation |
| Rectification | Rectificare | Regulation/training works |
| Régularisation | Regularizare | Regulation |
| Risque | Risc | Risk |
| Rive | Mal | Bank |
| Traverse | Traverse | Cross dyke |
| Village/Localité | Sat/localitate | Village |
| Voie ferrée | Cale ferată | Railway |

Liste des abréviations

| |
|---|
| ABABI : Administrația Bazinală de Apă Buzău-Ialomița |
| ABAS : Administrația Bazinală de Apă Siret |
| ANAR : Administrația Națională « Apele Române » |
| ANCPI : Agenția Națională de Cadastru și Publicitate Imobiliară |
| ANM : Administrația Națională de Meteorologie |
| ANPM : Agenția Națională pentru Protecția Mediului |
| CNES : Centre National d'Etudes Spatiales |
| CRED : Centre de Recherche d'Etudes et de Développement |
| DCE (WFD) : Directive cadre sur l'eau (Water Framework Directive) |
| DI (FD) : Direction inondation (Flood Directive) |
| EIE : Etude d'impact sur l'environnement |
| EPEES : Espace Post-Euclidien et Evénement Spatiaux |
| GRDC : Global Runoff Data Center |
| INHGA : Institutul Național de Hidrologie și Gospodărire a Apelor |
| MATE : Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement |
| NCDC : National Climatic Data Center |
| NOOA : National Oceanic and Atmospheric Administration |
| NPAC : Nouvelle politique agricole commune |
| PECO : Pays d'Europe Centrale et Orientale |
| PHARE : Pologne Hongrie Aide à la Reconstruction Economique |
| PNAR : Programme National pour l'Adhésion de la Roumanie |
| PDT : Planul -ri Directoare de Tragere |
| SCI : Sites d'Importance Communautaire |
| SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux |
| SGA : Sistem de Gospodărire a Apelor |
| SHI : Sistem Hidrotehnice |
| SPA : Zones de Protection Spéciale |
| SRTM : Shuttle Radar Topography Mission |
| UNISDR : United Nations Office for Disaster Risk Reduction – Stratégie Internationale de Prévention des catastrophes des Nations Unies |

Bibliographie

- ABAS, 2013a: *Zone afectate de inundații istorice semnificative*, 1p.
<http://www.rowater.ro/EPRI/EPRI.aspx>
- ABAS, 2013b: *Zone cu risc potențial semnificativ la inundații*, 1p.
<http://www.rowater.ro/EPRI/EPRI.aspx>
- ACDB - Asociația pentru Conservarea Diversității Biologice, 2010: *Regulamentul ariei natural protejate "Lunca Siretului Inferior"* ROSPA 0071, 17p.
<http://www.biodiversitate.ro/proiecte/lunca-siretului/REGULAMENT-LSI.pdf>
- Ambroise-Rendu M., 1997: 1910 - la Seine en crue paralyse la capitale. *La Houille Blanche*, n°345, 40-45.
- Amoros C. et Petts G. E., 1993: *Hydrosystèmes fluviaux*. Masson, coll. d'Ecologie, 300p.
- ANAR, 2011: *Sinteza studiilor de fundamentare a schemelor directe de amenajare și management ale bazinelor hidrografice*, 130p.
- Antoine J.-M., 1992: *La catastrophe oubliée. Les avatars de l'inondation, du risque et de l'aménagement de la vallée de l'Ariège* (Pyrénées françaises, fin XVIIè-XXè siècle). Thèse de doctorat de Géographie, Université de Toulouse-Mirail, 495p.
- Antoine J.-M., Desailly B. et Peltier A., 2009: Sources historiques et problématiques de recherche en géographie des risques naturels. *Géocarrefour*, 84/4, 229-239.
<http://geocarrefour.revues.org/7519>
- Antonovici N., 1929: Probleme hidrografice in basinul inferior al Siretului. *Revista geografica*, Anul I n°2, 11p.
- Apostol L., Machidon D., Machidon O. et Buruiana D., 2012: Characteristics of precipitations trends in the area of Iași, Bacău and Suceava airports over the last 50 years. *Aerul și Apa: Componente ale Mediului*, 252-258.
- Apostu A.E. et Birzila A.M., 2011: *Raport la studiul de evaluare a impactului asupra mediului - Lucrări de decolmatare, reprofilare albie minoră a râului Siret și regularizarea scurgerii prin exploatarea de nisip și pietriș - Perimetrul Cosmești 2, comuna Cosmești, județul Galați*, 116p.
- Armaș I., Nistoran D.E.G., Osaci-Costache G. et Brașoveanu L., 2012 : Morpho-dynamic evolution patterns of Subcarpathian Prahova River (Romania). *Catena*, 100: 83-99.
- Arnaud-Fassetta G., Beltrando G., Fort M., Plet A., André G., Clément D., Dagan M., Méring C., Quisserne D. et Rycx Y., 2002: La catastrophe hydrologique de novembre 1999 dans le bassin-versant de l'Argent Double (Aude, France): de l'aléa pluviométrique à la gestion des risques pluviaux et fluviaux. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 1, 17-34.

- Arnaud-Fassetta G., 2003: River channel changes in the Rhone Delta (France) since the end of the Little Ice Age: geomorphological adjustment to hydroclimatic change and natural resource management. *Catena*, 51, 141–172.
- Arnaud-Fassetta G., Astrade L., Bardou E., Corbonnois J., Delahaye D., Fort M., Gautier E., Jacob N., Peiry J.-L., Piégay H. et Penven M.-J., 2009: Fluvial geomorphology and flood-risk management. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, n°2, 109-128.
<http://geomorphologie.revues.org/index7554.html>
- Aschan-Leygonie C., 1998: *La résilience d'un système spatial, l'exemple du Comtat*. Thèse de doctorat de l'Université de Paris 1, 405p.
- Ashmore P.E., 1991: How do gravel bed rivers braid? *Canadian Journal of Earth Sciences*, 28, 326-341.
- Băloiu V., 1969: *Combaterea eroziunii solului și regularizarea cursurilor de apă*. Editura didactică și pedagogică, București 452p.
- Băloui V., 1980: *Amenajarea bazinelor hidrografice și a cursurilor de apă*. Ceres (Ed.), București, 343p.
- Bălteanu D., Sima M. et Chendeș V., 2007a: Natural and technological hazards related to extreme climatic events in Romania. *Climate change in south-eastern European countries. Causes, impacts, solutions*. Graz, Austria, March 26-27, 2007, 46p.
- Bălteanu D., Sima M. et Chendeș V., 2007b: Extreme climatic events and hydrological hazards in Romania. In: Proceedings of the 4th Romanian-Turkish Seminar Galați "Environment and Society. Present-day diversity and dynamics" Editura Universitara, 10p.
- Bălteanu D., Dumitrascu M. et Micu D., 2009: *Impact of climate change on wetlands in Romania*. Biowetman, Bucharest, 31p.
- Barraqué B., 2001: Les enjeux de la Directive Cadre sur l'Eau de l'Union Européenne. *Flux*, 2001/4 n°46, 70-75.
<http://www.cairn.info/revue-flux-2001-4-page-70.htm>
- Barroca B., DiNardo M. et Mboumoua I., 2013: De la vulnérabilité à la résilience : mutation ou bouleversement ? *EchoGéo*, 24(2013).
<http://echogeo.revues.org/13439>
- Bazin G., 2007: Politique agricole commune à l'Est : Premiers résultats. *Le Courrier des pays de l'Est*, 2007/5 n° 1063, 11-21.
<http://www.cairn.info/revue-le-courrier-des-pays-de-l-est-2007-5-page-11.htm>
- Beltrando G. et Zaharia L., 2009: Episodes hydro-pluviométriques extrêmes et types de circulation atmosphérique associés en Roumanie. *Actes du XXIIe colloque de l'AIC*, Cluj, 53-58.
- Bensa A. et Fassin E., 2002: Les sciences sociales face à l'événement. *Terrain*, 38, 1-13.
- Berindei I. et Josan O., 1976: Rolul factorului antropoc in modificare unor elemente ale medului natural din județul Bihor. *Buletinul Societății de științe geografice din R.S.R.*, vol 4, 164-170.

- Bethemont J., 1976: Les problèmes de la bonification en système socialiste d'après l'exemple de la plaine valaque. *Revue géographique de Lyon*, vol. 51, n°3, 233-258.
http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/geoca_0035-113x_1976_num_51_3_1194
- Bethemont J., 1991: Sur la nature des événements extrêmes: catastrophe et cataclysme. *Revue de Géographie de Lyon*, vol. 66, n°3-4, 139-142.
- Bîlbie P.Gh., 2008 : *Monografia istorică a comunei Vulturii*, 340p.
- Billet P., 2003: Les nouveaux territoires du risque : vers un renouvellement de l'approche territoriale des risques naturels majeurs. *Territoires 2020*, Revue d'études et de perspectives (DATAR), n°9 décembre, 15-20.
- Bird D.K., 2009: The use of questionnaires for acquiring information on public perception of natural hazards and risk mitigation- a review of current knowledge and practice. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 9, 1307-1325.
- Bodnariuc M., 2009: Protection against catastrophic risks in some countries of Europe. *10th International conference of Finance and economic stability in the context of financial crisis*, 11-12 December 2009, 428-435.
- Bois P., 1998: Le phénomène extrême en hydraulique, In : Cœur D. et Brun C. (dir.), 1998: *Des disciplines à la rencontre de l'événement risques naturels*. Séminaire de Grenoble 27 mars 1998, 7-26.
- Boix-Fayos C., Barbera C.G., Lopez-Bermudez F. et Castillo V.M., 2007: Effects of checkdams, reforestation and land-use changes on river channel morphology: case of study of the Rogavita catchment (Murcia, Spain). *Geomorphology*, 91, 103-123.
- Bojoi S., 2013: *Raport privind impactul asupra mediului - Lucrări de amenajare iaz piscicol în comuna Umbrărești, județul Galați*. SC DANIAS SRL, 123p.
- Boroneant C. et Ionița M., 2005: Non-stationary influence of ENSO and NAO on the precipitation over Romania. *Geophysical Research Abstracts*, 7, 01104.
- Bourrelier P.-H. et Dunglas J., 2009 : Des événements naturels extrêmes aux figures de la catastrophe. *Responsabilités & Environnement*, 56, 41-47.
- Boutinet J.-P., 2006: L'individu-sujet dans la société post-moderne, quel rapport à l'événement ? *Pensées Plurielles*, 2006/3, n°13, 37-47.
- Brădeanu S., 1973: Réflexions sur les conséquences fâcheuses de la dégradation de l'environnement et le rôle du droit dans l'établissement de l'équilibre écologique. *Revue de l'Est*, vol. 4, n°2, 67-82.
http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/rece_0035-1415_1973_num_4_2_1145
- Bradford R.A., O'Sullivan J.J., van der Craats I.M., Krywkow J., Rotko P., Aaltonen J., Bonaiuto M., De Dominicis S., Waylen K. et Schelfaut. K., 2012: Risk perception - issues for flood management in Europe. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12, 2299-2309.
<http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/12/2299/2012/nhess-12-2299-2012.html>

- Bravard J.-P., 1987: *Le Rhône de Léman à Lyon*, La Manufacture (Ed), 452p.
- Bravard J.-P., Amaros C., Pautou G., Bornette G., Bournaud M., Creuze des Châtelliers M., Gibert J., Peiry J.-L., Perrin J.-F. et Tachet H., 1997: River incision in south-east France: morphological phenomena and ecological effects. *Regulated Rivers: Research & Management*, 13, 75-90.
- Bravard J.-P., 1998: Le temps et l'espace dans les systèmes fluviaux, deux dimensions spécifiques de l'approche géomorphologique. *Annales de Géographie*, t.107, n°599, 3-15.
http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/geo_0003-4010_1998_num_107_599_20830
- Bravard J.-P. et Petit F., 2000: *Les cours d'eau. Dynamique du système fluvial*. Editions Armand Colin, Paris, 222 p.
- Bravard J.-P. et Piégay H., 2000: L'interface Nature-Sociétés dans les hydrosystèmes fluviaux. *Géocarrefour*, vol.75, n°4, 273-274.
http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/geoca_1627-4873_2000_num_75_4_2478
- Bravard J.-P., 2001: A propos des inondations de l'hiver 2000-2001: responsabilités humaines ou crise d'origine naturelle? *La Géographie*, II, n°1501, 86-90.
- Bravard J.-P., 2010: Historique de la restauration physique des cours d'eau. Evolution en rapport aux connaissances et en lien avec les grandes politiques de l'eau. *Rencontre interrégionale des réseaux d'acteurs pour une gestion globale et concertée des milieux aquatiques*, Alixan, 6 juillet 2010, 17p.
- Bressers H. et Kuks S., 2003: What does "governance" mean? From conception to elaboration. In: Bressers H. et Rosenbaum W.A. (eds.), 2003: *Achieving sustainable development: The challenge of governance across social scales*. Praeger Publishers, Westport, 65-88.
- Brice J.C., 1974: Evolution of meander loops. *Geological Society of America Bulletin*, vol.85, 581-586.
- Brilly M. et Polic M., 2005: Public perception of flood forecasting and mitigation. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 5, 345-355.
<http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/5/345/2005/nhess-5-345-2005.html>
- Brookes A., 1985: River channelization: traditional engineering methods, physical consequences and alternative practices. *Progress in Physical Geography*, 9 (1), 44-75.
- Brunet R., Ferras R. et Théry H., 1993: *Les mots de la géographie dictionnaire critique*. RECLUS, Montpellier 518 p.
- Burnouf J., Carcaud N. et Garcin M., 2009: Nouvelle histoire pour la Loire entre Nature et Société. *Géosciences*, n°9, 72-79.
<http://hal-brgm.archives-ouvertes.fr/hal-00564286>
- Busuioc A., Boroneamt C., Baci M. et Dumitreşcu A., 2008: *Observed temperature and precipitation in Romania*. National Meteorological Administration, Bucharest, 11p.
- Busuioc A., Caian M., Cheval S., Bojariu R., Boroneant C., Baci M. et Dumitrescu A., 2010: *Climate variability and change in Romania*. Editura Pro Universitaria, Bucharest, 228 p.

Cacas J., Degoutte M., Dutartre A., Gross F. et Vuillot M., 1986: *Aménagement de rivières : trois études de cas*, Cemagref, Ministère de l'agriculture et de l'environnement, 68p.

<http://cemadoc.irstea.fr/cemoa/PUB00026538>

Cândeș I. et Croitoru C., 2009: Cercetările arheologice de la Măxineni (județ Brăila), campania 2009. *ISTROS*, XV, 359-382.

Căzănescu S., 2010: Model project for rehabilitation, refurbishment and ecological reconstruction of the lands in Nămolosa-Măxineni reclaimed unit. *Research Journal of Agriculture Science*, 42 (3), 464-470.

Ceașescu N., 1970: *Discours prononcé au plénum du CC du PCR des 8-9 juillet 1970, Relativement aux inondations du printemps de cette année, aux mesures visant à la liquidation des effets de ces calamités*. Agerpres, 57p.

Centrul Regional de Protecție a Mediului, 2006: *Manual pentru autoritățile din domeniul Mediului și gospodăririi Apelor*. Orșolya Szalasi, Programul de Participare Publică, REC-Szentendre, REC-Biroul Local România, 90p.

<http://www.rowater.ro/Lists/Formulare%20publice/Attachments/6/manual%20pentru%20autoritati.pdf>

CEPROHART SA Brăila, 2010: *Raport la studiul de evaluare a impactului asupra mediului : Lucrari de decolmatare, reprofilare a albiei minore a Riului Siret și regularizare a scurgerii, prin exploatare de agregate minerale, perimetrul Movileni aval I, com Movileni, j. Galați*, 56p.

Chauveau E., Chadenas C., Comentale B., Pottier P., Blanloeil A., Feuillet T., Mercier D., Pourinet L., Rollo N., Tillieret I. et Trouillet B., 2011: *Xynthia : leçons d'une catastrophe*. *Cybergeo : European Journal of Geography*, Environnement, Nature, Paysage, article 538, mis en ligne le 09 juin 2011, consulté le 13 février 2013. DOI : 10.4000/cybergeo.23763

<http://cybergeo.revues.org/23763>

Chorley R.J. et Kennedy B.A., 1971: *Physical Geography: A Systems Approach*. Prentice Hall, London.

Ciornei I. et Grudnicki F., 2009: *Amenajarea bazinelor hidrografice torențiale prin lucrări specifice – suport curs, îndrumar lucrări practice online*, 168p.

http://www.silvic.usv.ro/cursuri/ct_4.pdf

CNSU, 2005: *Raport de activitate al Comitetului național pentru situații de urgență*, 15p.

Cœur D. et Brun C. (dir.), 1998: *Des disciplines à la rencontre de l'événement risques naturels*. Séminaire de Grenoble 27 mars 1998, 65p.

Cœur D., 2003: *La maîtrise des inondations dans la plaine de Grenoble (XVIIè-XXè siècle) : enjeux techniques, politiques et urbains*. Thèse de doctorat, Université Pierre Mendès France, Institut d'urbanisme de Grenoble, 345p.

Combe C., 2007: *La ville endormie? Le risque d'inondation à Lyon*. Thèse de doctorat, Université Lumière Lyon 2, 456p.

http://theses.univ-lyon2.fr/documents/lyon2/2007/combe_c#p=0&a=top

Commission Européenne, 2008: *Eurobarometer 69: 1. Values of Europeans.*

http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/eb/eb69/eb69_values_en.pdf

Commission Européenne, 2010: *Document d'orientation de la Commission européenne sur la mise en œuvre de nouvelles activités extractives non énergétiques conformément aux critères Natura 2000*, Luxembourg : Office des publications de l'Union européenne, 160p.

http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/docs/nee_i_report_fr.pdf

Cosinschi M., Kaiser C., Martin S. et Balin D., 2008: *Atlas interactif de la Roumanie*, Université de Lausanne.

<http://mesoscaphe.unil.ch/atlas/roumanie/pages/index.php?page=auteurs>

Cristescu J. et Muntele I, 2007: Les conséquences humaines et territoriales du processus d'adhésion de la Roumanie à l'Union européenne. *L'Information géographique*, 2007/4, Vol. 71, 121-141.

<http://www.cairn.info/revue-l-information-geographique-2007-4-page-121.htm>

D'Ercole R., 1991: *La vulnérabilité des populations face au risque volcanique. Le cas de la région du volcan Cotopaxi (Equateur)*. Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier, Grenoble, 460p.

D'Ercole R., 1994: Les vulnérabilités des sociétés et des espaces urbanisés : concepts, typologie, modes d'analyse. Avec la collaboration de J.-C. Thouret, O. Dollfus et P.-P. Asté. *Revue de géographie alpine*, 82(4), 87-96.

Dacharry M. et Laganier R., 2001: Un siècle d'hydrogéographie française. Colloque internationale OH2 « *Origines et histoires de l'hydrologie* », Dijon 9-11 mai 2001, 1-11.

<http://hydrologie.org/ACT/OH2/actes/26dacharry.pdf>

Damian N. et Tătaru A., 2010: Amenajări hidroeconomice pe cursul inferior al Siretului / Hydroeconomic developments on the lower Siret River. In : Gâștescu P. et Brețcan P., 2010: *Resursele de apă din România. Vulnerabilitate la activitățile antropice*. Editura transversal, 225-228.

<http://www.limnology.ro/water2010/Proceedings/29.pdf>

Dăscălița D., Olariu P. et Băbieru B., 2005: The rainfalls and floods produced in the hydrographic area of the Siret River in the year 2005. *Analele Universității din Bacău, Studii și Cercetări*, 10, 13-17.

Dăscălița D., Daniela P., et Olariu P., 2008: Aspects regarding some hydroclimatic phenomena with risk character from Siret hydrographic area. Structural and non-structural measures of prevention and emergency. *Present Environment and Sustainable Development*, 2, 318-331.

Dăscălița D., 2011: Integrated water monitoring system applied by Siret River Basin administration from Romania, important mechanism for the protection of water resources. *Present Environment and Sustainable Development*, vol.5, n°2, 45-60.

Dăscălița D., 2012: The influence of hydroclimatic changes and anthropic activities on hydro-technical planning in hydrographic basins. *Balwois 2012*, Ohrid, Repub. of Macedonia, 28 mai-2 juin, 13p.

Dauphiné A., 2003: *Risques et catastrophes. Observer, spatialiser, comprendre, gérer*. Collection U, Armand Colin, Paris, 288p.

- Dauphiné A. et Provitolo D., 2007: La résilience : un concept pour la gestion des risques. *Annales de Géographie*, 2007/2, n°654, 115-125.
- Décamps H., 2007: La vulnérabilité des systèmes socioécologiques aux événements extrêmes : exposition, sensibilité, résilience. *Natures Sciences Sociétés*, 15, 48-52.
- Defossez S., 2009: *Evaluation des mesures de gestion du risque inondation. Application au cas des basses plaines de l'Aude*. Thèse de doctorat de l'Université de Montpellier III – Paul Valéry, 500p.
- Delahaye E., 2000: Les impacts physiques et sociétaux de l'aménagement et des grands travaux sur un espace fluvial : la basse Durance. *Géocarrefour*, 75 (4), 275-282.
http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/geoca_1627-4873_2000_num_75_4_2479
- Desailly B., 1990: *Crués et inondations en Roussillon. Le risque et l'aménagement fin du XVII^{ème}-milieu du XX^{ème} siècle*. Thèse de Géographie, Université Paris X Nanterre, 352p.
- Diaconu C. et Lăzărescu D., 1965 : *Hidrologia*. Ed. Didactică și Pedagogică București, 474p.
- Dinger F. et Fischesser D., 1982: *L'étude d'impact des aménagements de cours d'eau*. Cemagref, étude n°182, 103p.
- Dinu M. et Cioacă A., 1987: Morfotectonica Subcarpaților Vălcii și Vrancei. *Lucrările Seminarului Dimitrie Cantemir*, 7, 17-26.
- Dion R., 1933: *Le Val de Loire, étude de géographié régionale*, Tours, 752p.
- Dion R., 1961: *Les levées de la Loire*, Paris. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches, Université des Sciences et Technologies de Lille, 237p.
- DIVORI, 2011a: *Raport la studiul de evaluare a impactului* : lucrări de decolmatare, reprofilare a albiei și regularizare a cursului râului Siret prin exploatare de agregate minerale - Modernizare și extindere stație de sortare și concasare agregate minerale, Movileni județul Galați, 149p.
- DIVORI, 2011b: *Raport la studiul de evaluare a impactului* : lucrări de decolmatare, reprofilare a albiei și regularizare a scurgerii prin exploatare de agregate minerale de râu perimetrul Călienii Vechi, 86p.
- DIVORI, 2011c: *Studiu privind evaluarea adecvată* : lucrări de decolmatare, reprofilare a albiei și regularizare a scurgerii prin exploatare de agregate minerale de râu perimetrul Călienii Vechi, 92p.
- DIVORI, 2011d: *Raport la studiul de evaluare a impactului* : lucrări de decolmatare, reprofilare a albiei și regularizare a scurgerii prin exploatare de agregate minerale de râu perimetrul Biliești 03, 98p.
- DIVORI, 2011e: *Studiu privind evaluarea adecvată* : lucrări de decolmatare, reprofilare a albiei și regularizare a scurgerii prin exploatare de agregate minerale de râu perimetrul Biliești 03, 96p.

- DIVORI, 2011f: *Raport la studiul de evaluare a impactului*: lucrări de decolmatare, reprofilare a albiei și regularizare a cursului râului Siret prin exploatare de agregate minerale, perimetrul aval Vadu Roșca 03, 97p.
- DIVORI, 2011g: *Studiu privind evaluarea adecvată* : lucrări de decolmatare, reprofilare a albiei și regularizare a cursului râului Siret prin exploatare de agregate minerale, perimetrul aval Vadu Roșca 03, 96p.
- Djament-Tran G., Le Blanc A., Lhomme S., Rufat S. et Reghezza-Zitt M., 2011: Ce que la résilience n'est pas, ce qu'on veut lui faire dire.
http://hal.archives-ouvertes.fr/index.php?halsid=76e05bhugp13m9cf0o0968d0e4&view_this_doc=hal-00679293&version=1
- Domenach J., 1998: L'événement risque naturel et le juge. In : Cœur D. et Brun C. (dir.), 1998 : *Des disciplines à la rencontre de l'événement risques naturels*. Séminaire de Grenoble 27 mars 1998, 47-52.
- Doneaud A., Bascinshi D., Stoica C., Milea E. et Beșleagă N., 1972: Cauzele meteorologice ale inundațiilor catastrofale din România din mai-iunie 1970. *Simpozionul „Cauze și efectele ale apelor mari din mai-iunie 1970”*, București, 29-39.
- Donze J., 2007: Le risque : de la recherche à la gestion territorialisée. *Géocarrefour*, vol.82/1-2, 2-6.
<http://geocarrefour.revues.org/index1395.html>
- Dosse F., 2010: *Renaissance de l'événement. Un défi pour l'historien : entre sphinx et phénix*. PUF, 352p.
- Dourlens C., 2003: *La question des inondations : le prisme des sciences sociales*. Rapport au Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement (DRAST).
- Downs P.W., Dusterhoff S.R. et Sears W.A., 2013: Reach scale channel sensitivity to multiple human activities and natural events: Lower Santa Clara River, California, USA. *Geomorphology*, 189: 121-134.
- Drabek T., 1986: *Human responses to disaster: an inventory of Sociological Findings*. New York: Springer-Verlag.
- Dragotă C., 2006: *Rainfall excess in Romania*. Editura Academiei Române, București, 178p.
- Drobot R., 1997: *Bazele statistice ale hidrologiei*. Ed. Didactică și Pedagogică, București, 187p.
- Dubois-Maury J. et Chaline C., 2002: *Les risques urbains*. Armand Colin, Paris, 208p.
- Duma V., Molnar M., Panduru F. et Verger D., 2005: Roumanie : une agriculture de survie, après l'industrialisation forcée. *Economie et statistique*, N°383-385. Les approches de la pauvreté à l'épreuve des comparaisons internationales, 193-217.
http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/estat_0336-1454_2005_num_383_1_7200

- Durand P., 2000: Approche méthodologique pour l'analyse de l'évolution des littoraux sableux par photo-interprétation. Exemple des plages situées entre les embouchures de l'Aude et de l'Hérault (Languedoc, France). *Photo-interprétation*, 1, 2, 3-17.
- Duțu P., 2010: Coordonate insecuritare ale impactului inundațiilor în România. *Univers Strategic – Revistă Univrsitară Română de Studiu de Securitate*, n°4/2010, 204-218.
- EPEES, 2000: Le concept d'événement spatial. *Espace Géographique*, Tome 29 n°3 200-217.
- Erskine W.D., 2001: Geomorphic evaluation of past river rehabilitation works on the William River, New South Wales. *Ecological Management and Restoration*, 2 (2), 116-128.
- Euleuterio J., Payraudeau S. et Rozan A., 2008: Sensibilité de l'évaluation des dommages associés aux inondations en fonction de la caractérisation de la vulnérabilité aux bâtiments. *Ingénieries*, 55-56, 29-44.
- Fara K., 2001: How Natural Are "Natural Disasters"? Vulnerability to Drought in Southern Namibia Communal Areas. *Risk Management: An International Journal*, 47-63.
- Farcasiu C., 2012: Urbanisation des vallées: un phénomène ancien aux nouveaux enjeux. L'exemple du Banat roumain. *ESO Angers Travaux et documents*, n°33, 29-40.
- Friedmann J.M., Osterkamp W.R., Scott M.L. et Auble G.T., 1998: Downstream effects of dams on channel geometry and bottomland vegetation: regional patterns in the Great Plains. *Wetlands*, 18(4), 619-633.
- Fullwood R.R. et Hall R.E., 1988: *Probabilistic risk assessment in the nuclear industry*. 1st Edition, Pergamon Press, New York, 318p.
- Gardner G.T. et Stern P.C., 1996: *Environmental problems and human behavior*. Boston, Allyn and Bacon, 169p.
- Gaspar R., Costin A. et Apostol Al., 1972: Comportarea lucrarilor hidrotehnice de corectare a torentilor, în timpul viiturile exceptionale din anul 1970. *Simpozionul „Cauze și efectele ale apelor mari din mai-iunie 1970”*, București, 215-226.
- George P., 1961: Etudes roumaines. *Annales de Géographie*, vol 70, n°377, 71-78.
http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/geo_0003-4010_1961_num_70_377_15218
- Gérin S., 2011: *Une démarche évaluative des Plans de Prévention des Risques dans le contexte de l'assurance des catastrophes naturelles*. Thèse de doctorat, Université de Paris VII, 300 p.
- Giurescu C.C., 1976: *Istoria pădurii românești*. Ed Ceres, București, 360p.
- Glavan T., 2010: *Studiu privind evaluarea adecvată: Lucrari de decolmatare, reprofilare a albiei minore a Riului Siret și regularizare a scurgerii, prin exploatare de agregate minerale, perimetrul Movileni aval I, com Movileni, j. Galați, 55p.*

- Glavan-Caranghel T. et Bojoi S., 2013: *Lucrări de decolmatare, reprofilare albie minoră și regularizarea scurgerii prin exploatare de nisip și pietriș*, Perimetrul Movileni 04, comuna Movileni, județul Galați, 123p.
- Goodin D.G., 2004: Climate committee takes aim at extreme climatic events. *The Network Newsletter [of LTER]*, 17, 2, 3p.
[http://intranet2.lternet.edu/sites/intranet2.lternet.edu/files/documents/Committee Documents/Climate Committee/fall_04climcommittee.pdf](http://intranet2.lternet.edu/sites/intranet2.lternet.edu/files/documents/Committee_Documents/Climate_Committee/fall_04climcommittee.pdf)
- Gregory K.J., 2006: The human role in changing river channels. *Geomorphology*, 79 (3-4), 172-191.
- Gurnell A.M., 1995: Vegetation along river corridors: hydrogeomorphological interactions. In: Gurnell A.M. et Petts G.E. (eds), *Changing River channels*. Wiley, Chichester, 237-260.
- Gurnell A.M., Peiry J.-L. et Petts G., 2003: Using historical data in fluvial geomorphology. In: Kondolf G.M. et Piégay H., 2003: *Tools in fluvial geomorphology*, J. Wiley, 77-101.
- Hâncu C.D., 2008: *Regularizari de rauri și combatare inundațiilor*. Editura fundatiei Andrei Saguna, 238p.
- Hâncu S., 1976: *Regularizarea albiilor râurilor*. Ceres (Ed.), București, 144p.
- Handmer J.W. et Ord K.D., 1986: Flood warning and response. In: Smith D.I. et Handmer J.W. (eds), 1986: *Flood warning in Australia*. Canberra, Centre for Resource and Environmental Studies, 235-257.
- Handmer J.W., 2000: Are flood warnings futile? Risk communication in emergencies. *Australas Journal Disaster Trauma Stud* 2000-2.
<http://www.massey.ac.nz/~trauma/issues/2000-2/handmer.htm>
- Héту B., 2001: Chapitre 3 : Une géomorphologie socialement utile : la question des risques naturels. In: Laurin S., Klein J.L. et Tardiff C. (dir.), 2001: *Géographie et sociétés*. Presse Université du Québec, 61-92.
- Hohensinner S., Habersack H., Jungwirth M., et Zauner G., 2004: Reconstruction of the characteristics of a natural alluvial river floodplain system and hydromorphological changes following human modifications: the Danube River (1812-1991). *River Research and Applications*, 20 (1), 25-41.
- Hubert P., Carbonnel J.-P. et Chaouche A., 1989: Segmentation des séries hydrométéorologiques. Applications à des séries de précipitations et de débits de l'Afrique de l'Ouest. *Journal of Hydrology*, 10, 349-367.
- Hubert P., Servat E., Paturel J.-F., Kouame B., Bendjouai H. et Carbonnel J.-P., 1999: La procédure de segmentation, dix ans après. Water Resources variability in Africa during the XXth Century, *IAHS Publications*, n°252, 267-273.
- Huet P., 2005: *La méthodologie des retours d'expériences après les accidents naturels: première tentative de codification*. MEDD n°IGE/05/017, 85p.

- ICAR, 2007: Ghețu Daniela, « The natural catastrophic risk and voluntary property insurance market in Romania » 2-15.
- Ilie A. C., 2007: *Amenajarea complexă a bazinelor hidrografice*. București. Editura Fundației România de Mâine.
- INHGA, 2005: *Concepte privind apararea împotriva inundațiilor în bazinul hidrografic Siret*, 29p.
- Ioana-Toroimac G., 2009: *La dynamique hydrogéomorphologique de la rivière Prahova (Roumanie): fonctionnement actuel, évolution récente et conséquences géographiques*. Thèse de doctorat à l'Université des Sciences et Techniques de Lille, 342p.
- Ionițoaia H. et Dobrescu M., 1972: Aspecte ale fenomenului de excus de umiditate din primavara anului 1970, în zonele de interfluvii din câmpia română, la est riul Argeș. *Simpozionul „Cauze și efectele ale apelor mari din mai-iunie 1970”*, București, 277-285.
- IPCC, 2012: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582p.
- Kendall M.G., 1975: *Rank correlation methods*, Charles Griffin, 202p.
- Knighton A.D., 1984: *Fluvial forms and processes*. Arnold, London.
- Kondolf G.M., 1994: Geomorphic and environmental effects of instream gravel mining. *Landscape and Urban Planning*, 28, 225-243.
- Kondolf G.M., 1997: Hungry water: effects of dams and gravel mining on river channels. *Environmental Management*, 21(4), 533-551.
- Konfdolf G.M., Piégay H. et Landon N., 2002: Channel response to increased and decreased bedload supply from land-use change: contrast between two catchments. *Geomorphology*, 45, 35-51.
- Korpak J., 2007: The influence of river training on mountain channel changes (Polish Carpathian Mountains). *Geomorphology*, 92, 166-191.
- Laganier R., 2002: *Recherche sur l'interface eau-territoire dans le Nord de la France*. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches, Université Sciences et Technologies de Lille, 237p.
- Laganier R. (dir.), 2006: *Territoires, inondations et figures du risque. La prévention au prisme de l'évaluation*. L'Harmattan, 257p.
- Lamb H.H., 1995: *Climate, History and the modern World*. 2nd ed., Routledge, London.
- Lamizet B., 2011: *La sémiotique de l'événement : une sémiotique de l'espace et du temps*, 6p. <http://hal.archives-ouvertes.fr/halshs-00604452/>
- Larras J., 1965: *L'aménagement des cours d'eau*. Collection « Que sais-je ? », n°1197, 126p.

- Leclerc-Olive M., 1997: *Le dire de l'événement (biographique)*, Villeneuve-d'Ascq, Presses universitaires du Septentrion, 267p.
- Ledoux B., 2006: *La gestion du risque inondation*. Lavoisier, Paris, 770 p.
- Leone F., 2007: *Caractérisation des vulnérabilités aux catastrophes « naturelles » : contribution à une évaluation géographique multirisque*. HDR, Université Paul Valéry – Montpellier III.
- Leopold L., Wolman M.G. et Miller J.P., 1964: *Fluvial Processes in geomorphology*. Ed. W.H. Freeman and Company, 522p.
- Lévy M. et Lussault M., 2003: *Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés*, Belin, 1033p.
- Liébault F. et Piégay H., 2001: Assessment of channel changes due to long-term bedload supply decrease, Roubion River, France. *Geomorphology*, 36, 3-4, 167-186.
- Liébault F. et Piégay H., 2002: Causes of 20th century channel narrowing in mountain and piedmont rivers of southeastern France. *Earth Surface Processes and Landforms*, 27: 425-444.
- Loi nr. 112/2006 : *Manual Primarului pentru managementul situațiilor de urgență în caz de inundații*, 49p.
- M.A.T.E, 2001: *Estimation des dégâts après "grands événements"*. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement - Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques - Sous-direction de la Prévention des Risques Majeurs, EDATER, 84p.
- Magnan A., 2009: La vulnérabilité des territoires littoraux au changement climatique: mise au point conceptuelle et facteurs d'influence. *Iddri Analyses*, 01/2009.
- Malavoi J.-R., 1990: *Méthodologie de sectorisation et de description des cours d'eau à pente forte et moyenne : application à une gestion intégrée des écosystèmes d'eau courante*. Thèse de diplôme de doctorat en géographie et aménagement, Université Jean Moulin Lyon III CEMAGREF BEA/LHQ: 517p.
- Malavoi J.-R. et Adam P., 2007: Les interventions humaines et leurs impacts hydromorphologiques sur les cours d'eau. *Ingénieries*, n°50, juin 2007, 35-48.
<http://biotec.fr/212-2007-Ingénieries.pdf>
- Malavoi J.-R. et Bravard J.-P., 2010: *Éléments d'hydromorphologie fluviale*. coll. « Comprendre pour agir » ed.IME, 228p.
- Mann H.B., 1945: Non-parametric test against trend. *Econometrika*, 13, 245-259.
- Manoliu I.A., 1973: *Regularizări de râuri și căi de comunicații de apă*. Editura didactică și pedagogică, București.
- Meschinet de Richemond N., 1993: *La catastrophe d'octobre 1988 à Nîmes: la perception par la presse, les moyens audiovisuels et divers écrits*. Centre de géographie physique Henri Elhaï Université Paris X.

- Meylan P., Favre A.-C. et Musy A., 2008: *Hydrologie fréquentielle*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 173p.
- Michalkova M., Piégay H., Kondolf G.M. et Greco S., 2010: Longitudinal and temporal evolution of the Sacramento River between Red Bluff and Colusa, California (1942-1999). *Earth Surface Processes and Landforms*, 36 (2), 257-272.
- Mihăilă D. et Bricu A., 2012: Actual climate evolution in the NE Romania. Manifestations and Consequences. *International Multidisciplinary 12th Scientific GeoConference: Section Air Pollution and Climate Change*, vol IV. Bulgaria, Albena, 214-252.
- Mileti D.S. et Sorensen J.H., 1990: *Communication of Emergency Public Warnings: A Social Science Perspective and State-of-the-Art Assessment*. Prepared for the Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C. Prepared by the Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee, USA, 166p.
- Mileti D., 1995: Factors related to flood warning response. *U.S.-Italy research Workshop on the hydrometeorology impacts, and management of extreme floods*, Perugia, Italy, Novembre 1995, 17p.
- Ministerul Administrației și Internelor, 2009: *Managementul situațiilor de urgență*, 8p.
- Ministerul Mediului et ANAR, 2010a: *Planul de management al spațiului hidrografice Siret*, 411p.
- Ministerul Mediului et ANAR, 2010b: *Anexe - Planul de management al spațiului hidrografice Siret*, 1081p.
- Ministerul Mediului, 2006: *Raport privind efectele inundațiilor și fenomenelor meteorologice periculoase produse în anul 2005*, 40p.
- Ministerul Mediului, 2008: *Synthesis of the national medium- and long-term flood risk management strategy*, 27p.
- Ministerul Mediului, 2009a: Contribuții la dezvoltarea strategiei de management al riscului la Inundații, raport: *Studiu privind inundațiile, schemă directoare și plan de investiții pentru Siretul inferior*, Versiune finală – Partea I, 253p.
- Ministerul Mediului, 2009b: Contribuții la dezvoltarea strategiei de management al riscului la Inundații, raport: *Studiu privind inundațiile, schemă directoare și plan de investiții pentru Siretul inferior*, Versiune finală – Partea II, 141p.
- Ministerul Mediului, 2009c: Contributions to the development of the Flood Risk Management Strategy, report: *Flood Study, Master Plan and Investment Plan for the Lower Siret River - Annexes*, 76p.

Ministerul Mediului, 2010a: *Strategia națională pe termen mediu și lung de management al riscului la inundații, (perioada 2010 – 2035)*. Hotărârea de Guvern nr. 846 din 11.08.2010 pentru aprobarea, publicată în Monitorul Oficial nr. 626 din 6 septembrie 2010, 94p.

http://mmediu.ro/file/2012-01-10_risc_inundatii_hg846din2010aprobarenmri.pdf

Ministerul Mediului, 2010b: Anexă - *Strategia națională de management al riscului la inundații. Prevenirea, protecția și diminuarea efectelor inundațiilor*, 34p.

Ministerul Mediului, 2012: *Regulament privind gestionarea situațiilor de urgență generate de inundații, fenomene meteorologice periculoase, accidente la construcții hidrotehnice, poluări accidentale pe cursurile de apă și poluări marine în zona costieră*. Aprobabil prin Ordinul comun ministrului administrației și internelor și ministrului mediului și pădurilor 192/1422/din anul 2012, 72p.

<http://www.rowater.ro/daprut/Documente%20Repository/Regulament%20%20gestionare%20situatii%20de%20urgenta%20.pdf>

Miramont C. et Guilbert X., 1997: Variations historiques de la fréquence des crues et évolution de la morphogenèse fluviale en moyenne Durance (France du Sud-Est). *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 3 (4), 325-337.

http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/morfo_1266-5304_1997_num_3_4_931

Miramont C., Jorda M. et Pichard G., 1998: Évolution historique de la morphogenèse et de la dynamique fluviale d'une rivière méditerranéenne : l'exemple de la moyenne durance (France du sud-est). *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 52, n°3, 381-392.

<http://id.erudit.org/iderudit/004855ar>

Mitoiu C. et Marin G., 1999: *Regularizarea albiilor de rauri : îndrumar de proiectare*. Editura Bren, București, 137p.

Molinari D. et Handmer J., 2011: A behavioural model for quantifying flood warning effectiveness. *Journal of Flood Risk Management*, 4, 23–32.

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1753-318X.2010.01086.x/full>

Morin E., 1968: Pour une sociologie de la crise, *Communications*, n°12, 2-16.

Morin E., 1972a: Le retour de l'événement, *Communications*, n°18, 6-20.

Morin E., 1972b: L'événement-Sphinx. *Communications*, n°18, 173-192.

Morin E., 1976: Pour une crisologie. *Communications*, n°25, 149-163.

Mustăța L., 1976: Scurgerea maximă din iunie-iulie 1975 pe unele râuri din bazinul Siret. *Studii și cercetări hidrologie*, XLV, București, 3-19.

Mustăța A., 2005: *Viituri excepționale pe teritoriul României. Geneză și efecte*. Editura Institutului Național de Hidrologie și Gospodărire a Apelor, București.

Musy A., 2005: *Cours d'hydrologie générale*.

<http://Echo2.epfl.ch/e-drologie/>

Nistoriu G. et Buhociu L., 1972: Apararea digurilor impotriva actiuni distructive a valurilor. *Simpozionul « Cauze și efecte ale apelor mari din mai-iunie 1970 »*, București, 257-271.

Nora P., 1972: L'événement monstre. *Communications*, n° 18, Paris, Le Seuil.

Nora P., 1974: Le retour de l'événement. In: Le Goff J. et Nora P. (dir.), *Faire de l'histoire*, vol. I : *Nouveaux problèmes*, Paris, Gallimard, 210-229.

November V., 2002: *Les territoires du risque*. Editions scientifiques européennes, Bern, 332p.

November V., 2006 : Le risque comme objet géographique. *Cahiers de géographie du Québec*, vol.50, n° 141, 2006, 289-296.

<http://id.erudit.org/iderudit/014868ar>

Obreja F., 2012: The sediment transport of the Siret River during the floods from 2010. *Forum geographic*, vol.11, Issue 1, 90-99.

Olariu P., 1988a: Probleme ale colmatului unor lacuri de acumulare din bazinul hidrografice Siret. *Lucrările Semin. Geografice « Dimitrie Cantemir »*, n°9, Iași, 79-87.

Olariu P., 1988b: Consideratii privind evolutia in perspectiva a microreliefului bazinului hidrografice Siret in contextul amenajării sale complexe. *Lucrările Semin. Geografice « Dimitrie Cantemir »*, n°9, Iași, 59-68.

Olariu P., 1990: Scurgerea naturala in spatiul hidrografic Siret in contextul amenajării sale complexe. *Lucrările Semin. Geografice « Dimitrie Cantemir »*, n°10, Iași, 71-79.

Olariu P. et Vamamu E., 2003: Changes in the geographical environment and risks hidroclimatice area Siret Basin. *Annals of Ovidius University*, seria Geografie, vol.1, Constanța.

Oost J. et Hoekstra A.Y., 2009: Flood damage reduction by compartmentalization of a dike ring: comparing the effectiveness of three strategies. *Journal of Flood Risk Management*, 2, 315-321.

Osachi-Costache G., 2000: Principalele hărți ale Munteni in perioada 1860-1980, cu privire specială asupra Muscelor Argeșului. *Analele Universității București*, 133-141.

Osterkamp W.R. et Hedman E.R., 1982: Perennial-streamflow characteristics related to channel geometry and sediment in Missouri River basin. *U. S. Geological Survey Professional Paper*, n°1242, 37p.

Ozouf-Marignier M.V. et Verdier N., 2000: L'événement : un objet historique à emprunter. *Espace géographique*, Tome 29 n°3, 218-223.

Păduraru A. et Nițulescu M., 1967: Historique de la connaissance des cours d'eau de la République Socialiste de Roumanie, établi à partir de cartes et de textes anciens. *Symposium on River Morphology General Assembly of Bern*, 25 sept-7 October, 51-63.

- Parker D.J. et Handmer J., 1998: The role of the unofficial flood warning system. *Journal of contingencies and crisis management*, vol. 6, issue 1, 45-60.
- Parker D.J., Priest S., Schildt A. et Handmer J., 2008: *Modelling the Damage Reducing Effects of Flood Warnings*. FLOODsite Final Report T10-07-12. Flood Hazard Research Centre, Middlesex university: London, 45p.
- Parker D.J., Priest S.J. et Tapsell S.M., 2009: Understanding and enhancing the public's behavioral response to flood warning information. *Meteorological applications*, 16, 103-114.
- Parlement Européen, 2007: *Directive 2007/60/CE relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation*, JO L 288, 27-34.
- Pavel S., 2010: *Riscul la inundații și gestiunea sa în localitatea Suraia*. Universitatea din București, 47p.
- Peiry J.-L., 1988: *Approche géographique de la dynamique spatio-temporelle des sédiments d'un cours d'eau intra-montagnard, l'exemple de la plaine alluviale de l'Arve (Haute-Savoie)*. Thèse de doctorat en Géographie et aménagement, Université Jean Moulin, Lyon 3, 376p.
- Peltier A., Vidal M. et Becerra S., 2008 : la mise en ligne des informations liées aux risques : véritable outil de prévention ou alibi ? *Network and Communication Studies, NETCOM*, vol.22, n°3-4, 265-276.
- Perșoiu I. et Rădoane M., 2011: Spatial and temporal controls on historical channel responses - study of an atypical case: Someșu Mic River, Romania. *Earth Surface Processes and Landforms*, 36 (10), 1391-1409.
- Petreșcu N., 1977: L'organisation et l'intégration de l'agriculture en Roumanie. *Economie rurale*, n°122, 51-59.
http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/ecoru_0013-0559_1977_num_122_1_2522
- Pettitt A.N., 1979: A non-parametric approach to the change-point problem. *Journal of Applied Statistical Science*, 28, 2, 126-135.
- Petts G.E., Muller H., et Roux A.L. (Eds), 1989: *Historical Change of Large Alluvial Rivers: Western Europe*. Wiley, Chichester.
- Petts G.E. et Gurnell A.M., 2005: Dams and geomorphology: research progress and future directions. *Geomorphology*, 71, 27-47.
- Piégay H. et Schumm S.A., 2003: System approaches in fluvial geomorphology. In: Kondolf G.M. et Piégay H. (eds), 2003: *Fluvial geomorphology*, Wiley Chichester, 105-134.
- Piégay H., 2003: *Variabilité spatiale et temporelle dans les systèmes fluviaux*. Dossier d'habilitation à diriger des recherches, 136p.

- Pigeon P., 1993: Intérêt de l'approche géographique dans l'étude des risques liés aux glissements de terrain: le cas de la vallée des Dranses (Haute-Savoie, France). *Cahier de Géographie du Québec*, 37 (100), 67-77.
- Pigeon P., 2002: Réflexions sur les notions et les méthodes en géographie des risques dits naturels. *Annales de Géographie*, n° 627-628, 452-470.
- Pigeon P., 2005: *Géographie critique des risques*. Economica, Anthropos, Paris, 217p.
- Pisūt P., 2002: Channel evolution of the pre-channelised Danube River in Bratislava, Slovakia (1712-1886). *Earth Surface Processes and Landforms*, 27, 369-390.
- Pleșoiianu D. et Olariu P., 2010: Monitoring data providing hydroclimatic trends in Siret hydrographic area. *Present Environment and Sustainable Development*, n°4, 327-338.
- Podani M. et Zăvoianu I., 1971: Considérations sur les inondations catastrophiques de Roumanie de 1970. *Revue roumaine de Géologie, Géophysique et Géographie (RRGGG)* tome XV, 41-51.
- Poncet J., 1969: La valorisation des sols en Roumanie. Quelques exemples. *Annales de Géographie*, t.78, n°429, 569-581.
http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/geo_0003-4010_1969_num_78_429_15930
- Poncet J., 1972: Les enseignements des inondations catastrophiques du printemps 1970 en Roumanie. *Annales de Géographie*, t.81, n°445, 298-315.
http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/geo_0003-4010_1972_num_81_445_18719
- Popa- Burdulea A., 2007: *Geomorfologia Siret*. Teza de doctorat, „Al.I.Cuza” University Iași, Romania
- Popp N. et Teaci D., 1969: Deltas anciens sur le territoire de la Roumanie. *Hydrologie des deltas*, actes du colloque de Bucarest, 6-14, mai 1969, 89-100.
http://iahs.info/redbooks/a090/iahs_090_0089.pdf
- Prestini M., 2006a: La notion d'événement dans différents champs disciplinaires. *Pensées Plurielles*, 2006/3, n°13, 21-29.
- Prestini M., 2006b: Une nouvelle grille de lecture : l'événement. *Pensées Plurielles*, 2006/3, n°13, 81-90.
- Primaria comunei Vulturu, 2006: *Planul de evacuare a populației, unor bunuri materiale și colectivități de animale în cazul producerii unor situații de urgență pe teritoriul localității Vulturu*, 43p.
- Primaria comunei Vulturu, 2010a: *Dosar IV Registrul istoric al serviciul voluntar pentru situații de urgență al comunei Vulturu*, 25p.
- Primaria comunei Vulturu, 2010b: *Registrul istoric al serviciului voluntar pentru situații de urgență, Judetul Vrancea- Serviciul voluntar pentru situații de urgență*, 21p.
- Provitolo D., 2003: Modélisation et simulation de catastrophe urbaine : le couplage de l'aléa et de la vulnérabilité. *Actes du colloque SIRNAT, 29-30 janvier 2003, La Prévention des Risques Naturels, Orléans*. <http://www.brgm.fr/divers/sirnatActesColl.htm>

- Provitolo D., 2007: Vulnérabilité aux inondations méditerranéennes en milieu urbain, une nouvelle démarche géographique. *Annales de Géographie*, 653, 23-40.
- Provitolo D., Müller J.P. et Dubos-Paillard E., 2009: Vers une ontologie des risques et des catastrophes, le modèle conceptuel. *XVI Rencontres interdisciplinaires sur les systèmes complexes, naturels et artificiels de Rochebrune*, Ontologie et dynamiques des systèmes complexes, perspectives interdisciplinaires, Megève, France, 14p.
- Rădoane N. et Rădoane M., 2004: Lacurile de baraj din bazinul raului Siret. *Analele Universitatii "Stefan cel mare" Suceava* sectiunea geografie, XIII, 77-88.
- Rădoane M. et Rădoane N., 2005: Evoluția actuală a piemontului pericarpatic moldovenesc. *Analele Universității « Stefan cel Mare » Suceava*, anul XIV, 11-19.
- Rădoane M. et Rădoane N., 2007: Răspunsul unei albie adâncite în roci coezive la acțiunea factorilor de control naturali și antropici. *Studii și cercetări de geografie*, No. LIII-LIV, 117-136.
- Rădoane M., Pandi G. et Rădoane N., 2010: Contemporary bed elevation changes from the Eastern Carpathians, *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 5(2), 49–60.
- Rădoane M., Obreja F., Cristea I. et Mihailă D., 2013: Changes in the channel-bed level of the eastern Carpathian rivers: climatic vs. human control over the last 50 years. *Geomorphology*.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.04.008>
- Radu F., 1974: *Contributii la studiul microreliefului din câmpia Siretului inferior*, non publié, 46p.
- Rausand M., 2004: Presentation of a book chapter: *System analysis. Event tree analysis*. In *System reliability theory* (2nd ed) Wiley, 28p.
- Reghezza M., 2006: *Réflexions autour de la vulnérabilité métropolitaine : la métropole parisienne face au risque de crue centennale*. Thèse de doctorat Université Paris X-Nanterre, 384p.
http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/12/58/56/PDF/these_reghezza.pdf
- Reghezza-Zitt, 2013: Utiliser la polysémie de la résilience pour comprendre les différentes approches du risque et leur possible articulation. *EchoGéo*, 24 (2013).
<http://echogeo.revues.org/13401>
- Ribas Palom A., 1994: La géographie française et le risque d'inondation : de la géographie physique à la géographie humaine. *Cahiers de géographie du Québec*, vol. 38, n° 103, 7-20.
<http://id.erudit.org/iderudit/022404ar>
- Richter B.D., Baumgartner J.V., Powell J. et Braun D.P., 1996: A methode for assessing hydrologic alteration within ecosystem. *Conservation Biology*, 10 (4), 1163-1174.
- Ricoeur P., 1992: Le retour de l'Événement. *Mélange de l'École française de Rome. Italie et Méditerranée*, t. 104, n°1, 29-35.
- Rinaldi M., 2003: Recent channel adjustments in alluvial rivers of Tuscany, central Italy. *Earth Surfaces Processus and Landforms*, 28, 587-608.

- Rinaldi M., Wyzga B. et Surian N. 2005: Sediment mining in alluvial channels: physical effects and management perspectives. *River Research and Applications*, 21, 805-828.
- Robert J., 2012: *Pour une géographie de la crise: de l'accessibilité aux soins d'urgence à la vulnérabilité du territoire à Lima*. Thèse de doctorat de l'Université de Grenoble, 555p.
- Rode S., 2009: *Au risque du fleuve. La territorialisation de la politique de prévention du risque d'inondation en Loire moyenne*. Thèse de doctorat, Université de Paris Ouest Nanterre La Défense, 481p.
<http://hal.archives-ouvertes.fr/tel-00444166/>
- Rode S., 2010: De l'aménagement au ménagement des cours d'eau : le bassin de la Loire, miroir de l'évolution des rapports entre aménagement fluvial et environnement. *Cybergéogéographie*, article 506.
<http://cybergeo.revues.org/23253>
- Rollet A.-J., 2007: *Etude et gestion de la dynamique sédimentaire d'un tronçon fluvial à l'aval d'un barrage: le cas de la basse vallée de l'Ain*. Thèse de doctorat de l'Université Jean Moulin Lyon 3, 305p.
- Romanescu G., 2006: *Inundațiile câ factor de risc, Studiu de caz pentru viiturile Siretului din iulie 2005*. Editura Terra Nostra, Iași, 88p.
- Romanescu G. et Nistor I., 2010: The effects of the July 2005 catastrophic inundations in the Siret River's Lower watershed, Romania. *Natural Hazards*, published online in sept. 2010, 24p.
- Rosenthal U., Charles M.T. et Hart P. (Eds.), 1989: *Coping with crisis: The management of disasters, riots and terrorism*. Springfield: Charles C. Thomas.
- Roux A.L. (éd.), 1982: *Cartographie polythématique appliquée à la gestion écologique des eaux; étude d'un hydrosystème fluvial: le Haut-Rhône français*. édit. CNRS, Centre Région. Publ. Lyon, 116p.
- Ruin I., 2007: *Conduite à contre-courant. Les pratiques de mobilité dans le Gard : facteur de vulnérabilité aux crues rapides*. Thèse de doctorat, Université de Grenoble 1- Joseph Fourier, 362p.
<http://hal.archives-ouvertes.fr/tel-00258018/>
- Rundle A., 1985: Braid morphology and the formation of multiple channels; the Rakaia, New Zealand. *Zeitschrift für Géomorphologie*, N. F., 44/3, 317-342.
- Rusu C. et Florea J., 1972: Inundațiile din țară noastră și măsurile ce se impun în cadrul gospodăririi apelor. In: Radulescu, D. (ed.), 1972: *Cauze și efecte ale apelor mari din mai-iunie 1970*. CNA-ASAS, București.
- Salit F. et Ioana-Toroimac G., 2013: Actual in-stream mining in alluvial rivers: geomorphological impact and European legislation, *The 3rd International Geography Symposium (GEOMED)* Antalya-Kemer-Turkey, June 10-13 2013.

- Sayers P.B., Gouldby B.P., Simms J.D, Meadowcroft I. et Hall J., 2002: *Risk, Performance and Uncertainty in Flood and Coastal defence. A review*. R-D technical Report FD 2302/TR1 (HR Wallingford Report SR587), Crown copyright, Londres, 122p.
- SC Mediu Consulting SRL Iași, 2012: *Raport la Bilanțul de mediu nivel I – Exploatarea agregatelor minerale din albia raului Siret Balastiera Condrea 1 – SC WEST STAR SRL IAS*, 68p.
- Scarwell H.J. et Laganier R., 2004: *Risques d'inondation et aménagement durable des territoires*. Presse universitaires du Septentrion, Lille, 239 p.
- Scarwell H.J., 2007: Déconstruire les logiques de gestion du risque inondation. *AirPur* n°72, 24-31. http://www.appa-alsace.fr/_adminsite/Repertoire/7/fckeditor/file/Revues/AirPur/Airpur_72_Scarwell.pdf
- SCCMS- SC Centrul de mediu și sănătate, 2012: *Studiu privind evaluarea adecvată: Lucrări de decolmatare, reprofilare a albiei minoră a râului Siret și regularizarea scurgerii, prin exploatare de nișip și pietriș- perimetrul Movileni Aval III, com Movileni, j. Galați*, 94p.
- Schumm S.A., 1969: River metamorphosis. *ASCE Journal of the Hydraulics Division*, HY1, 255-273.
- Schumm S.A., 1977: *The Fluvial System*. John Wiley & Sons: Chichester.
- Schumm S.A., 2005: *River variability and complexity*. Cambridge University Press.
- Șerban R.-I., 2005: Evoluția distribuției spațiale a populației județului Șerbanrancea în ultimele două secole. *Seminarul Geografic « D. Cantemir »*, n° 25/2005, 285-290.
- Servon F., 1998: L'événement risque naturel et le droit. In : Cœur D. et Brun C. (dir.), 1998 : *Des disciplines à la rencontre de l'événement risques naturels*. Séminaire de Grenoble 27 mars 1998, 41-46.
- SGA Vrancea, 1974: *Lucrări de apărare împotriva inundațiilor de pe râurile Siret, Putna, Rm. Sărat și Leica*, 5p.
- Sorensen J. et Mileti D., 1989: Warning and evacuation: answering some basic questions, *Ind. Crisis Q*, 2, (3-4), 195-210.
- Sorensen J.H., 2000: Hazard warning systems: review of 20 years of progress. *Natural Hazards Review*, 1, 119-125.
- Spink A., Fryirs K. et Brierley G., 2009: The relationship between geomorphic river adjustment and management actions over the last 50 years in the Upper Hunter Catchment, NSW, Australia. *River Research and Applications*, 25 (7), 904-928.
- Ștefan S., Ghioca M., Rimbu N., et Boroneant C., 2004: Study of meteorological and hydrological drought in southern Romania from observational data. *International journal of climatology*, 24(7), 871-881.
- Ștefănescu V., 2012: Decision support system based on the history of flood and flash flood events in Romania. *Natural Hazards*, 65, 2331-2352.

- Ștefănescu V., Ștefan S. et Georgescu F., 2013: Spatial distribution of heavy precipitation events in Romania between 1980 and 2009. *Meteorological Applications*. DOI: 10.1002/met.1391
- Suffert J.-D., 1972: Les inondations catastrophiques de mai juin 1970 en Roumanie, données climatiques et hydrologiques. *Revue géographique de l'Est*, tome XII, n°2-3, 246- 260.
- Surian N., 1999: Channel changes due to river regulation: the case of the Piave River, Italy. *Earth Surface Processes and Landforms*, 24: 1135-1151.
- Surian N. et Rinaldi M., 2003: Morphological response to river engineering and management in alluvial channels in Italy. *Geomorphology*, 50: 307-326.
- Swanson B.J., Meyer G.A. et Coonrod J.E., 2011: Historical channel narrowing along the Rio Grande near Albuquerque, New Mexico in response to peak discharge reductions and engineering: magnitude and uncertainty of change from air photo measurements. *Earth Surface Processes and Landforms*, 36 (7), 885-900.
- Tănasă D.I., 2011: *Clima podișului sucevei fenomene de risc, implicații în dezvoltarea durabilă*. Rezumat Teza de doctorat, Universitatea « Stefan cel Mare » Suceava, Cuprins, 72p.
- Teodosiu C., 2007: Challenges for integrated water resources management in Romania. *Environmental Engineering and Management Journal*, vol.6, n°5, 363-374.
- Thouret J.-C., 1996: Les phénomènes naturels dommageables: approche globale, bilan et méthodes de prévention. In Bailly A. (dir.), 1996: *Risques naturels, risques de sociétés*. Paris: Economica, chap.3, 19-33.
- Thouret J.-C. et D'Ercole R., 1996: Vulnérabilité aux risques naturels en milieu urbain: effets, facteurs et réponses sociales. *Cahier des Sciences Humaines*, 32(2) 96, 407-422.
- Thouret J.-C. et Leone F., 2003: Aléas, vulnérabilités et gestion des risques naturels. In Moriniaux V. (coord.), 2003: *Les risques*. Questions de géographie, Editions du Temps, Nantes, 37-70.
- Tricart J. et Bravard J.-P., 1991: L'aménagement des trois plus grands fleuves européens : Rhin, Rhône et Danube. Problèmes et méfaits. *Annales de géographie*, t.100, n°561-562, 668-713. http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/geo_0003-4010_1991_num_100_561_21654
- Tufescu V., 1946: Confluențele și formarea luncilor Siretului și Prutului. *Revista Geografica*, I CGR III, 75-98.
- Turtureanu A.G., 2011: Politici ecologice in perspectiva integrarii in Uniunea europeana. *EIRP Proceedings* 1, 629-638. <http://www.proceedings.univ-danubius.ro/index.php/eirp/article/view/1218/1133>
- UNISDR, 2009: *Terminologie pour la prévention des risques de catastrophe*, Genève, Suisse, 39p. http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologyFrench.pdf
- Uribe Larrea D., Pérez-González A. et Benito G., 2003: Channel changes in the Jarama and Tagus rivers (central Spain) over the past 500 years. *Quaternary Science Reviews*, 22, 2209-2221.

- US Army Corps of Engineering (USACE), 1994: Framework for estimating national economic development benefits and other beneficial effects of flood warning and preparedness systems. IWR Report 94-R-3, 114p.
- Valse I., 2011: Migrația de întoarcere a românilor din Italia. Studiu de caz în Vulturu, Vrancea. *Quality of Life*, 2/2011, 155-176.
- Vasenciuc F., Dragotă C. et Serban A., 2006: Frequency of the succession of the rainy spells in the warm semester of 2005 at the weather station in Moldovia. *Lucrarile seminarului geografic "Dimitrie Cantemir" Iași*, 27, 89-98.
- Velcea I., 1967: Les transformations de l'utilisation agricole du sol en Roumanie. *Méditerranée*, 8^{ème} année, n°4, 269-282.
http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/medit_0025-8296_1967_num_8_4_1251
- Veyret Y. et Meschinot de Richemond N., 2003: Le risque, les risques. In Veyret Y. (dir), 2003: *Les risques*. Dossiers des Images Economiques du Monde, SEDES, Paris, 17-47.
- Veyret Y. et Reghezza M., 2005: Aléas et risques dans l'analyse géographique. *Annales des Mines*, 61-69.
www.anales.org/re/2005/re40/veyret.pdf
- Veyret Y. et Reghezza M., 2006: Vulnérabilité et risques. L'approche récente de la vulnérabilité. *Annales des mines*, n°43, 9-13.
www.anales.org/re/2006/re43/Veyret.pdf
- Vinet F., 2002: La question du risque climatique en agriculture : le cas de la grêle en France. *Annales de Géographie*, n°627-628, 592-613.
- Vinet F., Boissier L. et Defosse S., 2011 : La mortalité comme expression de la vulnérabilité humaine face aux catastrophes naturelles : deux inondations récentes en France (Xynthia, var, 2010). *Vertigo*, vol.11, n°2.
<http://vertigo.revues.org/11074#tocto2n15>
- Vinke-de Kruijf J., Kuks S. et Augustijn D., 2010: Governing change: experience from two water sectors in a transition country. *NIG Annual Working Conference 2010*, 25-26 nov 2010, Maastricht, The Netherlands, 19p.
http://doc.utwente.nl/77992/1/Vinke-de_Kruijf_et_al_2010_Governing_change_NIG_WC_2010.pdf
- Vinke-de Kruijf J., Teodosiu C., Bressers H.T.A. et Augustijn D.C.M, 2011: How context affects international projects: the case of Dutch-Romanian cooperation on flood risk management. *IGS-Sense Conference, resilient society-governing risk and vulnerability for water, energy and climate change*, University of Twente Enschede, The Netherlands, 19-21 October 2011, 21p.
http://doc.utwente.nl/80260/1/Vinke-de_Kruijf11how.pdf
- Vinke-de Kruijf J., 2013: Transferring water management knowledge. How actors, interaction and context influence the effectiveness of Dutch-funded projects in Romania. Enschede, The Netherlands, thesis, 224p.

- Von Hirschhausen B., 2008: Intégrer les campagnes bulgares et roumaines : le défi de leurs différences. *L'Espace géographique*, 2008/4 Tome 37, 297-312.
<http://www.cairn.info/revue-espace-geographique-2008-4-page-297.htm>
- Wasson J.G., Malavoi J.-R., Maridet L., Souchon Y. et Paulin L., 1998: *Impacts écologiques de la chenalisation des rivières*. Etudes Cemagref, 167p.
- Wasson J.G., 2001: Les questions de recherche posées par la Directive Cadre Européenne sur l'Eau: problématique pour les eaux de surface continentales. *Hydroécologie Appliquée*, tome 13, vol.1, 1-19.
- White G. F., 1945: *Human Adjustment to Floods*. Department of Geography Research Paper, n°29, University of Chicago, 225p.
- White G. F. (ed.), 1974: *Natural Hazards: Local, National, Global*, New York. Oxford University Press
- Wilson T., 2006: Les risques de blessures et de décès par imprudence lors des inondations. *Responsabilité et Environnement* n°43, juillet 2006, 57-63.
<http://www.anales.org/re/2006/re43/Wilson.pdf>
- Winterbottom S.J., 2000: Medium and short-term channel planform changes on the Rivers Tay and Tummel, Scotland. *Geomorphology*, 34, 195–208.
- Wyźga B., 1993: River response to channel regulation: case study of the Raba River, Carpathians, Poland. *Earth Surface Processes and Landforms*, 18, 541-556.
- Wyźga B., 2008: A review on channel incision in the Polish Carpathian rivers during the 20th century. In Gravel-bed Rivers VI, In: Habersack H, Piégay H. et Rinaldi M. (eds), 2008: *Process Understanding to River Restoration*, Elsevier: Amsterdam, 525–556.
- Zaharia L., 1999: *Resursele se apă din bazinul râului Putna*. Studiu de hidrologie. Editura Universităţii din Bucureşti, Bucureşti, România.
- Zaharia L., 1998: Tendances dans l'évolution des transferts de matières en suspension dans les Subcarpathes de Courbures en relation avec les modifications du milieu. *Géomorphologie, relief, processus et environnement*, 1, 3-15.
- Zaharia L. et Beltrando G., 2009: Variabilité et tendance de la pluviométrie et des débits de crue dans la région de la Courbure de l'Arc Carpatique (Roumanie). *Actes du XXIIe colloque de l'AIC*, Cluj, 471-476.
- Zaharia L., 2010: Culture et mémoire du risque inondation. *Riscuri și catastrofe*, an IX, vol 8, nr 2, ED. Casa Cărţii de Ştiinţă, Cluj Napoca: 33-54.
http://riscurisicastrofe.reviste.ubbcluj.ro/Volume/XI_Nr_2_2010/PDF/Liliana_Zaharia.pdf
- Zaharia L. et Pantelimon T.G., 2012a: *Raport la studiul de evaluare a impactului asupra mediului : Decolmatare și recalibrarea albiei minore prin exploatare de agregate minerale perimetrul Niliiești 01 și amplasare stație de sortare*, com. Biliiești, j. Vrancea, 110p.

- Zaharia L. et Pantelimon T.G., 2012b: *Studiu privind evaluarea adecvată*: Decolmatare și recalibrarea albiei minore prin exploatare de agregate minerale perimetrul Niliești 01 și amplasare stație de sortare, com. Biliiești, j. Vrancea, 116p.
- Zanoni L., Gurnell A., Drake N. et Surian N., 2008: Island dynamics in a braided river from analysis of historical maps and air photographs. *River Research and Applications*, 24 (8), 1141-1159.
- Zăvoianu I. et Podani M., 1977: Les inondations catastrophiques de l'année 1975 en Roumanie. Considérations hydrologiques. *Revue roumaine de géologie, géophysique et géographie* (RRGGG) n°21, 131-140.
- Zawiejska J. et Wyźga B., 2010: Twentieth-century channel change on the Dunajec River, southern Poland: Patterns, causes and controls. *Geomorphology*, 117 (3-4), 234–246.
- Ziliani L. et Surian N., 2012: Evolutionary trajectory of channel morphology and controlling factors in a large gravel-bed river. *Geomorphology*, 173-174: 104-117.
- Zugrăvescu D., Polonic G., Horomnea M. et Dragomir V., 1998: Recent vertical crustal movements on the Romanian territory, major tectonic compartments and their relative dynamics. *Revue Roumaine de Géophysique*, 42, 3-14.

Sites internet

Site de l'ANAR et de l'ABAS:

www.Rowater.ro

Site d'information en temps réel sur le niveau d'eau aux stations hydrologiques de Roumanie:

<http://gis2.rowater.ro:8989/SituatieHidrologica.html?idUnitateA=1&waterDomain=Rauri&limba=Romana>

Site de consultation des orthophotoplans de Roumanie :

<http://geoportal.ancpi.ro/geoportal/viewer/index.html>

Site de l'ANCPI et de consultation des rapports d'études d'impact sur l'environnement :

www.apmgl.anpm.ro

Table des Figures

INTRODUCTION

| | |
|--|----|
| Figure 0- 1: Le lien Homme-Nature dans les systèmes fluviaux : impacts, rétro-actions négatives et contre – mesures (Piégay, 2003)..... | 19 |
| Figure 0- 2: Cadre théorique de l'étude : l'approche systémique des liens Environnement-Société pour la gestion du risque inondation. Echelles spatio-temporelle du cadre d'analyse (<i>en vert</i> : les échelles spatiales ; <i>en jaune</i> : les échelles temporelles ; <i>en bleu</i> : le système fluvial ; <i>en rose</i> : le système social) (modifié d'après Piégay, 2003)..... | 20 |
| Figure 0- 3: Localisation du bassin versant du Siret en Roumanie (Romanescu et Nistor, 2010)..... | 33 |
| Figure 0- 4: Topographie du bassin versant du Siret (source fond SRTM ; geospatial.org)..... | 34 |
| Figure 0- 5: Topographie du secteur du Siret inférieur (réalisé d'après les données d'élévation de la carte topographique roumaine de 1981)..... | 36 |
| Figure 0- 6: Répartition mensuelle des débits moyens pluriannuels (1953-2010) du Siret à Lungoci, du Bârlad à Tecuci et de la Putna à Boțârlău (1965-2011) (Source données: GRDC ; Ministerul Mediului, 2009a)..... | 37 |
| Figure 0- 7: Organisation administrative du Siret inférieur, de la localité au département (Source données : geospatial.org)..... | 38 |

1^{ERE} PARTIE

| | |
|---|----|
| Figure 1- 1: Localisation des 48 stations météorologiques du bassin versant du Siret (Source Fond SRTM ; geospatial.org)..... | 43 |
| Figure 1- 2: Carte de l'extension de l'inondation de juillet 2005 dans le Siret inférieur après l'activation de la Charte internationale (CNES 2005, distribution Spotimage Map created 20/07/2005 by SERTIT)..... | 46 |
| Figure 1- 3: Localisation des enquêtes et témoignages lors des campagnes de terrain de mai 2009 à juin 2012 et localisation des villages touchés lors de l'inondation de juillet 2005..... | 47 |
| Figure 1- 4: A – Géopotential à 500 hPa et B – champ de pression et surface et front sur l'Europe le 13 juillet à 0h UTC. Le rectangle représente la zone d'étude à l'est des Carpates (<i>Wetterzentrale.de</i>)..... | 49 |
| Figure 1- 5: Cumuls quotidiens de précipitations dans 48 stations du bassin versant du Siret. A - Localisation des stations; B - cumuls de précipitations le 11-12 juillet; C - cumuls de précipitations le 12-13 juillet ; D - cumuls de précipitations le 13-14 juillet. (Source données: ANM)..... | 50 |
| Figure 1- 6: Ecarts à la moyenne multi-annuelle (1961-2005) des cumuls annuels de précipitations en 2005 en Roumanie. Le tracé noir représente le bassin du Siret (ANM)..... | 51 |

| | |
|--|----|
| Figure 1- 7: Cumuls mensuels de précipitations en 2005 comparés à la moyenne mensuelle 1961-1990 sur l'ensemble de la Roumanie (Ministerul Mediului, 2006)..... | 52 |
| Figure 1- 8: Ecart à la moyenne multi-annuelle (1961-2005) du cumul pluviométrique du mois de juillet 2005 pour la Roumanie. Le trait noir représente le bassin du Siret (ANM)..... | 52 |
| Figure 1- 9: Cumul des précipitations du semestre chaud en 2005 supérieur à plus de 25% à la moyenne 1961- 2005 pour les stations de la plaine Moldave (adapté et traduit de Vasenciuc <i>et al.</i> , 2006) | 53 |
| Figure 1- 10: Cumuls mensuels de précipitations en 2005 comparés à la moyenne mensuelle multi-annuelle pour six stations du bassin versant du Siret (Source données: ANM) | 54 |
| Figure 1- 11: Localisation des inondations l'été 2005 en Roumanie. En noir sont indiquées les limites du bassin versant du Siret (Bălteanu <i>et al.</i> , 2007a) | 56 |
| Figure 1- 12: Débits horaires enregistrés à Lungoci-Siret du 11 au 22 juillet 2005 (CI : Cote d'inondation ; CP : Cote de danger) (Source données : ABAS)..... | 58 |
| Figure 1- 13: Débits horaires enregistrés à Boțârlău-Putna du 12 au 16 juillet 2005 (Source données : ABAS)..... | 58 |
| Figure 1- 14: Débits maximaux annuels à la station de Lungoci de 1951 à 2011. CA : débit équivalent à la cote d'attention ($2\,056\text{ m}^3/\text{s}$) ; CI : débit équivalent à la cote d'inondation ($2\,410\text{ m}^3/\text{s}$) ; CP : débit équivalent à la cote de danger ($2\,885\text{ m}^3/\text{s}$) (Source données : GRDC)..... | 60 |
| Figure 1- 15: Extension des inondations de 1970 en Roumanie (Poncet, 1972) | 61 |
| Figure 1- 16: Extension de l'inondation du 3 au 7 juillet 2010 sur le Siret inférieur. En bleu ciel, zone affectée au 3 juillet ; en bleu clair, zone affectée au 7 juillet ; en bleu foncé, niveau moyen de la rivière. (SIGUR, 2010)..... | 62 |
| Figure 1- 17: La plaine du Siret inférieur lors de l'inondation du 30 juin-3 juillet 2010 et le renforcement d'une digue de protection, à gauche (Photographie : ANAR). Infiltration sous la digue du Siret à Vadu Roșca en juillet 2010, à droite (Photographie: Ziarul de astazi)..... | 63 |
| Figure 1- 18: Extension de l'inondation de juillet 2005 dans le bassin inférieur du Siret et localisation des brèches dans les digues | 66 |
| Figure 1- 19: Vadu Roșca inondé le 13 juillet 2005 - à gauche (Photographie: ANAR). L'eau peut atteindre jusqu'à 4 m dans le village ; le trait rouge représente la hauteur d'eau - à droite (Photographie: F. Salit, 2009)..... | 67 |
| Figure 1- 20: Extension de l'inondation de la Putna à Mircești Vechi en juillet 2005 (CNES 2005, distribution Spotimage Map created 20/07/2005 by SERTIT) | 69 |
| Figure 1- 21: L'origine de l'inondation de la Putna en juillet 2005 ; A – Localisation des villages touchés ou épargnés par l'inondation de la Putna en juillet 2005 ; B – Evolution des tracés de la Putna à Mircești en 1981 et 2010 ; C – Etendue de l'inondation de juillet 2005 de la Putna et du Siret entre Mircești et Biliiești..... | 70 |

| | |
|--|----|
| Figure 1- 22: Chronologie de la crue du 12-13 juillet 2005 dans les villages de Suraia et de Vadu Roșca Les traits rouges représentent les hauteurs d'eau (Photographies: F. Salit, 2009 ; Localisation Figure 1- 24) | 71 |
| Figure 1- 23: Plaine inondée entre Suraia et Vadu Roșca. L'eau est bloquée à l'est par les digues du Siret (Photographie: ANAR ; Localisation Figure 1- 24)..... | 72 |
| Figure 1- 24: A – Déroulement de l'inondation des 12 et 13 juillet 2005 sur le Siret inférieur entre les villages de Suraia et de Vadu Roșca et implication des aménagements. B – Coupes schématiques de l'inondation à hauteur du village de Vadu Roșca et C – dans la plaine entre les deux villages.. | 73 |
| Figure 1- 25: Vadu Roșca inondée le 13 juillet 2005 (Photographies: ANAR) | 74 |
| Figure 1- 26: Brèches dans une digue en rive droite du Siret en aval de Suraia (Photographie: Pavel, 2010; Localisation Figure 1- 24) | 74 |
| Figure 1- 27: Evaluation des dégâts en millions d'euro, occasionnés par les inondations depuis 1970, en Roumanie (Ministerul Mediului, 2006) | 76 |
| Figure 1- 28: Voie ferrée détruite le 15 juillet 2005 dans le bassin du Siret inférieur (Photographie: ANAR) | 76 |
| Figure 1- 29: Exemple de maisons considérées comme abandonnées-détruites ; le trait rouge marque la hauteur d'eau atteinte en juillet 2005 (Photographies : F. Salit, juin 2012) | 80 |
| Figure 1- 30: Exemple de maisons en construction. La maison de gauche est considérée comme habitée-abîmée, le trait rouge marque la hauteur d'eau atteinte en juillet 2005 (Photographie : F. Salit, juin 2009) et la maison de droite comme « en construction » (Photographie : F. Salit, juin 2012) | 81 |
| Figure 1- 31: Pendule arrêtée lors de l'inondation de juillet 2005 (à gauche ; F. Salit, juin 2011) dans l'épicerie de Vadu Roșca (à droite ; Google Streetview, juillet 2012) (Localisation de l'épicerie Figure 1- 32) | 83 |
| Figure 1- 32: Répartition des dommages causés aux habitations suite à l'inondation de juillet 2005 à Vadu Roșca. Enquête réalisée en 2012 (Photographies : ANAR) | 84 |

2^{EME} PARTIE

| | |
|---|-----|
| Figure 2- 1: Mosaïque des <i>Planuri Directoare de Tragere</i> dans le secteur étudié du bassin du Siret inférieur (Source cartes : geospatial.org)..... | 94 |
| Figure 2- 2: Capture d'écran d'un extrait de la carte topographique de Cassini au 1/100 000 ^e de Nămolosa și Pechea de 1891-1894 (pour les relevés de terrain) - Vue des villages de Suraia et de Vadu Roșca http://earth.unibuc.ro/php/tools/gcp-harta.php?mapId=77&projectId=2 | 96 |
| Figure 2- 3: Mosaïque des cartes russes au 1/50 000 ^e du secteur étudié du bassin du Siret inférieur (Source cartes : geospatial.org)..... | 97 |
| Figure 2- 4: Inondation du Siret et du Danube en mai 1970 (Suffert, 1972) | 107 |

| | |
|---|-----|
| Figure 2- 5: Objectifs des aménagements sur un espace fluvial (Cacas <i>et al.</i> , 1986)..... | 116 |
| Figure 2- 6: Classification des interventions sur un espace fluvial (Malavoi, 1990)..... | 118 |
| Figure 2- 7: Classification des types d'interventions (adapté et traduit de Ciornei et Grudnicki, 2009) <i>perueri apparait en italique car aucune traduction exacte n'a été trouvée (empierrement ?)</i> | 119 |
| Figure 2- 8: Le réseau de digues sur le Siret inférieur aux débuts des années 40 (Source des données : PDT) | 122 |
| Figure 2- 9: Répartition des digues par rapport à la longueur totale, en fonction de leur localisation (Source des données : PDT)..... | 122 |
| Figure 2- 10: Répartition du réseau de digues selon leur fonction (Source des données : PDT)..... | 123 |
| Figure 2- 11: Le figuré «terres inondables » (PDT)..... | 124 |
| Figure 2- 12: A – Répartition du linéaire des digues en 1990 sur le Siret inférieur. B – Evolution de la longueur des digues pour le Siret, le Râmnicu Sărat et le Buzău dans les années 40 et en 1990 . | 126 |
| Figure 2- 13: Les phases d'aménagements du réseau de digues du Siret inférieur de la fin des années 60 à 2000 (Source : SGA Vrancea, 1974 ; cartes topographiques roumaines de 1971, 1973 et 1981 ; cartes topographiques russes de 1970, 1976 et 1990) | 127 |
| Figure 2- 14: La protection de la localité de Nămolosa, dès les années 40. Le déplacement de Fundeni suite aux inondations dans la deuxième moitié des années 40 (indiqué par la flèche orange) | 128 |
| Figure 2- 15: Evolution du Siret et des aménagements à Vadu Roșca de 1940 à 1990 | 129 |
| Figure 2- 16: Réparation provisoire d'une digue sur la rivière Geru dans la zone de Lungoci, travaux exécutés par ANAR en 2010 (Photographie : ANAR) | 130 |
| Figure 2- 17: Exemples de profils de digues (Ministerul Mediului, 2009c) | 131 |
| Figure 2- 18: Entretien des digues (à gauche) . Digue interdite d'accès par une barrière (à droite) (Photographies : F.Salit, juin 2011) | 133 |
| Figure 2- 19: Digue fragilisée à Belciugele. La digue a rompu en juillet 2005. (Photographie : F.Salit, juin 2011) | 134 |
| Figure 2- 20: Brèche dans une digue sur la rivière Suhu à Piscu en juillet 2005-jud Galați (à gauche). Consolidation d'une digue avec des sacs de sable à Șendreni en 2010 (à droite) (Photographies : ANAR) | 135 |
| Figure 2- 21: Reconstruction d'une digue sur le Siret à Nămolosa, le 3 août 2005 (Photographie: ANAR) | 136 |
| Figure 2- 22: Répartition des travaux de régularisation sur le Siret inférieur de la fin des années 60 à 2000..... | 142 |

| | |
|--|-----|
| Figure 2- 23: Schéma d'une section de rivière avec divers type d'aménagements (traduit d'après Băloiu, 1980) | 143 |
| Figure 2- 24: Schéma de régularisation d'une rivière (traduit d'après Hâncu S., 1976) | 144 |
| Figure 2- 25: Evolution des tracés de la Putna de 1940 à 1990 et travaux de régularisation à Mircești Noi et Mircești Vechi et entre Vânători et Jorăști..... | 145 |
| Figure 2- 26: Méandre recoupé à Vânători en rive droite de la Putna. Le méandre est souligné par une ligne pointillée blanche (Source : image Google Earth du 8 juin 2010) | 146 |
| Figure 2- 27: A – Evolution de la Putna à hauteur du village de Garoafa entre 1940 et 1990. B – Régularisation de la Putna à Garoafa, avec un exemple de fermeture d'un chenal secondaire. * Localisation de la photo (Photographie : F. Salit, octobre 2011) | 146 |
| Figure 2- 28: A – Régularisation de la Putna par un changement de confluence ; B – Travaux de changement de la confluence Siret-Putna en 1974 suite à une inondation (F. Radu, 1974)..... | 147 |
| Figure 2- 29: A – Régularisation du Bârlad et changement de confluence. B – Nouveau tracé du Bârlad régularisé. C – Ancien chenal du Bârlad à Umbrărești. D – Nouvelle confluence du Bârlad et du Siret (Photographies : F. Salit, octobre 2011) | 148 |
| Figure 2- 30: A – Schéma de travaux de protection des berges (traduit d'après Manoliu, 1973). B – Ouvrages de protection des berges sur le Siret inférieur entre Biliștei et Suraia (F. Salit, juin 2012) | 149 |
| Figure 2- 31: Schéma d'un aménagement de protection de pont (traduit d'après Băloiu, 1980)..... | 150 |
| 3^{EME} PARTIE | |
| Figure 3- 1: Echelles spatiales et temporelles de l'ajustement des formes fluviales (d'après Knighton, 1984) | 158 |
| Figure 3- 2: Les causes principales du rétrécissement de la bande active au XXème siècle – <i>Q</i> : débit liquide ; <i>Qs</i> : débit solide (modifié d'après Liébault et Piégay, 2002) | 159 |
| Figure 3- 3: Localisation des stations météorologiques étudiées dans le bassin versant du Siret (Fond SRTM : geospatial.org) | 162 |
| Figure 3- 4: A – Station hydrométrique de Lungoci (Siret), câble de mesure en juin 2011 et point de mesure de la section transversal, vu vers l'aval. B – Echelles limnimétriques en rive droite. C – Poste de la station de Lungoci en octobre 2011, avec une marque de la crue de juin 2010 sur la façade. (Photographies: F. Salit) | 164 |
| Figure 3- 5: Bouteille de prélèvement d'échantillons de transport d'alluvions en suspension à la station de Lungoci en octobre 2011 (à gauche). Extrait du carnet standard de mesure des débits (à droite). (Photographies: F. Salit) | 164 |
| Figure 3- 6: Méthode de calcul de la surface de la section active du chenal à partir des profils en travers. Une aire est calculée en divisant la zone en parallélépipèdes et en calculant la surface de chacun d'entre eux..... | 168 |

| | |
|---|-----|
| Figure 3- 7: Délimitation des tronçons pour l'analyse morphologique : A – Carte de localisation des différents tronçons. B – Paramètres de chacun de chacun des tronçons et sous-tronçons | 172 |
| Figure 3- 8: Méthodes pour calculer la largeur de la bande active à différentes dates (T représente un transect). Méthode de l'axe d'écoulement unique pour deux dates (en haut). Méthode de deux axes d'écoulement pour deux dates, avec correction du biais méthodologique (en bas) | 175 |
| Figure 3- 9: Illustration du problème du figuré « terres inondables ». Les deux flèches représentent la différence de largeur de la bande active en prenant en compte ou non ce figuré | 176 |
| Figure 3- 10: Segmentation de Hubert appliquée à la chronique des débits moyens annuels (Q_{moy}) de la station de Lungoci sur le Siret de 1953 à 2010 (Source données : GRDC) | 180 |
| Figure 3- 11: Périodisation des débits maximaux annuels(Q_{max}) pour la station de Lungoci de 1951 à 2011 (Source données : ANAR/ABAS) | 181 |
| Figure 3- 12: Variation des débits moyens mensuels à la station de Lungoci sur le Siret de 1953 à 2010 (Source données : GRDC) | 181 |
| Figure 3- 13: Nombre de crues selon la fréquence mensuelle des débits maximaux annuels à la station de Lungoci sur le Siret de 1951 à 2011 (Source données : ANAR/ABAS)..... | 182 |
| Figure 3- 14: Périodes détectables dans les séries de débits moyens (Q_{smoy}) et maximaux (Q_{smax}) d'alluvions en suspension à la station de Lungoci de 1971 à 2011 (Source données : ANAR/ABAS) | 184 |
| Figure 3- 15: Fréquence des crues les plus importantes à la station de Lungoci sur le Siret inférieur de 1953 à 2010 selon les seuils statistiques Pearson III (Source données : ANAR/ABAS) | 186 |
| Figure 3- 16: Hydrogramme comparé des crues les plus importantes du Siret à la station de Lungoci de 1953 à 2005 (Source : INHGA)..... | 189 |
| Figure 3- 17: Evolutions des marqueurs de la dynamique morphologique du TR1 : A – en plan de 1891/1940 ; B – de 1940/1981 ; C – de 1981/2010; D – de l'indice de tressage ; E – de sinuosité; F – de la longueur du lit mineur ; G – de la largeur de la bande active | 192 |
| Figure 3- 18: Evolution du tracé du TR1 du Siret de 1891 à 2010..... | 194 |
| Figure 3- 19: Evolution des marqueurs de la dynamique morphologique du TR2 : A – en plan de 1940/1981 ; B-de 1981/2010; C – de la longueur du lit mineur ; D – de l'indice de tressage ; E – de la largeur de la bande active ; F – de l'indice de sinuosité..... | 195 |
| Figure 3- 20: Evolution du TR2.1 à hauteur du village de Vadu Roșca de 1940 à 2010 | 196 |
| Figure 3- 21: Comparaison des évolutions de la largeur de la bande active du Siret entre 1940-1981 et 1981-2010 sur le TR2..... | 196 |
| Figure 3- 22: Evolution des marqueurs de la dynamique morphologique du TR3 : A – en plan de 1940/1981 ; B – de 1981/2010; C – de la longueur du lit mineur ; D – de l'indice de sinuosité ; E – de la largeur de la bande active | 197 |

| | |
|--|-----|
| Figure 3- 23: Comparaison des évolutions de la largeur de la bande active du Siret entre 1940-1981 et 1981-2010 sur le TR3..... | 198 |
| Figure 3- 24: Largeur de la bande active en 1940, 1976 et 1981 sur le TR3.1 | 198 |
| Figure 3- 25: Evolution des marqueurs de la dynamique morphologique du TR4 : A – en plan de 1940/1981 ; B – de 1981/2010; C – de la longueur du lit mineur ; D – de l’indice de sinuosité ; E – de la largeur de la bande active | 199 |
| Figure 3- 26: Comparaison des évolutions de la largeur de la bande active entre 1940-1981 et 1981-2010 sur le TR4..... | 200 |
| Figure 3- 27: Recoupement de méandres sur le Siret inférieur à Cotu Lung entre 1940 et 2010 | 200 |
| Figure 3- 28: Tendances des principaux marqueurs de la géométrie en plan du Siret inférieur de 1891 à 2010 pour les quatre tronçons étudiés. <i>Les signes + et – indiquent l’intensité de l’augmentation ou de la baisse des variables ; — : valeur non-calculée ; BA : Bande active ; IS : indice de sinuosité ; IT : indice de tressage</i> | 201 |
| Figure 3- 29: Evolution comparée du rétrécissement de la bande active pour les différents tronçons du Siret inférieur entre les périodes 1940-1981 et 1981-2010..... | 201 |
| Figure 3- 30: Evolution des profils en travers du Siret à la station de Lungoci au printemps/été (Source données : ABAS-SGA Vrancea) | 202 |
| Figure 3- 31: Evolution des profils en travers du Siret à la station de Lungoci en septembre/octobre (Source données : ABAS-SGA Vrancea)..... | 203 |
| Figure 3- 32: Variation de la profondeur maximale du talweg à la station de Lungoci de 1966 à 2005 (Source données : ABAS-SGA Vrancea)..... | 204 |
| Figure 3- 33: Variation de la géométrie en travers du Siret de 1960 à 2010 d’après les données de Rădoane <i>et al.</i> , 2013. A – Variation de l’élévation du lit du Siret à Lungoci de 1960 à 2010 et segmentation de Hubert appliquée à la série ; B – Résultats de la segmentation de Hubert ; C – Variations du niveau du lit du Siret pour dix stations de mesures (Lungoci apparaît en noir) de 1960 à 2010 (Rădoane <i>et al.</i> , 2013) | 205 |
| Figure 3- 34: Evolution de la position du talweg à la station de Lungoci de 1966 à 2005 | 206 |
| Figure 3- 35: Variation de la surface de la section active du Siret à la station de Lungoci de 1966 à 2005 (Source données : ABAS-SGA Vrancea)..... | 207 |
| Figure 3- 36: Variations du nombre d’occurrence des précipitations maximales tombées en 24h (P50 : +50 mm et P100 : +100 mm) dans 230 stations et postes pluviométriques de Roumanie de 1980 à 2010 selon leur localisation (d’après Ștefănescu <i>et al.</i> , 2013)..... | 211 |
| Figure 3- 37: Ecart à la moyenne des cumuls annuels de précipitations pour six stations pluviométriques du bassin versant du Siret : Adjud, Băcau, Buzău, Galați, Tecuci et Târgu Ocna (Source données : ANM) | 212 |

| | |
|---|-----|
| Figure 3- 38: Occupation du sol sur le Siret inférieur (d'après les données de Corine Land Cover 2006) | 214 |
| Figure 3- 39: Evolution du couvert forestier sur le Siret inférieur de 1940 à 2006 (Source données : PDT ; cartes topographiques de 1981 et CLC 2006)..... | 215 |
| Figure 3- 40: Style d'ajustement du chenal à l'aval d'un barrage en réponse aux modifications relatives des débits liquides et solides. Le scénario 1 représente une métamorphose fluviale dominée par une réduction de la charge solide ; le scénario 2 par une réduction des débits liquides. Les cas 1a et 2b ; l'importance des modifications du chenal est décroissante vers l'aval ainsi que l'impact des barrages (D'après Petts et Gurnell, 2005, fondé sur Schumm, 1969)..... | 217 |
| Figure 3- 41: Fréquence mensuelles des crues annuelles à la station de Lungoci sur le Siret de 1953 à 2011 (Source données : ANAR/ABAS) | 219 |
| Figure 3- 42: Variations des débits moyens annuels des alluvions en suspension à la station de Lungoci sur le Siret de 1971 à 2011 (Source données : ANAR/ABAS)..... | 219 |
| Figure 3- 43: Source des alluvions en suspension dans le bassin du Siret et le transport des alluvions en suspension dans le bassin du Siret (Rădoane et Rădoane, 2005) | 220 |
| Figure 3- 44: Variation de la largeur de la bande active du Siret sur le TR1 de 1891 à 1940 | 221 |
| Figure 3- 45: Variation de la largeur de la bande active sur le TR1 en 1940 et en 1981 | 221 |
| Figure 3- 46: Variation de la largeur de la bande active du Siret sur le TR1 de 1981 à 2010 | 222 |
| Figure 3- 47: Bilan des causes possibles de l'évolution moyenne de la largeur de la bande active du Siret inférieur de 1900 à 2010. <i>La part de chaque facteur dans la tendance de la bande active est représentée par une couleur : du rouge foncé pour un facteur majeur, au vert pour des caractéristiques contraires à la tendance de la bande active. Les points d'interrogation représentent la formulation d'hypothèses concernant des périodes où les données sont lacunaires</i> | 223 |
| Figure 3- 48: Régularisation complexe du Siret en TR1.2 entre les villages de Biliești et Suraia. Tracés comparés du Siret en 1940 et en 1981 (Localisation des photos : 1- Figure 3- 55 ; 2- Figure 3- 53 ; 3- Figure 3- 56 ; 4- Figure 3- 54)..... | 226 |
| Figure 3- 49: Plan de régularisation du Siret à Cosmești de 1957 par des épis perpendiculaires à l'axe d'écoulement, en amont du pont de la voie ferrée (traduit de Băloiu, 1969)..... | 226 |
| Figure 3- 50: Variations des formes d'épis perpendiculaires à l'axe d'écoulement, en rive droite du Siret entre les villages de Biliești et de Suraia (Photographies : F. Salit octobre 2011/juin 2012) | 227 |
| Figure 3- 51: Mesure de l'accélération des vitesses d'écoulement due à la chenalisation entre les villages de Biliești et Suraia. A-Localisation des points de mesure ; B- résultats des mesures simulées pour un débit équivalent à celui de l'inondation de juillet 2005 (à droite) (d'après Ministerul Mediului, 2009a)..... | 228 |

| | |
|--|-----|
| Figure 3- 52: Localisation des digues provoquant une accélération des vitesses d'écoulement sur le Siret inférieur pour un événement d'intensité égale à la crue de 2005. De l'amont (à gauche) à l'aval (à droite) Vert : 0-1 m/s ; Vert clair : 1-1,5 m/s ; Orange : 1,5-2 m/s ; Rouge : +2,5 m/s (d'après Ministerul Mediului, 2009a)..... | 229 |
| Figure 3- 53: Erosion de la berge en rive droite du Siret à hauteur de Biliiești, vu vers l'aval. Sept blocs de l'épi au centre de la photo sont détruits : environ un recul de berges de 14 mètres (Photographie : F. Salit, octobre 2011) (Localisation Figure 3- 48)..... | 230 |
| Figure 3- 54: Estimation du recul de la berge en rive droite du Siret à l'aval du pont de la voie ferrée de Suraia. En avril 2009 (à gauche) 4 blocs effondrés depuis la construction de l'épi (1970's) ; en juin 2012 (à droite) 3 blocs supplémentaires, soit une érosion de 6 mètres entre ces deux dates. (Photographies: F. Salit) (Localisation Figure 3- 48)..... | 231 |
| Figure 3- 55: Extraction de graviers en lit mineur par une grue excavatrice en octobre 2011 dans le Siret à hauteur du village de Biliiești (Photographie: F. Salit) (Localisation Figure 3- 48) | 231 |
| Figure 3- 56: Aménagement des berges pour lutter contre l'érosion latérale sur le Siret inférieur entre les villages de Biliiești et de Suraia, vu vers l'amont. Au premier plan, aménagements détruits et à l'abandon ; à l'arrière-plan, une excavatrice dans le lit mineur (Photographie: F. Salit, juin 2012) (Localisation Figure 3- 48) | 232 |

4^{EME} PARTIE

| | |
|---|-----|
| Figure 4 - 1: Schéma du flux décisionnel pour la gestion du bassin du Siret et en situation d'urgence. (ANM : Administration Nationale de la Météo roumaine ; ANAR : Administration Nationale des « Eaux roumaines » ; INHGA : Institut national d'hydrologie et de gestion de l'eau ; SGA : Système de gestion des eaux)(Ministerul Administrației și Internelor, 2009; Ministerul Mediului 2010ab ; Primarul de Vultur, 2010a)..... | 247 |
| Figure 4 - 2: Nombre d'événements significatifs à l'échelle nationale et de victimes par organisme de bassin (Source : ANAR) ABAS 7 événements significatifs et 142 victimes. http://www.rowater.ro/Directiva%20analizat%20statistic/Directiva%20analizata%20statistic.aspx | 251 |
| Figure 4 - 3: Zones affectées par des inondations historiques significatives dans le bassin du Siret – indiquées en rouge (à gauche). Zones à risque potentiel significatif – indiquées en rouge (à droite) (ABAS, 2013ab)..... | 252 |
| Figure 4 - 4: Zones de gestion du bassin versant du Siret : du bassin hydrographique à la fragmentation des zones de gestion. ABAS : Administrația Bazinală de Apă Siret..... | 253 |
| Figure 4 - 5: Zones de gestion du SGA Vrancea sur le Siret inférieur. Les limites des județe correspondent aux limites de gestion des SGA et des organismes de bassins. Les rives gauche et droite du Siret n'appartiennent pas aux mêmes organismes de bassin. Seul le lit du Siret lui-même est sous l'autorité de l'ABAS..... | 254 |

| | |
|---|-----|
| Figure 4 - 6: Localisation des sites protégés NATURA 2000 dans la vallée du Siret inférieur. SPA: Zone de protection spéciale. SCI: Sites d'importance communautaire | 258 |
| Figure 4 - 7: Localisation des sites d'exploitations de graviers sur le Siret inférieur en 2005 et depuis 2010-2011 (d'après les EIE, les images satellites Google Earth de 2010 et orthophotoplans de 2005, 2010 et 2009). | 261 |
| Figure 4 - 8: Schéma d'aménagement et de protection contre les inondations des localités affectées par la crue de juillet 2005 (INHGA, 2005) | 267 |
| Figure 4 - 9: Projet de révision des mesures structurelles sur le Siret inférieur (Source données : Ministerul Mediului, 2009b)..... | 269 |
| Figure 4 - 10: Les projets de restructuration des mesures structurelles sur la zone amont du Siret inférieur (Ministerul Mediului, 2009b ; SGA Vrancea, 2012)..... | 270 |
| Figure 4 - 11: Coût des mesures de protection pour le scénario a sur le Siret inférieur (Ministerul Mediului, 2009b) | 271 |
| Figure 4 - 12: Evolution des limites en rives droite et gauche de la bande active du Siret entre 2005 et 2010, de Movileni à la confluence avec la Putna. En rouge sont indiquées les zones d'érosion de berges. (D'après les orthophotoplans de 2005 et les images Google Earth de 2010)..... | 274 |
| Figure 4 - 13: Zones érodées entre 2005 et 2010 dans la partie amont du Siret inférieur. A- en aval du barrage de Movileni ; B- en aval du pont de la voie ferrée de Suraia..... | 275 |
| Figure 4 - 14: Projets de consolidation de berges sur le Siret inférieur dans la zone de gestion du SGA Vrancea (SGA Vrancea, 2012) | 276 |
| Figure 4 - 15: Travaux de consolidation de la berge en rive droite du Siret à Suraia : A – épis avec fascine et sacs de sable les 9 juin ; B – et 15 août 2009 (Photographies : SGA Vrancea) ; C – Evolution de l'érosion latérale en rive droite du Siret (de 2005 et 2009) et localisation des travaux de consolidation de berge en 2010, d'après les orthophotoplans de 2005, 2009 et 2010 (INIS viewer ; ancpi.ro)..... | 277 |
| Figure 4 - 16: Evolution des berges en rive droite du Siret en amont de Vadu Roșca de 2005 à 2010 et localisation des travaux de protection des berges envisagés en 2013 (Orthophotoplans de 2005, 2009 et 2010 et Google Earth image du 6 juin 2010) | 279 |
| Figure 4 - 17: Schéma du flux décisionnel pour les situations d'urgence à l'échelle de l'ABAS (Source: rowater.ro) | 283 |
| Figure 4 - 18: Schéma synoptique du flux d'information et de décision pour les situations d'urgence de la commune de Vulturii (Primaria comunei Vulturii, 2006)..... | 283 |
| Figure 4 - 19: Extrait du rapport du service des volontaires pour les situations d'urgence de la commune de Vulturii en juin 2010 (Primaria comunei Vulturii, 2010b). <i>Le 27 juin 2010, un état d'alerte est émis pour le Siret et le service a pour mission de surveiller la rivière et l'état des digues. La photographie illustre le débordement du Siret qui se situe à un mètre de la digue et inonde 10 ha de terres.</i> | 284 |

| | |
|---|-----|
| Figure 4 - 20: Capture d'écran du site d'information des hauteurs d'eau et de débit en temps réel des stations hydrométriques de Roumanie - extrait pour la station de Lungoci sur le Siret inférieur (consulté en août 2013) | 285 |
| Figure 4 - 21: Extrait cahier de sensibilisation des enfants à la gestion de l'eau et des inondations (Source : Caiet special de protecția apelor) | 287 |
| Figure 4 - 22: Echelle temporelle de la mémoire du risque en fonction de l'information (CIPR, 2002, cité par Defossez, 2009) | 287 |
| Figure 4 - 23: Questionnaire en roumain d'évaluation du système d'alerte inondation proposé aux habitants de Vadu Roșca en juin 2011 (réalisation F. Salit et G. Ioana-Toroimac) | 292 |
| Figure 4 - 24: Résultats de l'évaluation du système d'alerte lors de l'inondation de juillet 2005 à Vadu Roșca. Enquête réalisée en juin 2011 | 295 |
| Figure 4 - 25: Les rues du "Vulturii Becali", lotissement à Vulturii offert par un milliardaire roumain aux sinistrés de Vadu Roșca, après l'inondation de juillet 2005. (Bîlbie, 2008)..... | 301 |

CONCLUSION

| | |
|---|-----|
| Figure 0- 8: Evolutions temporelles des logiques d'aménagements au croisement des dynamiques naturelles et des changements politico-historiques, sur le Siret inférieur. ANAR : Administrația Națională « Apele Române » ; ABA : Administrația Bazinală de Ape ; DCE : Directive Cadre sur l'Eau ; DI : Directive Inondation ; SNGRI : Stratégie Nationale de Gestion du Risque Inondation ; BA : bande active..... | 304 |
| Figure 0- 9: Les interactions entre système fluvial et système social par le prisme de l'événement et de la tendance. Les cercles représentent le système fluvial et les rectangles le système social. Q débit liquide ; Qs débit solide | 306 |

Table des Tableaux

INTRODUCTION

| | |
|--|----|
| Tableau 0- 1: Caractéristiques des principaux affluents du Siret (Source données : Ministerul Mediului, 2009a) | 34 |
| Tableau 0- 2: Caractéristiques du bassin du Siret (données 1955-2005 ; Ministerul Mediului, 2009a) | 35 |
| Tableau 0- 3: Caractéristiques des principales communes et villages étudiés du Siret inférieur (Source données : Ministerul Mediului, 2009c) | 39 |

1^{ERE} PARTIE

| | |
|--|----|
| Tableau 1- 1: Report des précipitations pour NCDC (ncdc.orders@noaa.gov)..... | 44 |
| Tableau 1- 2: Caractéristiques des stations météorologiques du bassin versant du Siret (Source: ANM) | 44 |
| Tableau 1- 3: Caractéristiques des images d'extension de l'inondation de juillet 2005 dans le bassin du Siret inférieur, après activation de la charte (Call 98) (CNES, 2005 ; images créées par le SERTIT) | 45 |
| Tableau 1- 4: Les années des cinq plus grandes crues/inondations recensées dans les stations hydrographiques du Siret. En gras est indiquée l'année 2005 (Ministerul Mediului, 2009a) | 57 |
| Tableau 1- 5: Année et débit de pointe des crues majeures enregistrées dans le bassin du Siret inférieur (Source données : Ministerul Mediului, 2006 ; Ministerul Mediului, 2009a) | 57 |
| Tableau 1- 6: Hauteurs minimales et maximales d'eau le 13 juillet 2005 dans les localités les plus touchées par l'inondation. Les secteurs correspondent aux différents points de mesures dans les localités, de l'amont vers l'aval. (Source données : Ministerul Mediului, 2009a) (cf. Figure 1- 18, p.65 pour la localisation des villages cités) <i>En gras sont indiquées les hauteurs d'eau les plus élevées</i> | 68 |
| Tableau 1- 7: Répartition des surfaces affectées par l'inondation de juillet 2005 sur le Siret inférieur de Cosmești à Galați (d'après Romanescu et Nistor, 2010)..... | 76 |
| Tableau 1-8: Répartition des dommages dans les communes du bassin du Siret inférieur (Source données : Ministerul Mediului, 2009a)..... | 77 |
| Tableau 1- 9: Grille des dommages pour l'habitat des particuliers (d'après M.A.T.E., 2001)..... | 78 |
| Tableau 1- 10: Extrait de la fiche d'évaluation des dommages après une inondation à remplir par chaque maire (Ministerul Mediului, 2012- traduction F. Salit)..... | 79 |
| Tableau 1- 11: Répartition des dommages aux habitations suite à l'inondation de juillet 2005 à Vadu Roșca (en %). <i>En gras, les chiffres remarquables</i> | 85 |

2^{EME} PARTIE

| | |
|---|-----|
| Tableau 2- 1: Caractéristiques des <i>Planuri Directoare de Tragere</i> dans le secteur étudié du bassin du Siret inférieur (Source données: geospatial.org) | 95 |
| Tableau 2- 2: Caractéristiques des cartes topographiques roumaines disponibles uniquement qualitativement | 96 |
| Tableau 2- 3: Caractéristiques des cartes topographiques russes (Source données : geospatial.org) . | 97 |
| Tableau 2- 4: Caractéristiques des cartes thématiques et austro-hongroises | 98 |
| Tableau 2- 5: Principaux avantages et inconvénients des cartes topographiques utilisées | 98 |
| Tableau 2- 6: Paramètres des cartes topographiques utilisées pour la création du SIG | 99 |
| Tableau 2- 7: Ouvrages techniques roumains et français utilisés | 101 |
| Tableau 2- 8: Principales sources utilisées pour l'étude des aménagements et des logiques associées | 102 |
| Tableau 2- 9: Etat des terres inondées sur la période 1960-1970 (d'après Rusu et Florea, 1972) | 106 |
| Tableau 2- 10: Bilan des dommages sur le Siret au printemps 1970 (d'après Rusu et Florea, 1972) . | 107 |
| Tableau 2- 11: Synthèse des temporalités de gestion des eaux en Roumanie des années 1940 à 2000 | 109 |
| Tableau 2- 12: Typologie des objectifs des interventions sur un espace fluvial selon des auteurs australiens (à gauche), français (au centre) et roumains (à droite). <i>L'ordre des objectifs est présenté tel qu'il est donné par les auteurs. En gras sont indiqués les objectifs concernant la protection contre les inondations ; en italique ce qui est destiné à protéger ou à favoriser l'exploitation des terres arables</i> | 115 |
| Tableau 2- 13: Typologie des types d'interventions sur un espace fluvial selon des auteurs français et australiens | 117 |
| Tableau 2- 14: Zones de gestion du réseau de digues du SGA Vrancea (d'après SGA Vrancea, 1974) | 132 |
| Tableau 2- 15: Extrait du Manuel du maire pour la gestion des situations d'urgence en cas d'inondation –de l'usage des digues de protection contre les inondations (Loi nr. 112/2006 – qui modifie et complète la loi des Eaux nr. 107/1996 : <i>Manualul Primarului, 2006</i> – Traduction : F. Salit)..... | 133 |
| Tableau 2- 16: Recensement des aménagements et ouvrages (hors digue de protection contre les inondations) dans le bassin du Siret inférieur. <i>Seuls les ouvrages visibles ont pu être pris en compte</i> (Photographies : F. Salit de juin 2009 à juin 2012)..... | 138 |

| | |
|---|-----|
| Tableau 2- 17: Synthèse des aménagements et des logiques associées dans le secteur du Siret inférieur de 1940 à 2000 (<i>les données reprennent les différents résultats du chapitre</i>) | 153 |
|---|-----|

3^{EME} PARTIE

| | |
|--|-----|
| Tableau 3- 1: Variables des données hydrologiques à la Station de Lungoci sur le Siret (Sources : GRDC et ANAR/ABAS)..... | 163 |
| Tableau 3- 2: Caractéristiques de la station de Lungoci sur le Siret..... | 163 |
| Tableau 3- 3: Caractéristiques du matériel cartographique utilisé pour l'analyse morphologique ... | 170 |
| Tableau 3- 4: Pente moyenne du secteur étudié du Siret inférieur selon les tronçons..... | 171 |
| Tableau 3- 5: Dates des cartes disponibles pour l'ensemble des tronçons. <i>En gras sont indiquées les dates des cartes pour lesquelles l'analyse morphologique a été effectuée</i> | 173 |
| Tableau 3- 6: Définitions des indices utilisés dans l'analyse morphologique | 173 |
| Tableau 3- 7: Résultats du test de Mann-Kendall sur les débits moyens et maximaux annuels de la station de Lungoci sur le Siret | 179 |
| Tableau 3- 8: Résultats du test de Pettitt sur les débits moyens (Q_{moy}) et maximaux (Q_{max}) annuels à la station de Lungoci sur le Siret | 179 |
| Tableau 3- 9: Résultats de la segmentation de Hubert sur les débits moyens annuels (Q_{moy}) à la station de Lungoci sur le Siret | 180 |
| Tableau 3- 10: Résultats du test de Mann-Kendall pour les débits moyens et maximaux annuels d'alluvions en suspension pour la station de Lungoci sur le Siret de 1971 à 2011 (Source données : ANAR/ABAS)..... | 183 |
| Tableau 3- 11: Résultats du test Pettitt pour les débits moyens ($Q_{s_{moy}}$) et maximaux annuels ($Q_{s_{max}}$) d'alluvions en suspension pour la station de Lungoci sur le Siret de 1971 à 2011 (Source données : ANAR/ABAS)..... | 183 |
| Tableau 3- 12: Résultats de la segmentation de Hubert pour les séries $Q_{s_{moy}}$ et $Q_{s_{max}}$ à la station de Lungoci sur le Siret de 1971 à 2011 (Source données : ANAR/ABAS)..... | 183 |
| Tableau 3- 13: Résultats de l'analyse fréquentielle appliquée aux débits maximaux annuels de la station de Lungoci de 1951 à 2011 et comparaison avec les résultats d'autres tests (en m^3/s)... .. | 186 |
| Tableau 3- 14: Années où les cotes d'alerte des gestionnaires et les débits correspondant ont été atteints à la station de Lungoci sur le Siret. <i>En blanc sont indiquées les dates correspondant à la seconde phase définie (1969-1984) ; en gris celles correspondant à la troisième phase (1985-2010) ; les seuils n'ont pas été atteints lors de la première phase (1953-1983)</i> (Source données : ANAR/ABAS)..... | 188 |
| Tableau 3- 15: Résumé des différentes périodes identifiées..... | 190 |

| | |
|---|-----|
| Tableau 3- 16: Variations de la géométrie en travers du chenal du Siret à la station de Lungoci de 1966 à 2005 ; en gras sont indiquées les moyennes des valeurs (Source données : ABAS-SGA Vrancea) | 208 |
| Tableau 3- 17: Caractéristiques des années extrêmes entre 1950 et 2010 dans le bassin versant du Siret (d'après Dăscălița, 2012) | 210 |
| Tableau 3- 18: Résultats des tests statistiques sur les séries chronologiques de précipitations annuelles pour six stations du bassin versant du Siret (données ANM-sans lacune) | 211 |
| Tableau 3- 19: Evolution du couvert forestier sur le TR1 du Siret inférieur (d'après les cartes topographiques et Corine Land Cover 2006) | 216 |
| Tableau 3- 20: Caractéristiques des principaux barrages dans le bassin versant du Siret (actualisé de Rădoane et Rădoane, 2004) | 218 |
| Tableau 3- 21: Dignes (en km) exposées à une vitesse du courant dans le lit, supérieure à 1 m/s pour un débit équivalent à juillet 2005, pour un événement simulé de période de retour Q10 ans (2 559 m ³ /s), Q100 ans (4 232 m ³ /s) et Q extrême (5 925 m ³ /s) (d'après Ministerul Mediului, 2009a) .. | 229 |
| 4^{EME} PARTIE | |
| Tableau 4 - 1: Objectifs spécifiques de la Stratégie de Gestion du Risque Inondation à moyen et long terme (Ministerul Mediului, 2010a ; traduction F. Salit) | 244 |
| Tableau 4 - 2: Essai de quantification des objectifs de la stratégie de gestion des inondations (Ministerul Mediului, 2010a ; traduction F. Salit) | 245 |
| Tableau 4 - 3: Principales activités de la gestion du risque inondation. (Ministerul Mediului, 2010ab ; traduction F. Salit) <i>En italique sont indiquées les activités relevant de mesures non-structurelles.</i> | 246 |
| Tableau 4 - 4: Critères d'identification des inondations historiques significatives pour établir la carte des zones potentiellement inondables. (www.rowater.ro; traduction, F. Salit) | 251 |
| Tableau 4 - 5: Caractéristiques du bassin versant du Siret selon les zones de gestion (Dăscălița <i>et al.</i> , 2008) | 253 |
| Tableau 4 - 6: Analyse des politiques publiques sur la gestion des inondations (critères d'après Bressers et Kuks, 2003; éléments 2000-2013 : modifiés d'après Vinke-de Kruijf <i>et al.</i> , 2010 et Vinke-de Kruijf, 2013)..... | 255 |
| Tableau 4 - 7: Caractéristiques des exploitations de graviers soumises depuis 2011 à une étude d'impact sur l'environnement (EIE). - : <i>pas de rapport EIE précisant les caractéristiques des exploitations, mais exploitations citées (donc existantes) dans d'autres rapport ; RG : Rive gauche</i> | 260 |
| Tableau 4 - 8: Recommandations pour la réorganisation du système de défense du Siret inférieur (Ministerul Mediului, 2009b ; traduction F. Salit) | 268 |

| | |
|--|-----|
| Tableau 4 - 9: Caractéristiques des zones d'expansion de crue ou polders sur le Siret inférieur (Source données : Ministerul Mediului, 2009b)..... | 269 |
| Tableau 4 - 10: Synthèse des aménagements et des logiques associées dans le secteur du Siret inférieur de 1940 à 2013 (<i>les données reprennent les différents résultats de la 2^{ème} et 4^{ème} Parties</i>) | 280 |
| Tableau 4 - 11: Règlement sur la gestion des situations d'urgence en cas d'inondation (MO : 649/2012 art 11 traduction F. Salit) http://isudb.ro/legislatie/ORDIN_nr1422_2012.pdf | 282 |
| Tableau 4 - 12: Les mesures d'information et de consultation du public envisagées dans le bassin du Siret ; extrait du calendrier 2015-2021 de mise en place de la consultation du public (source: ANAR-ABAS ; traduction : F. Salit) | 286 |
| Tableau 4 - 13: Profil des personnes interrogées en juin 2011, selon le lieu de l'enquête, le sexe et l'âge | 294 |

Table des Matières

| | |
|--|-----------|
| SOMMAIRE | 9 |
| INTRODUCTION | 11 |
| Du risque en géographie – Cadre épistémologique et méthodologique | 15 |
| 1. Vers une approche globale du risque au croisement des champs disciplinaires | 15 |
| 1.1. Une réconciliation attendue..... | 16 |
| 1.2. De la vulnérabilité à la résilience..... | 16 |
| 1.3. « La nécessité de recourir à l’analyse systémique » (Pigeon, 2002) | 18 |
| 1.4. L’intégration de la variabilité des échelles spatiales et temporelles..... | 18 |
| 2. Cadre théorique de la recherche | 19 |
| 2.1. Système fluvial et système social | 19 |
| 2.2. L’événement dans les sciences sociales | 22 |
| 2.3. L’événement géographique | 23 |
| 2.3.1. De l’événement en géographie..... | 23 |
| 2.3.2. ... à l’Événement géographique | 26 |
| 3. Organisation de la recherche | 28 |
| 3.1. Structure du travail | 28 |
| 3.2. Données et méthodes | 29 |
| Cadre géographique – Le Siret inférieur comme terrain privilégié de recherche | 33 |
| 1. Présentation du bassin du Siret | 33 |
| 2. La vallée du Siret inférieur : un secteur de plaine vulnérable..... | 36 |
| 2.1. Un secteur de plaine | 36 |
| 2.2. Un secteur de convergence hydrographique | 37 |
| 2.3. Un secteur rural en déclin ? | 38 |
| 1^{ERE} PARTIE – L’EVENEMENT DE JUILLET 2005 | 41 |
| Chapitre 1 – Approches et méthodologie de recherche | 43 |
| 1. Données et méthodologie d’analyse de l’événement pluvieux..... | 43 |
| 1.1. Données d’analyse de l’événement pluvieux de juillet 2005 | 43 |
| 1.2. Mise en contexte de l’événement pluvieux de juillet 2005 | 44 |
| 2. Sources et méthodes de l’analyse de l’inondation | 45 |
| 2.1. Les données hydrologiques | 45 |
| 2.2. Données et méthodes pour reconstituer l’inondation | 45 |
| 2.2.1. Les images de l’inondation de juillet 2005 | 45 |
| 2.2.2. Rapports et études sur l’inondation de juillet 2005 | 46 |
| 2.2.3. Méthodes de terrain..... | 46 |
| Chapitre 2 – Juillet 2005, un événement extrême ? | 49 |
| 1. De la pluie..... | 49 |
| 1.1. Les précipitations en 2005 | 49 |
| 1.1.1. Un événement pluvieux intense..... | 49 |
| 1.1.2. ... Dans le contexte d’une année humide | 51 |

| | | |
|---|---|-----------|
| 1.1.3. | L'année 2005 et l'événement extrême de juillet dans le bassin versant du Siret | 53 |
| 1.2. | Témoignages d'une tendance générale à l'augmentation des précipitations ? | 54 |
| 2. | ... A la réponse hydrologique | 56 |
| 2.1. | Les inondations de 2005 dans le bassin versant du Siret | 56 |
| 2.2. | Le Siret inférieur particulièrement touché..... | 57 |
| 3. | 2005, une année extrême ou une tendance ? | 59 |
| 3.1. | Les inondations jusqu'au début des enregistrements dans le bassin du Siret..... | 59 |
| 3.2. | Les inondations à partir des années 50 dans le bassin du Siret | 60 |
| 3.2.1. | Les inondations majeures de 1970 | 61 |
| 3.2.2. | L'inondation de juillet 2010..... | 62 |
| Chapitre 3 – Reconstitution et chronologie de l'événement..... | | 65 |
| 1. | Reconstitution de l'inondation | 65 |
| 1.1. | Extension de l'inondation sur le Siret inférieur..... | 65 |
| 1.1.1. | Localisation des brèches et du sens de l'écoulement des eaux. | 65 |
| 1.1.2. | Les hauteurs d'eau dans les villages..... | 67 |
| 1.2. | Le point d'origine du débordement de la Putna : Mirceştii Vechi | 68 |
| 1.3. | L'inondation de Biliieşti à Vadu Roşca..... | 70 |
| 1.3.1. | Les temps de l'inondation : durée et chronologie de l'événement..... | 70 |
| 1.3.2. | L'implication des digues | 72 |
| 2. | Bilan des dommages et dégâts | 75 |
| 2.1. | Bilan des inondations de 2005 en Roumanie et de juillet 2005 sur le Siret inférieur | 75 |
| 2.2. | Bilan des dommages à Vadu Roşca | 78 |
| 2.2.1. | L'évaluation des dommages après un événement | 78 |
| 2.2.2. | Données et méthodes | 80 |
| 2.2.3. | Résultats | 82 |
| 2.2.4. | Discussion | 85 |
| Conclusion de la 1 ^{ère} Partie..... | | 89 |

2^{ÈME} PARTIE – ETUDE DIACHRONIQUE DES AMENAGEMENTS ET DES LOGIQUES ASSOCIEES

91

| | | |
|---|--|------------|
| Chapitre 1 – Approches et problématique de recherche | | 93 |
| 1. | Données et méthodologie de recherche | 93 |
| 1.1. | Données et méthode de l'analyse diachronique..... | 93 |
| 1.1.1. | Les données cartographiques..... | 93 |
| 1.1.2. | Construction et traitement du SIG | 99 |
| 1.2. | Méthodes d'analyse des ouvrages scientifiques et d'ingénierie..... | 100 |
| 2. | « La régularisation » : concept et mise en perspective..... | 103 |
| 2.1. | La vision de l'espace fluvial des années 40 à 2000 : mise en contexte | 103 |
| 2.1.1. | Les temporalités de la vision de l'espace fluvial en Roumanie (années 40-2000) | 104 |
| 2.1.2. | Une comparaison possible avec la France | 109 |
| 2.2. | La définition et les objectifs socio-économiques des interventions sur l'espace fluvial..... | 112 |
| 2.2.1. | Les définitions et les problèmes de vocabulaire | 112 |
| 2.2.2. | Les objectifs des interventions | 114 |
| 2.3. | Les types d'intervention sur l'espace fluvial : vers une classification ? | 117 |
| Chapitre 2 – Vie et mort d'une digue..... | | 121 |
| 1. | Evolution du réseau de digues sur le Siret inférieur (des années 40 à 2000) | 121 |

| | | |
|---|---|------------|
| 1.1. | Faible densité du réseau de digues dans les années 40 | 121 |
| 1.1.1. | Localisation du réseau de digues..... | 121 |
| 1.1.2. | Objectifs et fonctions principales des digues | 123 |
| 1.1.3. | Les « terres inondables »: définition et problèmes..... | 124 |
| 1.2. | 1969-2000 : un aménagement intégral ? | 125 |
| 1.2.1. | Répartition du réseau de digues..... | 125 |
| 1.2.2. | Détermination des phases d'aménagements..... | 126 |
| 1.3. | Quelques cas particuliers | 128 |
| 1.3.1. | Le cas des localités de Nămolosa et Fundeni | 128 |
| 1.3.2. | Evolution des aménagements à Vadu Roșca | 129 |
| 2. | La gestion et l'entretien des digues | 130 |
| 2.1. | Constitution des digues de protection contre les crues..... | 130 |
| 2.2. | La gestion au quotidien | 132 |
| 2.2.1. | La multiplicité des gestionnaires | 132 |
| 2.2.2. | Entretien, usages et interdits | 132 |
| 2.3. | Gestion et comportements en cas de crise : retour sur les inondations de 2005 et 2010 | 134 |
| 2.3.1. | Rôle négatif des digues lors des inondations | 135 |
| 2.3.2. | Rôle positif des digues lors des inondations | 136 |
| Chapitre 3 – Maîtriser le cours d'eau : les travaux de régularisation | | 137 |
| 1. | Typologie des aménagements sur le Siret inférieur | 137 |
| 1.1. | Recensement des types d'ouvrages | 137 |
| 1.2. | Fonctions et répartition des interventions..... | 142 |
| 2. | La maîtrise du cours d'eau : de la théorie à la pratique..... | 143 |
| 2.1. | La régularisation des profils en long | 143 |
| 2.1.1. | Les schémas - type d'aménagement | 143 |
| 2.1.2. | Les exemples dans le bassin du Siret inférieur | 144 |
| 2.2. | La protection des berges..... | 149 |
| 2.3. | La protection des infrastructures..... | 150 |
| Conclusion de la 2 ^{ème} Partie..... | | 153 |
| 3^{EME} PARTIE – DYNAMIQUES HYDRO-MORPHOLOGIQUES ET IMPLICATIONS DES AMENAGEMENTS..... | | 155 |
| Chapitre 1 – Etat de l'art, données et méthodes de l'analyse hydro-morphologique | | 157 |
| 1. | Le temps et l'espace dans le système fluvial | 157 |
| 1.1. | Les notions en jeu..... | 157 |
| 1.2. | De l'origine des dynamiques hydro-morphologiques des cours d'eau en Europe..... | 158 |
| 2. | Données | 161 |
| 2.1. | Données climatiques | 161 |
| 2.2. | Données hydrologiques à la station de Lungoci..... | 162 |
| 2.3. | Données spatiales | 165 |
| 2.3.1. | Les photographies aériennes..... | 165 |
| 2.3.2. | Les images satellites Google Earth | 165 |
| 3. | Démarches méthodologiques | 166 |
| 3.1. | Méthodes appliquées pour les analyses hydrologiques et climatologiques | 166 |
| 3.1.1. | Test statistiques de tendance et de rupture | 166 |
| 3.1.2. | Analyse fréquentielle..... | 167 |
| 3.2. | Méthodes appliquées pour l'analyse des dynamiques morphologiques | 167 |

| | | |
|--|---|------------|
| 3.2.1. | Analyse du profil en travers..... | 167 |
| 3.2.2. | Analyse de l'évolution en plan du Siret inférieur | 169 |
| Chapitre 2 – Résultats de l'analyse hydro-morphologique | | 179 |
| 1. | Dynamique hydrologique du Siret inférieur de 1950 à nos jours | 179 |
| 1.1. | Variabilité de l'écoulement liquide et d'alluvions en suspension | 179 |
| 1.1.1. | Variabilité du débit liquide du Siret à Lungoci..... | 179 |
| 1.1.2. | Variabilité des débits d'alluvions en suspension à Lungoci | 183 |
| 1.2. | Analyse des crues | 185 |
| 1.2.1. | Analyse fréquentielle des débits maximum annuels : application de la loi de Pearson III... .. | 185 |
| 1.2.2. | Variations de fréquence des crues les plus importantes selon les seuils statistiques | 186 |
| 1.2.3. | Comparaison avec les seuils des gestionnaires du bassin versant du Siret..... | 187 |
| 1.2.4. | Caractéristiques des crues les plus importantes | 188 |
| 2. | Dynamiques morphologiques du Siret inférieur de 1891 à 2010 | 191 |
| 2.1. | Modification de la géométrie en plan | 191 |
| 2.1.1. | Evolution de la largeur de la bande active et du style fluvial | 191 |
| 2.1.2. | Une évolution différenciée par tronçon..... | 191 |
| 2.2. | Evaluation des dynamiques de la géométrie en travers | 202 |
| 2.2.1. | Evolution des profils en travers du Siret inférieur à Lungoci..... | 202 |
| 2.2.2. | Profondeur maximale du talweg | 203 |
| 2.2.3. | Evolution de la position du talweg | 205 |
| 2.2.4. | Evolution de la surface de la section active..... | 207 |
| Chapitre 3 – Discussion Quelle implication des aménagements ?..... | | 209 |
| 1. | Quelle part des facteurs climatiques ?..... | 209 |
| 1.1. | Un état de la question | 209 |
| 1.2. | Recherche de tendance dans les cumuls annuels de précipitations | 211 |
| 2. | L'occupation du sol ? | 214 |
| 2.1. | Impact de l'occupation du sol sur les dynamiques morphologiques | 214 |
| 2.2. | Evolution de l'occupation du sol de 1940 à nos jours | 214 |
| 2.3. | Rôle des politiques d'aménagement..... | 216 |
| 3. | La mise en évidence du rôle des aménagements | 217 |
| 3.1. | L'impact des barrages | 217 |
| 3.1.1. | Un état de la question | 217 |
| 3.1.2. | Les barrages sur le Siret inférieur et leurs impacts hydrologiques et hydrogéomorphologiques..... | 218 |
| 3.2. | L'impact majeur de la chenalisation..... | 221 |
| Chapitre 4 – Etude de cas l'aménagement du TR1.2 | | 225 |
| 1. | Un plan d'aménagement particulier | 225 |
| 2. | Accélération des vitesses d'écoulement | 228 |
| 3. | Des aménagements à la dérive: impact de la rivière sur les aménagements | 230 |
| Conclusion de la 3 ^{ème} Partie | | 233 |
| 4^{EME} PARTIE – VERS DE NOUVELLES STRATEGIES ?..... | | 235 |
| Chapitre 1 – Les nouvelles stratégies de gestion du système fluvial | | 237 |
| 1. | Les apports de l'intégration à l'UE : une nouvelle vision de l'espace fluvial ?..... | 237 |
| 1.1. | Adoption de l'acquis communautaire dans le domaine de l'environnement | 237 |
| 1.2. | Les principes des directives européennes..... | 239 |

| | | |
|---|---|------------|
| 1.2.1. | La Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/CE)..... | 239 |
| 1.2.2. | La Directive Inondation (2007/60/CE) | 240 |
| 1.3. | Et leur application dans les nouvelles lois sur l'eau en Roumanie | 241 |
| 1.3.1. | Les étapes de la stratégie de gestion du risque inondation | 242 |
| 1.3.2. | Les trois volets de la Stratégie de Gestion du Risque Inondation | 245 |
| 1.3.3. | Les acteurs de la gestion du risque inondation | 247 |
| 2. | De la théorie à la pratique dans le bassin du Siret..... | 249 |
| 2.1. | D'une volonté de gestion intégrée..... | 249 |
| 2.1.1. | Le plan d'aménagement de bassin | 249 |
| 2.1.2. | Les premières étapes de la gestion du risque inondation dans le bassin du Siret | 250 |
| 2.2. | A la réalité de la gestion du territoire | 252 |
| Chapitre 2 – Impact sur l'aménagement et la gestion du Siret inférieur | | 257 |
| 1. | Entre nécessités économiques et environnementales | 257 |
| 1.1. | L'exploitation des graviers et les espaces protégés | 257 |
| 1.1.1. | Etat des lieux de l'exploitation des graviers depuis 2005..... | 259 |
| 1.1.2. | Les justifications des extractions | 261 |
| 1.1.3. | L'impact sur les sites Natura 2000..... | 262 |
| 1.2. | La priorité donnée à l'agriculture..... | 263 |
| 1.2.1. | Le contexte économique et social | 263 |
| 1.2.2. | Les choix de stratégie qui en découlent | 265 |
| 2. | Le renforcement de la défense : la préférence donnée aux mesures structurelles | 267 |
| 2.1. | La révision du plan d'aménagement | 267 |
| 2.1.1. | Les premières ébauches de réorganisation..... | 267 |
| 2.1.2. | Les scénarios du Ministerul Mediului (2009bc)..... | 268 |
| 2.1.3. | Face aux difficultés financières..... | 271 |
| 3. | Les projets de consolidation des berges | 273 |
| 3.1. | L'érosion de la berge depuis 2005 | 273 |
| 3.1.1. | Données et méthodes | 273 |
| 3.1.2. | Résultats et interprétation | 274 |
| 3.2. | Les travaux de consolidation de berges | 276 |
| Chapitre 3 – La difficile mise en place des mesures non-structurelles | | 281 |
| 1. | Une gestion des inondations axée sur la gestion de crise et non sur la prévention | 281 |
| 1.1. | Les avancées réalisées dans la gestion des situations d'urgence..... | 281 |
| 1.1.1. | Pronostic et prévision..... | 282 |
| 1.1.2. | Chaîne de commandement | 282 |
| 1.1.3. | Transmission de l'information au public | 284 |
| 1.2. | Les difficultés de sensibilisation et de formation du public | 285 |
| 2. | Etude de cas : L'évaluation du système d'alerte à Vadu Roșca | 288 |
| 2.1. | Mise en perspective de l'évaluation du comportement des populations..... | 288 |
| 2.2. | Méthode..... | 290 |
| 2.2.1. | Le questionnaire | 290 |
| 2.2.2. | Une représentation en arbre d'événement | 293 |
| 2.2.3. | La démarche sur le terrain..... | 293 |
| 2.3. | Résultats..... | 294 |
| 2.4. | Discussion..... | 296 |
| 2.4.1. | Un système d'avertissement peu efficace..... | 297 |
| 2.4.2. | Le vécu des populations | 298 |
| 2.4.3. | Le rôle des animaux..... | 298 |

| | |
|---|------------|
| 2.4.4. Des médias peu sollicités..... | 299 |
| Conclusion de la 4 ^{ème} Partie..... | 301 |
| CONCLUSION GENERALE..... | 303 |
| GLOSSAIRE..... | 309 |
| LISTE DES ABREVIATIONS | 311 |
| BIBLIOGRAPHIE..... | 313 |
| Sites internet | 336 |
| TABLE DES FIGURES | 337 |
| TABLE DES TABLEAUX..... | 349 |
| TABLE DES MATIERES | 355 |