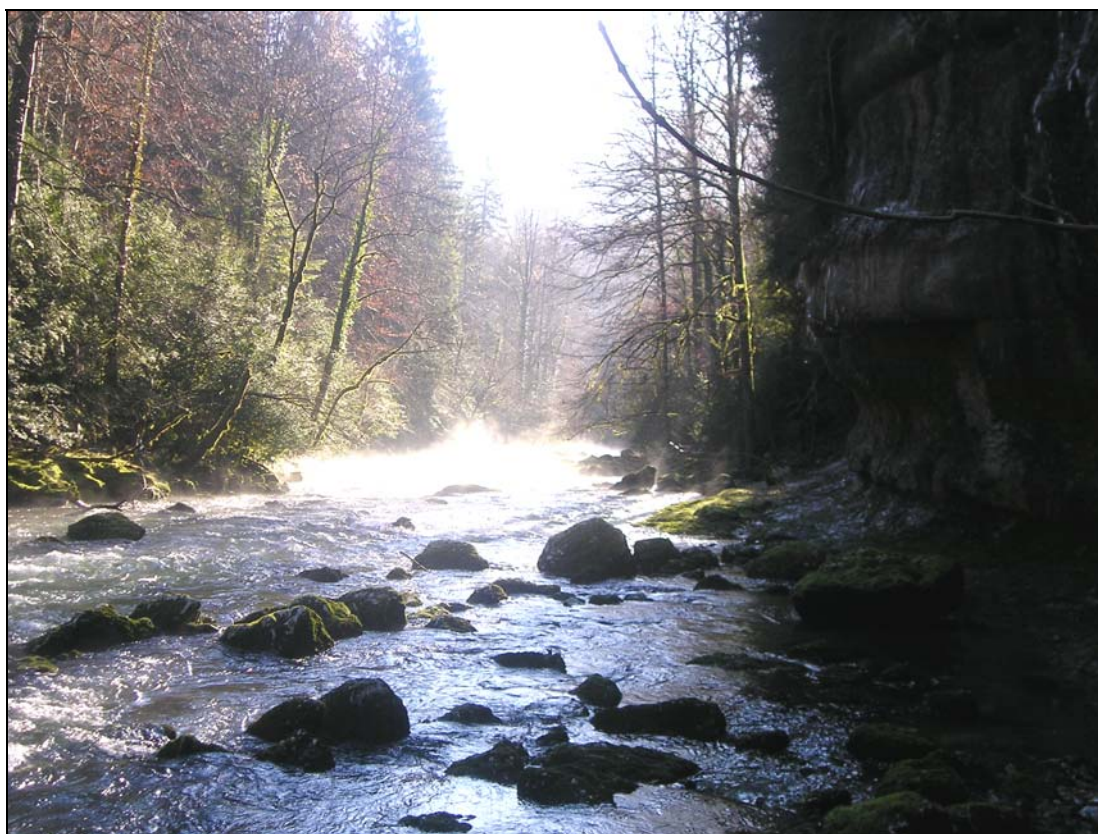


**Etude préalable à la définition d'un schéma
cohérent d'intervention et de gestion des milieux
pour le bassin versant Valserine-Semine**

Expertise pour le compte du Parc Naturel Régional du Haut Jura

- Volet inondation -



Sommaire

INTRODUCTION	3
1. ETUDE DE L'EVOLUTION DES CRUES SUR LES TRENTE DERNIERES ANNEES	5
2. DES CRUES RAPIDES ET BRUTALES	10
2.1 CARACTERISATION DES PENTES DE LA SEMINE ET DE LA VALSERINE	10
2.2 ANALYSE DES HYDROGRAMMES	12
3. ETUDE DES PROFILS EN TRAVERS : UNE VULNERABILITE PONCTUELLE DANS UN LIT PEU RECTIFIE	17
4. LES ZONES D'EXPANSION DES CRUES	34
CONCLUSION	40
BIBLIOGRAPHIE	41
ANNEXES	42

Introduction

Le bassin versant de la Valserine situé au cœur du massif jurassien présente des caractéristiques typiques des massifs montagneux : les altitudes sont relativement élevées et les pentes sont marquées. La situation du massif constitue une barrière aux masses d'air en provenance de l'Ouest. Ces flux sont particulièrement chargés en humidité et vont déverser de grandes quantités d'eau sur le massif par effet d'ascendance orographique.

L'ensemble de ces facteurs physiques offre des conditions favorables au développement de phénomènes hydrologiques telles que les crues. De plus, les vallées de la Valserine et de la Semine sont fortement encaissées selon les secteurs, ce qui favorise la propagation rapide des ondes de crues ainsi que la montée plus ou moins rapide des niveaux d'eau. Le ruissellement peut également être localement accéléré du fait d'un pendage favorable de certaines formations calcaires.

Il semblerait donc que le bassin versant de la Valserine présente des caractéristiques favorables à la genèse des crues. Cependant, peut-on pour autant parler d'un territoire marqué par le risque d'inondations étant donné la faible occupation humaine dans les zones susceptibles d'être soumises aux débordements ?

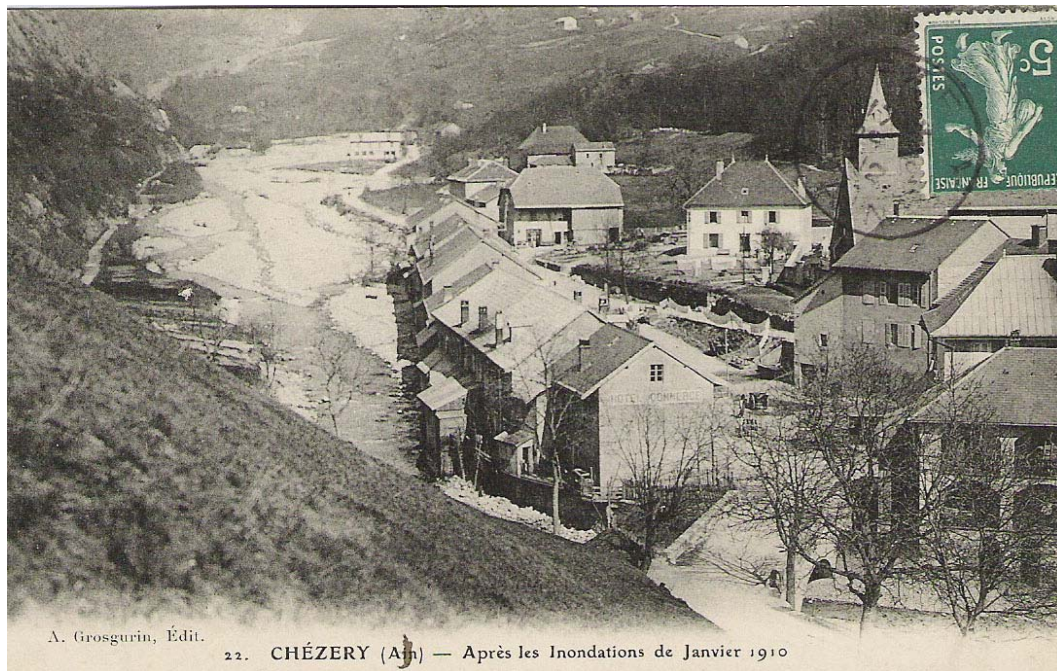
Les archives consultées n'ont pas permis de trouver un grand nombre d'informations concernant les crues sur le bassin. Cependant, les archives et la littérature scientifique plus ou moins ancienne nous permettent de disposer de quelques dates marquées par des crues importantes :

- ✓ M. Pardé (1925)¹ signale la survenue de deux crues importantes en octobre 1888 et en janvier 1899. Il n'existe pas de données chiffrées. L'auteur a observé un pic de crue unique, très élevé et un temps de montée très rapide, lorsque les précipitations sont soutenues. Par contre quand celles-ci sont prolongées, il y a plusieurs pics de crue successifs.
- ✓ La première crue répertoriée chiffrée est celle de janvier 1910 (Photo 1). On dispose cependant de très peu d'informations. Le débit a été évalué à 150 m³/s en aval de Chézery, au niveau du Pont du Dragon. M. Pardé a estimé entre 200 et 250 m³/s le débit maximal de la Semine. Les maximums absolus s'échelonnaient entre 350 et 400 m³/s à la confluence de la Valserine avec le Rhône.
- ✓ Les mêmes débits auraient été atteints au Pont du Dragon en décembre 1918 (Pardé M., 1925 → pas de valeurs). A l'issue de ces phénomènes de crues, l'auteur affirme que le régime est de type torrentiel, caractérisé par un écoulement très prompt.
- ✓ Un article rédigé par A. Desanais témoigne d'une crue de la Valserine en octobre 1935. L'auteur fait état d'une montée des eaux rapides (7 heures). A Lélex, la Valserine aurait atteint une hauteur de 2,38 m. Sur la Semine, la montée des eaux aurait été encore plus brutale, puisqu'elle passa de 20 cm à 2,38 m en 5 heures.

¹ PARDE M., 1925. Le régime du Rhône-Etude hydrologique. Institut d'Etudes Rhodaniennes, Université de Lyon, Tome 2, 440 p.

- ✓ Le 11 décembre 1961, le débit a été estimé à 300 m³/s au Moulin de Métral, à l'aval de la Valserine.

Photo n°1 : Chézery-Forens après les inondations de Janvier 1910 (Source : Michel Blanc)



- ✓ Les deux derniers événements importants ont été recensés les 14-15 février 1990 et le 22 décembre 1991. Ce sont les événements les mieux connus puisqu'on dispose alors de plusieurs stations hydrométriques dans le bassin versant. Ils feront l'objet d'une analyse plus approfondie par la suite.

Au vu de l'étude des crues historiques, on peut observer que la force hydraulique de la Semine est supérieure à celle de la Valserine. Les débits sont en effet plus élevés. Le système karstique alimenterait préférentiellement la Semine, laquelle profiterait de l'alimentation en eau du plateau du Retord.

Cette étude va permettre de contribuer à la caractérisation hydrologique et hydraulique de la Valserine et de la Semine. Malgré la faiblesse des données relatives aux crues (archives peu fournies, stations hydrologiques récentes, méconnaissance du rôle joué par le système karstique), il nous a été possible de dresser un premier bilan de la situation.

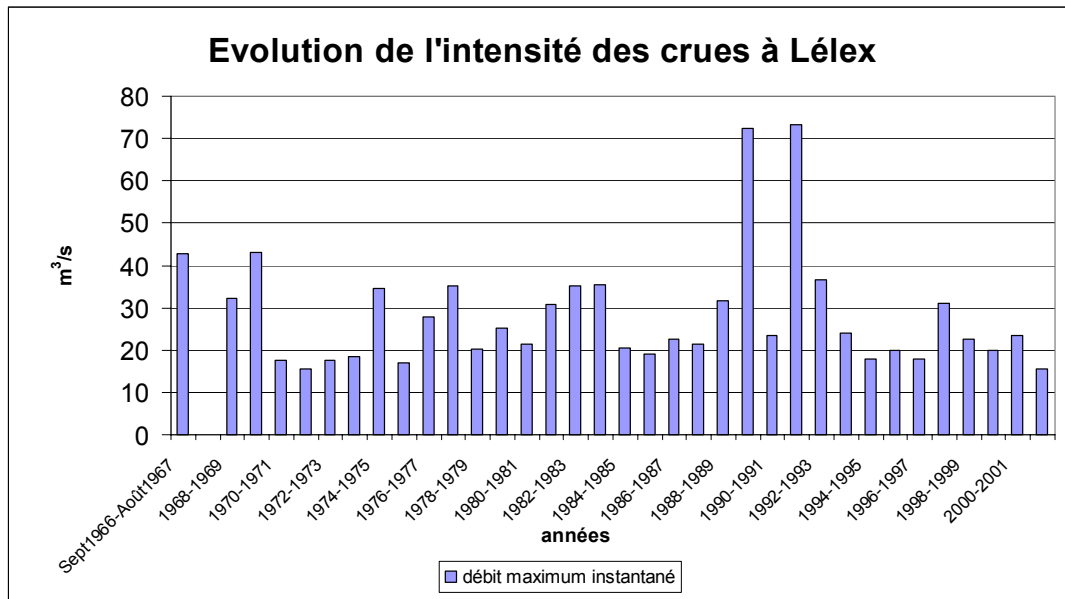
Les chroniques de précipitations (trois stations : Mijoux, Giron et Bellegarde) et de débits (5 stations : Lélex, Lancrans, deux à Chézery-Forens, Châtillon-en-Michaille) permettent en effet de décrire les caractéristiques hydrologiques. Ensuite, connaître les modifications apportées par l'Homme en terme de changement d'usages, d'aménagement des berges et des terrains riverains des cours d'eau permettraient d'apprécier l'évolution de la vulnérabilité de l'occupation humaine. Mais faute de données et de temps, cet aspect sera peut abordé. On peut tout de même souligner que le bassin versant de la Valserine reste rural. Peu d'aménagements anthropiques constituent de forts enjeux ou des fortes perturbations notamment en terme d'imperméabilisation des sols. Les zones inondables sont relativement préservées. Seuls quelques points sont sujets à une artificialisation du cours d'eau. Dans ces

secteurs ont d'ailleurs été réalisés des profils en travers (4 à Mijoux, 5 à Lélex et 3 à Chézery-Forens) afin de connaître la topographie du lit au droit des traversées les plus sensibles. Ont ensuite été identifiées les zones potentiellement intéressantes en terme de champs d'expansion des crues. Des préconisations de gestion seront énoncées tout au long de cette étude complémentaire au diagnostic général.

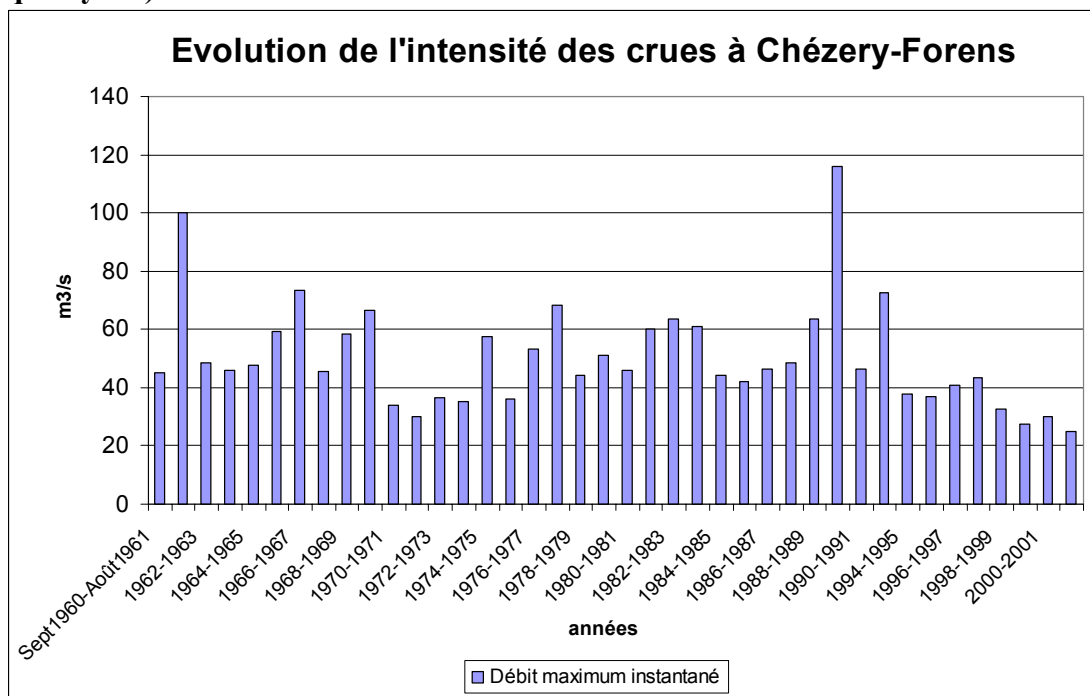
1. Etude de l'évolution des crues sur les trente dernières années

A partir des données DIREN - Banque Hydro, nous disposons de plus de 30 années de chroniques hydrologique sur plusieurs stations de la Valserine et de la Semine. Nous tenterons de voir s'il y a une tendance à l'augmentation des crues en intensité et en fréquence. Pour évaluer l'évolution de l'intensité nous avons pris comme débit de référence le maximum instantané de chaque année.

Graphique n°1 : Evolution de l'intensité des crues à Lelex (Source : banque hydro)



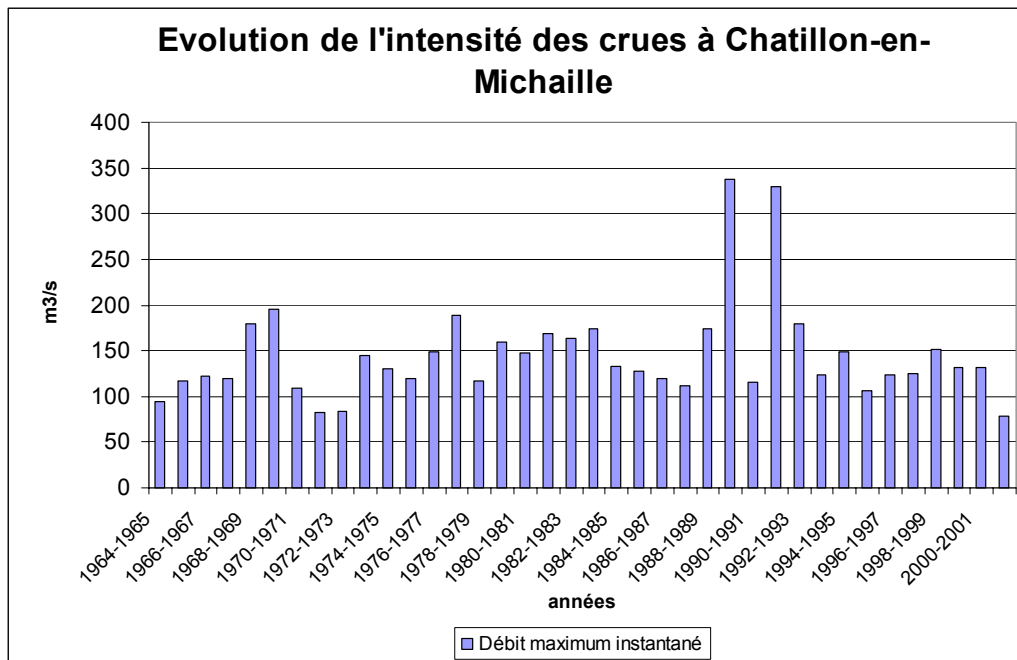
Graphique n°2 : Evolution de l'intensité des crues à Chézery-Forens (Source : banque hydro)



Ces deux graphiques montrent bien qu'il n'y a pas de tendance ni à l'augmentation, ni à la diminution de l'intensité des crues sur la Valserine que ce soit à l'amont (Lélex) ou à l'aval (Chézery-Forens). Nous avons en effet tenté de réaliser des courbes de tendance sur les deux graphiques, mais celles-ci, qui indiquaient une stagnation des valeurs dans le temps, n'avaient aucune valeur statistique (coefficient r^2 proche de 0). Les résultats sont les mêmes si on enlève les valeurs de 1990 et 1991 qui sont des crues très importantes pouvant influencer fortement la distribution statistique. L'analyse des chroniques ne montre donc aucune tendance à une augmentation ou à une diminution de l'intensité des crues sur la Valserine. Intéressons nous maintenant aux données sur la Semine.

L'évolution de l'intensité des crues à Châtillon-en-Michaille (graphique 3) nous permet d'appréhender l'évolution des débits sur la Valserine.

Graphique n°3 : Evolution de l'intensité des crues à Chatillon-en-Michaille(Source : banque hydro)



Tout comme sur la Valserine, l'étude de la chronique des débits maximum instantanés sur la Semine (station de Chatillon) ne montre aucune tendance à l'augmentation ou à la diminution de l'intensité des crues. La courbe de tendance que nous avons réalisé sur ces données n'a également aucune valeur statistique.

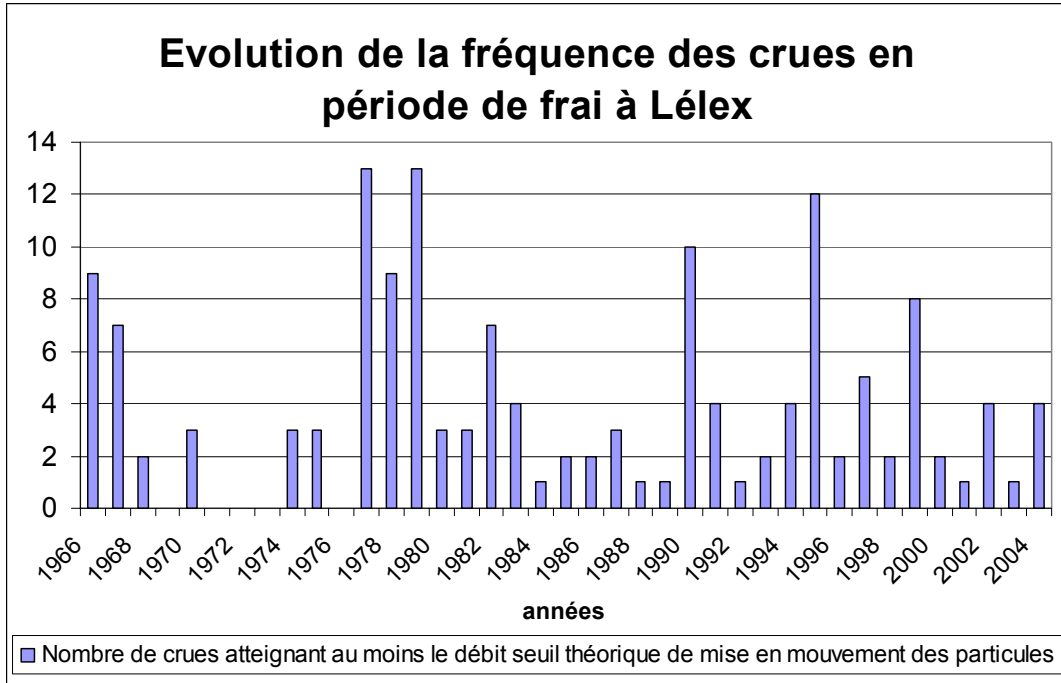
Nous pouvons cependant remarquer que les débits de crues sur la Semine sont bien plus importants que sur la Valserine.

Nous avons également essayé de caractériser l'évolution de la fréquence des crues sur les deux rivières. Nous avons choisi comme débit de référence le débit seuil théorique de mise en mouvement des particules, soit la moitié du débit à pleins bords théorique (Bravard et Petit, 2000). Le choix s'est porté sur ce débit ($Q_{1,5}$) pour pouvoir établir une correspondance entre la fréquence des crues morphogènes et la destruction potentielle des frayères. Notre étude porte donc uniquement sur la période de frai, soit les mois de décembre, janvier et février.

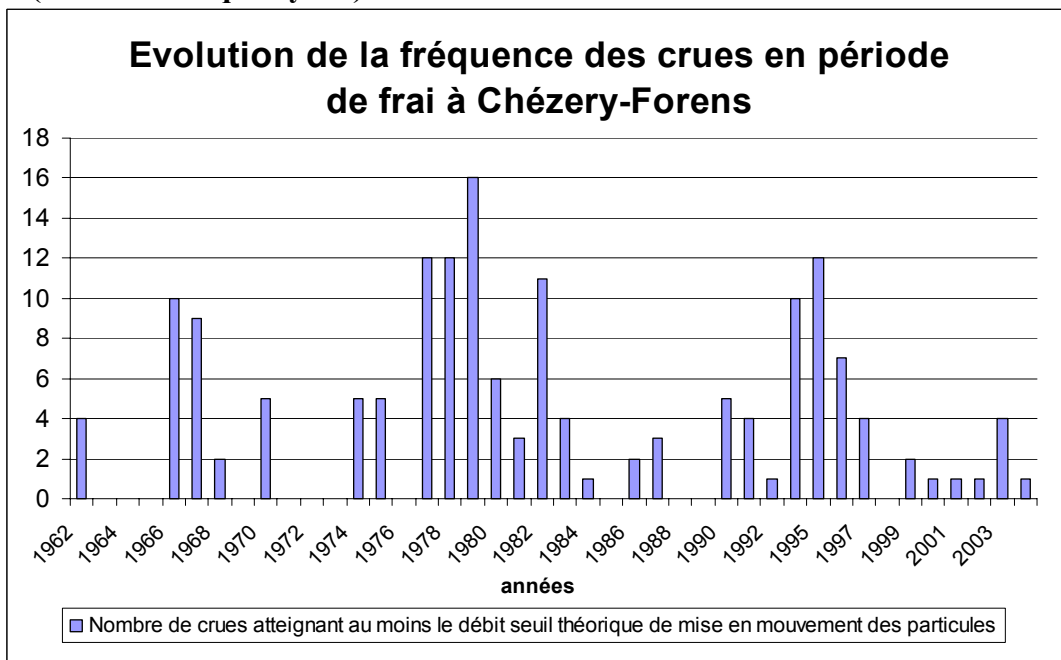
Sur les graphiques suivants, la valeur 0 indique une absence d'évènements morphogènes sur la période considérée et non une absence de données.

Les graphiques 4 et 5 (stations de la Valserine) ne montrent aucune tendance d'évolution de la fréquence des crues mobilisatrices en période frai. Les courbes de tendance réalisées n'ont encore une fois aucune valeur statistique. Même si actuellement ce n'est pas une période vraiment sèche, ces dernières années se caractérisent par une fréquence peu élevée des évènements morphogènes sur la Valserine.

Graphique n°4 : Evolution de la fréquence des crues en période de frai à Lélex (Source : banque hydro)



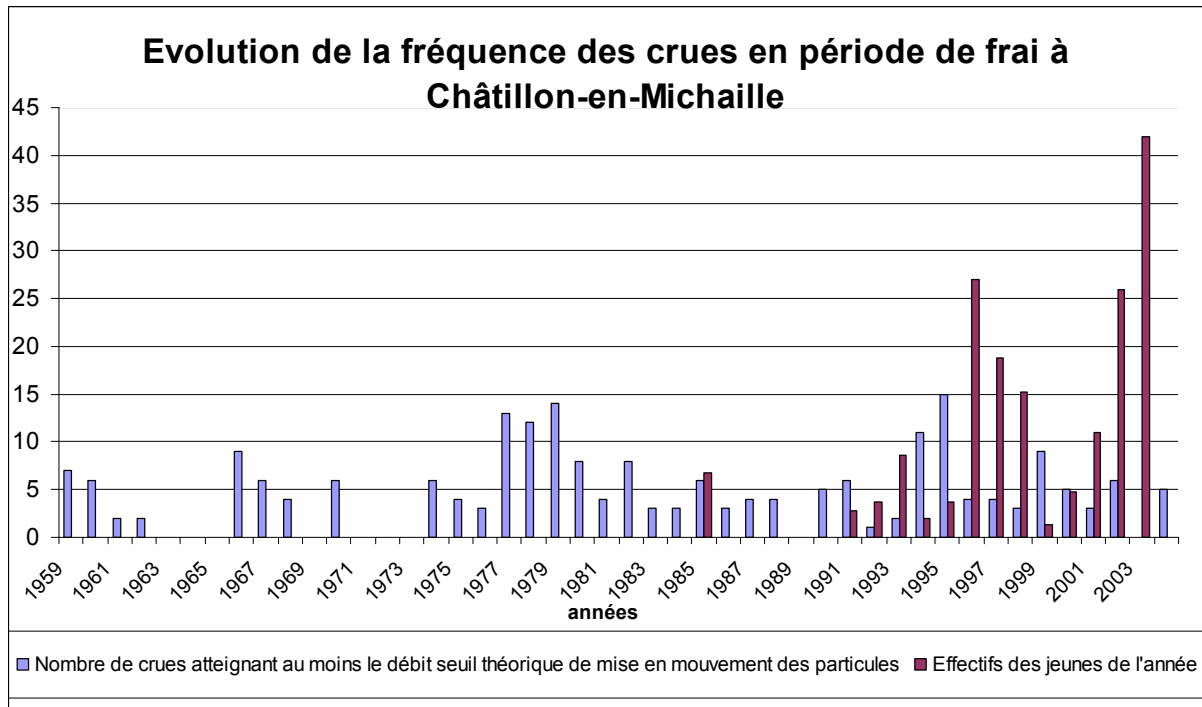
Graphique n°5 : Evolution de la fréquence des crues en période de frai à Chézery-Forens (Source : banque hydro)



Sur la Semine (graphique 6), on note également aucune tendance à l'augmentation ou à la diminution de la fréquence du nombre de jours ou le débit seuil de mise en mouvement est atteint en période de frai.

Cependant, le graphique montre une relation intéressante dès lors qu'on couple les chroniques de débits avec les effectifs des juvéniles de l'année (données Cemagref de Lyon). L'hypothèse selon laquelle plus il y a de jours où le débit de mise en mouvement des particules est atteint, plus il y a de destructions des frayères et donc moins il y a de jeunes dans l'année, semble être vérifiée. Cependant, ce rapport n'est pas modélisable ; d'autres variables doivent être prises en compte.

Graphique n°6 : Evolution de la fréquence des crues en période de frai à Châtillon-en-Michaille (Source : Banque Hydro, CEMAGREF)



2. Des crues rapides et brutales

Les hydrogrammes (annexe n°1) réalisés à partir des données de la banque HYDRO permettent de caractériser la forme et l'évolution des crues. Les courbes de crue sont tracées à partir des débits à pas de temps variable. Deux crues ont ainsi été étudiées sur le bassin versant de la Valserine : celle de février 1990 et celle de décembre 1991. Les données des trois stations hydrologiques précédemment utilisées seront analysées plus spécifiquement. Il s'agit (rappel) de Chézery-Forens et Lélex pour la Valserine, Châtillon-en-Michaille pour la Semine. Ces données hydrologiques seront couplées aux données climatologiques de Météo France obtenues pour les stations de Chézery-Forens et Mijoux.

Rappel : de nombreux facteurs physiques ou humains influencent la forme des hydrogrammes : la lithologie, la pédologie, la couverture du sol, le modelé du relief et donc la répartition spatiale des pentes... Cependant, la nature lithologique et la couverture des sols interviennent de manière prépondérante puisque la roche mère et les sols possèdent une capacité plus ou moins importante en terme d'absorption et de rétention d'eau.

2.1. Caractérisation des pentes de la Semine et de la Valserine (annexe n°2)

L'étude de la pente permet de déterminer les zones où les écoulements sont potentiellement plus rapides. De même, les secteurs susceptibles d'écarter les crues peuvent être caractérisés par des valeurs de pente plus faible. Enfin, en fonction de sa valeur, les zones étant favorables aux dépôts quand la pente est faible ou au contraire celles soumises à des processus d'érosion linéaire quand la pente est forte (on peut considérer que la pente est forte à partir de 0,5-1 % de pente, soit une dénivellation de 0,5 m à 1 m pour 100 m de distance). La répartition longitudinale des pentes coïncide avec les secteurs fonctionnels qui ont été déterminés en phase 2. En effet, la pente est un facteur essentiel de contrôle de la morphologie du fond de vallée (base de la sectorisation). Il est important de connaître les valeurs de pentes afin d'adapter au mieux les modes de gestion.

Tout d'abord, précisons que faute de MNT, nous n'avons pas pu aborder l'étude des pentes affectant les versants du bassin versant. Seuls les profils en long des deux rivières ont pu être caractérisés. Cette dernière peut être également critiquée dans la mesure où les seules données disponibles sur l'ensemble des linéaires Valserine et Semine date de 1922. Il s'agit des profils levés par le Service des Grandes Forces Hydrauliques. Depuis, aucun profil n'a été réalisé.

Aussi, ils ne nous permettent pas de décrire parfaitement les pentes locales actuelles car elles ont pu évoluer du fait de l'impact de certains aménagements très localisés ou simplement du fait des changements naturels induits par la dynamique de ces deux rivières (ex. la diminution des apports sédimentaires...). Cependant, même s'ils ne sont plus parfaitement exacts, ils reflètent une tendance générale qui caractérise les deux rivières.

Les fluctuations des valeurs de pentes apparaissent assez importantes selon les secteurs et permettent un tronçonnement du cours d'eau en différents « paliers ».

La Semine

En ce qui concerne la Semine, il faut noter que la pente moyenne est d'environ 3,13 %.

Les pentes les plus fortes sont présentes sur la partie amont du cours d'eau qui s'étend légèrement en aval des 7 premiers kilomètres.

Ainsi, sur les deux premiers kilomètres situés sur la commune de Belleydoux, la pente est très importante avec une valeur de 14,9 %. Cette forte valeur s'explique non pas par une section très pentue mais par la présence des chutes du Saut de l'Ane qui créent une rupture, pourtant cela ne signifie pas une vitesse d'écoulement importante sur la section car entre les cascades la pente reste modérée. On a plutôt un tronçon de canyon en « marches » induisant de fortes variations des niveaux d'eau en période de crues accompagnées sans doute de fortes turbulences.

Sur ce tronçon, un autre secteur est caractérisé par une pente de 8,3 %. Mais aucun élément caractéristique comme une chute ne permet d'expliquer ce phénomène. Ainsi, il est fort probable que les vitesses d'écoulement sur cette section soient importantes.

Au PK 7,5, une chute sur la commune d'Echallon crée une accélération de la pente. Cette dernière atteint alors une valeur de 6,6 %.

Enfin, le dernier secteur caractérisé par de fortes pentes se situe sur la commune de Saint-Germain-de-Joux. La valeur de pente atteint 6,9 % sur une trentaine de mètres. Cela s'explique par la présence d'un petit tronçon en canyon. La vitesse d'écoulement y est élevée.

Deux autres tronçons sont à retenir au titre des vitesses d'écoulement mais cette fois avec des pentes nettement plus faibles pouvant induire une sédimentation relativement plus active. Le premier se localise à l'aval immédiat de la cascade d'Echallon (PK 7,5) avec une pente de 0,8 %. Le second se situe sur la commune de Saint-Germain-de-Joux au niveau du PK 12 sur 700 mètres.

Sur le reste du cours d'eau les pentes restent assez fortes et fluctuent entre 1,2 et 1,7 %.

La Valserine

Concernant la Valserine, la répartition des pentes est plus complexe.

Ainsi, la pente de la Valserine se caractérise par des alternances de pentes fortes et faibles sur les 20 premiers kilomètres. Après, les mêmes alternances sont observables bien qu'il y ait une accentuation de la pente et ce jusqu'à la rupture brutale à la confluence avec le ruisseau de Sandezans. Ensuite, le profil en long enregistre une atténuation de pente avant de retrouver une pente plus forte à l'amont immédiat de la confluence avec le Rhône.

Ainsi, entre les PK 4,8 et 9,5, la pente est de 0,6 %. Il en est de même sur la commune de Lélex où la pente entre les PK 16,4 et 21,2 est de 0,6 %.

Les deux autres faibles valeurs de pentes (0,8 %) se localisent plus en aval. La première située à l'aval du ruisseau de Sandezans (PK 38,6) sur 4,6 Kms. Enfin, la dernière est localisée à l'aval du PK 44,4.

La Valserine contrairement à la Semine possède moins de secteurs avec de très fortes pentes. Ainsi, sur les premiers kilomètres la pente est en moyenne de 3,3 %.

Ce n'est qu'à partir du PK 21,2 qu'on enregistre une augmentation de la pente avec une valeur de 4,1 % correspondant à la présence d'une chute. A partir du PK 28,1 la pente redevient forte avec 3,3 % sur environ un kilomètre. Puis à partir du PK 35,6, sur une distance de 300 mètres en amont du ruisseau de Sandezans, la pente est très forte avec une valeur moyenne de 10,3 %.

Enfin, les 100 derniers mètres avant la confluence ont une pente de 3% dont l'origine réside certainement dans un phénomène d'érosion régressive liée à une adaptation du chenal afin de compenser le phénomène d'incision que peut connaître le Rhône.

2.2. Analyse des hydrogrammes

Une crue complexe marquée par une combinaison de différents facteurs : février 1990 (annexe n°2)

Avant la montée des eaux survenue le 14 février le débit de base est faible. A Lélex et Chézery-Forens les valeurs sont proches du débit d'étiage biennal : $0,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ et $2,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Etant donné la période de l'année et le climat de montagne la situation d'étiage peut s'expliquer par des précipitations sous forme solide et par la présence d'une couverture neigeuse, autrement dit d'un phénomène de rétention nivale. Dans son ouvrage sur le régime du Rhône, M. Pardé (1925) mentionne pour la Valserine le rôle incontestable de la neige et l'efficacité de la rétention nivale. Elle réduirait de $2/5^{\text{ème}}$ les écoulements.

Le temps de montée permettant d'atteindre le débit de pointe est relativement court. Le débit passe ainsi d'une situation d'étiage avec un débit inférieur à $2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ à plus de $70 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ en moins de 12 h. Le débit de pointe atteint à Lélex est de $72,4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Il va se maintenir pendant plus de 12 h avant de descendre et de remonter brutalement. Les précipitations relevées les 13 et 14 février, 125 et 129 mm sur la station météo de Mijoux, expliquent la montée des eaux brutales et le second pic de crue enregistré le 15 février. Les données pluviométriques enregistrées indiquent un mois de février très pluvieux puisque pour Lélex et Chézery-Forens les lames d'eau précipitées sont respectivement de 531 et 607 mm. Ceci représente une quantité d'eau importante puisque ces valeurs forment le quart des précipitations moyennes annuelles pour l'ensemble du bassin versant.

Pour cette crue, la banque HYDRO a enregistré à Lélex (38 années d'observations) un record de débit journalier : $53,1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Le décalage dans le temps entre les jours de précipitations et la montée des eaux peut-être lié d'une part, à la distance entre la station météo de Mijoux et la station hydrométrique de Lélex et d'autre part, à la mise en saturation et à la vidange du réseau karstique. Pour ce qui est du maintien du débit maximal, l'hypothèse de la fonte du manteau neigeux est envisageable. En effet, un redoux au niveau des températures pourrait être la cause d'une fusion nivale. De plus, les fortes précipitations auraient provoqué une accélération de la fonte. Ainsi, un volume d'eau plus important a pu rejoindre le chenal et s'écouler sur plus de 12 heures.

Le 15 février la courbe chute avant que de nouvelles précipitations conséquentes (129 mm) viennent provoquer une nouvelle montée des eaux. Le débit de pointe atteindra alors $70 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Ce pic de crue est alimenté uniquement par les précipitations et non pas par la fonte des neiges ce qui explique sa brièveté. Enfin, le temps de décrue, marqué par une phase de ressuyage brève (un blocage thermique est envisageable en altitude : refroidissement), est court. La Valserine n'atteindra pas son débit de base tout de suite puisqu'un nouvel épisode pluvieux, bien moins important (61,1 mm), va faire remonter le débit à $25 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

A Chézery-Forens, la courbe est quasi similaire dans la mesure où le débit de base est faible, le temps de montée rapide et les débits supérieurs à $80 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ se prolongent dans le temps. La station étant plus à l'aval, le pic de crue sera différé dans le temps. Sur cette station ont été enregistrés les débits journaliers et instantanés les plus importants depuis 45 ans avec respectivement 100 et $116 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (banque HYDRO). Sur ces deux stations la fréquence cinquantennale a été dépassée. La prolongation dans le temps des débits supérieurs à $80 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ dure plus de 30 heures et s'explique par les deux jours de précipitations consécutifs et la

fusion nivale. Il tombera au total plus de 300 mm d'eau en l'espace de 48 heures à Chézery-Forens.

A la différence du graphique précédent celui-ci est marqué par plusieurs petits pics de crue. Ces pics successifs peu prononcés sont à mettre en lien avec l'influence du réseau karstique. Les pics traduisent une arrivée différée d'apports karstiques ou d'affluents alimentés par le réseau karstique. Entre Lélex et Chézery-Forens deux affluents de rive droite (sans doute les mieux alimentés par le réseau karstique du bassin de la Semine) rejoignent la Valserine.

Tableau 1 - Analyse synthétique des crues de février 1990 et décembre 1991

Station	Date	Surface du bassin (en km ²)	Débit de pointe (en m ³ .s ⁻¹)	Débit spécifique de pointe (en m ³ .s ⁻¹ .km ²)
Lélex	14/02/1990	85	72,4	0,85
Chézery	14/02/1990	119	116	0,97
Châtillon en Michaille	14/02/1990	183	354	1,93
Lélex	22/12/1991	85	73,2	0,86
Chézery	22/12/1991	119	72,6	0,61
Châtillon en Michaille	22/12/1991	183	348	1,90

Source : Banque Hydro

Pour compléter l'analyse du fonctionnement hydrologique du bassin de la Valserine, on peut calculer le débit spécifique de pointe¹ pour chaque station (voir tableau 1 ci-dessus). On s'aperçoit qu'il est plus important à l'aval qu'à l'amont. Or, la théorie admet que cette valeur est plus élevée à l'amont à cause d'une taille de bassin plus restreinte, une évapotranspiration moins forte et des précipitations plus importantes. Ce calcul confirme l'hypothèse d'apports karstiques conséquents par le bassin de la Semine et les affluents aval de la Valserine.

Décembre 1991 : une crue simple et brève (annexe n°2)

En décembre 1991 une nouvelle crue remarquable a été enregistrée sur le bassin de la Valserine. Une crue très proche en ce qui concerne les débits de pointe mais bien différente pour ce qui est de la forme des hydrogrammes de crue. En effet, en 1991 la montée des eaux est plus brève.

Les conditions sont effectivement similaires à 1990 puisque le débit de base est relativement bas, le temps de montée est rapide et l'événement est fortement lié à la pluviosité.

La situation de départ se caractérise par des débits proches du débit d'étiage à Lélex comme à Chézery-Forens. Le temps de montée est bref puisque les débits de pointe sont atteints en moins de 15 heures sur les deux stations. Le débit de pointe à Lélex, 73,2 m³.s⁻¹, est supérieur à celui atteint en février 1990 (72,4 m³.s⁻¹) et correspond au plus fort débit instantané

¹ Il donne le débit pour 1 km² de bassin versant et correspond au rapport entre le débit de pointe et la surface du bassin versant au point donné. Sa valeur décroît généralement de l'amont vers l'aval ce qui s'explique notamment par une évapotranspiration moins forte et une pluviosité plus marquée à l'amont.

enregistré alors sur la période d'observation, le débit cinquantennal a donc été dépassé. La hauteur d'eau relevée (2,63 m) est également la plus importante depuis 38 ans. En revanche, à Chézery-Forens le débit de pointe ($72,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) est nettement inférieur à 1990 ($116 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$).

Les débits de pointe seront brefs dans le temps puisqu'à Lélex les $70 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ont été dépassés seulement pendant environ 2 heures et moins de 2 heures à Chézery-Forens. L'évènement est donc ponctuel.

Les montées des eaux observées sont à mettre en lien direct avec la pluviosité. En effet, bien qu'incomplètes, les données climatologiques permettent de relever un épisode pluvieux relativement important concentré sur une seule journée. Le 21 décembre, il est tombé 134,5 mm à Mijoux et 157,1 mm à Chézery-Forens. Cet épisode pluvieux explique donc une montée brutale des eaux.

Par la suite la forme des hydrogrammes va permettre de distinguer les deux stations. A Lélex la décrue est immédiate et régulière avec un temps de ressuyage relativement long. En revanche, à Chézery-Forens la décrue est plus lente et marquée par une succession de pics. L'hypothèse avancée pour la crue de 1990 concernant l'influence du réseau karstique est également envisageable pour cette crue. La succession de pics témoigne d'apports différés en provenance du réseau karstique soit par l'intermédiaire de résurgences soit par l'apport d'affluents eux même alimentés par le réseau souterrain. La verticalité des pics sur le graphique et leur rapidité de montée traduit un réseau secondaire peu développé et de fait une réponse assez directe.

Si le débit spécifique de pointe était supérieur à l'aval pour la crue de 1990, ce n'est pas le cas pour cette celle-ci. En effet, la gradient amont-aval est ici respecté, ainsi le débit spécifique de pointe est plus fort à Lélex (0,86) qu'à Chézery-Forens (0,61).

En 1990, l'influence des précipitations s'est fait ressentir sur deux jours contre un seul en 1991, l'influence karstique semble plus sensible en 1991, enfin la fonte du manteau neigeux est prépondérante pour l'évènement de 1990. La fonte nivale et la durée des précipitations combinées au volume, semblent donc être les facteurs explicatifs pour ce qui est du débit spécifique de pointe. Cependant peut-on ajouter comme facteur d'explication le rôle du réseau karstique ? Dans ce cas de figure, on pourrait supposer un temps de saturation du réseau souterrain plus lent en 1991. La valeur du débit spécifique de pointe en 1990, plus élevée à l'aval, semblerait pouvoir s'expliquer alors par une combinaison entre la saturation du réseau karstique permise par la fonte des neiges et des précipitations fournissant ainsi un volume d'eau nettement supérieur à Chézery-Forens qu'à Lélex.

La Semine : un cours d'eau largement influencé par des écoulements souterrains (annexe n°2)

Dans l'étude qui précède, la Semine a volontairement été mise de côté car si elle présente une forme d'hydrogramme identique, elle se distingue par des débits beaucoup plus importants. En effet, ceux-ci sont presque 4 fois supérieurs à ceux de la Valserine. L'analyse se base sur l'étude d'une seule station hydrologique, celle de Châtillon-en-Michaille.

La courbe des hydrogrammes est très proche de celles obtenues sur la Valserine. La crue de 1990 se traduit par un évènement rapide et brutal, le débit passe de $6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ à $335 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ en

moins de 20 heures. Le débit de pointe atteindra $354 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$! Cette crue a enregistré les plus fortes hauteurs d'eau depuis 45 ans (4,25 m) et les plus importants débits instantanés maximaux ($354 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). Comme sur la Valserine, cet événement va se maintenir dans le temps puisque le débit sera supérieur à $300 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ pendant près de 24 heures. On peut, comme pour la Valserine, évoquer le lien entre la fonte du manteau neigeux et les pluies abondantes pendant deux jours consécutifs.

La crue de 1991 atteindra $348 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ en pointe et sera brève. Mais ici, le temps de ressuyage est relativement long et peut s'expliquer par la présence d'un réseau souterrain bien développé.

Etant donné l'importance des volumes d'eau écoulés par la Semine, on peut se demander quels sont les facteurs responsables de tels débits.

Les données climatologiques disponibles n'indiquent pas une pluviosité plus conséquente sur le bassin de la Semine. En effet, la situation géographique du bassin de la Semine, plus exposée aux flux d'ouest que celui de la Valserine, aurait pu expliquer des quantités d'eau précipitées plus importantes. De plus, les flux aérologiques auraient pu être favorisés par la présence d'une cluse au sud ouest. L'effet de crête topographique aurait également pu être responsable d'un effet de fœhn et justifier des précipitations plus faibles sur le bassin de la Valserine. Or, ces hypothèses ne sont pas envisageables puisque les données climatologiques font état, au contraire, de précipitations légèrement plus volumineuses sur le bassin de la Valserine.

L'hypothèse la plus probable est celle d'une influence considérable du réseau karstique. En effet, l'analyse des cartes topographiques et géologiques permet de supposer un drainage des plateaux du Retord et du Bugey vers le bassin versant de la Semine ainsi qu'une très importante fracturation du substratum (favorable aux infiltrations). Cette alimentation pourrait se faire notamment par des affluents comme le Tacon. Il paraît donc possible d'avancer l'idée d'un bassin versant hydrologique bien plus vaste que le bassin topographique pour la Semine. Ainsi, l'aire de réception de eaux précipitées serait plus conséquente.

Il est également envisageable que le pendage des couches géologiques favorise les écoulements en direction du bassin de la Semine, ainsi une partie des volumes d'eau précipités sur le bassin de la Valserine pourraient être drainés vers la Semine.

Synthèse

Après avoir étudié ces différentes crues plusieurs traits communs peuvent être dégagés.

Le premier élément récurrent à toutes les courbes est la rapidité du temps de montée. En effet, quelque soit la localisation sur le bassin ou sur le cours d'eau le débit de crue est atteint dans un délai compris entre 10 et 15 h. Cette brève montée du pic de crue est à mettre en lien avec plusieurs facteurs physiques. Tout d'abord la structure lithologique peut jouer un rôle déterminant puisque les surfaces calcaires non fissurées du bassin de la Valserine vont favoriser un ruissellement direct. Il faut néanmoins nuancer cet effet car en présence d'une plus grande fissuration dans le bassin de la Semine, l'eau va s'infiltrer dans le réseau karstique et alimenter indirectement le chenal. Autre facteur prépondérant la topographie du bassin versant ; les vallées de la Valserine et de la Semine présentent ponctuellement des secteurs étroits et relativement resserrés ce qui favorise une concentration rapide des écoulements jusqu'au chenal principal. De plus, les versants présentent des pentes assez

marquées accentuant les vitesses d'écoulement et le temps de concentration. Enfin, ces montées brutales des eaux traduisent une réponse directe à des épisodes pluvieux prononcés et relativement concentrés dans le temps. L'ensemble de cette analyse confirme les propos de Maurice Pardé dans son étude sur les régimes hydrologiques du Rhône (1925). En effet, il évoque dans cet ouvrage des crues liées aux événements pluvieux. Il distingue l'influence des pluies soutenues et des pluies moins intenses mais prolongées. Les averses soutenues entraînent des profils aigus avec un maximum unique et élevé. Les profils où la crue reste haute plus longtemps ou se composent de plusieurs maximums successifs traduisent des averses moins intenses mais prolongées.

A l'ensemble de tous ces facteurs, il faut ajouter les impacts liés à l'anthropisation du fond de vallée. En effet, suite à la crue 1910 et aux inondations enregistrées, notamment à Chézery, des aménagements ont été effectués afin de protéger les villages et installations humaines de la montée des eaux. Ainsi, l'espace de divagation et d'expansion de la Valserine a été réduit favorisant la concentration des écoulements et ponctuellement une translation amont-aval plus rapide. Ce point sera détaillé par la suite avec l'étude des profils en travers levés sur trois communes du bassin présentant potentiellement une certaine vulnérabilité face au risque d'inondation : Mijoux, Lélex et Chézery-Forens.

3. Etude des profils en travers : une vulnérabilité ponctuelle dans un lit peu rectifié

3.1. Mijoux

Le village de Mijoux présente peu d'enjeux humains vulnérables aux inondations. Les personnes interrogées n'ont pas fait part de débordements touchant des habitations, mais l'effet digue du pont de la D14 peut jouer un rôle non négligeable dans la fréquence et l'importance des débordements.

Figure n°1 : localisation des profils en travers réalisés sur la commune de Mijoux



Source : IGN

Deux profils en travers ont été réalisés de part et d'autre du pont de la D14 (fig. 1), soit donc 4 au total espacés d'environ 100 m en moyenne.

Voyons pour chacun d'entre eux quelles sont les conditions de submersibilité et les enjeux.

Figure n°2 : Profil n°1 (Mijoux)

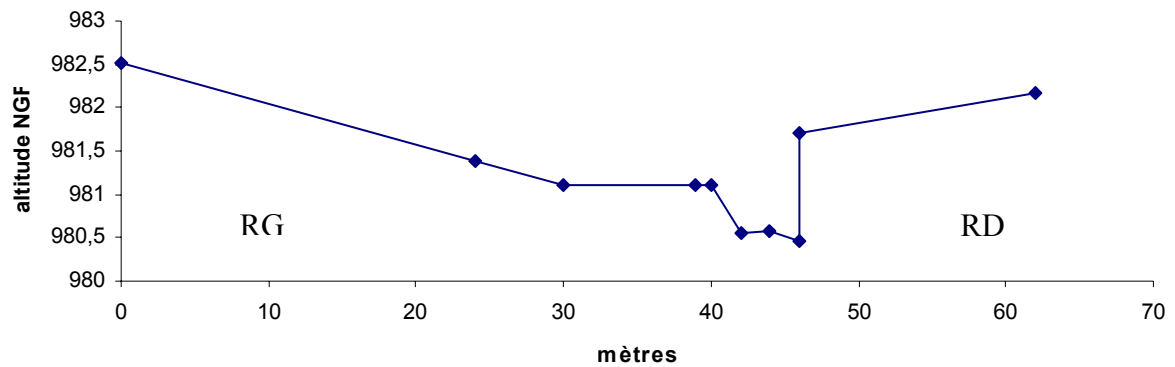


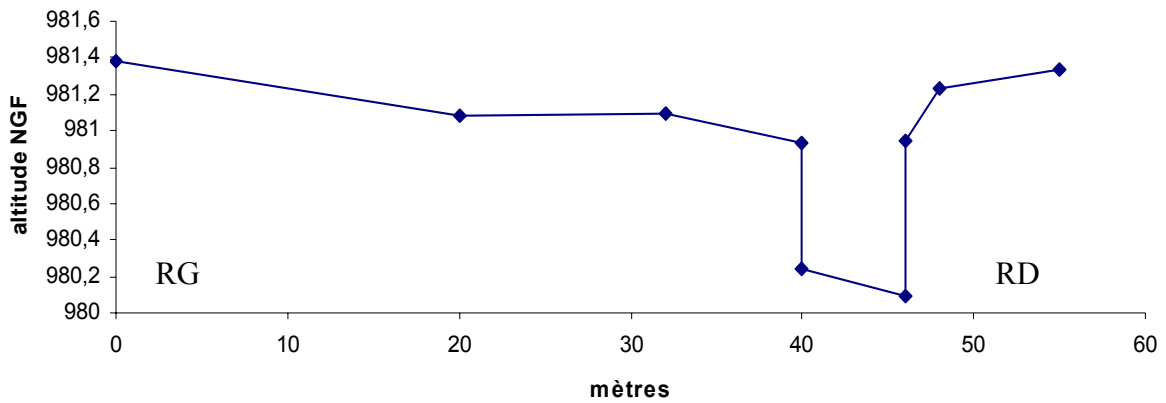
Photo n°2 : petite zone humide en rive gauche en amont du pont de Mijoux

Des enrochements en rives droite et gauche, en bon état, protègent les berges. Une petite zone humide en rive gauche, moins élevée que la rive droite, constitue une zone préférentielle de débordements. Néanmoins, en cas de forte crue, le chemin de rive droite (piste de ski de fond en hiver) peut être inondée.



Source : M2O – Janvier 2005

Figure n°3 : Profil n°2 (Mijoux)



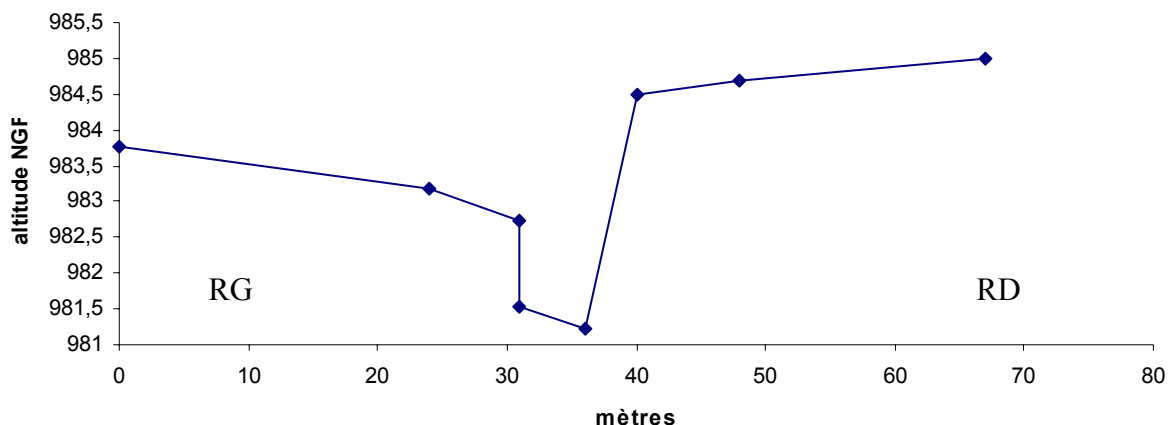
Un enrochement plus élevé en rive droite protège le jardin d'un particulier, alors que l'on retrouve la zone humide sur une rive plus basse en rive gauche. L'effet digue du pont en aval peut augmenter la fréquence des débordements lors de crues moyennes mais cette rive gauche présente peu d'enjeux. En cas de crue rare cet effet digue pourrait augmenter les risques de débordement sur la propriété en rive droite. Nous n'avons pas pu contacter le propriétaire mais aux dires des voisins la fréquence de débordement est tout de même faible.

Photos n°3 et 4 : localisation du profil en travers n°2



Source : M2O

Figure n°4 : Profil n°3 (Mijoux)



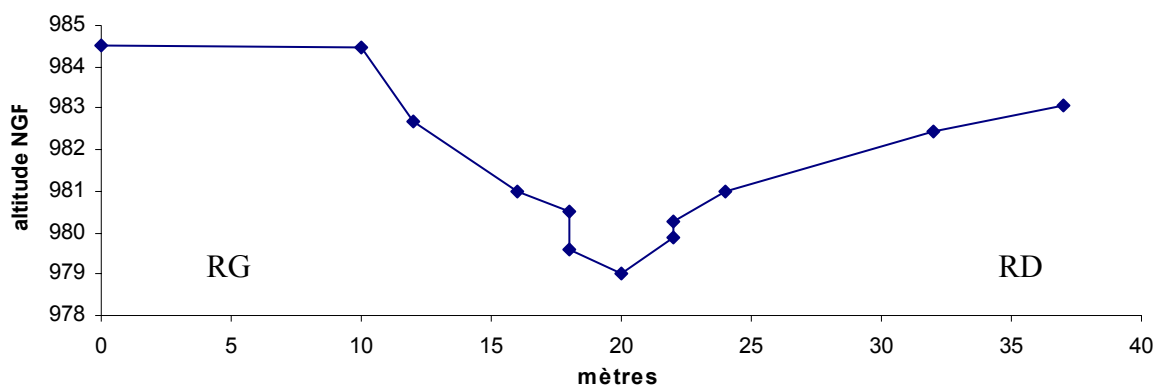
Photos n°5 et 6 : localisation du profil n°3

Juste à l'aval du pont de la D14 la rive droite a été remblayée afin d'installer un parking. Les berges sont stables car végétalisées par des saules. Des enrochements en état moyen assurent la protection des deux berges. Cependant, un début d'érosion de berge est à noter, qui nécessiterait une surveillance. La rive gauche beaucoup plus basse est occupée par la pelouse de l'immeuble. Cette surface est inondée lors d'une crue de moyenne importance, mais les habitations ne sont pas touchées directement. Les débordements ne peuvent se faire qu'en rive gauche car le remblais du parking renvoie le flux sur la berge opposée.



Source : M2O

Figure n°5 : Profil n°4 (Mijoux)



Une plaine inondable en rive droite fait face à un talus remblayé. Cette berge (rive gauche) est stabilisée par un enrochement en bas de berge et une rangée de feuillus. Cette zone présente peu d'enjeu humain, mais on peut observer des signes d'érosion (clôture prête à tomber dans le lit) en rive droite, érosion sûrement accélérée par le renvoi du flux d'eau par la rive gauche.

Photos n°7 et 8 : localisation du profil n°4

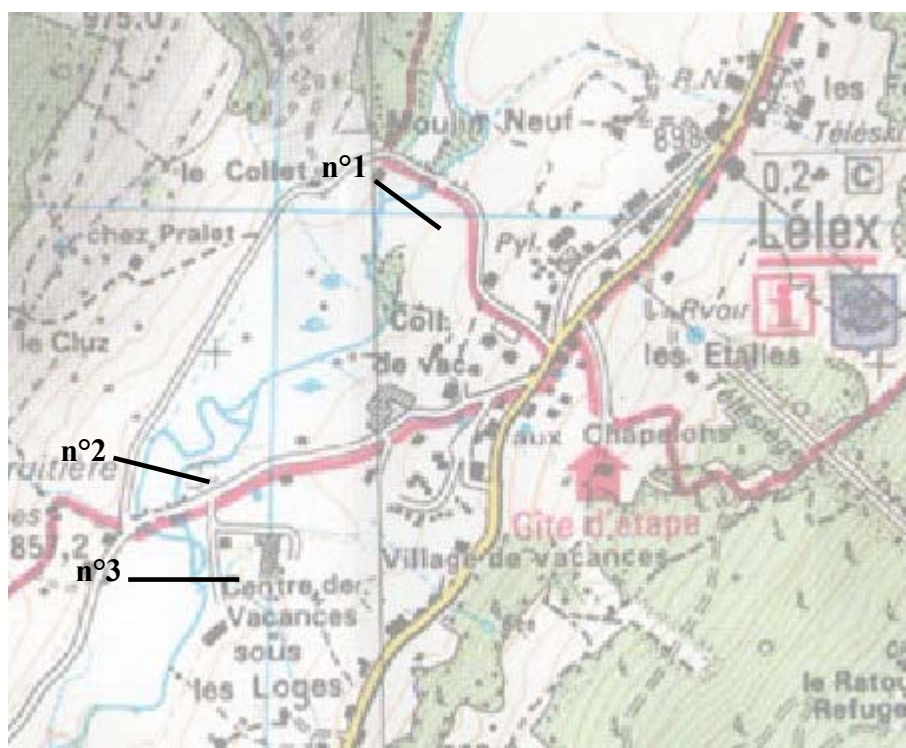


Source : M2O

3.2. Lélex

En contrebas du village de Lélex la Valserine se sépare en plusieurs chenaux. Le village est majoritairement localisé en contre-haut de la rivière mais deux ponts constituent des points vulnérables sur la commune. La surface en aval du pont du Moulin-Neuf est couverte par une zone de prairie importante en terme de rétention des crues. Des photographies de M. et Mme Vacher de Lélex, nous ont permis d'étudier le comportement de la crue des 14 et 15 février 1991 sur cette zone.

Figure n°6 : localisation des profils en travers réalisés sur la commune de Lélex

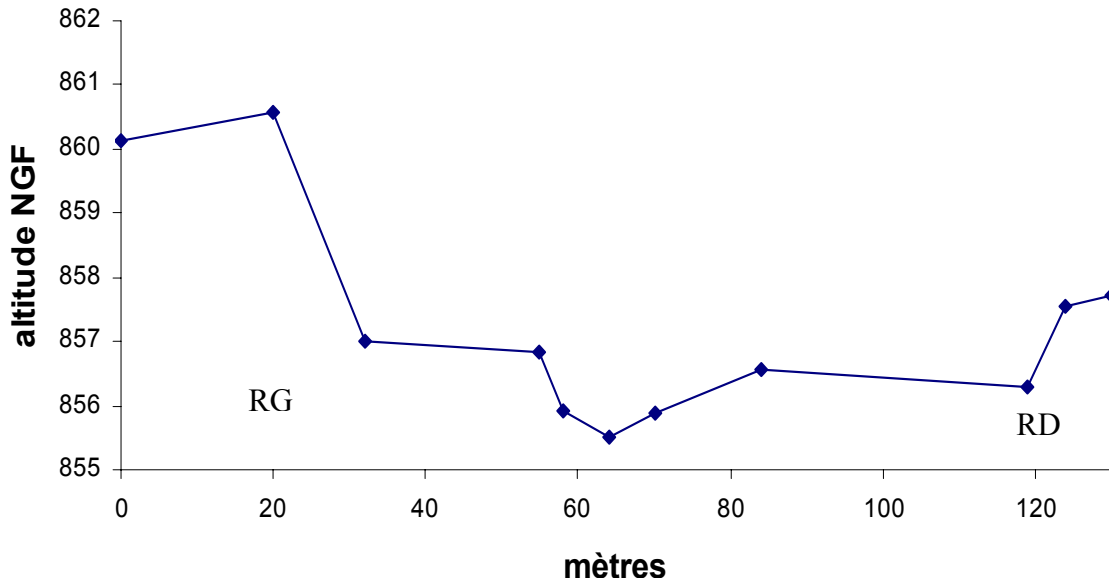


Source : IGN

Trois profils en travers ont été réalisés (fig.6) à proximité des enjeux humains les plus importants (quartier sous les Loges et Moulin Neuf) : 2 à proximité du pont de la fruitière, 1 à l'aval du pont du Moulin Neuf.

Voyons pour chacun d'entre eux quelles sont les conditions de submersibilité vis-à-vis des enjeux humains (type habitations).

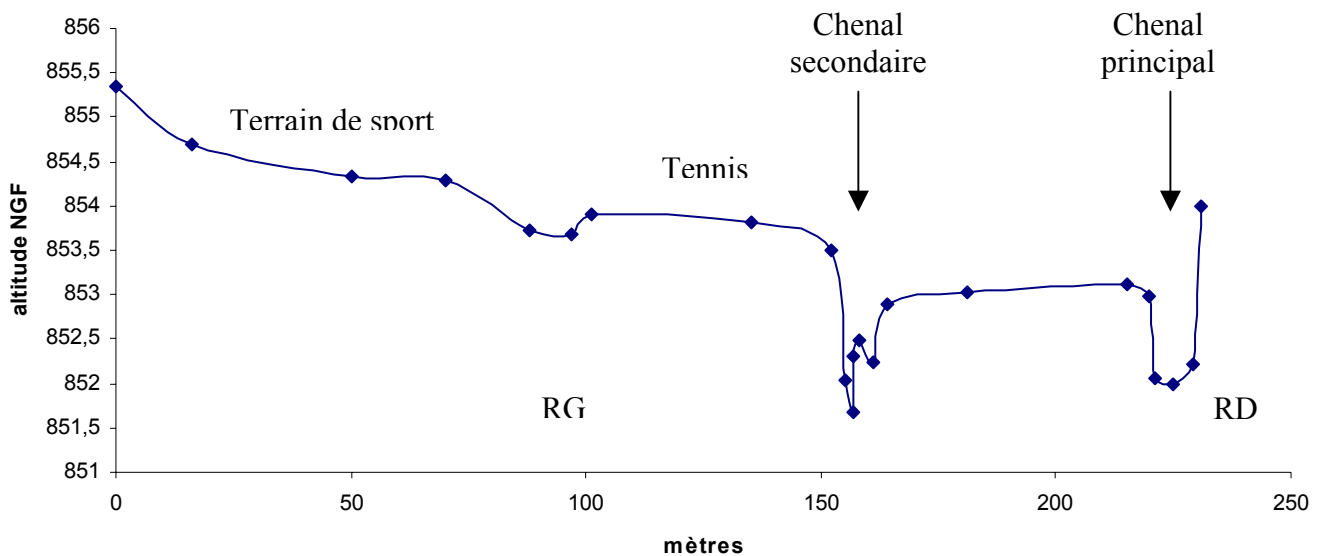
Figure n°7 : Profil n°1 (Lélex)



Le profil se situe en aval du pont du Moulin Neuf. Ici, la Valserine est séparée en 2 bras. La berge en rive gauche est très vite plus élevée et la zone inondable s'étend donc davantage en rive droite, sur environ 50 m. C'est une zone de prairie très intéressante en terme de rétention des crues qui se prolonge et s'élargie vers l'aval. Il n'y a pas d'enjeux humains directs à ce niveau puisque l'ancien moulin se localise en terrasse, au delà des 120 m (soit à plus de 40 m du lit mineur) en RD (fig. 7).

Cependant l'effet barrage du pont du Moulin-Neuf n'est pas négligeable. En effet, lors de la crue de février 1991 (d'après les photos de M. et Mme Vacher) le pont ne présentait plus qu'un tirant d'air inférieur à 40 cm, et pouvait donc être l'objet d'un débordement ou être mis en péril si un embâcle s'était formé.

Figure n°8 : Profil n°2 (Lélex)



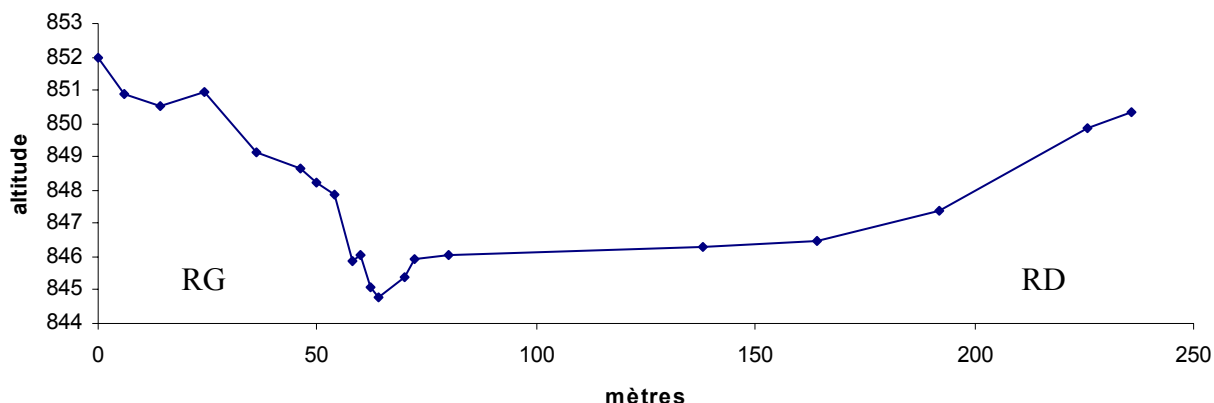
Le profil a été réalisé entre la pointe aval du bâtiment de la colonie (RG) et la route en RD en passant par les terrains de tennis. A cet endroit le lit majeur présente plusieurs chenaux séparés par des atterrissements végétalisés. En période de crue, les terrains de tennis, la prairie entre les 2 chenaux et la route de RD sont inondables (comme cela a été le cas en 1991). En rive droite, des enrochements en mauvais état protègent la route. Il serait nécessaire de renforcer ces protections de berge afin d'éviter une érosion trop forte qui pourrait mettre en péril cette route.

Photo n°9 : Rive droite du profil n°3



Source : M2O

Figure n°9 : Profil n°3 (Lélex)



Juste en aval du camp de vacances de Lélex, la rive droite est une prairie inondable de bonne importance, permettant d'écrêter les crues et protégeant les habitations en rive gauche, perchées sur un talus. Cependant, la zone inondable s'étend jusqu'à la route en rive droite. Des saules et des hêtres permettent de stabiliser le bas de berge en rive gauche.

Ce secteur pris en considération, du Moulin Neuf au Pont de la Fruitière, constitue donc une zone d'expansion des crues de première importance, constitué de prairie et de marais. Elle se resserre ensuite à environ 250 m. en aval du Pont de la Fruitière. Il est donc primordial de la préserver de toute urbanisation future, mais aussi de conforter les enrochements protégeant les routes.

Photo n°10 : plaine inondable après le pont de la fruitière



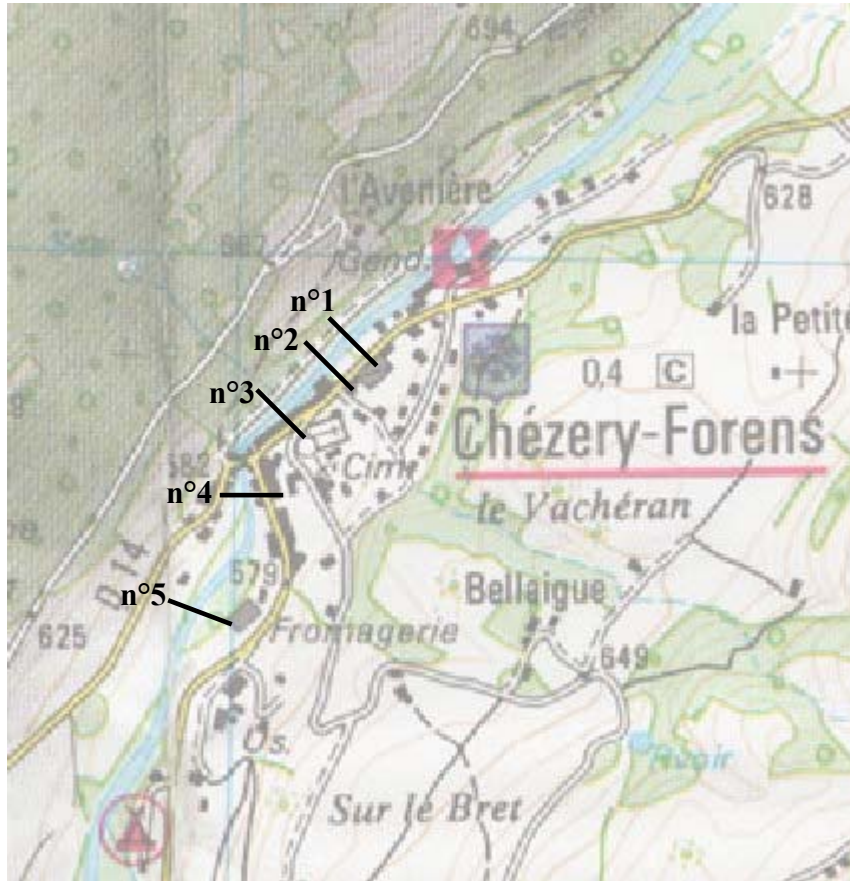
Source : M2O

3.3. Chézery-Forens

3.3.1. La situation actuelle

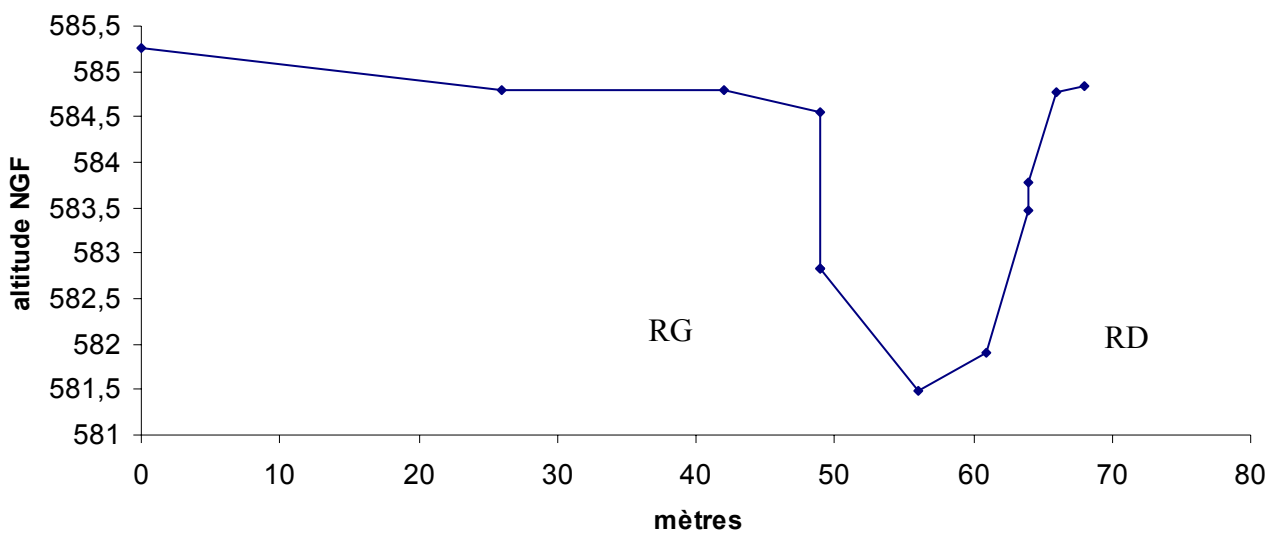
5 profils ont été réalisés dans la traversée de Chézery (fig.10).

Figure n°10 : localisation des profils en travers réalisés sur la commune de Chézery-Forens



Source : IGN

Figure n°11 : Profil n°1 (Chézery)



Le profil en travers a été fait au droit de la mairie de Chézery-Forens. Suite à la crue de 1910, la rive gauche a été endiguée par des enrochements et remblayée. Le cours d'eau est donc concentré entre la rive gauche bordant le parking et le pied de versant en rive droite (occupé par un chemin menant à une habitation). Les risques de débordement sont minimes, mais le rétrécissement du lit à la hauteur de la digue augmente les forces tractrices dans ce passage et donc sur le pont situé quelques dizaines de mètres en aval.

Photos 11 et 12 : localisation du profil n°1

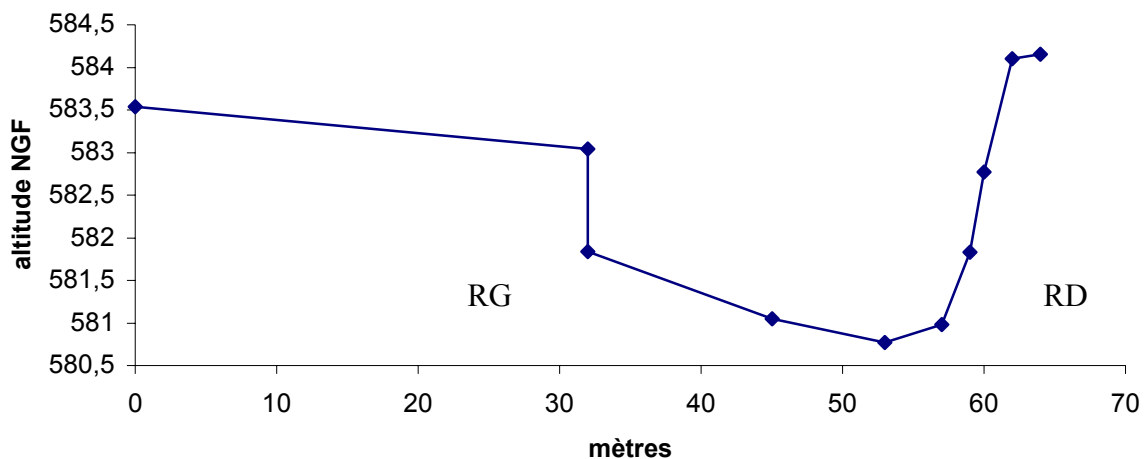


La berge est stabilisée par des blocs et de la végétation en RG ce qui limite les problèmes d'érosion. En RD, le chemin est en partie creusé dans le substratum rocheux du versant, et la végétation assure une assez bonne stabilité du pied de berge. Il faudrait toutefois surveiller cette végétation afin d'éviter le basculement d'un arbre qui pourrait être accéléré par des phénomènes de ruissellement sur le versant en rive droite.



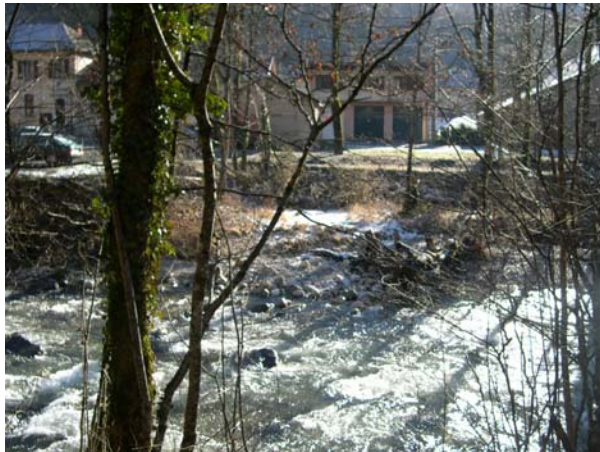
Source : M2O

Figure n°12 : Profil n°2 (Chézery)



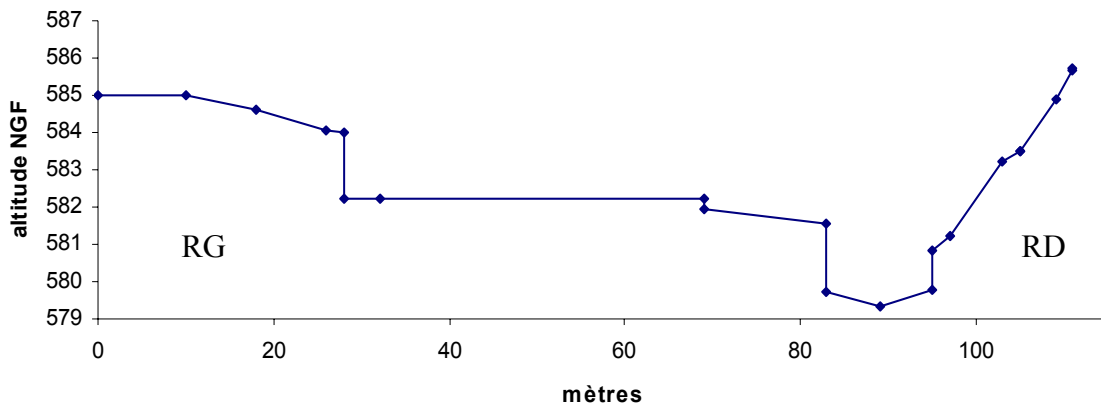
Il a été effectué au droit des garages des services techniques de Chézery-Forens (photo 13), à l’aval du remblai supportant le parking. Un dépôt en rive gauche est stabilisé par des souches d’arbres. Le lit mineur s’élargit sur la rive gauche ce qui ralentit la vitesse du courant. A l’aval de cette zone, le lit se resserre et une berge boisée en rive droite apparaît bordant une petite terrasse. Un effet défecteur de la végétation combiné à quelques blocs au pied de la RD (photo 14) peuvent éventuellement accroître la sensibilité de la RG vis-à-vis de l’érosion.

Photos n°13 et 14 : localisation du profil n°2



Source : M2O

Figure n°13 : Profil n°3 (Chézery)



Le profil a été réalisé au droit de l’église de Chézery-Forens, perpendiculairement à la D14 (photo 15). Des habitations en rive gauche sont directement aux abords de la Valserine, les berges étant consolidées par d’anciens enrochements.

Photo n°15 : localisation du profil en travers n°3

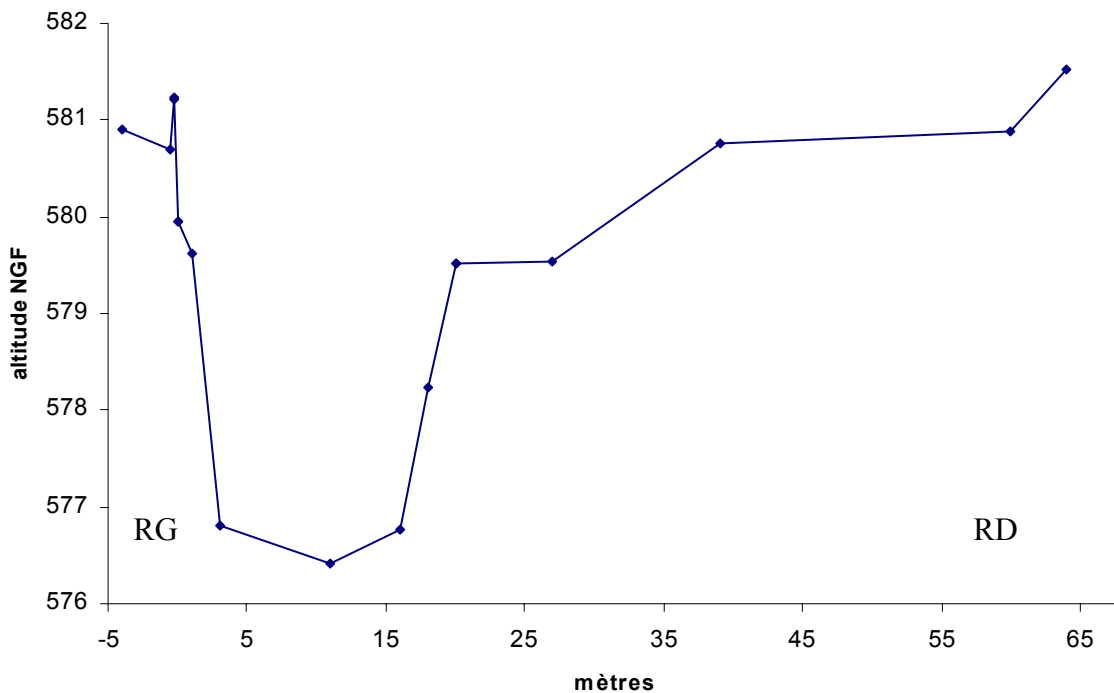
Cette consolidation de la rive gauche provoque une forte rupture de la pente transversalement et laisse très peu d'espace de divagation à la rivière. En rive droite, le versant empêche tout débordement.

Ce point bas du village présente une sensibilité plus importante au débordement qui pourrait atteindre la D14. De plus les enrochements en rive gauche sont soumis à de fortes contraintes et doivent être renforcés.



Source : M2O

Figure n°14 : Profil n°4 (Chézery)



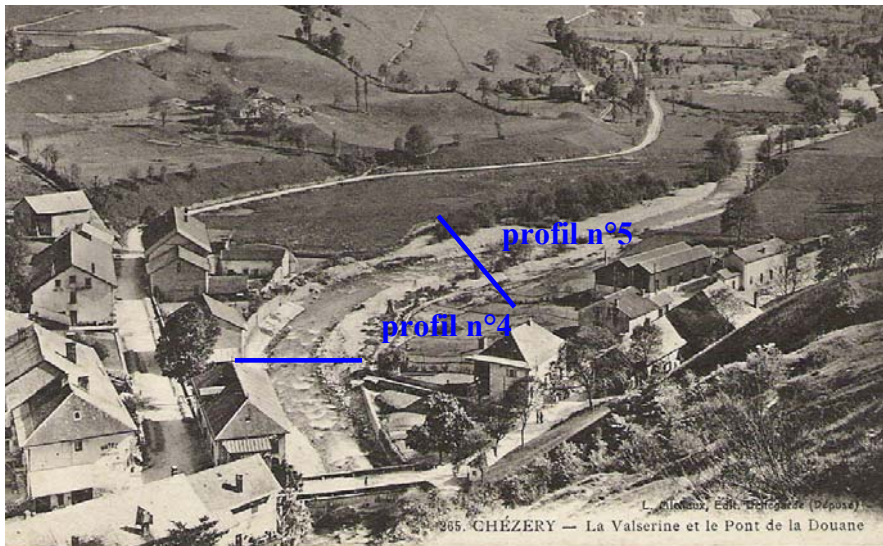
Le profil a été fait environ 20 mètres à l'aval du pont de la D14 (photo 16 et 17). Un jardin en rive droite se trouve sur une terrasse alluviale. En rive gauche, le terrain a été remblayé et le bas des berges cimenté. Un muret protège le jardin d'un particulier en rive gauche, pouvant engendrer sensiblement une augmentation des hauteurs d'eau en rive droite, beaucoup plus basse et où les débordements sont donc favorisés.

Photo n°16 : localisation du profil en travers n°4 en aval du pont



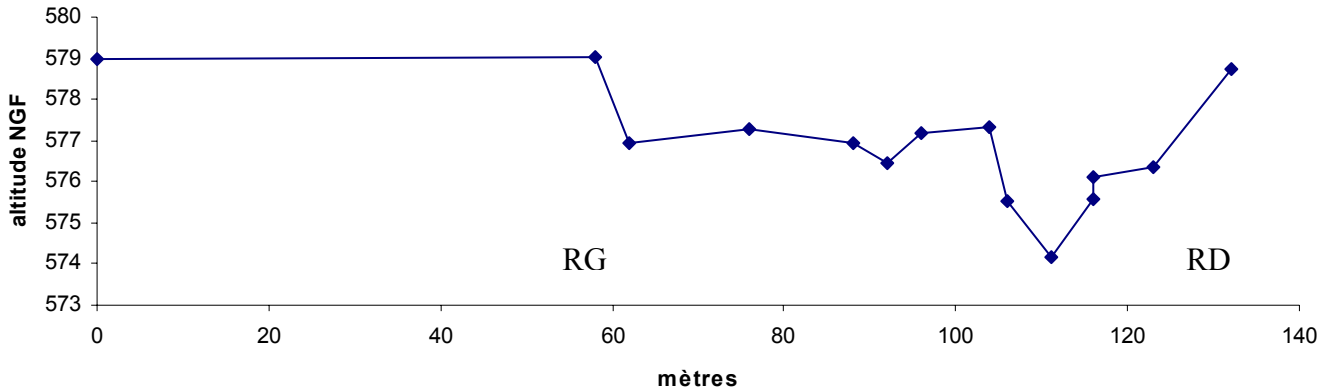
Source : M2O

Photo n°17 : vue de l'aval du pont de Chézery-Forens en 1913 et localisation des profils réalisés en 2005



Source : Michel Blanc

Figure n°15 : Profil n°5 (Chézery)



A la hauteur de la fruitière, en aval de Chézery-Forens, le lit majeur s'élargit et se sépare en plusieurs chenaux actifs en période de crue. Des saules et des hêtres couvrent le lit majeur et présentent un fort potentiel en terme d'écêtement des crues. Le bâtiment de la fruitière construit sur un remblai en rive gauche est surélevé d'environ 2 mètres par rapport au lit majeur. On peut voir sur la photo datant de 1913 (photo 17) que cette zone était peu végétalisée, ce qui peut être du à une fréquence d'inondation plus forte assurant un auto-entretien du lit mineur ou de la bande active. L'endiguement et les remblais en aval du pont ont pu réduire l'occurrence de débordement, ce qui a permis à une végétation de type bois tendre de s'installer durablement dans cette zone.

Photo n°18 : localisation du profil en travers n°5 à la hauteur de la fruitière



Source : M2O

3.3.2. Le passage des crues à Chezery-Forens : mise en perspective historique

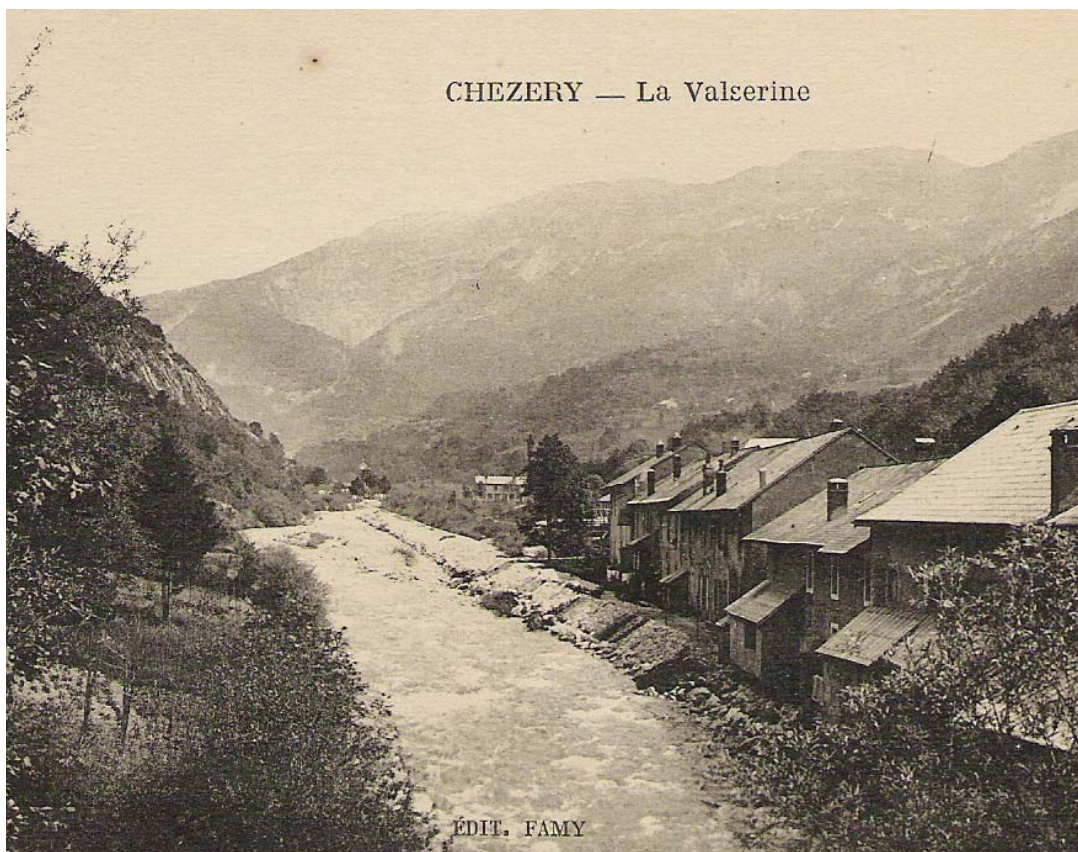
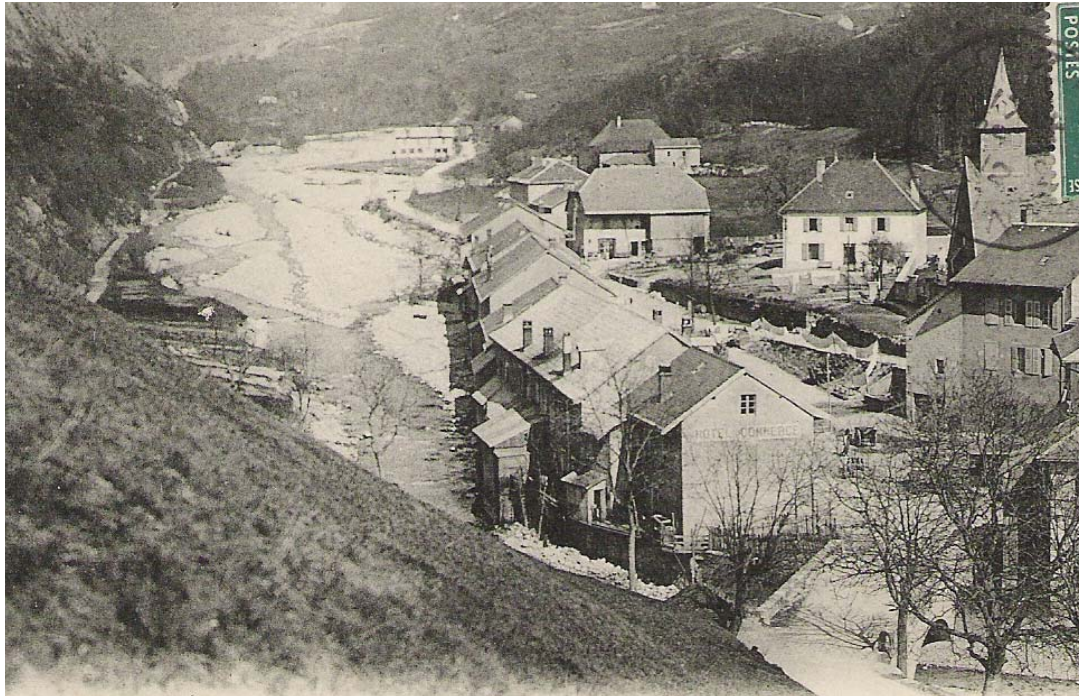
Lorsqu'on compare le paysage des photos de Chézery-Forens en 1910 à l'actuel (photo 19 et suivantes), on note de nombreuses modifications majeures.

En effet, concernant les versants, on constate tout d'abord une nette fermeture du paysage, avec la disparition des prairies, et certainement de l'activité pastorale l'accompagnant, au profit de vastes forêts majoritairement composées de résineux.

En fond de vallée, les changements sont encore plus saisissants. Les photographies 19 et 21 (postérieures à la crue de 1910), nous montrent en amont de Chézery un lit large à charge de fond abondante et peu végétalisé, typique des lits en tresses.

La présence de cette charge témoigne d'une activité érosive et d'une capacité de charriage très importante. Même si la crue de 1910 est importante (mais ce n'est pas la plus importante enregistrée), ce paysage devait être typique de la vallée au 19^{ème} et début du 20^{ème} siècle (assez classique dans les alpes et les massifs périphériques à l'époque).

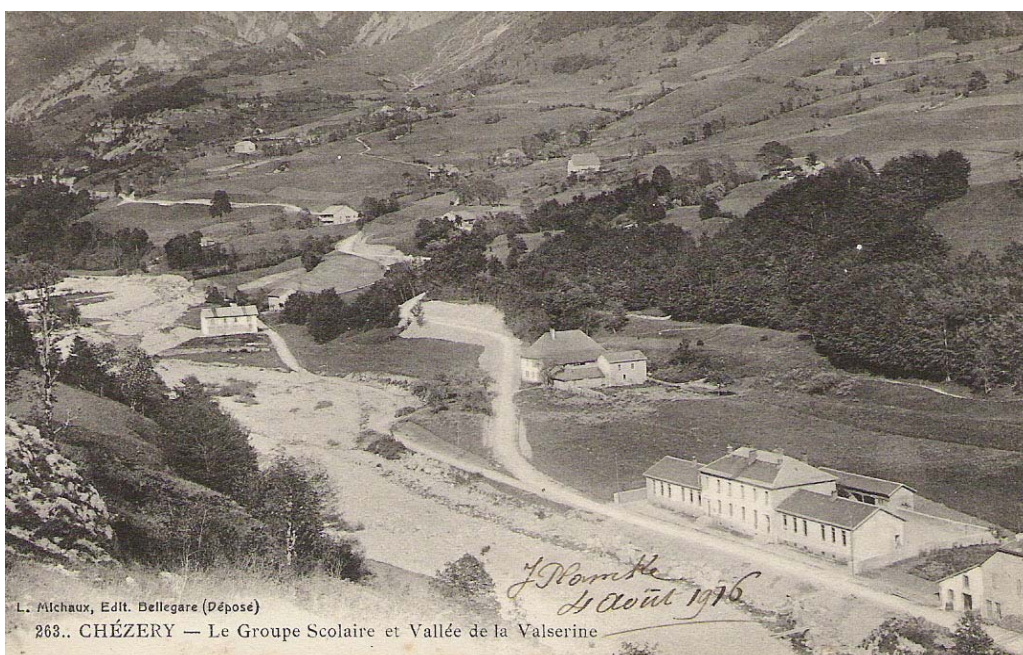
Photo n°19 et 20 : Clichés de Chézery-Forens avant (en haut) et après l'endiguement consécutif aux crues de 1910



Le cours du début du 20^{ème} siècle bénéficiait d'un espace de liberté important, avec un lit majeur ou bande active nettement plus large.

Le caractère exceptionnel et catastrophique des inondations de 1910 a poussé la commune à endiguer le cours d'eau sur une grande partie de ce secteur afin de se protéger des débordements. Ainsi, toute l'ancienne bande active de la rivière en amont du village qui avait une capacité d'écroulement des crues a donc été reprise à la rivière afin de la cloisonner dans un chenal unique quasi rectiligne. Cela permettait également d'accroître les surfaces utilisables sur le fond de vallée. Ainsi aujourd'hui, on peut suivre cette digue depuis le cœur du village jusqu'en amont de la gendarmerie sur environ 500 m (photo 20).

Photo n°21 : amont de la commune de Chézery-Forens (à la hauteur de l'école actuelle) en avril 1916

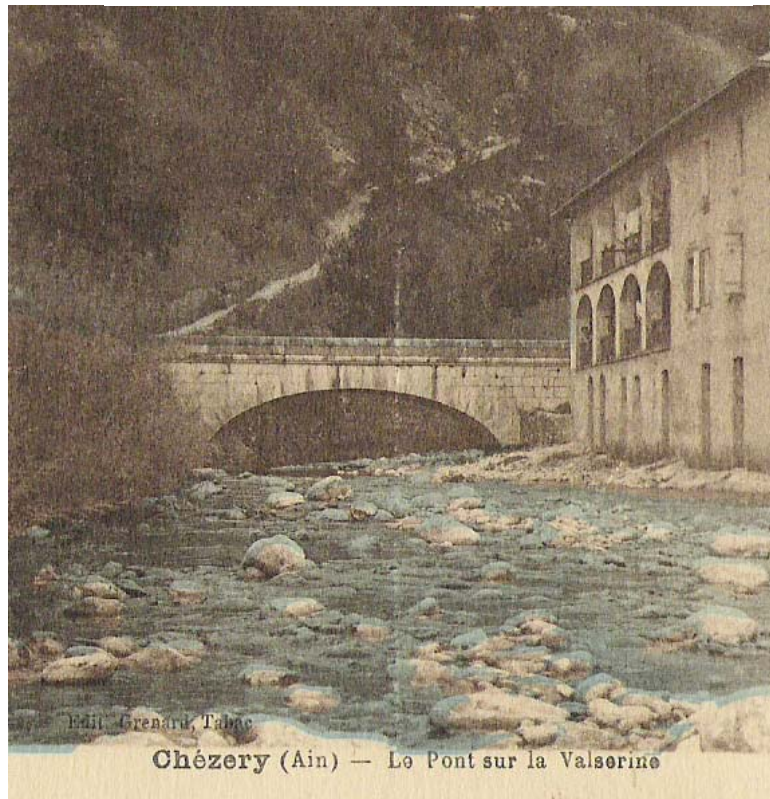


Source : Michel Blanc

Le secteur de part et d'autre du pont a peu évolué (photo 17, 20 et 22), notamment en aval, le cours d'eau étant bordé en rive droite par d'anciens ateliers utilisant la force hydraulique. Rendu stable par ces installations qui demeurent toujours en place sous formes d'habitations, le lit a faiblement évolué. Tout au plus peut-on noter une légère incision (entre 0,5 et 1 m), difficilement quantifiable avec précision car les points de mesure sur le profil en long des grandes forces hydrauliques sont assez espacés pour ce tronçon.

En aval de Chézery-Forens (photo 17), la Valserine reprend un style plutôt à méandres tout comme elle l'est actuellement. Cependant une des différences majeures réside dans les formes de dépôts qui en 1910 étaient nettement plus importantes du fait de l'abondance de la charge. Le cliché 22 nous montre d'ailleurs le niveau d'engravement du pont en 1913. De ce fait, le méandre à quelques peu bougé mais sans toutefois être soumis à des modifications extrêmes.

**Photo n°22 : pont de Chézery-Forens
(1913)**



Source : Michel Blanc

Aujourd'hui, toute la traversée de Chézery-Forens est chenalisée dans un lit étroit, du fait de l'action combinée des endiguements (qui se poursuivent à l'aval, en rive gauche), de l'urbanisation et de l'effet hydraulique des crues qui incisent le lit linéairement.

3.4. Synthèse

En conclusion, le tracé de la Valserine dans les villages concernés a fait l'objet de nombreux renforcements de berges mais le lit mineur n'a pas été fortement rectifié mis à part à Chézery-Forens où une digue a été dressée suite aux inondations de 1910. Cette digue a été remodelée plusieurs fois et a abouti au remblaiement progressif du lit majeur entre la Mairie et l'amont de la Gendarmerie, et plus récemment à l'aval du village en rive gauche (zone d'activité).

Globalement, les zones potentiellement inondables présentent des enjeux humains faibles mais les enrochements aux points bas des villages doivent faire l'objet d'un entretien pour qu'ils puissent assurer leurs fonctions protectrices.

De plus, cette légère chenalisation du cours d'eau dans les zones anthropisées a réduit son espace de divagation. Le courant est donc accéléré dans les villages ce qui peut fragiliser les berges et les ouvrages transversaux notamment, il est donc nécessaire de les surveiller régulièrement.

4. Les zones d'expansion des crues

Définition

Les zones d'expansion des crues sont des espaces naturels ou aménagés où se répandent les eaux lors du débordement des cours d'eau (lit majeur). L'expansion momentanée des eaux diminue la hauteur maximum de la crue et augmente sa durée d'écoulement. Cette expansion participe à la recharge de la nappe alluviale et au fonctionnement des écosystèmes aquatiques et terrestres. En général, on parle de zone d'expansion des crues pour des secteurs non urbanisés et pas ou faiblement aménagés.

Méthodologie employée pour la réalisation de la carte de localisation de ces zones d'expansion des crues

Suite aux levés de terrain effectués, il a été possible de caractériser l'environnement immédiat des deux cours d'eau le long de leur linéaire. Ainsi, la planche 22 résulte de la mise en relation des données de terrain telles que la mesure de la plaine inondable et la hauteur des berges avec le recensement des zones humides et prairiales faites sur les cartes des différents milieux rivulaires de la planche n° 7, contenue dans la partie « Patrimoine écologique et paysager ».

Les largeurs des plaines inondables ont été rangées en trois classes : inférieures à 15 m, comprises entre 15 et 50 m, et enfin supérieures à 50 m.

Description de l'utilité de ces zones et localisation sur le bassin versant de la Valserine

Les zones d'expansion des crues potentielles ont été localisées à l'aide des cartes topographiques 1/25 000° regroupées sur la planche 22 de l'atlas cartographique.

Même si parfois leur extension latérale semble faible, ces zones bénéficient de propriétés les rendant intéressantes au regard de la fonction de laminage des crues, lesquelles vont être à présent détaillées.

4.1 Des zones d'écrêtement de crues aux propriétés intéressantes

4.1.1 Les propriétés physiques

Ces zones présentent des plaines inondables de grandes largeurs aux pentes faibles. Ces deux critères induisent une capacité physique de rétention d'eau importante.

Les mesures faites sur le terrain montrent des berges de faible hauteur dans ces zones. Elles favorisent ainsi le débordement du cours d'eau dans son lit majeur. En sortant de son lit mineur pour s'étaler dans sa plaine d'inondation, le cours d'eau ralentit sa vitesse d'écoulement moyenne par le phénomène de « détente cinétique ». En effet, pour un même débit, il est possible de ralentir la vitesse d'écoulement en augmentant la section. C'est en partie sur cette propriété physique du débit que repose le principe de ces zones d'expansion des crues.

Les zones inondables ont d'abord une fonction hydraulique majeure, celle d'écrêter les crues (par laminage du débit) et ainsi d'atténuer les inondations à l'aval. Cette atténuation est d'autant plus grande que la capacité de rétention des zones inondables est grande. Celle-ci est donc fonction notamment de leur superficie et de leur aptitude à la rétention de l'eau (fonction de la végétation, des obstacles à l'écoulement, de la présence ou de l'absence de drainage,

etc.). On voit donc que les modes d'occupation et d'utilisation des zones inondables influencent directement leur capacité d'écrêtement.

Cette fonction de rétention est également étroitement tributaire des communications avec le cours d'eau. Si celles-ci ont été supprimées ou limitées (par des digues notamment, ou par recalibrage du cours d'eau), la zone inondable n'est plus fonctionnelle (c'est à dire qu'elle n'est plus inondable) ou l'est moins souvent (les aménagements ont réduit la fréquence des débordements). A ces facteurs physiques, il faut ajouter le rôle important joué par la végétation dans la rétention d'eau et le ralentissement de l'onde de crue.

4.1.2 Le rôle de la végétation

La "végétation rivulaire" ou ripisylve qui borde les cours d'eau, répond à l'abondance d'eau dans le sol et conditionne l'écoulement notamment par ses capacités de rétention.

La présence de la ripisylve permet lors du débordement des eaux de diminuer les vitesses moyennes d'écoulement et de ralentir la propagation des ondes de crues. En effet, la rugosité liée à cette végétation des bords de cours d'eau est beaucoup plus importante que celle du cours d'eau. Il a été constaté que la strate arbustive formée par les saules apporte les meilleurs avantages au niveau hydraulique (BOYER *et al.*, 1998). Les formations boisées vont former des obstacles souples et plus ou moins perméables aux écoulements des crues. Elles constituent donc des milieux tampons entre le cours d'eau et les activités humaines tout à fait bénéfique pour ces dernières. Leur système racinaire permet de diminuer la force des courants et de stabiliser les sols. La ripisylve fonctionne comme une zone naturelle de dépôt particulièrement efficace aussi bien pour la rétention des flottants que pour celle des sédiments. Il est donc très important de prendre en considération les corridors alluviaux afin de connaître les secteurs présentant des potentialités intéressantes en terme de gestion du risque d'inondation. Leur présence permet de limiter les débits de pointes des crues et de ralentir leur translation vers l'aval.

4.1.3 Une localisation éloignée des installations humaines

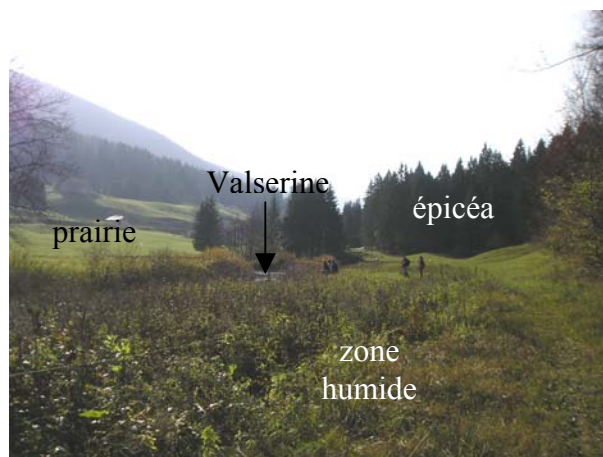
Les zones d'expansion des crues doivent permettre de stocker et de retenir une partie de l'eau dans des zones sans enjeux vis-à-vis des biens et des personnes. Ainsi, ces zones ont été choisies pour l'absence d'aménagement à fort enjeux et pour leurs faibles surfaces imperméabilisées qu'entraîne le développement des activités humaines.

Situation et présentation des zones retenues

Les zones inondables les plus intéressantes se localisent à l'amont de Mijoux, en aval de Lélex et de Chézery-Forens sur la Valserine, ainsi qu'en amont d'Echallon sur la Semine (Cf. planche n°22). Ces secteurs sont propices au développement de la végétation rivulaire et des zones humides ou prairiales.

La Combe de Mijoux est une zone d'expansion des crues à préserver. Il faut noter la présence du Golf de la Valserine en aval de la Combe, constitué de prairies. Ce secteur est riche en zones humides, prolongées par des prairies, d'une dizaine de mètres de largeur.

Photo 23 : La Combe de Mijoux
Source : M2Eau



Des forêts d'épicéas bordent le cours d'eau. Le golf est la zone la plus sujette au débordement ; il conviendrait peut-être d'envisager de faciliter celui-ci afin de limiter l'érosion du chenal principal.

Juste en **aval de Mijoux**, une zone riche en corridors alluviaux de bois tendre et en marais s'étend sur 15 à 30 m. surtout en rive gauche.



Les secteurs situés en amont et en aval de Lélex sont très riches en zones humides (corridor alluvial de bois dur et bois tendre, marais, tourbières). Le lit majeur atteint une largeur de 60 m. Le lit en tresses en amont du Pont de la Fruitière participe à la rétention des eaux de crues en permettant l'étalement des eaux en période de crue

Photo n°24 : La Valserine au niveau du Pont de la Fruitière

Source : M2Eau

En aval de Chézery-Forens, la vallée s'élargit sur environ 25 m. Le cours d'eau est bordé de corridor alluvial à bois durs. La zone de tressage du Grand Essert favorise aussi l'infiltration des eaux de crues.

Sur la Semine, **en aval du lieu-dit "le Verger"**, à Giron, des corridors alluviaux à bois durs et bois tendres et des marais longent en abondance le cours d'eau. Le lit majeur s'étend sur une dizaine de mètres.

D'autres secteurs à ceux précédemment cités existent. Ils présentent également une plaine inondable large riche en zone humide et une végétation fournie, notamment en tête de bassin des deux cours d'eau. Toutefois, à la vue des débits mesurés en amont des cours d'eau et de la faiblesse de l'urbanisation existante à proximité, le maintien de ces zones humides et de prairies répond moins à une volonté de réduire le risque inondation même si elles participent au maintien de leur richesse écologique. Il convient donc de les préserver selon un double principe de précaution et de patrimonialisation.

5. Les préconisations à prendre pour préserver ces zones naturelles ou à vocation agricole : quelques rappels

Préserver un champ d'expansion des crues consiste donc à maintenir en l'état ses communications avec le cours d'eau (parce qu'elles sont jugées satisfaisantes) et maintenir les modes d'occupation et d'utilisation du sol les plus appropriées au caractère inondable de la zone, afin qu'elle joue pleinement son rôle.

Restaurer un champ d'expansion des crues vise à reconquérir cette fonctionnalité d'écrêtement, notamment en restaurant les communications avec la rivière ; par exemple en détruisant ou abaissant les digues ou seuils existants.

Au vu de l'état écologique encore préservé sur le bassin versant de la Valserine, il est essentiellement question de préservation et non de restauration des zones d'expansion des crues. Ce sont celles à préserver qui ont fait l'objet d'une localisation précise et décrites ci-dessus. Très ponctuellement comme par exemple pour le golf de Mijoux on pourrait envisager une reconnection.

La question de la préservation ou de la restauration des champs d'expansion des crues peut se poser soit dans une démarche de gestion des inondations, soit dans une approche plus globale de gestion de l'hydrosystème (gestion de la ressource et des milieux aquatiques). La connaissance préalable nécessite cependant de cartographier les zones inondables en l'état actuel des aménagements sur le cours d'eau.

Ces différentes connaissances sont indispensables pour conduire une démarche de préservation ou de restauration des champs d'expansion des crues.

Mais comme dans le cas de l'espace de mobilité, le choix des zones à préserver et plus encore des zones à restaurer doit découler d'un processus de concertation et sera toujours *in fine* un compromis entre un idéal technique et les contraintes socio-économiques.

Aussi, il serait souhaitable qu'une étude ultérieure s'attache au recensement cadastral qui permet de s'intéresser à la fois aux propriétaires fonciers et aux usages des champs d'expansion des crues. Ce recensement concernera le plus souvent non pas des linéaires importants mais plutôt des sites ponctuels. Ces derniers pourront cependant concerner de vastes surfaces.

Dans l'objectif de préserver la fonction « écrêtement des crues » et cela dans le long terme, la préservation des champs d'expansion des crues consiste notamment à :

- Empêcher l'urbanisation et plus généralement l'imperméabilisation des sols (afin de ne pas modifier les capacités de stockage et ne pas rentrer dans le cercle vicieux de l'aménagement-protection-aménagement).
- Conserver une agriculture adaptée à l'inondabilité - et parfois reconquérir des zones mises en culture ou, au contraire, faisant l'objet d'une déprise agricole.
- Empêcher la construction de digue ou tout autre aménagement ayant pour conséquence de faire disparaître les communications avec la rivière ou de réduire la fréquence des débordements.

L'objectif de préservation d'une zone humide peut être atteint selon les mêmes modalités. Le caractère de zone humide permet cependant, *a priori*, d'envisager plus aisément des outils spécifiques à la protection des milieux.

5.1 Les outils de planification

La maîtrise de l'urbanisation en zone inondable passe par l'utilisation des outils de planification que fournit le droit de l'urbanisme. Les considérations qui suivent sont plus spécifiques au cas des champs d'expansion des crues.

5.1.1 Le PLU (ex Plan d'Occupation des Sols)

Le **Plan Local d'Urbanisme** est l'outil communal par excellence qui permet de définir la vocation des différentes zones. Il est de la compétence de la commune, mais l'Etat joue un rôle important (contrôle de légalité). Le PLU doit « prendre en compte » les dispositions du SDAGE et du SAGE.

Depuis la loi n° 87-565 du 22 juillet 1987, le PLU a une nouvelle finalité : la prévention des « risques naturels prévisibles » (art. L 121-10 et L 123-1, C U). C'est dorénavant une obligation faite aux communes de prendre en compte les risques majeurs (art. L123-1).

Dans cet objectif, le PLU doit chercher à prévenir les risques par l'affectation sélective du sol aux seules activités non susceptibles de compromettre la sécurité. Ainsi, les champs d'expansion des crues, non encore urbanisés, doivent être en général limités à une vocation agricole. Dans les zones naturelles, le PLU intervient par l'interdiction ou la limitation du droit de construire. Cela peut être notamment le cas dans certaines zones dites N à protéger en raison des risques ou des nuisances.

Mais cette préoccupation « risque » signifie que cette limitation peut être modulée selon les risques potentiels : l'utilisation du sol peut être autorisée sous réserve de certaines modalités de construction (surélévation par exemple). Ainsi, une zone inondable jouant un rôle hydraulique significatif mais présentant peu de risque pourrait être ouverte à l'urbanisation par le PLU.

5.1.2 Le PPR

L'outil **Plan de Prévention des Risques** permet de manière plus sûre de préserver la zone inondable en raison de son rôle d'écrêtement.

Le PPR est un plan spécifique dont l'application relève de la responsabilité de l'Etat. Un des objectifs du PPR est de ne pas aggraver les risques ni en provoquer de nouveaux. Cet objectif concerne explicitement la préservation des champs naturels d'inondation et des capacités d'écoulement des vallées.

Le PPR, approuvé par arrêté préfectoral après enquête publique, constitue une servitude d'utilité publique obligatoirement annexée au P.L.U et s'imposant à toute personne, publique ou privée. Les dispositions du P.L.U doivent respecter le P.P.R.

Ainsi le PPR est un outil restrictif utile à la conservation du fonctionnement des zones d'expansion.

5.2 Conserver une agriculture adaptée à l'inondabilité à l'aide de l'outil CAD

Le Contrat d'Agriculture Durable est souvent évoqué comme l'outil *ad hoc* permettant de « **dédommager** » l'agriculteur des contraintes qu'une politique de préservation ou de restauration des champs d'expansion des crues (ou des espaces de liberté) est susceptible de lui imposer.

La vocation d'un CAD peut effectivement s'entendre comme la préservation du caractère inondable d'un espace (le champ d'expansion des crues), soit en raison de ses caractéristiques de milieu naturel à forte valeur écologique (cas des zones humides), soit en raison de son rôle dans la maîtrise des inondations. Dans ces objectifs, l'élaboration de projets collectifs de CAD s'inscrivant dans le cadre territorial d'un bassin versant sont particulièrement pertinents et doivent être encouragés.

Pour conclure, chercher à préserver (ou à restaurer) les champs d'expansion des crues signifie que la gestion du cours d'eau s'intéresse non plus à un **linéaire** (comme dans le cas de l'entretien, et, dans un moindre mesure, de l'espace de mobilité) mais à un **espace**. La maîtrise foncière se pose alors avec une toute autre acuité. Mais au regard de l'objectif de préserver la fonctionnalité « écrêtement des crues », cette maîtrise foncière ne s'impose que lorsque le risque de dégradation de la fonctionnalité est grand et que les autres outils disponibles ne peuvent le maîtriser.

Quoiqu'il en soit, une politique de préservation des champs d'expansion des crues ne peut pas se réduire à la mobilisation d'un seul outil, dont la portée sera forcément trop limitée car jamais prévue dans cet objectif particulier. Il faut au contraire chercher à combiner les approches, les outils. Il faut mettre en place une politique de réglementation et d'acquisition coordonnée accompagnant une politique de gestion concertée, et cela à l'échelle du bassin versant.

Conclusion générale

Les caractéristiques physiques du bassin versant (pluviométrie, pente, lithologie) favorisent les crues brutales et rapides. Cependant, elles sont pondérées par la rétention nivale (Pardé, 1925), ce qui peut nous laisser émettre l'hypothèse que dans le contexte actuel de réchauffement climatique et en considérant que les surfaces boisées restent stables, que son rôle sera moindre et que les volumes d'eau écoulés lors des crues pourraient être exacerbés.

La vulnérabilité des populations au risque inondation reste tout de même faible, sauf en quelques points précis où aucun aménagement n'a été prévu pour limiter les débordements. La majorité des villages traversés par les rivières est en effet équipée de digues pour protéger les habitations des inondations, mais en contrepartie celles-ci tendent à accélérer l'onde de crues, d'autant plus que les pentes sont fortes sur l'ensemble du linéaire de la Valserine et de la Semine. Ces aménagements semblent efficaces comme le prouvent les crues de 1990 et 1991 qui sont d'une occurrence plus que cinquantennale et qui n'ont pas générées de débordements dans les secteurs concernés.

On peut cependant nuancer leur efficacité dans la perspective d'une crue centennale. Le bassin versant connaissant une croissance démographique importante, l'emprise humaine sur les bords des cours d'eau risque de s'agrandir. En effet, l'augmentation des surfaces imperméabilisées induites par une hausse de la population pourrait entraîner une exacerbation des pics de crues et un temps de montée plus court. De plus, un accroissement de la chenalisation des rivières, comme cela se fait sur beaucoup d'autres bassins versants français, pourrait encore aggraver ces effets en accélérant le temps de translation amont-aval.

Tout ceci justifie la préservation des rares zones d'expansion des crues pour faciliter l'écrêtement. Même si des études locales pourraient démontrer des effets moindre de tel ou tel projet induisant un remblaiement ou une mise en protection contre l'inondation (ex. : une digue), il convient d'avoir à l'esprit la faiblesse des surfaces encore disponibles pour les débordements à l'échelle de l'ensemble du bassin versant.

De même, il conviendrait d'assurer un bon entretien de la végétation de berges ainsi que des ouvrages en amont des villages afin de limiter les risques d'embâcles pouvant obstruer les ponts au moment des crues. Il semble raisonnable d'envisager d'établir des tronçons d'environ 2 km en amont des premiers ponts des villages afin de contrôler annuellement l'état de la végétation, le niveau d'encombrement des lits et l'état des ouvrages afin de prévenir les risques de « sur-débordement » dans les zones habitées ou aménagées.

Une gestion cohérente à l'échelle du bassin versant semble donc d'autant plus nécessaire afin de limiter les effets potentiellement négatifs d'un développement diffus de l'urbanisation sur la dynamique des flux liquides.

Table des matières

Sommaire	2
Introduction	3
1. Etude de l'évolution des crues sur les trente dernières années	6
2. Des crues rapides et brutales	10
2.1. Caractérisation des pentes de la Semine et de la Valserine (annexe n°2).....	10
2.2. Analyse des hydrogrammes	13
Synthèse	16
3. Etude des profils en travers : une vulnérabilité ponctuelle dans un lit peu rectifié.....	18
3.1. Mijoux	18
3.2. Lélex.....	23
3.3. Chézery-Forens	26
3.3.1. La situation actuelle	26
3.3.2. Le passage des crues à Chézery-Forens : mise en perspective historique	31
3.4. Synthèse	34
4. Les zones d'expansion des crues.....	35
4.1 Des zones d'écêtement de crues aux propriétés intéressantes	35
4.1.1 Les propriétés physiques	35
4.1.2 Le rôle de la végétation	36
4.1.3 Une localisation éloignée des installations humaines	36
5. Les préconisations à prendre pour préserver ces zones naturelles ou à vocation agricole : quelques rappels	37
5.1 Les outils de planification	38
5.1.1 Le PLU (ex Plan d'Occupation des Sols).....	39
5.1.2 Le PPR.....	39
5.2 Conserver une agriculture adaptée à l'inondabilité à l'aide de l'outil CAD	39
Conclusion générale	41
Table des matières	42
Bibliographie	43
Liste des figures	44
Liste des graphiques	45
Annexe 1	46

Bibliographie

AMOROS C., PETTS G.E., 1993, *Hydrosystèmes fluviaux*, Ed. Masson, 300 p.

BOYER M., PIEGAY H., RUFFINONI C., CITTERIO A., BOURGERY C, CAILLEBOTE P, 1998, *LA GESTION DES BOISEMENTS DE RIVIERES, Fascicule 1 : Dynamique et fonctions de la ripisylve*, GUIDE TECHNIQUE N° 1, Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, 42 p.

BRAVARD J.P., 1987, *Le Rhône du Léman à Lyon*, Ed. La Manufacture, coll. L'homme et la nature, 451 p.

BRAVARD J.P., PETIT F., 2000, *Les cours d'eau : dynamique du système fluvial*, Ed. Colin, Paris, 222 p.

COSANDEY C., ROBINSON M., 2000, *Hydrologie continentale*, Ed. Colin, Paris, 360 p.

DESAUNAS A., 1938, La crue de l'Ain et de la Valserine en Octobre 1935, Les Etudes Rhodaniennes, Revue de Géographie Régionale, Institut des Etudes Rhodaniennes, Vol. 14, 1938, no. 1, p. 88-92.

GHIO M., 1995, *Les activités humaines augmentent-elles les crues ?* in Annales de Géographie, n°581-582, p. 119-147.

LAMBERT R., 1996, *Géographie du cycle de l'eau*, Presses Universitaires du Mirail, 440 p.

PARDE M., 1925, *Le régime du Rhône, étude hydrologique*, Institut d'Etudes Rhodaniennes, Université de Lyon, Tome 2, 440 pp.

Liste des figures

Figure n°1 : Localisation des profils en travers réalisés sur la commune de Mijoux	18
Figure n°2 : Profil n°1 (Mijoux).....	19
Figure n°3 : Profil n°2 (Mijoux).....	20
Figure n°4 : Profil n°3 (Mijoux).....	21
Figure n°5 : Profil n°4 (Mijoux).....	22
Figure n°6 : localisation des profils en travers réalisés sur la commune de Lélex	23
Figure n°7 : Profil n°1 (Lélex)	24
Figure n°8 : Profil n°2 (Lélex)	24
Figure n°9 : Profil n°3 (Lélex)	25
Figure n°10 : Localisation des profils en travers réalisés sur la commune de Chézery-Foren	26
Figure n°11 : Profil n°1 (Chézery)	26
Figure n°12 : Profil n°2 (Chézery)	27
Figure n°13 : Profil n°3 (Chézery)	28
Figure n°14 : Profil n°4 (Chézery)	29
Figure n°15 : Profil n°5 (Chézery)	31

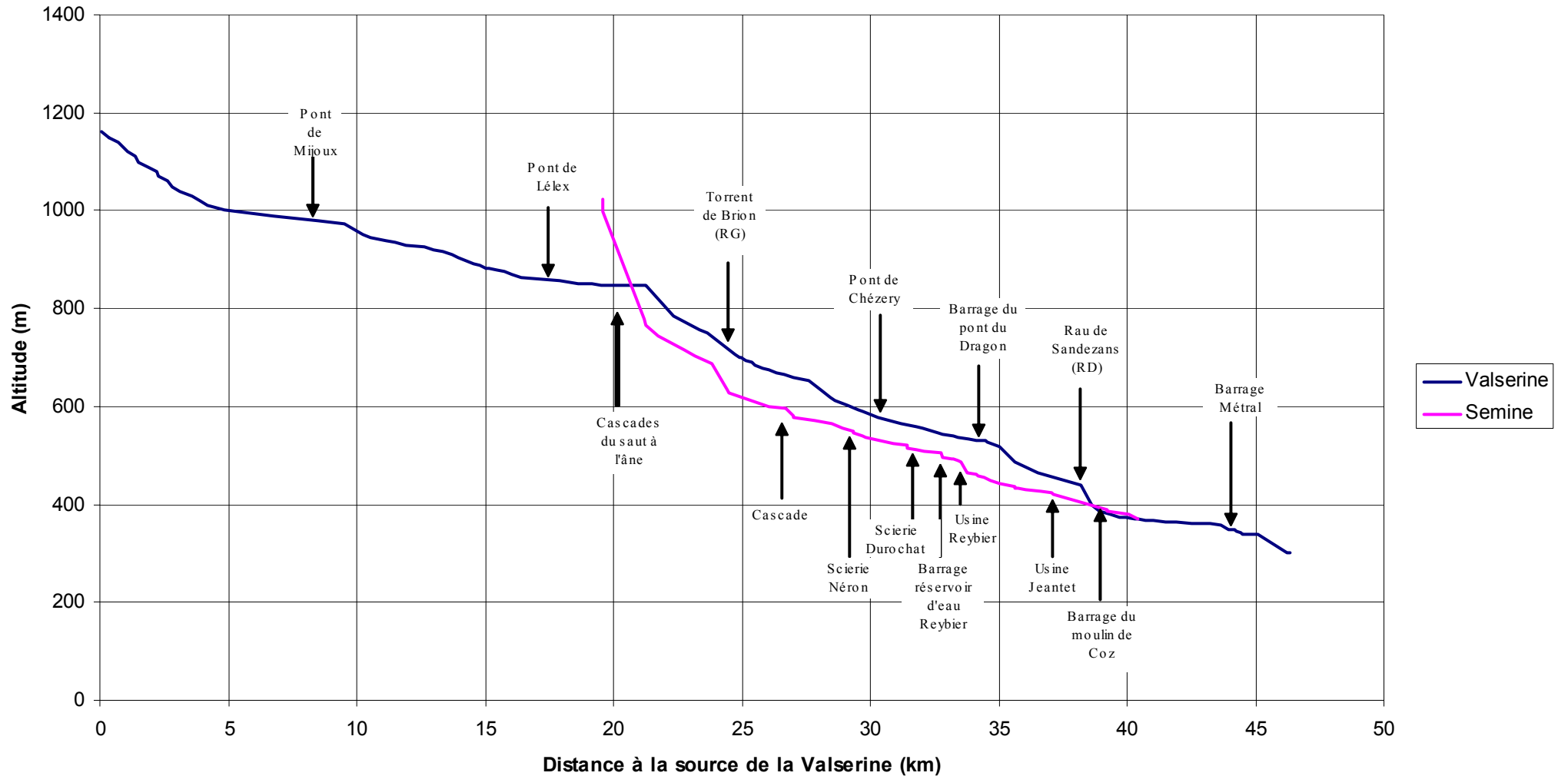
Liste des graphiques

Graphique n°1 : Evolution de l'intensité des crues à Lelex (Source : banque hydro)	6
Graphique n°2 : Evolution de l'intensité des crues à Chézery-Forens (Source : banque hydro)	6
Graphique n°3 : Evolution de l'intensité des crues à Chatillon-en-Michaille(Source : banque hydro)	7
Graphique n°4 : Evolution de la fréquence des crues en période de frai à Lélex (Source : banque hydro).....	8
Graphique n°5 : Evolution de la fréquence des crues en période de frai à Chézery-Forens (Source : banque hydro)	8
Graphique n°6 : Evolution de la fréquence des crues en période de frai à Châtilon-en-Michaille (Source : Banque Hydro, CEMAGREF)	9

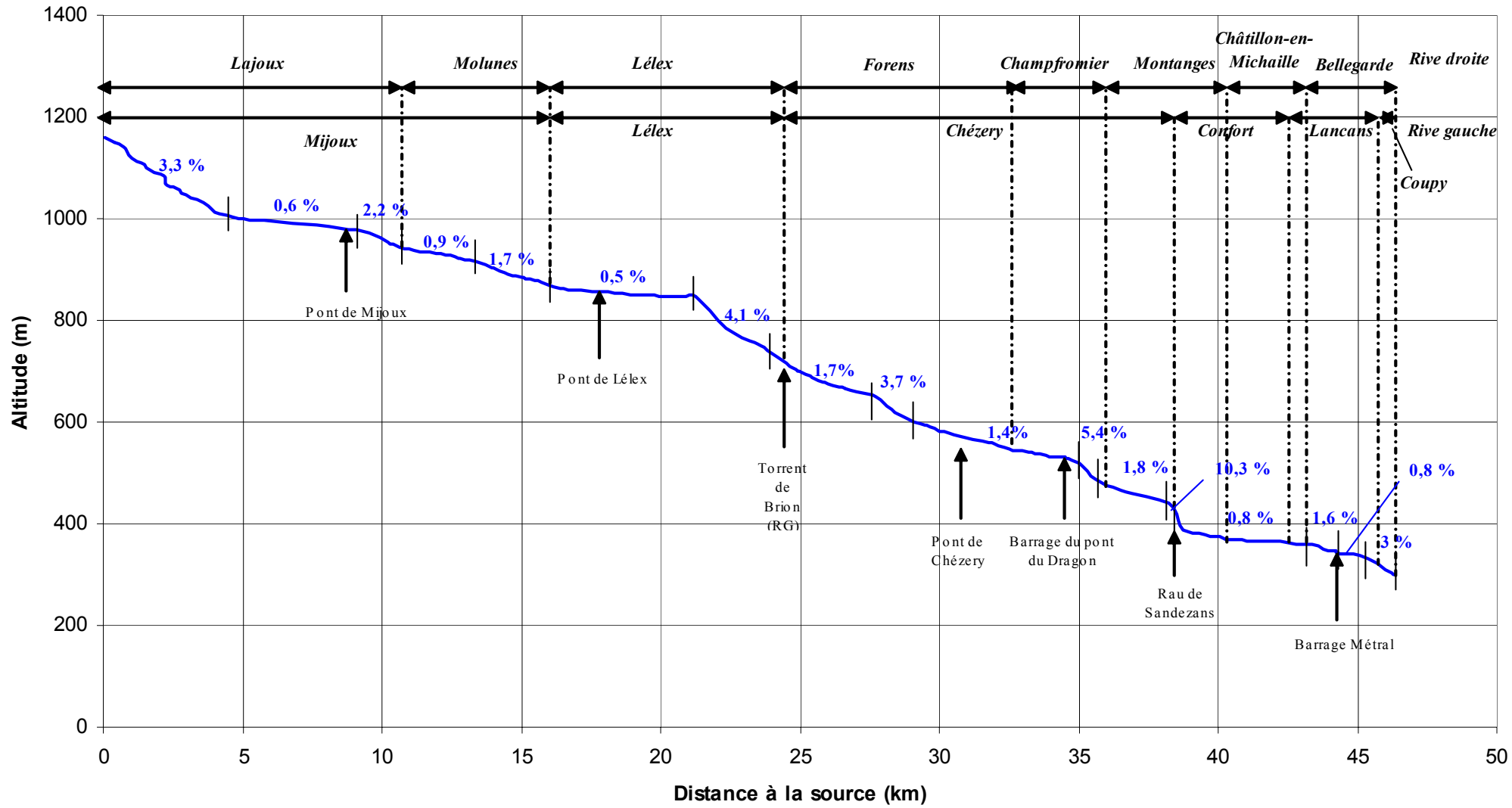
Annexe 1 : Profils en long

(Source : Service Spécial des Grandes Forces Hydrauliques – Ponts-et-Chaussées - 1922)

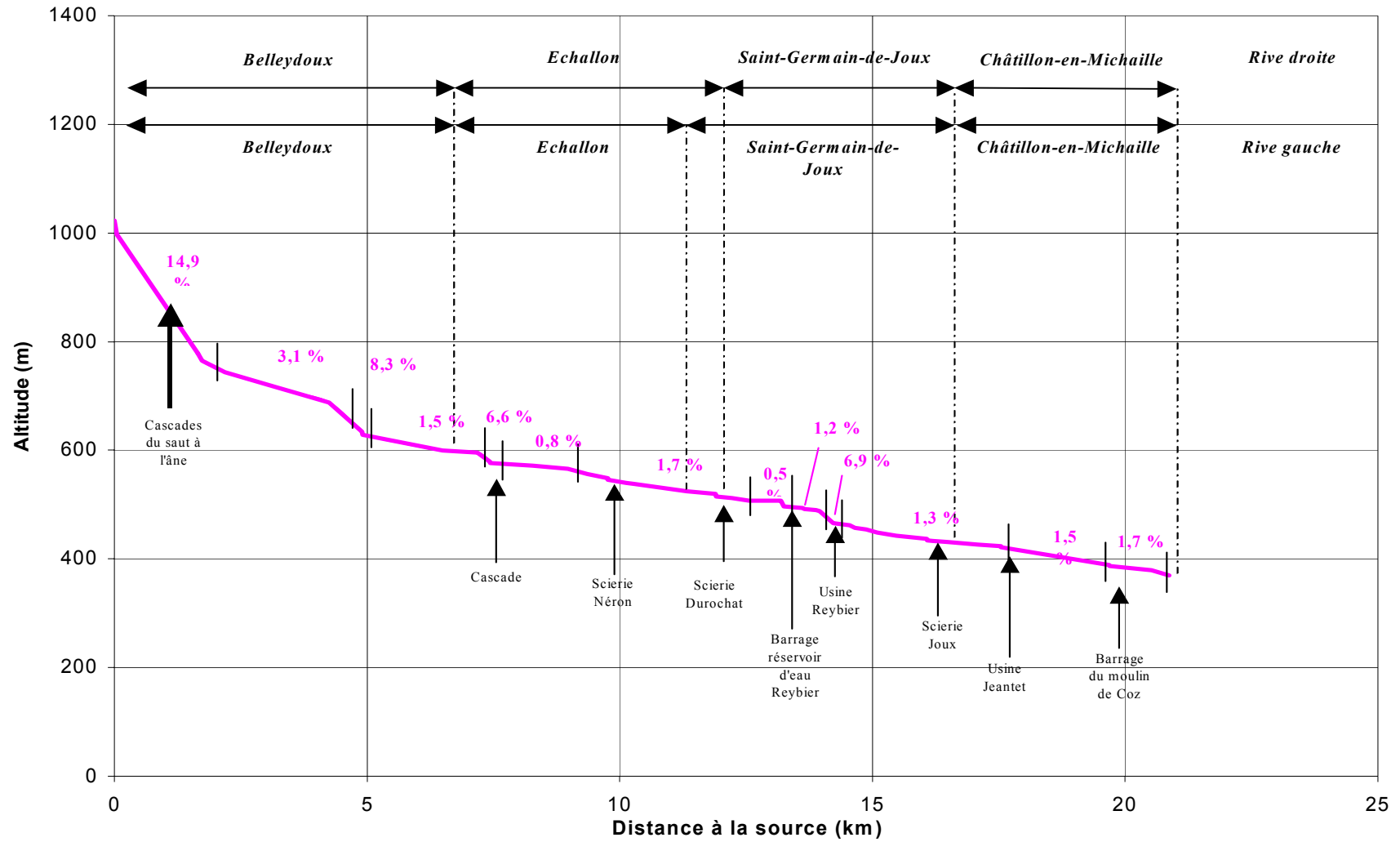
Profils en long Valsérine et Semine 1922



Profil en long de la Valserine



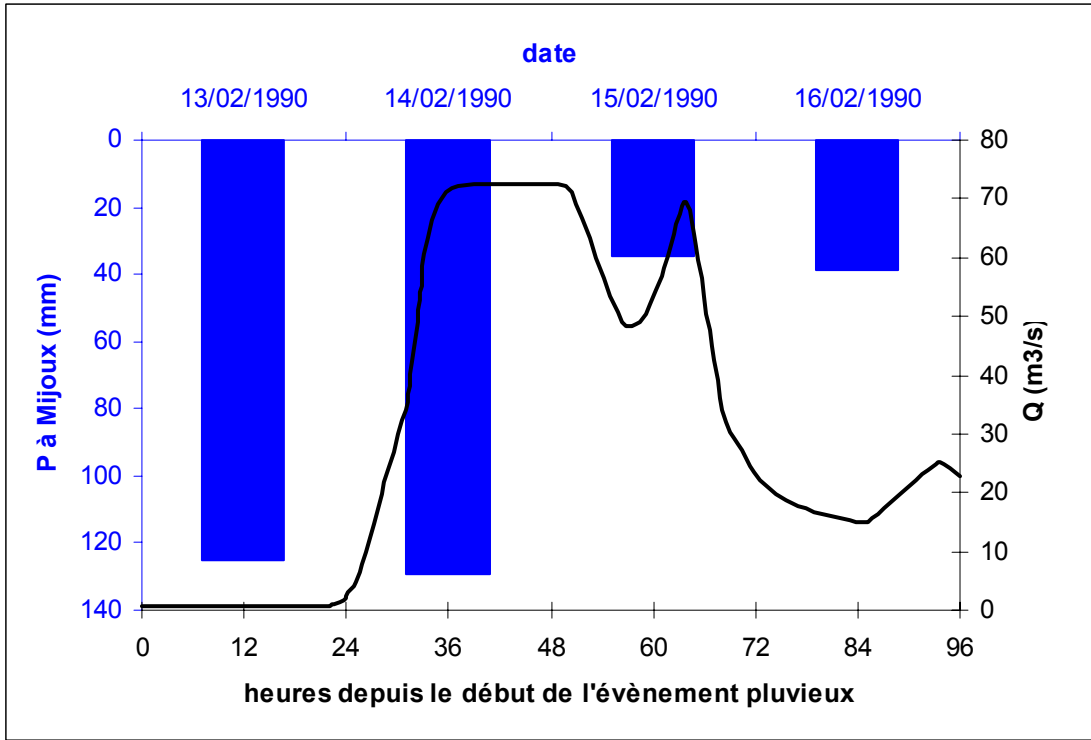
Profil en long de la Semine



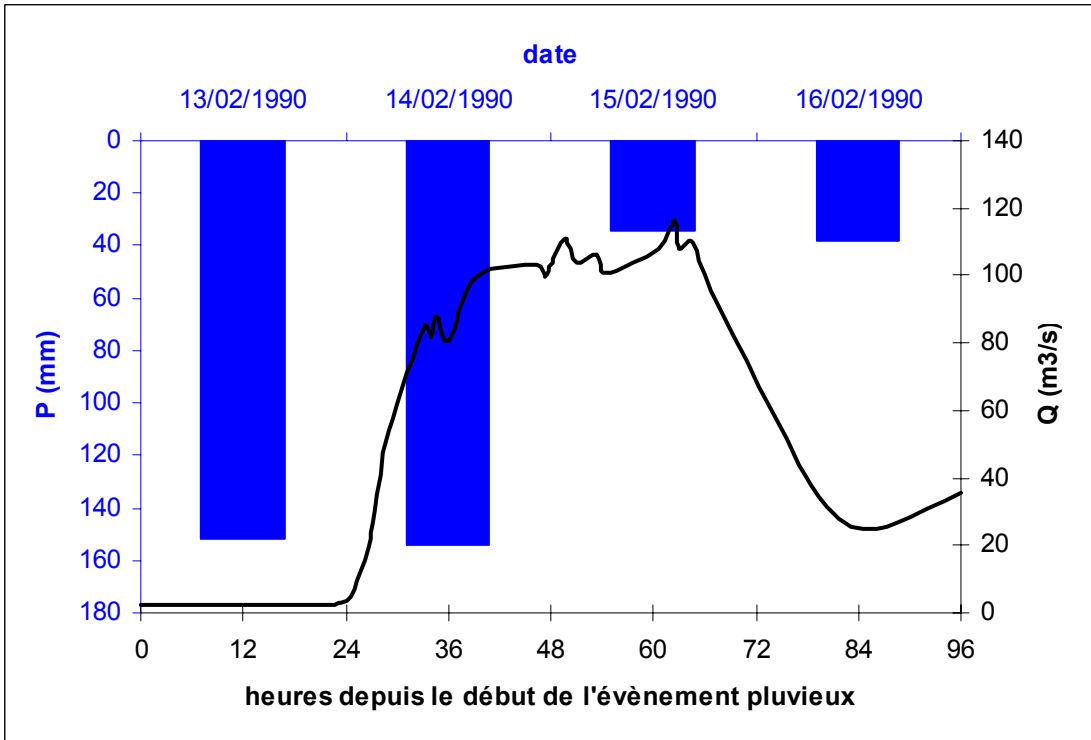
Annexe 2 : Hydrogrammes de crues

(d'après les données de la banque HYDRO et de Météo France)

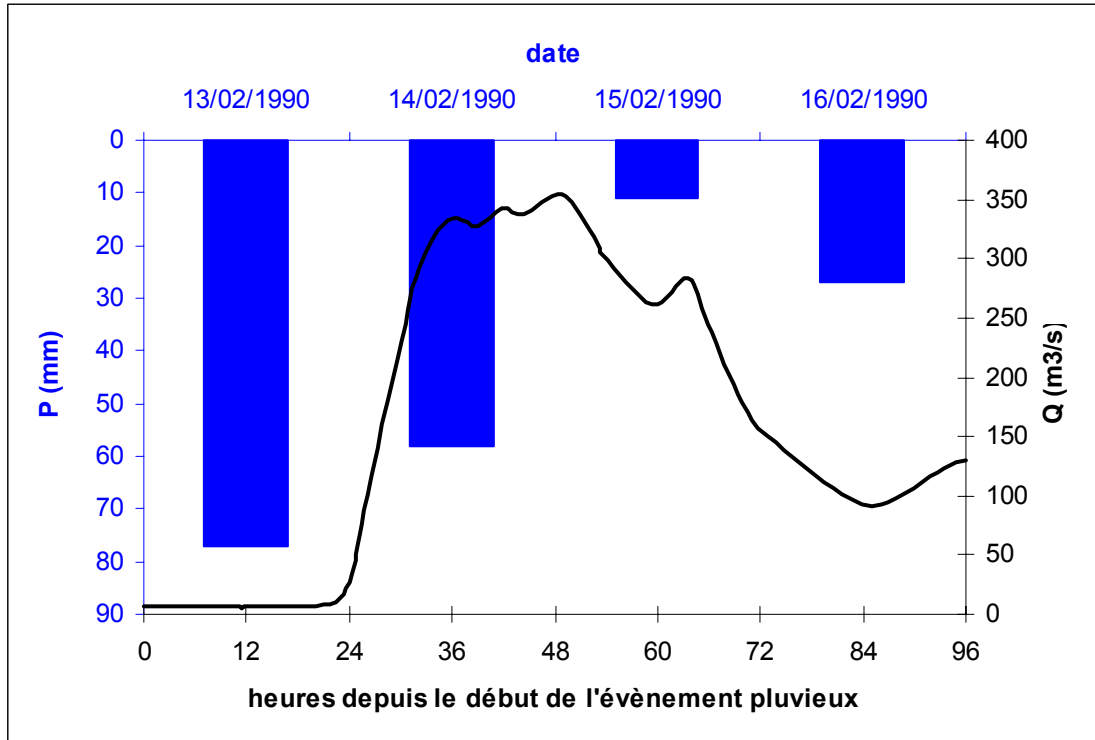
Lélex : février 1990



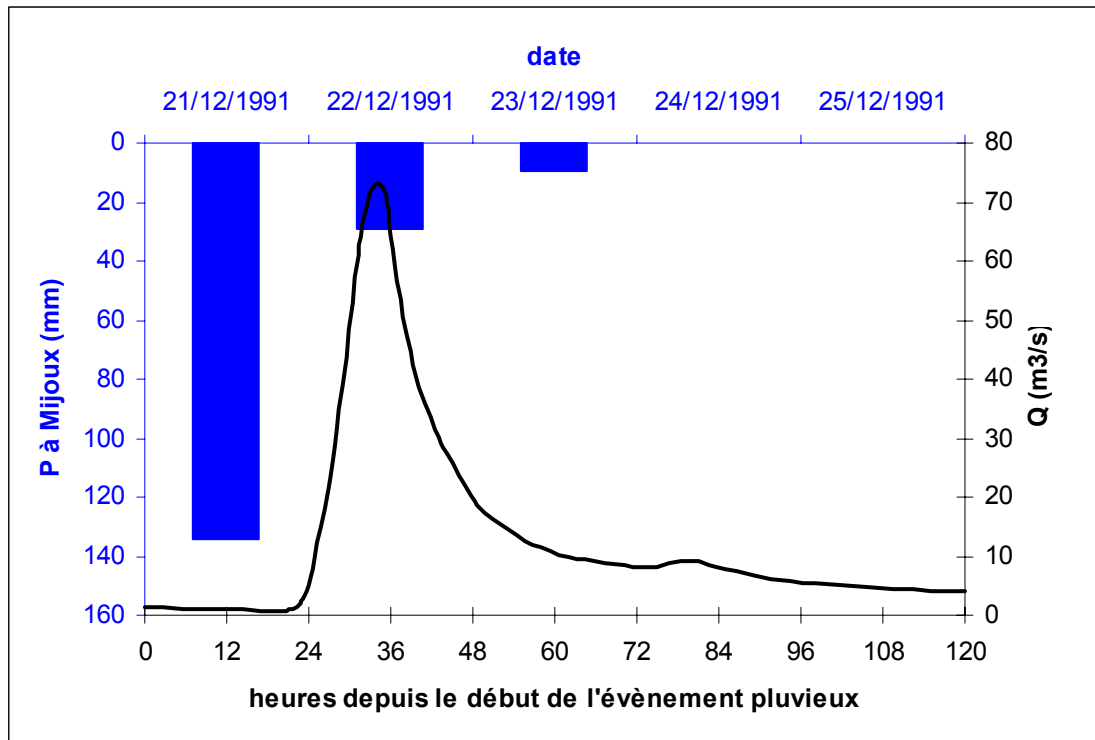
Chézery-Forens : Février 1990



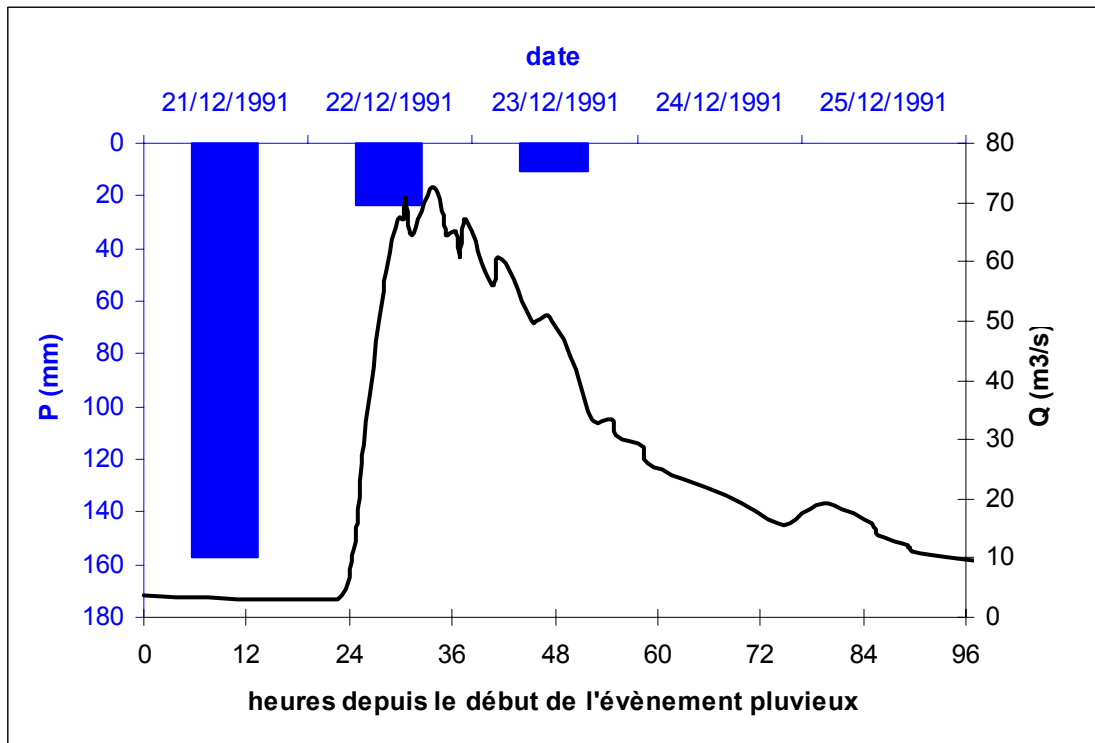
Châtillon-en-Michaille (Semine) : Février 1990



Lélex : Décembre 1991



Chézery-Forens : Décembre 1991



Châtillon-en-Michaille (Sémine) : Février 1991

