

DEPARTEMENT DU FINISTERE
SMEIL



Aménagement de ralentissement dynamique de crues sur le bassin versant Elle-Isole-Laïta

ETUDE HYDRAULIQUE

NOTE DE SYNTHÈSE

VILLE & TRANSPORT
DIRECTION REGIONALE OUEST
Espace bureaux Sillon de Bretagne
8 avenue des Thébaudières
CS 20232
44815 SAINT HERBLAIN CEDEX

Tel. : 02 28 09 18 00
Fax : 02 40 94 80 99



Ville & Transport
Direction Régionale Ouest
Espace bureaux Sillon de Bretagne
8 avenue des Thébaudières – CS 20232
44815 SAINT HERBLAIN CEDEX

Tél. : 02 28 09 18 00
Fax : 02 40 94 80 99

N° Affaire	4-53-0871	Etabli par	Vérifié par
Date	FEVRIER 2014	Y.GASOWSKI	A.LESAGE
Indice	A		

SOMMAIRE

Objectif	1
1. OBJECTIFS	1
2. PRINCIPE DU RALENTISSEMENT DYNAMIQUE	2
Analyse hydrogéomorphologique	3
3. DECOMPOSITION EN SOUS-BASSIN VERSANT	3
4. ANALYSE HYDROMETRIQUE	4
Sélection des sites de stockage	5
5. APPROCHE INITIALE	5
6. ESTIMATION PRECISE DES VOLUMES DISPONIBLES	5
7. CONTRAINTES IMPOSEES PAR LES ENJEUX	6
Construction des modèles hydrologiques et hydrauliques	7
Sélection affinée des sites	9
8. ANALYSE MULTICRITERE	9
9. COMBINAISONS OPTIMALES	9
10. CACTERISTIQUES DES COMBINAISONS	10
11. ANALYSE COUT BENEFICE (ACB)	11
Conclusion	13

OBJECTIF

1. OBJECTIFS

Le bassin versant de la Laïta a été sévèrement touché par les crues en 1995, 2000, 2001 et plus récemment en 2013 et 2014, notamment au niveau de Quimperlé qui se trouve à la confluence des deux principaux cours d'eau, l'Ellé et l'Isole.

Parmi les solutions envisagées dans les scénarios alternatifs, la Commission Locale de l'Eau a choisi de retenir la préservation et l'entretien des champs d'expansion de crues ainsi que l'étude de la mise en place d'ouvrages de « ralentissement dynamique des crues ».

Concrètement, la démarche de ralentissement dynamique consiste à mettre en place différents ouvrages visant au « surstockage » de l'eau sur l'ensemble du bassin versant. L'idée est de rechercher tous les lieux susceptibles de stocker de l'eau. Ces aménagements sont donc des solutions dites « douces » au regard des endiguements de vallée et s'inscrivent dans le cadre d'un développement durable du bassin versant.

L'objectif affiché pour l'enjeu inondation est de « Poursuivre la réduction des risques d'inondation liés à des événements de faible période de retour (10 à 20 ans) ».

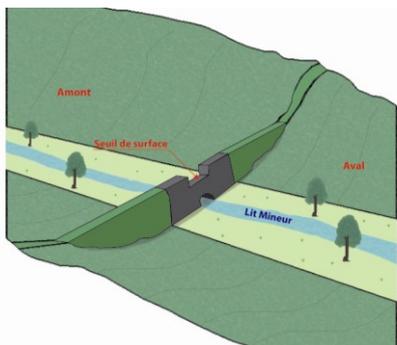
A l'échelle du bassin versant, la principale zone à enjeux est la Ville de Quimperlé. La commune de Scaër (quartier de Pont Lédan) et 4 entreprises situées en bord de rivière (Conserverie Peny, St-Thurien ; Papeteries Glatfelter, Scaër ; Papeteries de Mauduit, Quimperlé ; Conserveries Morbihannaise, Le Faouët) sont également concernées.

La mission consiste ainsi à :

- comprendre et caractériser les phénomènes ainsi que les sites concernés (Analyse hydrogéomorphologique) ;
- modéliser le fonctionnement hydrologique des sous-bassins versants qui composent le bassin versant Ellé-Isole-Laïta ;
- rechercher des sites de surstockage susceptibles d'être aménagés et de présenter une efficacité adaptée aux besoins du projet (phase 2: Modélisation hydrologique et recherche de site) ;
- dimensionner et évaluer l'efficacité hydraulique et économique des Zones de Ralentissement Dynamique de Crues (ZRDC) proposées et organiser un ou plusieurs scénarios optimisés.

2. PRINCIPE DU RALENTISSEMENT DYNAMIQUE

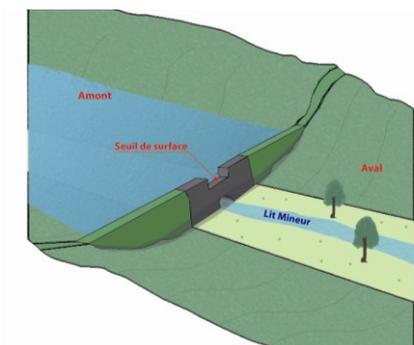
La solution envisagée est d'implanter des retenues sèches en travers des cours d'eau. Ces ouvrages sont munis d'un pertuis de fond et d'un déversoir frontal. Ils permettent de limiter les débits afin d'assurer en aval, un phénomène de ralentissement dynamique.



Selon les épisodes pluvieux, on distingue 4 types de fonctionnement de la retenue :

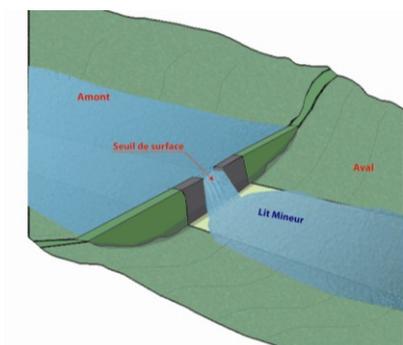
Cas 1 : Le bassin ne se remplit pas.

Pour les épisodes pluvieux courants, la totalité de l'eau passe au travers du pertuis de fond, qui traverse l'ouvrage au point le plus bas de la retenue, dans le prolongement du lit mineur. Celle-ci est donc « transparente » pour les pluies faibles ou moyennes.



Cas 2 : Le bassin se remplit.

Lors d'épisodes plus rares, avec des pluies abondantes ou intenses qui provoquent beaucoup de ruissellement sur le bassin versant, une partie des débits qui entre dans le bassin est retenue par l'ouvrage. Ce phénomène a lieu lorsque le débit entrant dépasse la capacité du pertuis.



Cas 3 : Le bassin déborde.

Cela se passe pour des pluies intenses, généralement de longue durée. Dans ce cas, l'évacuateur de sûreté assure l'évacuation du débit entrant pour garder la cote de la retenue à un niveau acceptable pour la sécurité de l'ouvrage. L'effet de laminage est alors limité.

Cas 4 : le bassin se vide.

À la décrue, le volume d'eau stocké est relâché progressivement par le pertuis de fond jusqu'à retrouver un niveau normal d'écoulement, c'est-à-dire jusqu'à ce que la retenue soit de nouveau « transparente ». L'ouvrage est alors de nouveau fonctionnel pour écrêter une autre crue.

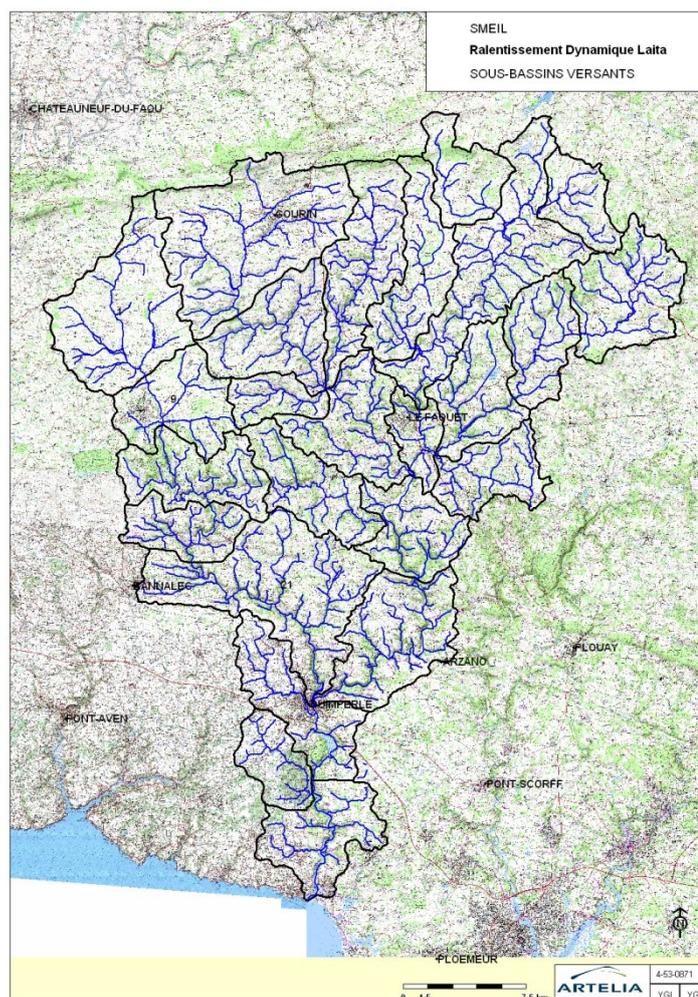
ANALYSE HYDROGÉOMORPHOLOGIQUE

3. DECOMPOSITION EN SOUS-BASSIN VERSANT

Le bassin versant de la Laïta est décomposée en sous-bassin. Cette décomposition permet de décrire précisément les caractéristiques locales du bassin. Ainsi, un découpage est effectué en intégrant les paramètres suivants :

- le réseau hydrographique,
- la géologie
- la topographie

Ce découpage permet ainsi d'estimer l'apport hydrologique de chaque sous-bassin versant (33) et ainsi de comprendre le mécanisme lié à la propagation des crues. Il est également utilisé dans le modèle hydrologique qui permet de quantifier l'impact des retenues de ralentissement dynamique.



4. ANALYSE HYDROMETRIQUE

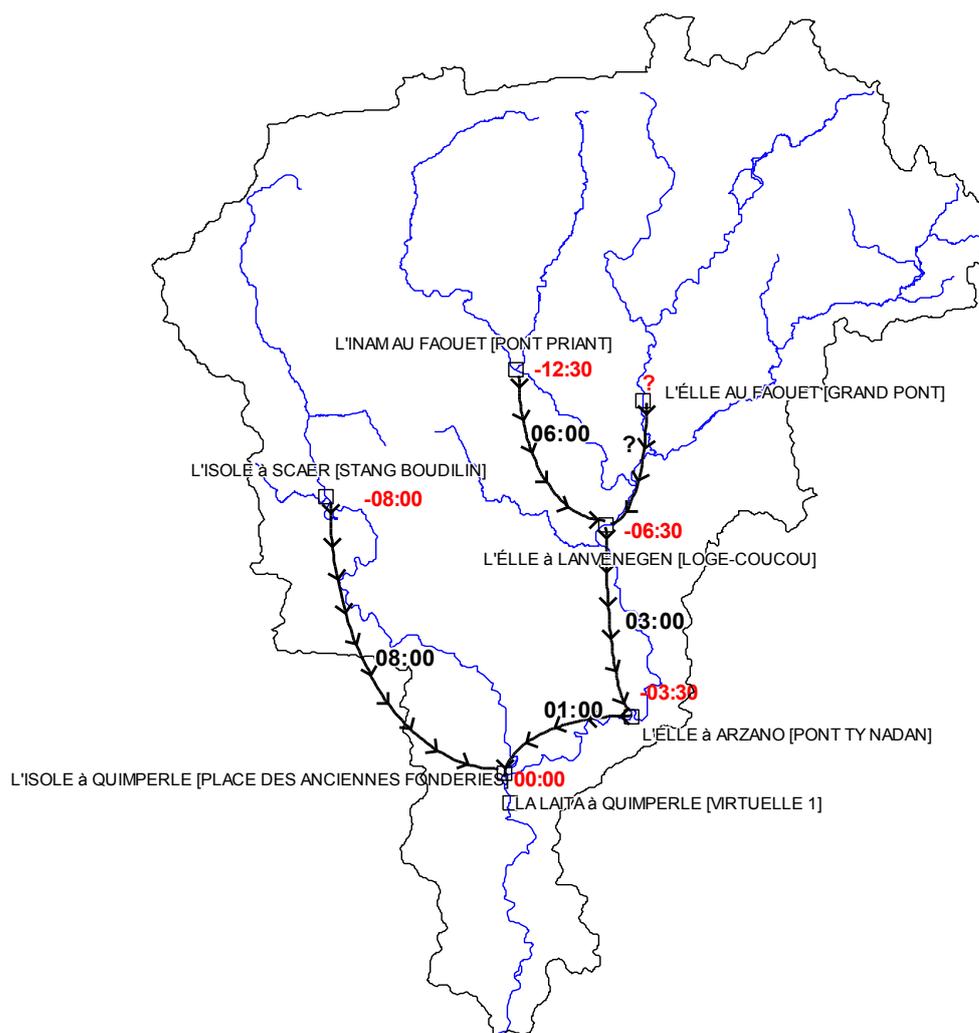
Plusieurs stations hydrométriques sont situées dans le bassin versant de la Laïta.

En se basant sur une quinzaine d'événements, connus et référencés, il est possible d'extraire une valeur moyenne du temps de propagation entre chaque station.

On remarque que le pic de l'Ellé arrive en moyenne avec deux heures et demi de retard par rapport à celui de l'Isole, même s'il peut arriver que les 2 pics arrivent quasiment en même temps (Janvier 2014).

On observe également une incohérence entre la station de l'Ellé au Fauët (Grand Pont) et celle de l'Ellé à Lanvenegen (Loge Coucou). En effet le pic au Fauët arrive après celui de Lanvenegen. Ceci s'explique en partie par la réactivité plus grande des rivières Inam et Aër notamment, par rapport à l'Ellé amont.

Les valeurs en noir indiquent la durée de propagation entre deux stations, tandis que les valeurs en rouge représentent une durée rétroactive en se basant sur une heure de référence à Quimperlé.



SELECTION DES SITES DE STOCKAGE

5. APPROCHE INITIALE

La sélection des sites s'est effectuée en utilisant trois types d'information :

- Visite sur sites
- Analyse des cartes de Cassini
- Analyse des cartes IGN et du modèle numérique de terrain.

Les visites sur sites ont été effectuées le long des cours d'eau principaux. Les cartes de Cassini ont été créées au dix-huitième et dix-neuvième siècle. Elles permettent de vérifier si des étangs ou des lacs existaient auparavant sur le secteur d'étude. Enfin l'analyse des cartes IGN et du modèle de terrain permet de vérifier si des « verrous hydrauliques » (resserrement de vallées) existent et permettraient de faciliter la création de retenues.

A partir de cette approche, le volume total disponible était estimé à environ 20 millions de m³. Cette valeur est à comparer avec le volume théorique nécessaire pour l'écrêtement d'une crue type 2000 qui serait de 10 millions de m³. Le volume nécessaire pour une crue vicennale serait de l'ordre de 4.5 millions de m³. On remarque ainsi que les ordres de grandeur sont similaires et qu'un projet de ralentissement dynamique est envisageable.

Le volume nécessaire à stocker pour l'écrêtement d'une crue correspond au stockage du débit débordant.

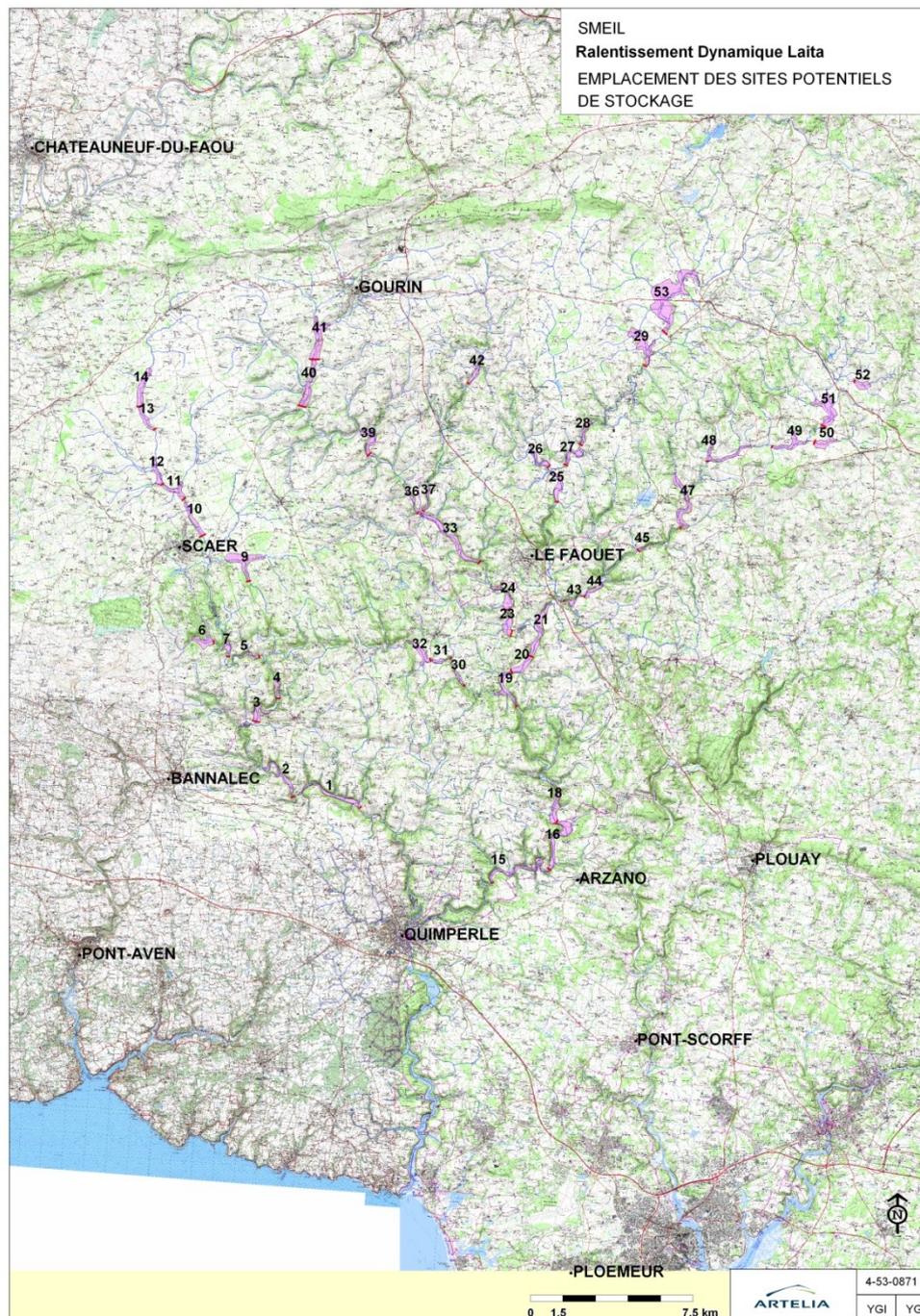
Une cinquantaine de sites ont été présélectionnés.

6. ESTIMATION PRECISE DES VOLUMES DISPONIBLES

Les sites potentiels de ralentissement dynamique ont alors été levés précisément en début d'année 2013 pour connaître le volume disponible. Cette campagne a été réalisée à l'aide de la technique LIDAR, qui permet d'acquérir des données topographiques précises à partir d'un avion. Les caractéristiques topographiques permettent de calculer les volumes stockables en fonction des hauteurs d'ouvrage.

Ainsi, en considérant une hauteur de 5m, il est possible de stocker environ 30 millions de m³. Cette estimation est effectuée en sommant l'ensemble des sites et en considérant une hauteur d'ouvrage de 5m. On constate que le volume disponible de stockage est toujours du même ordre de grandeur que le volume qu'il serait nécessaire à écrêter pour réduire le risque d'inondation.

Outre la connaissance des sites présélectionnés, cette campagne permet également d'avoir une meilleure connaissance des portions de vallées du territoire.



7. CONTRAINTES IMPOSEES PAR LES ENJEUX

Le but de cette étude est de réduire les inondations à l'aval, mais sans aggraver le risque d'inondation en amont. Pour éviter cette sur-inondation des enjeux en amont (habitations, moulins, routes...), la hauteur d'eau dans les retenues potentielles doit être limitée et calculée en conséquence.

CONSTRUCTION DES MODELES HYDROLOGIQUES ET HYDRAULIQUES

Les retenues permettent de stocker un volume d'eau et ainsi d'écarter et de ralentir les pics de crues.

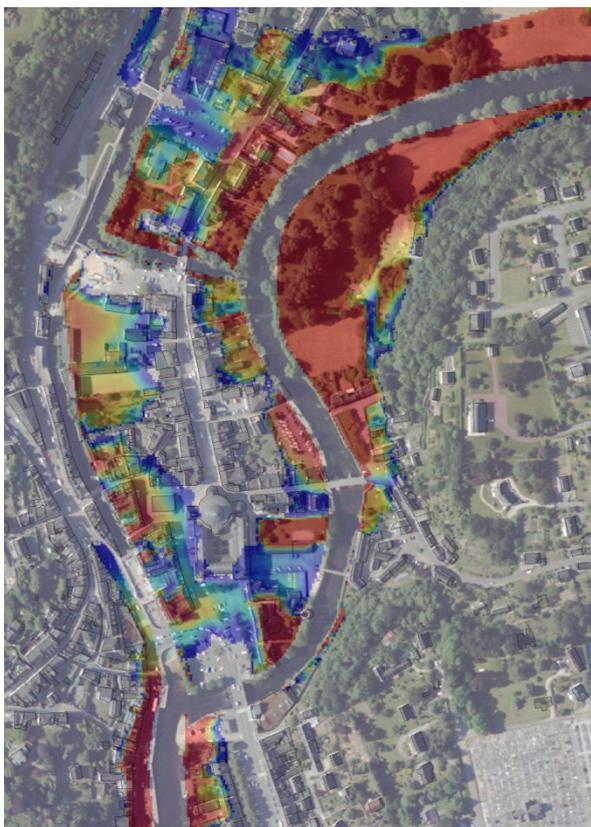
Un modèle hydrologique a été construit sur l'ensemble du territoire. Ce modèle permet de représenter la répartition des débits (ainsi que l'évolution avec le temps) sur l'ensemble du bassin versant en fonction de la pluviométrie. Le modèle permet également de visualiser l'impact d'une retenue sur la propagation des débits.

Ainsi, il est possible de comparer en un point donné le débit, avec ou sans retenue de ralentissement dynamique.

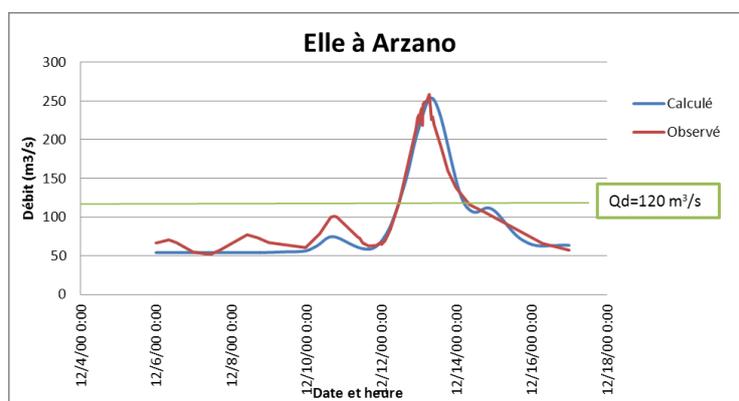
Un modèle hydraulique a également été construit. Celui-ci, plus localisé, permet de transposer un débit en hauteur d'eau ou en enveloppe d'inondation.

Un modèle hydraulique a été construit sur chaque zone à enjeux (Quimperlé, Papeteries de Mauduit, Peny à Pont Helec, Glatfelter à Cascadec, Conserveries Morbihannaises à Guernelez).

Ces modèles hydrauliques ont été construits sur la base de campagnes topographiques menées en 2011, donc prenant en compte les travaux réalisés, particulièrement à Quimperlé.



Zone inondée pour un événement de Décembre 2000



Hydrogramme à Arzano (Décembre 2000)

avec Q_d le débit de premier débordement

L'utilisation des modèles hydrologiques et hydrauliques permet ainsi d'évaluer l'impact avant et après aménagement, en termes de nombre de bâtiments concernés, ceci, afin d'évaluer l'éventuelle réduction des coûts de dommages et l'impact économique des aménagements.

Enfin, ces modèles ont été construits et calés à partir des événements connus et référencés par la DREAL, notamment en 2000, 2001 et 2011.

Ce modèle permet ainsi de simuler des crues de projets (crue cinquantennale, vingtennale, quinquennale...) et d'estimer les cotes et débits de premiers débordements sur chaque zone à enjeux.

La crue de 2000 est estimée comme une crue au moins cinquantennale (2% de risque de se produire chaque année), celle de 2001 comme une vingtennale (5% de risque de se produire chaque année) et celle de 2011 comme une quinquennale (20% de risque de se produire chaque année).

SELECTION AFFINEE DES SITES

8. ANALYSE MULTICRITERE

Suite à la meilleure connaissance topographique des sites potentiels, une sélection a été opérée afin d'analyser les sites qui seraient les plus efficaces.

Une analyse multicritère a été utilisée pour le choix des sites de stockage et a été définie en se basant sur les paramètres suivants :

- Volume des retenues ;
- Surface des bassins versant correspondant à chaque retenue ;
- Distance par rapport aux enjeux ;

Cette première analyse a permis de sélectionner une quinzaine de sites pour un approfondissement de l'analyse.

9. COMBINAISONS OPTIMALES

Afin de définir précisément les sites qui pourraient être envisagés sur le bassin versant de la Laïta, l'analyse approfondie du modèle a été menée sur les scénarios suivants :

- Impact individuel
- Impact avec ensemble des sites
- Combinaison de plusieurs sites
- Combinaison de plusieurs sites sans prise en compte des enjeux en amont
- Combinaison par famille, en intégrant des sites assemblés

Au final 2 combinaisons ont montré un intérêt hydraulique :

- Site 23 et 24 ensemble (Combinaison A)
- Site 2 et Site 23 et 24 ensemble (Combinaison B)

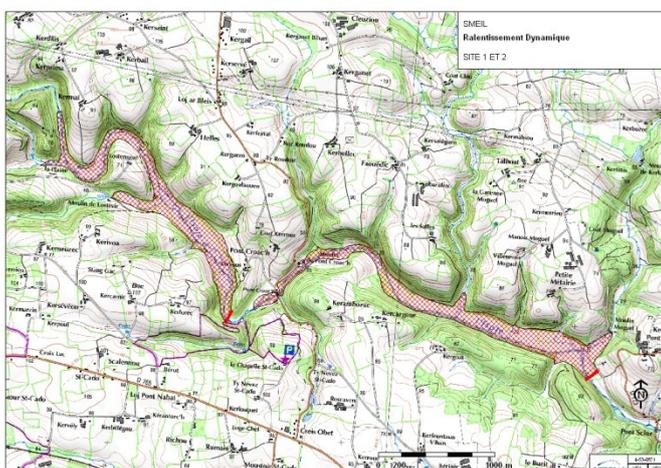
Le tableau suivant présente le **gain en cm** à 3 emplacements dans Quimperlé pour un événement de type 2001.

Site	Combinaison A (cm)	Combinaison B (cm)	Niveau d'eau moyen de débordement atteint sans aménagement (cm)
Confluence	10,7	25,0	150,0 (Rive Gauche)
Pont Lovignon	14,8	31,8	50,0 (Rive Gauche)
Pont Isole/Salé	11,1	28,0	70,0 (Rive Gauche)

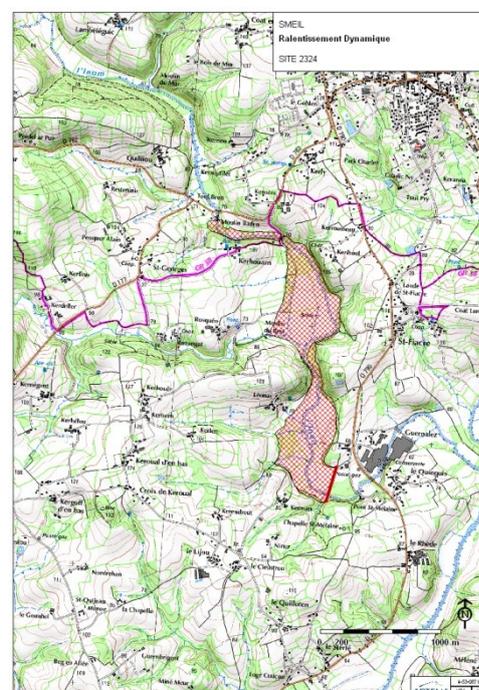
Le tableau suivant présente l'**écrêtement en termes de débit** pour un événement de type 2001.

site	Ecrêtement en entrée de Quimperlé sur l'Isole (%)	Ecrêtement en entrée de Quimperlé sur l'Ellé (%)	Ecrêtement à la confluence (%)
Combinaison A	0,0	10,6	6,4
Combinaison B	29,3	10,6	14,5

10. CACTERISTIQUES DES COMBINAISONS



Les sites 1 et 2 sont situés sur l'Isole au niveau de Pont Croac'h (site 1 à l'est et Site 2 à l'ouest)



Les sites 23 et 24 sont situés sur l'Inam en amont des conserveries. (Site 23 au sud et Site 24 au nord)

Le coût de l'ouvrage est défini suivant 4 paramètres principaux :

- longueur de la digue ;
- longueur du seuil déversant ;
- hauteur de pelle (cote du déversoir);
- hauteur d'eau sur le seuil ;

Site	longueur de la digue (m)	longueur du seuil déversant (m)	hauteur de pelle(m)	coût (HT) Millions d'euros	Volume stockable (Mm ³)	coût unitaire (€/m ³)	Emprise (km ²)
1	115	109	5,7	1,2	0,84	1,4	0,45
2	102	97	8,0	1,3	2,21	0,6	0,35
2324	350	120	8,0	2,6	2,90	0,9	1,0

11. ANALYSE COUT BENEFICE (ACB)

Une ACB a été réalisée afin de connaître l'intérêt économique des ouvrages de ralentissement dynamique.

L'ACB permet de comparer les dommages évités grâce aux retenues avec les coûts de construction et d'exploitation de celles-ci.

Cette ACB est basée sur une méthode normée, proposée par le CEPRI (Centre Européen de Prévention du Risque d'Inondation).

Elle est basée sur une approche des dommages directs et n'intègre donc pas tous les aspects environnementaux, sociaux, patrimoniaux et psychologiques. Cette ACB est uniquement basée sur les dommages causés à Quimperlé et non à ceux en amont (Papeterie de Mauduit, Conserveries Morbihannaise, Glatfelter, Conserveries Peny)

Les premiers dommages ont lieu lors d'une crue quinquennale.

En comptabilisant l'ensemble des inondations qui pourraient se produire, le coût total des inondations, moyenné sur l'année, dans la situation actuelle est estimé à 1,20 million d'euros par an. La combinaison A permet de réduire ce coût et ainsi, celui-ci devient 1,12 million d'euros, soit une réduction des dommages estimée à 80 000 euros/an.

Evènement de crue	Période de retour T de l'évènement	Dommage total (en millions € H.T.)		Réduction des dommages (€ HT)
		Avant aménagement	Après aménagement	
	3	0,0	0,0	0
2011	5	1,28	1,23	50 000
2001	20	6,90	6,51	390 000
2000	50	9,87	8,32	1 550 000

Ce chiffre est ensuite comparé au frais de construction et d'exploitation de l'ouvrage. Pour la combinaison A, en se basant sur une période de 20 ans, il apparaît qu'il y aura une perte d'environ 1,6 million d'euros et donc que le projet n'est pas intéressant économiquement. Un autre indicateur montre que pour 1€ investi, on récupère 0,4€.

La même analyse sur la Combinaison B indique également que le projet n'est pas intéressant d'un point de vue uniquement économique (perte de 2,3 millions d'euros sur une période de 20 ans). Le DEMA (réduction des dommages) est estimé à 140 000 €/an. Un autre critère montre que pour 1€ investi, on récupère 0.5€. Cependant, cette combinaison présente une réduction plus importante du niveau d'eau.

Que ce soit pour une période de 20 ans ou de 50 ans, l'ACB montre que ces aménagements ne sont pas intéressants économiquement.

CONCLUSION

Malgré la réduction des niveaux d'eau sur certains enjeux, il n'est pas intéressant d'un point de vue uniquement économique de construire les retenues proposées. Cette analyse économique est basée sur une valeur moyenne des dommages.

Cependant le choix d'un ouvrage n'est pas uniquement basé sur l'intérêt économique quantifiable. Si d'autres paramètres sont intégrés, il est possible que des sites de ralentissement dynamiques présentent alors un intérêt.

De plus, si certains sites stratégiques se trouvent dans ces zones inondables, leur protection peut s'avérer nécessaire, si le déplacement de ceux-ci n'est pas envisageable.

De plus, l'évaluation des dommages pourrait être affinée avec des valeurs plus précises, ou modifiées par des fluctuations dans le domaine de l'immobilier, ce qui pourrait modifier les conclusions de l'ACB.

L'ACB est calculée sur la base des connaissances acquises fin 2013. Si une augmentation des fréquences de crue devenait significative, cela aurait un impact sur les débits caractéristiques. L'ACB pourrait alors aboutir à des conclusions différentes.

Il est important de bien réfléchir aux influences de chaque ouvrage sur l'horloge des crues. En effet si un ralentissement global est une philosophie louable, il existe des risques à la modification des écoulements lors d'inondations.

Les ouvrages sont également dimensionnés par rapport à une crue de référence. L'efficacité de ces ouvrages sera limitée, et probablement faible, pour d'autres types d'évènements.

Des aménagements mal coordonnés peuvent conduire à simplement déplacer les inondations d'un endroit à un autre, ou pire, à les aggraver (mise en concomitance de deux cours d'eau). Un épisode pluviométrique avec une typologie différente de celle utilisée dans l'étude pourrait ainsi inverser cette tendance et donc accroître le risque d'inondation.

Il est surtout nécessaire de prévoir l'entretien de ces ouvrages sur de longues échelles de temps. En effet, une rupture de ces ouvrages aurait des conséquences bien plus dévastatrices que celles observées lors des dernières inondations.

La mise en place de ce type d'ouvrage nécessite une étude réglementaire solide intégrant différents aspects tels que la Loi sur l'Eau et la sécurité des ouvrages hydrauliques par exemple.

Enfin, les débordements sur la partie aval de Quimperlé sont également causés par les effets de la marée. Ainsi, les ouvrages de ralentissement ne permettront pas toujours d'éviter les inondations dans cette zone.

D'autres solutions pourraient être également envisagées et combinées avec des sites de ralentissement dynamiques (protection locale, réduction de la vulnérabilité...).

oOo