

DEPARTEMENT DE SEINE-ET MARNE
SYNDICAT INTERCOMMUNAL D'ETUDES ET DE TRAVAUX POUR
L'AMENAGEMENT ET L'ENTRETIEN
DU BASSIN DU GRAND MORIN

**ETUDE POUR L'AMENAGEMENT DES BASSINS
VERSANTS ET AFFLUENTS DU GRAND MORIN
LUTTE CONTRE LES RUISSELLEMENTS
URBAINS ET PLUVIAUX**

**PHASE 2 – Etude de l'aménagement
des bassins versants**



Titre : ETUDE POUR L'AMENAGEMENT DES BASSINS VERSANTS ET
AFFLUENTS DU GRAND MORIN

Objet : PHASE 2 – ETUDE DE L'AMENAGEMENT DES BASSINS
VERSANTS

Maître d'ouvrage : Syndicat Intercommunal d'études et de travaux pour l'aménagement
et l'entretien du bassin du Grand Morin

Maître d'œuvre : BET Yonne - SESAER

Affaire suivie par : **Frédéric Laval**
Etienne Retailleau
Marilyn Maisse

Etude référencée : 2H 1462

Rapport émis en : Mai 2003

Coordonnées du bureau d'études : CEDRAT DEVELOPPEMENT



10 Chemin du Pré Carré - ZIRST - 38246 MEYLAN Cedex

Tel : 04.76.90.50.45. - Fax : 04.76.90.16.09.

Email : cedrat-dev@cedrat.com

SOMMAIRE

INTRODUCTION	3
1. LUTTE CONTRE LE RUISSELLEMENT URBAIN.....	4
1.1 RAPPELS SUR L'ÉTAT DES LIEUX.....	4
1.2 DIFFÉRENTES TECHNIQUES DE LUTTE CONTRE LE RUISSELLEMENT URBAIN	4
1.3 MODÉLISATION DE LA COMPENSATION DE L'URBANISATION.....	5
1.3.1 Principe retenu.....	5
1.3.2 Description des aménagements modélisés et résultats.....	5
1.3.3 Coûts	6
1.4 COMMENTAIRES ET CONCLUSIONS	6
2. ECRÊTEMENT DES CRUES PAR ACCROISSEMENT DE LA RETENTION EN MILIEU RURAL.....	7
2.1 RAPPEL SUR L'OBJECTIF DE L'ÉTUDE	7
2.2 PRINCIPE D'AMÉNAGEMENT.....	7
2.3 REMARQUES PRÉLIMINAIRES	9
2.3.1 Calcul des volumes	9
2.3.2 Modélisation et incertitudes.....	9
2.4 ENSEMBLE DES SITES POTENTIELS	10
2.5 SCÉNARIOS D'AMÉNAGEMENTS.....	10
2.5.1 Mesnil	11
2.5.2 Vaudessard	12
2.5.3 Liéton.....	14
2.5.4 Orgeval	16
2.6 SYNTHÈSE.....	19
3. LUTTE CONTRE LE RUISSELLEMENT EN MILIEU RURAL.....	20
3.1 MODIFICATION DU MODÈLE.....	21
3.1.1 Comparaison des capacités d'infiltration et de la pluviométrie	21
3.1.2 Modification du modèle pluie-débit	22
3.1.3 Calage du modèle.....	23
3.2 HAIES.....	24
3.3 BANDES ENHERBÉES	26
3.4 PRATIQUES CULTURALES	27

3.5 FOSSE D'INFILTRATION	28
3.6 FOSSÉ EN ESCALIER	30
3.7 ZONES TAMPONS.....	31
3.8 OUVRAGE LIMITANT EN LIT MINEUR	33
3.9 SYNTHÈSE ET COMMENTAIRES	34
4. CONCLUSION.....	35

INTRODUCTION

Le Syndicat Intercommunal d'Etudes et de Travaux pour l'Aménagement et l'Entretien du Bassin du Grand Morin gère le cours d'eau et ses affluents dans sa partie aval, entre sa confluence avec la Marne et Coulommiers.

Le Syndicat souhaite diminuer l'ampleur et la rapidité des crues qui caractérisent le Grand Morin et qui provoquent de nombreuses nuisances pour les riverains. La maîtrise de ces phénomènes nécessite des interventions dans l'ensemble du bassin versant.

Conscient de l'ampleur de la démarche, le Syndicat souhaite initier un programme d'intervention sur les affluents rive droite du Grand Morin, y compris le bassin versant de l'Orgeval qui fait l'objet d'un suivi scientifique depuis de nombreuses années. Ce programme vise à réduire notablement les apports des affluents afin que l'impact sur le Grand Morin devienne significatif.

Après avoir dressé un état des lieux sur les quatre affluents étudiés : le Mesnil, le Vaudessard, le Liéton et l'Orgeval, différents aménagements possibles ont été étudiés pour répondre à l'objectif de diminution de l'ampleur des crues du Grand Morin. Trois thématiques ont été abordées :

- Lutte contre le ruissellement en milieu urbain
- Ecrêtement des crues par accroissement de la rétention en milieu rural
- Lutte contre le ruissellement en milieu rural.

Cette phase de l'étude a pour objectif de fournir les éléments nécessaires à la définition du programme d'actions (objet de la troisième phase de l'étude) cohérent entre les souhaits du SIETAEB du Grand Morin, la faisabilité technique et financière mais aussi les objectifs du SDAGE Seine Normandie, de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau.

1. LUTTE CONTRE LE RUISSELLEMENT URBAIN

1.1 RAPPELS SUR L'ETAT DES LIEUX

L'imperméabilisation des surfaces (voirie, toiture, parking...) provoquée par l'urbanisation a eu pour conséquence une augmentation du ruissellement restitué au cours d'eau.

L'état des lieux a montré l'importance du ruissellement induit par les zones urbaines sur les crues des différents affluents du Grand Morin étudiés. Ces résultats sont synthétisés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 1 - Répartition des apports volumiques en crue décennale

	Volume de crue (m ³)	Urbain	Cultures	Forêt	Prairies, jachère,	Total
Mesnil	520 000	10 %	85 %	2 %	3 %	100%
Vaudessard	520 000	7 %	88 %	2 %	3 %	100%
Liéton	370 000	6 %	90 %	2 %	3 %	100%
Orgeval	2 700 000	4 %	91 %	3 %	2 %	100%

Ainsi les apports issus des zones urbaines, varient de 10 % pour le Mesnil à 4 % pour l'Orgeval.

1.2 DIFFERENTES TECHNIQUES DE LUTTE CONTRE LE RUISSELLEMENT URBAIN

En milieu urbain, de nombreuses techniques de lutte contre le ruissellement existent. Les principales sont énumérées ci-dessous :

Aménagements collectifs	Aménagements parcelaires
Puits	Puits
Tranchées d'infiltration	Tranchées d'infiltration
Noues (fossé au profil évasé)	Toits stockants
Chaussée à structure réservoir	Bac de collecte des eaux pour l'arrosage
Bassin	

Une présentation détaillée (avantages, inconvénients, description technique et impact) de chacune des techniques ci-dessus est donnée en élément hors texte *Dispositif de lutte contre le ruissellement rural et urbain*.

Dans le cas de la présente étude, les noyaux urbains sont

- des villages en zones rurales
- des lotissements avoisinant les principales villes situées sur les rives du Grand Morin (Coulommiers, Mouroux, Crécy la Chapelle et Couilly Pont aux Dames).

Ces villages ou ces lotissements ne constituent pas des zones densément urbanisées. Les techniques nécessitant des acquisitions foncières peuvent donc être employées (bassins, noues)

car elles sont moins coûteuses que la mise en place de chaussées à structure réservoir et de toits stockant.

1.3 MODELISATION DE LA COMPENSATION DE L'URBANISATION

1.3.1 PRINCIPE RETENU

La législation actuelle (code de l'environnement articles L214.1 à L214.6) impose dans certains cas la compensation du surplus d'eau induit par le développement urbain.

Ce principe a été retenu pour définir les volumes de rétention par unité urbaine.

L'urbanisation étant lâche, le coefficient de ruissellement retenu est de 0,5. L'état de référence est un sol couvert par une forêt ou une prairie favorisant l'infiltration et la rétention. Il est représenté par un coefficient de ruissellement de 0,1.

Le volume ruisselé pour un coefficient de ruissellement de 0,1 est soustrait à celui associé à un coefficient de ruissellement de 0,5.

Le volume ainsi obtenu est soustrait aux écoulements de surface. Ils sont considérés dans le cadre de la présente étude, comme totalement infiltrés ou restitués hors durée de la crue.

1.3.2 DESCRIPTION DES AMENAGEMENTS MODELISES ET RESULTATS

Deux temps de retour ont été retenus : la crue décennale et la crue centennale.

Pour chacune des deux crues, le volume de rétention a été défini par unité urbaine. La cartographie *Compensation de l'urbanisation* en élément hors texte, présente la commune concernée, sa superficie et les deux volumes associés aux deux crues étudiées.

Les tableaux ci-dessous synthétisent par affluent du Grand Morin les volumes de rétention obtenus :

	Vaudessard		Mesnil		Liéton		Orgeval	
Temps de retour	10 ans	100 ans	10 ans	100 ans	10 ans	100 ans	10 ans	100 ans
Volume total de rétention (m ³)	17 000	23 000	23 000	30 000	8 000	10 000	38 000	50 000
Volume total de crue à l'exutoire (m ³)	514 000	806 000	516 000	809 000	373 000	494 000	2 717 000	4 083 000
Gain en débit de pointe à l'exutoire (m ³ /s)	0.6	0.9	0.5	0.8	0.3	0.4	0.3	0.5
Débit de pointe à l'exutoire (m ³ /s)	11	17	11	17	8	11	24	36
Gain en %	5%	5%	4%	5%	4%	4%	2%	2%

Les résultats montrent que la mise en place de la compensation de l'urbanisation aurait un impact significatif (quelques pour cents) sur les débits de pointe.

Concernant les volumes, ils seront soustraits aux écoulements dans le cas où des techniques d'infiltration vers les nappes profondes sont retenues (puits, tranchées d'infiltration...), ils seront inchangés dans le cas où les techniques de stockage provisoire sont retenues (bassins, noues).

Les techniques d'infiltration seront préférées aux techniques de stockage provisoire car elles répondent mieux à l'objectif de lutte contre les inondations du Grand Morin.

1.3.3 COUTS

Un coût estimatif a été dressé sur la base de la réalisation de bassins. Il s'agit d'un estimatif très grossier puisque très peu d'éléments techniques sont définis. Ce chiffrage a pour objet de donner un ordre de grandeur à comparer aux autres aménagements proposés.

Ne sont pas inclus dans les prix indiqués ci-dessous, les frais d'ingénierie, de maîtrise d'œuvre, de topographiques, d'acquisition foncière ainsi que la mise en place de réseau d'assainissement pluvial ou tout système de collecte des eaux.

	Vaudessard		Mesnil		Liéton		Orgeval	
Temps de retour	10 ans	100 ans	10 ans	100 ans	10 ans	100 ans	10 ans	100 ans
Volume total de rétention (m ³)	17 000	23 000	23 000	30 000	8 000	10 000	38 000	50 000
Prix estimatif €HT	600 000	800 000	800 000	1 050 000	300 000	350 000	1 330 000	1 750 000

Soit les totaux suivants :

Temps de retour	10 ans	100 ans
Volume total de rétention	86 000 m ³	113 000 m ³
Prix estimatif	3 000 000 €HT	4 000 000 €HT

Compte tenu du nombre de frais non inclus, ces valeurs sont très inférieures aux dépenses réellement à engager pour mettre en œuvre de tels aménagements.

1.4 COMMENTAIRES ET CONCLUSIONS

Le modèle mis en œuvre permet de montrer l'importance de la maîtrise du ruissellement en milieu urbain. Ainsi il est souhaitable que le développement des communes en amont du Grand Morin se fasse dans l'esprit de la législation en vigueur : le surplus de ruissellement produit par imperméabilisation doit être compensé.

Pour aller dans ce sens, le Syndicat peut chercher à obtenir de la part des communes appartenant aux bassins versants étudiés, l'inscription de l'obligation de compensation de l'urbanisation dans leur règlement d'urbanisation si cela n'est pas déjà réalisé.

On pourra faire appel aux fiches techniques en annexe pour disposer d'exemples techniques répondant à de telles prescriptions. On privilégiera les techniques d'infiltration aux techniques de stockage provisoire.

2. ECRETEMENT DES CRUES PAR ACCROISSEMENT DE LA RETENTION EN MILIEU RURAL

2.1 RAPPEL SUR L'OBJECTIF DE L'ETUDE

La lutte contre le ruissellement a pour principal objectif la diminution des apports des affluents aux crues du Grand Morin. Pour cela, un objectif de réduction à une crue décennale des crues supérieures a été émis.

Pour répondre à un tel objectif, il est nécessaire d'intervenir sur le cours d'eau alors que la crue s'est formée.

Si l'on raisonne de manière statique sur les volumes, cet objectif se traduit par la rétention suivante :

	Vaudessard	Mesnil	Liéton	Orgeval
Volume total de rétention	300 000 m ³	300 000 m ³	120 000 m ³	1 400 000 m ³

Toutefois, une analyse dynamique des écoulements est nécessaire pour définir avec précision les impacts sur les crues de la rétention en zone rurale. Cette analyse fait l'objet du présent chapitre.

2.2 PRINCIPE D'AMENAGEMENT

Compte tenu de l'ordre de grandeur des volumes à stocker, des solutions adaptées doivent être mises en œuvre.

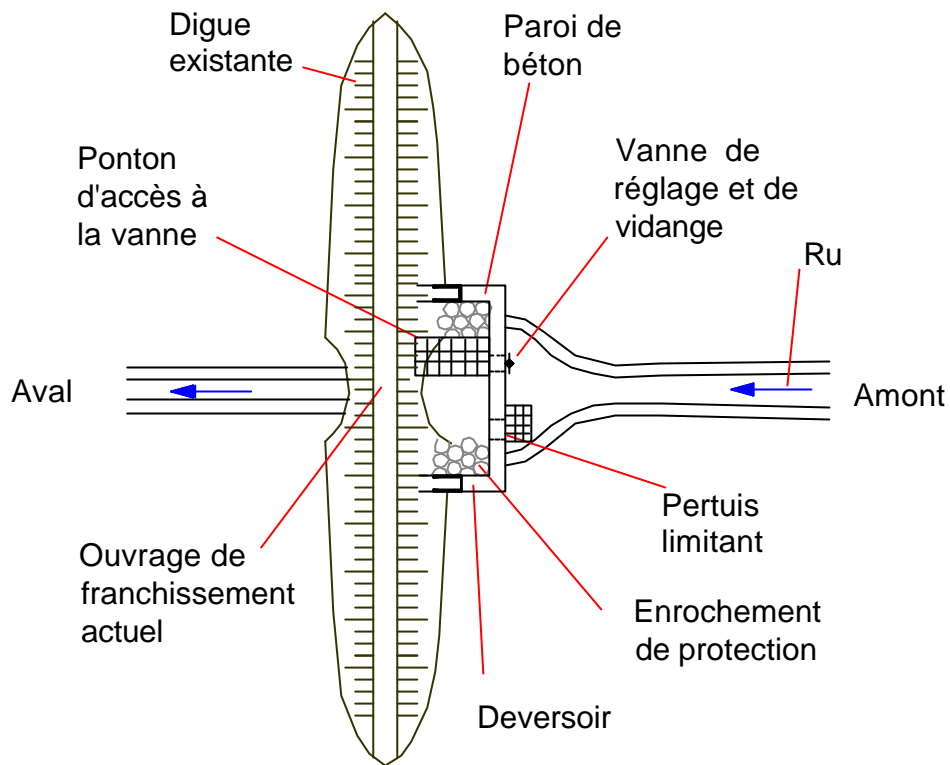
La principale solution technique consiste à réaliser de la rétention des eaux dans les zones de stockage naturelle de crues fonctionnant ou pas actuellement.

Il s'agit de vastes étendues de faibles pentes permettant le stockage d'importants volumes d'eau tout en minimisant les ouvrages à mettre en place.

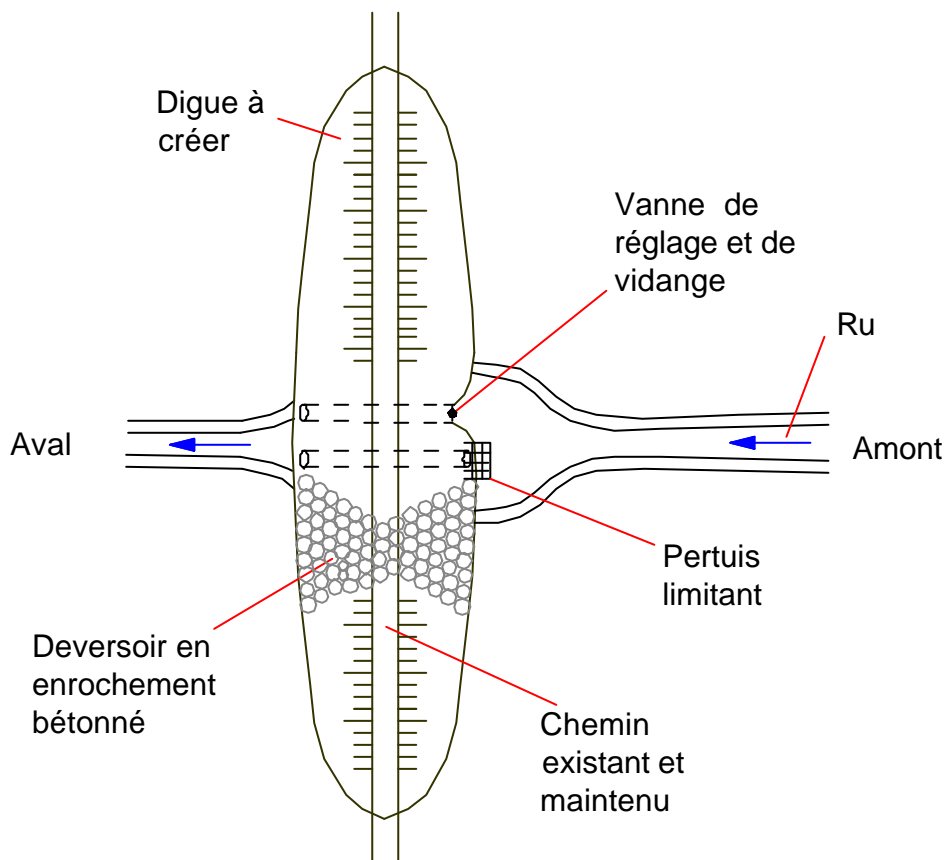
Dans le cas de la présente étude, de nombreuses digues formant autrefois des étangs sont encore présents et peuvent servir dans la lutte contre la formation des crues.

Une description détaillée de ce type d'aménagement est fourni dans l'élément hors texte *Dispositifs de lutte contre le ruissellement rural et urbain*.

Des vues en plan type de ces aménagements sont fournies en page suivante.



Vue en plan type d'ouvrages limitants sur digue existante



Vue en plan type de zones de stockage

Aspect foncier

La principale problématique liée à la mise en place de ces aménagements est foncière. Trois solutions sont envisageables pour assurer un statut et une bonne gestion des aménagements :

- Achats de l'ensemble des terrains : implantation des ouvrages et zones inondables
- Achat de l'emprise des ouvrages avec convention pour la gestion de la zone inondable
- Convention sans achat.

Dans le cas où les parcelles sont conservées en culture (majorité des cas), des indemnités sont à prévoir en cas de crue.

2.3 REMARQUES PRELIMINAIRES

2.3.1 CALCUL DES VOLUMES

Les données utilisées pour la présente étude sont les cartes IGN 1/25 000^{ème} et les relevés de terrain. Cela permet d'avoir une approche réaliste des hauteurs et des surfaces concernées par l'expansion des crues sans toutefois avoir la précision d'un levé de géomètre.

Les volumes ont été calculés sur la base d'une forme pyramidale dont la formule est la suivante :

$$V = (S.h)/3$$

Avec V : volume
S : surface inondée
h : hauteur maximale à l'exutoire

Cette formule conduit à une légère sous-estimation des volumes.

Pour les besoins de la présente étude, ces données sont suffisantes. Cependant pour la suite du projet, il sera nécessaire d'être plus précis et de réaliser un levé topographique des zones concernées.

Cela permettra :

- de définir un état des lieux précis (hauteur d'eau en fonction du débit)
- de calculer le volume de rétention précisément
- de définir l'emprise maximale d'inondation
- de définir la loi hauteur débit imposée par l'ouvrage limitant ce qui apportera des précisions sur la fréquence d'inondation des zones les plus basses.

2.3.2 MODELISATION ET INCERTITUDES

La modélisation des aménagements de rétention a été basée sur les principes suivants :

- Pour chaque site, la surface de l'emprise maximale et de l'emprise de mi-hauteur d'eau ont été calculées,
- Pour chaque site, une estimation du diamètre de la buse de vidange a été réalisée à partir de l'hypothèse suivante : le débit de vidange lorsque la hauteur maximale est atteinte est égal au débit enregistré à l'exutoire du site lors d'une crue centennale à l'exutoire du bassin versant de l'affluent du Grand Morin considéré,
- Pour chaque site, une loi hauteur débit possédant deux points (mi-hauteur, hauteur maximale) a été calculée
- Chaque bassin a été simulé à l'aide d'une loi volume débit déterminé par les calculs précédents,

- Pour chaque scénario, l'ensemble des bassins du scénario a été introduit dans le modèle. Les débits de vidange ont été optimisés pour obtenir un impact optimum.

Ainsi, pour chaque scénario, le modèle restitue l'impact local des sites de rétention mais aussi l'impact global puisqu'il dispose d'un grand nombre de nœuds de calcul. Ainsi, il est possible d'observer la diminution progressive vers l'aval de l'écrêtement généré par un site.

Les incertitudes liées à cette modélisation sont principalement dues aux lois volume-débit. A partir de données topographiques plus précises, ces incertitudes peuvent être levées.

Il convient de rappeler toutefois que chaque crue est unique et que les aménagements sont testés sur une crue représentative des phénomènes observés mais pas de chaque cas individuel. Ainsi les impacts réels peuvent différer sensiblement de ceux décrits dans la suite.

2.4 ENSEMBLE DES SITES POTENTIELS

Durant la visite de terrain de la première phase, l'ensemble des sites potentiels a été relevé. Ce relevé fait l'objet de la cartographie en élément hors texte *Ensemble des sites de rétention potentiels*.

Tous n'ont pas été retenus dans la suite de l'étude. Les principales raisons sont les suivantes :

- Difficultés techniques (terrassements nécessaires, hauteur de digue importante)
- Difficultés foncières (présence de remblais autoroutiers)
- Volume négligeable par rapport aux objectifs
- Volume redondant avec d'autres bassins

2.5 SCENARIOS D'AMENAGEMENTS

Pour chacun des affluents du Grand Morin étudiés, différents scénarios ont été réalisés. En effet, les sites peuvent être classés en plusieurs catégories :

- Sites disposant d'une digue et représentant un volume important au regard des crues
- Sites disposant d'une digue et représentant un volume restreint mais intéressant (position amont) au regard des crues
- Sites ne disposant pas de digue mais possédant une forte capacité de stockage.
- Sites ne disposant pas de digue mais présentant un intérêt pour le stockage des eaux.

A partir de ces catégories, quatre scénarios ont été définis :

- Scénario 1 : 1^{ère} catégorie de zones de stockage
- Scénario 2 : 1^{ère} et 2^{de} catégories de zones de stockage
- Scénario 3 : 1^{ère} et 3^{ème} catégories de zones de stockage
- Scénario 4 : ensembles des zones de stockage

Seuls les scénarios judicieux pour chaque affluent ont été retenus.

Pour chaque bassin versant, les résultats sont détaillés dans la cartographie en élément hors texte *Zone de stockage*. On y trouvera chacune des zones de rétention avec leur volume associé, leur impact en terme de débit de pointe en aval immédiat ainsi que l'impact à l'exutoire de l'ensemble des aménagements.

2.5.1 MESNIL

a) Description des sites

Trois sites ont été retenus. Le premier (1-d) intercepte les eaux du Mesnil. Le second intercepte les eaux d'un affluent du Mesnil qui se jète juste en aval du précédent site. Le troisième écrête les crues du Ru du Bouton en aval de Bouleurs.

Numéro	localisation	volume m3	Surface ha	débit de fuite m3/s	occupation du sol	digue existante	zone drainée
Scénario 1							
1-d	Magny St Loup	65 000	3	4	cultures	remblai routier	indéterminé
Scénario 2 (scénario 1 + bassins ci-dessous)							
2-a	Bouleurs	49 000	1	1.5	bois et cultures	non	probable
3-a	Magny St Loup	20 000	1.2	0.9	cultures	non	peu probable

Compte tenu des volumes de stockage, les ouvrages de vidange ont été dimensionnés pour que les zones de stockage soit pleine en crue cinquantennale.

Pour les ouvrages 3-a et 2-a, l'implantation des digues est prévue au droit de chemins existants pour limiter les problèmes d'emprises foncières.

b) Résultats

Le tableau ci-dessous présente les résultats à l'exutoire en terme de débit de pointe :

	débit m3/s	temps de retour
état initial	15.5	50 ans
Scénario 1	13.3	30 ans
Scénario 2	11	10 ans

Ainsi la crue cinquantennale est écrêtée à hauteur de la crue décennale. Cependant il faut toutefois noter que le volume écrêté est restitué après l'enregistrement du débit de pointe. Les hydrogrammes en page suivante montre l'impact dynamique des aménagements :

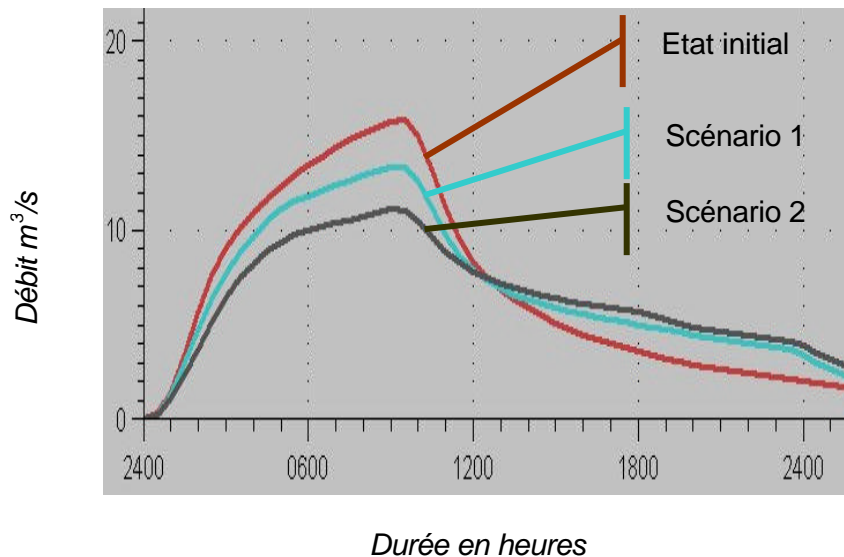


Figure 1 – Comparaison des hydrogrammes du Mesnil à l'exutoire pour une crue cinquantennale

Le volume stocké lors de la pointe de crue est restitué durant 12 heures lors de la décrue.

c) Estimatif des coûts

Les coûts indiqués sont estimatifs compte tenu des incertitudes topographiques. Ils intègrent toutefois la fourniture et la pose des aménagements, les frais en topographie, en expertise géotechnique, en définition du projet, en acquisition foncière (seulement l'emprise des ouvrages) et en maîtrise d'œuvre.

	Coût
Scénario 1	60 000 € HT
Scénario 2	220 000 € HT

2.5.2 VAUDESSARD

a) Description des sites

Quatre sites ont été retenus : deux sur le Vaudessard lui-même et deux sur son affluent la Fosse aux Coqs.

numéro	localisation	volume m3	surface ha	Débit de fuite m3/s	occupation du sol	digue existante	zone drainée
Scénario 1							
1-d	Sancy	15 000	3.8	0.8	cultures	Remblai routier D 228	probable
2-f	Maisoncelles en Brie	52 000	7.5	3	cultures/jachères	Chemin agricole	probable
Scénario 2 (scénario 1 + bassins ci-dessous)							
1-c	Pré des Gouffres	48 000	7.3	0.8	cultures	non	probable
2-c	Maisoncelles en Brie	31 000	7.2	3	cultures	non	peu probable

La réalisation des digues pour les ouvrages 1-c et 2-c est prévue au droit de chemins existants pour limiter les problèmes d'emprises foncières.

Le site 2-c pourra éventuellement être décalé en aval car les problèmes fonciers y sont moins importants : une grande partie de la zone inondable est constituée de bois et de jachères. Cependant une partie de l'emprise de la digue sera en plein champ. Cette variante impose une digue plus imposante que dans le cas de l'implantation initiale.

Une attention toute particulière sera portée à la stabilité de la digue de l'ouvrage 2-f. En effet la rupture de cette digue pourrait avoir des conséquences néfastes sur le village de Maisoncelles en Brie.

L'ensemble des ouvrages limitants est dimensionné pour réduire le débit centennal au débit décennal.

b) Résultats

Le tableau ci-dessous présente les résultats à l'exutoire en terme de débit de pointe :

	débit m3/s	temps de retour
état initial	17	100 ans
Scénario 1	14.6	50 ans
Scénario 2	12	10 ans

Les ouvrages 1-d et 2-f permettent de diminuer le débit de pointe à l'exutoire du bassin versant de la crue centennale à la crue cinquennale. Avec quatre sites, il est possible d'écarter la crue centennale à hauteur de la crue décennale.

Les hydrogrammes en page suivante permettent d'appréhender l'impact des aménagements de manière dynamique à l'exutoire du Vaudessard :

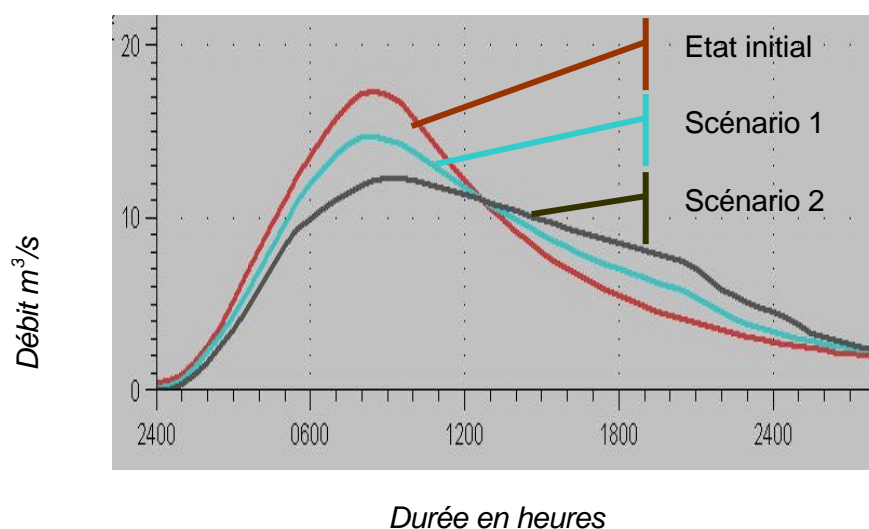


Figure 2 – Comparaison des hydrogrammes à l'exutoire du Vaudessard pour une crue centennale

Les hydrogrammes ci-dessus montrent l'écrêtement obtenu, le ralentissement dynamique de la crue pour les deux scénarios.

c) Estimatif des coûts

Les coûts indiqués sont estimatifs compte tenu des incertitudes topographiques. Ils intègrent toutefois la fourniture et la pose des aménagements, les frais en topographie, en expertise géotechnique, en définition du projet, en acquisition foncière et en maîtrise d'œuvre.

	Coût
Scénario 1	120 000 € HT
Scénario 2	280 000 € HT

2.5.3 LIETON

a) Description des sites

Le Liéton dispose de nombreux anciens étangs. Les trois sites retenus sont des anciens étangs dont les digues existent encore.

numéro	localisation	volume m3	surface ha	débit de fuite m3/s	occupation du sol	digue existante	zone drainée
1-i	La petite Loge	15 000	3.4	0.6	cultures/prairie	oui	probable
1-g	Etang de Francheville	80 000	14	1.2	cultures	oui	probable
4-b	Etang de Morillas	25 000	5	1	jachère/cultures	oui	probable

L'ouvrage limitant du site 1-g est calé pour des débits faibles pour compenser l'apport des sous bassins versants situés en aval. Pour limiter les désagréments, deux solutions sont

envisageables : la mise en pâture des zones fréquemment inondées ou bien une indemnisation régulière sur les pertes d'exploitation provoquée par les inondations fréquentes.

b) Résultats

Le bassin versant du Liéton possède de nombreux sites de stockage. Cependant l'ensemble de ces sites est situé en amont du bassin versant. Leur forte capacité a permis cependant d'écrêter suffisamment les débits pour diminuer le débit centennal à Mouroux à hauteur du débit décennal. Ce résultat est intéressant du point de vue de la protection contre les inondations de la commune de Mouroux dont les maisons riveraines au Liéton sont inondées pour un temps de retour d'environ 50 ans. Les aménagements proposés permettraient d'assurer une protection jusqu'à environ, la crue centennale.

Cependant, l'efficacité du dispositif repose sur un site situé au cœur du bassin versant. Pour répondre à l'objectif de réduction du débit de pointe centennal au débit de pointe décennal, il doit fonctionner pour de débit relativement faible, peu compatible avec l'occupation du sol. Un compromis entre efficacité et occupation du sol devra donc être trouvé.

	Débit m ³ /s	Temps de retour
état initial	11	100 ans
Après aménagement	7.3	10 ans

Les hydrogrammes ci-dessous présentent l'impact dynamique du stockage :

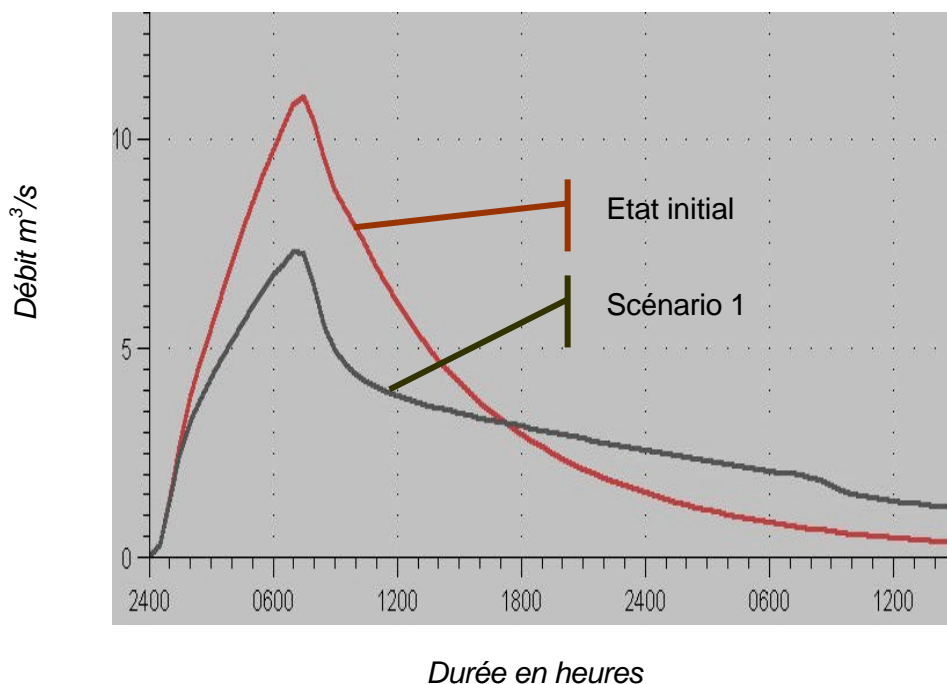


Figure 3 - Comparaison des hydrogrammes à l'exutoire du Liéton pour une crue centennale

Les zones de stockage étant situées en amont du bassin versant, elles ne permettent pas de lamener les apports situés en aval de celles-ci. C'est pourquoi, on observe une pointe aux alentours de 6h00 qui diminue très rapidement pendant environ 4 heures.

c) Estimatif des coûts

Les coûts indiqués sont estimatifs compte tenu des incertitudes topographiques. Ils intègrent toutefois la fourniture et la pose des aménagements, les frais en topographie, en expertise géotechnique, en définition du projet, en acquisition foncière et en maîtrise d'œuvre.

	Coût
Scénario 1	180 000 € HT

2.5.4 ORGEVAL

a) Description des sites

Le bassin versant de l'Orgeval possédait autrefois un grand nombre d'étangs. Il subsiste encore aujourd'hui de nombreuses digues de ces étangs. Elles sont principalement concentrées sur le Ru du Rognon (partie ouest du bassin versant de l'Orgeval).

Quatre scénarios ont été retenus :

- Scénario 1 : sites représentant un volume de plus de 20 000 m³ possédant actuellement une digue
- Scénario 2 : sites possédant actuellement une digue ayant un intérêt pour la rétention des eaux
- Scénario 3 : scénario 1 + sites représentant un volume de plus de 20 000 m³ ne possédant pas actuellement de digue
- Scénario 4 : les 3 scénarios précédents + sites ne possédant pas de digue actuellement présentant un intérêt pour la rétention des eaux.

numéro	localisation	volume m3	surface ha	occupation du sol	digue existante	zone drainée
Scénario 1						
r7	Etang Saint Denis	50 000	10	Cultures	oui	probable
r6	Etang du Moulin	20 000	6	Cultures	oui	probable
r3-2	la Brosse	39 000	8	Cultures	oui	probable
r4	Villers	95 000	20	Cultures	oui brèches de 12 m	probable
b1	le Fayet	39 000	6	Cultures	oui	probable
b3	Choqueuse	21 000	4	Cultures	oui	probable
c3	le Grand Etang de la Loge	67 000	20	Cultures	oui	probable
em3	le Plessier	72 000	14	Cultures/ Bois/ Jachère	oui	probable

Scénario 2 (scénario 1 + bassins ci-dessous)						
r11	Etang en aval de l'Etang St Denis	13 000	3	Etang/ Bois	à aménager	non
r10	Etang St Denis	6 000	2	Etang/ Bois	à aménager	non
r7-3	Le Mans	13 000	4	Cultures/ Pâturage	oui	probable
r7-2	le Mans	8 000	2	Cultures	oui	probable
r7-1	Nesle	14 000	3	Cultures/ Pâtures	oui	probable
r5-1	La Grande Loge	17 000	4	Cultures	oui	probable
r6-2	Pierre Levé	16 000	3	Forêt	oui	non
r4-3	Bois de la Grange	5 000	4	Forêt	oui	non
r4-2	Etang de la Grange	10 000	8	Cultures	oui	probable
r3-1-1-1	Bois bouté	4 000	1	Etang	à aménager	non
r3-2-2	Etang de Nizet	5 000	2	Etang	à aménager	non
r3-2-1-1	Etang des Malaquais	12 000	2	Etang	à aménager	non
r3-1	le Grand Bibartault	16 000	4	Cultures	oui	probable
b4	Maison forestière des Abesses	16 000	3	Cultures/ Bois	oui	probable
b3-1	bois d'Arrageon	9 000	3	Cultures	oui	probable
c2	St Germain sous Doue	13 000	10	Cultures	oui	probable
Scénario 3 (scénario 1 + bassins ci-dessous)						
fr6	le bois Clos	26 000	6	Cultures	non	oui
fr3	Doue	150 000	30	Cultures	non	oui
a1	Speuse	50 000	4	Bois/ Cultures	non	peu probable
o1	Theil	150 000	14	Cultures	non	probable
o11	D 222	220 000	22	cultures/ Jachères	partielle: remblai routier	peu probable
Scénario 4 (ensemble des scénarios précédents plus les bassins ci-dessous)						
r3-4	La Masure	8 000	2	Cultures	non	probable
r2-1	la Béthorée	30 000	12	Cultures	non	probable
r2-1	Villers	18 000	6	Cultures	non	probable

b) Résultats

Les quatre scénarios présentent un gradient d'efficacité. Le scénario 4 permet de réduire le débit de pointe centennal au débit de pointe d'une crue décennale.

	débit m ³ /s	Temps de retour
état initial	36	100 ans
Scénario 1	29	50 ans
Scénario 2	27.7	30 ans
Scénario 3	24.4	20 ans
Scénario 4	22.6	10 ans

La cartographie en élément hors texte *Zones de stockage* présente les résultats en différents points du bassin versant. Il convient de constater que les sites situés très amont fonctionnent pour des débits faibles correspondant à des temps de retour faibles. Cela signifie des désagréments réguliers pour l'exploitant des parcelles sur-inondées et donc des difficultés de mise en place. Les sites proposés sur les étangs ou dans les forêts ont une bonne adéquation entre l'occupation des sols et la fonction de sur-stockage.

Les hydrogrammes en page suivante présentent l'impact dynamique des aménagements à l'exutoire de l'Orgeval.

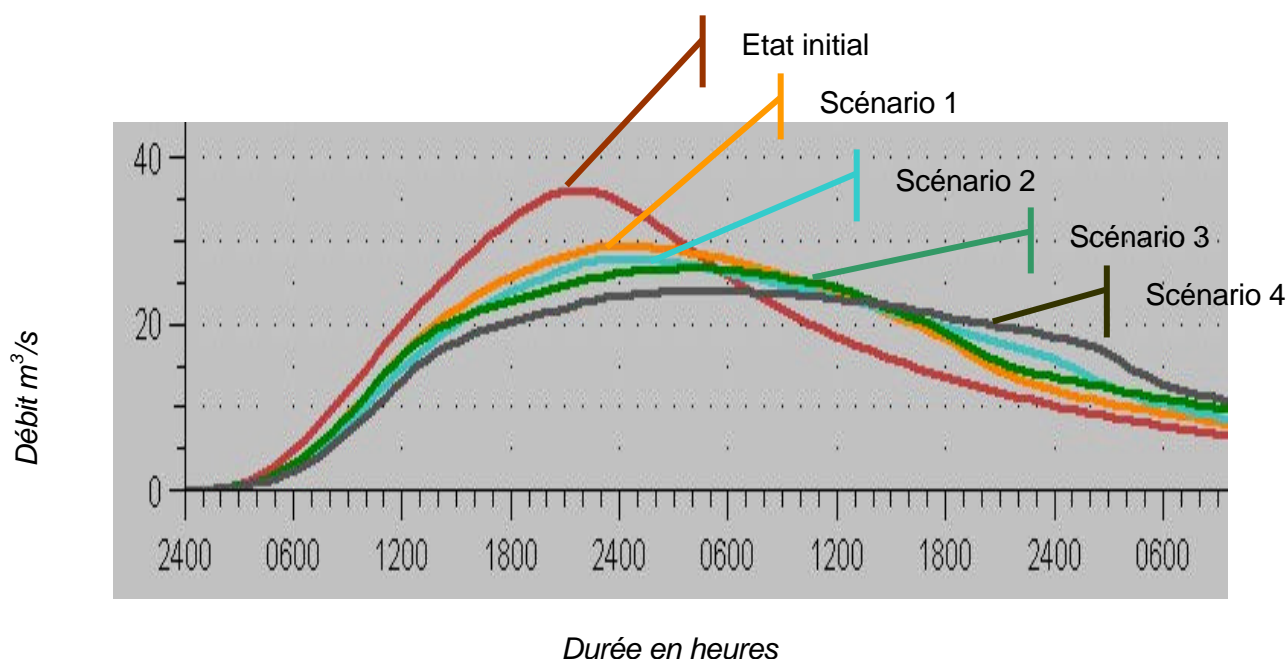


Figure 4 - Comparaison des hydrogrammes à l'exutoire de l'Orgeval pour une crue centennale

Ces hydrogrammes permettent de visualiser que :

- Le scénario 1 présente un fort impact : réduction du débit de pointe de 20 %
- Le scénario 2 présente un faible rapport entre le nombre d'ouvrages et l'efficacité : 16 ouvrages pour un écrêtement supplémentaire de 4 %

- Le scénario 3 est plus avantageux que le scénario 2, il nécessite 5 ouvrages pour un écrêtement supplémentaire par rapport au scénario 1 de 16 %
- Le scénario 4 remplit l'objectif en terme d'écrêtement de crue : le débit de pointe centennal est réduit au débit de pointe décennal. Il nécessite toutefois 32 sites.

Le scénario 3 est le plus intéressant car il présente une bonne efficacité, les sites retenus fonctionnent pour des temps de retour compatibles avec l'occupation des sols.

c) Estimatif des coûts

	Coût
Scénario 1	480 000 € HT
Scénario 2	1 560 000 € HT
Scénario 3	1 080 000 € HT
Scénario 4	2 400 000 € HT

Compte tenu des estimations financières et des contraintes d'usage du sol, le scénario 2 paraît peu avantageux. Le scénario 3 offre un bon rapport coût-efficacité. Le scénario 1 présente toutefois un fort impact en rapport avec son coût.

2.6 SYNTHÈSE

Les aménagements proposés dans ce chapitre présentent de nombreux avantages :

- Coût limité
- Efficacité certaine
- Emprise foncière limitée
- Discrétion paysagère
- Compatible avec l'occupation des sols actuelle

Cependant certains inconvénients subsistent :

- Gestion foncière : achat ou convention, dédommagement lors de dégâts sur les parcelles
- Dimensionnement des ouvrages de vidange délicat car ils doivent être suffisamment limitant pour que l'aménagement soit efficace en cas de crue rare et suffisamment grand pour éviter la montée des eaux pour des débits trop fréquents. Des solutions techniques permettent toutefois de minimiser les incertitudes sur le dimensionnement.

L'aménagement de site de rétention répond à deux objectifs de l'étude :

- écrêtement d'une crue centennale au niveau d'une crue décennale,
- gestion intégrée des bassins versants : les sites sont disséminés au sein des bassins versant et écrètent au fur et à mesure de la formation de la crue.

Le tableau ci-dessous synthétise les résultats obtenus :

		Mesnil	Vaudessard	Liéton	Orgeval	Total
Option 1	Efficacité ¹	50 ans ? 30 ans	100 ans ? 50 ans	100 ans ? 10 ans	100 ans ? 50 ans	
	Coût	60 000 € HT	120 000 € HT	180 000 € HT	480 000 € HT	840 000 € HT
Option 2	Efficacité ¹	50 ans ? 10 ans	100 ans ? 10 ans	100 ans ? 10 ans	100 ans ? 20 ans	
	Coût	220 000 € HT	280 000€ HT	180 000 € HT	1 080 000€HT	1 760 000 € HT

¹ Réduction du débit de pointe d'un temps de retour 100 ans à un débit de temps de retour 10 ans

En fonction des financements et des choix d'efficacité, on retiendra une option ou une combinaison d'options.

Nota

L'étude a montré que les aménagements sont efficaces pour limiter les débits de pointe à l'exutoire des affluents. Il convient toutefois de rappeler que les sites réalisent du stockage dynamique, aussi aucun volume d'eau n'a été soustrait aux écoulements ; l'apport des affluents au Grand Morin a juste été différé dans le temps.

De plus, le Mesnil, le Vaudessard, le Liéton et l'Orgeval sont des affluents aval du Gand Morin ; retarder les écoulements de ces affluents peut éventuellement augmenter le débit de pointe du Grand Morin. C'est pourquoi, une étude de l'incidence des travaux envisagés dans ce paragraphe sur le Grand Morin est indispensable.

3. LUTTE CONTRE LE RUISSELLEMENT EN MILIEU RURAL

En plus des techniques de stockage des crues décrites dans le chapitre précédent, d'autres types d'aménagements ont été étudiés :

- Mise en place de haies
- Mise en place de bandes enherbées
- Pratiques culturales
- Réalisation des fosses d'infiltration
- Fossé en escalier
- Réalisation de zones tampons
- Mise en place d'ouvrages limitant en lit mineur

La localisation de l'ensemble des sites pertinents pour ces différents types d'aménagement est proposée sur la cartographie en élément hors texte *Techniques alternatives*.

L'ensemble des techniques étudiées dans ce chapitre fait l'objet de fiches de synthèse présentant en détail leurs avantages, inconvénients, les aspects techniques, les principes de dimensionnements et leurs impacts. Ces fiches sont données en élément hors texte *Dispositif de lutte contre le ruissellement rural et urbain*.

Pour quantifier l'impact des haies, des bandes enherbées, de la mise en place de cultures intermédiaires, il a été nécessaire d'étudier la formation du ruissellement de surface et d'intégrer ce phénomène au modèle.

3.1 MODIFICATION DU MODELE

Les aménagements proposés dans ce chapitre, ont principalement un impact sur le ruissellement de surface. C'est pourquoi il a fallu s'attacher à séparer les composantes de ruissellement de surface et la contribution aux crues des réseaux de drainage et des écoulements souterrains.

Pour cela les capacités d'infiltration et la pluviométrie ont été comparées.

3.1.1 COMPARAISON DES CAPACITES D'INFILTRATION ET DE LA PLUVIOMETRIE

Capacité d'infiltration

Le tableau ci-dessous présente les ordres de grandeurs des capacités d'infiltration en fonction de l'état de la surface du sol :

Etat de la surface du sol	Gamme de capacités d'infiltration (mm/h) sol limoneux et humide
Etat initial fragmentaire	30-50
Croûte structurale	5-30
Etat de transition (croûtes sédimentaires uniquement dans les micros dépressions non jointives)	2-5
Croûte sédimentaire	1-2

Source : *Activité Rurales et Inondations CEMAGREF*

Tableau 2 - Capacité d'infiltration

Durant l'hiver et le printemps, on peut considérer que l'état des sols correspond à un état de transition ou de croûte sédimentaire, que ce soit pour un sol initialement labouré ou pour une parcelle semée présentant un faible avancement du développement végétal. La capacité d'infiltration varie donc de 1 à 5 mm/hr. A partir du calage du modèle une valeur moyenne de 3 mm/hr a été retenue.

Pluviométrie

L'analyse des données pluviométriques horaires fournies par le CEMAGREF montre que les épisodes pluvieux se composent principalement de la manière suivante :

- l'intensité dépasse peu 2 à 4 mm/hr sur la majeure partie de la durée de la pluie,
- durant 1 à 2 heures, l'intensité atteint 6 à 8 mm/hr.

Conclusion

Durant la majeure partie de la durée de la pluie, les sols ont une capacité d'infiltration très voisine de l'intensité pluvieuse : peu ou pas de ruissellement en surface se produit. Par contre, lors du passage de l'averse (intensité pluvieuse voisine de 8 mm/hr), les capacités d'infiltration sont dépassées et des écoulements de surface se produisent.

3.1.2 MODIFICATION DU MODELE PLUIE-DEBIT

Pour tenir compte des remarques du paragraphe précédent, il a fallu adapter le modèle pluie-débit. Ainsi pour disposer d'une pluviométrie réaliste, l'événement de Mars 1980 a été retenu.

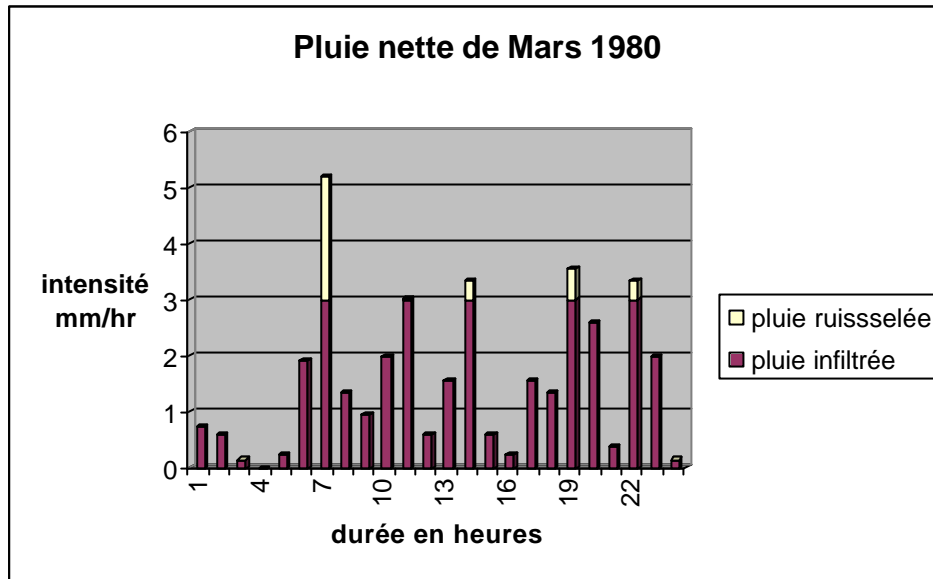


Figure 5 - Pluviométrie nette de Mars 1980

Comme le montre la figure ci-dessus, la pluviométrie nette a été divisée en deux parties : pluviométrie infiltrée, pluviométrie ruisselée. Il convient de constater que la majeure partie de la pluviométrie s'infiltré.

Les sous bassins versant ont été modélisés sous deux formes :

- écoulements de surface : temps de concentration basé sur une vitesse de propagation de 0.6 m/s, pluviométrie dépassant les 3 mm/hr
- écoulements souterrains (y compris les systèmes de drainage) : temps de concentration basé sur une vitesse de 0.07 m/s, pluviométrie inférieure à 3 mm/hr.

Ainsi le modèle fournit séparément la composante issue du ruissellement de surface et celle issue des écoulements souterrains.

L'hydrogramme en page suivante illustre la différence de propagation entre les deux modes d'écoulement.

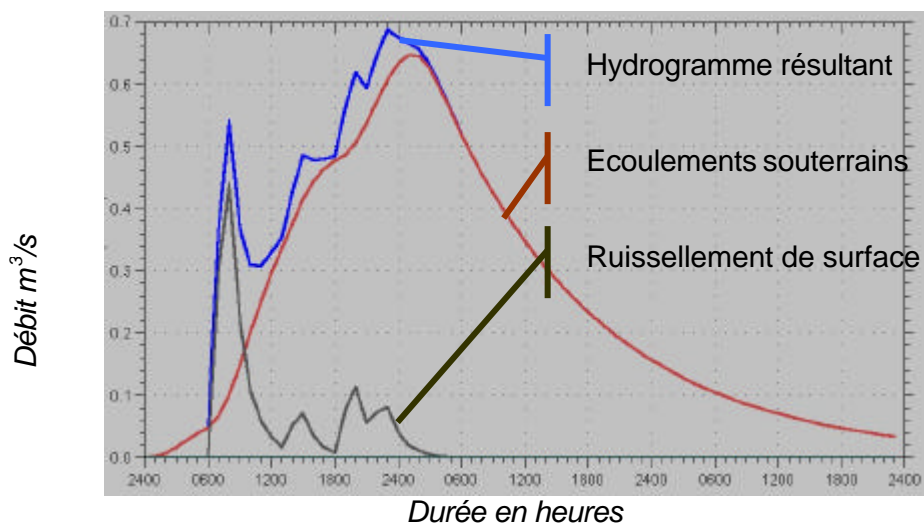


Figure 6 - Hydrogramme de la crue de Mars 1980 à l'exutoire du sous bassin versant FR 7

Les écoulements de surface sont rapides et provoquent des débits de pointe importants pour de faibles volumes d'eau. Les écoulements souterrains sont lents et prépondérants ; ils sont responsables du débit maximum de crue.

Le bassin versant de Mélarchez a été retenu comme zone test. Les modifications ont été apportées sur cette partie du modèle.

3.1.3 CALAGE DU MODELE

L'introduction de la modélisation du ruissellement de surface a permis d'affiner le modèle. L'hydrogramme simulé est comparé à l'hydrogramme enregistré dans la figure ci-dessous.

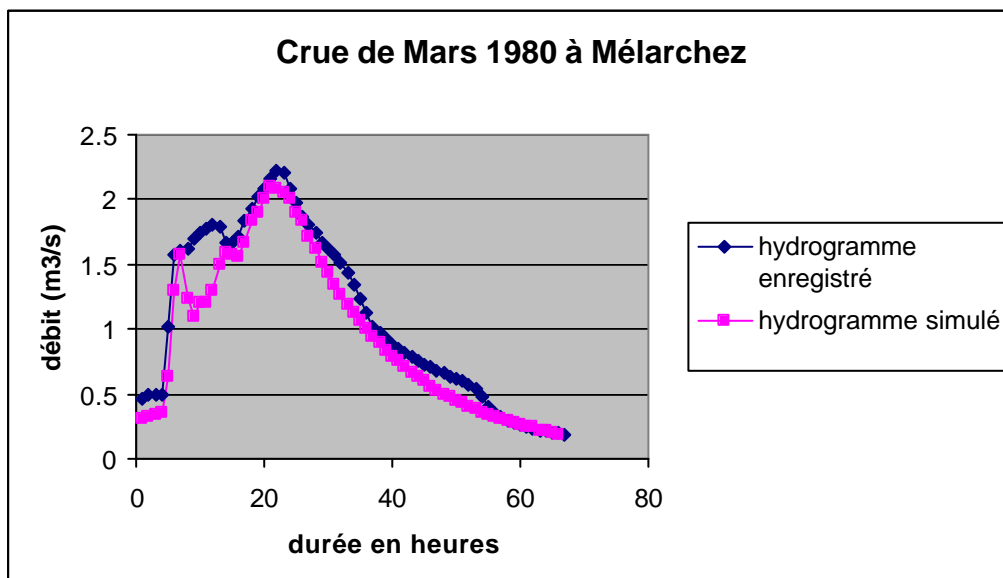


Figure 7 - Calage du modèle

Ainsi le modèle représente la réponse rapide située dans les premières heures de la crue. Les deux hydrogrammes se différencient aux alentours de la 10^{ème} heure. Cette différence peut s'expliquer par les nombreuses résurgences drainant un bassin versant inconnu.

3.2 HAIES

Localisation

Les haies doivent être plantées perpendiculairement aux écoulements de surface.

Pour limiter les problèmes fonciers, les zones bordant les chemins ruraux ou les routes ont été retenues de manière privilégiée par rapport aux limites entre les champs.

Les différentes propositions d'implantation de haie ont été classées en deux catégories :

- les haies de première importance : elles permettent de limiter le ruissellement en amont de zones vulnérables (habitations)
- les haies de seconde importance : leur implantation n'est pas liée à des enjeux.

Les linéaires proposés par bassin versant sont cartographiés. Une synthèse est présentée dans le tableau ci-dessous.

	Mesnil		Vaudessard		Liéton		Orgeval		Total	
Importance	1ère	2ème	1ère	2ème	1ère	2ème	1ère	2ème	1ère	2ème
Linéaire m	1 500	5 000	200	6 000	2 000	2 300	2 700	34 000	6 400	47 300

Objectif

L'objectif de ces aménagements est d'infiltrer les eaux de ruissellement. Cela permet

- dans le cas où la zone n'est pas drainée et les sols non saturés, d'alimenter la nappe phréatique et diminuer le volume de la crue,
- dans le cas où la zone est drainée et les sols non saturés, de ralentir les écoulements, de protéger les sols de l'érosion, d'éviter la formation de coulées boueuses.

De plus ces dispositifs présentent un intérêt écologique car ils permettent de créer des biotopes permettant le développement de la faune et de la flore.

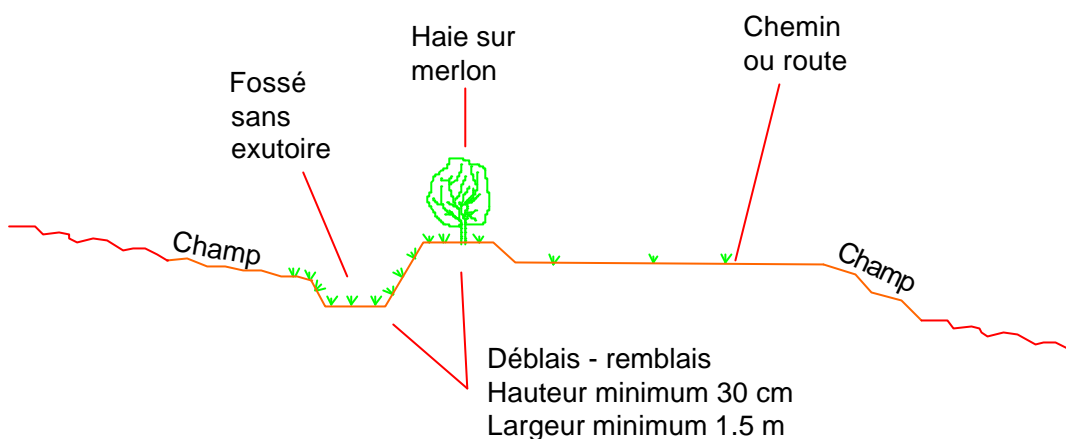
Aspect technique

La mise en place de haies présente des inconvénients qui peuvent être dépassés :

- ombrage sur les cultures,
- difficulté de circulation avec les appareils agricoles,
- risque de dégâts sur les drains par les racines.

Pour palier à ces inconvénients tout en respectant les objectifs visés, il est possible de réaliser des haies de petite taille ou bien de réaliser un fossé enherbé qui remplira les fonctions d'infiltration d'une haie. Cependant, le bénéfice d'un point de vue faune flore sera perdu.

Une coupe type est proposée en page suivante.



Coupe type d'une haie

Méthode d'estimation des impacts

Le modèle a été modifié pour quantifier l'impact de l'implantation de haies.

Disposer des haies en milieu drainé revient à soustraire les eaux de ruissellement à la surface et de permettre leur infiltration vers les drains dans la mesure où ceux-ci ne sont pas saturés.

L'hypothèse retenue est que le facteur limitant est la capacité d'infiltration et non la capacité du réseau de drainage.

La surface des sous bassins versants interceptée par les haies a été déterminée. En rapportant la surface interceptée à la surface totale du sous bassin versant, on détermine la part du ruissellement de surface interceptée.

Pour modéliser l'infiltration, les eaux soustraites au ruissellement sont acheminées à l'exutoire du sous bassin versant avec une vitesse moyenne de 0,07 m/s.

La capacité maximale d'infiltration est calculée en estimant une largeur de haie de 2 m et une perméabilité de 10^{-4} m/s (sol limoneux possédant une bonne capacité d'infiltration). Le débit dérivé vers les drains ne peut excéder la capacité maximale d'infiltration.

Résultats

Le tableau ci-dessous synthétise les résultats obtenus. Le débit associé au ruissellement de surface correspond au débit de la pointe générée par les écoulements de surface (voir Figure 6 - Hydrogramme de la crue de Mars 1980 à l'exutoire du sous bassin versant FR 7) :

Exutoire	Ruissellement de surface			Ecoulement total Variation de débit	Linéaire de haie	Volume dérivé	Bassin versant intercepté
	Débit initial	Débit après aménagement	Gain				
D68 (FR 7)	0.48 m ³ /s	0.31 m ³ /s	35 %	0 m ³ /s	1.4 km	2 600 m ³	40 %
Mélarchez (FR 4)	1.57 m ³ /s	1.44 m ³ /s	8 %	0 m ³ /s	3.4 km	4 600 m ³	25 %
Doue (FR 3)	1.63 m ³ /s	1.53 m ³ /s	6 %	0 m ³ /s	3.4 km	4 600 m ³	13 %
Doue (FR 2)	2.20 m ³ /s	2.15 m ³ /s	2 %	0 m ³ /s	3.4 km	4 600 m ³	8%

Il convient donc de constater que l'implantation de haies permet de réduire le ruissellement de surface de manière significative (35 % à l'exutoire du sous bassin versant FR 7, 8 % à Mélarchez). Cependant la pointe de crue est générée par les écoulements provenant des drains et du sous-sol. Ainsi le débit maximum de crue n'est pas modifié. Les effets positifs s'estompent avec l'atténuation de l'individualité de la pointe générée par le ruissellement.

Ainsi ce type d'aménagement prend tout son sens

- dans la protection de zone vulnérable. C'est à dire pour toutes les haies classées en première importance.
- dans la lutte contre les érosions de sol. Les problèmes d'érosion se produisent seulement dans le cas d'événements exceptionnels. La sensibilisation des agriculteurs est faible. Par conséquent, les motivations de mise en œuvre seront faibles.

Il présente principalement un intérêt local.

Dans le cas les parcelles sont drainées, les volumes infiltrés par les haies participent tout de même à la crue. Dans le cas où les parcelles ne sont pas drainées, les volumes infiltrés sont soustraits à la crue. Toutefois, les volumes concernés sont faibles en regard des volumes de crue (2% avec le linéaire de haie proposé).

Estimatif des coûts

Une estimation du coût de la plantation des haies est présentée dans le tableau ci-dessous. Seule la réalisation a été prise en compte dans cet estimatif.

	Mesnil		Vaudessard		Liéton		Orgeval		Total	
Importance	1ère	2ème	1ère	2ème	1ère	2ème	1ère	2ème	1ère	2ème
Prix € HT	37 500	125 000	5 000	150 000	50 000	57 500	67 500	850 000	160 000	1 182 500

3.3 BANDES ENHERBEES

Localisation

Les bandes enherbées ont été proposées le long des cours d'eau.

Objectif

Les bandes enherbées permettent de filtrer les eaux avant qu'elles ne se rejettent dans les fossés ou les Rus. Ainsi les écoulements sont ralentis. Une partie de la pollution azotée et phosphorée est consommée. Les limons et argiles transportés par le ruissellement sont stoppés par les bandes enherbées qui permettent ainsi de conserver le capital de sol en amont.

De plus, les cours d'eau étudiés présentent sur des linéaires importants un aspect rectiligne et surdimensionné. Les parcelles sont cultivées jusqu'au bord des différents Rus. Les bandes enherbées permettent de diminuer la raideur des berges, de donner un espace de liberté au cours d'eau, de recréer un espace inondable en bord de Ru pour contribuer au laminage naturel des crues.

Aspect technique

Les bandes enherbées doivent avoir une longueur comprise entre 10 et 20 m pour être efficace. Les bandes enherbées de plus de 20 m de large peuvent être considérées comme terre mise en jachère.

Estimation des impacts

Les impacts en terme dynamique sont faibles puisque les bandes enherbées sont situées en bord de cours d'eau et que le ruissellement est un phénomène peu important au regard des écoulements souterrains (drain et sous-sol).

C'est pourquoi, l'impact est plus qualitatif que quantitatif.

Ces mesures permettant de répondre à l'objectif de réduction des crues que dans une moindre mesure, elles ne sont pas prioritaires par rapport aux autres mesures préconisées.

Estimatif des coûts

Ces dispositifs doivent être mis en œuvre en concertation avec les propriétaires des parcelles concernées. Ils doivent être intégrés à des mises en jachère ou bien à des aides financières du type des anciens Contrats Territoriaux d'Exploitation.

3.4 PRATIQUES CULTURALES

Les pratiques culturales permettant de limiter le ruissellement en surface sont de plusieurs ordres :

- Couverture des sols en hiver et au printemps par des cultures intermédiaires
- Semer le plus tôt possible les cultures d'hiver pour que le couvert végétal soit le plus important possible durant l'hiver protégeant ainsi les sols
- Décompacter les sols pour assurer une bonne capacité d'infiltration, par exemple après une récolte de betteraves
- Limiter le compactage des sols en limitant le nombre de passage d'engins ou en diminuant le tassement dû aux roues des engins (double roue, roue à faible pression)
- Travailler les sols perpendiculairement à la pente.

La modification des pratiques culturales doit être réalisée sous la forme de conseils auprès des exploitants agricoles.

Dans le cadre de la présente étude, seule la mise en place de cultures intermédiaires a été testée car son impact peut être quantifié. Les autres méthodes ont un impact positif plus difficile à appréhender.

Localisation

Les cultures intermédiaires ne peuvent être mises en œuvre que sur les parcelles non semées de cultures d'hivers.

Ainsi un test a été réalisé à l'aide du modèle, pour mesurer l'incidence de la couverture de l'ensemble des parcelles non cultivées en hiver.

Objectif

Les objectifs sont de limiter

- le ruissellement de surface
- l'érosion des sols
- les coulées de boues.

Aspect technique

Différentes cultures peuvent être retenues pour couvrir les sols durant l'hiver : Ray Grass, Luzerne, Moutarde, Trèfle.

Il convient de noter que le Colza offre une bonne couverture des sols en hiver.

Méthode d'estimation des impacts

L'hypothèse de modélisation a été la suivante : la couverture des sols permet d'éviter la formation d'une croûte de battance et donc de maintenir une capacité d'infiltration aux alentours de 10 à 50 mm/hr. Ainsi aucun ruissellement de surface ne se produit sur ces parcelles pour des pluies d'intensité inférieure à 10 mm/hr.

La superficie des parcelles non cultivées en hiver a été estimée à l'aide du relevé de terrain effectué en première phase d'étude. Le ruissellement engendré par ces parcelles a été considéré comme infiltré et transité dans les drains.

Résultats

Le tableau ci-dessous présente de manière synthétique les résultats :

Exutoire	Ruissellement de surface			Ecoulement total Variation de débit	Surface mise en culture	Volume infiltré	Pourcentage Culture alternative/ Surface totale
	Débit initial	Débit après aménagement	Gain				
D68 (FR 7)	0.48 m ³ /s	0.30 m ³ /s	38 %	0 m ³ /s	87 ha	3 000 m ³	45 %
Mélarchez (FR 4)	1.57 m ³ /s	1.41 m ³ /s	10 %	0 m ³ /s	170 ha	5 800 m ³	29 %
Doue (FR 3)	1.63 m ³ /s	1.53 m ³ /s	6 %	0 m ³ /s	170 ha	5 800 m ³	17 %
Doue (FR 2)	2.20 m ³ /s	2.17 m ³ /s	1 %	0 m ³ /s	170 ha	5 800 m ³	10 %

Cette technique permet de réduire le ruissellement de surface de manière significative pour les secteurs où les parcelles non cultivées sont nombreuses.

Par contre à l'échelle de la crue (ensemble des écoulements) l'impact est négligeable, ni le débit de pointe ni la durée de la crue ne sont modifiés.

Estimatif des coûts

Ces techniques ne peuvent être mises en œuvre par les exploitants que si celles-ci sont rentables.

3.5 FOSSE D'INFILTRATION

Localisation

Les fosses d'infiltrations sont disposées en fond de talweg à l'occasion d'opportunités foncières.

L'ensemble des superficies par bassin versant couvertes par les fosses d'infiltration est présenté dans le tableau ci-dessous :

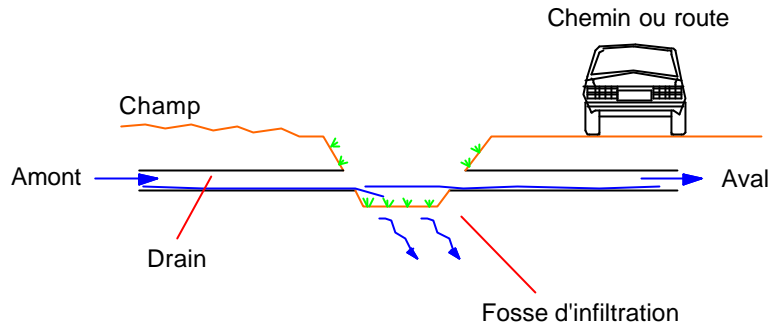
	Mesnil	Vaudessard	Liéton	Orgeval	Total
Surface	55 m ²	280 m ²	118 m ²	120 m ²	573 m²

Objectif

L'objectif est d'infiltrer les eaux sous les drains, vers les nappes phréatiques profondes. Le volume de la crue est ainsi diminué du volume infiltré.

Aspect technique

Dans les zones drainées, les terrains devront être décaissés jusqu'à hauteur des drains pour qu'ils se rejettent dans la fosse et que les eaux puissent s'infiltrer en profondeur.



Coupe type d'une fosse d'infiltration

Méthode d'estimation des impacts

A partir de la surface disponible et d'une estimation de la perméabilité, il est possible de calculer un débit infiltré.

Ce débit est détourné des écoulements principaux. Puis on considère que celui-ci alimente les nappes profondes à écoulement lent et par conséquent ne participe plus à la crue.

Résultats

Les fosses d'infiltrations ont de petites dimensions (au maximum 200 m²). En considérant une perméabilité de 10⁻⁴ m/s (sol limoneux présentant une bonne capacité d'infiltration), de telles surfaces représentent des débits de l'ordre de quelques dizaines de litre par seconde (voir tableau ci-dessous).

	Mesnil	Vaudessard	Liéton	Orgeval	Total
débit	5,5 L/s	28 L/s	12 L/s	12 L/s	57 L/s

Ainsi les impacts liés à ces aménagements sont négligeables. Cependant il contribue à l'alimentation des nappes profondes et donc au soutien d'étiage.

Estimatif des coûts

Une estimation des coûts est fournie dans le tableau ci-dessous. Elle ne comprend que la réalisation des travaux.

	Mesnil	Vaudessard	Liéton	Orgeval	Total
Prix	1650 € HT	8400 € HT	3540 € HT	3600 € HT	17 190 € HT

3.6 FOSSE EN ESCALIER

Localisation

Ces aménagements sont localisés dans des fossés déjà existant présentant une profondeur d'un mètre environ.

Le tableau ci-dessous synthétise le nombre de mètre linéaire prévu par bassin versant :

	Mesnil	Vaudessard	Liéton	Orgeval	Total
linéaire	1600 m	800 m	700 m	0 m	3100 m

Objectif

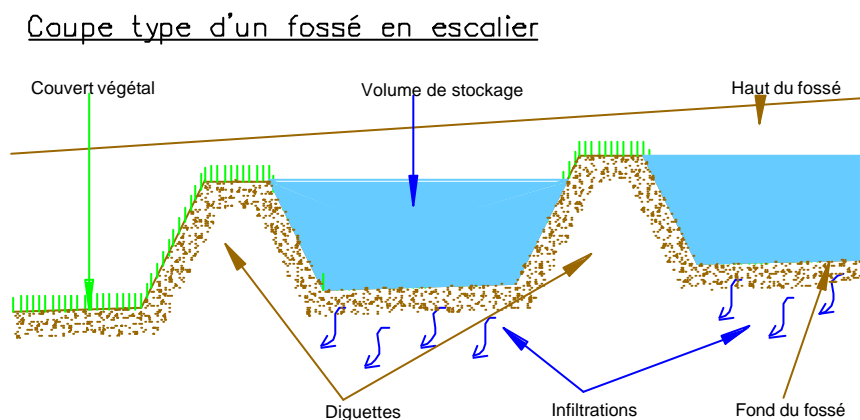
Ces aménagements permettent :

- de stocker un petit volume d'eau
- de favoriser l'infiltration des eaux.

Aspect technique

Il s'agit de placer des obstacles dans les fossés (rondins de bois, merlon en terre) qui permettent la création de petits bassins.

Les obstacles peuvent faire l'objet d'une réalisation soignée. Cependant, pour minimiser les coûts, ils peuvent être réalisés de manière sommaire lors de l'entretien des fossés : au lieu de curer sur l'ensemble du linéaire du fossé, il est possible de curer que neuf mètres tous les dix mètres créant ainsi les diguettes et les fosses.



Estimation des impacts

En se basant sur un périmètre mouillé de 1.5 m et une perméabilité des sols de 10^{-4} m/s, un kilomètre de fossé en escalier permet d'infiltrer $0.15 \text{ m}^3/\text{s}$.

Un kilomètre de fossé en escalier peut stocker environ 600 m^3 . Ce stockage s'effectue en début de crue, il est donc peu efficace pour la gestion des débits de pointe.

Pour les différents aménagements proposés, les incidences sont les suivantes :

	Mesnil	Vaudessard	Liéton	Orgeval	Total
débit infiltré m ³ /s	0.24	0.12	0.10	0	0.46
Volume retenu m ³	960	480	420	0	1860

Ces débits et ses volumes sont négligeables pour rapport à l'ampleur des crues des cours d'eau étudiés (plusieurs millions de mètres cubes). Cependant l'influence de ces aménagements est positive en terme de lutte contre les inondations.

Estimatif des coûts

Le coût varie en fonction de la technique de mise en œuvre. Dans le cas où les fossés en escalier sont réalisés à l'occasion de curage, cela n'engendre pas de surcoût.

Dans le cas où ils font l'objet d'une réalisation spécifique, une estimation de leur coût est présenté dans le tableau ci-dessous :

	Mesnil	Vaudessard	Liéton	Orgeval	Total
Coût estimatif	112 000 € HT	56 000 € HT	49 000 € HT	0 € HT	217 000 € HT

3.7 ZONES TAMPONS

Localisation

Elles sont principalement situées dans des parcelles boisées. Le principe d'aménagement consiste à déboiser un secteur, décaisser le terrain et replanter la zone (pour une des zones tampons du Vaudessard il s'agit de réaliser un ouvrage limitant).

Ces aménagements présentent un intérêt au niveau des parties anthropisées car ils rétablissent un fonctionnement naturel aux Rus.

	Mesnil	Vaudessard	Liéton	Orgeval	Total
Superficie des zones tampons	0 m ²	6 000 m ²	6 100 m ²	10 300 m ²	22 400 m²

Objectif

Les objectifs sont les suivants :

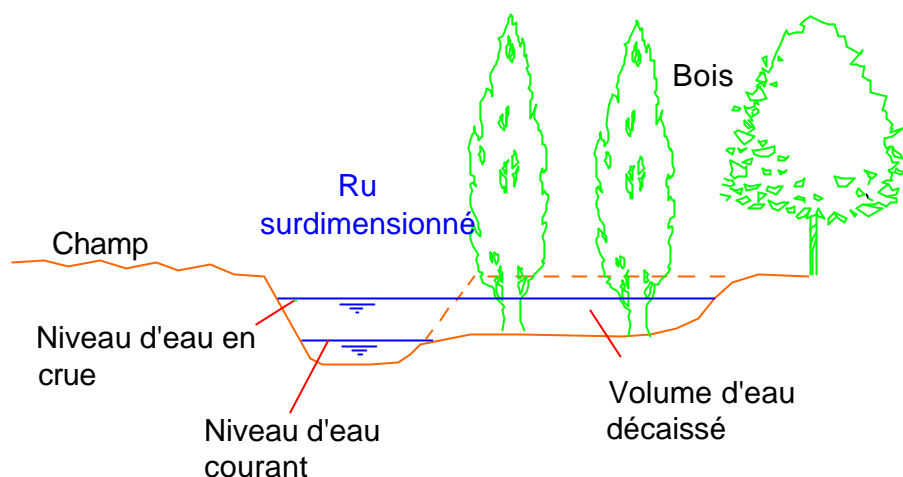
- Favoriser l'infiltration en dessous du système drainage
- Réaliser du stockage dynamique en crue.

Aspect technique

Ce type d'aménagement peut être réalisé de deux manières :

- Dans le cas où la zone peut être transformée en zone humide (non exploitation forestière), il est possible de décaisser 30 cm au-dessus du fond du Ru pour que la zone soit régulièrement inondée. Ces zones humides présentent un intérêt écologique fort.
- Dans le cas où la zone forestière est exploitée, la hauteur à décaisser est définie pour éviter des submersions trop fréquentes qui rendent impraticables la zone.

En l'état actuel d'avancement du projet, une première proposition de dimensionnement est avancée. Cependant dans le cas où le propriétaire des bois concernés est favorable à une extension du projet, la superficie des aménagements peut être étendue au maximum.



Coupe type d'une zone tampon

Méthode d'estimation des impacts

L'impact de tels aménagements est double :

- Effet d'infiltration
- Effet de stockage dynamique

La capacité d'infiltration est estimée connaissant la surface au sol et une estimation de la perméabilité (10^{-4} m/s sol limoneux à bonne capacité d'infiltration). Le débit aussi calculé est soustrait aux écoulements de la crue.

L'effet dynamique de stockage est calculé à partir d'une loi hauteur débit caractéristique d'un bassin.

Résultats

L'ensemble des ouvrages localisés sur la cartographie Techniques Alternatives, a été modélisé. Il a été observé, au maximum, une réduction du débit de pointe de 1 % en aval direct des zones tampons. Ces aménagements, compte tenu de leur volume et de leur position amont, ont un impact quantifiable mais très faible.

La réduction de 1% au maximum est effective en aval direct de la zone tampon, puis disparaît progressivement.

Ces aménagements présentent ainsi un intérêt dans le laminage des crues bien que toutefois limité. De plus ils présentent un intérêt écologique en permettant de créer des zones humides propices au développement de la faune et de la flore.

Estimatif des coûts

Une estimation des coûts est fournie dans le tableau ci-dessous. Ces prix comprennent uniquement la réalisation des travaux.

Mesnil	Vaudessard	Liéton	Orgeval	Total
0 €HT	56 000 €HT	140 000 €HT	250 000 €HT	446 000 €HT

3.8 OUVRAGE LIMITANT EN LIT MINEUR

Localisation

Les ouvrages limitant peuvent être disposés dans les parties anthropisées des différents Rus étudiés. En effet le lit mineur est globalement surdimensionné, ils offrent donc un volume disponible durant les crues.

	Mesnil	Vaudessart	Liéton	Orgeval	TOTAL
Linéaire anthropisé	3.7 km	5.1 km	11.1 km	48.4 km	68.3 km

Un linéaire d'environ 70 km pourrait être équipé sur l'ensemble des affluents étudiés.

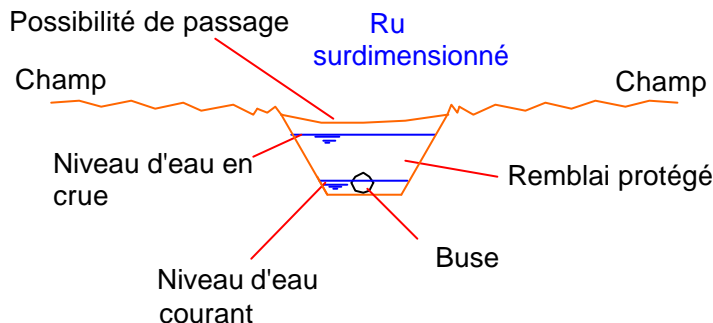
Objectif

Il s'agit d'utiliser le volume disponible en lit mineur pour réaliser du stockage dynamique des eaux et ainsi diminuer le débit de pointe des crues.

Aspect technique

L'ouvrage est composé d'un remblai équipé d'une buse. Celle-ci est dimensionnée

- pour laisser passer les écoulements courants
- pour provoquer une augmentation du niveau d'eau en crue dans le lit mineur.



Coupe type d'un ouvrage limitant en lit mineur

Méthode d'estimation des impacts

Le volume disponible est estimé sur la base

- d'un profil type de Ru : profondeur 1.5 m, pente de berge 1H/1V, largeur en fond 1 m,
- d'une hauteur d'eau normale de 0.9 m (écoulement sans obstacle) correspondant à un débit moyen dans les secteurs considérés de 3 m³/s,
- d'une hauteur d'eau de 1.45 m après mise en œuvre des ouvrages,
- les ouvrages sont placés en limite du remous de l'ouvrage aval, ce qui implique que la totalité du volume disponible n'est pas utilisé.

Un tel aménagement permet de stocker 950 m³ par kilomètre aménagé.

Le bassin versant du Ru de Fosse Rognon en amont de Doue a été retenu pour modéliser l'impact de ces aménagements.

Le modèle a été modifié pour simuler de tels aménagements : un bassin en aval de chaque tronçon de Ru simule l'impact de l'ensemble des ouvrages du tronçon considéré. Ainsi 7 bassins ont été introduits dans le modèle.

Résultats

Le modèle a permis de montrer que les aménagements sur le Ru de Fosse Rognon en amont de Doue ont un impact négligeable sur le laminage des crues de grande ampleur (crue de référence Mars 1980).

Les principales raisons à l'origine de cet impact négligeable sont

- les volumes de stockage faible
- la plage de débit sur laquelle les ouvrages sont efficaces est faible et difficile à caler, ils laminent soit trop tôt, soit trop tard par rapport au débit de pointe.

Les volumes à l'échelle des différents bassins versants sont présentés dans le tableau ci-dessous :

	Mesnil	Vaudessart	Liéton	Orgeval	TOTAL
Volume m ³	3 500	4 800	10 500	46 000	64 800

Ces ouvrages seraient plus efficaces s'ils généraient des débordements en lit majeur sur d'importants linéaires. Cependant il serait difficile d'une part de réaliser de la concertation avec l'ensemble des exploitants concernés, d'autre part de leur faire accepter des inondations.

C'est pourquoi, compte tenu du peu de résultats quantitatifs et du manque d'attrait autre que pour la lutte contre les inondations, ces aménagements n'ont pas été retenus.

3.9 SYNTHÈSE ET COMMENTAIRES

Un certain nombre de techniques alternatives ont pu être étudiées dans ce chapitre. La principale conclusion est que les techniques alternatives ne peuvent pas répondre à l'objectif de réduction des crues fixées (réduction des crues à hauteur d'une crue décennale).

Cependant elles contribuent à assurer une gestion des eaux raisonnées : rechargement des nappes profondes assurant les écoulements en étiage, limitation des débits de pointe.

Le tableau en page suivante synthétise les principales informations sur chacune des techniques abordées :

Techniques alternatives	Niveau d'intervention	Principales actions	Efficacité hydrologique	Intérêt autre	Difficulté de mise en œuvre	Coût	Rapport intérêt/coût
Haies	Parcelle	Limite le ruissellement de surface	Bonne	Intérêt écologique Protection de zones vulnérables	Forte à moyenne	160 000 à 1 182 500 € HT	Bon
Bandes enherbées	Parcelle	Ralenti les écoulements de surface	Faible	Améliore la qualité des eaux	Forte	Jachères ou subvention	Moyen
Pratiques culturales	Parcelle	Limite le ruissellement de surface	Bonne	Evite la perte de sol	Forte	Mis en œuvre si rentable	Moyen
Fosse d'infiltration	Parcelle	Infiltre les eaux vers les nappes profondes	Bonne	/	Moyenne à faible	17 190 € HT	Bon
Fossé en escalier	Fossé	Infiltre les eaux vers les nappes profondes	Bonne	/	Faible	Nul dans le cadre d'entretien régulier Sinon 217 000 € HT	Moyen à bon
Zone tampon	Ru	Ralenti les eaux	Bonne	Intérêt écologique	Moyenne	446 000 € HT	Bon
Ouvrage limitant	Ru	Ralenti les eaux	Faible	/	Moyenne	/	Faible

Certaines techniques présentent plus d'intérêt que les autres :

- Haies
- Fosses d'infiltration
- Zone tampon.

Ces techniques seront donc à privilégier par rapport aux autres.

4. CONCLUSION

Tout un ensemble de mesures de lutte contre le ruissellement et les crues a été étudié au travers de cette phase d'étude. Les principales conclusions à tirer sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

	Efficacité hydrologique	Coût estimatif	Rapport intérêt/coût
Techniques urbaines	Moyenne	3 000 000 à 4 000 000 € HT	Faible
Zones de rétention	Bonne	840 000 à 1 760 000 € HT	Bon
Techniques alternatives	Moyenne	623 000 à 1 650 000 € HT	Moyen

Ainsi les zones de rétention permettent de répondre à la problématique ; il s'agit donc des aménagements à réaliser en priorité. Parmi les techniques alternatives, les haies, les fosses d'infiltration et les zones tampons se sont avérées plus efficaces que les autres. De plus, elles présentent une faisabilité technique, financière et foncière plus intéressantes que les techniques en milieu urbain.

Un certain nombre de politiques à mettre en œuvre dans la gestion des eaux des différents bassins versants étudiés a pu être dégagé :

- Compensation de l'urbanisation en terme de ruissellement : niveau communal et particulier
- Curage des fossés en escalier : niveau communal et direction départementale de l'équipement
- Conservation, restauration, création de haies : niveau communal et exploitant agricole
- Création de bandes enherbées : niveau exploitant agricole
- Pratiques culturales raisonnées (couverture des sols et limitation du compactage) : niveau exploitant agricole.

Nota :

L'étude de l'impact des zones de rétention n'a été effectuée qu'au niveau des affluents du Grand Morin et non sur le Grand Morin lui-même. Or les zones à protéger sont situées le long de ce cours d'eau.

L'impact des zones de rétention est de retarder les écoulements des affluents, or il s'agit des affluents aval du Grand Morin. Il se pourrait que ce retard accroisse la concomitance des débits de pointe et par conséquent aggrave les inondations. Il apparaît donc indispensable d'étudier l'influence des aménagements projetés sur le Grand Morin.