



SYndicat
Mixte
des rivières
du SOrnin
et de ses Affluents

Syndicat Mixte des rivières du Sornin et de ses affluents
9, place de la Bouverie
42190 CHARLIEU

Restauration du tronçon du Sornin à la traversée de Charlieu

Phase 2 : Scénarios d'aménagement

E08-02

Septembre 2009

Mandataire -
hydrogéomorphologie



100, rue des Fougères
69009 LYON
Tel/fax : 04.78.83.68.89
Mob : 06.88.31.27.46
www.dynamiquehydro.fr

Co- traitant - hydro-
écologie et génie végétal



1940 Route des Cévennes
30 200 Bagnols-sur-Cèze
Tél/Fax : 04 66 89 63 52
E mail : riparia@riparia.fr
www.riparia.fr

Sous-traitant - ouvrages
d'art et génie civil



133, Rue Chateaubriand
63100 Clermont-Ferrand
Tél. : 04.73.37.08.73
Fax : 04.73.31.11.67
Email : ahzami@igioa.fr

Sous-traitant - hydraulique



32 chemin de bier
38110 SAINTE-BLANDINE
Tél : 06.08.41.65.62
Fax : 04.74.83.39.12
Email : piergrandidier@orange.fr

SOMMAIRE

I.	RAPPEL DE L'ETAT DES LIEUX	2
II.	CONSTITUTION DU RENDU DE LA PHASE 2	4
III.	DEFINITION DES OBJECTIFS	5
IV.	SCENARIOS D'AMENAGEMENT	6
IV.1.	SCENARIO 1 : « DCE »	6
IV.1.1.	DESCRIPTION DU SCENARIO	6
IV.1.2.	INTERET HYDRO-ECOLOGIQUE DU SCENARIO	14
IV.1.2.1.	RENATURATION DE LA VEGETATION RIVULAIRE	14
IV.1.2.2.	MAINTIEN D'UNE DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE NATURELLE	16
IV.1.2.3.	RETABLISSEMENT DE LA CONTINUITE PISCICOLE	17
IV.1.2.4.	AMELIORATION DES HABITATS PISCICOLES	18
IV.1.3.	A PROPOS DE LA SECURITE	18
IV.1.4.	A PROPOS DU PAYSAGE	20
IV.1.5.	IMPACT HYDRAULIQUE	21
IV.1.6.	COUT	22
IV.2.	SCENARIO 2 : « SECURITAIRE »	23
IV.2.1.	DESCRIPTION DU SCENARIO	23
IV.2.2.	A PROPOS DE L'HYDRO-ECOLOGIE	25
IV.2.3.	A PROPOS DU PAYSAGE	26
IV.2.4.	IMPACT HYDRAULIQUE	26
IV.2.1.	COUT	27
IV.3.	SCENARIO 3 : PAYSAGER	28
IV.3.1.	DESCRIPTION DU SCENARIO	28
IV.3.2.	A PROPOS DE L'HYDRO-ECOLOGIE	33
IV.3.3.	A PROPOS DE LA SECURITE	33
IV.3.4.	IMPACT HYDRAULIQUE	33
IV.3.1.	COUT	34
IV.1.	SYNTHESE DES SCENARIOS	36

I. RAPPEL DE L'ETAT DES LIEUX

L'état des lieux a été réalisé en croisant les compartiments morphodynamique, hydro-écologique, génie-civiliste et hydraulique. L'analyse a abouti à la sectorisation de 5 tronçons :

- Tronçon 1 : de la confluence du Bézo au camping :
Zone naturelle, la plus dynamique de la zone d'étude, caractérisée par un stockage important de sédiments et une dynamique latérale (formation de plusieurs annexes fluviales). La ripisylve est étroite et morcelée, laissant place à des fronts d'érosion étendus et généralisés. Le camping est situé en aval de ce tronçon, et constitue l'unique enjeu humain et économique de la zone. Plusieurs foyers de renouée du japon sont présents, dont un de taille importante.

- Tronçon 2 : Du camping à l'ancien lavoir :
Il s'agit de la zone la plus problématique, car elle combine de nombreux enjeux humains (cheminement, plate-forme du transporteur, habitations...) à un enfoncement du lit et une verticalisation des berges. La ripisylve en place, constituée d'un cordon d'arbres, est très instable et condamnée à court ou moyen terme. Les enjeux sont forts, à la fois sécuritaires et environnementaux.
Ce tronçon présente deux zones bien distinctes :
 - l'amont, jusqu'au transporteur inclus, qui est accessible au public par le cheminement situé rive droite du camping à l'aval du collège ;
 - l'aval, qui longe des propriétés privées rive droite et rive gauche.

- Tronçon 3 : De l'ancien lavoir au seuil des Pompiers :
On se situe dans la zone de retenue du seuil. La rive droite est totalement aménagée, les berges maçonnées expertisées présentant des désordres importants : leur pérennité est mise en cause, mais la question de la fonction de ces aménagements est posée : ils servent notamment à maintenir les terrasses et jardins des riverains.
La rive gauche présente des berges naturelles, mais elles sont verticales, souvent instables, la ripisylve étant vieillissante et déséquilibrée.
Les riverains ont « le dos » tourné à la rivière, de laquelle ils s'isolent par des haies vives, des grillages.

- Tronçon 4 : Du seuil des Pompiers à l'aval de la STEP
Le seuil, inclus dans cette zone, constitue l'élément central du projet, de part l'aspect sécuritaire (son effacement aurait des conséquences importantes et imprévisibles sur le profil en long, la stabilité des berges, mais également le niveau de la nappe d'accompagnement) et écologique (la franchissabilité piscicole est un élément clé du contrat de rivière).
Il convient de distinguer l'amont de la RD4 de l'aval :

L'autre particularité de l'amont de la RD 4 réside dans l'accessibilité actuelle et potentielle du public : parc urbain existant, proximité du centre urbain, présence de l'hôtel, parking public rive droite, et possibilités d'acquisition et d'aménagement de la prairie rive gauche).

A l'aval de la RD4, la rive droite est totalement distincte de la rive gauche. Cette dernière est naturelle. Elle constitue une des grandes érosions du Sornin, continue sur 450 mètres et dénuée de végétation. La rive droite est la zone péri-urbaine de Charlieu, résidentielle et commerciale. Les berges sont alternativement naturelles et artificielles, et ne présentent pas de dysfonctionnements majeurs vis-à-vis des usages (pas d'infrastructures en péril), ni de plus value paysagère ou écologique.

- Tronçon 5 : Le bief des pompiers.

A l'amont de la RD4, le bief des pompiers est totalement artificiel et contraint entre les bâtiments et les infrastructures en place (habitations, pompiers...)

A l'aval, les berges sont naturelles, et possèdent une ripisylve étroite et dépérissante. L'aval présente des murs de soutènement dans un état relativement préservé, mais montrant des signes de dégradation (pierres manquantes...).

Il apparaît que les tronçons 2 et 3 sont les tronçons les plus urgents à restaurer d'un point de vue sécuritaire :

- Reprise du seuil des pompiers en toute urgence,
- Stabilisation des berges du camping au collège (tronçon 2).

Les berges maçonnées doivent faire l'objet de travaux si l'on souhaite assurer leur pérennité, et tout au moins les propriétaires doivent être avertis du danger que ces ouvrages encourent.

Enfin, d'un point de vue hydro-écologique, les tronçons 1 et 4 souffrent majoritairement de l'absence de ripisylve et de la présence de renouée du Japon.

II. CONSTITUTION DU RENDU DE LA PHASE 2

La phase 2 consiste en la proposition de différents scénarios d'aménagements permettant d'apporter des réponses aux problématiques mises en évidence.

Toute la difficulté réside en l'étendue de la zone d'étude, son hétérogénéité, son fractionnement et au résultat auquel le maître d'ouvrage, la collectivité et les financeurs voudront aboutir.

Les possibilités d'aménagements sont multiples sur un même secteur, et, le plus souvent, chaque secteur peut être aménagé « indépendamment » des autres. Les scénarios d'aménagements sont donc très nombreux, en combinant les solutions identifiables pour chaque secteur.

Ainsi, afin de faciliter la lecture des propositions d'aménagements aux élus, tout en permettant aux techniciens d'accéder à un détail technique secteur par secteur, deux niveaux de rendus sont proposés :

- Trois scénarios à l'échelle globale de la traversée de Charlieu sont proposés. Ces scénarios ont été définis en collaboration avec le maître d'ouvrage, ils se veulent ambitieux et répondent chacun à un objectif différent. Ces scénarios sont donc un « parti pris », qui permettent de visualiser dans sa globalité l'esprit de l'aménagement. *La description de ces trois scénarios fait l'objet du présent rapport.*
- La zone d'étude a été sectorisée en sept zones d'aménagement, découpées sur la base de l'état des lieux rappelé ci-dessus et moyennant quelques adaptations fonctionnelles. Pour chaque zone, les différentes solutions identifiées ont été détaillées techniquement et analysées du point de vue hydraulique, morphologique, écologique, paysager, réglementaire... *Ce découpage fait l'objet de l'annexe au présent rapport.*

Enfin, le seuil et les berges maçonnées font également l'objet d'un rapport et de plans techniques spécifiques plus détaillés. L'essentiel des éléments concernant ces ouvrages sont repris dans ce rapport et son annexe.

III. DEFINITION DES OBJECTIFS

De part le contexte tour à tour naturel, périurbain, et « urbain » (traversée de quartier résidentiel), le Sornin est confronté dans la « traversée de Charlieu » à des enjeux à la fois naturels et sécuritaires, auxquels se rajoute un enjeu lié au lien des riverains avec leur cours d'eau, qui est bien souvent délaissé voir craint.

Sur la base des éléments de l'état des lieux rappelés au chapitre précédent, trois grands objectifs se dégagent, de manière plus ou moins importante en fonction de la zone considérée :

Grand Objectif 1	GO-1	Assurer la sécurité des personnes et des biens
Grand Objectif 2	GO-2	Améliorer la qualité hydro-écologique du Sornin
Sous objectif 2A	SSO-2A	Restaurer la franchissabilité piscicole
Sous objectif 2B	SSO-2B	Améliorer la valeur biologique patrimoniale des milieux fluviaux
Sous objectif 2C	SSO-2C	Maintenir ou restaurer un équilibre morpho-dynamique
Grand Objectif 3	GO-3	Amélioration paysagère
Sous objectif 3A	SSO-3A	Etre en adéquation avec la réglementation
Sous objectif 3B	SSO-3B	Recréer un lien avec les Charliendins

IV. SCENARIOS D'AMENAGEMENT

Les trois scénarios proposés ci-après privilégient chacun un des grands objectifs, tout en assurant le minimum requis pour chaque objectif :

- La sécurité des biens et des personnes est assurée pour tous les scénarios concernant les zones accessibles au public ;
- L'amélioration écologique du Sornin est prise en compte dans tous les scénarios et en adéquation avec la réglementation ;
- L'intégration paysagère tient compte des exigences réglementaires liées aux monuments historiques et à la ZPPAUP et participe à la revalorisation de Sornin dans les zones accessibles au public.

IV.1. SCENARIO 1 : « DCE »

Le scénario 1 est appelé « DCE » (Directive Cadre Européenne), car l'accent est mis sur la réhabilitation hydro-écologique du tronçon **dans son intégralité**, chaque fois que la configuration de la berge et l'occupation du sol le permet.

C'est donc le Grand Objectif 2 qui est privilégié, « Améliorer la qualité hydro-écologique du Sornin », qui peut être décliné de la manière suivante :

- Assurer la libre-circulation piscicole ;
- Restaurer la végétation rivulaire ;
- Maintenir une dynamique sédimentaire naturelle compatible avec les enjeux humains en place ;
- Améliorer les habitats piscicoles.

Ce scénario constitue en quelque sorte le « scénario de base », à partir duquel des ajouts ou modifications ponctuelles sont proposés.

IV.1.1. Description du scénario

La quasi-totalité des berges sont traitées afin de reconstituer une ripisylve large, équilibrée et diversifiée.

L'effort porte donc sur l'ensemble des berges naturelles, selon trois types d'interventions, auxquelles se rajoutent des interventions ponctuelles spécifiques :

1. La renaturation de berge

Il s'agit de redonner à la berge un profil d'équilibre naturellement stable, afin de permettre à la végétation de s'implanter plus facilement. La berge est totalement retravaillée dans son intégralité, le principe de base étant :

- Retalutage de la berge, de 3H/1V à 10H/1V ;

- Végétalisation du talus : plantations d'hélophytes, de boutures de saules, d'arbres et d'arbustes à racines nues.



*Photo 1 : Avant : Exemple d'intervention simple : retalutage et végétalisation (l'Hérault, 34)
Ici, traitement d'une érosion, reprise d'un rejet pluvial (premier plan) et conservation d'un arbre remarquable ; Photo prise à réception des travaux, les plants sont donc trop petits pour être visibles sur la photo.*

Sur ces secteurs, la dynamique fluviale est maintenue, dans la mesure où il s'agit d'une simple végétalisation en bosquet, qui n'a pas pour objectif la stabilisation du talus mais le développement d'une ripisylve.

2. La stabilisation de berges à l'aide de techniques végétales :

Les berges naturelles présentant des signes d'instabilité au droit d'enjeux humains (usages, habitations, ...) sont traitées de manière plus « lourde », avec des techniques de végétalisation complexes qui assureront la stabilité du talus face aux contraintes hydrauliques locales. Les techniques employées et la géométrie du talus seront fonction de la disponibilité foncière et des contraintes locales :

- Géotextile biodégradable et plantations,
- Couches de branches,
- Lits de plants et plançons,
- Fascinage (saules, hélophytes...).

Les photos ci-dessous sont une illustration d'un chantier de restauration d'un cours d'eau présentant un objectif hydraulique (recalibrage du cours d'eau), les berges étant stabilisées par des techniques végétales :



Photo 2 : Avant travaux (novembre 2008) : berges para-verticales, ripisylve étroite (l'Ondaine, 42)



Photo 3 : Après travaux (juin 2009) : outre le recalibrage du cours d'eau et la suppression du seuil qui ne font pas parti des propositions du Sornin, l'ensemble des berges sont stabilisées à l'aide de techniques végétales.

Notez : fascine de saules et couches de branches à droite au premier plan, lits de plants et plançons en arrière plan sur les deux berges, et plage d'hélophytes avec fascine d'hélophytes à gauche de la photo.

3. L'entretien de la végétation en place

Les secteurs ne présentant pas de signes de dégradation ou lorsque la configuration du site ne permet pas une reprise de la berge, la végétation en place bénéficiera d'un entretien adapté : abattages, recépage, élagage, bouturage,...

Les secteurs de grandes érosions situées à l'amont du seuil du camping et dépourvues de ripisylve ne font pas l'objet d'une végétalisation systématique, afin de favoriser totalement la dynamique sédimentaire sur ces secteurs.

4. Le traitement du caisson végétalisé

Un des points sensible du tronçon est de stabiliser durablement le caisson végétalisé situé au droit du camping, qui a subi coup sur coup deux dégradations lors de crues du Sornin (fin 2008 et juin 2009).

Cet ouvrage a été réalisé en juin 2006. Malgré un ancrage réalisé lors de sa conception (pas de plan de récolement disponible, mais d'après le technicien de rivière du SYMISOA, deux étages du caisson étaient ancrés sous le lit du Sornin sans matelas ou enrochement), le pied de berge a été affouillé suite à une modification substantielle de la morphologie du lit : l'atterrissement rive gauche s'est engraisé, les débits étant alors reportés sur la rive droite directement contre le caisson dans l'extrados du méandre. L'affouillement, localisé, aurait atteint plus de 50 cm de profondeur.

Afin de se prémunir de tout autre dommage, et compte tenu de la disponibilité foncière, il est techniquement possible d'envisager la destruction totale de l'ouvrage et la reprise de la berge en techniques végétale ou mixte. Cette alternative est décrite pour information dans l'annexe et les planches techniques.

Cependant, compte tenu de l'investissement déjà réalisé, le maître d'ouvrage préfère axer la réflexion sur une solution de pérennisation de l'ouvrage en place.

La solution proposée conserve donc l'ouvrage : à un problème morphodynamique est apportée une réponse d'ordre morphodynamique. L'aménagement consiste en la mise en place d'épis déflecteurs, qui auront pour but :

- De reporter le courant vers le centre du chenal et la rive opposée, et ainsi délester le caisson des principales contraintes hydrauliques,
- De laisser se former des atterrissements à l'arrière des épis, en pied des caissons végétalisés, et ainsi bloquer durablement le pied du caisson.

Ces épis peuvent être réalisés en enrochement libres ou en génie végétal (épis végétalisés). Cependant, compte tenu de la taille du cours d'eau et de sa dynamique, des épis plongeants en enrochements sont conseillés.



Photo 4 : Exemple d'épis déflecteurs en enrochement (Le Guiers, 38)

Leur taille précise et leur dimensionnement sera approfondis en phase APD en cas de validation de cette solution par le comité de pilotage.

Il est important de noter que le fonctionnement des épis est complexe, une surveillance des abords est donc nécessaire pour vérifier que la rivière réagit conformément à ce que l'on a supposé et éventuellement corriger.

5. La dérivation du Sornin entre le camping et le transporteur

Cette proposition présente plusieurs avantages :

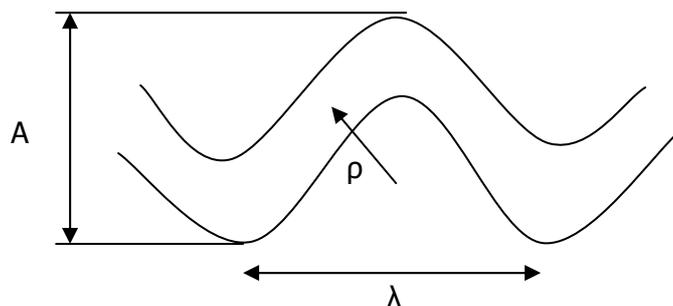
- Accompagner la déviation des courants induits par la mise en place des épis au niveau du caisson,
- Eloigner le Sornin du cheminement, ce qui réduit l'aléa et permet de réaliser un aménagement mieux intégré écologiquement et paysagèrement (berges en pente douce, espace disponible entre le chemin et le Sornin...).

La disponibilité foncière et la configuration locale se prête à cet aménagement. De plus, le Sornin est une rivière à méandre, caractérisé par une très faible pente (ordre de 0.1%).

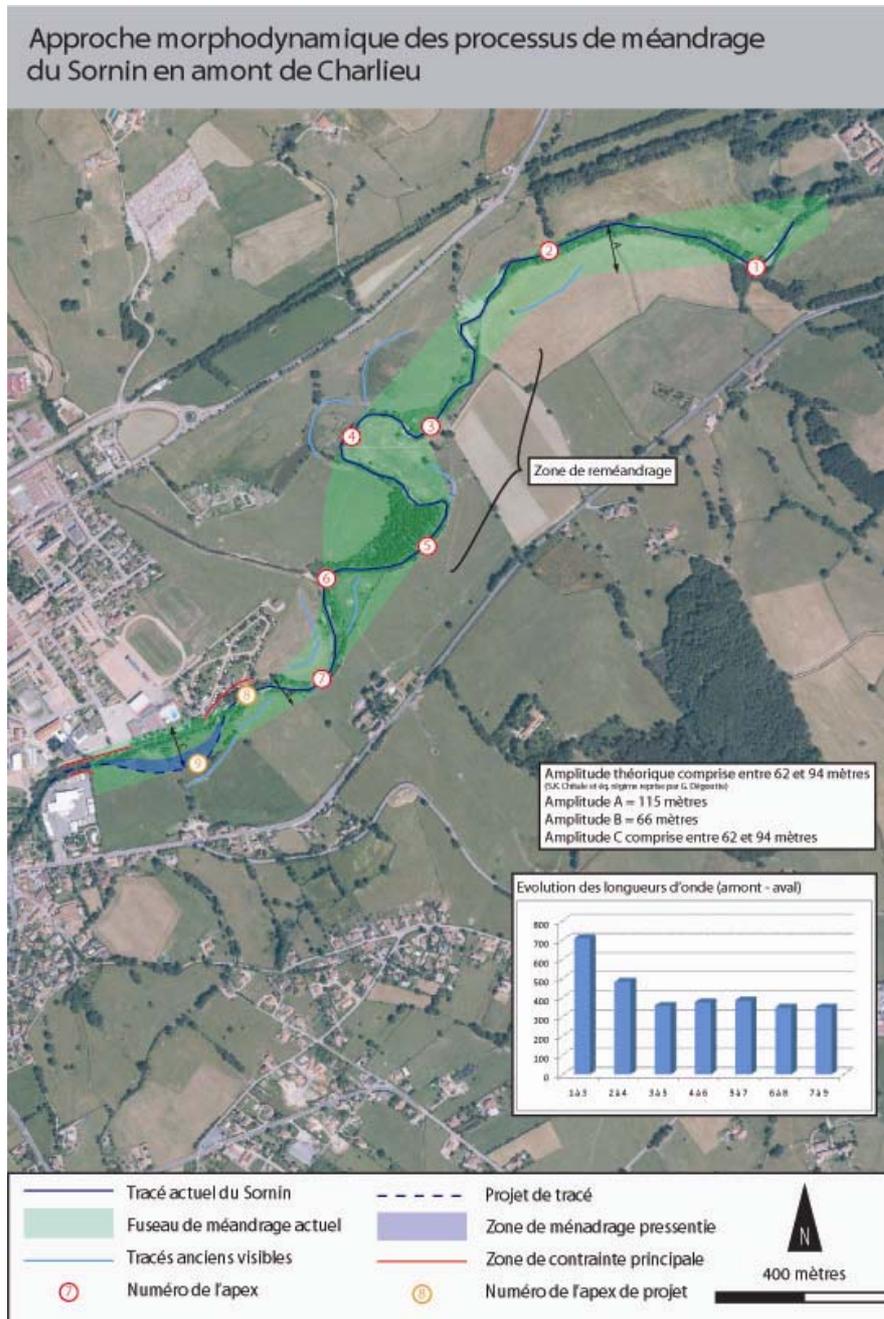
D'après les équations du régime, il existe une relation entre l'amplitude des méandres (A), leur rayon de courbure (ρ), leur longueur d'onde (λ) et la largeur de la rivière

(L) :

$$\begin{aligned} \lambda &= 11.L^{1.01} \\ \rho &= 0,22.L^{1.02} \\ A &= 3.L^{1.1} \end{aligned}$$



L'analyse de la vue en plan du Sornin sur la zone d'étude montre une longueur de l'ordre de 500 mètres en aval de la zone d'étude et de 300 mètres en amont, avec un « méandre manquant » au niveau de la ligne droite le long du chemin du camping. Les équations de Dury Ackers et Carlston qui font appel à l'hydrologie plus qu'à la morphométrie du cours d'eau nous donne une longueur d'onde théorique comprise entre 380 et 490 mètres ce qui est conforme à la première estimation



D'un point de vue morphodynamique, le fait de reméandrer la rivière à cet endroit précis apparaît donc en cohérence avec la dynamique naturelle du Sornin. Il est d'ailleurs possible qu'une des raisons de l'enfoncement du lit soit un recalibrage ancien qui est réduit le cheminement hydraulique.

La géométrie du méandre proposé ne répond pas complètement à ces principes fondamentaux, car elle prend en compte la réinsertion du Sornin en aval en évitant la formation d'un extrados trop prononcé, et elle limite l'emprise foncière d'une parcelle aujourd'hui privée. Cependant, ce tracé n'est qu'illustratif d'un principe d'aménagement qu'il s'agira d'affiner en tenant compte de l'ensemble de ces paramètres si ce scénario était retenu.

6. Reprise du seuil des pompiers

A l'issu de l'état des lieux, il apparait que le seuil est dans un état précaire, laissant craindre sa rupture lors d'un prochain événement hydrologique important. Après analyse des compartiments écologiques, morphologiques, hydraulique, économiques... (cf. tableau en annexe, rapport spécifique du seuil, IGIOA), il apparait que la solution qui s'impose est la reconstruction du seuil à son niveau actuel, ce qui impose donc de prévoir dans sa conception la franchissabilité piscicole du nouvel ouvrage. Deux solutions techniques ont été étudiées :

- La création d'un chenal franchissable en parallèle au Sornin lui-même ;
- La création d'un seuil franchissable.

La troisième solution, qui aurait été l'effacement du seuil et son remplacement par une succession de petits seuils franchissables répartis sur un linéaire plus important n'a pas été étudiée pour les raisons suivantes :

- *La hauteur de chute à rattraper est importante : 2 m au maximum en rive gauche : le rattrapage aurait donc du être réalisé sur un linéaire très étendu ;*
- *La hauteur de chute des « mini-seuils » aurait été faible, afin d'assurer le passage de l'alose pour être en cohérence avec les aménagements réalisés sur le bassin de la Loire : leur nombre aurait donc été démultiplié, et l'étendu de l'aménagement très important.*
- *Aussi, cette solution aurait nécessité la reprise du profil en long sur un linéaire important du Sornin à l'amont et à l'aval du seuil : les effets sur le niveau de la nappe aux abords du seuil et des habitations riveraines sont difficiles à appréhender, et la reprise des berges maçonnées en rive droite seraient alors plus importantes que dans la situation actuelle et rendues impératives vis-à-vis des riverains (cf. scénario 2).*

Suite à l'analyse des deux solutions et aux différents échanges avec les services de l'ONEMA, il apparait que la deuxième solution est la plus efficace d'un point de vue technico-économique :

- Le chenal franchissable apporte peu de garantie sur son efficacité : les débits d'appel sont difficiles à réaliser ;
- Le seuil lui-même doit dans tous les cas être totalement refait ;
- La pente d'un ouvrage franchissable peut être optimisée pour assurer le passage de la majorité des espèces et des individus, tout en réduisant la longueur de l'ouvrage donc par là-même sont cout et son impact paysager.
- Il s'agira de soigner la mise en œuvre de blocs de taille différente, correctement appareillés pour permettre la création d'un chenal en eau franchissable par l'alose (« filet d'eau »).

La conception détaillée du seuil est consultable dans le rapport spécifique du Cabinet IGIOA et le plan détaillé qui y fait référence. Les principales caractéristiques seront les suivantes :

- Pente de la passe à poisson : 5.5 %, induisant une longueur de 20 m.
- Carapace en blocs d'enrochement calibrés posés sur une couche d'enrochement de taille intermédiaire

- De très gros blocs disposés en rangée périodiques permettront le passage d'une veine d'eau droite et continue sans alternance dans l'axe du chenal sur environ 50 cm de profondeur. Cet écoulement préférentiel permettra la remontée de l'alose.

Le seuil lui-même, également en enrochement, sera constitué d'une crête de 1.5 m de long puis d'une chute de 30% sur 5.70 mètres de longueur. Un enrochement de fond assurera la dissipation de l'énergie en pied de l'ouvrage.

La planche graphique associée au rapport technique d'IGIOA permet de consulter tout le détail techniques de l'ouvrage (vue en plan, profils en long et coupes transversales).



Photo : Riparia

Photo 5 : Exemple de passe à poisson sur le Gardon, seuil de Remoulins. Elle permet le franchissement du seuil par l'Alose feinte (espèce cible retenue pour les calculs de dimensionnement), mais également la lamproie fluviatile, l'anguille et l'ensemble des espèces piscicoles présentes (source : MRM, Bulletin de février 2008).

IV.1.2. Intérêt hydro-écologique du scénario

Le scénario 1 répond totalement à l'objectif de renaturation hydroécologique du Sornin sur l'ensemble du tronçon, comme cela est explicité ci-après.

IV.1.2.1. Renaturation de la végétation rivulaire

La ripisylve du Sornin sur le secteur d'étude présente les caractéristiques suivantes :

- Discontinue : de grandes zones d'érosions sont totalement exemptes de végétation : cette situation se retrouve à l'amont du camping, alternativement rive droite et rive gauche, en amont du seuil des pompiers et en aval de la RD 4 ;
- Etroite : lorsqu'elle est présente, la ripisylve se limite à un cordon de végétation ;
- Instable : cette caractéristique est particulièrement vraie dans la traversée « urbaine » et péri-urbaine de Charlieu, de l'aval du camping jusqu'au seuil des pompiers. Les arbres sont déchaussés, très instables et à court ou moyen terme condamnés.
- Vieillissante : le renouvellement de la ripisylve n'est pas assuré, de par l'usage à l'arrière de la berge qui a empêché le développement de repousses (pâturage, entretien paysager, revêtement bitumineux en haut de berge...) ou la configuration de la berge (berge haute et verticale).

D'autre part, il convient de noter :

- La présence de renouée du japon, pour le moment encore cantonnée à quelques foyers isolés, mais qui trouvera dans cette configuration les conditions propices à son étendue : cette espèce envahissante, véritable « peste » des cours d'eau, trouve les conditions idéales de son implantation dans les zones ouvertes, dépourvues de végétation, le cours d'eau constituant un vecteur de propagation efficace au gré des crues.
- La présence de zones fluviales annexes (bras morts, zones humides) en lien avec la mobilité latérale du Sornin en amont du camping ;
- L'implantation du castor sur le secteur, avec notamment la présence d'une hutte occupée sur l'île du bief des pompiers, rive droite du Sornin en aval de la déviation. Le castor aurait atteint le maximum de ses possibilités d'implantation dans le secteur, en raison du manque d'habitats, notamment en lien avec le caractère trop restreint de la ripisylve du Sornin (source : ARPN).

- **Maintien des berges**, et par là limitation de l'apport de sable dans le cours d'eau : limitation du colmatage des habitats aquatiques ;
- **Le rétablissement d'une connexion amont-aval** Charlieu par le biais du Sornin et de sa ripisylve, dans le sens de la **notion de corridor écologique** : « Les corridors écologiques correspondent à des milieux naturels ou artificiels, généralement continus et linéaires, libres d'obstacles, canalisant la circulation de la faune entre deux milieux favorables à celle-ci. » Si cette définition s'applique par le Sornin lui-même, pour les espèces capables de nage et une fois le seuil des pompiers rendu franchissable, cela est moins le cas pour la faune terrestre qui ne trouve pas dans la configuration actuelle des berges du Sornin les conditions propices à la traversée de Charlieu. La faune a besoin d'une structure végétale pour la guider dans ses déplacements, qui sert de refuge en cas de danger, de repère visuel, de ressource alimentaire... Cette notion de corridor écologique permettrait de relier les zones naturelles amont et aval du Sornin, aujourd'hui isolée par Charlieu qui s'étend largement au nord et au sud du Sornin. Cependant, il est important de noter que le pont de pierre et le secteur G10 situé à l'aval immédiat du pont de pierre constitue un obstacle à la continuité du corridor écologique, dont la fonctionnalité se trouve donc très réduite (photo ci-contre).



IV.1.2.2. **Maintien d'une dynamique sédimentaire naturelle**

S'il est nécessaire de contenir et de maîtriser l'évolution latérale du Sornin dans la traversée urbaine et péri-urbaine de Charlieu, c'est-à-dire du camping au supermarché Norma, excepté la rive gauche en aval du pont de la RD4, il est également important de laisser au Sornin son espace de liberté. Les transitions latérales permettent une mobilisation des sédiments nécessaire à l'équilibre hydrodynamique du cours d'eau (équilibre entre débit et charge solide), assurent un fonctionnement optimum des écosystèmes aquatiques et terrestres.

Le SDAGE Loire Bretagne insiste sur l'absence de protection de berge : « *dans les zones de forte variabilité du lit des cours d'eau, un fuseau sera déterminé à l'intérieur duquel la priorité sera laissée au déplacement des méandres* ». Le projet de SDAGE Loire Bretagne 2009, application directe de la DCE, reprend différemment cette notion : « *La restauration de la qualité physique et fonctionnelle des cours d'eau suppose d'intervenir dans tous les domaines qui conditionnent l'habitat des espèces vivant dans les rivières. De manière simplifiée il s'agit de permettre à la dynamique fluviale, moteur du bon fonctionnement de l'hydrosystème, de s'exprimer. Les actions à porteront sur : (...) les caractéristiques morphologiques : fuseaux de mobilité permettant la divagation de la rivière, liaison avec les annexes hydrauliques, état et stabilité des berges, préservation ou restauration des zones de frayères...* »

Actuellement, il a été démontré dans l'état des lieux que l'amont et l'aval de Charlieu sont des zones dynamiques : il conviendra donc de laisser à la rivière la possibilité de modifier son tracé en plan dans les zones dépourvues d'enjeux (zones de pâtures).



Photo 7 :

En haut : dynamique latérale du Sornin au droit d'une zone à enjeu à préserver : déplacement radical du lit en rive gauche du Sornin, au droit du camping ; noter la présence d'une zone humide en rive droite (ancien bras) ;

En bas : dynamique latérale du Sornin en amont du camping : déplacement radical du lit en rive gauche, zone humide créée en concomitance en rive droite.

IV.1.2.3. Rétablissement de la continuité piscicole

La franchissabilité du seuil des pompiers est un impératif réglementaire nécessaire quel que soit le scénario retenu.

Remarque : le traitement du seuil à l'amont du camping est traité en parallèle de la présente étude par le cabinet Biotec.

IV.1.2.4. Amélioration des habitats piscicoles

La banalisation des habitats piscicoles peuvent avoir plusieurs causes, dont notamment :

- L'absence ou la faible implantation de la ripisylve,
- La charge en sable importante du fond du lit, qui limite le pavage en substrat plus grossier (graviers, galets),
- L'absence ou la rareté des herbiers aquatiques (hélrophytes, hydrophytes),
- L'uniformisation du fond lit : chenal unique, faciès peu différenciés (radiers et mouilles).

Sur le Sornin, les habitats aquatiques sont dans l'ensemble banalisés, malgré la présence ponctuelle de quelques radiers et zones relativement diversifiées.



Photo 8 : Substrat grossier en amont du Sornin et substrat sableux dans la partie aval

La diversification des habitats sera intégrée à l'aménagement, de part la consistance du projet lui-même. Des aménagements spécifiques (mise en place de blocs...) pourront également être intégrés. Dans ce cas, leur implantation sera réalisée en étroite collaboration avec les acteurs de la pêche et du milieu aquatiques, AAPPMA, Fédération, ONEMA).

IV.1.3. A propos de la sécurité

La sécurité des biens et des personnes en lien avec l'état des berges concerne :

- **Les arbres susceptibles de basculer dans le lit du cours d'eau :** ces arbres risquent de créer des embâcles de taille importante qui, en cas de mobilisation, peuvent encombrer un ouvrage de franchissement et renforcer l'inondabilité des terrains. Leur chute peut également arracher une partie importante de la berge, ou créer des remous sur la berge opposée.
- **Les érosions de berges :** sont principalement concernés des cheminements publics (camping, collège), et ponctuellement des usages commerciaux.
- **Les berges maçonnées :** une expertise particulière sur les berges maçonnées entre le pont de pierre et le seuil des pompiers a conduit à la grande précarité de ces

installations. Certaines révèlent un réel danger pour les riverains qui pourraient en avoir l'usage.

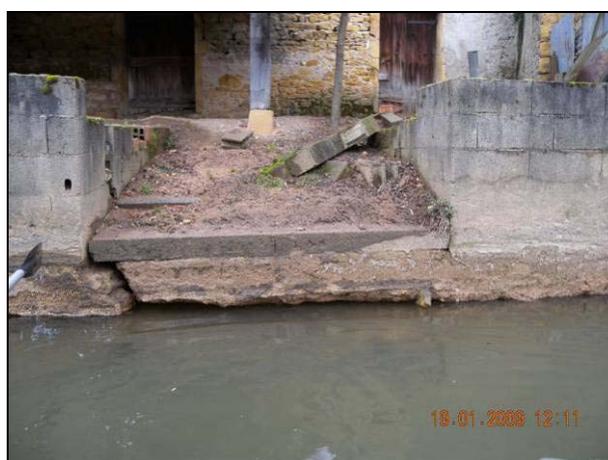


Photo 9 : situations à risque :

*1 – arbres déchaussés susceptible de basculer 2 – érosion proche du chemin
3 et 4 : ouvrages maçonnés déchaussés et fissurés*

Le scénario « DCE » intègre le traitement des deux premières situations, par un traitement de la végétation adapté (abattage, plantations ...) et par la stabilisation des érosions « à enjeu » à l'aide de techniques végétales.

Les berges maçonnées ne sont pas traitées dans ce scénario, et ce pour deux principales raisons :

- Les solutions techniques qui s'offrent au traitement de la problématique ne présentent pas de « valeur ajoutée » d'un point de vue strictement écologique;
- Ces berges maçonnées relèvent uniquement de propriétés privées, sans conséquence sur la sécurité publique d'ordre générale, contrairement aux deux autres situations.

Seules les portions de berges naturelles feront l'objet d'interventions simples : traitement de la renouée, abattage des arbres instables, plantations, génie végétal...

Il appartient donc au maire de la commune, dans le cas où ce scénario serait retenu, d'alerter de manière formelle les riverains concernés, afin qu'ils prennent leur disposition pour réhabiliter ou ne plus utiliser ces ouvrages.

Néanmoins, une intervention au cas par cas de chaque propriétaire, souvent à l'aide de moyens de fortune non adaptés aux contraintes hydrauliques, aboutit à un mitage de la berge inefficace et inesthétique. Cet aspect est donc à prendre en compte et constitue le point faible de ce scénario.

IV.1.4. A propos du paysage

D'un point de vue paysager, les berges du Sornin dans la traversée de Charlieu présentent peu d'attrait : érosions, arbres déchaussés, clôtures basculées, zones de déchets...



*Photo 10 : 1 - berges maçonnées inesthétiques et hétérogène, vue depuis la rive gauche du seuil ;
2 – Clôture basculée, résineux en haut de berge*

Les aménagements proposés dans ce scénario participeront à une meilleure intégration paysagère du Sornin dans son environnement périurbain : réhabilitation d'une ripisylve large, équilibrée et structurée et stabilisation des berges par des techniques végétales uniquement. Le tracé du Sornin sera mis en valeur, la ripisylve étant le marqueur visuel d'un cours d'eau.

Aucun aménagement proposé dans ce scénario n'est susceptible de porter atteinte au paysage. Au contraire, la constitution d'un corridor végétal sur l'ensemble du Sornin est de nature à améliorer considérablement l'intégration paysagère du cours d'eau.

Les aménagements prévus de part et d'autre du pont de pierre notamment ne présentent pas d'impact, dans la mesure où seule la végétation est traitée : entretien et renaturation des berges par techniques végétales.

Le seuil des pompiers pourrait être considéré comme impactant : néanmoins, il est commun à tous les scénarios, et l'ouvrage proposé, dont la taille est optimisée pour réduire le coût et l'impact visuel, constituera une amélioration par rapport à l'état de l'ouvrage actuel.

Enfin, les berges maçonnées visibles depuis la rive droite au niveau du seuil des pompiers et de l'hôtel, peu esthétiques en l'état, ne seront pas modifiées.

IV.1.5. Impact hydraulique

Le modèle hydraulique utilisé pour la description de l'état initial en phase 1 a été modifié pour prendre en compte les modifications de la géométrie du lit prévue par ce premier scénario. Le tableau suivant présente les modifications géométriques de section prises en compte pour chaque profil en travers du modèle hydraulique.

Secteurs	Modification RG	Modification RD
Du profil 38 à 42	Profilage de la berge à 3H/1V	-
Du profil 32 à 37	Dérivation du lit	
Du profil 29 à 31	Profilage de la berge 3H/2V	Profilage de la berge 3H/1V
Du profil 26 à 28	Profilage de la berge 3H/2V	-
Du profil 22 à 25	Profilage de la berge 3H/2V	-
Du profil 19 à 21	Profilage de la berge 10H/1V	-
Du profil 15 à 17	Profilage de la berge 3H/1V	-
Du profil 10 à 12	Profilage de la berge 3H/1V	-
Du profil 8 à 9	Profilage de la berge 3H/1V	-
Du profil 5 à 7	Profilage de la berge 3H/1V	-
Profil 4	Profilage de la berge 3H/1V	Profilage de la berge 6H/1V
Du profil 1 à 7	Profilage de la berge 3H/1V	-

Les résultats des simulations hydrauliques montrent que les travaux prévus dans ce scénario d'aménagement ont un impact relativement faible sur le fonctionnement du Sornin en période de crue. Globalement, le scénario améliore le fonctionnement hydraulique du lit mineur. L'ouverture des berges augmente les sections hydrauliques du lit mineur et améliore la débitance avant débordement dans le lit majeur. En période de crue, la ligne d'eau est abaissée de quelques centimètres. Cet abaissement a un impact très limité sur l'inondabilité du Sornin.

En résumé, les travaux prévus par le scénario 1 améliorent le fonctionnement hydraulique du Sornin mais ils ne sont pas de nature à modifier sensiblement la zone inondable pour les crues débordantes.

Les résultats de calculs sont reportés en annexe.

IV.1.6. Cout

Le tableau suivant en fait la synthèse de l'estimatif des coûts :

Seuil franchissable	260 000 €
Traitement des berges	700 000 €
Renaturation et stabilisation par génie végétal	440 000 €
<i>Entretien de la végétation en place</i>	<i>nd</i>
Epis défecteurs	22 000 €
Dérivation du cours d'eau	218 000 €
Traitement des foyers de renouée du Japon	20 000 €
Total HT :	960 000 €

Les couts proposés sont une estimation incluant les installations de chantier, y compris difficultés d'accès de certains secteurs, la fourniture et la mise en œuvre des matériaux, et une marge de 10 % d'imprévus.

Les frais d'étude spécifiques qui se rajouteraient (études géotechniques, topographie complémentaires, maîtrise d'œuvre complète...) ne sont pas inclus et seraient définis ultérieurement si nécessaire.

IV.2. SCENARIO 2 : « SECURITAIRE »

Le scénario 1 assure la stabilisation des berges présentant un enjeu de sécurité public à l'aide de techniques végétales.

Le scénario 2 propose d'axer l'intervention sur la sécurité des personnes et des biens dans son intégralité, en intégrant les berges privées inaccessibles au public.

IV.2.1. Description du scénario

Le scénario 2 propose de rajouter au scénario 1 le traitement de deux zones :

- les berges maçonnées situées rive droite entre le Pont de pierre et le seuil des pompiers : la précarité des ouvrages constitue un réel danger pour les riverains eux-mêmes ;
- la berge le long du parking « Norma » en aval de Charlieu : un enrochement a été réalisé récemment sur une petite portion de berge, laissant l'aval tel quel. Un traitement mieux adapté traitant l'ensemble du secteur est proposé.

1. Les berges maçonnées rive droite du pont de pierre au seuil des pompiers

Afin d'assurer une stabilité pérenne de la berge, il est important de la traiter de manière homogène et continue du Pont de pierre au seuil.

La technique la mieux adaptée, qui assurera une tenue maximale dans le temps est la mise en œuvre de gabions boîte. Cette solution consiste à stabiliser les berges par des structures modulaires constituées d'éléments parallépipédiques en grillage double torsion, remplies de pierres, appelés gabions.

Cette solution est très fiable et bénéficie de nombreux avantages : monolithisme, capacité drainante, flexibilité, longévité, associés à une mise en œuvre facile.



*Photo 11 : Exemple de réalisations en gabions ;
à droite, possibilité de végétalisation par des plantes rampantes*

Solution alternative : enrochements appareillés

Les enrochements appareillés peuvent constituer une alternative moins onéreuse à la technique des gabions. Des enrochements bien appareillés assurent une bonne tenue des berges dans le temps, mais ils sont moins recommandés que les gabions dans le cas de figure présent pour les raisons suivantes :

- L'emprise dans le lit mineur est supérieure : compte tenu de la configuration de certaines habitations, il n'est pas possible de travailler en déblai sur la berge, l'ouvrage doit donc être mis en œuvre dans le lit mineur, et l'emprise sera plus importante en enrochement qu'en gabions ;
- Il est fortement déconseillé de végétaliser des enrochements libres, les racines de la végétation pouvant à terme entraîner la déstabilisation de l'ouvrage. La végétalisation au sein des enrochements eux-mêmes est donc proscrite, et un entretien régulier de la végétation qui pourrait s'y développer serait nécessaire.

2. Stabilisation par technique mixte du parking Norma

Un enrochement en blocs libres a été mis en place sur 10 m (secteur D27), laissant la berge naturelle en place à l'aval (secteur 28, 710 mètres).

Aucune information n'existe sur la manière dont ont été mis en œuvre ses enrochements (existence d'un sabot ?), mais à première vue, les blocs ne sont pas finement appareillés, laissant craindre au fil du temps ou lors d'une crue une déstabilisation de l'ouvrage.

D'autre part, il est probable que les désordres ayant conduits à la mise en œuvre de l'enrochement se répercutent à l'aval immédiat, compte tenu de l'état de la berge et de la végétation, et de l'accélération du courant localement au niveau de l'enrochement.

C'est pourquoi il peut être envisagé la reprise de l'ensemble des deux secteurs à l'aide de techniques mixtes et végétales de la manière suivante :

- Réutilisation des enrochements en place en pied de berge, afin d'assurer la liaison entre le mur de soutènement et la berge naturelle ;
- Remplacement des enrochements par une fascine de saules à l'aval ;
- Stabilisation du talus à l'aide de lits de plants et plançons.



*Photo 12 : Exemples de réalisation à l'aide de techniques mixtes (enrochement en pied + lits de plants et plançons) et de techniques végétales (fascines de saule et lits de plants et plançons).
En haut : Le Guiers (38) ; en bas : La Lère à Réalville (82) après reprise de la végétation*

IV.2.2. A propos de l'hydro-écologie

Ce scénario reprend l'intégralité des aménagements prévus au scénario 1, les aménagements dits « sécuritaires » étant réalisés sur des secteurs sans intervention de restauration. La plue-value environnementale largement détaillée dans le cadre du scénario 1 se retrouve donc intégralement dans le scénario 2.

Concernant les protections de berges en génie civil, l'impact environnemental est très faible, voir inexistant : les berges qui font l'objet d'un traitement sont la plupart déjà bâties ou enrochées. Les quelques berges naturelles qui seraient artificialisées ne représentent que des « taches » parsemées et enclavées au milieu de perrés maçonnés.

Enfin, les techniques mixtes se substitueront à un enrochement existant, en empiétant sur une portion de berge actuellement naturelle, mais il s'agit là d'une action préventive à un enrochement généralisé « sauvage ». Les techniques mixtes permettent ici d'assurer une tenue pérenne de la berge sans emprise foncière sur le parking.

IV.2.3. A propos du paysage

Le projet doit obtenir l'approbation de l'Architecte des Bâtiments de France, compte tenu de la ZPPAUP et de la présence du Pont de Pierre, classé Monument Historique.

L'impact paysager des gabions du Pont de Pierre au seuil des pompiers ne peut être occulté : la berge sera minéralisée, et l'ouvrage marquera le paysage, particulièrement les premières années, le temps que l'ouvrage se « patine ». De plus, sa mise en œuvre nécessitera l'abatage d'une partie de la végétation en place à l'aval immédiat du Pont de Pierre.

La végétalisation des gabions n'est pas possible au sein même de l'ouvrage. Seules des plantations peuvent être réalisées à l'arrière de l'ouvrage, avec des plantes rampantes qui retomberaient par-dessus les gabions vers le cours d'eau. L'alternative en enrochement, elle, ne permet aucune végétalisation sans risquer de déstabiliser l'ouvrage.

Contrairement au point de vue du pont de pierre, l'impact paysager depuis l'hôtel ou la prairie au niveau du seuil sera une amélioration par rapport à la situation actuelle : en effet, les berges maçonnées détériorées n'apportent en l'état aucune plus-value paysagère et leur reprise avec un ouvrage neuf peut s'avérer positif malgré le caractère très minéral de la protection.

A noter que la hauteur de l'ouvrage hors d'eau sera modérée, notamment à l'aval, et que l'aspect « mur » est donc limité : une portion minéralisée au milieu d'une trame verte quasi continue sur l'ensemble de la traversée de Charlieu peut s'avérer enrichissante d'un point de vue de la diversité paysagère.

IV.2.4. Impact hydraulique

D'un point de vue hydraulique, ce second scénario reprend les bases du scénario 1 avec en plus les modifications suivantes complémentaires :

- Du profil P25 à P19 (du pont de Pierre au seuil des Pompiers), protection du pied de berge en rive droite par des gabions ;
- Du profil P6 au P5 (parking Norma), reprise de la berge à 3H/2V.

Ces modifications ont été intégrées dans un nouveau modèle hydraulique. Les résultats obtenus sont quasiment identiques à ceux du scénario 1. En période de crue, les niveaux d'eau sont légèrement abaissés mais cela reste sans conséquence sur l'étendue des zones inondables du Sornin.

Les résultats de calculs sont reportés en annexe.

IV.2.1. Cout

Le détail des couts zone par zone est consultable dans l'annexe au présent dossier. Le tableau suivant constitue une synthèse :

Seuil franchissable	260 000 €
Traitement des berges hors génie civil	731 000 €
Renaturation et stabilisation par génie végétal et mixte	471 000 €
<i>Entretien de la végétation en place</i>	<i>nd</i>
Epis défecteurs	22 000 €
Dérivation du cours d'eau	218 000 €
Traitement des foyers de renouée du Japon	20 000 €
Traitement des berges maçonnées par gabions	400 000 €
Total HT :	1 391 000 €

Les couts proposés sont une estimation incluant les installations de chantier, y compris difficultés d'accès de certains secteurs, la fourniture et la mise en œuvre des matériaux, et une marge de 10 % d'imprévus.

IV.3. SCENARIO 3 : PAYSAGER

Le scénario 3, sur la base des aménagements hydro-écologiques du scénario 1, se propose d'intégrer en objectif principal le paysage. Cet objectif se traduit sous plusieurs aspects :

- L'intégration paysagère des berges elles-mêmes : l'aspect des berges doit être attractif et esthétique ;
- La « reconnexion » des riverains avec le cours d'eau : aujourd'hui, les riverains tournent le dos au Sornin : à l'amont du pont de pierre, les jardins sont séparés du Sornin par des haies vives et des clôtures, à l'aval, l'état des berges maçonnées représentent plus un risque (à juste titre...) qu'un agrément. D'une manière plus générale, c'est le risque inondation qui prédomine dans l'esprit des riverains eux et des Charliendins.
- Le « loisir » lié au cours d'eau : il s'agit d'inciter les Charliendins et les touristes à profiter pleinement de la présence de la rivière, en aménagement les abords : en l'état, aucun espace de promenade n'est vraiment lié à la rivière, excepté éventuellement le chemin le long du camping.

Comme pour le scénario 2, le scénario 1 reste la base d'application du scénario 3 : seuls les aménagements qui se rajoutent ou qui diffèrent du scénario 1 sont ici présentés dans le détail.

IV.3.1. Description du scénario

Afin d'intégrer le plus complètement possible le Sornin dans l'environnement de détente des Charliendins, les aménagements suivantes sont proposés :

- L'adaptation de quelques protections ou traitement de berges ;
- La réalisation d'un parcours piéton le long du Sornin,
- La mise en place de mobilier, de panneaux d'informations et de panneaux pédagogiques.

1. Protection des berges maçonnées

Les berges maçonnées du Pont de pierre au seuil des pompiers doivent faire l'objet, pour leur intégration paysagère, d'une réfection notamment à l'aval, les berges étant particulièrement visibles. La protection doit allier intégration paysagère et sécurité des riverains.

Comme cela a été exposé précédemment, il est important, pour l'efficacité et la pérennité de l'ouvrage que l'ensemble de la berge soit traitée de bout en bout.

La technique qui assure une meilleure intégration paysagère est le soutènement par tunage bois. Ce soutènement peut être réalisé de plusieurs façons : avec ou sans dispositifs d'ancrage, avec des pieux jointifs ou avec des pieux espacés liaisonnés par bardage en planches etc. ...



Photo 13 : Exemples de soutènement de berge à l'aide de tunage bois

2. Aménagement de sentiers piétons le long du Sornin

La proposition « de base » comporte deux sites distincts aménagés :

- A l'amont, du camping au collège : le sentier existant peut être conservé en l'état, moyennant quelques adaptations de tracé liées à la nouvelle emprise des berges et des éventuels compléments en mobilier, éclairage...
- Au centre du secteur d'étude, au niveau du seuil des pompiers et du parc urbain existant,

Au niveau du seuil des pompiers, il est proposé de créer un sentier en rive gauche, de la plage d'hélophytes aménagée jusqu'au pont de la RD4. Ce sentier bénéficie de plusieurs atouts qui justifient son implantation :

- La proximité avec le centre bourg,
- La présence d'un aménagement complet, qu'il convient de valoriser aux yeux des Charliendins : nouveau seuil et passe à poisson, berge en génie végétal, berge typique d'un milieu humide (plage d'hélophytes), vue sur le tunage bois en rive droite, voir même le site de traitement de la renouée du Japon.
- La présence sur la rive opposée d'un parc urbain existant.

Il sera donc nécessaire d'aménager une connexion au pont de la départementale, afin d'assurer la liaison avec le parc et le centre ville.

Le sentier rive droite au niveau du parc urbain nécessite également quelques adaptations :

- Assurer une réelle continuité aménagée du pont au seuil : actuellement, la berge est facilement accessible mais ces accès ne sont pas réellement aménagés ;
- Rétablir une connexion visuelle directe entre le parc et la rivière : la haie actuelle est remplacée par une barrière bois ajourée.



Photo 14 : Connexion parc-rivière à rétablir, de manière visuelle et pédestre

La traversée de Charlieu par le Sornin

Il est également possible d'envisager, de manière plus ambitieuse, un parcours piéton complet depuis le camping jusqu'à l'aval de Charlieu, d'autant plus que la commune envisage de requalifier le site de l'ancienne STEP en site touristique, éventuellement site d'accueil pour camping-car.

Pour cela, plusieurs aménagements sont nécessaires :

- Traverser le Sornin au niveau de l'ancienne station d'épuration → passerelle n°1
- Longer le Sornin jusqu'à la RD4 en rive gauche → cheminement rustique
- Utiliser le passage existant sous la départementale ;
- Poursuivre en rive gauche jusqu'à l'hôtel → prévu au scénario 1
- Traverser le Sornin à l'amont du seuil → passerelle n°2
- Longer les habitations en rive droite le long du tunage → cheminement en haut du tunage à aménager et sécuriser
- Aménagement (escalier, rampe, ...) à créer pour rejoindre le pont de pierre
- Traversée du Sornin par le pont de pierre
- Longer le Sornin en rive gauche : → cheminement à l'arrière de la berge en génie végétale
- Traversée le Sornin à l'aval du transporteur → passerelle n°3

- Cheminement existant le long du collège jusqu'au camping.

Cet aménagement présente les contraintes suivantes :

- Etude et confection des 3 passerelles de franchissement dûment dimensionnées pour le passage des PMR¹ et la crue centennale ;
- Etude et confection de l'accès au pont de pierre depuis la rive droite aval, en accord avec l'Architecte des Bâtiments de France ;
- Traversée de nombreuses parcelles privées : acquisition, convention de passage en échange des travaux réalisés...

Variante :

Afin de s'affranchir d'une passerelle de franchissement, il est possible de poursuivre le cheminement en rive droite à l'amont du Pont de Pierre, moyennant le passage sous le pont de pierre et l'aménagement d'une risberme ou d'un encorbellement pour rejoindre le cheminement rive droite.

Les illustrations ci-dessous présentent un exemple d'aménagement de berge alliant renaturation écologique, protection contre l'érosion et aménagement paysager :



¹ Personnes à Mobilités Réduites



Photo 15 : aménagement des berges de Seine à Epinay-sur-Seine : 1 an après réception des travaux.

3. Mise en place de panneaux

Deux types de panneaux sont proposés :

- Des panneaux d'informations,
- Des panneaux pédagogiques à thème.

Les panneaux d'informations traiteront du Sornin en général, du SYMISOA et des actions du Contrat de rivière. Il est nécessaire d'en prévoir :

- Un au camping et un à l'ancienne STEP, avec plan du cheminement d'accès jusqu'à la « vitrine pédagogique »
- Un au niveau de la vitrine elle-même.

Les panneaux pédagogiques thématiques se pourront soit se concentrer sur le site central « vitrine », soit se répartir tout le long d'un sentier pédagogique, en fonction de la variante de sentiers retenue.

Les thèmes traités pourront être :

- Le seuil, la passe à poisson et la migration ;
- Les espèces piscicoles présentes dans le Sornin,
- La ripisylve, sa structure et son rôle,
- La présence de castor sur le Sornin,
- Le génie végétal,
- La lutte contre la renouée du Japon,
- ...

IV.3.2. A propos de l'hydro-écologie

Le scénario 3, à l'instar du scénario 2, préserve toutes les composantes d'amélioration hydro-écologiques du scénario 1.

Les ouvrages qui seraient réalisés (passerelles notamment) et la fréquentation du site par le public n'induiront pas de perturbation majeure des écosystèmes aquatiques et terrestres en place, qui ne présentent pas de sensibilité particulière.

Seule une contrainte environnementale doit éventuellement être prise en compte : préserver la hutte de castor existante sur l'île du bief, à l'aval de la RD4.

IV.3.3. A propos de la sécurité

Concernant la stabilité des berges du Sornin, le scénario 3 est comparable au scénario 2, malgré une durabilité affichée moins importante du tunage bois face aux gabions ou aux enrochements proposés au scénario 2.

Cependant, moyennant des matériaux de qualité (bois imputrescible, métallerie inoxydable, ...), une mise en œuvre dans les règles de l'art, et un entretien adapté (remplacement des planches usagées, entretien de la végétation à l'arrière berge...), ce type d'aménagement s'avère très durable.

Concernant l'accès au public en bordure de cours d'eau, toutes les précautions nécessaires seront prévues en conformité avec la réglementation (barrière nécessaire en fonction de la distance au cours d'eau et de la hauteur de la berge).

IV.3.4. Impact hydraulique

D'un point de vue hydraulique, ce troisième scénario reprend les bases du scénario 1 avec en plus les modifications suivantes complémentaires :

- Du profil P25 à P19 (du pont de Pierre au seuil des Pompiers), protection du pied de berge en rive droite par un tunage bois ;
- Du profil P6 au P5 (parking Norma), reprise de la berge à 3H/2V ;
- Cheminement et passerelles piétonnes (les passerelles ont été calées au-dessus de la crue centennale pour garantir une transparence hydraulique maximale).

Ces modifications ont été intégrées dans un nouveau modèle hydraulique. Les résultats obtenus sont quasiment identiques à ceux du scénario 1. On note un léger exhaussement des lignes d'eau en amont des passerelles piétonnes du fait des pertes de charge induites par celles-ci. Il n'y a aucun impact sensible sur les zones inondables du Sornin.

Les résultats de calculs sont reportés en annexe.

IV.3.1. Cout

Les couts d'un aménagement paysager peuvent être très variables en fonction du niveau de finition attendu. La sélection du scénario 3 nécessite plus que tout autre une étude de maîtrise d'œuvre complète, à débiter au niveau esquisse, afin de dégrossir les grands postes souhaité :

- Cheminements : largeur, type de revêtement, bordures...
- Mobilier,
- Luminaire,
- ...

Nous nous limiterons ici à renseigner un ordre de grandeur de cout pour les cheminements et la signalétique, qui nous semble être le minimum à donner à l'aménagement. Un budget de mobilier est également nécessaire (poubelles, bancs).

Concernant les cheminements, la largeur retenue est de 2 m lorsque la disponibilité foncière est importante (le long des pâtures) et de 1.1 m le long des propriétés privées. Ils se réduiront à 90 cm le long du tunage bois. Une fourchette de cout est proposé : un montant bas correspondant à un revêtement en grave concassée, un montant haut correspondant à un liant imperméabilisé réalisé à base de liant végétal, qui assure une meilleure stabilité particulièrement en zone inondable et qui présente des qualités écologiques intéressante dans un esprit de développement durable ou de démarche HQE.

Proposition de base : 850 m de cheminement

Seuil franchissable	260 000 €
Traitement des berges naturelles	731 000 €
Renaturation et stabilisation par génie végétal et mixte	471 000 €
<i>Entretien de la végétation en place</i>	<i>nd</i>
Epis déflecteurs	22 000 €
Dérivation du cours d'eau	218 000 €
Traitement des foyers de renouée du Japon	20 000 €
Traitement des berges maçonnées par tunage bois	310 000 €
Aménagement paysager	140 000 €
Cheminement en stabilisé végétal	84 000 €
Aménagement d'un escalier de connexion à la RD4	20 000 €
Arrachage de la haie et barrière bois (parc urbain)	20 000 €
Mobilier (bancs, poubelles)	9 000 €
Signalétique (panneaux informations et pupitres pédagogiques)	7 000 €
Total HT :	1 441 000 €

Hors luminaires, plantation d'arbres tiges...

Traversée de Charlieu :

Seuil franchissable	260 000 €
Traitement des berges naturelles	731 000 €
Renaturation et stabilisation par génie végétal et mixte	471 000 €
<i>Entretien de la végétation en place</i>	<i>nd</i>
Epis déflecteurs	22 000 €
Dérivation du cours d'eau	218 000 €
Traitement des foyers de renouée du Japon	20 000 €
Traitement des berges maçonnées par tunage bois	310 000 €
Aménagement paysager	640 000 €
Cheminement en stabilisé végétal	250 000 €
Passerelle piétonne de franchissement (x3)	300 000 €
Aménagement d'un escalier de connexion au Pont de pierre	40 000 €
Arrachage de la haie et barrière bois (parc urbain)	20 000 €
Mobilier (bancs, poubelles)	15 000 €
Signalétique (panneaux informations et pupitres pédagogiques)	15 000 €
Total HT :	1 941 000 €

Traversée de Charlieu, variante encorbellement rive droite :

Seuil franchissable	260 000 €
Traitement des berges naturelles	731 000 €
Renaturation et stabilisation par génie végétal et mixte	471 000 €
<i>Entretien de la végétation en place</i>	<i>nd</i>
Epis déflecteurs	22 000 €
Dérivation du cours d'eau	218 000 €
Traitement des foyers de renouée du Japon	20 000 €
Traitement des berges maçonnées par tunage bois	310 000 €
Aménagement paysager	536 000 €
Cheminement en stabilisé végétal	196 000 €
Passerelle piétonne de franchissement (x2)	200 000 €
Encorbellement	50 000 €
Aménagement d'un escalier de connexion au Pont de pierre	40 000 €
Arrachage de la haie et barrière bois (parc urbain)	20 000 €
Mobilier (bancs, poubelles)	15 000 €
Signalétique (panneaux informations et pupitres pédagogiques)	15 000 €
Total HT :	1 837 000 €

IV.1. SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS

Les trois scénarios proposés constituent une optimisation de ce qui pourrait se faire sur le Sornin respectivement en terme de restauration environnementale, sécuritaire et paysagère. Le scénario 1 (environnemental) constitue en quelque sorte la base d'aménagement quasiment commune aux trois scénarios.

Le tableau ci-dessous rappelle l'ensemble des avantages, inconvénients et contraintes qui s'appliquent à chaque scénario :

	Scénario 1 : hydro-écologique	Scénario 2 : sécuritaire	Scénario 3 : paysager
Morphodynamique	Les trois scénarios apportent globalement le même type de réponses aux dysfonctionnements constatés et maintiennent la rupture du transport solide au seuil des Pompiers. D'une manière générale, on diminue les contraintes latérales tout en conservant un potentiel de fourniture sédimentaire minimal dans les secteurs propices.		
Ecologique	☺ Renaturation écologique du Sornin dans l'ensemble de la traversée de Charlieu : <ul style="list-style-type: none"> - Renforcement de la ripisylve actuellement absente ou dans un état précaire ; - Rétablissement de la circulation piscicole ; - Solution en techniques végétales en stabilisation des enjeux à protéger, - Lutte renforcée de la renouée du Japon. 		
		La mise en place de gabions entre le Pont de pierre et le seuil ne constitue pas un impact écologique compte tenu de la nature des berges en place, déjà artificialisée sur 80 % du linéaire concerné.	L'aménagement paysager des berges n'apporte pas une atteinte notable aux écosystèmes : pas d'enjeux forts en l'état à conserver, excepté le site de castor sur l'île.
Paysager	☺ Amélioration de la perception de la rivière dans le paysage.		
	☺ Aucun aménagement ne dénature le paysage.	☺ Intégration paysagère des gabions à réaliser (plantes rampantes). ☺ Suppression d'un patchwork de berges maçonnées en mauvais état.	☺ Aucun aménagement ne dénature le paysage.

Social	☺ Amélioration de la perception de la rivière par les Charliendins		
	☹ non prise en compte des problèmes de stabilisation des riverains	☺ Traitement intégré de l'ensemble des berges instables	☺ Le Sornin est rétabli en temps que source d'agrément ☺ Action pédagogique et informative autour de la rivière et du Contrat de Rivière
Hydraulique	Les trois scénarios sont globalement bénéfiques pour le fonctionnement hydraulique du Sornin. La débitance du lit mineur est quelque peu améliorée. Cependant, pour les crues débordantes, ces travaux n'ont pas d'effet significatif sur la zone inondable.		
Foncier	Emprises foncières privées nécessaires tout le long du Sornin rive gauche : <ul style="list-style-type: none"> - prairies (déviations du cours d'eau, plage d'hélophytes face à l'amont du seuil, et reprise des berges du seuil jusqu'à la fin du secteur d'étude). - Plateformes du transporteur et du Point P ; - Jardins privatifs du transporteur au pont de pierre. 		
			Emprise foncière supplémentaire pour le passage des cheminements le long du Sornin.
Cadre réglementaire	<ul style="list-style-type: none"> - DUP en cas de problème d'acquisition avec les propriétaires (déviations du cours d'eau, plage d'hélophytes...) - Dossier d'autorisation loi sur l'eau : déviation du cours d'eau et épis, seuil franchissable (à préciser avec la Police de l'eau, dans la mesure où le seuil est existant). - Dossiers réglementaires soumis à agrément de l'Architecte des Bâtiments de France (ZPPAUP). 		
		DIG pour traitement des berges maçonnées.	
		Dossier d'autorisation loi sur l'eau : gabions boite et techniques mixtes	<ul style="list-style-type: none"> - Dossier d'autorisation loi sur l'eau : <ul style="list-style-type: none"> - Tunage bois - Passerelles - Encorbellement
Estimatif des coûts	960 000 €HT	1 391 000 €	2 portions de sentiers : 1 441 000 €HT Traversée complète de Charlieu : 1 941 000 €HT Variante encorbellement : 1 837 000 €HT

Le tableau ci-dessous apporte une approche très synthétique de l'ensemble des atouts et des contraintes liés à chaque scénario :

	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Morphologie	☺☺	☺☺	☺
Ecologie	☺☺☺	☺☺	☺☺
Paysage	☺☺☺	☺☺	☺☺☺
Social	☺	☺☺	☺☺☺
Hydraulique	☺	☺	☺
Intensité des contraintes			
Contraintes foncières	+	+	+++
Contraintes réglementaires	-	+	++
Contraintes Paysagères*	-	+++	++
Cout	+	++	+++

*Pressenties vis-à-vis de l'Architecte des Bâtiments de France

Il est important de noter que de multiples scénarios, moins ambitieux, sont envisageables. Des solutions techniques alternatives, permettant un engagement financier moins important, sont proposées en annexe zone par zone.

Les scénarios ici présentés représentent néanmoins des scénarios « optimum » répondant de manière exhaustive aux problématiques associées aux berges et au lit du Sornin. Aujourd'hui, le Sornin est perçu comme une rivière dangereuse et capricieuse. Si les problèmes d'inondation ne disparaîtront pas avec cet aménagement, les problèmes d'érosion seront réglés en tout ou partie, en fonction du scénario retenu. Charlieu se verra embellie d'une rivière attractive et accueillante, tant pour les touristes et les Charliendins eux-mêmes que pour la faune aquatique et terrestre qui y est associée.