

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
1.1.1



N1



FRA_3

AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger le Teil
Action 1 Accompagner dynamiquement FRA_3
Sous-action 1 Accompagner le transit de la charge solide en favorisant la mobilité des structures alluvionnaires
Type d'opération Forçage dirigé post-crue

MOTIVATION DE LA FICHE :

Il s'agit de maintenir, voire d'augmenter, la mobilité des structures alluvionnaires du tronçon FRA_3 et en particulier de la partie aval (depuis les Combes) afin d'éviter l'encombrement du lit en favorisant le transit sédimentaire.

L'objectif principal est ainsi d'éviter la végétalisation des structures alluvionnaires présentes en lit qui pourraient ainsi :

- Peigner les flottants et **générer de embâcles** en lits. Ces embâcles, en fonction de leur volume et du niveau d'encombrement qu'ils génèrent en lit, peuvent ainsi favoriser un **effet de vague** et augmenter ainsi l'impact morphogène et d'inondabilité des crues en aval (notamment au Teil).
- Favoriser la **fixation de la charge solide** dans un contexte de péjoration sédimentaire et d'écoulement sur des lits d'érosion (au sens de Tricart, 1977). Cette fixation sur le long terme favoriserait notamment l'incision en aval. L'incidence sur le milieu pourrait également être importante en impactant le substrat superficiel du lit (armure au sens de Bray & Church, 1980) en termes de vie aquatique en affectant l'aspect biogène du substrat.

Le tronçon FRA_3 regroupe sur 6 km de longueur 132 structures alluvionnaires pour un volume total de 11 781 m³. Il regroupe ainsi 55% du stock alluvial du Frayol. Ces structures sont à 58% (6 841 m³) encore mobiles, le reste des structures étant, soit en cours de végétalisation (7%, 812 m³), soit quasi fixées (35%, 4 128 m³).

→ (1) : Exemple de lit d'érosion s'écoulant sur les calcaires gris de l'Hauterivien inf. On note en RD un lambeau de la nappe alluviale.

↓ (2) : autre exemple de lit d'érosion marqué par des alternances de passées plus ou moins résistantes, formant de petites marches.

→ (3) : structures alluvionnaire végétalisée, quasi fixée.



FRA_3

Figure 1 : dans FRA_3, (1) et (2) lits d'érosion ; (3) structure alluvionnaire en cours de fixation

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
1.1.1



N1



FRA_3

AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger le Teil

Action 1 Accompagner dynamiquement FRA_3

Sous-action 1 Accompagner le transit de la charge solide en favorisant la mobilité des structures alluvionnaires

Type d'opération Forçage dirigé post-crue

Structures alluvionnaire « Course contre la montre »



Les structures alluvionnaires se végétalisent très vite avec des espèces pionnières. Ces espèces pionnières (saules, peuplier...) contribuent à limiter la mobilité voire à fixer les structures en quelques années.

Si aucune crue ne survient pour remobiliser les alluvions, la structure va se fixer voire se déconnecter du cours d'eau (d'autant plus lorsqu'il y a incision).

Démarré ainsi après chaque crue une véritable « course contre la montre » entre fixation et remobilisation. La préparation du lit entre deux crues (en gérant notamment la végétation) va ainsi favoriser la mobilisation au détriment de la fixation. C'est un forçage dirigé post-crue.

Encart 1 : la « course contre la montre »

Il convient toutefois de signaler le processus de « course contre la montre » qui caractérise la végétalisation des structures alluvionnaires et ainsi d'indiquer que les structures alluvionnaires mobiles risquent de se végétaliser très vite si aucune crue morphogène ne survient pour remobiliser les matériaux (cf. Encart 1).

En effet, les saules, les peupliers, les robiniers et de manière générale toutes les espèces pionnières ont une croissance rapide. Ainsi un saule pourpre (*Salix purpurea*) ou un saule drapé (*S. albaeagnos*) peuvent dépasser 1 m au bout d'un an. Leur système racinaire est très développé (rapport entre système racinaire et aérien : 1,5 pour la pourpre et 1,8 pour le drapé). Ils peuvent ainsi résister à 50/70 N/m² au bout d'un an, 100-140 N/m² au bout de 3 à 4 ans et pourrait résister à 800 N/m² au bout de 20 ans (Lachat, 1994)). En conséquence ils ont un pouvoir de fixation des structures alluvionnaires rapide et fort, d'autant plus que souvent ils poussent en semi.

D'ailleurs, compte-tenu du régime intermittent (régime d'oued) du Frayol, ce processus de végétalisation concerne également le lit.

Il est donc nécessaire de développer une stratégie permettant à la fois d'**éviter la fixation de la charge solide** et de **protéger ainsi le Teil en aval**.

Cette stratégie doit ainsi tenir compte de ces deux impératifs et être engagée dès que possible pour limiter l'effet d'une éventuelle crue morphogène. Elle doit également faire l'objet de forçages dirigés post-crue récurrents (entretien).

QUAND ACTIVER LA FICHE-ACTION ?

Cette fiche-action doit être activée dès que possible compte-tenu de l'effet limitant pour le Teil en aval et de la vitesse de fixation liée aux espèces pionnières en oeuvre. Nous rappelons toutefois qu'elle doit être coordonnée notamment avec les FA 1.1.2 et 1.2.1.

ENJEUX CONCERNÉS :

Protection du Teil (tronçon FRA_4).

MÉTHODE-STRATÉGIE À METTRE EN ŒUVRE :

La stratégie consiste à éviter la fixation de la charge solide entre aujourd'hui et la prochaine crue morphogène qui serait très pénalisante (1) dans un contexte de péjoration climatique avec tarissement sédimentaire et (2) plus particulièrement pour le tronçon FRA_4 notamment si les structures se végétalisent et favorisent le peignage des embâcles dont l'effet a pu être observé lors de la crue de 2014.

Ainsi, le travail des structures alluvionnaires de tout stade est préconisé, à l'exception de structures alluvionnaires manifestement perchées et donc déconnectées.

Le travail s'effectuera en segmentant le tronçon FRA_3 en deux sous-tronçons à partir des Combes :



AXE 1	Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger le Teil
Action 1	Accompagner dynamiquement FRA_3
Sous-action 1	Accompagner le transit de la charge solide en favorisant la mobilité des structures alluvionnaires
Type d'opération	Forçage dirigé post-crue

- Le sous-tronçon aval (Les Combes → tronçon FRA_4) est le tronçon prioritaire. Il sera effectué en travaillant en remontant,
- Le sous-tronçon amont (FRA_2 → Les Combes) sera effectué ensuite.

Après chaque crue morphogène ou à défaut à partir de 2018, un nouvel état des lieux des structures alluvionnaires sera effectué, permettant notamment de vérifier la végétalisation des structures relevées en 2016 comme étant mobiles (stade 1 et 2 de la classification d'HYDRETUDES cf. *infra* en annexe). En effet, la végétalisation spontanée par espèces pionnières s'effectue à une vitesse très rapide.

À partir de cet état des lieux, il s'agira de maintenir ces structures alluvionnaires définies comme mobiles en mettant en œuvre préférentiellement les travaux suivants :

- **Dévégétalisation** : retrait complet de la végétation arbustive pionnière (*e.g. Salix sp., Populus sp.*)
- **Déstabilisation de l'armure** : il s'agit avec un boueur équipé d'un ripper à cinq dents de défoncer l'armure (au sens de Bray & Church, 1980) et une partie de la sous-couche (ou couche interne) sur 0,30 mètres pour permettre une remobilisation des matériaux plus facile. Cette technique permet également d'enlever les racines en surface après dévégétalisation et de supprimer la strate herbacée.



Boueur équipé d'un ripper à 5 dents

- **Scarification de l'armure** : cette technique consiste à effectuer la même opération que précédemment, et en complément de créer des scarifications perpendiculaires au flux larges d'un mètre environ et espacées de 3/5 mètres afin de favoriser des points de faiblesses dans la structure alluvionnaire et faciliter ainsi la remobilisation des matériaux.

- **Mise en place de bras de rabattement** : l'opération consiste à créer un ou plusieurs chenal(aux) ou bras de rabattement à 45° voire proches de 90° par rapport à l'écoulement pour décharger une partie des eaux en crue vers une chute alluviale (au sens de Bravard & Petit, 1997), et lors des crues type Basse Fréquence Haute Magnitude de faciliter, par le ressaut hydraulique créé venant perturber le flux, la remobilisation des matériaux d'une partie de la structure alluvionnaire. Le (ou les) chenal(aux) seront si possible placés à des points d'inflexion du profil en long (*e.g.* un radier) pour être le plus efficace possible. Les matériaux provenant des chenaux seront réinjectés dans un point d'injection repéré afin d'effectuer de la recharge sédimentaire.

- **Création de chute alluviale pour les structures latérales** : une chute alluviale (au sens de Church & Jones, 1982) est une composante naturelle de certaines structures alluvionnaires qui sont rattachées à une berge. Il s'agit du chenal interne d'une structure alluvionnaire d'intrados de méandre fonctionnant lors des crues de plein bord. Ce chenal canalise l'écoulement (Bravard & Petit, 1997). Cette chute alluviale sera aménagée sous la forme d'un chenal interne entre la berge et la structure alluvionnaire d'un intrados de méandre. Il s'agit également de délester une partie des eaux en crue pour limiter l'érosion dans l'extrados du méandre. Les matériaux provenant du décaissement de la chute alluviale seront réinjectés dans un point d'injection repéré afin d'effectuer de la recharge sédimentaire.

- **Mise en place de bras diachrones** : il s'agit de réaliser des bras perchés se mettant en eau en crue. Ces bras facilitent l'expansion en crue et génèrent également du ralentissement dynamique. En cas de forte

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
1.1.1



AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger le Teil

Action 1 Accompagner dynamiquement FRA_3

Sous-action 1 Accompagner le transit de la charge solide en favorisant la mobilité des structures alluvionnaires

Type d'opération Forçage dirigé post-crue

crue ils peuvent également favoriser la remobilisation d'une partie de la structure et créer ainsi de la recharge sédimentaire par remobilisation.

La dévégétalisation se pratiquera lorsque des semis denses (de saules notamment) seront présents. Dans ce cas, on complètera le travail par une déstabilisation de l'armure, afin d'enlever le système racinaire.

Les travaux les plus intéressants sont la mise en place de bras de rabattement et de bras diachrones, qui favorisent l'étalement de la lame d'eau dans les zones contraintes et le ralentissement dynamique. Pour des crues importantes ennoyant la structure alluvionnaire, ils favorisent la remobilisation partielle des matériaux. Ces travaux sont souvent mal compris par les riverains, il est donc nécessaire de bien expliquer leurs attendus et leur impact. De plus, ils n'ont d'intérêt que coordonnés avec d'autres actions.

PRÉCAUTIONS PARTICULIÈRES À PRENDRE :

Des précautions seront à prendre pour éviter la dissémination de l'ambrosie à feuilles d'armoise (*Ambrosia artemisiifolia*) lorsqu'on la rencontrera (cf. Encart 2).

L'ambrosie à feuilles d'armoise (*Ambrosia artemisiifolia*)

L'ambrosie est une espèce invasive originaire d'Amérique du nord introduite dans les années 1860 en Europe *via* des semences. Elle est devenue invasive en France dans les années 1990. C'est une plante très allergène par son pollen qui se diffuse au gré du vent très largement.

C'est une plante pionnière qui colonise les bandes actives, cherchant la lumière et les espaces peu ou pas végétalisés. Elle n'aime pas les sols profonds.

L'ambrosie a une capacité de reproduction très importante, ses graines sont très résistantes et peuvent germer 10 ans après. Son pollen est très petit et se disperse (aéroporté) sur de grande distance (parfois plus de 40 km).

Les graines au bord des cours d'eau peuvent être entraînées par les flots et déposées dans le lit (atterrissements, berges...) elles germent même après avoir été immergées longtemps (Fumanal *et al.*, 2007)

Encart 2 : l'Ambrosie à feuille d'armoise

En effet, l'ambrosie, espèce pionnière de pleine lumière, aime le lit des cours d'eau et sa graine (akène) résiste bien à une immersion prolongée dans l'eau.

Quelques mesures et précautions à prendre avant et pendant les travaux :

- Prévenir les entreprises intervenant dans le cours d'eau en (1) intégrant dans les DCE un volet spécifique sur cette espèce, et (2) leur distribuant une plaquette informative (plusieurs existent sur internet) ;

- Choisir une période d'intervention adéquate et défavorable au développement de la plante, c'est-à-dire ne pas intervenir pendant la période de pollinisation afin d'éviter des allergies pour les intervenants en chantier et la dissémination du pollen en touchant les plantes.

- Dans le cas de l'ambrosie, il ne faudra pas intervenir de juillet à octobre période de pollinisation, ainsi qu'en novembre période où les graines fécondées tombent au sol et forment ainsi des banques de graines en dormance. Ces graines pourraient être disséminées *via* les engins travaillant sur les structures alluvionnaires.

Les interventions avant juillet restent ainsi à privilégier en supprimant la fleur lors des travaux de dévégétalisation, et ce de manière non sélective (suppression des fleurs femelles portant les graines et des fleurs mâles pollinisant grâce au vent).

ATTENDUS ET OBJECTIFS :

Accompagner la recharge sédimentaire

Éviter la fixation des structures alluvionnaires présentes en les maintenant mobiles jusqu'à la prochaine crue

Protéger le tronçon FRA_4 (Le Teil) du risque de sur-inondation lié à l'effet de vague.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
1.1.1



N1



FRA_3

AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger le Teil

Action 1 Accompagner dynamiquement FRA_3

Sous-action 1 Accompagner le transit de la charge solide en favorisant la mobilité des structures alluvionnaires

Type d'opération Forçage dirigé post-crue

INCIDENCES SUR LA FAUNE ET LA FLORE :



Glaucium flavum

Incidences sur certaines espèces d'oiseaux nichant en grève (*e.g.* petit gravelot, sterne, chevalier guignette...) et sur certaines espèces telles que la glaucienne jaune (*Glaucium flavum*, classe de rareté assez rare (AR)).

Il faudra donc par exemple intervenir hors période de nidification et prendre des mesures adaptées d'intervention ou de translocation.

Il serait par ailleurs intéressant de développer une démarche avec le Conservatoire Botanique National du Massif Central, afin de connaître les espèces rares et menacées sur le Frayol.

Cf. à ce sujet également la fiche de préconisation 1 (FP1).

SUIVI À METTRE EN ŒUVRE :

En post-crue : parcours systématique du tronçon pour contrôle et intervention éventuelle. En cas d'absence de crue morphogène pendant 3 ans effectuer un contrôle et intervenir éventuellement.

OBLIGATIONS RÉGLEMENTAIRES :

Les obligations réglementaires indiquées sont sous réserve de modification du Code de l'Environnement.

Type	À effectuer
Déclaration au titre du Code de l'Environnement	
Autorisation environnementale au titre du Code de l'Environnement	Suivant travaux
Évaluation environnementale (anciennement étude d'impact au cas par cas ou complète) au titre du Code de l'Environnement	
Dossier de dérogation des espèces protégées au titre de l'Article 211	
Déclaration d'Utilité Publique dans le cas où de l'acquisition foncière est à prévoir	

COÛT DE L'ACTION :

Un budget significatif d'environ 20 000 €/an minimum devra être dégagé.

RELATION AVEC D'AUTRES FICHES DU PLAN DE GESTION :

Cette fiche est à mettre en relation directe avec les fiches-action :

- FA 1.1.2 : limiter l'embâclage du lit et l'effet de vague en travaillant la végétation rivulaire,
- FA 1.2.1 : accompagner la charge solide en travaillant le profil en long.



N1



FRA_3

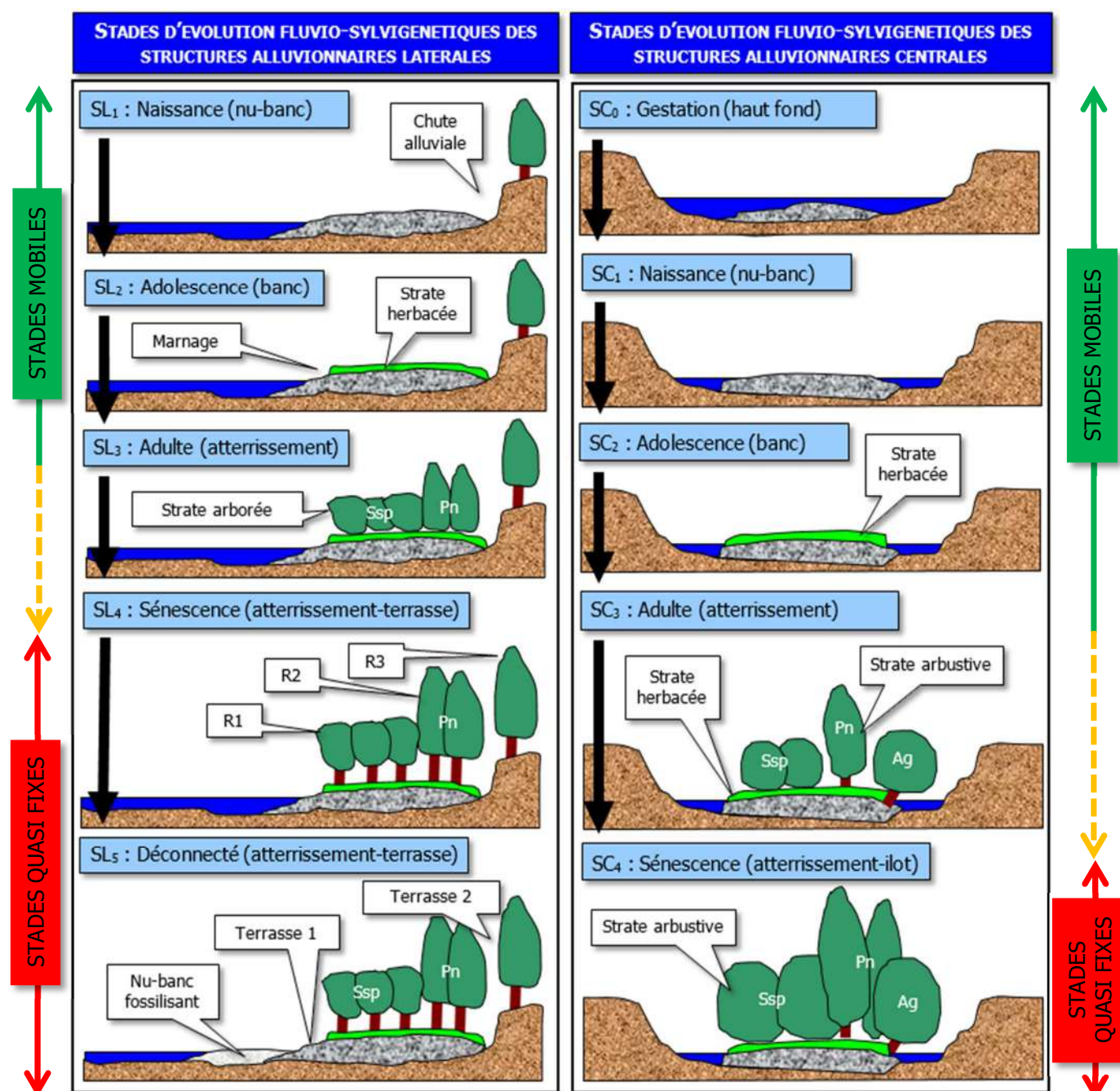
AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger le Teil

Action 1 Accompagner dynamiquement FRA_3

Sous-action 1 Accompagner le transit de la charge solide en favorisant la mobilité des structures alluvionnaires

Type d'opération Forçage dirigé post-crue

ANNEXE : Les stades d'évolution fluvio-sylvigénétiques (HYDRETUDES)



PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
1.1.1



N1



FRA_3

AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger le Teil

Action 1 Accompagner dynamiquement FRA_3

Sous-action 1 Accompagner le transit de la charge solide en favorisant la mobilité des structures alluvionnaires

Type d'opération Forçage dirigé post-crue

Bibliographie citée :

BRAY, D.I., CHURCH, M., 1980. Armored versus paved gravel beds. *Jour. Hydraul. Div.*, 106, pp. 1937-1940.

BRAVARD, J.P., PETIT F., 1997. Les cours d'eau, dynamique du système fluvial, Paris, Armand Colin, Collection U, 222 p.

CHURCH, M., JONES, D., 1982. Gravel-bed rivers. *Sediment Cascades : an Integrated Approach*, pp. 241-269.

FUMANAL, B., CHAUVEL, F., SABATIER, A., BRETAGNOLLE, F., (2007) Variability and cryptic heteromorphic of *Ambrosia artemisiifolia* seeds : what consequences for its invasion in France ? *Ann. Botany*, 100, pp. 305-313.

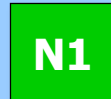
LACHAT, B., 1994. Guide de protection des berges de cours d'eau en techniques végétales. Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement. 143 p.

TRICART, J., 1977. Précis de géomorphologie. Géomorphologie dynamique générale (tome 2). Paris, SEDES, 345 p.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION
1.1.2



FRA_3

AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger Le Teil

Action 1 Accompagner dynamiquement FRA_3

Sous-action 2 Limiter l'embâclage du lit et l'effet de vague en travaillant la végétation rivulaire

Type d'opération Forçage dirigé post-crue

MOTIVATION DE LA FICHE :

Boisements des cours d'eau

On distingue plusieurs types de boisements des cours d'eau que l'on peut classer en plusieurs types suivant leur position en lit :

⇒ Dans la bande active poussant sur les alluvions apportées après chaque crue (structures alluvionnaires) on rencontre les **boisements alluviaux pionniers** domaines privilégiés des salicacées, peupliers...

⇒ Sur la berge se développent les **boisements rivulaires** ou ripisylve,

⇒ Dans le lit majeur pousse les **boisements du corridor alluvial** ou forêt alluviale où l'on rencontre généralement deux types de communautés végétales : (1) *les communautés à bois tendres* (saules pourpres, drapés et blancs, peupliers noirs, aulnes...) et (2) *les communautés à bois mixtes* dominées et structurées par les bois durs (chênes, frênes, érables...).

Dans les communautés à bois tendres, les **processus allogéniques** (i.e. processus liés aux inondations) constituent le moteur de l'évolution et de la régénération. *A contrario*, dans les communautés à bois durs, ce sont les processus autogéniques (rapports de compétition, d'indépendance, de subordination) qui constituent le moteur d'évolution (Le Lay & Piégay, 1997).

Encart 1 : Boisements inféodés aux cours d'eau

(ces vagues se produisent lorsque les eaux arrivent à auto-curer les matériaux accumulés depuis le début de la crue (embâcles) et que la poussée des masses d'eau accumulées derrière ces obstacles libère brutalement le lit).

Végétalisation du lit

« Course contre la montre »



Les berges se végétalisent rapidement grâce aux espèces pionnières (saules, peupliers...).

Si aucune crue ne survient pour purger la végétation (arbres vieillissants, sous-cavés, inadaptés...), la végétation va se développer jusqu'au stade arboré.

Démarré ainsi après chaque crue une véritable « course contre la montre » entre développement de la végétation et érosion des berges.

La préparation du lit entre deux crues (en gérant notamment la végétation) va ainsi limiter la formation d'embâcles.

Encart 2 : végétalisation du lit, la « course contre la montre »

Le lit est dans certains secteurs du tracé en gorges en cours de fermeture du fait de la forte végétalisation des berges. On assiste ainsi à une véritable « **course contre la montre** » entre la végétalisation des berges et des structures alluvionnaires en lit (cf. Encart 2) et les crues morphogènes susceptibles de **purger** cette végétation.

Le Frayol dans son cours supérieur (en amont de la confluence du ravin de Courion) présente un tracé en gorges. La végétation rivulaire et alluvionnaire (cf. Encart 1) se développe dans ces gorges et a tendance à fermer le lit.

Le développement de cette végétation spontanée ne pose que peu de problèmes localement, si ce n'est par endroit la fermeture du milieu. Par contre, cette végétation lorsqu'elle est emportée par les crues, se concentre dans certains endroits (structures alluvionnaires végétalisées, intrados de méandre, ouvrages transversaux, ruptures de pente marquées favorisant les accrétions...) créant alors des **embâcles**.

Certains de ces embâcles peuvent **obstruer** partiellement voire totalement le lit, retenir derrière eux les eaux puis les libérer soudainement créant alors de véritables **vagues morphogènes** en aval ce qui y favorise voire augmente les **débordements**.

Cette situation s'est produite pendant la crue Q₅₀ de 2014 survenue après une période de calme hydrologique ayant favorisé la végétalisation des berges et des structures alluvionnaires.

L'effet morphogène de cette crue a été amplifié par l'encombrement du lit et a certainement généré des vagues morphogènes

Lors de la crue de l'année suivante (2015), le lit purgé par la crue de 2014 n'a pas provoqué d'effet de vagues. Et ce malgré une crue quasi superposable, ses effets ont été bien moindres.

La végétation rivulaire et alluvionnaire (végétation des berges et du lit) constitue un **élément de contrôle de la dynamique des cours d'eau**. Cette variable de contrôle des processus hydromorphologiques est fluctuante car sensible aux forçages climatique et anthropiques (Malavoi & Bravard, 2010).

La végétation pionnière du Frayol est particulièrement active avec notamment les saules (pourpre essentiellement), le peuplier, le robinier et dans une moindre mesure le figuier. Cette végétation rivulaire et alluvionnaire souffre de manque d'entretien. Par endroit le lit même, lors des assecs, se végétalise.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION

1.1.2

N1



FRA_3

AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger Le Teil

Action 1 Accompagner dynamiquement FRA_3

Sous-action 2 Limiter l'embâclage du lit et l'effet de vague en travaillant la végétation rivulaire

Type d'opération Forçage dirigé post-crue

En effet si les crues se raréfient, la végétation va prendre le dessus et la crue future devra purger la végétation « encombrant » le lit et les berges, freinant ainsi l'écoulement des flux lors du pic de crue (rugosité végétale). C'est ce qui s'est passé en 2014 avec la crue Q_{50} . Elle a purgé des arbres qui ont favorisés l'embâclage du lit.

A contrario, si les crues se succèdent, la végétation ne peut se développer et les jeunes pousses sont purgées en générant ainsi peu d'embâcles. C'est ce qui s'est passé lors de la crue Q_{50} de 2015... Les mêmes causes n'ont pas produit les mêmes effets compte-tenu de la végétation fortement présente en 2014 ou purgée en 2015, une variable de contrôle s'étant notablement modifiée entre les deux crues.

Les tronçons en gorges sont caractérisés par l'**enfouissement du lit** qui se matérialise notamment par la présence de lits d'érosion (au sens de Tricart, 1977). Il s'agit d'écoulements directs sur le substratum après le déstockage de la nappe périglaciaire (nappe alluviale constituée par gélifraction lors des périodes froides du Quaternaire). Dans FRA_3, 69% du linéaire soit 4,2 km s'écoule sur des lits d'érosion.

Cet enfouissement perturbe la **régénération naturelle des boisements rivulaires** en limitant les débordements et en affectant le processus de régénération des boisements inféodés au cours d'eau. En effet, lorsque le cours d'eau n'est pas incisé, les débordements contribuent à **rajeunir** les boisements en purgeant les arbres vieillissants (géants sénescents, cf. Figure 9-2/3 ; qui sont des arbres du passé au sens de Schnitzler *et al.*, 2003). Ils créent ainsi des taches (au sens biologique du terme) colonisées rapidement par des espèces pionnières (saules, peuplier...) démarquant un nouveau cycle d'**évolution sylvigénétique** (Schnitzler *et al.*, *op. cit.*).

Outre la purge des essences vieillissantes, l'inondabilité des espaces boisés favorise la régénération en apportant des sédiments, des nutriments et des diaspores (terme générique désignant les éléments de reproduction sexuée ou asexuée). C'est le processus de régénération des boisements inféodés aux cours d'eau dit **processus allogénique** (Pautou *et al.*, 1997).

Ce processus allogénique favorise les espèces adaptées au corridor alluvial, c'est-à-dire qui supportent l'enneigement de leurs racines (par la nappe d'accompagnement du cours d'eau) ainsi que les débordements. Il s'agit d'espèces à **bois tendre**, comme les saules, le peuplier... (cf. Encart 1).

En conséquence la **préparation du lit pour la crue suivante** au niveau de la végétation est un élément primordial pour éviter l'embâclage du lit et augmenter ainsi l'effet des crues morphogènes. Cette préparation doit tenir compte de la « course contre la montre » (cf. Encart 2) et peut ainsi nécessiter entre deux crues éloignées dans le temps plusieurs passages (avec une récurrence conseillée de trois années maximum).

De plus, le traitement de la végétation de certains points permettra également de favoriser l'érosion latérale et donc la **recharge sédimentaire**.

La présente fiche est à coordonner avec la fiche concernant les structures alluvionnaires du tronçon FRA_3 (FA 1.1.1). En effet, dans le cadre de cette fiche il est notamment prévu de réaliser des opérations de dévégétalisation de certaines structures alluvionnaires en cours de fixation voire fixées. Il serait donc souhaitable de coordonner ces opérations afin de réaliser des économies d'échelle.

Il est à noter qu'avant de lancer des opérations un complément d'état des lieux est à effectuer compte-tenu de la rapidité de la végétalisation des berges et du lit.

ENJEUX CONCERNÉS :

Protection du Teil (tronçon FRA_4).

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION

1.1.2

N1



FRA_3

AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger Le Teil

Action 1 Accompagner dynamiquement FRA_3

Sous-action 2 Limiter l'embâclage du lit et l'effet de vague en travaillant la végétation rivulaire

Type d'opération Forçage dirigé post-crue

STRATÉGIE À METTRE EN ŒUVRE :

Il s'agit d'éliminer (ces différents éléments sont illustrés par les figures 1 à 8) :

- Les arbres isolés ou groupés, sur pied, susceptibles de **peigner les flottants** et de constituer ainsi des **points de blocage** favorisant l'embâclage du lit. Cette action concerne les arbres isolés ou groupés, générant un rétrécissement de section,
- Les arbres isolés ou groupés susceptibles d'être **arrachés** lors d'une crue prochaine crue (géants sénescents, arbres sous-cavés...) et devenir un **embâcle** ou de recharger un embâcle. Ainsi la création de taches permettra à des espèces pionnières (saules, peupliers, certainement du figuier très présent...) de **régénérer les boisements** et d'engager le cycle des stades sylvigénétiques, évitant ainsi des boisements à canopée équienne (i.e. composés d'arbres du même âge) ;
- Les arbres isolés ou groupés dont l'abattage permettrait de **libérer des matériaux** au niveau d'un départ d'érosion et qui seraient à terme voués à être arrachés lors d'une crue du fait de l'érosion,
- Eventuellement dans certains secteurs les arbres isolés ou groupés qui vont **favoriser la fermeture du milieu** dans le futur,

La stratégie consiste donc à accompagner la végétation et à pallier le processus allogénique de régénération déficient :

- Dans un premier temps on effectuera un **parcours pédestre** et un **relevé** du tronçon FRA_3 et de marquer les arbres à abattre et/ou les zones à dévégétaliser,
- Ce parcours permettra de **cartographier**, au vu de l'état des lieux (parcours), les **zones à contrôler** dans le futur ainsi que les zones où la végétation rivulaire devrait faire l'objet de contrôle et de travaux dans le futur,
- Ensuite on fera intervenir une entreprise compétente et équipée pour **traiter la végétation** en intégrant le retrait du bois (exportation du chantier, dépôt hors d'atteinte des eaux en crue, système de reprise du bois par exemple par les riverains...
- Puis il sera indispensable de mettre en place un **système de contrôle et d'intervention** (visites de contrôle-action post-crue, visites de contrôle-entretien tous les 2 à 3 ans...). Il s'agira alors de **préparer la végétation à la prochaine crue**.

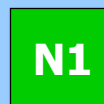


Figure 1 : (1) aulnes relativement âgés poussant en lit au niveau du pont SNCF en aval de la confluence avec le ravin de Rabayast ; (2) hautes tiges susceptibles de fournir les embâcles en cas d'arrachage (lit en cours de fermeture avec début d'embâcle – flèche jaune), les travaux pour ce point sont réduits.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION

1.1.2



FRA_3

AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger Le Teil

Action 1 Accompagner dynamiquement FRA_3

Sous-action 2 Limiter l'embâclage du lit et l'effet de vague en travaillant la végétation rivulaire

Type d'opération Forçage dirigé post-crue



Figure 2 : (1) arbres penchées, hautes tiges pouvant être facilement déstabilisés d'autant plus que la berge opposée est contrainte, début d'embâcle (flèche jaune) ; (2) lit en cours de fermeture (rétrécissement) avec un chablis en amont situation pouvant être le démarrage d'un embâcle bloquant le lit contraint latéralement.



Figure 3 : (1) Le lit est contraint latéralement avec berge antagoniste fortement végétalisée favorisant l'embâclage ; (2) lit en cours de fermeture avec contrainte latérale, on note le figuier, arbre à croissance rapide



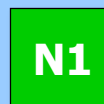
Falaise entaillées dans les formations de l'Hauterivien inférieure (alternance de calcaires et de marnes silteuses) dont le pied est fortement végétalisé.

Il serait intéressant de supprimer la végétation et de déstabiliser les matériaux afin que le cours d'eau puisse venir se charger avec les éboulis périglaciaires de pied de falaise, lors des crues morphogènes.



PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
1.1.2



FRA_3

AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger Le Teil

Action 1 Accompagner dynamiquement FRA_3

Sous-action 2 Limiter l'embâclage du lit et l'effet de vague en travaillant la végétation rivulaire

Type d'opération Forçage dirigé post-crue



Figure 4 : (1) et (2), détail de zones de rétrécissement végétalisées et potentiellement embâclables. Le lit est rétréci et des débuts d'embâcles sont visibles. Il serait souhaitable de couper les arbres dont certains sont penchés, voire sous-cavés.



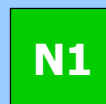
Figure 5 : zone de contraintes latérales favorisant l'embâclage du lit en amont (1) et en aval (2) du gué des Combes



Figure 6 : (1) zone contrainte par la végétation favorisant les embâcles avec végétation pouvant être arrachée (2) zone de contraintes latérales favorisant les dépôts d'embâcle (avec méandrage et seuil à l'aval).

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
1.1.2



FRA_3

AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger Le Teil

Action 1 Accompagner dynamiquement FRA_3

Sous-action 2 Limiter l'embâclage du lit et l'effet de vague en travaillant la végétation rivulaire

Type d'opération Forçage dirigé post-crue



Figure 7 : (1) arbres risquant d'être arrachés à la prochaine crue ; (2) partie supérieure à dévégétaliser pour favoriser la recharge sédimentaire



Figure 8 : (1) zone en cours de fermeture avec dépôts de flottants (2) arbres menacés à terme par l'érosion qui favoriseront alors l'embâclage du lit

PRÉCAUTIONS PARTICULIÈRES À PRENDRE :

Des précautions seront à prendre pour éviter la dissémination de l'ambrosie à feuilles d'armoise (*Ambrosia artemisiifolia*) lorsqu'on la rencontrera. En effet, l'ambrosie, espèce pionnière de pleine lumière, aime le lit des cours d'eau et sa graine (akène) résiste bien à une immersion prolongée dans l'eau.

Quelques mesures et précautions à prendre avant et pendant les travaux :

- Prévenir les entreprises intervenant dans le cours d'eau en (1) intégrant dans les DCE un volet spécifique sur cette espèce, et (2) leur distribuant une plaquette informative (plusieurs existent sur internet) ;

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION 1.1.2



FRA_3

AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger Le Teil

Action 1 Accompagner dynamiquement FRA_3

Sous-action 2 Limiter l'embâclage du lit et l'effet de vague en travaillant la végétation rivulaire

Type d'opération Forçage dirigé post-crue

Choisir une période d'intervention adéquat et défavorable au développement de la plante, c'est-à-dire ne pas intervenir pendant la période de pollinisation afin d'éviter des allergies pour les intervenants en chantier et la dissémination du pollen en touchant les plantes.

L'ambroisie à feuilles d'armoise

L'ambroisie est une espèce invasive originaire d'Amérique du nord introduite dans les années 1860 en Europe *via* des semences. Elle est devenue invasive en France dans les années 90. C'est une plante très allergène par son pollen qui se diffuse au gré du vent très largement.

C'est une plante pionnière qui colonise les bandes actives, cherchant la lumière et les espaces peu ou pas végétalisés. Elle n'aime pas les sols profonds.

L'ambroisie a une capacité de reproduction très importante, ses graines sont très résistantes et peuvent germer 10 ans après. Son pollen est très petit et se dissémine (aéroporté) sur de grande distance (parfois plus de 40 km).

Les graines au bord des cours d'eau peuvent être entraînées par les flots et déposées dans le lit (atterrissements, berges...) elles germent même après avoir été immergées longtemps (Fumanal *et al.*, 2007)

Dans le cas de l'ambroisie, il ne faudra pas intervenir de juillet à octobre période de pollinisation, ainsi qu'en novembre période où les graines fécondées tombent au sol et forment ainsi des banques de graines en dormance.

Ces graines pourraient être disséminées *via* les engins travaillant sur les structures alluvionnaires. Les interventions avant juillet restent ainsi à privilégier en supprimant la fleur lors des travaux de dévégétalisation, et ce de manière non sélective (suppression des fleurs femelles portant les graines et des fleurs mâles pollinisant grâce au vent).

ATTENDUS ET OBJECTIFS :

Améliorer les écoulements lors des crues morphogènes en limitant l'embâclage du lit et les éventuels effets de vague morphogène en aval.

Eventuellement effectuer des opérations de reprises de matériaux (recharge sédimentaire)

Préparer le lit à la crue suivante (forçage dirigé post-crue).

INCIDENCES SUR LA FAUNE ET LA FLORE :



Glaucium flavum

Incidences sur certaines espèces d'oiseaux nichant en grève (*e.g.* petit gravelot, sterne, chevalier guignette...) et sur certaines espèces telles que la glaucienne jaune (*Glaucium flavum*, classe de rareté assez rare (AR)).

Il faudra donc par exemple intervenir hors période de nidification et prendre des mesures adaptées d'intervention ou de translocation. Il serait par ailleurs intéressant de développer une démarche avec le Conservatoire Botanique National du Massif Central, afin de connaître les espèces rares et menacées sur le Frayol. Voir également la fiche préconisation FP1.

SUIVI À METTRE EN ŒUVRE :

Le suivi de l'ensemble du tronçon FRA_3 est important et doit être effectué après chaque crue morphogène ou tous les 2 ans environ sans crue.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION

1.1.2

N1



FRA_3

AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger Le Teil

Action 1 Accompagner dynamiquement FRA_3

Sous-action 2 Limiter l'embâclage du lit et l'effet de vague en travaillant la végétation rivulaire

Type d'opération Forçage dirigé post-crue

OBLIGATIONS RÉGLEMENTAIRES :

Les obligations réglementaires indiquées sont sous réserve de modification du Code de l'Environnement.

Type	À effectuer
Déclaration au titre du Code de l'Environnement	
Autorisation environnementale au titre du Code de l'Environnement	
Évaluation environnementale (anciennement étude d'impact au cas par cas ou complète) au titre du Code de l'Environnement	
Dossier de dérogation des espèces protégées au titre de l'Article 211	
Déclaration d'Utilité Publique dans le cas où de l'acquisition foncière est à prévoir	

COÛT DE L'ACTION :

Première intervention budget prévisionnel d'environ 40 000 € (à préciser avec entreprises)

RELATION AVEC D'AUTRES FICHES DU PLAN DE GESTION :

Cette fiche est à mettre en relation directe avec la fiche-action 1.1.1, notamment pour des économies d'échelle en termes de traitement de la végétation.

COMPLEMENT CONCERNANT LA MISE EN PLACE D'UN PEIGNE A EMBACLES :

L'étude SAFEGE réalisée en 2016 a proposé la mise en place d'un peigne à embâcle au lieu-dit Les Combes et d'un second piège à embâcles au lieu-dit Les Truquet (afin de retenir les embâcles provenant du sous-tronçon amont de FRA_3). Ces deux pièges à embâcles sont en enfilade séparés de 150 m environ.



Figure 9 : piège à embâcles sur la Baillaury (Banyuls, 66)

La technique du piège à embâcles est une technique relevant de la défense passive et consiste donc à développer un piège sous la forme de pieux métalliques profondément ancrés en lit et judicieusement espacés de sorte qu'ils peignent les flottants et génèrent sur place un embâcle plus ou généralisé du lit en fonction des éléments flottés par le cours d'eau.

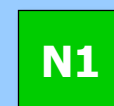
Les pièges à embâcles sont utilisés y compris dans des cours d'eau au régime cévenole (*e.g.* le Vidourle, dont les vidourlades (crues cévenoles) sont réputées). Ainsi un piège à embâcle pour protéger notamment les ponts a été mis en œuvre à Sommières. Cet ouvrage est positionné dans une zone de débordement. Un autre exemple est présenté sur le Ballaury à Banyuls (*cf.* Figure 9).

L'intérêt de ces aménagements est qu'ils piègent les flottants, mais ils risquent de se colmater et nécessitent un entretien systématique après chaque crue.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION 1.1.2



FRA_3

AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger Le Teil

Action 1 Accompagner dynamiquement FRA_3

Sous-action 2 Limiter l'embâclage du lit et l'effet de vague en travaillant la végétation rivulaire

Type d'opération Forçage dirigé post-crue

Les positionnement proposés pour les deux pièges ont tenu compte de l'accessibilité et devraient être relativement facilement nettoyés en post-crue. De plus il n'y a pas d'enjeu à proximité immédiate. Il est à noter que le remplacement du pont submersible au lieu-dit les Truquet par un pont-cadre est intéressant pour le transport solide.

Toutefois compte-tenu de la violence des crues du Frayol il apparait complexe de dimensionner ces ouvrages pour éviter un « effet mur » une fois chargés et un risque de création d'une vague par rupture. D'autant plus que ce phénomène d'à-coups hydrauliques (vagues) a été constaté lors de la crue de 2014 et que ce phénomène ne s'est pas répété lors de la crue de 2015 (vue l'efficacité de la purge de la crue précédente), laissant fortement suspecter que c'est l'embâclage du lit qui est à l'origine de ce phénomène.

L'entretien de la végétation préconisé présente plusieurs avantages :

- Eviter la fermeture du milieu qui serait pénalisante pour la vie aquatique,
- Eviter la formation d'embâcles par accumulation notamment dans les zones d'aggradation,
- Coordonner ce travail d'entretien avec la dévégétalisation des structures alluvionnaires,
- Favoriser transit sédimentaire et recharge latérale.

Par sécurité et en complément du traitement de la végétation, un ouvrage pourrait être conservé (l'aval avec réalisation du pont-cadre et de son entonnement, cf. fiche-action « piège à embâcles : les Truquet » réalisé par SAFEGE, 2017) mais il est très important d'engager des **actions de défense active en gérant directement la végétation**.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

LE LAY, Y-F., PIEGAY, H., 2007. Le bois mort dans les paysages fluviaux français : éléments pour une gestion renouvelée. *L'Espace géographique*, 1, pp. 51-64.

MALAVOI, J.R., BRAVARD, J.P., 2010. Éléments d'hydromorphologie fluviale. ONEMA, Comprendre pour agir, 223 p.

PAUTOU, G., PONSERO, A., JOUANNAUD, P., 1997. Les changements de biodiversité dans les interfaces alluviales. Application à la plaine d'inondation du Rhône entre Genève et Lyon et à la réserve naturelle du marais de Lavours. *Revue d'écologie alpine*, 4, 35-63.

SCHNITZLER, A., GAFTA, D., CORNIER, T., 2003. Concepts architecturaux et particularité écosystémique des ripisylves. In : Piégay, H., Pautou, G., Ruffinoni, C. Les forêts riveraines des cours d'eau, écologie, fonction et gestion, IDEF, pp. 30-45.

TRICART, J., 1977. Précis de géomorphologie. Géomorphologie dynamique générale (tome 2). Paris, SEDES, 345 p.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION

1.2.1



FRA_4

AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger Le Teil

Action 2 Accompagner dynamiquement FRA_4

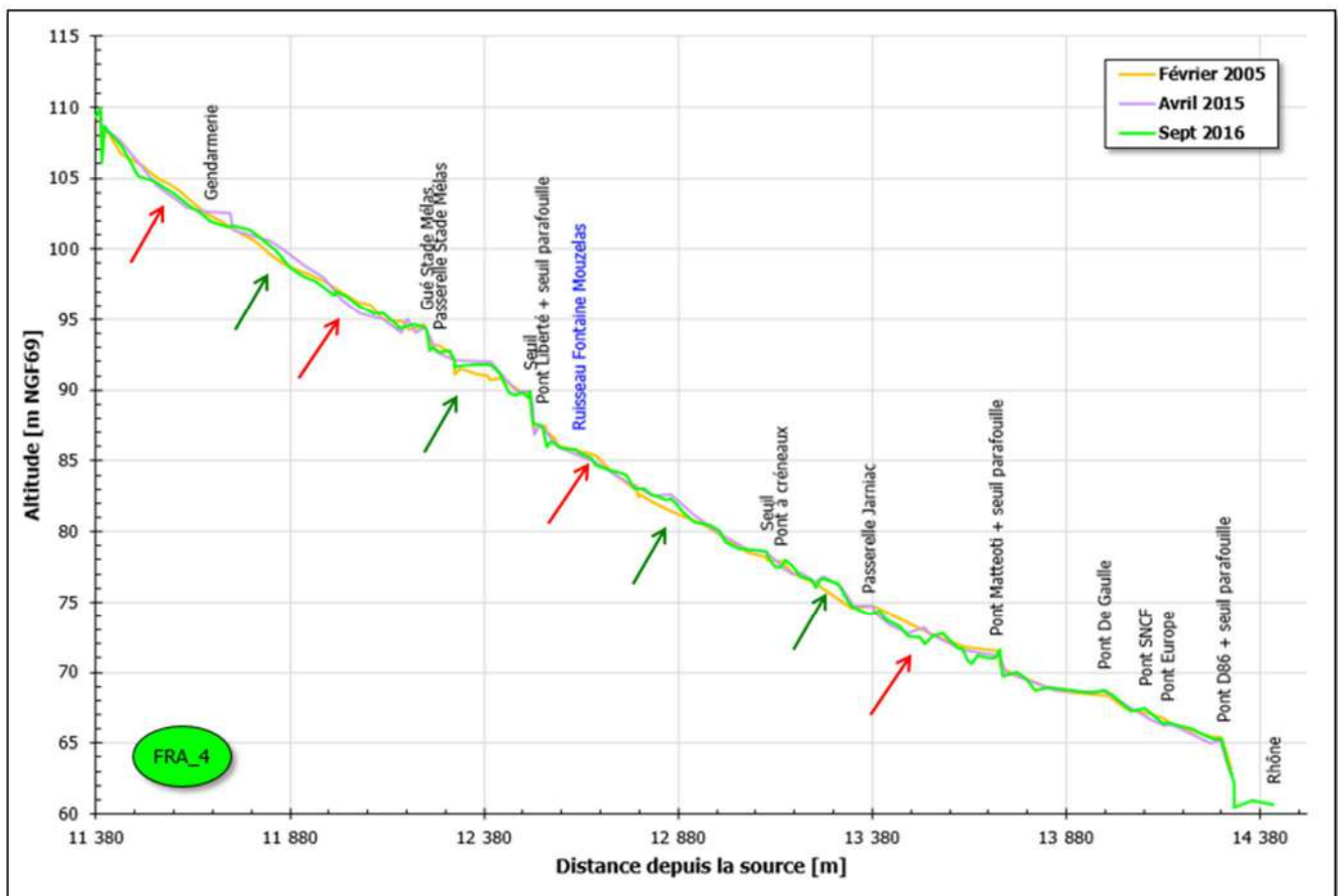
Sous-action 1 Accompagner la charge solide en travaillant le profil en long

Type d'opération Forçage dirigé post-crue

MOTIVATION DE LA FICHE :

L'analyse diachronique réalisée lors de la phase 1 et basée sur la comparaison des profils en long du Frayol levés en 2005 et 2016 a montré une alternance de zones en incision et en exhaussement :

- **4 secteurs incisés depuis 2005** : amont de la gendarmerie, amont du gué du stade du Mélas, aval de la confluence avec le ruisseau de la Fontaine de Mouzelas et le secteur entre la passerelle Jarniac et le pont Matteoti. Sur ces quatre secteurs identifiés comme incisés, on note des évolutions altimétriques de l'ordre du demi-mètre au mètre.
- **4 secteurs en exhaussement depuis 2005** : aval de la gendarmerie, secteur entre la passerelle du stade du Mélas et le seuil du pont de la Liberté, amont proche du pont à créneaux et amont de la passerelle Jarniac. Ces exhaussements concernent des évolutions altimétriques allant de +50 cm à +1 m.



Analyse diachronique en altimétrie réalisée en Phase 1 de la mission montrant la superposition des profils en long 2005, 2015 et 2016, ainsi que les secteurs incisés (rouge) et en exhaussement (vert)

Ainsi, le tronçon FRA_4 du Frayol présente une tendance à l'incision sur la dernière décennie affectant un linéaire d'un kilomètre, soit 30% du tronçon. Cette incision serait encore active et il faudrait au Frayol plusieurs siècles pour s'auto-ajuster si les conditions climatiques et anthropiques évoluaient radicalement. Pour pallier cette situation, des opérations de transfert-réinjection de matériaux entre les zones exhaussees et les zones incisées sont donc nécessaires dans le tronçon FRA_4.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION

1.2.1



FRA_4

AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger Le Teil

Action 2 Accompagner dynamiquement FRA_4

Sous-action 1 Accompagner la charge solide en travaillant le profil en long

Type d'opération Forçage dirigé post-crue

Ces opérations de transfert-réinjection répondent à une codification précise. Il est nécessaire de rechercher des sites propices à la réinjection de matériaux et de les équiper succinctement, de sorte qu'ils restent fonctionnels en permanence.

Cette action permettra ainsi de créer un réseau de points de réinjection activables en fonction des stratégies développées, et de la nature et l'origine des matériaux à réinjecter.

ENJEUX CONCERNÉS :

Trajectoire géomorphologique du Frayol

Ouvrages d'art présents sur le tronçon FRA_4

MÉTHODE-STRATÉGIE À METTRE EN ŒUVRE :

Il s'agit de créer et gérer un réseau de points de réinjection pour assurer des actions pérennes de recharge sédimentaire susceptibles de lisser l'incision observée sur le tronçon FRA_4. Cette gestion du profil en long du tronçon FRA_4 s'effectuera **après chaque crue morphogène** en relation avec le suivi dynamique de l'incision (fiche-action 4.2.2).

Critères à respecter :

Les points de réinjection doivent présenter plusieurs critères essentiels pour leur opérationnalité et leur efficience :

- Être à proximité des zones pourvoyeuses ou le plus proche possible lorsque c'est possible ;
- Être en amont, voire à l'intérieur des zones incisées ;
- Être facilement accessibles pour les engins de transport (véhicules articulés : tracteur + semi-remorque), ce qui implique la proximité de la route et la limitation des parties de voiries non goudronnées ;
- Permettre facilement le vidage des semi-remorques ;
- Permettre de réinjecter les matériaux au moyen *a minima* d'une des techniques de réinjection ;
- Leur assise et accès doivent faire l'objet soit d'une acquisition foncière, soit d'une autorisation écrite du (des) propriétaire(s), éventuellement être intégrés à un DIG.



Injection-retard sur un point de réinjection dans l'Aude : 6x4 vidant sa charge (à gauche) et point d'accès par chemin au point de réinjection (à droite) (Hydrétudes pour SMAH de la Haute Vallée de l'Aude, 2017)

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION

1.2.1



FRA_4

AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger Le Teil

Action 2 Accompagner dynamiquement FRA_4

Sous-action 1 Accompagner la charge solide en travaillant le profil en long

Type d'opération Forçage dirigé post-crue

Un point de réinjection devra comprendre les trois éléments suivants :

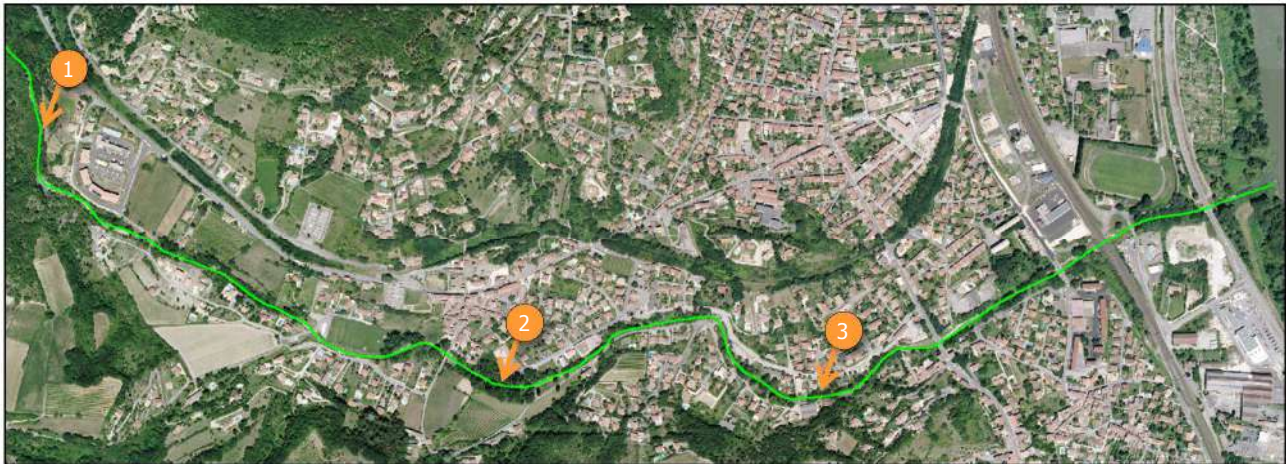
- Un accès carrossable pour les ensembles routiers (tracteurs/semi-remorques), ces engins de transport ont des capacités de franchissement et de roulage notamment dans la boue limitée ;
- Un point de dépôt (généralement en berge) et de reprise par buteur des matériaux (soit dépôt direct en lit, soit dépôt à proximité immédiate suivant la technique de réinjection) ;
- Une zone de réinjection (en lit ou en berge suivant la technique utilisée) des matériaux.

L'ensemble de ces éléments est essentiel pour limiter distances et coûts tout en permettant d'accéder à l'amont immédiat et au cœur des zones incisées.

Réseau préliminaire de points de réinjection :

Un réseau constitué de trois points de réinjection situés en amont de la gendarmerie, en aval du pont de la Liberté où il existe des encoches d'érosion (extrados de méandre) et en aval de la passerelle Jarniac pourrait être envisagé. Il s'agit d'un réseau préliminaire qu'il conviendra de finaliser précisément.

En effet, il s'agit de points de réinjection temporaires (utilisés pour une seule campagne de réinjection) et permanents (utilisés pour plusieurs campagnes de réinjection étalées sur plusieurs années) à développer pour obtenir un réseau cohérent et efficace. Il est à noter que ces points ne sont pas limitatifs, des points intermédiaires sont susceptibles d'être créés. Les quantités seront adaptées à la géographie du site en évitant l'encombrement de la section.



Localisation des points de réinjection potentiels dans les secteurs incisés

Ce réseau préliminaire pourrait être affiné dans le cadre d'un stage étudiant ou directement par le personnel du SMBEF, en réalisant le travail suivant :

- Parcourir le linéaire du Frayol et repérer les points dans les secteurs pressentis ;
- Rechercher le statut des terrains et voiries concernés ;
- Voir les éventuelles difficultés concernant : (1) accès entre la route et le chemin d'accès (sécurité pour les usagers de la route), (2) accessibilité des engins de transport sur le chemin, et (3) possibilité d'injection en lit ou en berge (suivant la technique d'injection) ;

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION

1.2.1



FRA_4

AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger Le Teil

Action 2 Accompagner dynamiquement FRA_4

Sous-action 1 Accompagner la charge solide en travaillant le profil en long

Type d'opération Forçage dirigé post-crue

- Indiquer le statut du point et les principales zones de provenance des matériaux à réinjecter ;
- Préciser les premiers travaux d'aménagement pour permettre l'accès (*e.g.* mettre du tout-venant sur un chemin boueux), le cas échéant ;
- L'entretien des accès et du point ;
- Informer les propriétaires de la démarche et préparer les conventions ;
- Les contrôles à effectuer.

Une fiche par point de réinjection à l'instar de celle présentée à la fin de la fiche-action pourra être renseignée.

Provenance des matériaux :

Les matériaux proviendront soit de zones d'exhaussement importantes (évolutions altitudinales supérieures à +50 cm) pré-identifiées dans le cadre du suivi de l'incision (fiche-suivi 4.2.2), soit des opérations réalisées dans le cadre de l'amélioration du transit sédimentaire au niveau des ouvrages d'art, notamment le pont à créneaux (fiches-action 1.2.3 et 1.2.4), soit des opérations réalisées sur les structures alluvionnaires pour éviter la fixation de la charge solide et soutenir la fourniture sédimentaire (fiches-action 3.1.1 et 3.1.2).

Conformément à la réglementation en vigueur, ces matériaux seront laissés à disposition du Frayol dans la zone de dépôt du point de réinjection prélocalisé.

Techniques de réinjection de matériaux :

La réinjection des matériaux pourra se faire en utilisant quatre techniques différentes décrites ci-dessous :

- **Injection directe** : il s'agit d'une injection de matériaux directement dans le lit (*e.g.* dans une ancienne fosse d'extraction de matériaux alluvionnaires). Les matériaux sont régalés en lit. L'objectif est de rehausser le fond du lit dans une zone incisée ou une ancienne zone d'extraction (fosse).
- **Injection-retard** : les matériaux sont positionnés en berge de telle sorte qu'ils puissent être remobilisés en crue. Généralement, on les dispose en glaciais. C'est le cours d'eau qui va faire le travail de réinjection lors des crues morphogènes. Si le délai est long entre la mise en glaciais et la première crue, il faudra intervenir en cas de végétalisation.
- **Injection-fusible** : les matériaux sont positionnés dans une encoche d'érosion, ce qui permet d'éviter la réalisation d'une protection lourde (réservée au niveau 2 dans le cas où cette technique s'avère insuffisante) et de limiter les phénomènes d'érosion. Les matériaux seront remobilisés lors de la prochaine crue morphogène et en post-crue, l'encoche devra être rechargée. Cette technique est facilement utilisable en méandre en inversant les matériaux déposés en intrados vers l'extrados lorsqu'il y a une encoche d'érosion.
- **Injection granulométrique** : il s'agit de peigner (araser superficiellement) un banc présentant une granulométrie intéressante et de transférer ces matériaux dans un secteur où la granulométrie est moins intéressante d'un point de vue biogène ($d_{50} \approx 40/50$ mm, Evrard & Micha, 1995). Le banc fournisseur deviendra ainsi facilement remobilisable et la zone injectée pourra voir modifier sa granulométrie favorablement.

Les photographies ci-dessous illustrent certaines de ces techniques d'injection sédimentaire afin d'effectuer de la recharge.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION

1.2.1



FRA_4

AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger Le Teil

Action 2 Accompagner dynamiquement FRA_4

Sous-action 1 Accompagner la charge solide en travaillant le profil en long

Type d'opération Forçage dirigé post-crue



Mise en glacis de matériaux pour une injection-retard (à gauche) et injection-directe sur le gave de Pau (à droite)



Glacis de recharge (injection-fusible de 6 000 m³) protégeant la route et les habitations (Saligos, gave de Pau, 2012)

ATTENDUS ET OBJECTIFS :

Disposer d'un véritable réseau de points de réinjection

Lisser l'incision dans les secteurs les plus affectés du tronçon FRA_4

Préparer le lit pour la prochaine crue en libérant la section d'éventuels exhaussements et en les transférant dans les secteurs incisés

Faciliter le passage des écoulements liquides et solides lors de la prochaine crue

INCIDENCES SUR LES HABITATS :

Impact éventuel sur les habitats piscicoles dans le cadre de la recharge sédimentaire, mais le protocole de suivi du colmatage du lit sera systématiquement mis en œuvre.

En préalable au choix des points de réinjection, on évitera toutes zones humides.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION

1.2.1



FRA_4

AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger Le Teil

Action 2 Accompagner dynamiquement FRA_4

Sous-action 1 Accompagner la charge solide en travaillant le profil en long

Type d'opération Forçage dirigé post-crue

SUIVI À METTRE EN ŒUVRE :

Vérifier l'accessibilité des points de réinjection permanents avant une nouvelle injection

Suivi du colmatage du lit à l'aval des points de réinjection

OBLIGATIONS RÉGLEMENTAIRES :

Les obligations réglementaires indiquées sont sous réserve de modification du Code de l'Environnement.

Type	À effectuer
Déclaration au titre du Code de l'Environnement	✓
Autorisation environnementale au titre du Code de l'Environnement	✓
Évaluation environnementale (anciennement étude d'impact au cas par cas ou complète) au titre du Code de l'Environnement	
Dossier de dérogation des espèces protégées au titre de l'Article 211	
Déclaration d'Utilité Publique dans le cas où de l'acquisition foncière est à prévoir	

En fonction des volumes de matériaux qui seront transférés, il s'agira soit d'une déclaration, soit d'une autorisation.

COÛT DE L'ACTION :

Description	Prix (€ HT)
Détermination du réseau de points de réinjection (stage de trois mois)	2 000 €
Aménagements des points de réinjection	6 000 €
Acquisitions foncières (éventuellement)	10 000 €

RELATION AVEC D'AUTRES FICHES DU PLAN DE GESTION :

Cette fiche est à mettre en relation directe avec la fiche-suivi 4.2.2 concernant le suivi de l'incision et la fiche-suivi 4.2.4 traitant du suivi dynamique de la recharge sédimentaire, notamment le suivi du colmatage du lit à l'aval des points de réinjection.

Point de réinjection de matériaux alluvionnaires

FICHE DE TERRAIN



N° de point	Commune	Lieu-dit	Géolocalisation	Injections possibles	
				☐ Injection directe ☐ Injection-retard ☐ Injection-fusible ☐ Injection granulométrique	
Travaux à effectuer (travaux d'accessibilité)		Morphométrie de la zone		Propriétaire(s)	
				☐ Possibilité acquisition	
Cartographie de la zone			Accès (carte)	Morphométrie de la zone (terrain)	
				Capacité d'injection (volume par injection)	
Zone de provenance des matériaux (carte)			Zone d'injection (cartographie)		
Entretien à mettre en œuvre				Suivi	
				☐ Suivi granulométrique ☐ Suivi propagation (PIT-tags) ☐ Suivi colmatage (sticks hypoxiques) ☐ Suivi colmatage (méthode Archambaud) ☐ Suivi colmatage (conductivité hydraulique)	
Rédacteur			Date de rédaction	Date de révision	

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
1.2.2



N1



FRA_4

AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger Le Teil

Action 2 Accompagner dynamiquement FRA_4

Sous-action 2 Travailler la végétation des berges et du lit

Type d'opération Forçage dirigé post-crue

MOTIVATION DE LA FICHE :

Boisements des cours d'eau

On distingue plusieurs types de boisements des cours d'eau que l'on peut classer en plusieurs types suivant leur position en lit :

⇒ Dans la bande active poussant sur les alluvions apportées après chaque crue (structures alluvionnaires) on rencontre les **boisements alluviaux pionniers** domaines privilégiés des salicacées, peupliers...

⇒ Sur la berge se développent les **boisements rivaux** ou ripisylve,

⇒ Dans le lit majeur pousse les **boisements du corridor alluvial** ou forêt alluviale où l'on rencontre généralement deux types de communautés végétales : (1) les communautés à bois tendres (saules pourpres, drapés et blancs, peupliers noirs, aulnes...) et (2) les communautés à bois mixtes dominées et structurées par les bois durs (chênes, frênes, érables...).

Dans les communautés à bois tendres, les **processus allogéniques** (i.e. processus liés aux inondations) constituent le moteur de l'évolution et de la régénération. *A contrario*, dans les communautés à bois durs, ce sont les processus autogéniques (rapports de compétition, d'indépendance, de subordination) qui constituent le moteur d'évolution (Le Lay & Piégay, 1997).

Encart 1 : Boisements inféodés aux cours d'eau

d'art voire en cas d'embâclage généralisé du lit pouvant potentiellement générer des défluviations par le processus de dépôt-obstruction-défluviations. Il s'agit de supprimer les arbres inadaptés, penches, sous-cavés, malades, vieillissants (géants sénescents) et morts.

- Gérer la végétation dans les zones de rétrécissement du lit pour éviter de freiner les flux et ainsi y favoriser les accrétions et le peignage des embâcles.
- Surveiller le lit et éviter son envahissement par la végétation.

Végétalisation du lit

« Course contre la montre »



Les berges se végétalisent rapidement grâce aux espèces pionnières (saules, peupliers...).

Si aucune crue ne survient pour purger la végétation (arbres vieillissants, sous-cavés, inadaptés...), la végétation va se développer jusqu'au stade arboré.

Démarré ainsi après chaque crue une véritable « course contre la montre » entre développement de la végétation et érosion des berges.

La préparation du lit entre deux crues (en gérant notamment la végétation) va ainsi limiter la formation d'embâcles.

Encart 2 : végétalisation du lit, la « course contre la montre »

Dans la traversée du Teil, la végétation rivulaire et alluvionnaire (cf. Encart 1) est importante en berges. Le régime particulier du Frayol, cours d'eau intermittent (régime d'oued) favorise même la végétalisation du lit. On peut ainsi observer des semis de saules, des peupliers, voire même des figuiers poussant directement dans le lit lors des assecs.

Cette végétation montre un manque d'entretien spécifique avec notamment la présence de géants sénescents (au sens de Schnitzler *et al.*, 2003) et d'arbres morts en berge. Il est donc important de développer un entretien régulier et spécialisé pour éviter certains problèmes lors notamment des crues morphogènes :

- Limiter l'envahissement par des espèces peu intéressantes voire invasives en berges comme l'ailante glanduleux (*Ailanthus altissima*), le robinier faux-acacia (*Robinia pseudacacia*), le figuier (*Ficus carica*), la renouée du japon (*Fallopia japonica*), le buddléia de David (*Buddleja davidii*), le raisin d'Amérique (*Phytolacca americana*)...
- Conserver une bonne rugosité végétale en maintenant des espèces adaptées présentant plusieurs stades d'évolution sylvigénétique (au sens de Schnitzler *et al.*, *op. cit.*) et notamment en supprimant les géants sénescents, les arbres morts et les espèces inadaptées en berges (e.g. les conifères).
- Eviter la formation d'embâcles préjudiciables aux ouvrages

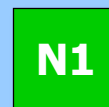
La végétation rivulaire et alluvionnaire (végétation des berges et du lit) constitue un **élément de contrôle de la dynamique des cours d'eau**. Cette variable de contrôle des processus hydromorphologiques est fluctuante car sensible aux forçages climatique et anthropiques (Malavoi & Bravard, 2010).

On remarque toutefois dans ce tronçon FRA_4 la quasi absence de saules (pourpre, drapé et blanc notamment) alors qu'en milieu méditerranéen il est souvent très présent en bordure de cours d'eau, comme par exemple sur l'Escoutay. Cela s'explique certainement par la limitation de la bande active, la relative fermeture du lit et les assecs.

Le lit par endroit et en cours de fermeture du fait de la forte végétalisation des berges et du lit. On assiste ainsi à une véritable

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
1.2.2



AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger Le Teil

Action 2 Accompagner dynamiquement FRA_4

Sous-action 2 Travailler la végétation des berges et du lit

Type d'opération Forçage dirigé post-crue

« **course contre la montre** » entre la végétalisation des berges et des structures alluvionnaires en lit (cf. Encart 2) et les crues morphogènes susceptibles de **purger** cette végétation.

En effet si les crues se raréfient, la végétation va prendre le dessus et la crue future devra purger la végétation « encombrant » le lit et les berges, freinant ainsi l'écoulement des flux lors du pic de crue (rugosité végétale). C'est ce qui s'est passé en 2014 avec la crue Q₅₀. Elle a purgé des arbres qui ont favorisés l'embâchage du lit en amont notamment.

A contrario, si les crues se succèdent, la végétation ne peut se développer et les jeunes pousses sont purgées en générant ainsi peu d'embâches. C'est ce qui s'est passé lors de la crue Q₅₀ de 2015... Les mêmes causes n'ont pas produit les mêmes effets compte-tenu de la végétation fortement présente en 2014 ou purgée en 2015, une variable de contrôle s'étant notablement modifiée entre les deux crues.

Le tronçon FRA_4 est caractérisé par l'**incision du lit** dans certains secteurs et l'**urbanisation** qui a contraint le chenal principal du Frayol et ses boisements rivulaires.

Cette incision et les contraintes latérales perturbent la **régénération naturelle des boisements rivulaires** en limitant les débordements et en affectant le processus de régénération des boisements inféodés au cours d'eau. En effet, lorsque le cours d'eau n'est pas incisé et contraint, les débordements contribuent à **rajeunir** les boisements en purgeant les arbres vieillissants (géants sénescents, qui sont des arbres du passé au sens de Schnitzler *et al.*, *op. cit.*). Ils créent ainsi des taches (au sens biologique du terme) colonisées rapidement par des espèces pionnières autochtones (saules, peuplier...) souvent en concurrence avec des espèces invasives (renouée, buddléia...) démarrant un nouveau cycle d'**évolution sylvigénétique**. Il est à noter que la purge des arbres vieillissants et morts est importante également en cas de fort coup de vent ou de tempête notamment en milieu urbain.

Outre la purge des essences vieillissantes, l'inondabilité des espaces boisés favorise la régénération en apportant des sédiments, des nutriments et des diaspores (terme générique désignant les éléments de reproduction sexuée ou asexuée). C'est le processus de régénération des boisements inféodés aux cours d'eau dit **processus allogénique** (Pautou *et al.*, 1997).

Ce processus allogénique favorise les espèces adaptées au corridor alluvial, c'est-à-dire qui supportent l'enneigement de leurs racines (par la nappe d'accompagnement du cours d'eau) ainsi que les débordements. Il s'agit d'espèces à **bois tendre**, comme les saules, le peuplier... (cf. Encart 1).

Dans le tronçon FRA_4, ce processus allogénique de régénération est totalement absent du fait de l'état du lit et le mode de gestion de la végétation va consister en premier lieu à accompagner la végétation sur le long terme de sorte qu'on ait une « **diversification assistée** » des stades sylvigénétiques. Cette succession de stades volontairement mise en place va permettre d'éviter une canopée équienne et d'avoir ainsi une végétation en meilleur état sanitaire, plus résistante aux invasives et plus intéressante en termes de biodiversité. On essaiera également d'avoir une certaine continuité du corridor alluvial favorable notamment à l'avifaune.

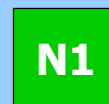
Cette végétation, se trouvera ainsi par la sélection d'espèces, mieux adaptées lors de la survenue de crues. De plus cette action intégrera également une surveillance après chaque crue morphogène pour **préparer la végétation à la crue suivante** et éviter autant que faire se peut ainsi les problèmes d'embâchage, d'érosion...

Cette préparation doit tenir compte de la « course contre la montre » (cf. Encart 2) et peut ainsi nécessiter entre deux crues éloignées dans le temps plusieurs passages (avec une récurrence conseillée de deux années maximum).

La présente fiche est à coordonner avec la fiche concernant les structures alluvionnaires du tronçon FRA_4 (FA 1.2.1). En effet, dans le cadre de cette fiche il est notamment prévu de réaliser des opérations de dévégétalisation de

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
1.2.2



AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger Le Teil

Action 2 Accompagner dynamiquement FRA_4

Sous-action 2 Travailler la végétation des berges et du lit

Type d'opération Forçage dirigé post-crue

certaines structures alluvionnaires en cours de fixation voire fixées. Il serait donc souhaitable de coordonner ces opérations afin de réaliser des économies d'échelle.

Il est à noter qu'avant de lancer des opérations un complément d'état des lieux est à effectuer compte-tenu de la rapidité de la végétalisation des berges et du lit.

ENJEUX CONCERNÉS :

Protection du Teil (tronçon FRA_4).

STRATÉGIE À METTRE EN ŒUVRE :

Il s'agit d'éliminer (ces différents éléments sont illustrés par les figures 1 à 8) :

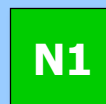
- Les arbres isolés ou groupés, sur pied, poussant éventuellement en lit ou à sa bordure et susceptibles de **peigner les flottants** et de constituer ainsi des **points de blocage** favorisant l'embâclage du lit. Cette action concerne les arbres isolés ou groupés, générant un rétrécissement de section,
- Les arbres isolés ou groupés susceptibles d'être **arrachés** lors d'une crue prochaine crue (arbres sous-cavés, arbres penchés, arbres pesant en berge, arbres morts...) ou lors d'une tempête et devenir un **embâcle** ou de recharger un embâcle. Ainsi la création de taches permettra au gestionnaire en plantant (saules, peupliers noirs des plants de *P. nigra* non hybridés sont disponibles à la pépinière expérimentale de Guéméné-Penfao, aulnes, frênes, tilleuls, cornouillers...) de **régénérer les boisements** et d'engager le cycle des stades sylvigénétiques, évitant ainsi des boisements à canopée équienne (*i.e.* composés d'arbres du même âge).
- Eventuellement dans certains secteurs les arbres isolés ou groupés qui vont **favoriser la fermeture du milieu** dans le futur,

La stratégie consiste donc à accompagner la végétation et à pallier le processus allogénique de régénération déficient :

- Dans un premier temps on effectuera un **parcours pédestre** et un **relevé** du tronçon FRA_4 et de marquer les arbres à abattre et/ou les zones à dévégétaliser,
- Ce parcours permettra de **cartographier**, au vu de l'état des lieux (parcours), les **zones à contrôler préférentiellement** (compte tenu de l'état de la végétation et des enjeux) dans le futur,,
- Ensuite on fera intervenir une entreprise compétente et équipée pour **traiter la végétation** en intégrant le retrait du bois (exportation du chantier, système de reprise du bois éventuellement par exemple par les riverains...),
- Puis il sera indispensable de mettre en place un **système de contrôle et d'intervention** (visites de contrôle-action post-crue, visites de contrôle-entretien tous les 2 à 3 ans...). Il s'agira alors de **préparer la végétation à la prochaine crue**.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
1.2.2



FRA_4

AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger Le Teil

Action 2 Accompagner dynamiquement FRA_4

Sous-action 2 Travailler la végétation des berges et du lit

Type d'opération Forçage dirigé post-crue



Figure 1 : (1) peuplier sous-cavé ; (2) arbre mort directement menacé lors des crues ; (3) pins sylvestres en berge



Figure 2 : (1) arbre sous-cavé ; (2) arbre mort et géant sénéscent ; (3) peupliers prêt à être arrachés lors d'une prochaine crue

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION

1.2.2

N1



FRA_4

AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger Le Teil

Action 2 Accompagner dynamiquement FRA_4

Sous-action 2 Travailler la végétation des berges et du lit

Type d'opération Forçage dirigé post-crue



Présence du figuier, l'exemple du pont de la Liberté.

Outre un figuier poussant sur un mur de tête on trouve cette espèce en amont contre C0, en aval derrière C0 et même dans le lit sous la travée T2.

Bien qu'autochtone le figuier commun (*Ficus carica*) est mal adapté en rivière avec son système racinaire traçant.

Il se reproduit rapidement et est peu exigeant s'installant facilement entre deux pierres de mur.

Figure 3 : (1) figuier au pied de P2 sous T2 ; (2) figuier poussant sur le tympan ; (3) figuier en amont de C0 ; (4) figuier âgé en aval de C0

Arbres en lit potentiellement menacés.

Ces trois photographies illustrent la végétalisation du lit où certaines espèces se développent (aulnes, peupliers...).

On y trouve même de jeunes figuiers qui vont certainement être arrachés lors de la prochaine crue.

En amont RG du pont de l'avenue Charles de Gaulle des arbres sous-cavés menacent d'embâcler le pont lors d'une crue morphogène.



Figure 4 : (1) aulnes poussant à la limite lit/berge ; (2) figuier en lit ; (3) risque d'embâclage en amont RG du pont Charles de Gaulle



Grands arbres menacés.

Ces arbres de haut vol, arbres du présent ou du passé peuvent poser problème en cas de tempête (effet levier du vent) et/ou lors de crues morphogènes et contribuer à embâcler le lit.

En fonction de l'espèce, de leur état sanitaire, de leur position en berge, du risque et de leur intérêt ces arbres seront arrachés, recepés pu éventuellement taillés afin d'éviter

Figure 5 : arbres mûrs et géants sénescents bordant le Frayol

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION
1.2.2

N1



FRA_4

AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger Le Teil

Action 2 Accompagner dynamiquement FRA_4

Sous-action 2 Travailler la végétation des berges et du lit

Type d'opération Forçage dirigé post-crue



Végétalisation du lit

Du fait des assèchs la végétation pousse directement dans le lit. On rencontre ainsi diverses espèces pionnières : peupliers, robiniers...

Les saules y sont rares (y compris en berge).

La plupart de ces jeunes pousses disparaîtront lors de la prochaine période d'écoulement.

Figure 6 : végétalisation du lit (1) semis de peupliers ; (2) idem ; (3) pousse de peuplier ; (4) rare pousse de saule pourpre (5) semis de robiniers faux acacia ; (6) jeune pousse de robinier

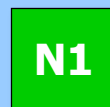


Figure 7 : (1) renouée vers la confluence avec le Rhône, (2) buddléia de David, (3) raisin d'Amérique avec sa fleur en médaillon, (4) ailante poussant en lit.

*

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
1.2.2



FRA_4

AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger Le Teil

Action 2 Accompagner dynamiquement FRA_4

Sous-action 2 Travailler la végétation des berges et du lit

Type d'opération Forçage dirigé post-crue

PRÉCAUTIONS PARTICULIÈRES À PRENDRE :

Des précautions seront à prendre pour éviter la dissémination des différentes espèces invasives présentes ou potentiellement présentes : renouée du Japon (*Fallopia japonica*), raisin d'Amérique (*Phytolacca americana*), l'ailante glanduleux (*Ailanthus altissima*), le robinier faux acacia (*Robinia pseudoacacia*), l'ambrosie à feuilles d'armoise (*Ambrosia artemisiifolia*)...

L'ambrosie à feuilles d'armoise

L'ambrosie est une espèce invasive originaire d'Amérique du nord introduite dans les années 1860 en Europe *via* des semences. Elle est devenue invasive en France dans les années 90. C'est une plante très allergène par son pollen qui se diffuse au gré du vent très largement.

C'est une plante pionnière qui colonise les bandes actives, cherchant la lumière et les espaces peu ou pas végétalisés. Elle n'aime pas les sols profonds.

L'ambrosie a une capacité de reproduction très importante, ses graines sont très résistantes et peuvent germer 10 ans après. Son pollen est très petit et se disperse (aéroporté) sur de grande distance (parfois plus de 40 km).

Les graines au bord des cours d'eau peuvent être entraînées par les flots et déposées dans le lit (atterrissements, berges...) elles germent même après avoir été immergées longtemps (Fumanel *et al.*, 2007)

L'ambrosie, espèce pionnière de pleine lumière, aime le lit des cours d'eau et sa graine (akène) et résiste bien à une immersion prolongée dans l'eau.

Quelques mesures et précautions à prendre avant et pendant les travaux :

- Prévenir les entreprises intervenant dans le cours d'eau en (1) intégrant dans les DCE un volet spécifique sur cette espèce, et (2) leur distribuant une plaquette informative (plusieurs existent sur internet) ;

- Choisir une période d'intervention adéquat et défavorable au développement de la plante, c'est-à-dire ne pas intervenir pendant la période de pollinisation afin d'éviter des allergies pour les intervenants en chantier et la dissémination du pollen en touchant les plantes.

Dans le cas de l'ambrosie, il ne faudra pas intervenir de juillet à octobre période de pollinisation, ainsi qu'en novembre période où les graines fécondées tombent au sol et forment ainsi des banques de graines en dormance.

Ces graines pourraient être disséminées *via* les engins travaillant sur les structures alluvionnaires. Les interventions avant juillet restent ainsi à privilégier en supprimant la fleur lors des travaux de dévégétalisation, et ce de manière non sélective (suppression des fleurs femelles portant les graines et des fleurs mâles pollinisant grâce au vent).

ATTENDUS ET OBJECTIFS :

Améliorer les écoulements lors des crues morphogènes en limitant l'embâclage du lit.

Préparer le lit à la crue suivante (forçage dirigé post-crue).

INCIDENCES SUR LA FAUNE ET LA FLORE :



Glaucium flavum

Incidences sur certaines espèces d'oiseaux nichant en grève (*e.g.* petit gravelot, sterne, chevalier guignette...) et sur certaines espèces telles que la glaucienne jaune (*Glaucium flavum*, classe de rareté assez rare (AR)).

Il faudra donc par exemple intervenir hors période de nidification et prendre des mesures adaptées d'intervention ou de translocation. Il serait par ailleurs intéressant de développer une démarche avec le Conservatoire Botanique National du Massif Central, afin de connaître les espèces rares et menacées sur le Frayol. Voir également la fiche préconisation FP1.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION
1.2.2



AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger Le Teil

Action 2 Accompagner dynamiquement FRA_4

Sous-action 2 Travailler la végétation des berges et du lit

Type d'opération Forçage dirigé post-crue

SUIVI À METTRE EN ŒUVRE :

Le suivi de l'ensemble du tronçon FRA_4 est important et doit être effectué après chaque crue morphogène ou tous les 2 ans environ sans crue.

Ce suivi est à effectuer en fin de période d'assecs afin d'inspecter également le lit.

OBLIGATIONS RÉGLEMENTAIRES :

Les obligations réglementaires indiquées sont sous réserve de modification du Code de l'Environnement.

Type	À effectuer
Déclaration au titre du Code de l'Environnement	
Autorisation environnementale au titre du Code de l'Environnement	
Évaluation environnementale (anciennement étude d'impact au cas par cas ou complète) au titre du Code de l'Environnement	
Dossier de dérogation des espèces protégées au titre de l'Article 211	
Déclaration d'Utilité Publique dans le cas où de l'acquisition foncière est à prévoir	

Ces travaux relèvent de la DIG.

COÛT DE L'ACTION :

Première intervention budget prévisionnel d'environ 50 000 € (à préciser avec entreprises)

RELATION AVEC D'AUTRES FICHES DU PLAN DE GESTION :

Cette fiche est à mettre en relation directe avec la fiche-action 1.2.1, notamment pour des économies d'échelle en termes de traitement de la végétation.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

LE LAY, Y-F., PIEGAY, H., 2007. Le bois mort dans les paysages fluviaux français : éléments pour une gestion renouvelée. *L'Espace géographique*, 1, pp. 51-64.

PAUTOU, G., PONSERO, A., JOUANNAUD, P., 1997. Les changements de biodiversité dans les interfaces alluviales. Application à la plaine d'inondation du Rhône entre Genève et Lyon et à la réserve naturelle du marais de Lavours. *Revue d'écologie alpine*, 4, 35-63.

SCHNITZLER, A., GAFTA, D., CORNIER, T., 2003. Concepts architecturaux et particularité écosystémique des ripisylves. In : Piégay, H., Pautou, G., Ruffinoni, C. Les forêts riveraines des cours d'eau, écologie, fonction et gestion, IDEF, pp. 30-45.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION 1.2.3

N1

FRA_4

AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger Le Teil**Action 2** Accompagner dynamiquement FRA_4**Sous-action 2** Accompagner le transit sédimentaire au niveau du pont à créneaux**Type d'opération** Forçage dirigé post-crue

MOTIVATION DE LA FICHE :

Perturbateurs hydromorphologiques

Les perturbateurs hydromorphologiques sont des éléments physiques qui impactent dans le temps et l'espace l'hydromorphologie d'un cours d'eau.

On distingue deux types de perturbateurs hydromorphologiques : les perturbateurs anthropiques (ouvrage transversal...) et les perturbateurs géomorphologiques (seuil naturel, affleurements rocheux...).

Leur action perturbatrice peut être locale (perturbateur secondaire) ou globale (perturbateur majeur), et avoir une influence à plus ou moins long terme. Plus la perturbation induite sera étendue, plus son influence sera durable, voire irréversible.

Les ouvrages d'art ont un impact dynamique sur le fonctionnement des cours d'eau et en particulier sur le transport solide. Cet impact est plus ou moins marqué suivant la nature de l'ouvrage (tirant d'eau, appuis en lit, travées...), son positionnement en lit (section rectiligne, méandre...) et son intégration dynamique (ouverture ou réduction de section, générées par le pont ou élément à proximité de l'ouvrage qui se cumule avec l'effet de l'ouvrage...).

En ce sens ils constituent des perturbateurs hydromorphologiques. Ainsi rares sont les ouvrages qui ont un impact neutre sur le cours d'eau, sauf ceux qui sont positionnés sur le rocher très au-dessus de niveau des plus hautes crues (cas qu'on rencontre en gorges où les ponts (viaducs) enjambent les vallées sans appuis en lit).

Le pont à créneaux impacte le fonctionnement dynamique du Frayol et nécessite de mettre en œuvre une stratégie de gestion spécifique pour lisser son impact dynamique.

Encart 1 : Les perturbateurs hydromorphologiques

ENJEUX CONCERNÉS :

Protection du Teil (tronçon FRA_4).

DESCRIPTION DE L'OUVRAGE :

Le pont à créneaux est un pont à poutre en béton armé. Le tablier est constitué d'une dalle en béton armé. Il présente une pile en lit et sa culée (C0) de rive gauche est intégrée dans un mur-digue qui contraint le méandre.

La pile P1 a un avant-bec circulaire pour favoriser la répartition de la lame d'eau (en crue elle va créer un vortex en forme de fer à cheval) et éventuellement limiter le piégeage des flottants pouvant former un embâcle. En rive droite, la berge est moins contrainte.

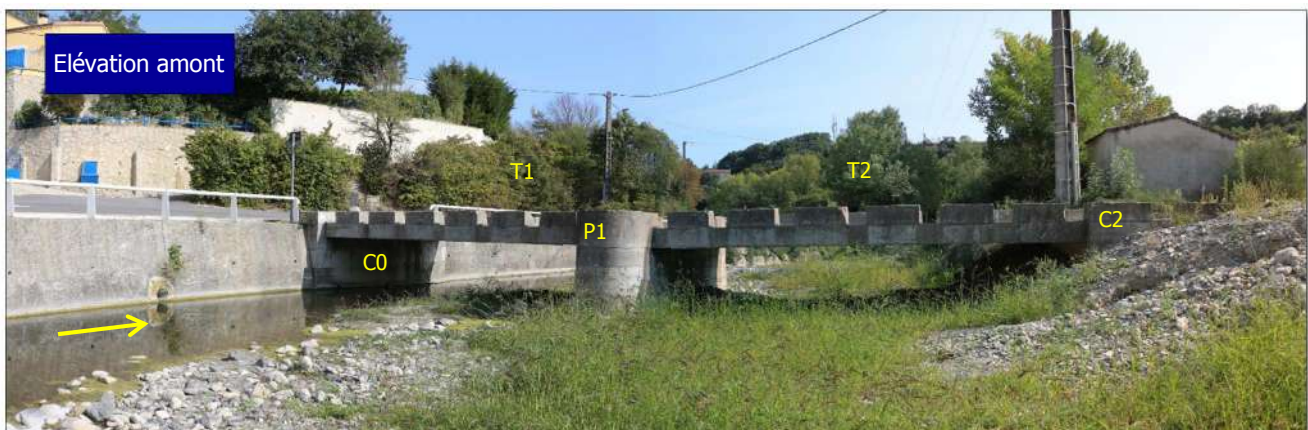


Figure 1 : élévation amont du pont à créneaux, on remarque la culée C0 intégrée à un mur-digue et les accrétions sous T2 liées au positionnement en méandre de l'ouvrage. Le flux est concentré coté extrados du méandre.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
1.2.3



N1



FRA_4

- AXE 1** Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger Le Teil
- Action 2** Accompagner dynamiquement FRA_4
- Sous-action 2** Accompagner le transit sédimentaire au niveau du pont à créneaux
- Type d'opération** Forçage dirigé post-crue

Il est positionné dans un tronçon où le Frayol se désaxe deux fois en moins de 100 mètres. En effet, après une section subrectiligne d'environ 400 mètres le cours d'eau effectue un premier méandre, puis un second

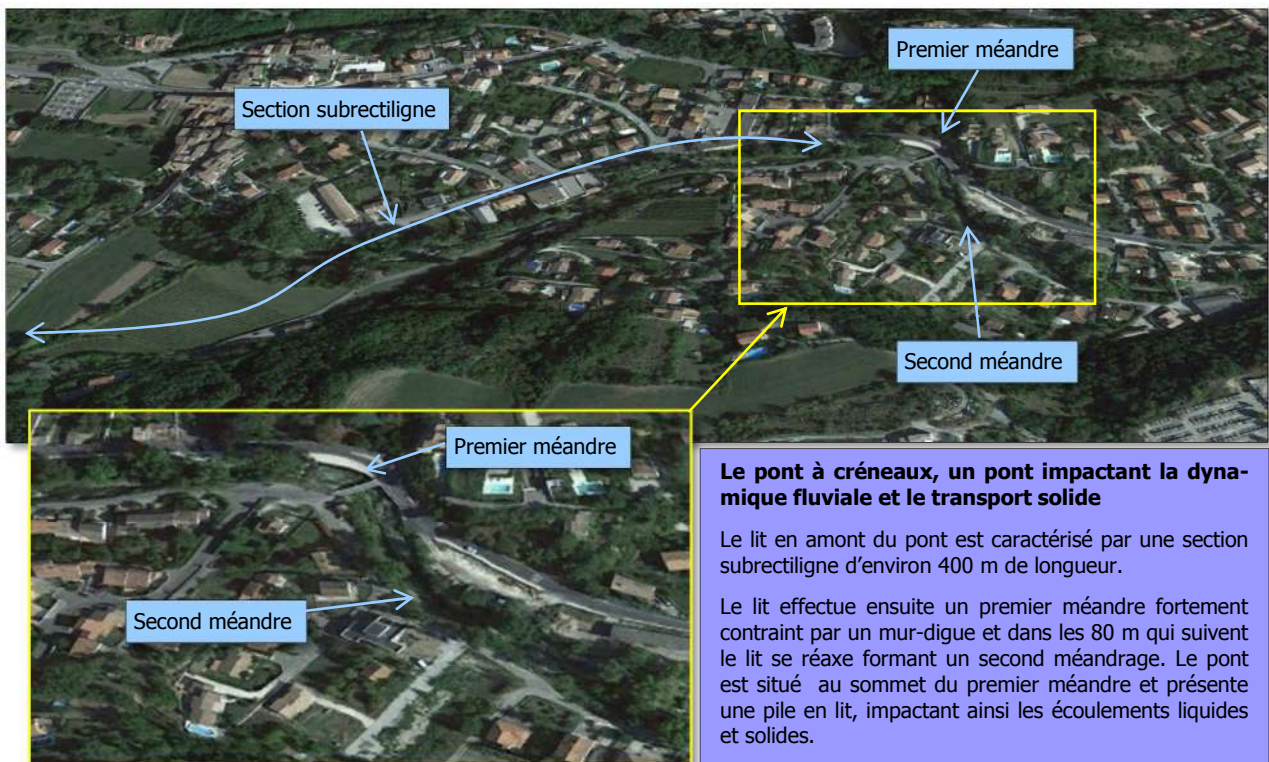


Figure 2 : Contexte dynamique du pont à créneaux

Le pont est positionné dans la courbure du premier méandre quasiment au niveau du sommet (ou apex) du premier méandre. La pile est placée au niveau du milieu de la section d'écoulement. L'enfilade des deux méandres ne favorise pas le transport solide et la section n'a pas une largeur régulière ce qui favorise les pertes de compétence au transport du cours d'eau notamment lors des crues morphogènes.

En amont et dans le méandre quasiment jusqu'au point d'inflexion aval où les deux cellules de courant convergent l'extrados est constitué d'un mur béton lisse (*i.e.* à faible rugosité). Puis brusquement, quasiment au niveau du point d'inflexion la berge minérale devient plus rugueuse et se resserre. Cette disposition limite la compétence au transport du flux précédemment accéléré par la consistance de la berge.



Figure 3 : développé du méandre au niveau du pont à créneaux (attention, le montage informatique des photos lisse l'arrondi du méandre)

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION
1.2.3

N1



FRA_4

AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger Le Teil

Action 2 Accompagner dynamiquement FRA_4

Sous-action 2 Accompagner le transit sédimentaire au niveau du pont à créneaux

Type d'opération Forçage dirigé post-crue



La berge en aval du pont à créneaux

La différence de rugosité et le rétrécissement ralentissent l'écoulement en crue morphogène et favorisent le débordement ainsi que les accrétions.



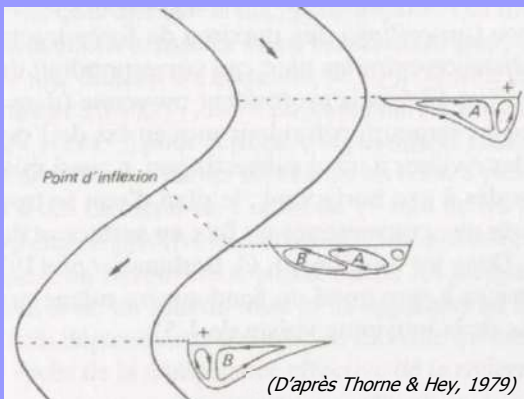
Figure 4 : Vue du rétrécissement positionné en aval du méandre du pont qui modifie les courants en crue

Les cellules de courant hélicoïdales responsables de la géométrie en travers des méandres

Reprenant les travaux de Thomson (1876), Einstein (1926 ; 1954) indique que dans le profil en travers des méandres, l'action combinée de la viscosité et de la force de Coriolis génère un courant secondaire (recirculation) qui déporte une partie de la charge alluviale vers l'intrados et la dépose, augmentant ainsi la sinuosité.

Ce phénomène de recirculation explique également que les courants dans les méandres ont une trajectoire hélicoïdale (Einstein, 1926 ; Einstein, 1954 ; Schumm, 1967). On rencontre ainsi deux cellules de courants hélicoïdales et antagonistes qui évoluent dans le profil en long du méandre. Elles sont alors divergentes dans les points d'inflexion et convergentes au centre de l'apex du méandre (Hey & Thorne, 1975 ; Pitlick & Thorne, 1987).

Les cellules de courants hélicoïdaux tournent en sens inverse. La cellule de subsidence caractérisée par un courant plongeant et qui se rencontre côté extrados, développe les forces tractrices les plus importantes, elle érode donc. *A contrario*, la cellule d'ascendance située côté intrados favorise les accrétions (Thorne & Hey, 1979).



(D'après Thorne & Hey, 1979)

Encart 2 : Les cellules de courant dans les méandres

Ainsi, en aval du pont la berge en mur béton se raccorde brusquement avec la partie rugueuse (cf. Figure 4).

En effet, le raccordement entre les deux berges n'est pas en continuité :

- la partie amont présente à cet endroit un tracé quasi rectiligne et une structure lisse à très faible rugosité (cf. Figure 4),
- La berge aval est en arrondi accompagnant ainsi le désaxement du lit vers le second méandre aval et présente une rugosité minérale relativement importante (cf. Figure 4).

Cette situation génère de fait un rétrécissement et impacte les cellules de courant se développant dans le méandre.

En effet dans les méandres le flux diverge en deux cellules de courant hélicoïdales et antagonistes à partir d'un point d'inflexion en amont (en entrée de courbure), pour converger en aval au niveau d'un nouveau point d'inflexion en aval du méandre (en sortie de courbure), cf. Encart 2.

Un rétrécissement est ainsi présent dans le secteur du point d'inflexion aval du méandre (cf. Figure 4). Ce rétrécissement rabat brusquement la cellule de courant de subsidence vers la berge antagoniste et la cellule de courant d'ascendance.

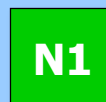
Le rétrécissement favorise ainsi les débordements en rive gauche et doit localement freiner la lame d'eau.

Il est à noter également l'état de la végétation dans le méandre aval avec notamment un arbre mûr en berge et un enrochement partiellement déstabilisé.

Le pont à créneaux par son influence constitue un perturbateur majeur, c'est pourquoi il est nécessaire de bâtir une stratégie de gestion adaptée.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
1.2.3



AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger Le Teil
Action 2 Accompagner dynamiquement FRA_4
Sous-action 2 Accompagner le transit sédimentaire au niveau du pont à créneaux
Type d'opération Forçage dirigé post-crue



Rétrécissement en aval du pont à créneaux

Le rétrécissement en aval du pont à créneaux est visible sur cette photographie.

On voit également le manque de continuité dans la conformation de la berge.

En effet en amont de l'ouvrage et jusqu'à la culée C0 la berge est globalement en conformité avec le méandrage du Frayol (en fait elle est en avancée, le tracé rouge simulant une berge mieux adaptée au méandre). Dès l'aval du pont la berge est rectiligne et la cellule de courant subsidente vient buter contre cette berge qui contrarie l'écoulement naturel.

Puis un brusque rétrécissement à rugosité plus importante vient encore contrarier le fonctionnement de la cellule d'extrados. L'ensemble de ces éléments impacte le fonctionnement dynamique.

Figure 5 : conformation de la berge actuellement au niveau du méandre du pont à créneaux

Des travaux ont été réalisés récemment visant à accompagner les eaux de débordements lors des crues. Le dispositif mis en œuvre est basé sur deux éléments :

- Une élévation de la voirie formant dos d'âne dont l'objectif est de renvoyer les eaux vers le lit, cf. Figure 6-1 et 2,
- Une zone aval servant de goulotte d'évacuation pentée vers le lit avec un exutoire au niveau du pédoncule du second méandre et un petit merlon de guidage des eaux (cf. Figure 7).



Figure 6 : (1) dos d'âne rabattant les eaux en début de crue ; (2) zone de retour des eaux en lit en aval du dos d'âne

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
1.2.3



N1



FRA_4

AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger Le Teil
Action 2 Accompagner dynamiquement FRA_4
Sous-action 2 Accompagner le transit sédimentaire au niveau du pont à créniaux
Type d'opération Forçage dirigé post-crue

Goulotte d'évacuation de crue

Cette zone a été récemment traitée pour guider les eaux de débordement provenant de l'apex du méandre du pont.

- (1) La goulotte d'expansion est pentée vers le pédoncule du second méandre,
- (2) son exutoire est positionné dans le pédoncule de ce second méandre,
- (3) Un merlon permettant de guider les eaux est en cours d'aménagement. Le but est d'éviter les retours en lit anarchiques et donc de guider les eaux vers l'exutoire.

Cette solution simple et rustique sera fonctionnelle pour des débordements limités. NB : les travaux sont en cours.

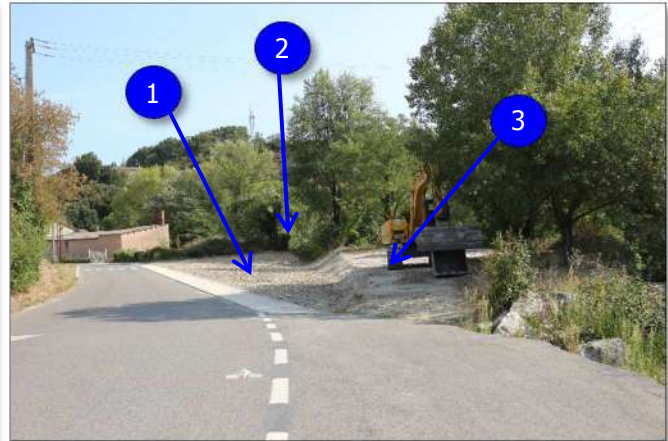


Figure 7 : Goulotte d'expansion de crue

STRATÉGIE À METTRE EN ŒUVRE :

Le pont à créniaux a été initialement mal positionné, en étant placé quasiment à l'apex d'un méandre. En préliminaire nous indiquons qu'il n'y a pas de solution « miracle » lorsqu'un ouvrage impacte le fonctionnement dynamique en lit du fait de son appui en lit si ce n'est de le supprimer ou le déplacer dans un endroit moins impactant.

Son **déplacement** (déconstruction-reconstruction) dans une section rectiligne et sa reconstruction sans appui en lit (e.g. pont-cadre posé sur un radier) constitueraient une solution idéale pour limiter les problèmes dans le futur (amélioration du transit sédimentaire et limitation des débordements). Mais cette solution présenterait un coût très élevé.

La **suppression de l'appui central** (pile P1) améliorerait le fonctionnement dynamique et aurait également un impact sur les débordements. En conséquence il serait certainement nécessaire de reprendre les culées C0 et C2 et d'aménager un nouveau tablier de type dalle ou dalle nervurée en béton précontraint en appui sur les culées reprises au moyen d'appareils d'appui. Dans ce cas, la débitance serait améliorée, mais des aggradations surviendraient régulièrement (en extrados du méandre) lors des crues morphogènes qu'il faudrait retirer.

La **réalisation d'un guideau** (de 10-20 m de longueur) telle que proposée dans le schéma de gestion globale du risque inondation du bassin versant du Frayol (SAFEGE, 2017). Cette solution préconisée à moyen terme voire à long terme est couteuse (336 000 € HT) et complexe à mettre en œuvre. Son incidence sur le transport solide ne serait pas neutre.

Cette proposition est motivée par l'impact majeur de ce perturbateur hydraulique (et hydromorphologique) qui favorise les débordements vers la rue Alphonse Daudet et l'impasse des acacias.

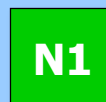
La mauvaise répartition du flux dans le méandre est due à la convergence de plusieurs éléments perturbant les écoulements liquides et solides :

- La conformation générale du méandre. Le méandre a ainsi été rectifié et contraint (notamment sa berge de rive gauche, déplacée, artificialisée et devenue verticale),
- La conformation de la berge (amont + aval) et sa rugosité impactant le flux et en particulier la cellule de courant subsidente (cf. Encart 2 et notamment le schéma de Thorne & Hey, 1979),

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION
1.2.3



AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger Le Teil

Action 2 Accompagner dynamiquement FRA_4

Sous-action 2 Accompagner le transit sédimentaire au niveau du pont à créneaux

Type d'opération Forçage dirigé post-crue

- La conformation de la berge en aval (différence de rugosité et rétrécissement dans le secteur d'inflexion où les deux cellules de courants convergent),
- L'impact majeur de la pile en lit positionnée dans l'apex du méandre...

Après chaque crue morphogène le profil restitué présente un dévers du lit contre la berge de RG et une obstruction plus ou moins importante de la travée T2 de l'ouvrage.

La mise en place d'un guideau modifierait notablement le fonctionnement de la zone. Ainsi, d'après SAFEGE, le mur guideau serait conçu et dimensionné de sorte qu'il puisse influencer la divergence des cellules de courant dans la zone d'inflexion et favoriser le passage de la veine d'écoulement dominante sous T2. Le bureau d'études indique ainsi que ce guideau permettrait de séparer la veine d'eau du charriage qui lui est associé. Cette action permettrait alors d'auto-curer T2.

Compte-tenu de la complexité du fonctionnement de ce méandre contraint et impacté par l'ouvrage d'art, du coût annoncé, il serait souhaitable de valider cette perspective au moyen d'un modèle physique. En particulier il est absolument nécessaire d'anticiper les pertes de charge et les zones d'aggradation potentielles (par rétrogradation à partir de l'amont du mur guideau), et ce notamment pour éviter de reporter les débordements.

Les différentes solutions envisageables sont présentées dans le tableau suivant :

Amélioration du pont à créneaux				
Solutions	Détails	Intérêt		Observations
		dynamique	hydraulique	
Supprimer le pont	Déconstruction-reconstruction type pont cadre sans appui en lit et dans une section rectiligne où il impacterait moins le transport solide	+++	++	Coût très élevé, amélioration du secteur au niveau du transport solide et des débordements
Supprimer la pile P1	Imposer de changer le tablier et probablement de reprendre les culées (poutres sur appareils d'appui)	++	+	Coût très élevé, gestion des aggradations d'intrados
Réalisation d'un guideau	Voir éléments indiqués <i>supra</i> , difficile à mettre en oeuvre avec efficacité	+/-	+	Coût élevé, conception complexe et aggradation déportée en amont à gérer

En attendant une solution plus aboutie, il est nécessaire d'effectuer un accompagnement dynamique de cet ouvrage d'art et éventuellement de travailler l'aval de la berge en limitant le rétrécissement.

Cette accompagnement dynamique impose de réaliser après chaque crue morphogène un forçage dirigé post-crue de l'ouvrage en déchargeant la travée T2 qui va se trouver systématiquement plus ou moins obstruée et en évitant entre deux crues la végétalisation des matériaux. Il s'agit donc de **préparer la crue suivante**.

Ainsi la travée sera libérée après chaque et légèrement surcreusée ($\approx 0,50$ m) pour favoriser son fonctionnement à la crue suivante.

Entre deux crues la travée sera inspectée chaque année lors de l'étiage (assec) :

- On y retirera éventuellement et systématiquement la végétation pionnière,

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION 1.2.3

**N1****FRA_4****AXE 1** Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger Le Teil**Action 2** Accompagner dynamiquement FRA_4**Sous-action 2** Accompagner le transit sédimentaire au niveau du pont à créneaux**Type d'opération** Forçage dirigé post-crue

- On surcreusera le lit sous T2 en cas de comblement, en créant un chenal d'intrados et en retirant les matériaux encombrant la travée.
- En cas de retrait de matériaux, ils seront réinjectés (cf. FA 1.2.1) le plus près possible du pont pour limiter les coûts.

En ce qui concerne le rétrécissement il serait intéressant de le transformer en déflecteur pour accompagner les eaux en crue en limitant son impact. Il s'agirait ainsi d'améliorer le raccordement entre la berge lisse et rectiligne constituée du mur-digue de rive gauche du méandre et la berge aval.

Un enrochement subvertical bétonné dont la pente sera variable pour améliorer la liaison pourra ainsi être aménagé après avoir démonté la protection actuelle. Cet enrochement sera correctement dimensionné (blocométrie et semelle), il comprendra une semelle d'ancrage en lit et une couche transition entre le TN (terrain Naturel) et les blocs (géotextile + couche anti-poinçonnement), cf. annexe 1.



L'objectif de ce petit aménagement est d'améliorer la liaison entre le mur-digue et la berge naturelle aval et d'éviter ce point de rétrécissement au niveau de la zone de convergence des cellules de courant différenciées dans le méandre.



Figure 8 : vue en eau et en assec du rétrécissement en aval rive gauche du pont à créneaux

Une solution pourrait également être étudiée en augmentant la capacité de la goulotte réalisée récemment et en la transformant en zone d'expansion. Cette solution nécessiterait alors une maîtrise foncière de la zone et une modélisation pour évaluer son efficacité et son intérêt (rapport coût-bénéfice).

STRATÉGIE D'INSPECTION À METTRE EN ŒUVRE :

Le propriétaire-gestionnaire du pont à créneaux est tenu de l'entretenir et l'inspecter régulièrement pour connaître son état et effectuer les nécessaires travaux de réparation courante (et éventuellement spécialisée).

Même si ce pont est un ouvrage d'art simple et rustique (appui statique...), son appui en lit (pile) peut présenter des affouillements.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION
1.2.3

N1



FRA_4

AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger Le Teil

Action 2 Accompagner dynamiquement FRA_4

Sous-action 2 Accompagner le transit sédimentaire au niveau du pont à créneaux

Type d'opération Forçage dirigé post-crue

Il est donc préconisé de réaliser une telle intervention par un bureau d'études spécialisé avec inspecteur Ouvrage d'Art, dans le cas où l'ouvrage ne serait pas déjà régulièrement inspecté.

PRÉCAUTIONS PARTICULIÈRES À PRENDRE :

Des précautions seront à prendre pour éviter la dissémination des différentes espèces invasives présentes ou potentiellement présentes : renouée du Japon (*Fallopia japonica*), raisin d'Amérique (*Phytolacca americana*), l'ailante glanduleux (*Ailanthus altissima*), le robinier faux acacia (*Robinia pseudoacacia*), l'ambrosie à feuilles d'armoise (*Ambrosia artemisiifolia*)...

L'ambrosie à feuilles d'armoise

L'ambrosie est une espèce invasive originaire d'Amérique du nord introduite dans les années 1860 en Europe *via* des semences. Elle est devenue invasive en France dans les années 90. C'est une plante très allergène par son pollen qui se diffuse au gré du vent très largement.

C'est une plante pionnière qui colonise les bandes actives, cherchant la lumière et les espaces peu ou pas végétalisés. Elle n'aime pas les sols profonds.

L'ambrosie a une capacité de reproduction très importante, ses graines sont très résistantes et peuvent germer 10 ans après. Son pollen est très petit et se disperse (aéroporté) sur de grande distance (parfois plus de 40 km).

Les graines au bord des cours d'eau peuvent être entraînées par les flots et déposées dans le lit (atterrissements, berges...) elles germent même après avoir été immergées longtemps (Fumanel *et al.*, 2007)

L'ambrosie, espèce pionnière de pleine lumière, aime le lit des cours d'eau et sa graine (akène) et résiste bien à une immersion prolongée dans l'eau.

Quelques mesures et précautions à prendre avant et pendant les travaux :

- Prévenir les entreprises intervenant dans le cours d'eau en (1) intégrant dans les DCE un volet spécifique sur cette espèce, et (2) leur distribuant une plaquette informative (plusieurs existent sur internet) ;

- Choisir une période d'intervention adéquat et défavorable au développement de la plante, c'est-à-dire ne pas intervenir pendant la période de pollinisation afin d'éviter des allergies pour les intervenants en chantier et la dissémination du pollen en touchant les plantes.

Dans le cas de l'ambrosie, il ne faudra pas intervenir de juillet à octobre période de pollinisation, ainsi qu'en novembre période où

les graines fécondées tombent au sol et forment ainsi des banques de graines en dormance.

Ces graines pourraient être disséminées *via* les engins travaillant sur les structures alluvionnaires. Les interventions avant juillet restent ainsi à privilégier en supprimant la fleur lors des travaux de dévégétalisation, et ce de manière non sélective (suppression des fleurs femelles portant les graines et des fleurs mâles pollinisant grâce au vent).

ATTENDUS ET OBJECTIFS :

Améliorer le transport solide au niveau du pont à créneaux.

Préparer le lit à la crue suivante (forçage dirigé post-crue).

SUIVI À METTRE EN ŒUVRE :

Le suivi de cet ouvrage est à mettre en oeuvre chaque année pour éviter la fermeture partielle de la travée T2 par aggradation et/ou végétalisation. En post-crue on interviendra systématiquement.

Nous rappelons également les inspections à mettre en oeuvre (cf. § « stratégie d'inspection à mettre en oeuvre »)

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION 1.2.3

N1**AXE 1** Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger Le Teil**Action 2** Accompagner dynamiquement FRA_4**Sous-action 2** Accompagner le transit sédimentaire au niveau du pont à crêneaux**Type d'opération** Forçage dirigé post-crue

OBLIGATIONS RÉGLEMENTAIRES :

Les obligations réglementaires indiquées sont sous réserve de modification du Code de l'Environnement.

Type	À effectuer
Déclaration au titre du Code de l'Environnement	X (enrochement)
Autorisation environnementale au titre du Code de l'Environnement	
Évaluation environnementale (anciennement étude d'impact au cas par cas ou complète) au titre du Code de l'Environnement	
Dossier de dérogation des espèces protégées au titre de l'Article 211	
Déclaration d'Utilité Publique dans le cas où de l'acquisition foncière est à prévoir	

Compte tenu de réalisations de plusieurs interventions de ce type (réouverture de travées de pont avec transfert réinjection de matériaux) et de leur répétitivité, une demande globale sera à effectuer auprès des services compétents.

COÛT DE L'ACTION :

Budget annuel d'intervention variable entre pas d'intervention et 5 000 € HT.

Réalisation de la modification de l'enrochement au niveau du rétrécissement (démontage de l'enrochement, tri des blocs, montage d'un enrochement avec semelle et couche de transition, mise en place de barbacanes) le budget prévisionnel est estimé à 100 000 € HT.

RELATION AVEC D'AUTRES FICHES DU PLAN DE GESTION :

Cette fiche est à mettre en relation directe avec la fiche-action 1.2.1, notamment pour des économies d'échelle en termes de traitement de la végétation.

ANNEXE : ENROCHEMENT

CARACTERISTIQUES ET COMPOSITION GENERALE D'UN ENROCHEMENT

Un enrochement se caractérise par trois éléments distincts, fonctionnels, complémentaires et essentiels :

- **Système Anti-Affouillement (SAA) :** positionné en lit, il a pour fonction d'éviter l'affouillement en pied de l'enrochement et de fait sa déstabilisation « par le pied ». Egalement appelé semelle, sabot d'ancrage, ancrage de pied, il est constitué d'un arrangement de blocs d'enrochement de gros diamètres, dans une souille décaissée dans le lit même. Il présente généralement une forme parallélépipédique rectangle. Il existe plusieurs formules (IZZARD-BRADLEY, HEC RAS...) permettant de calculer sa profondeur en fonction d'une crue de projet. La souille est généralement réalisée sous batardeau, afin d'assurer un décaissement adapté et de faciliter la réalisation du système anti-érosion. La semelle est pentée doublement de l'amont vers l'aval et de la berge vers le lit.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION 1.2.3

N1

FRA_4

AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger Le Teil**Action 2** Accompagner dynamiquement FRA_4**Sous-action 2** Accompagner le transit sédimentaire au niveau du pont à crèneaux**Type d'opération** Forçage dirigé post-crue

- **Système Anti-Erosion (SAE)** : positionné en berge, il a pour fonction de protéger la berge de l'érosion. Il est constitué d'une carapace de blocs d'enrochement appareillés (si possible au moins en bicouches). On essaiera, dans la mesure du possible, d'avoir un fruit de berge conséquent et d'éviter les carapaces de talus de berge verticale ou subverticale. En effet l'ouverture de la berge réduit notablement les forces tractrices et sur les petits cours augmente la débitance de la section. On peut également (notamment lorsque le fruit est important) mettre les faces les plus rugueuses des blocs en parement afin d'augmenter la rugosité minérale de l'ouvrage et ainsi dissiper de l'énergie pour éviter le report aval d'érosion (effet « point dur »).
- **Couche de transition** : positionnée sous la protection (sous le SAA et le SAE), elle est constituée de deux éléments :
 - o **Le Géotextile (GTX)** permet le passage de l'eau dans les deux sens (rivière ↔ nappe d'accompagnement) tout en laissant en place les matériaux constitutifs de la berge en (fonctions de séparation et de filtration).
 - o **La couche anti-poinçonnement (CAP)** positionnée entre les blocs d'enrochement du SAA (sauf bord externe – côté rivière) et du SAE et le géotextile, est constituée de galets roulés de granulométrie étendue (e.g. 40-120 mm) visant à limiter le poinçonnement du géotextile par les blocs lors de leur mise en place. L'enrochement doit également épouser la conformation générale de la berge, être intégré dans son environnement et dans l'environnement dynamique du cours d'eau.

Une attention particulière doit être portée aux liaisons amont/aval et enrochement/haut de berge qui sont des points « faibles » liés à une brusque différence de rugosité avec dispersion d'énergie.

Généralement, pour un fruit supérieur à 45°, on percole les espaces interstitiels (vides entre les blocs liés au montage) par du béton et on rajoute des barbacanes pour évacuer l'eau avec des clapets anti-retour. En effet, l'angle de repos¹ des blocs est légèrement supérieur à 40°, ce liaisonnement permet d'assurer une meilleure tenue.

CARACTERISTIQUES DE BLOCS D'ENROCHEMENT

Les blocs d'enrochement utilisés pour réaliser un ouvrage en rivière (tant en SAA qu'en SAE) doivent présenter des caractéristiques spécifiques.

Les blocs d'enrochement sont constitués de calcaire massif dont la densité sera supérieure à 2,6. Généralement, elle avoisine 2,65 afin d'obtenir une densité de 2 à 2,2, une fois les blocs posés.

Par ailleurs, conformément à la norme NF EN 13383 (parties 1 et 2), les blocs doivent être sains, denses, non hydroscopiques, non gélifs² et avec une porosité adaptée à leur utilisation en rivière.

Ils doivent présenter également des coefficients MDE (Micro Deval en présence d'Eau) et LA (Los Angeles) compatibles avec une utilisation en rivière.

Les blocs doivent être de forme « anguleux tétraédrique ». Les « plaques », « barres », « boules » et « cubes » sont exclus de l'approvisionnement. Le rapport dimensionnel (r) est tel que :

$$r = \frac{L + l}{2h}$$

¹ C'est l'angle au-delà duquel les matériaux ne tiennent plus en équilibre les uns sur les autres.

² La résistance au gel/dégel est une des caractéristiques essentielles de la durabilité et à ce titre est intégrée à l'article 7 de la norme EN 13383-1. Les blocs d'enrochement doivent être non gélifs, conformément à l'article 8 de la norme NF EN 13383-2 (catégorie W_{0,5} du tableau 12) concernant l'absorption d'eau comme essai crible pour la résistance gel/dégel et à l'article 9 (catégorie FT_A – ou FT_{déclarée} du tableau 13) concernant la résistance gel/dégel.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION
1.2.3

N1



FRA_4

AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger Le Teil

Action 2 Accompagner dynamiquement FRA_4

Sous-action 2 Accompagner le transit sédimentaire au niveau du pont à créneaux

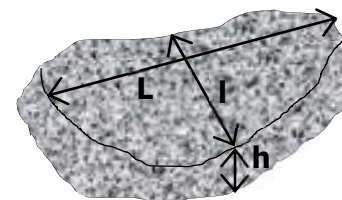
Type d'opération Forçage dirigé post-crue

Avec :

L – Longueur du bloc

l – Largeur du bloc

h – Epaisseur du bloc



Ce rapport dimensionnel doit présenter les caractéristiques suivantes : $r \approx 3$ et $\frac{L}{h} < 3$

La blocométrie des enrochements est présentée sous la forme d'un fuseau blocométrique caractérisé par deux, voire trois, données, à savoir les poids minimums, moyen et maximal. Ces poids se calculent au moyen de formule spécifique en fonction d'une crue de projet.

On distingue trois types de blocs :

- **Blocs d'ancrage** : Ce sont les blocs de plus gros diamètres destinés à la semelle d'ancrage. Ils doivent être arrangés dans la semelle en bicouches. Eventuellement, des gros blocs peuvent être mis en pivot (seuls) dans la masse de la structure de la semelle d'ancrage.
- **Blocs de parement** : Ils sont dressés sur le rampant au-dessus de la couche de transition en bicouches. Ils sont arrangés minutieusement et les faces rugueuses sont mises en parement afin d'augmenter la rugosité de l'ouvrage et disperser ainsi l'énergie.
- **Blocs de calage** : Ce sont des blocs destinés au remplissage des vides interstitiels, permettant ainsi d'améliorer le calage des blocs d'ancrage et l'appareillage des blocs de parement. Ils permettent notamment d'éviter les « poches de petits » et l'isolement de blocs insuffisamment bloqués lors du calage ou de l'appareillage

SCHEMA-TYPE D'UNE COUPE-TYPE D'UN ENROCHEMENT

Voir schéma ci-après

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION
1.2.3

N1



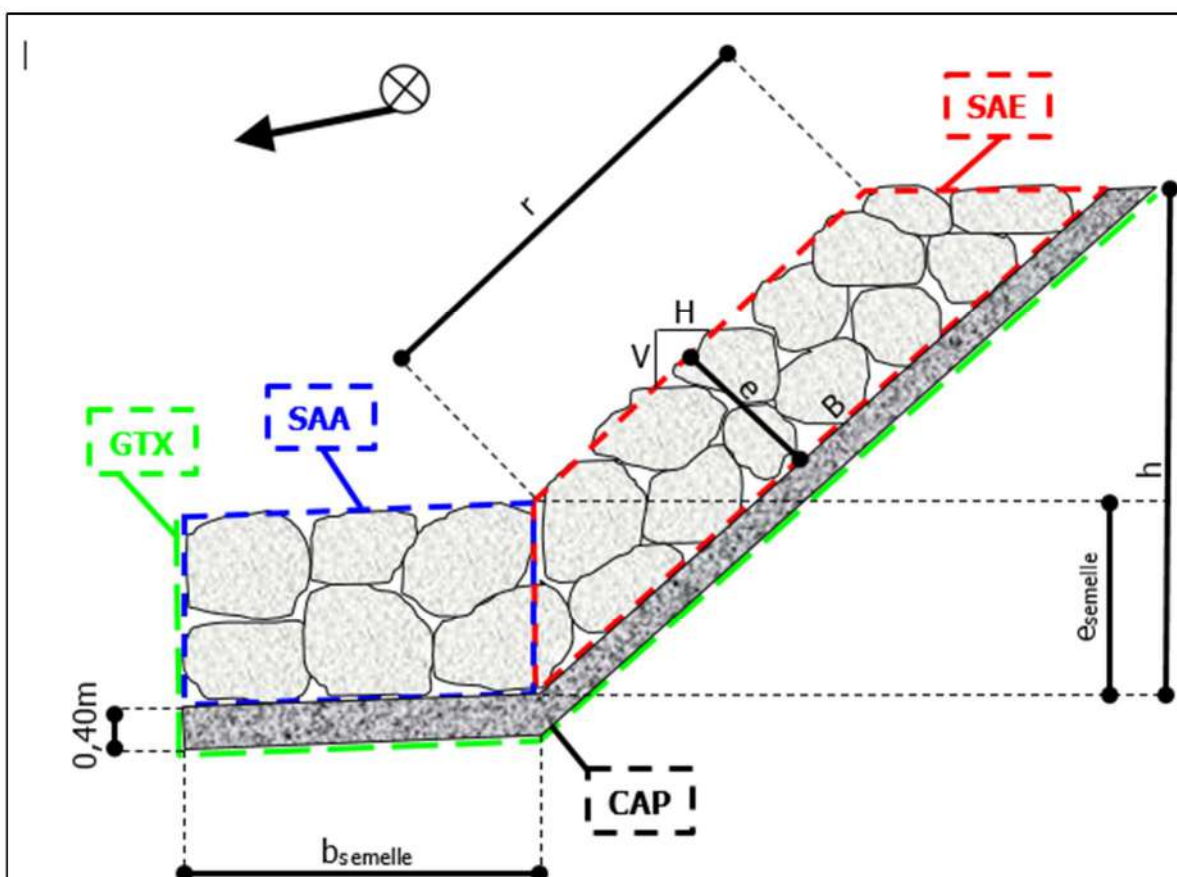
FRA_4

AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger Le Teil

Action 2 Accompagner dynamiquement FRA_4

Sous-action 2 Accompagner le transit sédimentaire au niveau du pont à crèneaux

Type d'opération Forçage dirigé post-crue



Avec :

Système Anti-Affouillement (SAA) – Semelle d’ancrage ou sabot

$e_{semelle}$ – Hauteur de la semelle d’ancrage en lit

$b_{semelle}$ – Avancée de la semelle d’ancrage en lit

Système Anti-Erosion (SAE) – Carapace de parement de talus de berge

e – Épaisseur de la carapace

r – Rampant de talus de berge

B – Développé

H/V – Fruit

h – Hauteur de la protection

Couche de transition

GTX – Géotextile

CAP – Couche Anti-Poinçonnement

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION
1.2.3



AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger Le Teil

Action 2 Accompagner dynamiquement FRA_4

Sous-action 2 Accompagner le transit sédimentaire au niveau du pont à créneaux

Type d'opération Forçage dirigé post-crue

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

EINSTEIN, A., 1926. Die Ursache der Mäanderbildung der Flußläufe und des sogenannten Baerschen Gesetzes. *Die Naturwissenschaften*, 11.

EINSTEIN, A., 1954. Ideas and Opinions. Bonanza Books.

HEY, R.D., THORNE, C.R., 1975. Secondary flow in river channels, *Area*, 7(3), pp. 191-195.

PITLICK, J.C., THORNE, C.R., 1987. Sediment supply, movement, and storage in an unstable gravel-bed river. *In*: Thorne, C.R., Bathurst, J.C. & Hey, R.D. (éds) *Sediment Transport in Gravel-Bed Rivers*. John Wiley and Sons, London, pp. 121-150.

SCHUMM, S.A., 1967. Meander wavelength of alluvial rivers. *Science*, 157(3796), pp. 1549-1550.

THOMSON, J., 1979. On the windings of rivers in alluvial plains, with remarks on the flow of water round bends in pipes. *Royal Soc. London Proc.*, 25, pp. 5-8.

THORNE, C.R., R.D., HEY, 1979. Direct measurements of secondary currents at a river inflexion point, *Nature*, 280, pp. 226-228.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION
1.2.4

N1



FRA_4

AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger le Teil

Action 2 Accompagner dynamiquement FRA_4

Sous-action 4 Améliorer le transit sédimentaire au niveau de l'enfilade de ponts aval

Type d'opération Forçage dirigé post-crue

MOTIVATION DE LA FICHE :

Perturbateurs hydromorphologiques

Les perturbateurs hydromorphologiques sont des éléments physiques qui impactent dans le temps et l'espace l'hydromorphologie d'un cours d'eau.

On distingue deux types de perturbateurs hydromorphologiques : les perturbateurs anthropiques (ouvrage transversal...) et les perturbateurs géomorphologiques (seuil naturel, affleurements rocheux...).

Leur action perturbatrice peut être locale (perturbateur secondaire) ou globale (perturbateur majeur), et avoir une influence à plus ou moins long terme. Plus la perturbation induite sera étendue, plus son influence sera durable, voire irréversible.

Encart 1 : Les perturbateurs hydromorphologiques

- Le pont de l'avenue Charles de Gaulle,
- Le pont SNCF,
- Le pont de l'Avenue de l'Europe Unie.

Les ouvrages d'art ont un impact dynamique sur le fonctionnement des cours d'eau et en particulier sur le transport solide. Cet impact est plus ou moins marqué suivant la nature de l'ouvrage (tirant d'eau, appuis en lit, travées...), son positionnement en lit (section rectiligne, méandre...) et son intégration dynamique (ouverture ou réduction de section, générées par le pont ou élément à proximité de l'ouvrage qui se cumule avec l'effet de l'ouvrage...).

En ce sens ils constituent des **perturbateurs hydromorphologiques**. Ainsi rares sont les ouvrages qui ont un impact neutre sur le cours d'eau, sauf ceux qui sont positionnés sur le rocher très au-dessus de niveau des plus hautes crues (cas qu'on rencontre en gorges où les ponts (viaducs) enjambent les vallées sans appuis en lit).

Trois ponts sont en enfilade en partie aval du Frayol dans la traversée du Teil. Il s'agit des ouvrages d'art suivants :

Cette succession de **perturbateurs hydromorphologiques** s'effectue sur un linéaire particulièrement réduit de 175 m. Ces trois ouvrages impactent le transport solide du Frayol et un accompagnement dynamique, sous la forme notamment de forçages dirigés post-crue doit être mis en œuvre pour limiter les débordements et les atteintes aux ouvrages. Il est à noter que ces trois ouvrages sont de conception et d'âge différents et sont gérés par des opérateurs différents (commune et SNCF).

Chaque ouvrage, du fait de sa conception et de ses appuis en lit à un impact spécifique sur le fonctionnement dynamique du cours d'eau en favorisant des aggradations et/ou des érosions sous et en aval des ouvrages. Il convient donc de **coordonner** leur gestion afin d'accompagner efficacement le fonctionnement du cours d'eau.

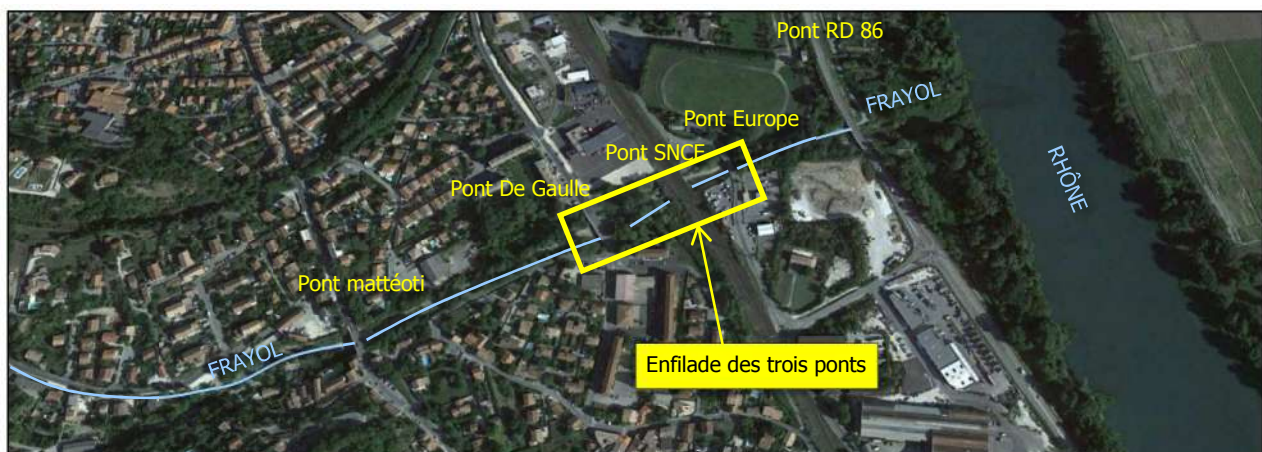
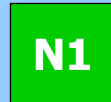


Figure 1 : L'enfilade des trois ponts

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
1.2.4



- AXE 1** Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger le Teil
- Action 2** Accompagner dynamiquement FRA_4
- Sous-action 4** Améliorer le transit sédimentaire au niveau de l'enfilade de ponts aval
- Type d'opération** Forçage dirigé post-crue

ENJEUX CONCERNÉS :

Protection du seuil (tronçon FRA_4).

DESCRIPTION DE L'OUVRAGE :

***NB :** nous n'avons pas de données d'archives de ces ouvrages (dates de construction, dimensions : ouverture, ouverture des travées, tirant d'air, largeur de chaussée portée..., données techniques...).*

Les ouvrages sont présentés et décrits d'amont vers l'aval.

⇒ Le pont de l'avenue Charles de Gaulle

C'est un pont à poutres en béton armé (certains ferraillages sont d'ailleurs apparents) comportant deux piles en lit matérialisant ainsi trois travées. Les piédroits des culées délimitent le lit de part et d'autre. La jonction culées-berges est effectuée au moyen de murs en retour. Les piles sont équipées d'avant-becs circulaires. L'ouverture de cet ouvrage est d'une cinquantaine de mètres.



Figure 2 : Elévation amont et aval du pont de l'avenue Charles de Gaulle

⇒ Le pont de la SNCF

C'est un pont en maçonnerie de moellons qui porte la voie ferrée.

Il a comme particularité d'enjamber le Frayol et de permettre également le passage d'une voirie sous sa travée T1. De fait, la berge de la rive gauche se trouve rabaissée par rapport au niveau moyen dans ce secteur et la voirie peut être facilement inondée.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
1.2.4



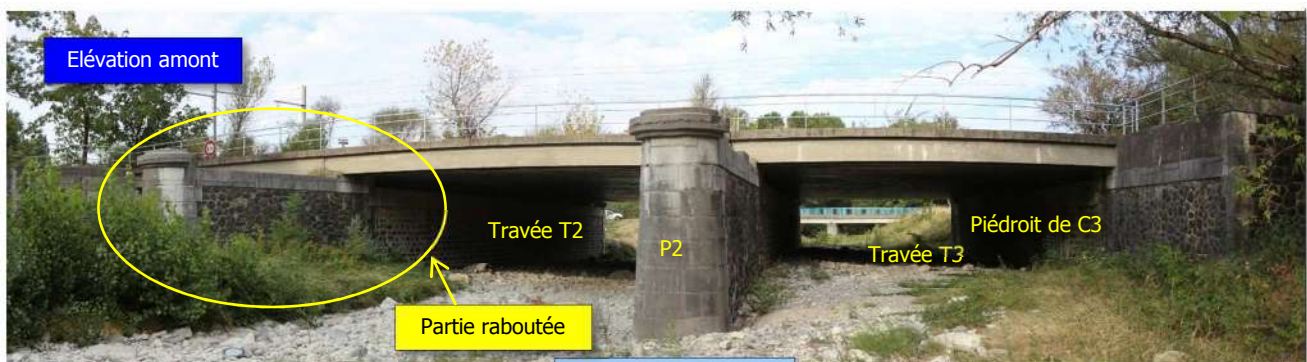
N1



- AXE 1** Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger le Teil
- Action 2** Accompagner dynamiquement FRA_4
- Sous-action 4** Améliorer le transit sédimentaire au niveau de l'enfilade de ponts aval
- Type d'opération** Forçage dirigé post-crue

Il présente une culée hors lit mineur (C0), deux piles en lit (P1 étant positionnée en berge et P2 au milieu du lit du Frayol et une culée en lit (C3) qui est en liaison avec la berge de rive droite au moyen de murs en retour.

La voie portée est positionnée coté aval, l'ouvrage ayant été élargi (partie raboutée) puis réduit par la suite.



Pont de la SNCF

ce pont a été élargi lorsque la gare de triage était plus importante, puis une partie de l'ouvrage a été démontée lorsque celle-ci s'est réduite.



Figure 3 : Elévation amont et aval du pont de l'avenue Charles de Gaulle

⇒ Le pont de l'Europe Unie

C'est un pont à poutres précontraintes par adhérence (PRAD). Les poutres précontraintes sont en I avec blochet.

La pile centrale supporte deux demi-tabliers au moyen d'une ligne d'appareils d'appui en caoutchouc fretté.

L'ouvrage comporte une pile en lit. Ses culées sont intégrées à la berge en retrait.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
1.2.4



N1



FRA_4

AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger le Teil

Action 2 Accompagner dynamiquement FRA_4

Sous-action 4 Améliorer le transit sédimentaire au niveau de l'enfilade de ponts aval

Type d'opération Forçage dirigé post-crue



Figure 4 : Pont de l'avenue de l'Europe Unie

IMPACT DES OUVRAGES EN ENFILADE SUR LE TRANSPORT SOLIDE :

La partie aval du Frayol à proximité du Rhône présente une pente relativement faible et l'enfilade des trois ouvrages impacte d'autant le transport solide.

En effet, les ponts peuvent avoir une incidence forte sur le transport solide en générant des accrétions notamment sous les travées ou encore dans le sillage des piles.

Ainsi les ponts peuvent avoir plusieurs influences sur le transport solide :

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION
1.2.4

N1



FRA_4

AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger le Teil

Action 2 Accompagner dynamiquement FRA_4

Sous-action 4 Améliorer le transit sédimentaire au niveau de l'enfilade de ponts aval

Type d'opération Forçage dirigé post-crue

- **Leur masse** (ponts en arche avec murs de tête) et **leurs appuis en lit** (piles et culées) modifient les courants et favorisent les accrétions,
- **L'ouverture de la section** (élargissement généralement mis en place pour compenser la réduction initiée par la présence du pont) augmente le phénomène d'accrétion.

Les ponts doivent ainsi laisser passer les eaux lors d'une **crue** généralement importante (ils sont souvent dimensionnés pour la crue centennale), mais ils doivent également permettre aux eaux de circuler en **basses eaux** dans un lit « restreint ». Pour les basses-eaux c'est le cours d'eau « qui fait son lit » au moyen de **réajustements géométriques**. Ainsi en récession de crue des matériaux se déposent lorsque le flux ne peut plus les déplacer et le lit se concentre alors dans un chenal.

A la crue suivante le lit va se trouver ainsi **partiellement encombré**. Il peut alors avoir des difficultés à remobiliser les matériaux déposés (notamment s'ils sont végétalisés ou si leur masse déverse le lit à l'opposé...) avec des risques pour les appuis des ponts (affouillements), voir pour l'ouvrage (contournement). Cette situation impose des mesures de suivi et de gestion particulières afin d'**accompagner le fonctionnement dynamique** autour de l'ouvrage.

Les accrétions de matériaux sont rapidement **végétalisées**. Leur végétalisation va avoir ainsi un double effet :

- Diminuer les possibilités de remobilisation des matériaux déposés,
- Favoriser le peignage des matériaux et des flottants (bois flottés) favorisant encore accrétions et embâlage du lit.

La végétalisation du Frayol est particulière aux cours d'eau intermittents (régime d'oued). Les périodes d'assec favorisant la végétalisation des berges, des structures alluvionnaires et du lit.

Il est donc important de mettre en œuvre un suivi spécifique et des **opérations de préparation du lit à la prochaine crue** (forçage dirigé post-crue).

Il est à noter que chaque crue aura un impact particulier sur les ouvrages d'art notamment en termes d'aggradation, mais que d'une crue à l'autre cet impact pourra être différent. Par exemple après une crue une travée se retrouvera partiellement obstruée. Tandis qu'à la crue suivante ce sera une autre travée.

Nous allons présenter succinctement le fonctionnement au droit des 3 ouvrages en enfilade. Cette situation d'enfilade implique ainsi des interactions entre les ouvrages liées à leur présence en lit.

⇒ Pont de l'avenue Charles de Gaulle

Ce pont ne pose pas de problème particulier, d'autant que le lit à la même largeur en amont et en aval. Toutefois, la récession de crue (lors de la dernière crue) a généré des ajustements sous T1 et T3, y réduisant la section d'écoulement.

⇒ Pont SNCF

Sous le pont SNCF, le flux passe sous T2 et T3, T1 étant hors lit et utilisé par une voirie. Le flux a eu (lors de la dernière crue) en récession de crue à se concentrer sous T2. Un réajustement géométrique important a eu lieu le chenal de fin de crue se fixant coté rive droite puis se réaxant ensuite pour passer sous le troisième ouvrage.

Ainsi coté rive gauche la berge se trouve érodée et coté rive droite une structure alluvionnaire s'est déposée. De fait, un chenal apparaît bien matérialisé (cf. Figure 6).

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
1.2.4



N1



FRA_4

AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger le Teil

Action 2 Accompagner dynamiquement FRA_4

Sous-action 4 Améliorer le transit sédimentaire au niveau de l'enfilade de ponts aval

Type d'opération Forçage dirigé post-crue



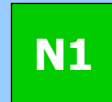
Figure 5 : Réajustements post-crue en aval du pont SNCF



Figure 6 : (1) obstruction partielle de la travée T2 du pont de l'Europe Unie liée aux accrétions générées en RD par le pont SNCF ; (2) accrétions en RD entre les deux ponts ; (3) érosion de berge en aval RG du pont SNCF (zone de réaxement du lit) ; (4) vue depuis la travée T2 du pont SNCF, on voit le mur guideau pour limiter les débordements sur la route, le désaxement et l'érosion de berge

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
1.2.4



AXE 1	Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger le Teil
Action 2	Accompagner dynamiquement FRA_4
Sous-action 4	Améliorer le transit sédimentaire au niveau de l'enfilade de ponts aval
Type d'opération	Forçage dirigé post-crue

⇒ Pont de l'Europe Unie

Cet ouvrage a l'amont de sa travée T2 partiellement obstruée (cf. Figure 6). Cette situation est essentiellement liée aux accrétions aval induites par la présence du pont SNCF et de la conformation de la berge de RD.

STRATÉGIE DE GESTION À METTRE EN ŒUVRE :

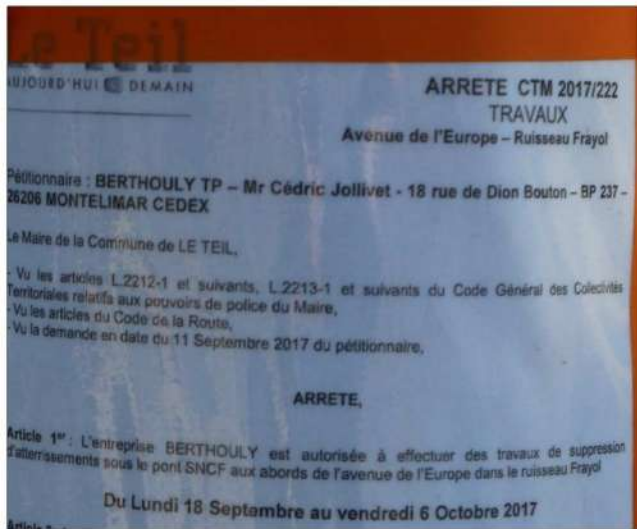


Figure 7 : Extrait de l'arrêté municipal concernant les travaux de façonnage du lit dans l'enfilade de ponts

Des travaux réalisés sous maîtrise d'ouvrage de la mairie du Teil (cf. Figure 7) ont eu lieu dans le Frayol entre le 18/09/2017 et le 8/10/2017 et ont consisté au façonnage du lit entre le pont Charles de Gaulle et le pont de l'Europe Unie.

Ces travaux ont concerné : (1) le traitement de structures alluvionnaires, (2) le talutage de la berge de RG entre le pont SNCF et le pont de l'Europe Unie. Ils intégraient également la libération des travées de ces différents ouvrages.

En conséquence la présente fiche a été reprise par rapport à sa rédaction initiale qui préconisait notamment :

- Le **façonnage** du lit (préparation du lit à la crue suivante) entre les trois ouvrages d'art, comprenant à la fois la *suppression des structures alluvionnaires* (cf. Figure 5...), la *libération des travées des ouvrages* et la *réalisation d'un cheminement préférentiel pour l'eau* afin de diriger les basses-eaux dans l'enfilade des ponts,
- Le **traitement de la végétation**,
- La **réalisation d'un entonnoisement RG** entre le pont SNCF et le pont de l'Europe Unie sous la forme d'un petit enrochement de pied et du talutage de la berge.

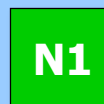
Les photographies ci-dessous illustrent ces travaux et mettent en avant quelques points non exhaustifs :



Figure 8 : pont ch. de Gaulle, la travée T3 n'est pas complètement libérée et le façonnage du lit aurait dû comporter un guidage pour que lors de la mise en eau post-assec le lit de basses eaux se fixe sous T2. Cette action est importante pour la cinématique de modification du lit lors des montées d'eau

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

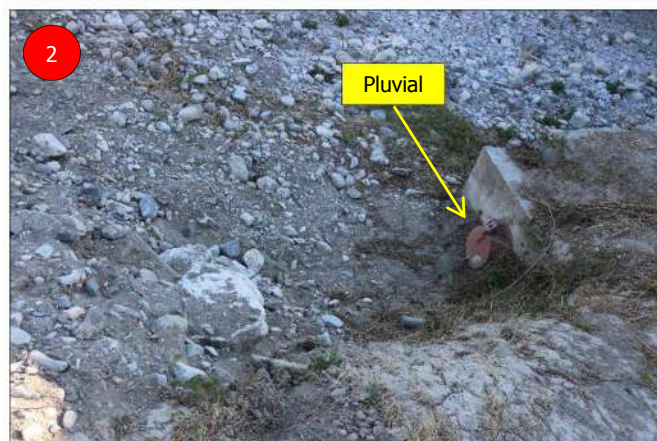
FICHE-ACTION
1.2.4



- AXE 1** Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger le Teil
- Action 2** Accompagner dynamiquement FRA_4
- Sous-action 4** Améliorer le transit sédimentaire au niveau de l'enfilade de ponts aval
- Type d'opération** Forçage dirigé post-crue



Figure 9 : à gauche → vue de la sortie (aval) de la travée T3 du pont Ch. de Gaulle, à droite → vue de la végétation en amont (arbres sous-cavés à traiter pour limiter un éventuel embâlage de la travée T3 en crue).



Entre le pont de la SNCF et de l'Europe

En aval du pont de la SNCF, en berge de rive gauche la berge a été retalutée. Toutefois la liaison entre l'ouvrage (à partir de sa pile P1) et la berge retalutée présente un renforcement.

Cet élément est lié à la présence d'un rejet pluvial dans le Frayol qui est protégé par un muret. Le renforcement est donc la zone de rejet.

Il serait nécessaire de protéger ce renforcement qui compte tenu du ressaut qu'il engendre va générer une érosion de berge (celle-ci avait d'ailleurs commencé avant les travaux), cf. Figure 6-3 et 6-4.

Figure 10 : Vue des travaux de berge de RG entre le pont SNCF et celui de l'Europe Unie

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
1.2.4



N1



FRA_4

AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger le Teil
Action 2 Accompagner dynamiquement FRA_4
Sous-action 4 Améliorer le transit sédimentaire au niveau de l'enfilade de ponts aval
Type d'opération Forçage dirigé post-crue

Ces travaux étant réalisés nous ferons donc des préconisations complémentaires :

- Effectuer un travail de pré-positionnement d'un chenal de basses-eaux qui devrait également contribuer à diriger les eaux lors des montées d'eau, et améliorer la section d'écoulement notamment au niveau des trois ouvrages d'art,
- Libérer les travées T3 du pont Ch. de Gaulle,
- Travailler la végétation en particulier en amont de cette enfilade de ponts,
- Protéger la berge en RG aval du pont SNCF pour éviter un départ d'érosion (en aval immédiat du rejet pluvial) par un enrochement de pied servant également de déflecteur.

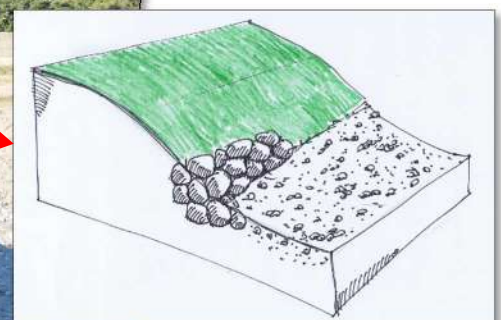
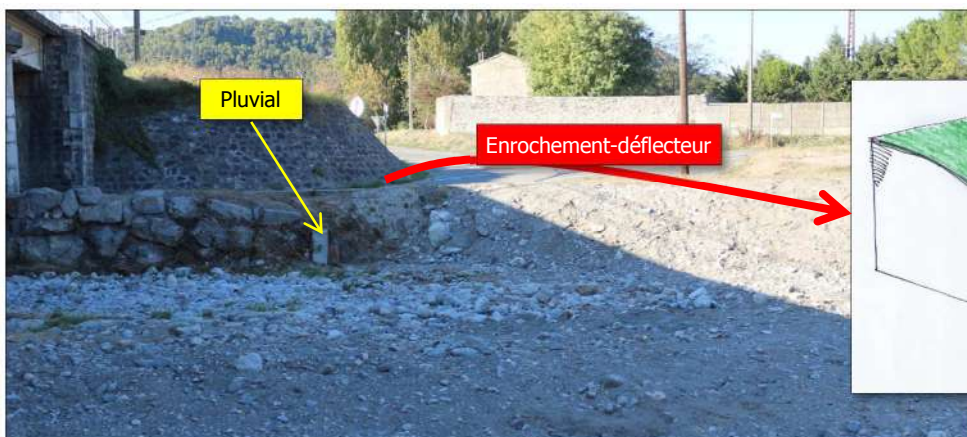


Figure 11 : Enrochement-défecteur à créer pour protéger la berge talutée

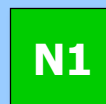
Dans le futur contrôler systématiquement en post-crue et en assec :

- Maintenir fonctionnelles les travées des trois ponts en y supprimant les éventuelles accrétions pour garder un gabarit hydraulique conséquent,
- Travailler le lit entre le pont SNCF et le pont de l'Europe Unie en y supprimant les accrétions de réajustements du lit en récession qui vont chercher à façonner un lit de basses eaux (comme actuellement), contrôler l'enrochement-défecteur et l'état du guideau,
- Façonner le lit pour générer un cheminement préférentiel notamment en basses-eaux,
- Éviter la végétalisation du lit,
- Analyser toute nouvelle évolution du lit et prendre des mesures pour conserver un lit compatible avec les écoulements liquides et solides en crue.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION
1.2.4



AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger le Teil

Action 2 Accompagner dynamiquement FRA_4

Sous-action 4 Améliorer le transit sédimentaire au niveau de l'enfilade de ponts aval

Type d'opération Forçage dirigé post-crue

STRATÉGIE D'INSPECTION À METTRE EN ŒUVRE :

Le propriétaire-gestionnaire d'un ouvrage d'art est tenu de l'entretenir et l'inspecter régulièrement pour connaître son état et effectuer les nécessaires travaux de réparation courante (et éventuellement spécialisée).

Il est préconisé de réaliser une telle intervention par un bureau d'études spécialisé avec inspecteur Ouvrage d'Art, dans le cas où l'ouvrage ne serait pas déjà régulièrement inspecté.

Une fiche préconisation (FP2) concernant la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art a été intégrée au plan de gestion. Cette fiche fait état (pour les ponts communaux) de désordres (sans aucune valeur d'exhaustivité et ne se substituant pas aux nécessaires investigations techniques) constatées lors des phases d'investigations de terrain. Elle concerne ainsi le pont de l'avenue Charles de Gaulle et le pont de l'Europe Unie.

PRÉCAUTIONS PARTICULIÈRES À PRENDRE :

Des précautions seront à prendre pour éviter la dissémination des différentes espèces invasives présentes ou potentiellement présentes : renouée du Japon (*Fallopia japonica*), raisin d'Amérique (*Phytolacca americana*), l'ailante glanduleux (*Ailanthus altissima*), le robinier faux acacia (*Robinia pseudoacacia*), l'ambrosie à feuilles d'armoise (*Ambrosia artemisiifolia*)...

L'ambrosie à feuilles d'armoise

L'ambrosie est une espèce invasive originaire d'Amérique du nord introduite dans les années 1860 en Europe *via* des semences. Elle est devenue invasive en France dans les années 90. C'est une plante très allergène par son pollen qui se diffuse au gré du vent très largement.

C'est une plante pionnière qui colonise les bandes actives, cherchant la lumière et les espaces peu ou pas végétalisés. Elle n'aime pas les sols profonds.

L'ambrosie a une capacité de reproduction très importante, ses graines sont très résistantes et peuvent germer 10 ans après. Son pollen est très petit et se disperse (aéroporé) sur de grande distance (parfois plus de 40 km).

Les graines au bord des cours d'eau peuvent être entraînées par les flots et déposées dans le lit (atterrissements, berges...) elles germent même après avoir été immergées longtemps (Fumanal *et al.*, 2007)

L'ambrosie, espèce pionnière de pleine lumière, aime le lit des cours d'eau et sa graine (akène) et résiste bien à une immersion prolongée dans l'eau.

Quelques mesures et précautions à prendre avant et pendant les travaux :

- Prévenir les entreprises intervenant dans le cours d'eau en (1) intégrant dans les DCE un volet spécifique sur cette espèce, et (2) leur distribuant une plaquette informative (plusieurs existent sur internet) ;

- Choisir une période d'intervention adéquate et défavorable au développement de la plante, c'est-à-dire ne pas intervenir pendant la période de pollinisation afin d'éviter des allergies pour les intervenants en chantier et la dissémination du pollen en touchant les plantes.

Dans le cas de l'ambrosie, il ne faudra pas intervenir de juillet à octobre période de pollinisation, ainsi qu'en novembre période où les graines fécondées tombent au sol et forment ainsi des banques de graines en dormance.

Ces graines pourraient être disséminées *via* les engins travaillant sur les structures alluvionnaires. Les interventions avant juillet restent ainsi à privilégier en supprimant la fleur lors des travaux de dévégétalisation, et ce de manière non sélective (suppression des fleurs femelles portant les graines et des fleurs mâles pollinisant grâce au vent).

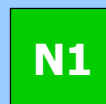
ATTENDUS ET OBJECTIFS :

Améliorer le transport solide au niveau de l'enfilade des ponts.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION
1.2.4



AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger le Teil

Action 2 Accompagner dynamiquement FRA_4

Sous-action 4 Améliorer le transit sédimentaire au niveau de l'enfilade de ponts aval

Type d'opération Forçage dirigé post-crue

Préparer le lit à la crue suivante (forçage dirigé post-crue).

SUIVI À METTRE EN ŒUVRE :

Le suivi de cet ouvrage est à mettre en oeuvre après chaque crue, il comprendra les éléments suivants :

- Maintenir fonctionnelles les travées des trois ponts en y supprimant les éventuelles accrétions pour garder un gabarit hydraulique conséquent,
- Travailler le lit entre le pont SNCF et le pont de l'Europe Unie en y supprimant les accrétions de réajustements du lit en récession qui vont chercher à façonner un lit de basses eaux (comme actuellement), contrôler l'ouvrage d'entonnement et l'état du guideau,
- Eviter la végétalisation du lit,
- Analyser toute nouvelle évolution du lit et prendre des mesures pour conserver un lit compatible avec les écoulements liquides et solides en crue.

Nous rappelons également les inspections à mettre en oeuvre (cf. § « stratégie d'inspection à mettre en oeuvre »)

OBLIGATIONS RÉGLEMENTAIRES :

Les obligations réglementaires indiquées sont sous réserve de modification du Code de l'Environnement.

Type	À effectuer
Déclaration au titre du Code de l'Environnement	Enrochement
Autorisation environnementale au titre du Code de l'Environnement	
Évaluation environnementale (anciennement étude d'impact au cas par cas ou complète) au titre du Code de l'Environnement	
Dossier de dérogation des espèces protégées au titre de l'Article 211	
Déclaration d'Utilité Publique dans le cas où de l'acquisition foncière est à prévoir	

Compte tenu de réalisations de plusieurs interventions de ce type (réouverture de travées de pont avec transfert réinjection de matériaux) et de leur répétitivité, une demande globale sera à effectuer auprès des services compétents.

COÛT DE L'ACTION :

Travaux complémentaire en lit : 3 000 € HT

Enrochement d'entonnement : 25 000 € HT

RELATION AVEC D'AUTRES FICHES DU PLAN DE GESTION :

Cette fiche est à mettre en relation directe avec la fiche-action 1.2.1 notamment pour réinjecter les matériaux.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION
1.2.4



AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger le Teil
Action 2 Accompagner dynamiquement FRA_4
Sous-action 4 Améliorer le transit sédimentaire au niveau de l'enfilade de ponts aval
Type d'opération Forçage dirigé post-crue

ANNEXE : ENROCHEMENT

CARACTERISTIQUES ET COMPOSITION GENERALE D'UN ENROCHEMENT

Un enrochement se caractérise par trois éléments distincts, fonctionnels, complémentaires et essentiels :

- **Système Anti-Affouillement (SAA)** : positionné en lit, il a pour fonction d'éviter l'affouillement en pied de l'enrochement et de fait sa déstabilisation « par le pied ». Egalement appelé semelle, sabot d'ancrage, ancrage de pied, il est constitué d'un arrangement de blocs d'enrochement de gros diamètres, dans une souille décaissée dans le lit même. Il présente généralement une forme parallélépipédique rectangle. Il existe plusieurs formules (IZZARD-BRADLEY, HEC RAS...) permettant de calculer sa profondeur en fonction d'une crue de projet. La souille est généralement réalisée sous batardeau, afin d'assurer un décaissement adapté et de faciliter la réalisation du système anti-érosion. La semelle est pentée doublement de l'amont vers l'aval et de la berge vers le lit.
- **Système Anti-Erosion (SAE)** : positionné en berge, il a pour fonction de protéger la berge de l'érosion. Il est constitué d'une carapace de blocs d'enrochement appareillés (si possible au moins en bicouches). On essaiera, dans la mesure du possible, d'avoir un fruit de berge conséquent et d'éviter les carapaces de talus de berge verticale ou subverticale. En effet l'ouverture de la berge réduit notablement les forces tractrices et sur les petits cours augmente la débitance de la section. On peut également (notamment lorsque le fruit est important) mettre les faces les plus rugueuses des blocs en parement afin d'augmenter la rugosité minérale de l'ouvrage et ainsi dissiper de l'énergie pour éviter le report aval d'érosion (effet « point dur »).
- **Couche de transition** : positionnée sous la protection (sous le SAA et le SAE), elle est constituée de deux éléments :
 - o **Le Géotextile (GTX)** permet le passage de l'eau dans les deux sens (rivière ↔ nappe d'accompagnement) tout en laissant en place les matériaux constitutifs de la berge en (fonctions de séparation et de filtration).
 - o **La couche anti-poinçonnement (CAP)** positionnée entre les blocs d'enrochement du SAA (sauf bord externe – côté rivière) et du SAE et le géotextile, est constituée de galets roulés de granulométrie étendue (e.g. 40-120 mm) visant à limiter le poinçonnement du géotextile par les blocs lors de leur mise en place. L'enrochement doit également épouser la conformation générale de la berge, être intégré dans son environnement et dans l'environnement dynamique du cours d'eau.

Une attention particulière doit être portée aux liaisons amont/aval et enrochement/haut de berge qui sont des points « faibles » liés à une brusque différence de rugosité avec dispersion d'énergie.

Généralement, pour un fruit supérieur à 45°, on percole les espaces interstitiels (vides entre les blocs liés au montage) par du béton et on rajoute des barbacanes pour évacuer l'eau avec des clapets anti-retour. En effet, l'angle de repos¹ des blocs est légèrement supérieur à 40°, ce liaisonnement permet d'assurer une meilleure tenue.

CARACTERISTIQUES DE BLOCS D'ENROCHEMENT

Les blocs d'enrochement utilisés pour réaliser un ouvrage en rivière (tant en SAA qu'en SAE) doivent présenter des caractéristiques spécifiques.

Les blocs d'enrochement sont constitués de calcaire massif dont la densité sera supérieure à 2,6. Généralement, elle avoisine 2,65 afin d'obtenir une densité de 2 à 2,2, une fois les blocs posés.

¹ C'est l'angle au-delà duquel les matériaux ne tiennent plus en équilibre les uns sur les autres.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION 1.2.4

N1



FRA_4

AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger le Teil

Action 2 Accompagner dynamiquement FRA_4

Sous-action 4 Améliorer le transit sédimentaire au niveau de l'enfilade de ponts aval

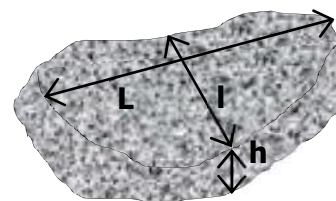
Type d'opération Forçage dirigé post-crue

Par ailleurs, conformément à la norme NF EN 13383 (parties 1 et 2), les blocs doivent être sains, denses, non hydroscopiques, non gélifs² et avec une porosité adaptée à leur utilisation en rivière.

Ils doivent présenter également des coefficients MDE (Micro Deval en présence d'Eau) et LA (Los Angeles) compatibles avec une utilisation en rivière.

Les blocs doivent être de forme « anguleux tétraédrique ». Les « plaques », « barres », « boules » et « cubes » sont exclus de l'approvisionnement. Le rapport dimensionnel (r) est tel que :

$$r = \frac{L + l}{2h}$$



Avec :

L – Longueur du bloc

l – Largeur du bloc

h – Epaisseur du bloc

Ce rapport dimensionnel doit présenter les caractéristiques suivantes : $r \approx 3$ et $\frac{L}{h} < 3$

La blocométrie des enrochements est présentée sous la forme d'un fuseau blocométrique caractérisé par deux, voire trois, données, à savoir les poids minimums, moyen et maximal. Ces poids se calculent au moyen de formule spécifique en fonction d'une crue de projet.

On distingue trois types de blocs :

- **Blocs d'ancrage** : Ce sont les blocs de plus gros diamètres destinés à la semelle d'ancrage. Ils doivent être arrangés dans la semelle en bicouches. Eventuellement, des gros blocs peuvent être mis en pivot (seuls) dans la masse de la structure de la semelle d'ancrage.
- **Blocs de parement** : Ils sont dressés sur le rampant au-dessus de la couche de transition en bicouches. Ils sont arrangés minutieusement et les faces rugueuses sont mises en parement afin d'augmenter la rugosité de l'ouvrage et disperser ainsi l'énergie.
- **Blocs de calage** : Ce sont des blocs destinés au remplissage des vides interstitiels, permettant ainsi d'améliorer le calage des blocs d'ancrage et l'appareillage des blocs de parement. Ils permettent notamment d'éviter les « poches de petits » et l'isolement de blocs insuffisamment bloqués lors du calage ou de l'appareillage

SCHEMA-TYPE D'UNE COUPE-TYPE D'UN ENROCHEMENT

Voir schéma ci-après

² La résistance au gel/dégel est une des caractéristiques essentielles de la durabilité et à ce titre est intégrée à l'article 7 de la norme NF EN 13383-1. Les blocs d'enrochement doivent être non gélifs, conformément à l'article 8 de la norme NF EN 13383-2 (catégorie W_{0,5} du tableau 12) concernant l'absorption d'eau comme essai crible pour la résistance gel/dégel et à l'article 9 (catégorie FT_A – ou FT_{déclarée} du tableau 13) concernant la résistance gel/dégel.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION
1.2.4

N1



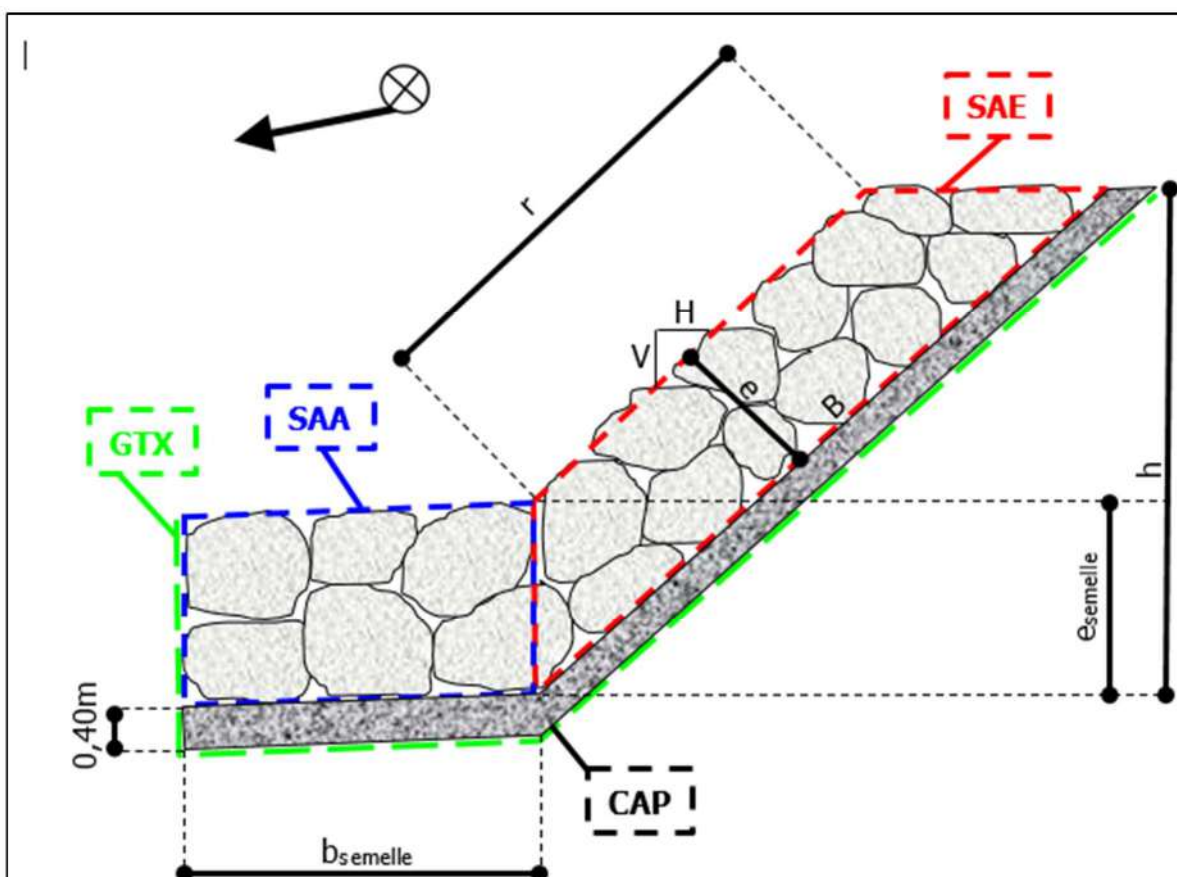
FRA_4

AXE 1 Gérer FRA_3 et FRA_4 pour protéger le Teil

Action 2 Accompagner dynamiquement FRA_4

Sous-action 4 Améliorer le transit sédimentaire au niveau de l'enfilade de ponts aval

Type d'opération Forçage dirigé post-crue



Avec :

Système Anti-Affouillement (SAA) – Semelle d’ancrage ou sabot

$e_{semelle}$ – Hauteur de la semelle d’ancrage en lit

$b_{semelle}$ – Avancée de la semelle d’ancrage en lit

Système Anti-Erosion (SAE) – Carapace de parement de talus de berge

e – Épaisseur de la carapace

r – Rampant de talus de berge

B – Développé

H/V – Fruit

h – Hauteur de la protection

Couche de transition

GTX – Géotextile

CAP – Couche Anti-Poinçonnement

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION
2.1.1

N1



FRA_4

AXE 2 Protéger les secteurs sensibles

Action 1 Protéger les ouvrages existants

Sous-action 1 Protéger le pont de la Liberté

Type d'opération Forçage dirigé

MOTIVATION DE LA FICHE :

Perturbateurs hydromorphologiques

Les perturbateurs hydromorphologiques sont des éléments physiques qui impactent dans le temps et l'espace l'hydromorphologie d'un cours d'eau.

On distingue deux types de perturbateurs hydromorphologiques : les perturbateurs anthropiques (ouvrage transversal...) et les perturbateurs géomorphologiques (seuil naturel, affleurements rocheux...).

Leur action perturbatrice peut être locale (perturbateur secondaire) ou globale (perturbateur majeur), et avoir une influence à plus ou moins long terme. Plus la perturbation induite sera étendue, plus son influence sera durable, voire irréversible.

Encart 1 : Les perturbateurs hydromorphologiques

Les ouvrages d'art ont un impact dynamique sur le fonctionnement des cours d'eau et en particulier sur le transport solide. Cet impact est plus ou moins marqué suivant la nature de l'ouvrage (tirant d'eau, appuis en lit, travées...), son positionnement en lit (section rectiligne, méandre...) et son intégration dynamique (ouverture ou réduction de section, générées par le pont ou élément à proximité de l'ouvrage qui se cumule avec l'effet de l'ouvrage...).

En ce sens ils constituent des perturbateurs hydromorphologiques. Ainsi rares sont les ouvrages qui ont un impact neutre sur le cours d'eau, sauf ceux qui sont positionnés sur le rocher très au-dessus de niveau des plus hautes crues (cas qu'on rencontre en gorges où les ponts (viaducs) enjambent les vallées sans appuis en lit).

Le pont de la Liberté est positionné après un seuil. On relève au niveau de cet ouvrage d'art plusieurs désordres (*cf. infra*) qu'il convient d'améliorer pour faciliter le passage des eaux en crue comme en basses-eaux (l'étiage étant l'assec).

ENJEUX CONCERNÉS :

Protection du pont.

DESCRIPTION DE L'OUVRAGE :

***NB :** nous n'avons pas de données d'archives de ces ouvrages (dates de construction, dimensions : ouverture, ouverture des travées, tirant d'air, largeur de chaussée portée..., données techniques...).*

Le pont de la Liberté est un pont en maçonnerie de moellons (présentant un petit appareil en *opus incertum*). Il comprend trois arches qui sont en arc de cercle avec un bandeau extradossé.

Les piles de cet ouvrage comportent des avant-becs et arrière-becs circulaires en moellons équarris posés en grand appareil.

L'ouvrage est situé en aval d'un seuil important et comprend un radier en lit en plus ou moins bon état.

Le pont de la Liberté présente un certain nombre de désordres visibles qui ont été succinctement présentés (sans valeur d'exhaustivité) dans la fiche préconisation 2 concernant les ouvrages d'art.

Notre mission ne concernant pas l'état des ouvrages d'art nous attirons toutefois l'attention du propriétaire-gestionnaire sur ces désordres et les pathologies associées et la nécessité de les faire inspecter rapidement par un organisme spécialisé.

Les photographies ci-dessous présentent l'ouvrage en élévation et mettent en avant certaines de ses particularités de construction :

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
2.1.1



N1



FRA_4

AXE 2 Protéger les secteurs sensibles

Action 1 Protéger les ouvrages existants

Sous-action 1 Protéger le pont de la Liberté

Type d'opération Forçage dirigé



Figure 1 : Elévation amont et aval du pont de la Liberté ; (1) arche en arc de cercle avec bandeau extradossé ; (2) tympan ou mur de tête en moellons, coté amont il est très végétalisé ; (3) avant-bec et arrière-bec de P1 en moellons équarris ; (4) Fût de pile en moellons ; (5) reste du radier en lit qui est déstabilisé

Dans l'ambiance d'incision du lit, les appuis de l'ouvrage ont été protégés des affouillements par plusieurs dispositifs : renforcement des appuis par enrochement bétonné (cf. Figure 3), mise en place d'un radier aujourd'hui déstructuré (cf. Figure 4). De plus un seuil est présent en lit en amont immédiat du seuil. Lors des crues il doit générer un remous important et favoriser en aval l'incision (cf. Figure 2).

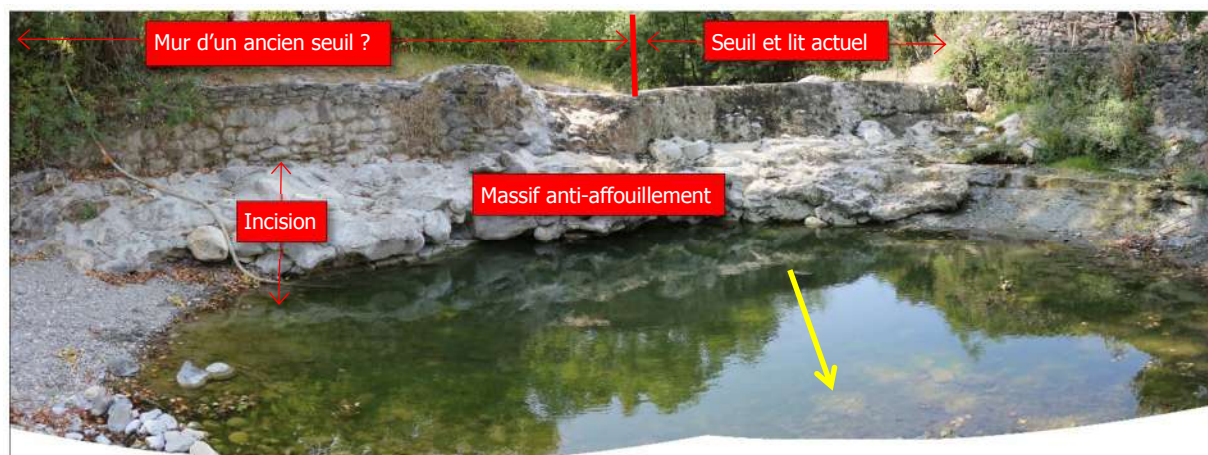


Figure 2 : seuil amont au pont avec mouille de surcreusement et mur d'un ancien seuil. Notez l'affouillement en pied de seuil malgré le massif de renfort qui montre l'incision du lit.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION
2.1.1

N1



FRA_4

AXE 2 Protéger les secteurs sensibles

Action 1 Protéger les ouvrages existants

Sous-action 1 Protéger le pont de la Liberté

Type d'opération Forçage dirigé



Figure 3 : appuis du pont de la Liberté, à gauche → culée C0 avec massif de renfort sous-cavé ; à droite → pile P1 partiellement reprise par enrochement bétonné



Figure 4 : état du radier parafouille encore visible notamment sous T1, vu depuis l'aval. Il est déstabilisé.

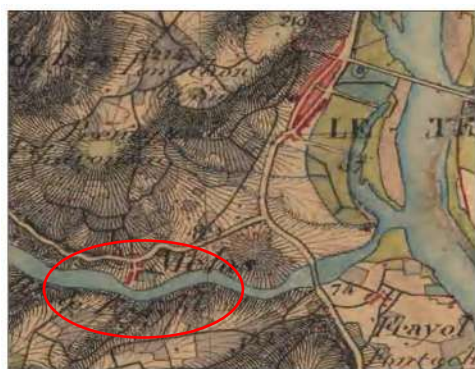


Figure 5 : carte de l'Etat-Major (1866)

Cet ouvrage date certainement de la fin du XIX^{ème} siècle. En effet, il n'est pas représenté sur la feuille 59 de la carte dite de l'Etat-Major, datée de 1866 (cf. Figure 5).

Des photographies anciennes montrent également une ambiance sans incision et dans un espace moins urbanisé et surtout moins végétalisé.

Il semble même que cet ouvrage comprenait un dispositif permettant une meilleure adaptation du lit aux variations de besoin en termes de section entre basses-eaux et crues.

Les dispositifs que l'on pourrait qualifier de « lit variable » concernent la mise en place de bras diachrones qui ne se mettent en eau que lorsqu'une crue survient. Ils constituent donc des fusibles et limitent ainsi l'érosion et les débordements.

Il est difficile de retracer sur photographies, sans archive ni témoignage le fonctionnement passé d'un cours d'eau au droit d'un ouvrage d'art. Nous savons toutefois que le contexte est à l'incision des lits fluviaux et des éléments nous permettent de penser que le lit s'est incisé dans le secteur du pont.

En effet, la présence du seuil (cf. Figure 2), les systèmes parafoilles mis en œuvre au niveau des appuis du pont culée C0 et piles (cf. Figure 3), le radier en lit (Figure 4), témoignent bien de travaux étalés dans le temps pour lutter contre une incision.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION
2.1.1

N1



FRA_4

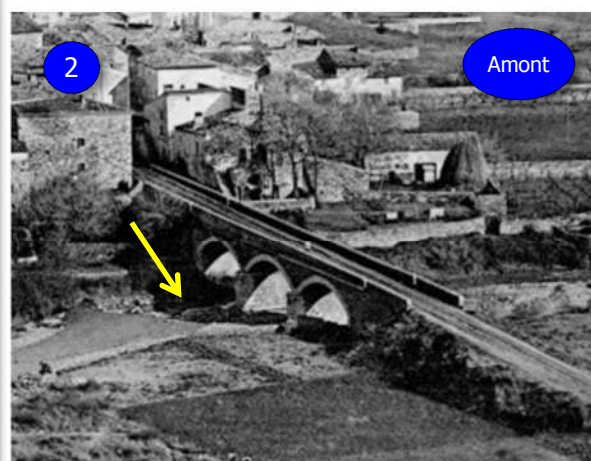
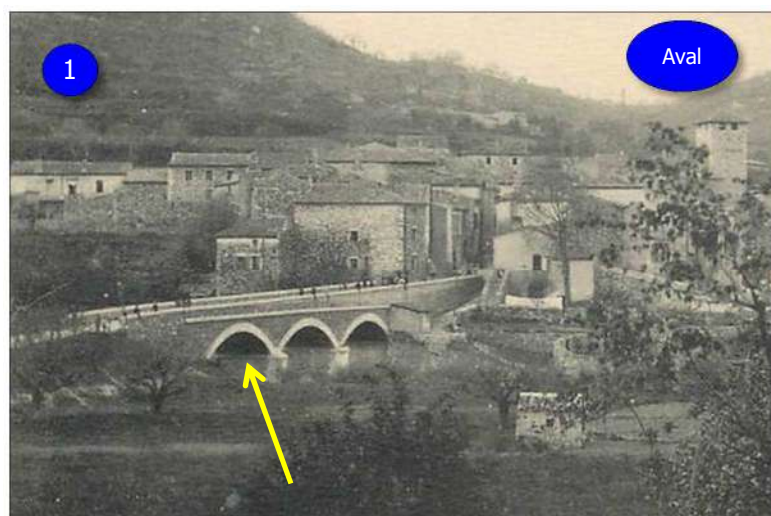
AXE 2 Protéger les secteurs sensibles

Action 1 Protéger les ouvrages existants

Sous-action 1 Protéger le pont de la Liberté

Type d'opération Forçage dirigé

Les photographies anciennes montrent également une autre configuration du site avec un lit moins incisé et des berges moins végétalisées.



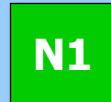
Le pont de la Liberté autrefois

Ces différentes photographies nous donnent des indications intéressantes sur l'ouvrage. (1) le pont lors d'une montée, cette photo prise depuis l'aval montre nettement la travée T3 en charge (flèche jaune), alors qu'elle ne l'est pas sur les autres photos. (2) Sur cette photo on distingue une terrasse ou une risberme en glacis passant sous T3, fonctionnant de manière diachrone avec le lit mineur et un lit mineur dimensionné pour passer sous T1 et T2. On dirait même qu'un mur guideau (pour répartir le flux sous T1 et T2) a été adjoint à l'avant-bec de P2 (flèche jaune), mais la photo n'est pas suffisamment nette pour en être sûr. (3) et (4) Photos d'ambiance montrant l'absence de végétation en berge (cultures, verger...) et un lit peu contraint par l'urbanisation. On note également que le lit ne semble pas incisé et on voit sur la photo n°4 l'absence de seuil en amont du pont.

Figure 6 : différentes vues anciennes du pont de la Liberté (source CPA) dates non connues

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
2.1.1



AXE 2 Protéger les secteurs sensibles
Action 1 Protéger les ouvrages existants
Sous-action 1 Protéger le pont de la Liberté
Type d'opération Forçage dirigé

FONCTIONNEMENT DE L'OUVRAGE EN CRUE :

Actuellement le lit n'est plus calibré comme avant pour faciliter le passage des écoulements jusqu'à un certain niveau de crue, notamment du fait que la travée T3 fonctionne mal. En effet, le système diachronique existant autrefois (risberme, cf. Figure 2 et 4) est obsolète.

En effet, le lit s'est fortement modifié (incision notamment), un seuil a été positionné en amont du pont rabouté au mur de la risberme ?, lequel a été ensuite conforté en pied par un massif anti-affouillement qui est sous-cavé (cf. Figure 2).

Lors des crues le Frayol érode la berge de rive droite qui est partiellement obstruée. En fait il semblerait que le mur qui devait délimiter la risberme diachrone a cédé en aval suite vraisemblablement à l'incision du lit et qu'actuellement le Frayol essaye de se frayer un chenal sous T3, lors des crues morphogènes.

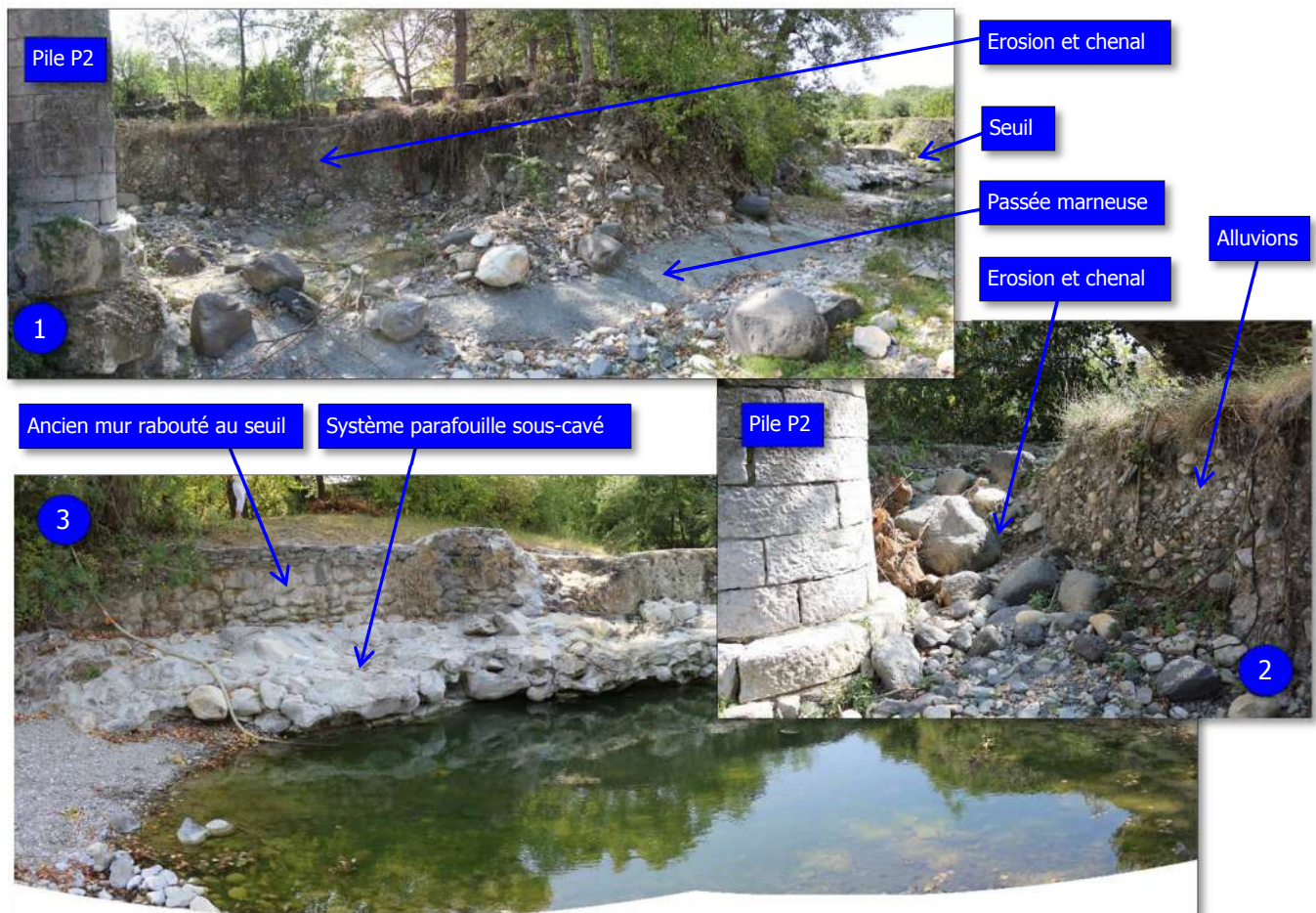


Figure 7 : (1) vue depuis la travée T2 vers l'aval, on note le début de chenal creusé sous T3 ; (2) entrée du chenal d'érosion de T3 ; (3) vue du reste du mur de la risberme visible sur la figure 6 et de l'incision du lit (sous-cavement du parafouille).

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION
2.1.1

N1



FRA_4

AXE 2 Protéger les secteurs sensibles

Action 1 Protéger les ouvrages existants

Sous-action 1 Protéger le pont de la Liberté

Type d'opération Forçage dirigé

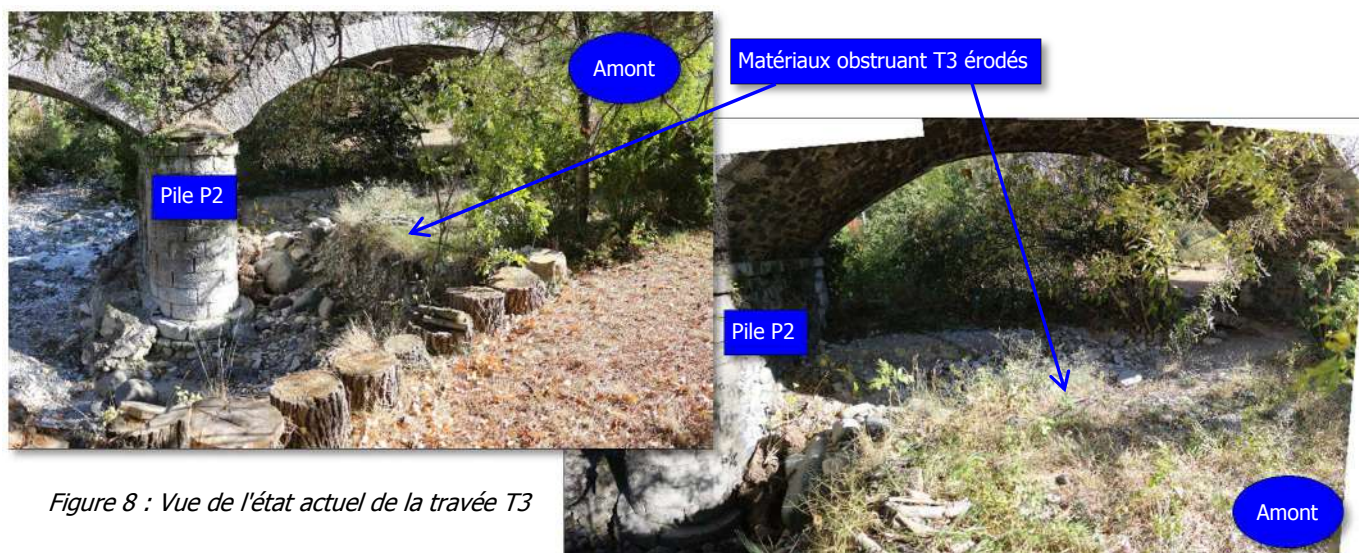


Figure 8 : Vue de l'état actuel de la travée T3

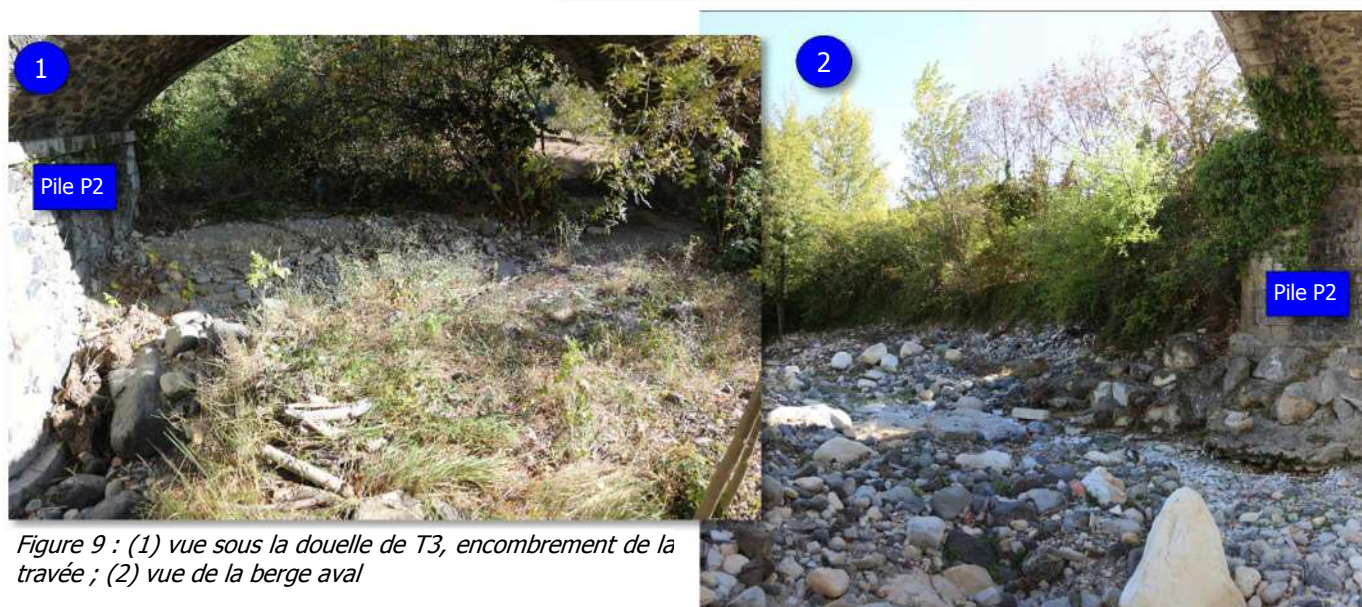


Figure 9 : (1) vue sous la douelle de T3, encombrement de la travée ; (2) vue de la berge aval

STRATÉGIE DE GESTION À METTRE EN ŒUVRE :

Il est nécessaire de créer un bras diachrone sous T3 qui permette de :

- Maintenir un lit de basses-eaux cohérent et ainsi faire passer sous T2 ce lit de basses-eaux,
- Permettre à T1 de se mettre en eau rapidement et caler son niveau avec la reprise du radier,
- Créer un bras diachrone calé pour commencer à être en eau pour $\approx Q2$.

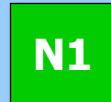
Cette stratégie impose de :

- Travailler le lit et la berge de rive droite (entonnement),
- Recréer un radier et y façonner un lit,
- Vérifier et conforter les appuis (C0, P1, P2, C3) du pont de la Liberté et les liasonner avec le radier,

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION
2.1.1



FRA_4

AXE 2 Protéger les secteurs sensibles
Action 1 Protéger les ouvrages existants
Sous-action 1 Protéger le pont de la Liberté
Type d'opération Forçage dirigé

Pour ce faire il faut :

- Réaliser une inspection de l'ouvrage et en particulier de ses appuis permettant de déterminer les travaux de confortement des appuis du pont,
- Réaliser une étude avec modélisation hydraulique qui permette de caler le radier à différent niveau sous l'ouvrage, l'entonnement de berge...

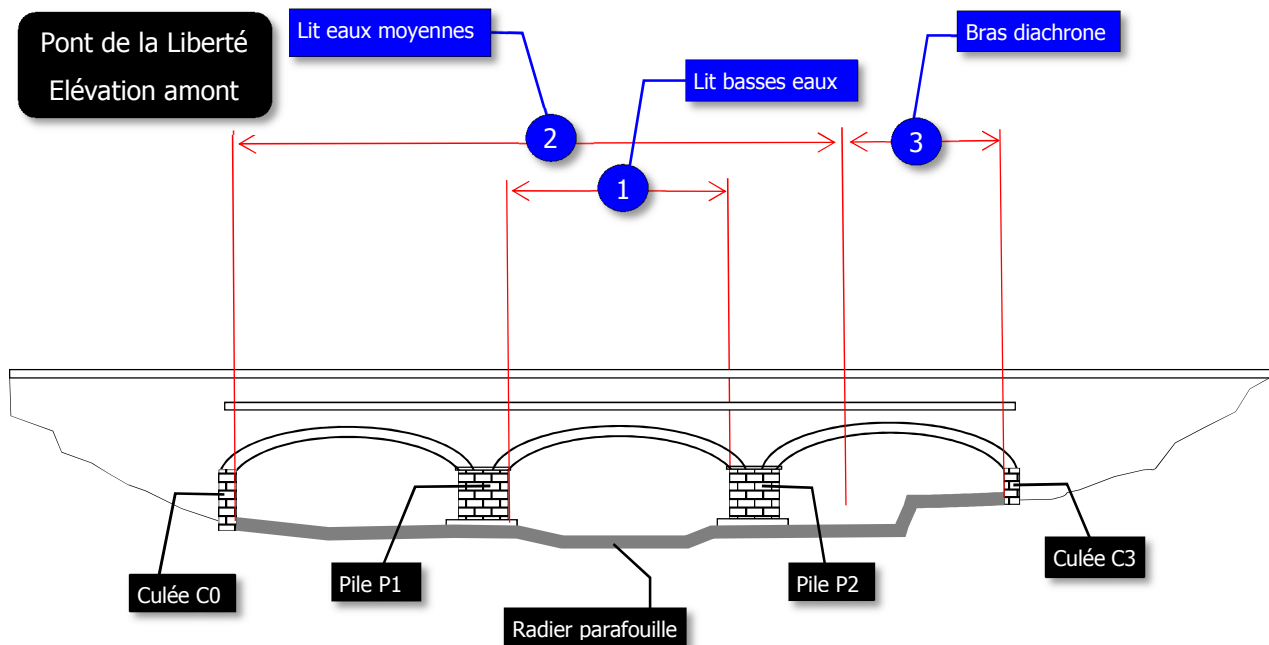


Figure 10 : schéma en élévation amont des travaux de façonnage du lit à réaliser (schéma de principe sans échelle)

Le seuil d'accès au bras de décharge servira d'entonnement de la culée de rive droite (C3).

STRATÉGIE D'INSPECTION À METTRE EN ŒUVRE :

Le propriétaire-gestionnaire d'un ouvrage d'art est tenu de l'entretenir et l'inspecter régulièrement pour connaître son état et effectuer les nécessaires travaux de réparation courante (et éventuellement spécialisée).

Il est préconisé de réaliser une telle intervention par un bureau d'études spécialisé avec inspecteur Ouvrage d'Art, dans le cas où l'ouvrage ne serait pas déjà régulièrement inspecté.

Cette inspection est d'autant plus importante qu'*a priori* l'ouvrage présente des désordres notamment au niveau de ses appuis et que cette étude servira de base à la rédaction de l'AVP, du PRO et du DCE.

Une fiche préconisation (FP2) concernant la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art a été intégrée au plan de gestion. Cette fiche fait état (pour les ponts communaux) de désordres (sans aucune valeur d'exhaustivité et ne se substituant pas aux nécessaires investigations techniques) constatées lors des phases d'investigations de terrain. Elle concerne ainsi le pont de l'avenue Charles de Gaulle et le pont de l'Europe Unie.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION 2.1.1

N1



FRA_4

AXE 2 Protéger les secteurs sensibles

Action 1 Protéger les ouvrages existants

Sous-action 1 Protéger le pont de la Liberté

Type d'opération Forçage dirigé

PRÉCAUTIONS PARTICULIÈRES À PRENDRE :

Des précautions seront à prendre pour éviter la dissémination des différentes espèces invasives présentes ou potentiellement présentes : renouée du Japon (*Fallopia japonica*), raisin d'Amérique (*Phytolacca americana*), l'ailante glanduleux (*Ailanthus altissima*), le robinier faux acacia (*Robinia pseudoacacia*), l'ambrosie à feuilles d'armoise (*Ambrosia artemisiifolia*)...

L'ambrosie à feuilles d'armoise

L'ambrosie est une espèce invasive originaire d'Amérique du nord introduite dans les années 1860 en Europe *via* des semences. Elle est devenue invasive en France dans les années 90. C'est une plante très allergène par son pollen qui se diffuse au gré du vent très largement.

C'est une plante pionnière qui colonise les bandes actives, cherchant la lumière et les espaces peu ou pas végétalisés. Elle n'aime pas les sols profonds.

L'ambrosie a une capacité de reproduction très importante, ses graines sont très résistantes et peuvent germer 10 ans après. Son pollen est très petit et se disperse (aéroporté) sur de grande distance (parfois plus de 40 km).

Les graines au bord des cours d'eau peuvent être entraînées par les flots et déposées dans le lit (atterrissements, berges...) elles germent même après avoir été immergées longtemps (Fumanal *et al.*, 2007)

L'ambrosie, espèce pionnière de pleine lumière, aime le lit des cours d'eau et sa graine (akène) et résiste bien à une immersion prolongée dans l'eau.

Quelques mesures et précautions à prendre avant et pendant les travaux :

- Prévenir les entreprises intervenant dans le cours d'eau en (1) intégrant dans les DCE un volet spécifique sur cette espèce, et (2) leur distribuant une plaquette informative (plusieurs existent sur internet) ;

- Choisir une période d'intervention adéquat et défavorable au développement de la plante, c'est-à-dire ne pas intervenir pendant la période de pollinisation afin d'éviter des allergies pour les intervenants en chantier et la dissémination du pollen en touchant les plantes.

Dans le cas de l'ambrosie, il ne faudra pas intervenir de juillet à octobre période de pollinisation, ainsi qu'en novembre période où les graines fécondées tombent au sol et forment ainsi des banques de graines en dormance.

Ces graines pourraient être disséminées *via* les engins travaillant sur les structures alluvionnaires. Les interventions avant juillet restent ainsi à privilégier en supprimant la fleur lors des travaux de dévégétalisation, et ce de manière non sélective (suppression des fleurs femelles portant les graines et des fleurs mâles pollinisant grâce au vent).

ATTENDUS ET OBJECTIFS :

Protéger l'ouvrage.

Améliorer le fonctionnement de l'ouvrage en crue.

Préparer le lit à la crue suivante (forçage dirigé post-crue).

SUIVI À METTRE EN ŒUVRE :

Le suivi de cet ouvrage est à mettre en œuvre après chaque crue, il comprendra les éléments suivants :

- Maintenir fonctionnelles les travées du pont (retrait d'embâcles, de dépôt)...
- Surveiller radier et entonnement,
- Eviter la végétalisation du lit et du bras de décharge,
- Analyser toute nouvelle évolution du lit et prendre des mesures pour conserver un lit compatible avec les écoulements liquides et solides en crue,

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION
2.1.1

N1



FRA_4

AXE 2 Protéger les secteurs sensibles

Action 1 Protéger les ouvrages existants

Sous-action 1 Protéger le pont de la Liberté

Type d'opération Forçage dirigé

- Surveiller le seuil amont et sa liaison avec ses berges.

Nous rappelons également les inspections à mettre en oeuvre (cf. § « stratégie d'inspection à mettre en oeuvre »)

OBLIGATIONS RÉGLEMENTAIRES :

Les obligations réglementaires indiquées sont sous réserve de modification du Code de l'Environnement.

Type	À effectuer
Déclaration au titre du Code de l'Environnement	
Autorisation environnementale au titre du Code de l'Environnement	
Évaluation environnementale (anciennement étude d'impact au cas par cas ou complète) au titre du Code de l'Environnement	
Dossier de dérogation des espèces protégées au titre de l'Article 211	
Déclaration d'Utilité Publique dans le cas où de l'acquisition foncière est à prévoir	

Compte tenu de réalisations de plusieurs interventions de ce type (réouverture de travées de pont avec transfert réinjection de matériaux) et de leur répétitivité, une demande globale sera à effectuer auprès des services compétents.

COÛT DE L'ACTION :

Enrochement d'entonnement : 50 000 €

Bras de décharge : 30 000 €



ATTENTION : Ces prix ne prennent pas en compte l'inspection de l'ouvrage, les éventuelles études concernant le confortement des appuis, les travaux de reprise des appuis et du radier. Ces travaux de reprise des appuis et du radier seront à coordonner avec les travaux proposés dans le cadre de la présente fiche-action.

ANNEXE : ENROCHEMENT

CARACTERISTIQUES ET COMPOSITION GENERALE D'UN ENROCHEMENT

Un enrochement se caractérise par trois éléments distincts, fonctionnels, complémentaires et essentiels :

- **Système Anti-Affouillement (SAA) :** positionné en lit, il a pour fonction d'éviter l'affouillement en pied de l'enrochement et de fait sa déstabilisation « par le pied ». Egalement appelé semelle, sabot d'ancrage, ancrage de pied, il est constitué d'un arrangement de blocs d'enrochement de gros diamètres, dans une souille décaissée dans le lit même. Il présente généralement une forme parallélépipédique rectangle. Il existe plusieurs formules (IZZARD-BRADLEY, HEC RAS...) permettant de calculer sa profondeur en fonction d'une crue de projet. La souille est généralement réalisée sous batardeau, afin d'assurer un décaissement adapté et de faciliter la réalisation du système anti-érosion. La semelle est pentée doublement de l'amont vers l'aval et de la berge vers le lit.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
2.1.1



N1



FRA_4

AXE 2 Protéger les secteurs sensibles

Action 1 Protéger les ouvrages existants

Sous-action 1 Protéger le pont de la Liberté

Type d'opération Forçage dirigé

- **Système Anti-Erosion (SAE)** : positionné en berge, il a pour fonction de protéger la berge de l'érosion. Il est constitué d'une carapace de blocs d'enrochement appareillés (si possible au moins en bicouches). On essaiera, dans la mesure du possible, d'avoir un fruit de berge conséquent et d'éviter les carapaces de talus de berge verticale ou subverticale. En effet l'ouverture de la berge réduit notablement les forces tractrices et sur les petits cours augmente la débitance de la section. On peut également (notamment lorsque le fruit est important) mettre les faces les plus rugueuses des blocs en parement afin d'augmenter la rugosité minérale de l'ouvrage et ainsi dissiper de l'énergie pour éviter le report aval d'érosion (effet « point dur »).
- **Couche de transition** : positionnée sous la protection (sous le SAA et le SAE), elle est constituée de deux éléments :
 - o **Le Géotextile (GTX)** permet le passage de l'eau dans les deux sens (rivière ↔ nappe d'accompagnement) tout en laissant en place les matériaux constitutifs de la berge en (fonctions de séparation et de filtration).
 - o **La couche anti-poinçonnement (CAP)** positionnée entre les blocs d'enrochement du SAA (sauf bord externe – côté rivière) et du SAE et le géotextile, est constituée de galets roulés de granulométrie étendue (e.g. 40-120 mm) visant à limiter le poinçonnement du géotextile par les blocs lors de leur mise en place. L'enrochement doit également épouser la conformation générale de la berge, être intégré dans son environnement et dans l'environnement dynamique du cours d'eau.

Une attention particulière doit être portée aux liaisons amont/aval et enrochement/haut de berge qui sont des points « faibles » liés à une brusque différence de rugosité avec dispersion d'énergie.

Généralement, pour un fruit supérieur à 45°, on percole les espaces interstitiels (vides entre les blocs liés au montage) par du béton et on rajoute des barbacanes pour évacuer l'eau avec des clapets anti-retour. En effet, l'angle de repos¹ des blocs est légèrement supérieur à 40°, ce liaisonnement permet d'assurer une meilleure tenue.

CARACTERISTIQUES DE BLOCS D'ENROCHEMENT

Les blocs d'enrochement utilisés pour réaliser un ouvrage en rivière (tant en SAA qu'en SAE) doivent présenter des caractéristiques spécifiques.

Les blocs d'enrochement sont constitués de calcaire massif dont la densité sera supérieure à 2,6. Généralement, elle avoisine 2,65 afin d'obtenir une densité de 2 à 2,2, une fois les blocs posés.

Par ailleurs, conformément à la norme NF EN 13383 (parties 1 et 2), les blocs doivent être sains, denses, non hydroscopiques, non gélifs² et avec une porosité adaptée à leur utilisation en rivière.

Ils doivent présenter également des coefficients MDE (Micro Deval en présence d'Eau) et LA (Los Angeles) compatibles avec une utilisation en rivière.

Les blocs doivent être de forme « anguleux tétraédrique ». Les « plaques », « barres », « boules » et « cubes » sont exclus de l'approvisionnement. Le rapport dimensionnel (r) est tel que :

$$r = \frac{L + l}{2h}$$

¹ C'est l'angle au-delà duquel les matériaux ne tiennent plus en équilibre les uns sur les autres.

² La résistance au gel/dégel est une des caractéristiques essentielles de la durabilité et à ce titre est intégrée à l'article 7 de la norme EN 13383-1. Les blocs d'enrochement doivent être non gélifs, conformément à l'article 8 de la norme NF EN 13383-2 (catégorie W_{0,5} du tableau 12) concernant l'absorption d'eau comme essai crible pour la résistance gel/dégel et à l'article 9 (catégorie FT_A – ou FT_{déclarée} du tableau 13) concernant la résistance gel/dégel.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION 2.1.1

N1

FRA_4

AXE 2 Protéger les secteurs sensibles**Action 1** Protéger les ouvrages existants**Sous-action 1** Protéger le pont de la Liberté**Type d'opération** Forçage dirigé

Avec :

L – Longueur du bloc

l – Largeur du bloc

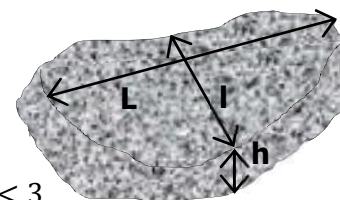
h – Epaisseur du bloc

Ce rapport dimensionnel doit présenter les caractéristiques suivantes : $r \approx 3$ et $\frac{L}{h} < 3$

La blocométrie des enrochements est présentée sous la forme d'un fuseau blocométrique caractérisé par deux, voire trois, données, à savoir les poids minimums, moyen et maximal. Ces poids se calculent au moyen de formule spécifique en fonction d'une crue de projet.

On distingue trois types de blocs :

- **Blocs d'ancrage** : Ce sont les blocs de plus gros diamètres destinés à la semelle d'ancrage. Ils doivent être arrangés dans la semelle en bicouches. Eventuellement, des gros blocs peuvent être mis en pivot (seuls) dans la masse de la structure de la semelle d'ancrage.
- **Blocs de parement** : Ils sont dressés sur le rampant au-dessus de la couche de transition en bicouches. Ils sont arrangés minutieusement et les faces rugueuses sont mises en parement afin d'augmenter la rugosité de l'ouvrage et disperser ainsi l'énergie.
- **Blocs de calage** : Ce sont des blocs destinés au remplissage des vides interstitiels, permettant ainsi d'améliorer le calage des blocs d'ancrage et l'appareillage des blocs de parement. Ils permettent notamment d'éviter les « poches de petits » et l'isolement de blocs insuffisamment bloqués lors du calage ou de l'appareillage



SCHEMA-TYPE D'UNE COUPE-TYPE D'UN ENROCHEMENT

Voir schéma ci-après

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION
2.1.1

N1



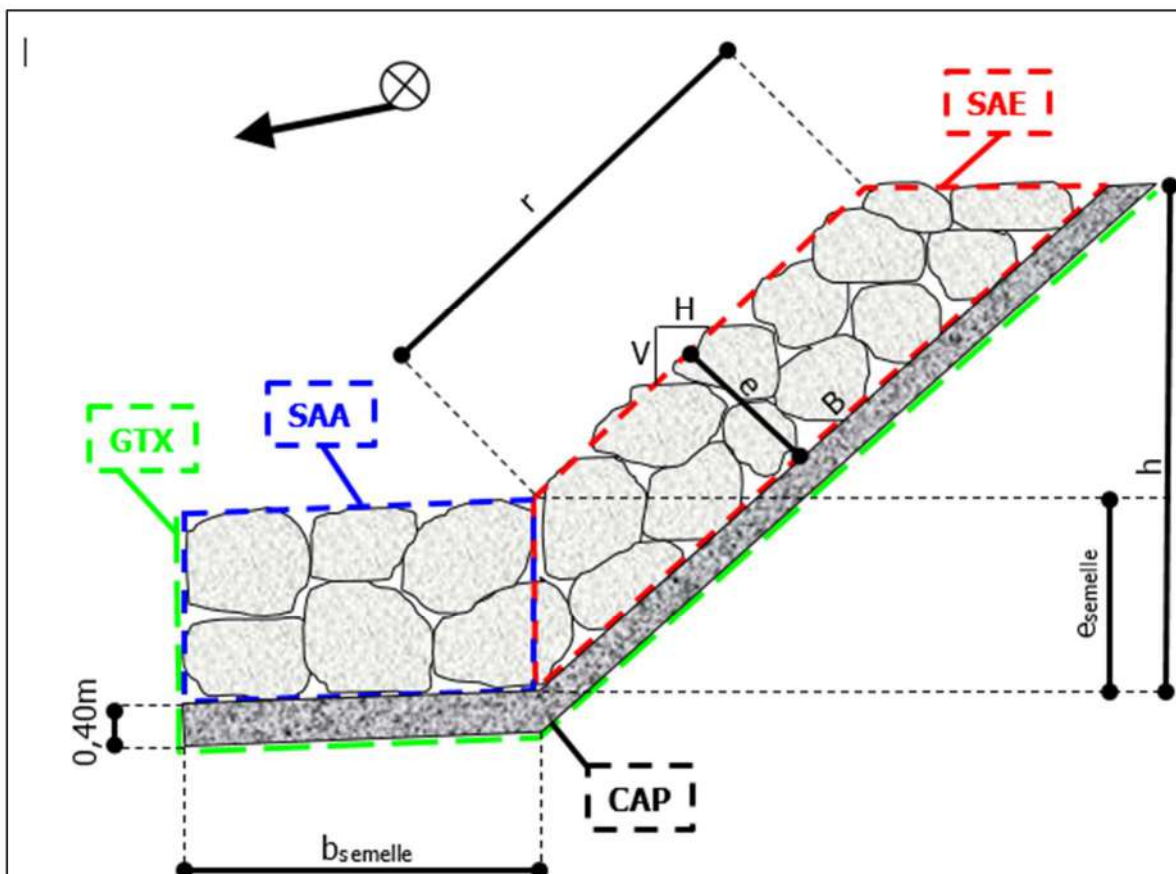
FRA_4

AXE 2 Protéger les secteurs sensibles

Action 1 Protéger les ouvrages existants

Sous-action 1 Protéger le pont de la Liberté

Type d'opération Forçage dirigé



Avec :

Système Anti-Affouillement (SAA) – Semelle d'ancrage ou sabot

e_{semelle} – Hauteur de la semelle d'ancrage en lit

b_{semelle} – Avancée de la semelle d'ancrage en lit

Système Anti-Erosion (SAE) – Carapace de parement de talus de berge

e – Épaisseur de la carapace

r – Rampant de talus de berge

B – Développé

H/V – Fruit

h – Hauteur de la protection

Couche de transition

GTX – Géotextile

CAP – Couche Anti-Poinçonnement

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION
2.1.1

N1



FRA_4

AXE 2 Protéger les secteurs sensibles

Action 1 Protéger les ouvrages existants

Sous-action 1 Protéger le pont de la Liberté

Type d'opération Forçage dirigé

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

EINSTEIN, A., 1926. Die Ursache der Mäanderbildung der Flußläufe und des sogenannten Beer'schen Gesetzes. *Die Naturwissenschaften*, 11.

EINSTEIN, A., 1954. Ideas and Opinions. Bonanza Books.

HEY, R.D., THORNE, C.R., 1975. Secondary flow in river channels, *Area*, 7(3), pp. 191-195.

PITLICK, J.C., THORNE, C.R., 1987. Sediment supply, movement, and storage in an unstable gravel-bed river. *In*: Thorne, C.R., Bathurst, J.C. & Hey, R.D. (éds) *Sediment Transport in Gravel-Bed Rivers*. John Wiley and Sons, London, pp. 121-150.

SCHUMM, S.A., 1967. Meander wavelength of alluvial rivers. *Science*, 157(3796), pp. 1549-1550.

THOMSON, J., 1979. On the windings of rivers in alluvial plains, with remarks on the flow of water round bends in pipes. *Royal Soc. London Proc.*, 25, pp. 5-8.

THORNE, C.R., R.D., HEY, 1979. Direct measurements of secondary currents at a river inflexion point, *Nature*, 280, pp. 226-228.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
2.1.2



FRA_4

AXE 2 Protéger les secteurs sensibles

Action 1 Protéger les ouvrages existants

Sous-action 2 Reprendre les ouvrages déstabilisés

Type d'opération Réparation d'ouvrage

MOTIVATION DE LA FICHE :

Plusieurs enrochements de berge se trouvent actuellement déstabilisés, il serait souhaitable de les reprendre en les réalisant dans les règles de l'art afin qu'ils continuent de protéger certains enjeux.

ENJEUX CONCERNÉS :

Protection du pont.

REPRISE DES OUVRAGES :

Compte-tenu du régime particulier du Frayol (régime d'oued), les travaux seront à réaliser lors d'assecs pour minimiser les coûts (pas de batardeau...) en prenant des précautions pour éviter tout risque en cas de survenue de crue.

⇒ Le premier ouvrage est un enrochement de berge et se situe en aval rive droite du pont à créneau. Il protège la voirie de l'érosion et est positionné en extrados de méandre.



Cet enrochement subvertical présente sa partie aval ruinée. On note qu'il est monocouche (2) et qu'il n'y a pas derrière en berge de couche de transition composée d'un filtre (géotextile) et d'une couche anti-poinçonnement. Il ne semble pas y avoir de sabot (ou semelle) d'ancrage en avancée en lit et il a donc été construit comme un mur-poids. Les blocs sont parallélépipédiques allongés et peu anguleux et par endroit lités (2).

Figure 1 : En haut → enrochement en aval du pont à créneaux partiellement ruiné ; en bas détail de la partie ruinée.

Cet ouvrage est partiellement ruiné. Les travaux de reprise concerneront :

- La réalisation d'une étude préliminaire (AVP, PRO) permettant de dimensionner l'ouvrage (taille des blocs, épaisseur de la semelle d'ancrage en lit...).
- Le démontage complet de la structure, le tri des blocs existant avec évacuation des blocs non conformes (taille, forme, nature...), les blocs pouvant être réutilisés seront mis de côté,
- La construction d'un nouvel ouvrage avec semelle en lit et parement de talus de berge, mais également couche de transition composée d'un géotextile et d'une couche anti-poinçonnement. Dans le

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
2.1.2



N2



FRA_4

AXE 2 Protéger les secteurs sensibles

Action 1 Protéger les ouvrages existants

Sous-action 2 Reprendre les ouvrages déstabilisés

Type d'opération Réparation d'ouvrage

cas où l'étude justifierait le bétonnage de tout ou partie du parement de talus de berge des barbacanes avec clapet anti-retour seront mises en œuvre.

⇒ Le second ouvrage est également un enrochement en mauvais état et se situe en amont de la passerelle Jarniac. Il est d'ailleurs rabouté à la culée qui supporte cet ouvrage.

Là-encore cet ouvrage protège la voirie en amont de la passerelle.



Cet enrochement subvertical est rabouté au massif d'entonnement de la passerelle Jarniac. Son amont est érodé (1) et il est cours de ruine. Fortement végétalisé par endroit (2), il présente un géotextile (filtre) entre la berge et les blocs (2), flèche jaune. Il est fortement sous-cavé et donc certainement mal fondé en lit.

Les blocs sont hétérométriques et on trouve des poches de petits. La taille des blocs semble insuffisante, certains ont des formes en boule peu adaptée.

Figure 2 : enrochement en amont rabouté à la passerelle Jarniac en cours de ruine

Les travaux de reprise concerneront :

- La réalisation d'une étude préliminaire (AVP, PRO) permettant de dimensionner l'ouvrage.
- Le démontage complet de la structure, le tri des blocs existant avec évacuation des blocs non conformes (taille, forme, nature...), les blocs pouvant être réutilisés seront mis de côté,
- La construction d'un nouvel ouvrage avec semelle en lit et parement de talus de berge, mais également couche de transition composée d'un géotextile et d'une couche anti-poinçonnement. Dans le cas où l'étude justifierait le bétonnage de tout ou partie du parement de talus de berge des barbacanes avec clapet anti-retour seront mises en œuvre.

⇒ Le troisième élément à reprendre est le massif d'appui en RD de la passerelle Jarniac.

En effet, la culée est affouillée et le voile béton rajouté sous cette culée se trouve actuellement affouillé. Une étude pour affiner la technique de reprise en sous-œuvre (sous-face de culée) devra également faire l'objet d'une étude précise. Ces travaux sont à la charge du propriétaire de l'ouvrage (mairie)

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
2.1.2



N2



FRA_4

AXE 2 Protéger les secteurs sensibles

Action 1 Protéger les ouvrages existants

Sous-action 2 Reprendre les ouvrages déstabilisés

Type d'opération Réparation d'ouvrage



La fondation de la passerelle Jarniac est déstabilisée. A la fondation initiale a été rajouté un voile béton qui est aujourd'hui affouillé et dont on peut voir la sous-face.

Cette situation montre l'incision du lit. Il est donc nécessaire de contrôler cet ouvrage et d'effectuer une reprise en sous-œuvre afin de le conforter (cette reprise doit intégrer l'incision du lit).

Figure 3 : affouillement de la fondation de la passerelle Jarniac

PRÉCAUTIONS PARTICULIÈRES À PRENDRE :

Des précautions seront à prendre pour éviter la dissémination des différentes espèces invasives présentes ou potentiellement présentes : renouée du Japon (*Fallopia japonica*), raisin d'Amérique (*Phytolacca americana*), l'ailante glanduleux (*Ailanthus altissima*), le robinier faux acacia (*Robinia pseudoacacia*), l'ambrosie à feuilles d'armoise (*Ambrosia artemisiifolia*)...

L'ambrosie à feuilles d'armoise

L'ambrosie est une espèce invasive originaire d'Amérique du nord introduite dans les années 1860 en Europe via des semences. Elle est devenue invasive en France dans les années 90. C'est une plante très allergène par son pollen qui se diffuse au gré du vent très largement.

C'est une plante pionnière qui colonise les bandes actives, cherchant la lumière et les espaces peu ou pas végétalisés. Elle n'aime pas les sols profonds.

L'ambrosie a une capacité de reproduction très importante, ses graines sont très résistantes et peuvent germer 10 ans après. Son pollen est très petit et se disperse (aéroporté) sur de grande distance (parfois plus de 40 km).

Les graines au bord des cours d'eau peuvent être entraînées par les flots et déposées dans le lit (atterrissements, berges...) elles germent même après avoir été immergées longtemps (Fumal et al., 2007)

L'ambrosie, espèce pionnière de pleine lumière, aime le lit des cours d'eau et sa graine (akène) et résiste bien à une immersion prolongée dans l'eau.

Quelques mesures et précautions à prendre avant et pendant les travaux :

- Prévenir les entreprises intervenant dans le cours d'eau en (1) intégrant dans les DCE un volet spécifique sur cette espèce, et (2) leur distribuant une plaquette informative (plusieurs existent sur internet) ;

- Choisir une période d'intervention adéquate et défavorable au développement de la plante, c'est-à-dire ne pas intervenir pendant la période de pollinisation afin d'éviter des allergies pour les intervenants en chantier et la dissémination du pollen en touchant les plantes.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
2.1.2



FRA_4

AXE 2 Protéger les secteurs sensibles

Action 1 Protéger les ouvrages existants

Sous-action 2 Reprendre les ouvrages déstabilisés

Type d'opération Réparation d'ouvrage

Dans le cas de l'ambrosie, il ne faudra pas intervenir de juillet à octobre période de pollinisation, ainsi qu'en novembre période où les graines fécondées tombent au sol et forment ainsi des banques de graines en dormance.

Ces graines pourraient être disséminées *via* les engins travaillant sur les structures alluvionnaires. Les interventions avant juillet restent ainsi à privilégier en supprimant la fleur lors des travaux de dévégétalisation, et ce de manière non sélective (suppression des fleurs femelles portant les graines et des fleurs mâles pollinisant grâce au vent).

Des brochures éditées par la Fédération Nationale des Travaux Publics sont disponibles et pourront être distribuées aux entreprises réalisant les travaux pour les sensibiliser :

(1) → http://www.fntp.fr/upload/docs/application/pdf/2015-02/n34_dd_n4.pdf,

(2) → http://www.fntp.fr/upload/docs/application/pdf/2016-05/leguide_v5-pdf-interactif.compressed.pdf



ATTENDUS ET OBJECTIFS :

Reprendre les ouvrages pour qu'ils soient efficaces en termes de protection contre l'érosion.

SUIVI À METTRE EN ŒUVRE :

Après réparation ces différents ouvrages seront à contrôler en post-crise systématiquement.

OBLIGATIONS RÉGLEMENTAIRES :

Les obligations réglementaires indiquées sont sous réserve de modification du Code de l'Environnement.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION
2.1.2



AXE 2 Protéger les secteurs sensibles

Action 1 Protéger les ouvrages existants

Sous-action 2 Reprendre les ouvrages déstabilisés

Type d'opération Réparation d'ouvrage

Type	À effectuer
Déclaration au titre du Code de l'Environnement	
Autorisation environnementale au titre du Code de l'Environnement	X
Évaluation environnementale (anciennement étude d'impact au cas par cas ou complète) au titre du Code de l'Environnement	
Dossier de dérogation des espèces protégées au titre de l'Article 211	
Déclaration d'Utilité Publique dans le cas où de l'acquisition foncière est à prévoir	

COÛT DE L'ACTION :

Ouvrage n° 1 : 220 000 €

Ouvrage n° 2 : 250 000 €

Ouvrage n° 3 : à la charge de la mairie propriétaire de la passerelle Jarniac.

ANNEXE : ENROCHEMENT

CARACTERISTIQUES ET COMPOSITION GENERALE D'UN ENROCHEMENT

Un enrochement se caractérise par trois éléments distincts, fonctionnels, complémentaires et essentiels :

- **Système Anti-Affouillement (SAA)** : positionné en lit, il a pour fonction d'éviter l'affouillement en pied de l'enrochement et de fait sa déstabilisation « par le pied ». Egalement appelé semelle, sabot d'ancrage, ancrage de pied, il est constitué d'un arrangement de blocs d'enrochement de gros diamètres, dans une souille décaissée dans le lit même. Il présente généralement une forme parallélépipédique rectangle. Il existe plusieurs formules (IZZARD-BRADLEY, HEC RAS...) permettant de calculer sa profondeur en fonction d'une crue de projet. La souille est généralement réalisée sous batardeau, afin d'assurer un décaissement adapté et de faciliter la réalisation du système anti-érosion. La semelle est pentée doublement de l'amont vers l'aval et de la berge vers le lit.
- **Système Anti-Erosion (SAE)** : positionné en berge, il a pour fonction de protéger la berge de l'érosion. Il est constitué d'une carapace de blocs d'enrochement appareillés (si possible au moins en bicouches). On essaiera, dans la mesure du possible, d'avoir un fruit de berge conséquent et d'éviter les carapaces de talus de berge verticale ou subverticale. En effet l'ouverture de la berge réduit notablement les forces tractrices et sur les petits cours augmente la débitance de la section. On peut également (notamment lorsque le fruit est important) mettre les faces les plus rugueuses des blocs en parement afin d'augmenter la rugosité minérale de l'ouvrage et ainsi dissiper de l'énergie pour éviter le report aval d'érosion (effet « point dur »).
- **Couche de transition** : positionnée sous la protection (sous le SAA et le SAE), elle est constituée de deux éléments :
 - o **Le Géotextile (GTX)** permet le passage de l'eau dans les deux sens (rivière ↔ nappe d'accompagnement) tout en laissant en place les matériaux constitutifs de la berge en (fonctions de séparation et de filtration).
 - o **La couche anti-poinçonnement (CAP)** positionnée entre les blocs d'enrochement du SAA (sauf bord externe – côté rivière) et du SAE et le géotextile, est constituée de galets roulés de granulométrie étendue (e.g. 40-120 mm) visant à limiter le poinçonnement du géotextile par les blocs lors de

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION 2.1.2

N2

FRA_4

AXE 2 Protéger les secteurs sensibles**Action 1** Protéger les ouvrages existants**Sous-action 2** Reprendre les ouvrages déstabilisés**Type d'opération** Réparation d'ouvrage

leur mise en place. L'enrochement doit également épouser la conformation générale de la berge, être intégré dans son environnement et dans l'environnement dynamique du cours d'eau.

Une attention particulière doit être portée aux liaisons amont/aval et enrochement/haut de berge qui sont des points « faibles » liés à une brusque différence de rugosité avec dispersion d'énergie.

Généralement, pour un fruit supérieur à 45°, on percole les espaces interstitiels (vides entre les blocs liés au montage) par du béton et on rajoute des barbacanes pour évacuer l'eau avec des clapets anti-retour. En effet, l'angle de repos¹ des blocs est légèrement supérieur à 40°, ce liaisonnement permet d'assurer une meilleure tenue.

CARACTERISTIQUES DE BLOCS D'ENROCHEMENT

Les blocs d'enrochement utilisés pour réaliser un ouvrage en rivière (tant en SAA qu'en SAE) doivent présenter des caractéristiques spécifiques.

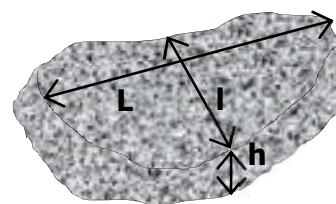
Les blocs d'enrochement sont constitués de calcaire massif dont la densité sera supérieure à 2,6. Généralement, elle avoisine 2,65 afin d'obtenir une densité de 2 à 2,2, une fois les blocs posés.

Par ailleurs, conformément à la norme NF EN 13383 (parties 1 et 2), les blocs doivent être sains, denses, non hygroscopiques, non gélifs² et avec une porosité adaptée à leur utilisation en rivière.

Ils doivent présenter également des coefficients MDE (Micro Deval en présence d'Eau) et LA (Los Angeles) compatibles avec une utilisation en rivière.

Les blocs doivent être de forme « anguleux tétraédrique ». Les « plaques », « barres », « boules » et « cubes » sont exclus de l'approvisionnement. Le rapport dimensionnel (r) est tel que :

$$r = \frac{L + l}{2h}$$



Avec :

L – Longueur du bloc

l – Largeur du bloc

h – Epaisseur du bloc

Ce rapport dimensionnel doit présenter les caractéristiques suivantes : $r \approx 3$ et $\frac{L}{h} < 3$

La blocométrie des enrochements est présentée sous la forme d'un fuseau blocométrique caractérisé par deux, voire trois, données, à savoir les poids minimums, moyen et maximal. Ces poids se calculent au moyen de formule spécifique en fonction d'une crue de projet.

On distingue trois types de blocs :

- **Blocs d'ancrage** : Ce sont les blocs de plus gros diamètres destinés à la semelle d'ancrage. Ils doivent être arrangés dans la semelle en bicouches. Eventuellement, des gros blocs peuvent être mis en pivot (seuls) dans la masse de la structure de la semelle d'ancrage.

¹ C'est l'angle au-delà duquel les matériaux ne tiennent plus en équilibre les uns sur les autres.

² La résistance au gel/dégel est une des caractéristiques essentielles de la durabilité et à ce titre est intégrée à l'article 7 de la norme EN 13383-1. Les blocs d'enrochement doivent être non gélifs, conformément à l'article 8 de la norme NF EN 13383-2 (catégorie W_{0,5} du tableau 12) concernant l'absorption d'eau comme essai crible pour la résistance gel/dégel et à l'article 9 (catégorie FT_A – ou FT_{déclarée} du tableau 13) concernant la résistance gel/dégel.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION
2.1.2



AXE 2 Protéger les secteurs sensibles

Action 1 Protéger les ouvrages existants

Sous-action 2 Reprendre les ouvrages déstabilisés

Type d'opération Réparation d'ouvrage

- **Blocs de parement** : Ils sont dressés sur le rampant au-dessus de la couche de transition en bicouches. Ils sont arrangés minutieusement et les faces rugueuses sont mises en parement afin d'augmenter la rugosité de l'ouvrage et disperser ainsi l'énergie.
- **Blocs de calage** : Ce sont des blocs destinés au remplissage des vides interstitiels, permettant ainsi d'améliorer le calage des blocs d'ancrage et l'appareillage des blocs de parement. Ils permettent notamment d'éviter les « poches de petits » et l'isolement de blocs insuffisamment bloqués lors du calage ou de l'appareillage

SCHEMA-TYPE D'UNE COUPE-TYPE D'UN ENROCHEMENT

Voir schéma ci-après

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION
2.1.2

N2



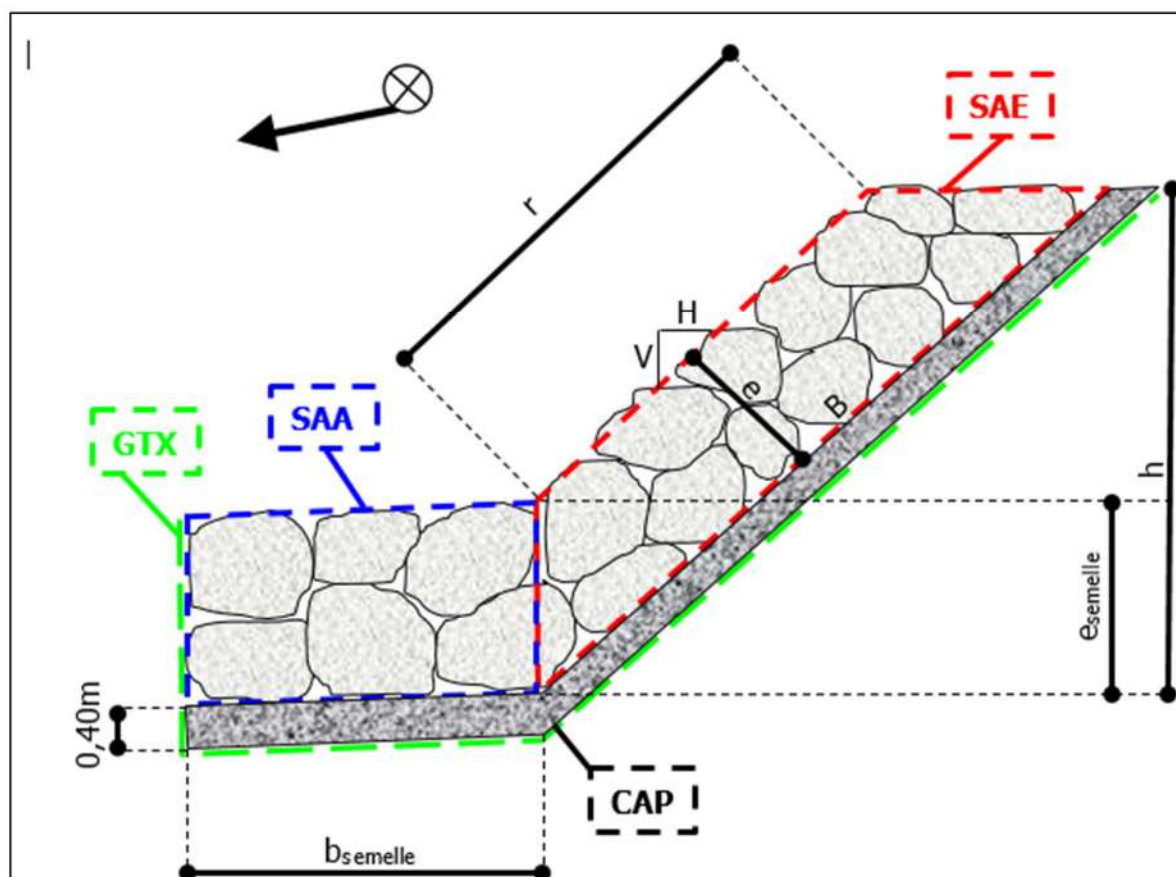
FRA_4

AXE 2 Protéger les secteurs sensibles

Action 1 Protéger les ouvrages existants

Sous-action 2 Reprendre les ouvrages déstabilisés

Type d'opération Réparation d'ouvrage



Avec :

Système Anti-Affouillement (SAA) – Semelle d'ancrage ou sabot

$e_{semelle}$ – Hauteur de la semelle d'ancrage en lit

$b_{semelle}$ – Avancée de la semelle d'ancrage en lit

Système Anti-Erosion (SAE) – Carapace de parement de talus de berge

e – Épaisseur de la carapace

r – Rampant de talus de berge

B – Développé

H/V – Fruit

h – Hauteur de la protection

Couche de transition

GTX – Géotextile

CAP – Couche Anti-Poinçonnement

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
2.1.3



N2



FRA_4

AXE 2 Protéger les secteurs sensibles

Action 1 Protéger les ouvrages existants

Sous-action 3 Protéger le seuil parafouille du pont de la RD 86

Type d'opération Réparation d'ouvrage

MOTIVATION DE LA FICHE :

Perturbateurs hydromorphologiques

Les perturbateurs hydromorphologiques sont des éléments physiques qui impactent dans le temps et l'espace l'hydromorphologie d'un cours d'eau.

On distingue deux types de perturbateurs hydromorphologiques : les perturbateurs anthropiques (ouvrage transversal...) et les perturbateurs géomorphologiques (seuil naturel, affleurements rocheux...).

Leur action perturbatrice peut être locale (perturbateur secondaire) ou globale (perturbateur majeur), et avoir une influence à plus ou moins long terme. Plus la perturbation induite sera étendue, plus son influence sera durable, voire irréversible.

Encart 1 : Les perturbateurs hydromorphologiques

Les ouvrages d'art ont un impact dynamique sur le fonctionnement des cours d'eau et en particulier sur le transport solide. Cet impact est plus ou moins marqué suivant la nature de l'ouvrage (tirant d'eau, appuis en lit, travées...), son positionnement en lit (section rectiligne, méandre...) et son intégration dynamique (ouverture ou réduction de section, générées par le pont ou élément à proximité de l'ouvrage qui se cumule avec l'effet de l'ouvrage...).

En ce sens ils constituent des perturbateurs hydromorphologiques. Ainsi rares sont les ouvrages qui ont un impact neutre sur le cours d'eau, sauf ceux qui sont positionnés sur le rocher très au-dessus de niveau des plus hautes crues (cas qu'on rencontre en gorges où les ponts (viaducs) enjambent les vallées sans appuis en lit).

Le pont de la RD 86 est positionné à 140 mètres en amont de la confluence avec le Rhône. Ce point constitue le niveau de base du Frayol. La section entre le pont et la confluence est incisée et un seuil parafouille a été mis en place pour éviter la déstabilisation de cet ouvrage d'art récent.

ENJEUX CONCERNÉS :

Protection du pont.

DESCRIPTION DE L'OUVRAGE :

***NB :** nous n'avons pas de données d'archives de ces ouvrages (dates de construction, dimensions : ouverture, ouverture des travées, tirant d'air, largeur de chaussée portée..., données techniques...).*

Le pont de la Liberté est un pont en poutre en béton dont le tablier est constitué d'une dalle. Cette dalle est supportée par deux piles en lit.

Le lit comporte en amont, sous et en aval de l'ouvrage un radier parafouille constitué de gros blocs d'enrochement liaisonné par du béton.



Figure 1 : pont et radier de la RD 86

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION
2.1.3

N2



FRA_4

AXE 2 Protéger les secteurs sensibles

Action 1 Protéger les ouvrages existants

Sous-action 3 Protéger le seuil parafouille du pont de la RD 86

Type d'opération Réparation d'ouvrage



Pont de la RD 86 sur le Frayol

(1) vue depuis l'amont RG des deux piles et de la culée C3 ; (2) Vue depuis l'amont RG on voit P2 et le seuil parafouille partiellement ruiné sur sa partie aval ; (3) Vue du radier depuis l'amont, on note le décrochement du lit lié à la ruine partielle du radier parafouille du pont.



Figure 2 : diverses vue du pont de la RD 86

ETAT DU RADIER PARAFOUILLE :

Le radier parafouille du pont est déstructuré sur sa partie aval et il n'y a plus de jonction entre le profil du lit en amont (radier) et en aval.



Figure 3 : (1) vue depuis l'aval RG, on note le décroché du lit, la déstructuration du radier ; (2) vue depuis l'aval, on voit la forme en cunette du radier pour diriger le flux et son état. On note également l'érosion de berge en rive droite.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION
2.1.3

N2



FRA_4

AXE 2 Protéger les secteurs sensibles

Action 1 Protéger les ouvrages existants

Sous-action 3 Protéger le seuil parafouille du pont de la RD 86

Type d'opération Réparation d'ouvrage



Figure 4 : pont et radier de la RD 86



Figure 5 : (1) Vue depuis l'aval, on note l'érosion de berge en aval du reste du radier ; (2) Cette vue montre la fracturation du radier et on voit la forme en cunette pour guider le flux ; (3) La cassure du seuil est bien visible, la confluence est très proche ; (4) le radier apparaît sous-cavé sur cette vue et donc en position de continuer à se ruiner au fil des crues.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
2.1.3



FRA_4

AXE 2 Protéger les secteurs sensibles

Action 1 Protéger les ouvrages existants

Sous-action 3 Protéger le seuil parafouille du pont de la RD 86

Type d'opération Réparation d'ouvrage



Figure 6 : (1) Etat du bord aval du seuil, le béton de la structure se fissure et se fragmente car le seuil est sous-cavé. Ce denier va progressivement se démanteler ; (2) Vue du sous-cavement aval, une partie résiduelle n'est plus en appui sur le TN et va s'effondrer, (3) et (4) même vue sous différents angles, on remarque un bloc détaché en aval du radier. Actuellement le radier déstructuré n'est pas franchissable par la truite commune.

STRATÉGIE DE GESTION À METTRE EN ŒUVRE :

La réparation pourrait se faire en étiage (assec) même si cette partie est en eau. Elle nécessitera un pompage des eaux d'exhaure, voire l'utilisation d'une entreprise spécialisée dans les travaux subaquatique (coulage de béton adapté sous l'eau).

Pour réparer ce radier il est nécessaire de :

- Purger les parties fissurées du radier qui ne permettraient pas une bonne liaison entre le radier existant et sa réparation,
- Mettre en place un système de liaison entre le radier existant et la partie raboutée (e.g. ferrailage en fer HA),
- Créer une rampe d'assise de la partie aval du radier afin de relier sans « marche » amont et aval par un remblaiement adapté,
- Reprendre le massif béton formant le radier en appui sur la rampe d'assise et le terminer par une bêche d'ancrage en lit. On pourra conserver la forme en cunette permettant de mieux guider les eaux, notamment en basses-eaux. Ce radier devra être franchissable par la faune piscicole.
- En complément protégera la berge en aval afin d'éviter son érosion.



N2



FRA_4

AXE 2 Protéger les secteurs sensibles

Action 1 Protéger les ouvrages existants

Sous-action 3 Protéger le seuil parafouille du pont de la RD 86

Type d'opération Réparation d'ouvrage

Ces éléments doivent être dimensionnés spécifiquement. Une attention particulière sera faite aux liaisons entre l'existant et la partie raboutée.

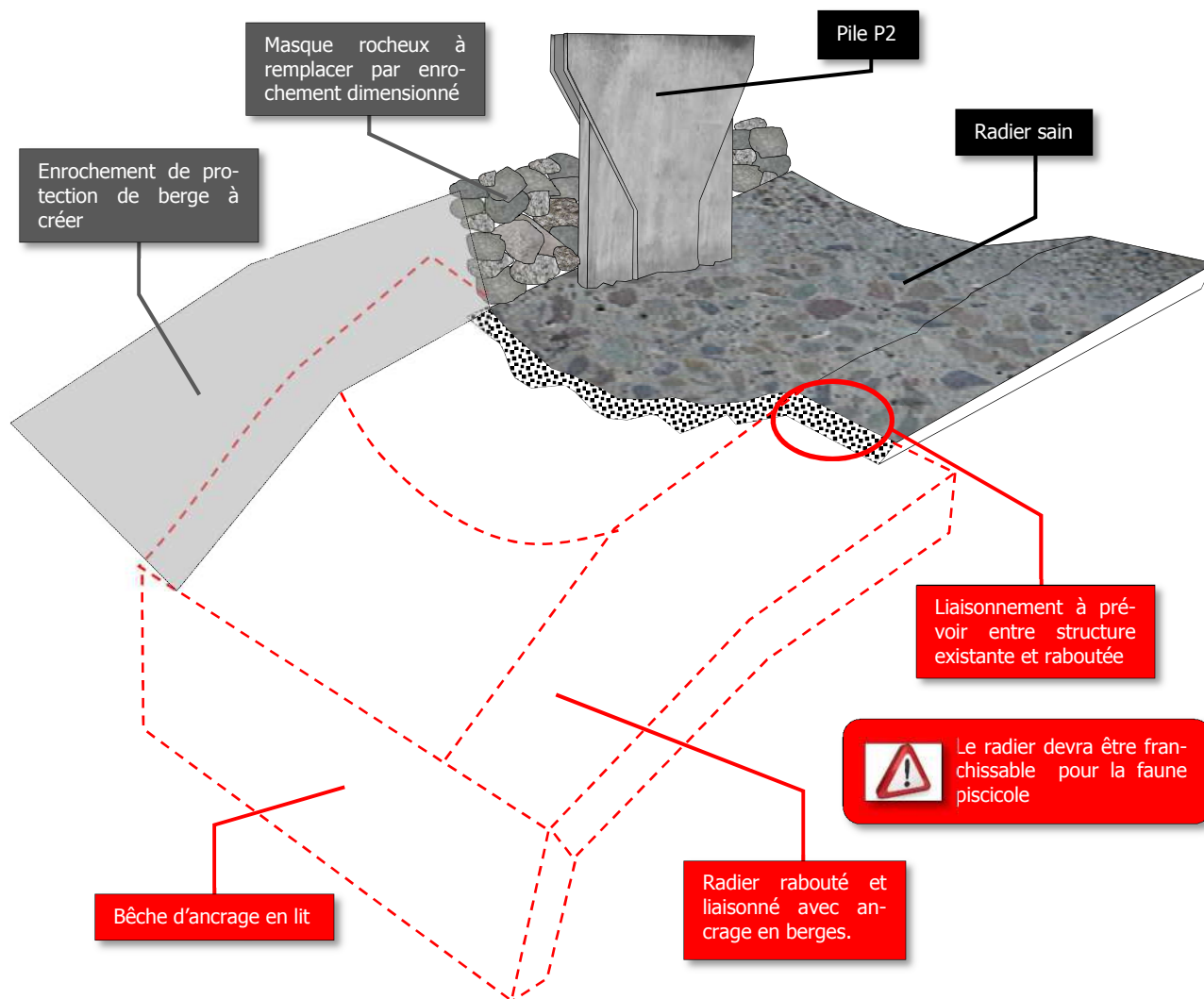


Figure 7 : Réparation du radier et intégration dans l'environnement du pont de la RD 86

STRATÉGIE D'INSPECTION À METTRE EN ŒUVRE :

Le propriétaire-gestionnaire d'un ouvrage d'art est tenu de l'entretenir et l'inspecter régulièrement pour connaître son état et effectuer les nécessaires travaux de réparation courante (et éventuellement spécialisée).

Il est préconisé de réaliser une telle intervention par un bureau d'études spécialisé avec inspecteur Ouvrage d'Art, dans le cas où l'ouvrage ne serait pas déjà régulièrement inspecté. Cette inspection devra ainsi intégrer les abords de l'ouvrage comme le radier (y compris sa bêche, soit en assec, soit en subaquatique), les enrochements de berges...

Une fiche préconisation (FP2) concernant la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art a été intégrée au plan de gestion. Cette fiche fait état (pour les ponts communaux) de désordres (sans aucune valeur d'exhaustivité et ne se

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
2.1.3



FRA_4

AXE 2 Protéger les secteurs sensibles

Action 1 Protéger les ouvrages existants

Sous-action 3 Protéger le seuil parafeuilles du pont de la RD 86

Type d'opération Réparation d'ouvrage

substituant pas aux nécessaires investigations techniques) constatées lors des phases d'investigations de terrain. Elle concerne ainsi le pont de l'avenue Charles de Gaulle et le pont de l'Europe Unie.

PRÉCAUTIONS PARTICULIÈRES À PRENDRE :

Des précautions seront à prendre pour éviter la dissémination des différentes espèces invasives présentes ou potentiellement présentes : renouée du Japon (*Fallopia japonica*), raisin d'Amérique (*Phytolacca americana*), l'ailante glanduleux (*Ailanthus altissima*), le robinier faux acacia (*Robinia pseudoacacia*), l'ambrosie à feuilles d'armoise (*Ambrosia artemisiifolia*)...



Figure 8 : (1) renouée en berge RG du pont ; (2) Gros plan sur le massif de renouée.

La renouée du Japon est fortement présente aux abords de l'ouvrage, il faudra veiller à ne pas favoriser sa dissémination lors de travaux.

L'ambrosie à feuilles d'armoise

L'ambrosie est une espèce invasive originaire d'Amérique du nord introduite dans les années 1860 en Europe via des semences. Elle est devenue invasive en France dans les années 90. C'est une plante très allergène par son pollen qui se diffuse au gré du vent très largement.

C'est une plante pionnière qui colonise les bandes actives, cherchant la lumière et les espaces peu ou pas végétalisés. Elle n'aime pas les sols profonds.

L'ambrosie a une capacité de reproduction très importante, ses graines sont très résistantes et peuvent germer 10 ans après. Son pollen est très petit et se disperse (aéroporté) sur de grande distance (parfois plus de 40 km).

Les graines au bord des cours d'eau peuvent être entraînées par les flots et déposées dans le lit (atterrissements, berges...) elles germent même après avoir été immergées longtemps (Fumanal *et al.*, 2007)

L'ambrosie, espèce pionnière de pleine lumière, aime le lit des cours d'eau et sa graine (akène) et résiste bien à une immersion prolongée dans l'eau.

Quelques mesures et précautions à prendre avant et pendant les travaux :

- Prévenir les entreprises intervenant dans le cours d'eau en (1) intégrant dans les DCE un volet spécifique sur cette espèce, et (2) leur distribuant une plaquette informative (plusieurs existent sur internet) ;
- Choisir une période d'intervention adéquate et défavorable au développement de la plante, c'est-à-dire ne pas intervenir pendant la période de pollinisation afin d'éviter des allergies pour les intervenants en chantier et la dissémination du pollen en touchant les plantes.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
2.1.3



FRA_4

AXE 2 Protéger les secteurs sensibles

Action 1 Protéger les ouvrages existants

Sous-action 3 Protéger le seuil parafouille du pont de la RD 86

Type d'opération Réparation d'ouvrage

Dans le cas de l'ambrosie, il ne faudra pas intervenir de juillet à octobre période de pollinisation, ainsi qu'en novembre période où les graines fécondées tombent au sol et forment ainsi des banques de graines en dormance.

Ces graines pourraient être disséminées *via* les engins travaillant sur les structures alluvionnaires. Les interventions avant juillet restent ainsi à privilégier en supprimant la fleur lors des travaux de dévégétalisation, et ce de manière non sélective (suppression des fleurs femelles portant les graines et des fleurs mâles pollinisant grâce au vent).

Des brochures éditées par la Fédération Nationale des Travaux Publics sont disponibles :

(1) → http://www.fntp.fr/upload/docs/application/pdf/2015-02/n34_dd_n4.pdf,

(2) → http://www.fntp.fr/upload/docs/application/pdf/2016-05/leguide_v5-pdf-interactif.compressed.pdf



ATTENDUS ET OBJECTIFS :

Protéger l'ouvrage.

Améliorer le fonctionnement de l'ouvrage en crue.

SUIVI À METTRE EN ŒUVRE :

Le suivi de cet ouvrage est à mettre en oeuvre après chaque crue (autre le suivi habituel pour un ouvrage d'art), il comprendra les éléments suivants :

- Contrôler l'état général du radier,
- Contrôler les enrochements de berge,

Nous rappelons également les inspections à mettre en oeuvre (cf. § « stratégie d'inspection à mettre en oeuvre »)

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION
2.1.3

N2



FRA_4

AXE 2 Protéger les secteurs sensibles

Action 1 Protéger les ouvrages existants

Sous-action 3 Protéger le seuil parafouille du pont de la RD 86

Type d'opération Réparation d'ouvrage

OBLIGATIONS RÉGLEMENTAIRES :

Les obligations réglementaires indiquées sont sous réserve de modification du Code de l'Environnement.

Type	À effectuer
Déclaration au titre du Code de l'Environnement	
Autorisation environnementale au titre du Code de l'Environnement	
Évaluation environnementale (anciennement étude d'impact au cas par cas ou complète) au titre du Code de l'Environnement	
Dossier de dérogation des espèces protégées au titre de l'Article 211	
Déclaration d'Utilité Publique dans le cas où de l'acquisition foncière est à prévoir	

Compte tenu de réalisations de plusieurs interventions de ce type (réouverture de travées de pont avec transfert réinjection de matériaux) et de leur répétitivité, une demande globale sera à effectuer auprès des services compétents.

Pour le radier du pont de la DR 86 on veillera à ce qu'il soit franchissable pour la faune piscicole.

COÛT DE L'ACTION :

Enrochement de berge : à la charge du gestionnaire de l'ouvrage

Reprise du radier façonné : à la charge du gestionnaire de l'ouvrage

ANNEXE : ENROCHEMENT

CARACTERISTIQUES ET COMPOSITION GENERALE D'UN ENROCHEMENT

Un enrochement se caractérise par trois éléments distincts, fonctionnels, complémentaires et essentiels :

- **Système Anti-Affouillement (SAA)** : positionné en lit, il a pour fonction d'éviter l'affouillement en pied de l'enrochement et de fait sa déstabilisation « par le pied ». Egalement appelé semelle, sabot d'ancrage, ancrage de pied, il est constitué d'un arrangement de blocs d'enrochement de gros diamètres, dans une souille décaissée dans le lit même. Il présente généralement une forme parallélépipédique rectangle. Il existe plusieurs formules (IZZARD-BRADLEY, HEC RAS...) permettant de calculer sa profondeur en fonction d'une crue de projet. La souille est généralement réalisée sous batardeau, afin d'assurer un décaissement adapté et de faciliter la réalisation du système anti-érosion. La semelle est pentée doublement de l'amont vers l'aval et de la berge vers le lit.
- **Système Anti-Erosion (SAE)** : positionné en berge, il a pour fonction de protéger la berge de l'érosion. Il est constitué d'une carapace de blocs d'enrochement appareillés (si possible au moins en bicouches). On essaiera, dans la mesure du possible, d'avoir un fruit de berge conséquent et d'éviter les carapaces de talus de berge verticale ou subverticale. En effet l'ouverture de la berge réduit notablement les forces tractrices et sur les petits cours augmente la débitance de la section. On peut également (notamment lorsque le fruit

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION 2.1.3



FRA_4

AXE 2 Protéger les secteurs sensibles

Action 1 Protéger les ouvrages existants

Sous-action 3 Protéger le seuil parafouille du pont de la RD 86

Type d'opération Réparation d'ouvrage

est important) mettre les faces les plus rugueuses des blocs en parement afin d'augmenter la rugosité minérale de l'ouvrage et ainsi dissiper de l'énergie pour éviter le report aval d'érosion (effet « point dur »).

- **Couche de transition** : positionnée sous la protection (sous le SAA et le SAE), elle est constituée de deux éléments :
 - o **Le Géotextile (GTX)** permet le passage de l'eau dans les deux sens (rivière ↔ nappe d'accompagnement) tout en laissant en place les matériaux constitutifs de la berge en (fonctions de séparation et de filtration).
 - o **La couche anti-poinçonnement (CAP)** positionnée entre les blocs d'enrochement du SAA (sauf bord externe – côté rivière) et du SAE et le géotextile, est constituée de galets roulés de granulométrie étendue (e.g. 40-120 mm) visant à limiter le poinçonnement du géotextile par les blocs lors de leur mise en place. L'enrochement doit également épouser la conformation générale de la berge, être intégré dans son environnement et dans l'environnement dynamique du cours d'eau.

Une attention particulière doit être portée aux liaisons amont/aval et enrochement/haut de berge qui sont des points « faibles » liés à une brusque différence de rugosité avec dispersion d'énergie.

Généralement, pour un fruit supérieur à 45°, on percole les espaces interstitiels (vides entre les blocs liés au montage) par du béton et on rajoute des barbacanes pour évacuer l'eau avec des clapets anti-retour. En effet, l'angle de repos¹ des blocs est légèrement supérieur à 40°, ce liaisonnement permet d'assurer une meilleure tenue.

CARACTERISTIQUES DE BLOCS D'ENROCHEMENT

Les blocs d'enrochement utilisés pour réaliser un ouvrage en rivière (tant en SAA qu'en SAE) doivent présenter des caractéristiques spécifiques.

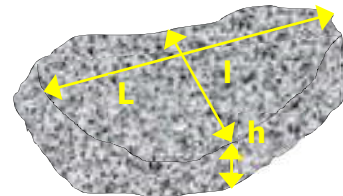
Les blocs d'enrochement sont constitués de calcaire massif dont la densité sera supérieure à 2,6. Généralement, elle avoisine 2,65 afin d'obtenir une densité de 2 à 2,2, une fois les blocs posés.

Par ailleurs, conformément à la norme NF EN 13383 (parties 1 et 2), les blocs doivent être sains, denses, non hydroscopiques, non gélifs² et avec une porosité adaptée à leur utilisation en rivière.

Ils doivent présenter également des coefficients MDE (Micro Deval en présence d'Eau) et LA (Los Angeles) compatibles avec une utilisation en rivière.

Les blocs doivent être de forme « anguleux tétraédrique ». Les « plaques », « barres », « boules » et « cubes » sont exclus de l'approvisionnement. Le rapport dimensionnel (r) est tel que :

$$r = \frac{L + l}{2h}$$



Avec :

L – Longueur du bloc

l – Largeur du bloc

¹ C'est l'angle au-delà duquel les matériaux ne tiennent plus en équilibre les uns sur les autres.

² La résistance au gel/dégel est une des caractéristiques essentielles de la durabilité et à ce titre est intégrée à l'article 7 de la norme EN 13383-1. Les blocs d'enrochement doivent être non gélifs, conformément à l'article 8 de la norme NF EN 13383-2 (catégorie W_{0,5} du tableau 12) concernant l'absorption d'eau comme essai crible pour la résistance gel/dégel et à l'article 9 (catégorie FT_A – ou FT_{déclarée} du tableau 13) concernant la résistance gel/dégel.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION
2.1.3

N2



FRA_4

AXE 2 Protéger les secteurs sensibles

Action 1 Protéger les ouvrages existants

Sous-action 3 Protéger le seuil parafouille du pont de la RD 86

Type d'opération Réparation d'ouvrage

h – Epaisseur du bloc

Ce rapport dimensionnel doit présenter les caractéristiques suivantes : $r \approx 3$ et $\frac{L}{h} < 3$

La blocométrie des enrochements est présentée sous la forme d'un fuseau blocométrique caractérisé par deux, voire trois, données, à savoir les poids minimums, moyen et maximal. Ces poids se calculent au moyen de formule spécifique en fonction d'une crue de projet.

On distingue trois types de blocs :

- **Blocs d'ancrage** : Ce sont les blocs de plus gros diamètres destinés à la semelle d'ancrage. Ils doivent être arrangés dans la semelle en bicouches. Eventuellement, des gros blocs peuvent être mis en pivot (seuls) dans la masse de la structure de la semelle d'ancrage.
- **Blocs de parement** : Ils sont dressés sur le rampant au-dessus de la couche de transition en bicouches. Ils sont arrangés minutieusement et les faces rugueuses sont mises en parement afin d'augmenter la rugosité de l'ouvrage et disperser ainsi l'énergie.
- **Blocs de calage** : Ce sont des blocs destinés au remplissage des vides interstitiels, permettant ainsi d'améliorer le calage des blocs d'ancrage et l'appareillage des blocs de parement. Ils permettent notamment d'éviter les « poches de petits » et l'isolement de blocs insuffisamment bloqués lors du calage ou de l'appareillage

SCHEMA-TYPE D'UNE COUPE-TYPE D'UN ENROCHEMENT

Voir schéma ci-après

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION
2.1.3

N2



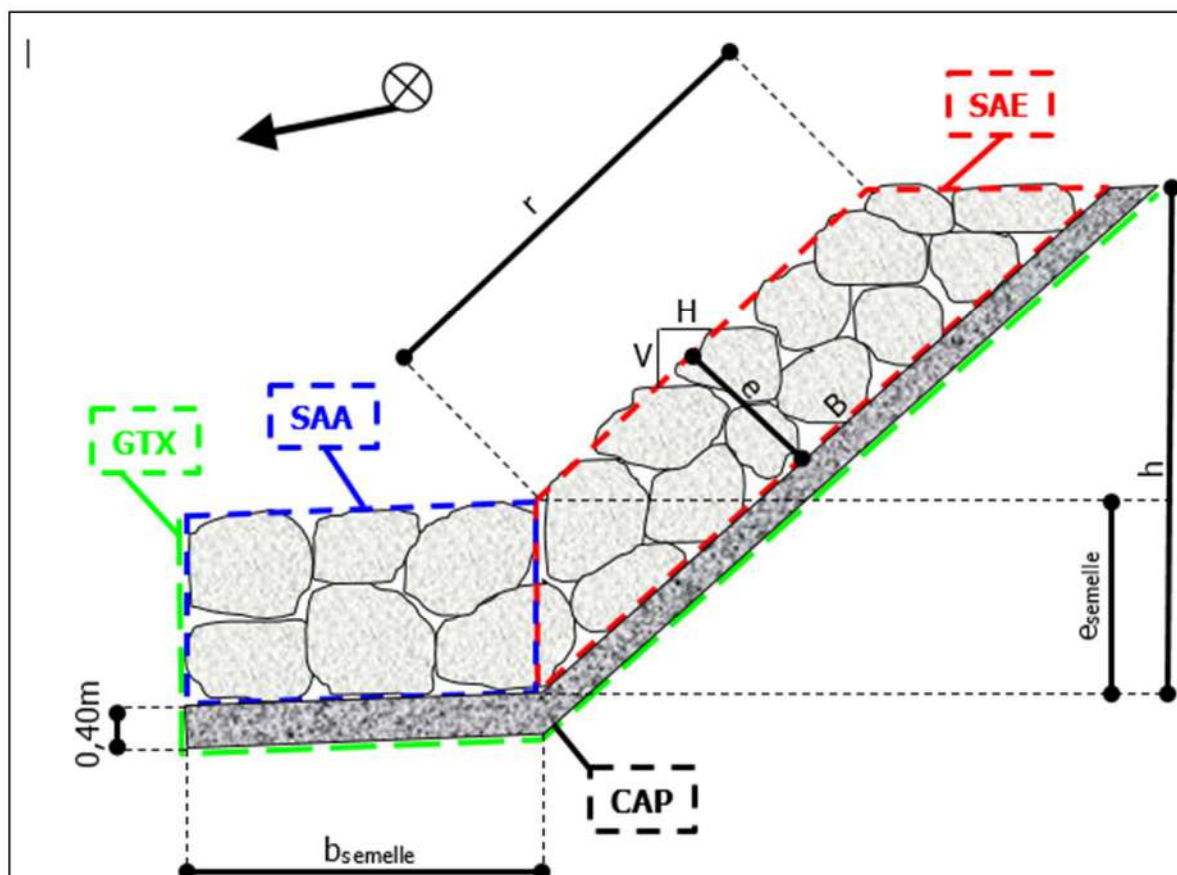
FRA_4

AXE 2 Protéger les secteurs sensibles

Action 1 Protéger les ouvrages existants

Sous-action 3 Protéger le seuil parafouille du pont de la RD 86

Type d'opération Réparation d'ouvrage



Avec :

Système Anti-Affouillement (SAA) – Semelle d’ancrage ou sabot

$h_{semelle}$ – Hauteur de la semelle d’ancrage en lit

$b_{semelle}$ – Avancée de la semelle d’ancrage en lit

Système Anti-Erosion (SAE) – Carapace de parement de talus de berge

e – Épaisseur de la carapace

r – Rampant de talus de berge

B – Développé

H/V – Fruit

h – Hauteur de la protection

Couche de transition

GTX – Géotextile

CAP – Couche Anti-Poinçonnement

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION
2.1.3



FRA_4

AXE 2 Protéger les secteurs sensibles

Action 1 Protéger les ouvrages existants

Sous-action 3 Protéger le seuil para fouille du pont de la RD 86

Type d'opération Réparation d'ouvrage

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
3.1.1



AXE 3 Soutenir la fourniture sédimentaire

Action 1 Eviter la fixation de la charge solide

Sous-action 1 Remplacer des ponts submersibles aux Combes

Type d'opération Remplacement d'ouvrage impactant le transit sédimentaire

MOTIVATION DE LA FICHE :

Le Frayol au niveau des Combes dans le tronçon FRA_3 passe après un seuil par une succession de deux ponts submersibles (séparés d'environ 150 m) et constitués de buses.

Ces deux ponts submersibles impactent le transport solide et sont sensibles aux embâcles. Il serait donc opportun de les remplacer par des ouvrages mieux adaptés du type « dalot » afin d'améliorer la continuité sédimentaire au niveau de ces deux ouvrages.

De plus la mise en place des deux dalots favorisera également le passage des écoulements lors des montées d'eau et la débitance des deux ponts sera augmentée en crue par augmentation de la section.

ENJEUX CONCERNÉS :

Favoriser le passage de la charge solide.

DESCRIPTION DES DEUX OUVRAGES EXISTANTS :



Figure 1 : localisation des deux ouvrages

⇒ L'ouvrage amont des Combes

L'ouvrage amont se situe à l'aval proche d'un seuil qui semble aujourd'hui obsolète. Ce seuil est constitué d'une maçonnerie de galets.

Le tracé du lit du cours d'eau effectuée au niveau du pont submersible un méandrage qui le renvoie directement contre un muret. Il change ainsi deux fois d'axe en quelques mètres.

Cet ouvrage est constitué de quatre buses béton en ϕ 600 mm (ce qui correspond à une section d'écoulement de 1,13 m² en charge) enchâssées dans

un béton dans lequel des galets ont été intégrés (en parement amont et aval). La buse coté rive droite est décalée comme pour servir de coupure sèche et est partiellement engravée (cf. Figure 2).

L'ouvrage supporte le chemin desservant des habitations et permettant de relier Aubignas aux Combes puis *via* Le Pontet au Pont Neuf sur la N 102.

Ouvrage amont

Les quatre buses en ϕ 600 sont visibles sur cette photo vue depuis l'amont. La buse de RG est obstruée.

Le lit va ensuite s'écraser contre le mur qui est bien visible en arrière-plan.



Figure 2 : vue depuis l'amont du pont submersible amont

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
3.1.1



FRA_3

AXE 3 Soutenir la fourniture sédimentaire

Action 1 Eviter la fixation de la charge solide

Sous-action 1 Remplacer des ponts submersibles aux Combes

Type d'opération Remplacement d'ouvrage impactant le transit sédimentaire

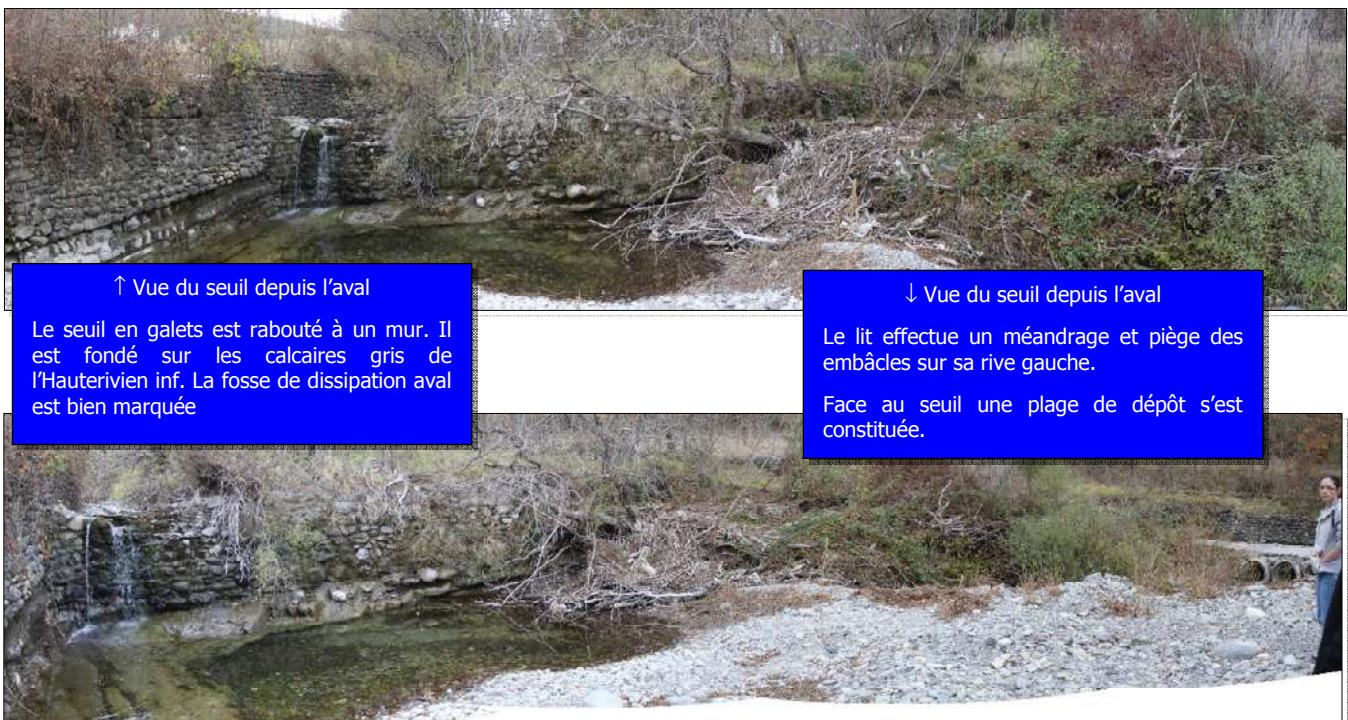


Ouvrage amont

Vue depuis l'aval, on note les galets mis en parement.

Le départ du mur de rive gauche contre lequel le lit vient buter est visible.

Figure 3 : Vue aval de l'ouvrage amont



↑ Vue du seuil depuis l'aval

Le seuil en galets est rabouté à un mur. Il est fondé sur les calcaires gris de l'Hauterivien inf. La fosse de dissipation aval est bien marquée

↓ Vue du seuil depuis l'aval

Le lit effectue un méandrage et piège des embâcles sur sa rive gauche.

Face au seuil une plage de dépôt s'est constituée.

Figure 4 : vues du seuil depuis l'aval

Le lit se trouve contraint par deux murs après le seuil (un en rive droite rabouté au seuil) et un en rive gauche après le pont. L'ouvrage entre ces deux éléments impose un méandrage et la zone fonctionne difficilement (piégeage d'embâcles, accrétions, contraintes fortes pour le lit).

⇒ L'ouvrage aval des Combes

L'ouvrage aval est constitué de quatre buses béton en ϕ 1000 mm (ce qui correspond à une section d'écoulement de 3,14 m² en charge) enchâssées dans un massif béton. Cet ouvrage comporte notamment un entonnement amont de rive gauche.

L'ouvrage supporte le même chemin que l'ouvrage amont.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
3.1.1



FRA_3

AXE 3 Soutenir la fourniture sédimentaire

Action 1 Eviter la fixation de la charge solide

Sous-action 1 Remplacer des ponts submersibles aux Combes

Type d'opération Remplacement d'ouvrage impactant le transit sédimentaire



Figure 6 : Vue amont de l'ouvrage aval

Ouvrage aval

Vue depuis l'amont. La berge de rive gauche est entonnée par un massif béton.

La berge de rive droite présente un début d'érosion.

Ouvrage aval

Vue depuis l'aval. La berge de rive gauche est entonnée par un massif béton.



Figure 6 bis : vue aval de l'ouvrage aval

PROPOSITION DE TRAVAUX :

Il est proposé trois éléments complémentaires pour améliorer le fonctionnement dynamique de ce secteur :

- Effacement du seuil et reconfiguration du lit dans le secteur de l'ouvrage amont,
- Remplacement de l'ouvrage amont par un dalot,
- Remplacement de l'ouvrage aval par un dalot,

Les travaux s'effectueront à l'étiage pour éviter le batardage et de gros travaux d'épuisement des eaux d'exhaure (toutefois il sera peut-être nécessaire d'épuiser les eaux en fond d'ouvrage pour la mise en place du béton de propreté).

⇒ Effacement du seuil en amont de l'ouvrage amont et reconfiguration du lit

Le seuil obsolète (et non recensé au ROE) pourrait être effacé et le lit reprofilé avec les matériaux présents sur site. Les matériaux excédentaires seront évacués et éventuellement réinjectés dans le tronçon par mise en glaci en berge, afin d'être remobilisés facilement.

Ce seuil a été fondé directement sur un seuil naturel constitué par des calcaires à miches de l'Hauterivien inférieur. Il est rabouté sur sa rive droite contre un mur en maçonnerie de galets qui contraint fortement le lit (cf. Figure 7).

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
3.1.1



FRA_3

AXE 3 Soutenir la fourniture sédimentaire

Action 1 Eviter la fixation de la charge solide

Sous-action 1 Remplacer des ponts submersibles aux Combes

Type d'opération Remplacement d'ouvrage impactant le transit sédimentaire

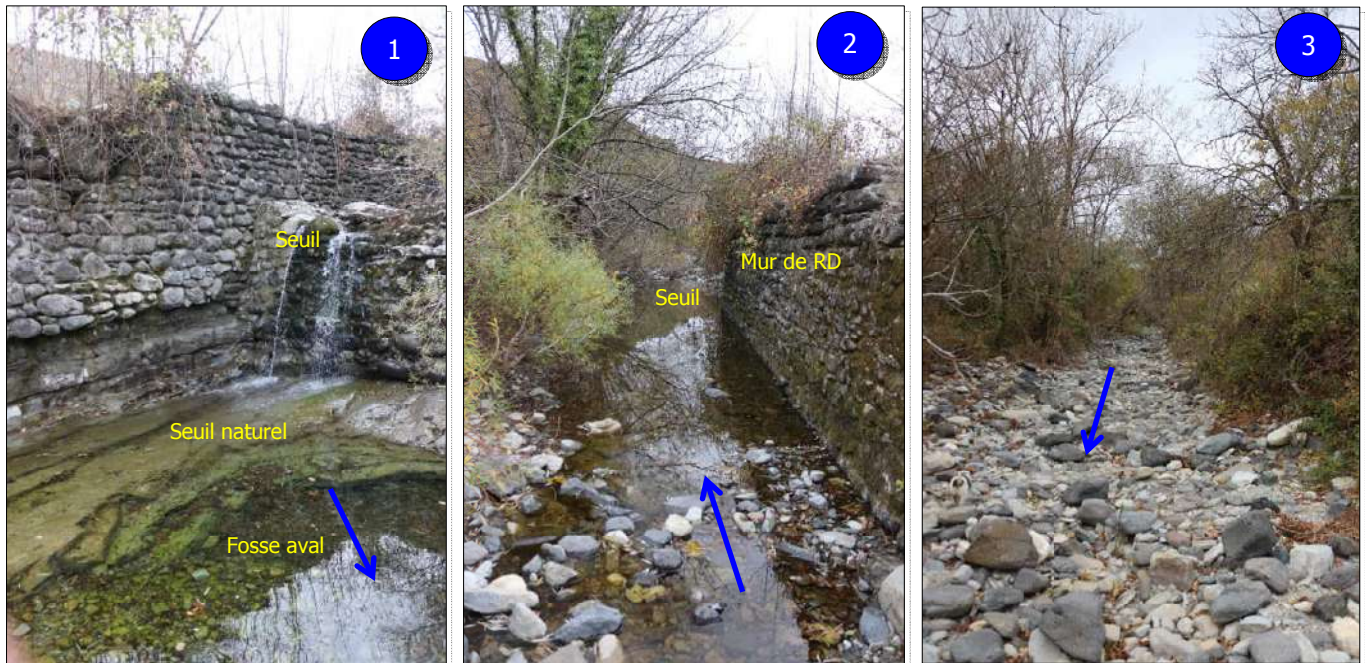


Figure 7 : (1) vue du seuil et du mur depuis l'aval, (2) vue du mur en amont du seuil, (3) vue du lit en amont proche du seuil (notez la granulométrie du lit et la présence de galets basaltiques).



L'effacement du seuil devra notamment intégrer le reprofilage du lit en amont et le devenir du mur de rive droite rabouté au seuil (avec le cas échéant le démontage partiel ou total de ce mur).

En ce qui concerne le lit celui-ci a une conformation particulière (cf. Figure 8) :

- En amont du seuil le Frayol présente un lit globalement rectiligne (cf. Figure 7-3), il se trouve contraint par le mur de rive droite qui le conduit jusqu'au seuil (qui est bien plus large que le lit actuel),
- En aval du seuil il se désaxe une première fois pour atteindre l'ouvrage de franchissement,
- Après l'ouvrage il vient buter sur le mur de rive gauche et se désaxe à nouveau.

La reconfiguration du lit consisterait après effacement du seuil à donner au lit une forme plus en méandre (moins anguleuse) et en remplaçant l'ouvrage de franchissement existant de déplacer ce

Figure 8 : configuration du lit au niveau du seuil et de l'ouvrage

futur ouvrage d'art afin d'éviter ce tracé « en baïonnette ».

Le remplacement de l'ouvrage amont par un ouvrage de type dalot (ouvrage remplissant les mêmes fonctions qu'une buse, de section rectangulaire mais qui peut supporter des charges plus élevées) favorisera le transit sédimentaire.

Ainsi on passera d'une section d'écoulement actuelle de 4 buses de ϕ 600 mm qui présentent une section d'écoulement en charge de 1,13 m² à un ouvrage d'ouverture supérieure et de forme beaucoup plus adaptée au transit sédimentaire, augmentant la débitance. En cas d'engrèvement ce type d'ouvrage se décolmate également plus facilement.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
3.1.1



FRA_3

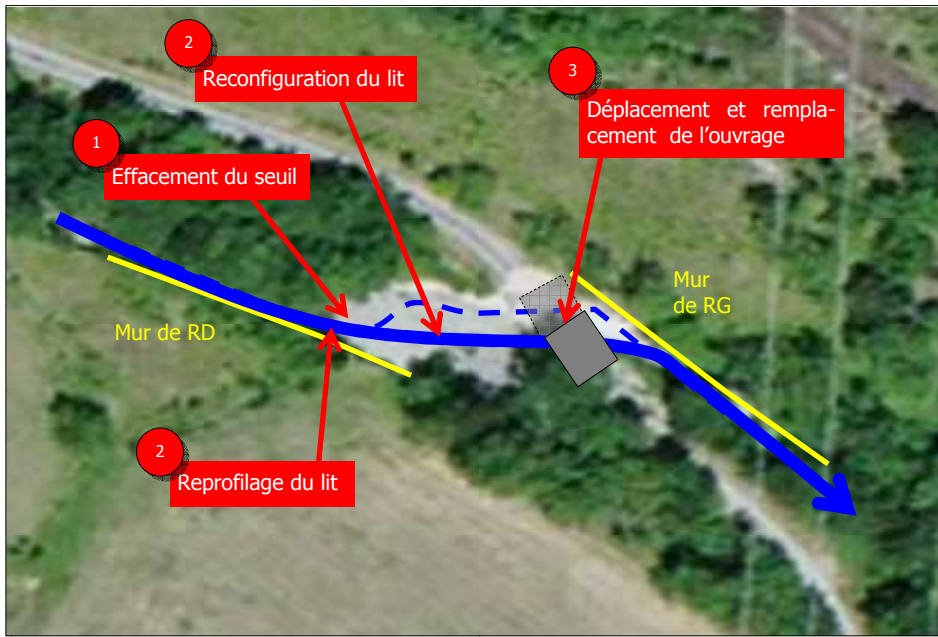
AXE 3 Soutenir la fourniture sédimentaire

Action 1 Eviter la fixation de la charge solide

Sous-action 1 Remplacer des ponts submersibles aux Combes

Type d'opération Remplacement d'ouvrage impactant le transit sédimentaire

De plus, le fond du radier de l'ouvrage (intérieur inférieur du dalot) sera placé à -0,30 m sous le niveau du lit afin d'assurer la continuité écologique (en maintenant un fond de lit graveleux et ainsi une épaisseur hyporhéique).



Travaux de reconfiguration du site

(1) Les travaux concernent l'effacement du seuil

(2) reconfiguration et reprofilage du lit pour limiter l'effet baionnette et retrouver un profil en long après l'effacement du seuil

(3) remplacer l'ouvrage par un dalot et le mettre en conformation avec le nouveau tracé du lit.

L'ensemble de ces travaux favorisera ainsi le transit sédimentaire et la dynamique du Frayol localement.

Pour le deuxième ouvrage de franchissement, le remplacement se fera au même endroit. Actuellement les 4 buses en ϕ 1000 présentent une section d'écoulement en charge de 3,14 m². Le remplacement par un dalot d'ouverture supérieure (comme pour le précédent) favorisera le transit sédimentaire et augmentera la débitance de l'ouvrage.

PRÉCAUTIONS PARTICULIÈRES À PRENDRE :

L'ambrosie à feuilles d'armoise

L'ambrosie est une espèce invasive originaire d'Amérique du nord introduite dans les années 1860 en Europe *via* des semences. Elle est devenue invasive en France dans les années 90. C'est une plante très allergène par son pollen qui se diffuse au gré du vent très largement.

C'est une plante pionnière qui colonise les bandes actives, cherchant la lumière et les espaces peu ou pas végétalisés. Elle n'aime pas les sols profonds.

L'ambrosie a une capacité de reproduction très importante, ses graines sont très résistantes et peuvent germer 10 ans après. Son pollen est très petit et se dissémine (aéroporé) sur de grande distance (parfois plus de 40 km).

Les graines au bord des cours d'eau peuvent être entraînées par les flots et déposées dans le lit (atterrissements, berges...) elles germent même après avoir été immergées longtemps (Fumana *et al.*, 2007)

Des précautions seront à prendre pour éviter la dissémination des différentes espèces invasives présentes ou potentiellement présentes : renouée du Japon (*Fallopia japonica*), raisin d'Amérique (*Phytolacca americana*), l'ailante glanduleux (*Ailanthus altissima*), le robinier faux acacia (*Robinia pseudoacacia*), l'ambrosie à feuilles d'armoise (*Ambrosia artemisiifolia*)...

L'ambrosie, espèce pionnière de pleine lumière, aime le lit des cours d'eau et sa graine (akène) et résiste bien à une immersion prolongée dans l'eau.

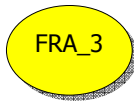
Quelques mesures et précautions à prendre avant et pendant les travaux :

- Prévenir les entreprises intervenant dans le cours d'eau en (1) intégrant dans les DCE un volet spécifique sur cette espèce, et (2) leur distribuant une plaquette informative (plusieurs existent sur internet) ;

- Choisir une période d'intervention adéquate et défavorable au

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
3.1.1



AXE 3 Soutenir la fourniture sédimentaire

Action 1 Eviter la fixation de la charge solide

Sous-action 1 Remplacer des ponts submersibles aux Combes

Type d'opération Remplacement d'ouvrage impactant le transit sédimentaire

développement de la plante, c'est-à-dire ne pas intervenir pendant la période de pollinisation afin d'éviter des allergies pour les intervenants en chantier et la dissémination du pollen en touchant les plantes.

Dans le cas de l'ambrosie, il ne faudra pas intervenir de juillet à octobre période de pollinisation, ainsi qu'en novembre période où les graines fécondées tombent au sol et forment ainsi des banques de graines en dormance.

Ces graines pourraient être disséminées *via* les engins travaillant sur les structures alluvionnaires. Les interventions avant juillet restent ainsi à privilégier en supprimant la fleur lors des travaux de dévégétalisation, et ce de manière non sélective (suppression des fleurs femelles portant les graines et des fleurs mâles pollinisant grâce au vent).

Des brochures éditées par la Fédération Nationale des Travaux Publics sont disponibles et pourront être distribuées aux entreprises réalisant les travaux pour les sensibiliser :

(1) → http://www.fntp.fr/upload/docs/application/pdf/2015-02/n34_dd_n4.pdf,

(2) → http://www.fntp.fr/upload/docs/application/pdf/2016-05/leguide_v5-pdf-interactif.compressed.pdf



ATTENDUS ET OBJECTIFS :

Améliorer la continuité écologique en effaçant un seuil,

Améliorer la continuité sédimentaire au niveau des deux ouvrages d'art,

Augmenter la débitance des deux ouvrages de franchissement.

SUIVI À METTRE EN ŒUVRE :

Après travaux ces deux ouvrages seront à contrôler en post-crue systématiquement.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION
3.1.1



AXE 3 Soutenir la fourniture sédimentaire

Action 1 Eviter la fixation de la charge solide

Sous-action 1 Remplacer des ponts submersibles aux Combes

Type d'opération Remplacement d'ouvrage impactant le transit sédimentaire

OBLIGATIONS RÉGLEMENTAIRES :

Les obligations réglementaires indiquées sont sous réserve de modification du Code de l'Environnement.

Type	À effectuer
Déclaration au titre du Code de l'Environnement	
Autorisation environnementale au titre du Code de l'Environnement	X
Évaluation environnementale (anciennement étude d'impact au cas par cas ou complète) au titre du Code de l'Environnement	
Dossier de dérogation des espèces protégées au titre de l'Article 211	
Déclaration d'Utilité Publique dans le cas où de l'acquisition foncière est à prévoir	

COÛT DE L'ACTION :

Etude pour l'effacement du seuil et reconfiguration du lit (étude, AVP, PRO, DLE, DCE) : 12 000 €

Etude de réalisation des ouvrages d'art (étude, AVP, PRO, DLE, DCE) : 25 000 €

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
3.1.2



N1



FRA_1

FRA_2

FRA_3

FRA_4

AXE 3 Soutenir la fourniture sédimentaire

Action 1 Eviter la fixation de la charge solide

Sous-action 2 Plan de gestion des structures alluvionnaires pour soutenir la recharge sédimentaire

Type d'opération Forçage dirigé post-crue

MOTIVATION DE LA FICHE :

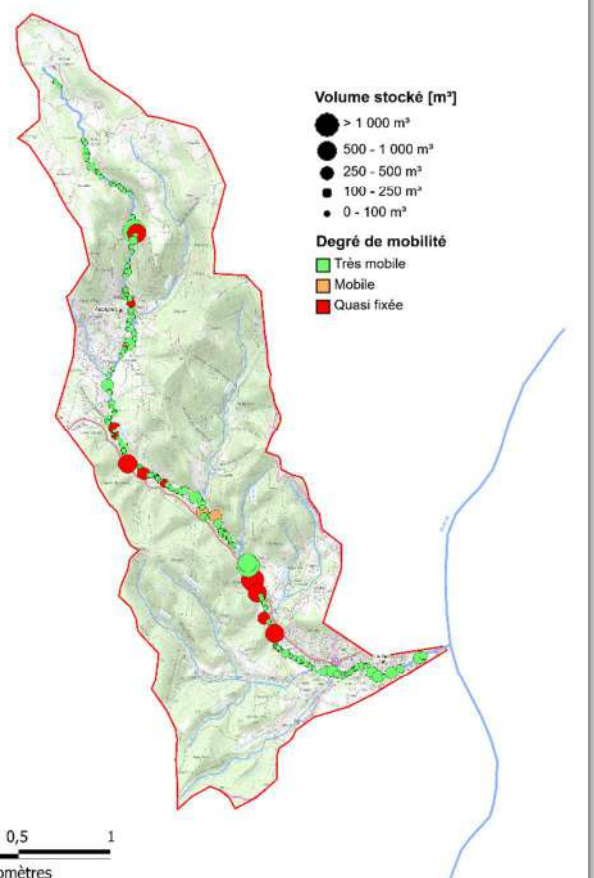
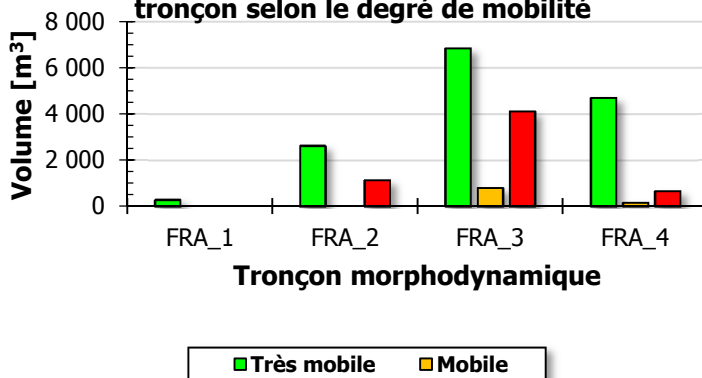
Dans le cadre du diagnostic hydromorphologique, une base de données cartographique des structures alluvionnaires du Frayol a été réalisée. Chaque structure alluvionnaire a ainsi été recensée, localisée et classée selon son degré de mobilité fonction de son niveau de végétalisation (stade d'évolution fluvio-sylvigénétique).

Cette approche a permis d'avoir une vision complète du stock alluvial du Frayol et de sa dynamique à travers le volume global de matériaux stockés en lit (par tronçon) et le « volume utile » stocké en lit, c'est-à-dire le volume potentiellement remobilisable lors d'une crue morphogène (matériaux situés dans des structures non ou faiblement végétalisées).

Ainsi, 68% des structures alluvionnaires stockant 14 487 m³ d'alluvions dans le lit du Frayol sont remobilisables en crue. Le tronçon FRA_3 présente une mobilité de son stock alluvial (11 781 m³ soit 55% du stock alluvial) plus limitée que les autres tronçons. En effet, 35% de son stock alluvial concerne des structures alluvionnaires centrales et latérales qui sont quasi fixées.

Il est donc important d'affiner cette démarche pour rendre le plus opérationnel possible la gestion des structures alluvionnaires.

Répartition du stock alluvial du Frayol par tronçon selon le degré de mobilité



Répartition et localisation du stock alluvial du Frayol par degré de mobilité. En vert : très mobile ; en orange : mobile et en rouge : quasi fixée

(État des lieux 2017, Phase 1)

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
3.1.2



N1



FRA_1

FRA_2

FRA_3

FRA_4

AXE 3 Soutenir la fourniture sédimentaire

Action 1 Eviter la fixation de la charge solide

Sous-action 2 Plan de gestion des structures alluvionnaires pour soutenir la recharge sédimentaire

Type d'opération Forçage dirigé post-crue

De plus, la végétatisation des structures alluvionnaires par des espèces pionnières, voire des espèces invasives, est extrêmement rapide et n'est limitée, voire entravée, que par les crues. En effet, celles-ci arrachent une partie de la végétation et remobilisent les matériaux. La végétation riveraine (ripisylve au sens strict et la végétation alluvionnaire, *i.e.* la végétation qui se développe sur les structures alluvionnaires) est maintenant considérée comme un facteur de contrôle du patron fluvial, elle influence ainsi le fonctionnement dynamique du cours d'eau et peut peser sur sa trajectoire géomorphologique (Gran & Paola, 2001).

Une bonne vision de l'état de mobilité des structures est donc nécessaire, et ce de manière permanente pour mener les actions de gestion adaptées.

Cette fiche-action présente un **plan de gestion des structures alluvionnaires** du Frayol et est coordonnée avec les fiches-action 1.1.1, 1.2.2 proposant des préconisations plus ciblées ou des modalités de gestion spécifiques.

Structures alluvionnaire « Course contre la montre »



Les structures alluvionnaires se végétalisent très vite avec des espèces pionnières. Ces espèces pionnières (saules, peuplier...) contribuent à limiter la mobilité voire à fixer les structures en quelques années.

Si aucune crue ne survient pour remobiliser les alluvions, la structure va se fixer voire se déconnecter du cours d'eau (d'autant plus lorsqu'il y a incision).

Démarré ainsi après chaque crue une véritable « course contre la montre » entre fixation et remobilisation. La préparation du lit entre deux crues (en gérant notamment la végétation) va ainsi favoriser la mobilisation au détriment de la fixation. C'est un forçage dirigé post-crue.

Encart 1 : la « course contre la montre »

Il convient toutefois de signaler le processus de « course contre la montre » qui caractérise la végétalisation des structures alluvionnaires et ainsi d'indiquer que les structures alluvionnaires mobiles risquent de se végétaliser très vite si aucune crue morphogène ne survient pour remobiliser les matériaux (*cf.* Encart 1).

En effet, les saules, les peupliers, les robiniers et de manière générale toutes les espèces pionnières ont une croissance rapide. Ainsi un saule pourpre (*Salix purpurea*) ou un saule drapé (*S. albaeagnos*) peuvent dépasser 1 m au bout d'un an. Leur système racinaire est très développé (rapport entre système racinaire et aérien : 1,5 pour la pourpre et 1,8 pour le drapé). Ils peuvent ainsi résister à 50/70 N/m² au bout d'un an, 100-140 N/m² au bout de 3 à 4 ans et pourrait résister à 800 N/m² au bout de 20 ans (Lachat, 1994). En conséquence ils ont un pouvoir de fixation des structures alluvionnaires rapide et fort, d'autant plus que souvent ils poussent en semi.

D'ailleurs, compte-tenu du régime intermittent (régime d'oued) du Frayol, ce processus de végétatisation concerne également le lit.

Il est donc nécessaire de développer une stratégie à long terme d'entretien des structures alluvionnaires.

ENJEUX CONCERNÉS :

Mobilité du stock alluvial

MÉTHODE-STRATÉGIE À METTRE EN ŒUVRE :

La stratégie consiste à mettre en œuvre des **forçages dirigés post-crue** afin de :

- Préserver la mobilité des structures alluvionnaires facilement mobilisables, en évitant qu'elles ne se végétalisent ;
- Rechercher des structures moins mobiles (réservoirs sédimentaires secondaires) pour répondre à des besoins de ressource sédimentaire dans un contexte général de tarissement sédimentaire.

Ainsi, il s'agit de préparer la crue morphogène suivante en favorisant la mobilité du stock alluvial dans une optique également de recharge sédimentaire ciblée (*i.e.* dans ou pour les secteurs déficitaires).

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
3.1.2



N1



FRA_1

FRA_2

FRA_3

FRA_4

AXE 3 Soutenir la fourniture sédimentaire

Action 1 Eviter la fixation de la charge solide

Sous-action 2 Plan de gestion des structures alluvionnaires pour soutenir la recharge sédimentaire

Type d'opération Forçage dirigé post-crue

Trois mécanismes complémentaires et étroitement interdépendants seront mis en œuvre :

- Garder les structures mobiles, mobiles ;
- Favoriser le couplage sédimentaire longitudinal (au sens de Fryirs, 2013) ;
- Augmenter la mobilité des structures, en travaillant les structures moins mobiles pour effectuer de la recharge sédimentaire.

Il s'agit donc de construire un plan de gestion comprenant deux phases complémentaires et mises en œuvre systématiquement après chaque crue significativement morphogène :

- Une **phase cognitive** (phase de terrain pouvant être complétée par une analyse sur photographie aérienne) essentielle et basée sur l'état des lieux réalisé dans le cadre du diagnostic hydromorphologique qu'il sera nécessaire de mettre à jour (évolution très rapide de la végétation...) ;
- Une **phase d'adaptation du plan de gestion à la réalité du terrain** permettant de satisfaire aux trois mécanismes indiqués ci-avant.

⇒ Objectifs du plan de gestion des structures alluvionnaires

On va distinguer les structures qui sont susceptibles d'être rajeunies par des crues de forte récurrence ($< Q_5$) des structures qui sont susceptibles d'être rajeunies par des crues de plus faibles récurrences (entre Q_5 et Q_{30}) des structures qui ne sont mobilisables que pour des crues $> Q_{30}$, voire pour des crues de plus faible occurrence.

Pour les deux premières catégories le rajeunissement est synonyme de remobilisation partielle ou totale de la structure parce que la structure n'est pas végétalisée ou peu végétalisée (strate herbacée, strate arbustive pionnière basse (< 1 m) avec seulement quelques taches non généralisées sur la structure).

Pour les structures à végétation arbustive dense voire arborée (qui souvent sont perchées et fortement déconnectées de la dynamique du cours d'eau) le rajeunissement se limite soit à de l'apport de matériaux fins soit à de l'arrachage de quelques arbres et à une petite érosion latérale coté cours d'eau. La mobilisation (totale ou partielle) n'intervenant que pour des crues BFHM. Ces structures sont alors mobilisées de manière anarchique, souvent en étant érodées latéralement et leurs arbres sont arrachés et fournissent alors des embâcles, parfois de manière massive. En cas d'incision importante, certaines de ces structures peuvent être déconnectées et devenir alors des terrasses alluviales.

Ces éléments sont ainsi résumés dans le tableau suivant.

Degré de mobilité	Classe	Rajeunissement	Nature	Volume [m³]	%
Très mobile	I	$< Q_5$	Remobilisation	14 487	68%
Mobile	II	Entre Q_5 et Q_{30}	Remobilisation	992	5%
Quasi fixé	II	$> Q_{30}$ (BFHM)	Sédimentation, arrachage	5 969	6%
				21 448	

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
3.1.2



N1



FRA_1

FRA_2

FRA_3

FRA_4

AXE 3 Soutenir la fourniture sédimentaire

Action 1 Eviter la fixation de la charge solide

Sous-action 2 Plan de gestion des structures alluvionnaires pour soutenir la recharge sédimentaire

Type d'opération Forçage dirigé post-crue

En fonction de cette classification, nous obtenons donc 3 classes de mobilité qui sont symbolisées par une couleur et que nous noterons classes I (bien mobile), II (mobile) et III (quasiment fixé).

Les structures alluvionnaires de l'Escoutay ont une mobilité importante puisque 61,96 % des structures alluvionnaires étaient facilement remobilisables lors de l'état des lieux et 32,11 % de structures alluvionnaires supplémentaires sont potentiellement mobilisables pour une crue entre Q₅ et Q₃₀.

Les différents travaux de maintien en mobilité des structures alluvionnaires dans le cadre d'un plan de gestion sont détaillés dans le tableau suivant. Ils font référence à la typologie de travaux d'entretien des structures alluvionnaires en fonction de leur degré de végétation (et donc de leur stade d'évolution fluvio-sylvigénétique).

PLAN DE GESTION – STRUCTURES ALLUVIONNAIRES DU FRAYOL			
Techniques	Classe	Stade d'évolution fluvio-sylvigénétique	Précisions
1, 2, 3 et 7	I	SL ₁ à SL ₂ et SC ₀ à SC ₂	Coupe des espèces pionnières fixatrices (peupliers, salicées...) avec contrôle et intervention d'entretien pour éviter le passage en classe II. Si arbres trop denses scarifier pour déstabiliser et casser les racines. En cas de fermeture de la section ou de déport de courant vers la berge (avec érosion) araser la structure fil d'eau à l'étiage et régaler les matériaux ou les réinjecter en aval.
1, 2, 3, 4 et 5	II	SL ₃ et SC ₃	Concerne les structures préférentiellement dans ou en amont des zones les plus incisées, il s'agit de dévégétaliser et déstabiliser l'armure (scarification, chenalisation, pour les SL ₃ créer des chutes alluviales...) afin de remobiliser les matériaux.
1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7	III	SL ₄ et SC ₄	Après repérage dans des zones intéressantes (zones incisées par exemple) et pour des structures de fort volume, créer les conditions de la remobilisation en utilisant toutes les techniques utiles
-	I, II et III	SL ₁ à SL ₂ et SC ₀ à SC ₂ et SL ₃ et SC ₃	Faire un bilan après chaque crue morphogène pour affiner la stratégie à mettre également en relation avec le suivi, voir <i>infra</i> .

L'analyse de la mobilité (stades d'évolution fluvio-sylvigénétique et classes de mobilité) correspond à la date de la réalisation du terrain. Toutefois, les structures alluvionnaires se végétalisent très rapidement par un cortège d'espèces pionnières (saules pourpres et drapés, peupliers...) voire avec l'ambrosie à feuilles d'armoise, espèce invasive dont le pollen constitue un puissant allergène (*cf. infra*).

Il est important compte-tenu de la vitesse de végétalisation (diminution de la mobilité) et de l'action des crues morphogènes sur les structures alluvionnaires (rajeunissement) d'avoir une **banque de données** à jour sur les structures alluvionnaires.

Cette banque de données pourra être construite par la technicienne ou éventuellement sous la forme d'un stage étudiant (par exemple stage avec plusieurs étudiants). Elle concerne tous les tronçons du Frayol.

Nous préconisons donc de travailler de la manière suivante :

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
3.1.2



N1



FRA_1

FRA_2

FRA_3

FRA_4

AXE 3 Soutenir la fourniture sédimentaire

Action 1 Eviter la fixation de la charge solide

Sous-action 2 Plan de gestion des structures alluvionnaires pour soutenir la recharge sédimentaire

Type d'opération Forçage dirigé post-crue

En premier lieu compléter le « point zéro », réalisé dans le cadre de l'étude, en partant de l'atlas cartographique. Il s'agit de parcourir systématiquement le Frayol pour relever l'état de végétalisation des différentes structures alluvionnaires présentes (en partant de l'atlas cartographique annexé à l'étude).

Pour chaque structure alluvionnaire potentiellement intéressante en termes de recharge sédimentaire et présentant une taille significative il faudra réaliser une fiche (qui sera ensuite intégrée à un classeur et/ou une banque de données en format informatique) où l'on consignera les éléments suivants :



Gabarit pour classes Wentworth

- N° de la structure alluvionnaire
- Localisation (GPS)
- Date de relevé
- Photographies (vue amont, vue aval, substrat avec mire photographique, espèces végétales présentes, éventuellement photo aérienne...)
- Croquis de la forme générale de la structure et morphométrie (longueur, largeurs, estimation des hauteurs), présence éventuelle d'une chute alluviale...
- Granulométrie par classes Wentworth (Wentworth, 1922). Cette granulométrie est effectuée en passant 100 grains prélevés sur la couche superficielle dans un gabarit. On peut ensuite reconstituer rapidement une courbe (nombre d'items *versus* classes Wentworth). Cette méthode simplifiée et rapide permettra de suivre l'évolution de la granulométrie de surface de l'armure et éventuellement de construire des gradients granulométriques par secteurs.
- Végétation (caractérisation rapide par strate – herbacée, arbustive pionnière, arbustive, arborée) des principales espèces et du niveau de végétalisation de la structure (avec report sur le croquis, voir *supra*)
- Le stade d'évolution fluvio-sylvigénétique de la structure alluvionnaire. Il s'agit des stades d'évolution des structures alluvionnaires tenant compte de leur position en lit et de leur niveau de maturité (naissance à sénescence)
- La position en lit et la morphogénèse de la structure (liée à un ouvrage, à un méandre, à un élargissement de section...)
- L'intérêt en termes de recharge sédimentaire (*e.g.* laisser les matériaux mobiles, transférer les matériaux pour faire de la recharge sédimentaire avec lieu(x) de réinjection des matériaux et la technique – injection directe, injection-retard, injection-fusible)
- La présence éventuelle de l'ambrosie à feuilles d'armoise et la nature des espèces pionnières
- La présence d'espèces faunistique ou floristique intéressantes (*e.g.* gravelot nicheur...)

Ces fiches seront modifiées après chaque recensement (nous en préconisons un tous les 3 ans en cas d'absence de crue significativement morphogène et après chaque crue morphogène).



N1



FRA_1

FRA_2

FRA_3

FRA_4

AXE 3 Soutenir la fourniture sédimentaire

Action 1 Eviter la fixation de la charge solide

Sous-action 2 Plan de gestion des structures alluvionnaires pour soutenir la recharge sédimentaire

Type d'opération Forçage dirigé post-crue



Exemple de photographies de structures alluvionnaires du Frayol prises avec mire photographique de 50 cm

Cette banque de données servira à mieux connaître les principales structures intéressantes en termes de recharge sédimentaire et suivre leur évolution pour affiner les stratégies de gestion à long terme. Sous format informatique (SIG) elle constituera un outil de gestion efficace.

⇒ Niveau 1

A partir du recensement et de la banque de donnée obtenue, il faudra maintenir fonctionnelles les structures alluvionnaires classées « bien mobile » à « mobile », c'est-à-dire les structures faiblement végétalisées (nues ou à simple strate herbacée, voire stade pionnier arbustif non généralisé à la structure).

A cet effet, on effectuera essentiellement des actions de dévégétalisation simple (1) éventuellement complétée par des opérations de déstabilisation de l'armure (2) voire de scarification (3) selon la nature de la végétation.

Pour les structures alluvionnaires en intrados de méandre on pourra compléter ces travaux par le maintien fonctionnel de la chute alluviale (si elle est présente ou la création d'une telle chute (5).

Après une crue morphogène censée mobiliser les matériaux on viendra vérifier l'état des structures alluvionnaires mobilisables. Dans la mesure où certaines structures n'auraient pas été mobilisées on procédera aux opérations spécifiées au niveau 2.

Les travées de certains ouvrages d'art obstruées ou partiellement obstruées pourront faire l'objet de libération (7) avec réinjection des matériaux.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
3.1.2



N1



FRA_1

FRA_2

FRA_3

FRA_4

AXE 3 Soutenir la fourniture sédimentaire

Action 1 Eviter la fixation de la charge solide

Sous-action 2 Plan de gestion des structures alluvionnaires pour soutenir la recharge sédimentaire

Type d'opération Forçage dirigé post-crue

TRAITEMENT DES STRUCTURES ALLUVIONNAIRES

Code	Actions	Nature/détail	Objectifs
1	Dévégétalisation simple	Couper la strate arbustive	Remobiliser la structure
2	Déstabilisation de l'armure	Rompre l'armure	Remobiliser la structure
3	Scarification de l'armure	Créer des ressauts	Remobiliser la structure
4	Chenalisation (rabattement)	Créer des chenaux à 45°	Limiter l'érosion, recharger
5	Création d'une chute alluviale	Créer un chenal entre la structure et la berge	Limiter l'érosion dans un méandre, recharger
6	Ecornage	Déraser une partie d'une structure alluvionnaire	Limiter l'érosion, recharger
7	Dérasement	Déraser une structure alluvionnaire	Limiter l'érosion, les débordements, recharger (par transfert des matériaux et réinjection).
8	Libération d'une travée d'OA	Rouvrir une travée occultée par des alluvions	Conservier la débitance, recentrer les flux, limiter les débordements, recharger.
9	Mise en place de bras diachrones	Créer des bras perchés se mettant en charge en crue	Favoriser l'expansion en crue, générer du ralentissement dynamique

⇒ Niveau 2

Ce niveau ne sera utilisé que dans le cas où les structures peu végétalisées (*i.e.* classées « bien mobile » à « mobile ») ne se seraient pas mobilisées. On utilisera toutes les techniques pour favoriser la remobilisation des matériaux (jusqu'au dérasement avec réinjection).

Eventuellement en fonction des besoins en recharge sédimentaire (à coordonner avec toutes les actions de l'axe 1 : reconnexion versant/lit, continuité sédimentaire dans les seuils...) localement des classe III pourront être travaillées afin de favoriser le déstockage de leurs matériaux soit par les crues, soit par des actions mécaniques.

PRÉCAUTIONS PARTICULIÈRES À PRENDRE :

Des précautions seront à prendre pour éviter la dissémination de l'ambrosie à feuilles d'armoïse (*Ambrosia artemisiifolia*) lorsqu'on la rencontrera (*cf.* Encart 2).

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
3.1.2



N1



FRA_1

FRA_2

FRA_3

FRA_4

AXE 3 Soutenir la fourniture sédimentaire

Action 1 Eviter la fixation de la charge solide

Sous-action 2 Plan de gestion des structures alluvionnaires pour soutenir la recharge sédimentaire

Type d'opération Forçage dirigé post-crue

L'ambrosie à feuilles d'armoise (*Ambrosia artemisiifolia*)

L'ambrosie est une espèce invasive originaire d'Amérique du nord introduite dans les années 1860 en Europe *via* des semences. Elle est devenue invasive en France dans les années 1990. C'est une plante très allergène par son pollen qui se diffuse au gré du vent très largement.

C'est une plante pionnière qui colonise les bandes actives, cherchant la lumière et les espaces peu ou pas végétalisés. Elle n'aime pas les sols profonds.

L'ambrosie a une capacité de reproduction très importante, ses graines sont très résistantes et peuvent germer 10 ans après. Son pollen est très petit et se disperse (aéroporé) sur de grande distance (parfois plus de 40 km).

Les graines au bord des cours d'eau peuvent être entraînées par les flots et déposées dans le lit (atterrissements, berges...) elles germent même après avoir été immergées longtemps (Fumanal *et al.*, 2007)

Encart 2 : l'Ambrosie à feuille d'armoise

En effet, l'ambrosie, espèce pionnière de pleine lumière, aime le lit des cours d'eau et sa graine (akène) résiste bien à une immersion prolongée dans l'eau.

Quelques mesures et précautions à prendre avant et pendant les travaux :

- Prévenir les entreprises intervenant dans le cours d'eau en (1) intégrant dans les DCE un volet spécifique sur cette espèce, et (2) leur distribuant une plaquette informative (plusieurs existent sur internet) ;

- Choisir une période d'intervention adéquate et défavorable au développement de la plante, c'est-à-dire ne pas intervenir pendant la période de pollinisation afin d'éviter des allergies pour les intervenants en chantier et la dissémination du pollen en touchant les plantes.

- Dans le cas de l'ambrosie, il ne faudra pas intervenir de juillet à octobre période de pollinisation, ainsi qu'en novembre période où les graines fécondées tombent au sol et forment ainsi des banques de graines en dormance. Ces graines pourraient être disséminées *via* les engins travaillant sur les structures alluvionnaires.

Les interventions avant juillet restent ainsi à privilégier en supprimant la fleur lors des travaux de dévégétalisation, et ce de manière non sélective (suppression des fleurs femelles portant les graines et des fleurs mâles pollinisant grâce au vent).

ATTENDUS ET OBJECTIFS :

Favoriser la recharge sédimentaire

Eviter la fixation des structures alluvionnaires présentes en les maintenant mobiles jusqu'à la prochaine crue

Améliorer la connaissance dans le temps (évolution) du stock alluvial du Frayol

INCIDENCES SUR LA FAUNE ET LA FLORE :



Glaucium flavum

Incidences sur certaines espèces d'oiseaux nichant en grève (*e.g.* petit gravelot, sterne, chevalier guignette...) et sur certaines espèces telles que la glaucienne jaune (*Glaucium flavum*, classe de rareté assez rare (AR)).

Il faudra donc par exemple intervenir hors période de nidification et prendre des mesures adaptées d'intervention ou de translocation.

Il serait par ailleurs intéressant de développer une démarche avec le Conservatoire Botanique National du Massif Central, afin de connaître les espèces rares et menacées sur le Frayol.

Cf. à ce sujet également la fiche de préconisation 1 (FP1).

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
3.1.2



N1



FRA_1

FRA_2

FRA_3

FRA_4

AXE 3 Soutenir la fourniture sédimentaire

Action 1 Eviter la fixation de la charge solide

Sous-action 2 Plan de gestion des structures alluvionnaires pour soutenir la recharge sédimentaire

Type d'opération Forçage dirigé post-crue

SUIVI À METTRE EN ŒUVRE :

Révision régulière de la banque de données (tous les trois ans ou après chaque crue morphogène).

OBLIGATIONS RÉGLEMENTAIRES :

Les obligations réglementaires indiquées sont sous réserve de modification du Code de l'Environnement.

Type	À effectuer
Déclaration au titre du Code de l'Environnement	
Autorisation environnementale au titre du Code de l'Environnement	Suivant travaux
Évaluation environnementale (anciennement étude d'impact au cas par cas ou complète) au titre du Code de l'Environnement	
Dossier de dérogation des espèces protégées au titre de l'Article 211	
Déclaration d'Utilité Publique dans le cas où de l'acquisition foncière est à prévoir	

COÛT DE L'ACTION :

Le coût s'élève à 5 000 € HT dans le cas où l'action sera réalisée dans le cadre d'un stade étudiant.

RELATION AVEC D'AUTRES FICHES DU PLAN DE GESTION :

Cette fiche est à mettre en relation directe avec les fiches-action :

- FA 1.1.1 : Accompagner le transit de la charge solide en favorisant la mobilité des structures alluvionnaires (FRA_3)
- FA 1.2.2 : Travailler la végétation des berges et du lit



N1



AXE 3 Soutenir la fourniture sédimentaire

Action 1 Eviter la fixation de la charge solide

Sous-action 2 Plan de gestion des structures alluvionnaires pour soutenir la recharge sédimentaire

Type d'opération Forçage dirigé post-crue

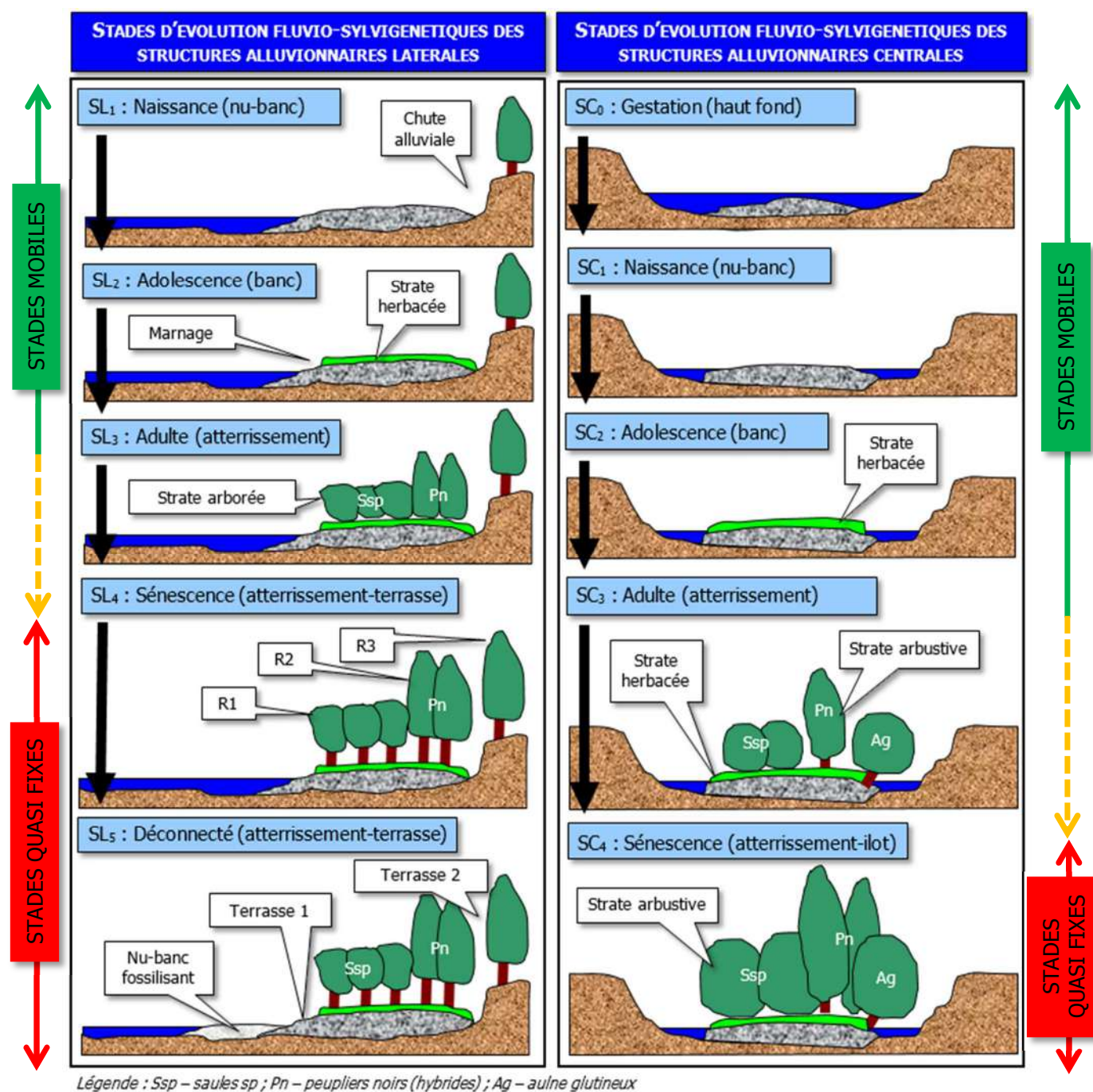
FRA_1

FRA_2

FRA_3

FRA_4

ANNEXE : Les stades d'évolution fluvio-sylvigénétiques (HYDRETUDES)



PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
3.1.2



N1



FRA_1

FRA_2

FRA_3

FRA_4

AXE 3 Soutenir la fourniture sédimentaire

Action 1 Eviter la fixation de la charge solide

Sous-action 2 Plan de gestion des structures alluvionnaires pour soutenir la recharge sédimentaire

Type d'opération Forçage dirigé post-crue

BRAY, D.I., CHURCH, M., 1980. Armored versus paved gravel beds. *Jour. Hydraul. Div.*, 106, pp. 1937-1940.

BRAVARD, J.P., PETIT F., 1997. Les cours d'eau, dynamique du système fluvial, Paris, Armand Colin, Collection U, 222 p.

FUMANAL, B., CHAUVEL, F., SABATIER, A., BRETAGNOLLE, F., (2007) Variability and cryptic heteromorphic of *Ambrosia artemisiifolia* seeds : what consequences for its invasion in France ? *Ann. Botany*, 100, pp. 305-313.

LACHAT, B., 1994. Guide de protection des berges de cours d'eau en techniques végétales. Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement. 143 p.

TRICART, J., 1977. Précis de géomorphologie. Géomorphologie dynamique générale (tome 2). Paris, SEDES, 345 p.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
3.2.2



N1



FRA_3

AXE 3 Soutenir la fourniture sédimentaire
Action 2 Effectuer de la recharge à long terme
Sous-action 2 Faire de la recharge sédimentaire à partir de certaines falaises
Type d'opération Forçage dirigé

MOTIVATION DE LA FICHE :

Du fait du contexte géomorphologique global (forçage climatique essentiellement), le transport solide du Frayol se trouve particulièrement péjoré. Ainsi les tronçons supérieurs (FRA_1, FRA_2 et FRA_3) qui sont des tronçons en gorges se caractérisent par d'importants linéaires de lit d'érosion (au sens de Tricart, 1977), cf. Figure 1.

Depuis le Tardiglaciaire (dernière grande période du Würm) et à l'Holocène se sont succédées des périodes froides favorables à la fourniture sédimentaire. Le Tardiglaciaire notamment a été une période de grande activité dans le Massif Central (Bravard, 1992). Lors de cette période, la gélifraction (processus d'érosion par fragmentation lié aux cycles de gel/dégel) a permis de constituer un plancher alluvial important, remblayant le fond des gorges, cette nappe périglaciaire est essentiellement würmienne (Jacob *et al.*, 2006).

Le climat s'étant substantiellement modifié depuis, la production sédimentaire a fortement régressé et le Frayol s'est incisé dans sa nappe périglaciaire qu'il a largement déstockée. C'est pourquoi on trouve une alternance de lits d'érosion et de lits caillouteux dans les gorges du Frayol, à l'instar des cours d'eau en gorges du secteur comme le Chassezac étudié par Jacob *et al.*, (2006) et Jacob-Rousseau (2008). La nappe périglaciaire relictuelle est d'ailleurs visible sur le tracé des gorges, elle prend la forme de lits grossiers à matériaux parfois métriques comprenant une proportion importante de matériaux basaltiques ou de lambeaux triés.



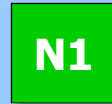
Figure 1 : Différents lits d'érosion du tronçon FRA_3. (1) et (2) lit avec lambeaux de nappe périglaciaire à gros blocs ; (3) à (6) type de lits d'érosion du Frayol, 5 présente un lambeau de nappe, 4 à 6 sont en aval des Combes, les autres en amont.

A La présente a pour objectif de proposer une opération expérimentale de recharge sédimentaire à partir des falaises entaillées préférentiellement dans les calcaires ou présentant une passée calcaire exploitable que l'on rencontre sur le tronçon FRA_3 à l'aval du ravin de Rabayast et jusqu'au lieu-dit Le Pontet (cf. Figure 3 & Figure 3).

En effet, les gorges se caractérisent par de nombreuses falaises bordant le lit, qui actuellement fournissent peu de matériaux compte-tenu notamment du climat actuel. En effet, le processus géomorphologique actuel dominant est l'érosion latérale qui est limitée et éventuellement la gélifraction lors de période de gel.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
3.2.2



FRA_3

AXE 3 Soutenir la fourniture sédimentaire
Action 2 Effectuer de la recharge à long terme
Sous-action 2 Faire de la recharge sédimentaire à partir de certaines falaises
Type d'opération Forçage dirigé

Toutefois ce dernier processus doit être actuellement anecdotique, l'érosion latérale étant elle-même limitée.

La nappe périglaciaire s'est mise en place sous forçage climatique lors des périodes par gélifraction. Ce processus a ainsi fracturé les versants rocheux et apporté des matériaux hétérométriques au cours d'eau.

Nous proposons de tenter une expérimentation de fractionnement assistée de certaines roches intéressantes en termes de fourniture sédimentaire (calcaire gris, calcaire gréseux) et présentes en falaise afin d'effectuer des opérations de recharge sédimentaire.



Figure 3 : (1) falaise en aval du ravin de Rabayast avec passée calcaire dans les marnes de Valvignères de l'Hauterivien inf. ; (2) falaise dans les marnes de Valvignères avec passée calcaire ; (3) Marnes de Valvignères avec entablement ; (4) falaise dans les calcaires gris de l'Hauterivien inf. ; (5) Marnes grises de l'Hauterivien inf. avec alternance de bancs de calcaire à miches ; (6) calcaire du Barrémien.

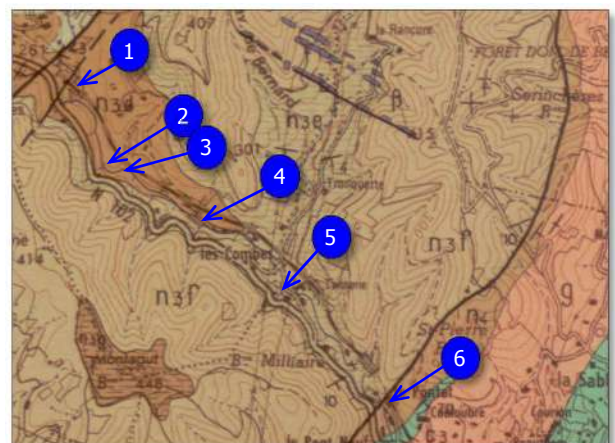
Figure 3 : localisation des falaises de la figure 2 sur la carte géologique du BRGM.

n4 : calcaires et marnes en alternance (Barrémien basal)

n3f : calcaires silteux et glauconieux à débit en miches (Hauterivien inf.)

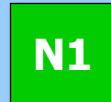
n3e : calcaires à miches (Hauterivien inf.)

n3d : marnes de Valvignères avec passées calcaires (Hauterivien inf.)



PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-ACTION
3.2.2



FRA_3

AXE 3 Soutenir la fourniture sédimentaire
Action 2 Effectuer de la recharge à long terme
Sous-action 2 Faire de la recharge sédimentaire à partir de certaines falaises
Type d'opération Forçage dirigé

ENJEUX CONCERNÉS :

Recharge sédimentaire et lutte contre l'incision dans FRA_4

STRATÉGIE EXPERIMENTALE À METTRE EN ŒUVRE :

Fissuration artificielle à l'éclateur

Les falaises s'éboulent à cause de la fissuration (action gel-dégel...).

Pour favoriser l'éboulement de falaises et effectuer des opérations de recharge sédimentaire on peut créer de la fissuration artificielle à l'éclateur.

Il s'agit ainsi (dans des zones sans enjeu, à lithologie compatible avec les injections et à des endroits pertinents dans le bassin pour effectuer de la recharge) de déstabiliser des falaises pour qu'elles s'éboulent plus vite que naturellement et participent ainsi à la recharge sédimentaire.

Pour cela on pourrait utiliser un éclateur qui est placé dans des trous. Ce ciment expansif va en quelques heures développer une pression supérieure à 4 500t/m² qui va ainsi fissurer la roche (la contrainte de rupture des roches est < 2 000t/m²).

Encart 1 : Fissuration artificielle à l'éclateur

falaise et action naturelle de l'eau (ruissellement dans les fractures, action gel/dégel...).

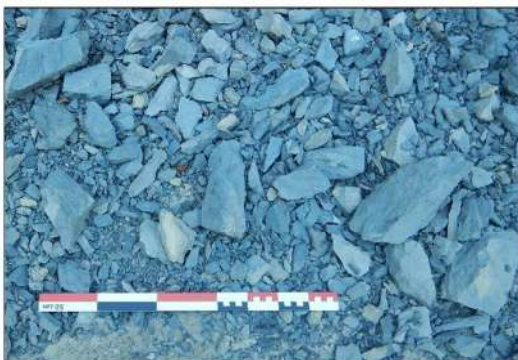
La stratégie consiste à choisir une falaise expérimentale sur le tronçon 3 et en particulier sur la partie aval de ce tronçon (en aval du lieu-dit Les Combes) puis mener une opération à titre expérimental. Il s'agit ainsi d'accélérer l'action du gel-dégel qui aujourd'hui, pour des raisons climatiques, est indigente en fragmentant artificiellement la roche. A cet effet deux produits pourraient être testés : (1) un éclateur type ciment expansif, (2) un produit déflagrant (et non détonant, c'est-à-dire non explosif) type Nonex (utilisé notamment pour purger des falaises en montagne).

L'opération doit se mener sur une falaise sans enjeu, si possible sur des calcaires ou des passées calcaires dans les marnes de sorte que les matériaux éclatés ne donnent pas du régoilte (produit de dégradation des marnes de faible taille et peu intéressant pour effectuer de la recharge sédimentaire).

L'objectif est que la falaise s'éboule petit à petit (sans que le lit ne soit obstrué) de sorte que les matériaux produits par l'éboulement soient directement utilisables par le cours d'eau lors des crues morphogènes. Il est à noter que le résultat escompté est double : (1) effet immédiat, (2) effet à long terme après fracturation de la

L'expérimentation pourrait ainsi se dérouler en deux temps :

- Une expérience sur une petite partie de falaise quelques dizaines de mètres-carré afin de voir le comportement de la falaise, cette expérience serait en quelque sorte une planche d'essai,
- Une expérience de plus grande ampleur suivant les résultats de la première qui permettra ainsi la calibration de la seconde expérience « grandeur nature »,
- Un suivi lors de la crue morphogène (avec réalisation d'une granulométrie, mise en place de pit-tags et suivi de la propagation de la charge générée par l'opération notamment vitesse et tri) et suivi sur le long terme (avec comparaison avec une falaise similaire non traitée).



Exemple de régoilte avec matériaux plus grossiers sous une falaise de FRA_3.

Ces éléments sont peu intéressants pour la recharge sédimentaire. En effet, les petits éléments friables sont très nombreux et les éléments plus grossiers ne vont pas manquer de se fragmenter lors du transport solide car ils sont peu solides. En conséquence ils ne donneront pas une granulométrie intéressante.

Figure 4 : régoilte de fragmentation des marnes grises sur le Frayol, notez la présence de quelques gros morceaux qui vont se fragmenter très vite. L'échelle photographique fait 50 cm.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION
3.2.2

N1



FRA_3

AXE 3 Soutenir la fourniture sédimentaire
Action 2 Effectuer de la recharge à long terme
Sous-action 2 Faire de la recharge sédimentaire à partir de certaines falaises
Type d'opération Forçage dirigé

Cette opération pourra si elle donne satisfaction se concrétiser sur plusieurs sites.

PRÉCAUTIONS PARTICULIÈRES À PRENDRE :

Des précautions seront à prendre :

- Vérifier que les falaises peuvent être déstabilisées sans impacter d'enjeux à proximité (route...),
- Mettre en œuvre les éléments de sorte que le lit ne soit pas totalement encombré par les matériaux, ou intervenir en complément avec un engin pour faciliter la remobilisation des matériaux,
- Voir les volumes effectivement disponibles par site ainsi que les granulométries correspondantes (matériaux trop grossiers...),
- En cas d'expérimentation sur des falaises de marnes rechercher les passées de calcaires (marnes grises de Valvignères),
- Travailler avec une entreprise spécialisée dans le déroctage et connaissant cette technique,
- Rédiger un cahier des charges de l'opération particulièrement explicite sur le volet expérimentation et sur les conditions techniques et sécuritaires de la mise en œuvre d'une telle opération (enjeux, blocage du lit...),
- Effectuer un suivi précis de cette opération
- Vérifier l'innocuité environnementale.

ATTENDUS ET OBJECTIFS :

Mener une expérience pour voir « grandeur nature » la faisabilité de la recharge sédimentaire par fragmentation de roches de falaises. Si l'expérience est concluante, mettre en œuvre sur plusieurs points cette technique.

INCIDENCES SUR LA FAUNE ET LA FLORE :

Les versants des falaises sont peu intéressants compte-tenu de leur pente subverticale à verticale en termes de faune et flore. Toutefois le produit utilisé ne devra pas impacter l'environnement.

SUIVI À METTRE EN ŒUVRE :

Le suivi expérimental doit être comprendre : la granulométrie des éléments fragmentés, leur capacité de reprise, leur capacité de remobilisation en crue morphogène, la vitesse de propagation de la charge injectée et le tri granulométrique consécutif à l'injection. Eventuellement l'état de fissuration de la falaise post-opération...

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION
3.2.2



FRA_3

AXE 3 Soutenir la fourniture sédimentaire
Action 2 Effectuer de la recharge à long terme
Sous-action 2 Faire de la recharge sédimentaire à partir de certaines falaises
Type d'opération Forçage dirigé

OBLIGATIONS RÉGLEMENTAIRES :

Les obligations réglementaires indiquées sont sous réserve de modification du Code de l'Environnement.

Type	À effectuer
Déclaration au titre du Code de l'Environnement	
Autorisation environnementale au titre du Code de l'Environnement	
Évaluation environnementale (anciennement étude d'impact au cas par cas ou complète) au titre du Code de l'Environnement	
Dossier de dérogation des espèces protégées au titre de l'Article 211	
Déclaration d'Utilité Publique dans le cas où de l'acquisition foncière est à prévoir	

COÛT DE L'ACTION :

Cette opération expérimentale est complexe à chiffrer compte tenu du manque d'antériorité et de la difficulté d'obtenir un devis fiable sans aller avec une entreprise sur le terrain.

Forages pour placer le ciment expansif ou les cartouches de Nonex : 1 100 €/j pour 35 à 45 forations/jour
 Cartouche de Nonex : 20 €

RELATION AVEC D'AUTRES FICHES DU PLAN DE GESTION :

Pas de relation directe.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

BRAVARD, J.P., 1992. Les rythmes d'évolution morphologiques des vallées françaises au Tardiglaciaire et à l'Holocène. *Bulletin de l'Association des Géographes Français*, pp. 207-226.

JACOB, N., GOB, F., BRAVARD, J.P. & PETIT, F. 2006. Les formes fluviales d'une rivière en gorge, le Chassezac (Cévennes, France). *Géomorphologie : Relief, Processus, Environnement*. 12(1).

JACOB-ROUSSEAU, N. 2008. La question de l'héritage dans l'évolution des lits rocheux. Réflexion à partir de l'exemple du Chassezac (Cévennes, France). *Bulletin de l'Association des Géographes Français*, pp 245-253.

TRICART, J., 1977. Précis de géomorphologie. Géomorphologie dynamique générale (tome 2). Paris, SEDES, 345 p.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-SUIVI 4.1.1



FRA_1

FRA_2

FRA_3

AXE 4 Contrôler pour évaluer, évaluer pour évoluer

Action 1 Continuer l'exploration du bassin versant du Frayol

Sous-action 1 Rechercher des réservoirs sédimentaires à activer

Type d'opération Étude

MOTIVATION DE L'AXE :

L'hydromorphologie est une science récente et dans la plupart des bassins versants, le recul en termes de connaissance des processus géomorphologiques actifs est encore assez limité.

Le contexte actuel de **péjoration climatique** (depuis la sortie du Petit Âge Glaciaire et ses derniers effets) impacte fortement la **fourniture sédimentaire**, base du fonctionnement dynamique des cours d'eau. Le Frayol est sensible à ce contexte et présente ainsi une partie amont et médiane (FRA_1 à FRA_3) du bassin s'écoulant sur la roche. Ce **déséquilibre sédimentaire** dénote un fonctionnement erratique du transport solide et une **déconnexion sédimentaire importante**. Cette situation implique de mener des actions de fond (**forçages dirigés**) visant à **renforcer la ressource sédimentaire** et à **accompagner son transit**. Toutefois, la connaissance des processus géomorphologiques et de la trajectoire géomorphologique est insuffisante par manque de recul en termes d'observations, de suivi et de mesures effectives (volume de la ressource sédimentaire, transfert du stock alluvial, nature des alluvions...).

En conséquence, pour mettre en place une gestion cohérente et *a fortiori* un plan de gestion impactant (=forçant) la trajectoire géomorphologique, nous ne disposons pas du recul suffisant concernant le suivi des processus d'**injection naturelle** (couplage sédimentaire au sens d'Harvey, 2001) de la charge solide (éboulisation, érosion...), des processus de **stockage** (structures alluvionnaires...) et des processus de **transport** (propagation en volume, tri granulométrique...). En effet, à l'instar des chroniques de débits liquides, le débit solide n'est connu que par une approche calculatoire. Il est donc important de mettre en place un suivi des processus du transport solide permettant de mieux le connaître pour mieux l'accompagner.

Pour mener à bien cette mission de suivi dynamique, des mesures simples, faibles et faciles à interpréter sont préconisées à travers un **suivi dynamique rustique et robuste**, dont une partie pourrait être mise en œuvre directement par le SMBEF s'il le souhaite, après une formation dispensée à cet effet par HYDRETUDES.

Il s'agit également de continuer l'exploration du bassin versant du Frayol et d'enregistrer des connaissances de terrain qui seront utiles pour développer des stratégies futures de recharge sédimentaire par l'activation de réservoirs sédimentaires.

MOTIVATION DE LA FICHE :

Le **couplage sédimentaire** (au sens d'Harvey, 2001) constitue le **pourvoyeur principal** de matériaux d'un cours d'eau. Ce processus est plus important que l'érosion des berges pour notamment la constitution de la charge solide.

Dans le contexte de **tarissement sédimentaire** et d'incision des lits fluviaux que l'on connaît actuellement, il est intéressant d'avoir une bonne vision du couplage sédimentaire pour éventuellement mener des opérations de connexion versant/lit comme celles proposées dans le cadre de la fiche-action 3.2.1.

Cette connaissance passe par une **étude précise sur le couplage sédimentaire**. La nature même du bassin versant du Frayol est propice à cette recherche car les trois tronçons amont sont en gorges ce qui facilite les actions de couplage sédimentaire.

Cette stratégie doit se développer sur l'ensemble de ces tronçons pour être efficace sur le court, moyen et sur le long terme et se justifie également compte-tenu de l'état de déstockage des matériaux.

Cette étude permettra ainsi dans le futur de disposer de **sources sédimentaires connectables** avec un accompagnement simple (déboisement, déstabilisation des terrains...) ou un accompagnement mécanique (transfert-réinjection).

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-SUIVI
4.1.1



FRA_1

FRA_2

FRA_3

AXE 4 Contrôler pour évaluer, évaluer pour évoluer

Action 1 Continuer l'exploration du bassin versant du Frayol

Sous-action 1 Rechercher des réservoirs sédimentaires à activer

Type d'opération Étude

ENJEUX CONCERNÉS :

Trajectoire géomorphologique du Frayol, soutien de la fourniture sédimentaire actuellement indigente sur les tronçons amont (FRA_1 à FRA_3).

STRATÉGIE À METTRE EN ŒUVRE :

Il s'agira dans un premier temps de réaliser une analyse géomorphologique confrontant la topographie des versants (BD Alti de l'IGN), la végétation (Orthophotographie aérienne) et la géologie (carte géologique), afin de repérer les zones couplées et découplées, et ainsi porter un diagnostic sur les possibilités de couplage futur.

Plusieurs éléments devront ensuite être déterminés tels que le volume de matériaux disponible, la technique d'injection des matériaux, le coût de chaque opération (déboisement, transfert-injection des matériaux...) et des éléments complémentaires (maîtrise foncière...).

Cette étude pourrait être effectuée par un étudiant de Master (M1 ou M2), par exemple de l'Université de Grenoble, des étudiants ayant déjà travaillé sur l'Escoutay. Le personnel du SMBEF encadrerait cet étudiant et validerait avec lui sur le terrain les secteurs pressentis. Lors de la formation du personnel du SMBEF (cf. fiche-action 5.1.1), la recherche de sites sera abordée, de sorte que le SMBEF puisse encadrer l'étudiant.

Les résultats de l'étude permettront alors de bâtir une stratégie tenant en compte du coût des opérations par rapport à leur impact en termes de recharge sédimentaire, de l'évolution effective de l'incision du lit et du positionnement de la zone d'injection.

Les résultats du suivi dynamique, en particulier ceux concernant la vitesse de propagation de la charge alluviale (cf. fiche-suivi 4.2.1) permettront d'affiner la stratégie dans le futur.



FRA_3

Exemple du tronçon ESC_3

Dans ce tronçon, on remarque sur la photographie ci-contre une très forte végétalisation des versants, mais également un potentiel intéressant en termes de couplage sédimentaire latéral (par reconnexion versants-lit). En revanche, la présence de la RN102 en rive droite et de la voie ferrée en rive gauche sont des facteurs limitant.

L'action de l'érosion diffuse est fortement entravée par la végétation. Toutefois, des zones sont exploitables en aval de la route ou encore dans les différents affluents (ruisseau des Avents ou de Vauderon).

Possibilités de couplage sédimentaire latéral dans le tronçon ESC_3

ATTENDUS ET OBJECTIFS :

Rechercher des sites potentiellement intéressants pour améliorer la recharge sédimentaire

Soutenir la recharge sédimentaire dans le temps

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-SUIVI
4.1.1



FRA_1

FRA_2

FRA_3

AXE 4 Contrôler pour évaluer, évaluer pour évoluer

Action 1 Continuer l'exploration du bassin versant du Frayol

Sous-action 1 Rechercher des réservoirs sédimentaires à activer

Type d'opération Étude

INCIDENCES SUR LA FAUNE ET LA FLORE :

Néant

OBLIGATIONS RÉGLEMENTAIRES :

Les obligations réglementaires indiquées sont sous réserve de modification du Code de l'Environnement.

Type	À effectuer
Déclaration au titre du Code de l'Environnement	
Autorisation environnementale au titre du Code de l'Environnement	
Évaluation environnementale (anciennement étude d'impact au cas par cas ou complète) au titre du Code de l'Environnement	
Dossier de dérogation des espèces protégées au titre de l'Article 211	
Déclaration d'Utilité Publique dans le cas où de l'acquisition foncière est à prévoir	

COÛT DE L'ACTION :

Le coût de l'action s'élève à 5 000 € HT incluant la réalisation de l'étude, le petit matériel et la rémunération de l'étudiant.

RELATION AVEC D'AUTRES FICHES DU PLAN DE GESTION :

Cette fiche est à mettre en relation directe avec la fiche-action 3.2.1 traitant des opérations de couplage sédimentaire par reconnexion versant-lit.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-SUIVI
4.1.2



FRA_2

FRA_3

FRA_4

AXE 4 Contrôler pour évaluer, évaluer pour évoluer

Action 1 Continuer l'exploration du bassin versant du Frayol

Sous-action 2 Suivi du débit liquide du Frayol

Type d'opération Suivi dynamique

MOTIVATION DE LA FICHE :

Le bassin versant du Frayol n'est pas jaugé. Aucune données hydrométriques et limnimétriques observées ne sont donc disponibles. Or, il s'agit de données essentielles (débits classés, hydrogrammes de crue...) à la compréhension du comportement hydrologique du bassin versant, mais également à la compréhension du fonctionnement dynamique du Frayol, notamment en termes de transport solide, capacité de charriage...

Ainsi, il serait intéressant d'engager un **jaugeage du Frayol**, afin d'obtenir de la donnée fiable sur l'hydrologie du bassin versant, vérifier les extrapolations réalisées dans le cadre du diagnostic hydromorphologique et mieux appréhender la **corrélation ente débits liquide et solide**.

ENJEUX CONCERNÉS :

Mieux connaître le comportement hydrologique du bassin versant du Frayol

STRATÉGIE À METTRE EN ŒUVRE :

La stratégie à mettre en œuvre comprend deux étapes :

- **Étape 1 : établir une courbe de tarage.** Il s'agira de réaliser des campagnes de jaugeage ponctuelles durant lesquelles débit et hauteur d'eau correspondante seront mesurés à l'aide d'un débitmètre type moulinet. Cette opération pourra être réalisée par le SMBEF moyennant la location de l'appareil de mesures.

Les mesures seront effectuées au pont d'Aubignas, au pont Neuf (pont N102) et au Teil au pont de la RD86.

Pour chacun des trois sites, on effectuera une dizaine de mesures réparties entre la période de basses eaux et la période de hautes eaux, afin de bien représenter la variabilité du débit selon le régime hydrologique du Frayol. On reportera ensuite sur un graphique les dix débits mesurés en fonction des hauteurs d'eau mesurées correspondantes. On obtiendra ainsi la courbe de tarage pour chacun des trois sites.

- **Étape 2 : mettre en place un suivi débitmétrique par interprétation de la hauteur d'eau et transformation par une loi hauteur-débit (courbe de tarage).** Il s'agira de positionner un capteur radar sous le radier des ponts, afin de déterminer le niveau des eaux de surface. Couplé à une échelle limnimétrique et un calage de l'appareil, celui-ci sera en capacité de fournir la hauteur d'eau d'écoulement sur toute la tranche d'écoulement. Le débit sera obtenu à partir de la courbe de tarage du site qui sera fournie et intégrée. Ce type d'appareil « sans contact » est adapté au cours d'eau « cévenol » caractérisé par des étiages sévères et des crues aussi soudaines que violentes qui pourraient endommager les appareils dans le cas de stations de jaugeage.



Exemple de suivi débitmétrique par capteur radar (Source : OTT Hydromet)



PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-SUIVI

4.1.2



FRA_2

FRA_3

FRA_4

AXE 4 Contrôler pour évaluer, évaluer pour évoluer

Action 1 Continuer l'exploration du bassin versant du Frayol

Sous-action 2 Suivi du débit liquide du Frayol

Type d'opération Suivi dynamique

ATTENDUS ET OBJECTIFS :

Obtenir des données fiables sur l'hydrologie du bassin versant

Mieux connaître la relation entre débit liquide et débit solide

Valider, voire ajuster, les extrapolations réalisées dans le cadre du diagnostic hydromorphologique

INCIDENCES SUR LA FAUNE ET LA FLORE :

Néant

OBLIGATIONS RÉGLEMENTAIRES :

Néant

COÛT DE L'ACTION :

Description	Prix (€ HT)
Campagnes de jaugeage ponctuelles au moulinet	3 000 €
Station débitmétrique par capteur radar (fourniture et pose du matériel, mise en service, maintenance technique du matériel, traitement des données et mise à disposition des données brutes et traitées au Maître d'ouvrage)	10 000 €

RELATION AVEC D'AUTRES FICHES DU PLAN DE GESTION :

Néant

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-SUIVI
4.2.1



FRA_1

FRA_2

FRA_3

FRA_4

AXE 4 Contrôler pour évaluer, évaluer pour évoluer

Action 2 Mettre en place un suivi dynamique

Sous-action 1 Suivi du transport solide

Type d'opération Suivi dynamique

MOTIVATION DE L'AXE :

L'hydromorphologie est une science récente et dans la plupart des bassins versants, le recul en termes de connaissance des processus géomorphologiques actifs est encore assez limité.

Le contexte actuel de **péjoration climatique** (depuis la sortie du Petit Âge Glaciaire et ses derniers effets) impacte fortement la **fourniture sédimentaire**, base du fonctionnement dynamique des cours d'eau. Le Frayol est sensible à ce contexte et présente ainsi une partie amont et médiane (FRA_1 à FRA_3) du bassin s'écoulant sur la roche. Ce **déséquilibre sédimentaire** dénote un fonctionnement erratique du transport solide et une **déconnexion sédimentaire importante**. Cette situation implique de mener des actions de fond (**forçages dirigés**) visant à **renforcer la ressource sédimentaire** et à **accompagner son transit**. Toutefois, la connaissance des processus géomorphologiques et de la trajectoire géomorphologique est insuffisante par manque de recul en termes d'observations, de suivi et de mesures effectives (volume de la ressource sédimentaire, transfert du stock alluvial, nature des alluvions...).

En conséquence, pour mettre en place une gestion cohérente et *a fortiori* un plan de gestion impactant (=forçant) la trajectoire géomorphologique, nous ne disposons pas du recul suffisant concernant le suivi des processus d'**injection naturelle** (couplage sédimentaire au sens d'Harvey, 2001) de la charge solide (éboulisation, érosion...), des processus de **stockage** (structures alluvionnaires...) et des processus de **transport** (propagation en volume, tri granulométrique...). En effet, à l'instar des chroniques de débits liquides, le débit solide n'est connu que par une approche calculatoire. Il est donc important de mettre en place un suivi des processus du transport solide permettant de mieux le connaître pour mieux l'accompagner.

Pour mener à bien cette mission de suivi dynamique, des mesures simples, faibles et faciles à interpréter sont préconisées à travers un **suivi dynamique rustique et robuste**, dont une partie pourrait être mise en œuvre directement par le SMBEF s'il le souhaite, après une formation dispensée à cet effet par HYDRETUDES.

MOTIVATION DE LA FICHE :

Le transport solide dans le bassin versant du Frayol est mal connu et peu documenté. Il est donc primordial pour affiner et suivre le plan de gestion d'acquérir de la donnée par la métrologie pour mieux appréhender ce phénomène.

Dans le contexte actuel de tarissement sédimentaire et dans l'état sédimentaire du bassin (lit s'écoulant sur le substratum, incision), cette connaissance est importante notamment si l'on met en œuvre des actions de renforcement de la ressource par réactivation du couplage sédimentaire et par recharge sédimentaire (au sens de Landon *et al.*, 1999).

ENJEUX CONCERNÉS :

Mieux connaître le transport solide et ainsi affiner le plan en l'évaluant

MÉTHODE À METTRE EN ŒUVRE :

Pour connaître le transport solide, plusieurs méthodes éprouvées doivent être mises en œuvre simultanément. Cette démarche doit être réalisée en continu, de sorte que l'on obtienne des chroniques de données permettant de dépasser une vision statique et apporter ainsi une connaissance dynamique du transport solide (connaissance et évolution des processus contrôlant le transport solide).

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-SUIVI
4.2.1



FRA_1

FRA_2

FRA_3

FRA_4

AXE 4 Contrôler pour évaluer, évaluer pour évoluer

Action 2 Mettre en place un suivi dynamique

Sous-action 1 Suivi du transport solide

Type d'opération Suivi dynamique

Quatre éléments doivent être mesurés pendant (pour certains) et surtout après une phase active de transport solide (*i.e.* après une crue morphogène) :

1. MESURE DE LA GRANULOMÉTRIE permettant de connaître l'évolution de la granulométrie du substrat du lit par comparaison des courbes granulométriques. En effet, lorsque les diamètres de matériaux augmentent significativement, cela témoigne généralement d'une incision du lit (Komura & Simon, 1967 ; Williams & Wolman, 1984...). Le substrat initialement de type armure se transforme en pavage (au sens de Bray & Church, 1980). La mesure de la granulométrie permettra également de savoir si le substrat est **biogène**, c'est à dire bon support à la vie aquatique. En effet, les substrats biogènes intéressants comme habitat pour la faune aquatique sont les substrats dont la granulométrie est supérieure à 20 mm (Williams & Mundie, 1978 ; Jowett *et al.*, 1991). Les diversités biologiques les plus importantes se rencontrent dans des alluvions présentant un diamètre moyen de 40 à 50 mm (Evrard & Micha, 1995). En complément, on pourra également examiner la **forme des matériaux** (anguleux, cassés, roulés), témoignant du renouvellement ou non de la charge solide, et la présence ou non de **grains basaltiques** (*i.e.* noirs) comme marqueur.

Matériel nécessaire : sacs de prélèvement, pied à coulisse numérique, balance de précision, appareil photo subaquatique et mires photographiques



Matériel nécessaire pour les prélèvements granulométriques et le traitement : (a) pieds à coulisse numériques de 300 mm et 150 mm ; (b) appareil photographique numérique étanche pour photographier le substrat du lit ; (c) balances de différentes précisions pour les grains petits et moyens ; (d) classification granulométrique de Wentworth sandrisée (2002) ; (e) mires photographiques de 20 et 50 cm

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-SUIVI

4.2.1



FRA_1

FRA_2

FRA_3

FRA_4

AXE 4 Contrôler pour évaluer, évaluer pour évoluer

Action 2 Mettre en place un suivi dynamique

Sous-action 1 Suivi du transport solide

Type d'opération Suivi dynamique

Secteur de localisation : *a minima* exutoires des quatre tronçons du Frayol

Protocole de prélèvement :

- Choix du site : on privilégiera la couche superficielle du lit (armure ou pavage)
- Repérage de zones caractéristiques où le substrat apparaît nettement : (1) discrimination des particules de colmatage ($d < 8$ mm) qui se déposent après les matériaux grossiers et qui ne participent pas directement au transit de la charge grossière et (2) discrimination des éléments de rugosité (matériaux grossiers isolés) souvent ancrés en lit et très peu mobilisés lors des crues, constituant l'ossature du cours d'eau et assurant sa stabilité
- Prélèvement des cent premiers matériaux « au contact de la main » de manière aléatoire dans le sac de prélèvement

Protocole de traitement des éléments collectés :

Pour chacun des cent matériaux prélevés :

- Mesure du diamètre médian au pied à coulisse numérique
- Pesée du matériau à la balance
- Réalisation de la courbe granulométrique

La mesure de la granulométrie comme son interprétation étant simple à réaliser et nécessitant peu de matériel, elle pourra être effectuée par le personnel du SMBEF.

2. MESURE DU TRANSPORT SOLIDE pendant la crue au moyen d'un préleveur Helley-Smith. Cet appareil permet de déterminer la quantité de matériaux charriés en fonction du débit, mais également de qualifier la granulométrie des éléments transportés.

Les mesures devront être effectuées en crue pour chaque tronçon du Frayol au droit d'un pont (*e.g.* pont d'Aubignas pour FRA_2, pont Neuf pour FRA_3, pont de la RD86 pour FRA_4).

Ce type de suivi devra être externalisé, dans la mesure où la technique de collecte et l'exploitation nécessitent des appareils spécifiques coûteux.



Préleveur Helley-Smith avant sa mise à l'eau

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL

FICHE-SUIVI
4.2.1



FRA_1

FRA_2

FRA_3

FRA_4

AXE 4 Contrôler pour évaluer, évaluer pour évoluer

Action 2 Mettre en place un suivi dynamique

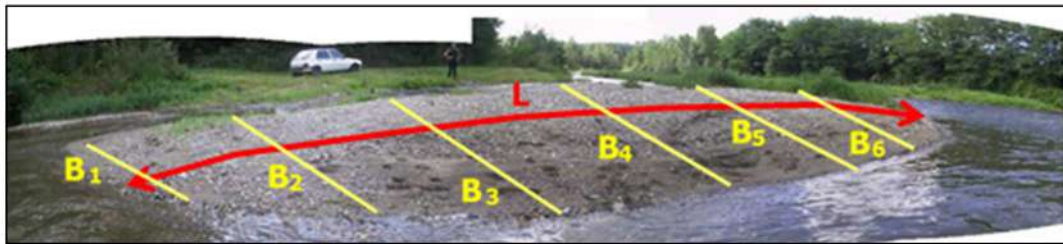
Sous-action 1 Suivi du transport solide

Type d'opération Suivi dynamique

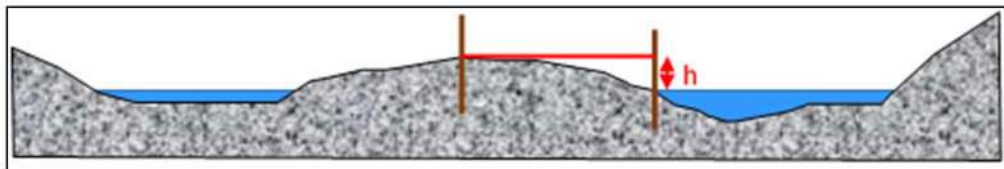
3. MESURE DU STOCK ALLUVIAL POST-CRUE permettant de suivre dans le temps et l'espace l'évolution des structures alluvionnaires (volume, degré de végétalisation, degré de mobilité...), et ainsi avoir une vision en particulier sur le transit sédimentaire (propagation ou *a contrario* fixation...). Il s'agira de poursuivre l'analyse réalisée lors de la phase 1 de la mission, qui constituera le point zéro pour comparaison.

Après chaque crue morphogène, lors d'un parcours pédestre des tronçons FRA_3 et FRA_4 du Frayol, le protocole consistera à :

- Géoréférencer la structure alluvionnaire
- Mesurer à l'aide d'un quintuple-décamètre la longueur de la structure alluvionnaire en se plaçant sur l'axe central et plusieurs largeurs selon des transects situés environ tous les 1/10^e de sa longueur



- Mesurer la hauteur moyenne de la structure alluvionnaire par rapport au fil d'eau



- Déterminer le stade d'évolution (degré de végétalisation) selon la typologie développée par HYDRETUDES

L'ensemble de ces mesures permettra d'estimer le volume de matériaux stockés dans chaque structure alluvionnaire (suivi local) des tronçons FRA_3 et FRA_4, et également d'obtenir le volume du stock alluvial par tronçon et par degré de mobilité (suivi global), à l'instar de l'analyse réalisée lors de la phase 1. Les données collectées pourront faire l'objet d'une base de données SIG. Ce suivi métrologique pourra être externalisé ou réalisé par le personnel du SMBEF.

4. MESURE DE LA VITESSE DE PROPAGATION DE LA CHARGE ALLUVIALE. La vitesse de propagation de la charge alluviale spécifique à chaque cours d'eau est très mal documentée. Il y a encore quelques années des évaluations étaient fournies pour quelques rares cours d'eau et relevaient le plus souvent d'une simple estimation ou d'une mesure sur une crue.

Les méthodes actuelles permettent de réaliser des mesures précises et fiables par **traçage des grains de lit à l'aide de PIT-tags** constitués d'une micro-puce et d'un solénoïde encapsulé dans un étui en verre biocompatible. Le protocole de mesure consistera à percer des matériaux couvrant plusieurs classes granulométriques et à insérer un PIT-tag dans le grain. Le trou de perçage sera rebouché à la résine et les grains tracés seront remis en eau. Après une crue morphogène, ils seront retrouvés au moyen d'une antenne. Ce type de suivi (marquage, traçage, recherche) devra être externalisé.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-SUIVI

4.2.1



FRA_1

FRA_2

FRA_3

FRA_4

AXE 4 Contrôler pour évaluer, évaluer pour évoluer

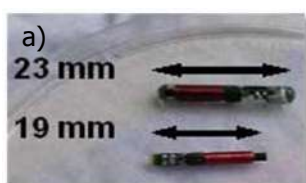
Action 2 Mettre en place un suivi dynamique

Sous-action 1 Suivi du transport solide

Type d'opération Suivi dynamique

L'utilisation de PIT-tags permettra ainsi de mesurer la **distance parcourue** lors d'une crue par les matériaux du lit et d'évaluer plus précisément le temps de transit des matériaux. Par ailleurs, en équipant des grains de tailles différentes préalablement pesés et mesurés, on pourra également définir le **tri granulométrique** effectué lors de la crue, c'est-à-dire la dispersion des grains vers l'aval en fonction de leur taille et de leur poids. On aura donc de précieux renseignements sur le transfert des matériaux.

La campagne de mesure concernera notamment les tronçons FRA_3 et FRA_4. On effectuera également ce type de suivi dans le cas où d'éventuelles opérations de recharge sédimentaire seront réalisées, afin de mesurer la dissémination des grains injectés.



(a) Pit-tag de 23 et 19 mm, petite antenne de recherche (b) et (c) galets percés avant insertion d'un PIT-tag

ATTENDUS ET OBJECTIFS :

Obtenir des données fiables (méthode rustique et robuste) sur le transport solide au-delà d'une simple approche calculatoire, permettant ainsi de mieux appréhender le transport solide du Frayol, en particulier les volumes concernés, et de valider, voire caler, les formules de transport solide.

INCIDENCES SUR LA FAUNE ET LA FLORE :

Néant

OBLIGATIONS RÉGLEMENTAIRES :

Les obligations réglementaires indiquées sont sous réserve de modification du Code de l'Environnement.

Type	À effectuer
Déclaration au titre du Code de l'Environnement	
Autorisation environnementale au titre du Code de l'Environnement	
Évaluation environnementale (anciennement étude d'impact au cas par cas ou complète) au titre du Code de l'Environnement	
Dossier de dérogation des espèces protégées au titre de l'Article 211	
Déclaration d'Utilité Publique dans le cas où de l'acquisition foncière est à prévoir	

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



**FICHE-SUIVI
4.2.1**



FRA_1

FRA_2

FRA_3

FRA_4

AXE 4 Contrôler pour évaluer, évaluer pour évoluer

Action 2 Mettre en place un suivi dynamique

Sous-action 1 Suivi du transport solide

Type d'opération Suivi dynamique

COÛT DE L'ACTION :

Type de suivi	Description	Prix (€ HT)
Mesure granulométrique	Acquisition du matériel (pied à coulisse, balance, sacs de prélèvement, appareil photo subaquatique, mires...)	800 €
Mesure du transport solide par Helley-Smith au droit de deux ponts	Préparation, essai sur site, analyse en laboratoire et livrable	12 000 €
Mesure du stock alluvial	Dans le cas où le SMBEF souhaite l'externaliser : terrain avec levé GPS, post-traitement, livrable sous la forme d'une base de données SIG	5 000 €
Mesure de la vitesse de propagation de la charge alluviale par traçage PIT-tags		10 000 €

RELATION AVEC D'AUTRES FICHES DU PLAN DE GESTION :

Cette fiche est à mettre en relation directe avec les fiches-suivi 4.2.2 et 4.2.3 traitant du suivi dynamique.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-SUIVI
4.2.2



FRA_4

AXE 4 Contrôler pour évaluer, évaluer pour évoluer

Action 2 Mettre en place un suivi dynamique

Sous-action 2 Suivi de l'incision du lit

Type d'opération Suivi dynamique

MOTIVATION DE L'AXE :

L'hydromorphologie est une science récente et dans la plupart des bassins versants, le recul en termes de connaissance des processus géomorphologiques actifs est encore assez limité.

Le contexte actuel de **péjoration climatique** (depuis la sortie du Petit Âge Glaciaire et ses derniers effets) impacte fortement la **fourniture sédimentaire**, base du fonctionnement dynamique des cours d'eau. Le Frayol est sensible à ce contexte et présente ainsi une partie amont et médiane (FRA_1 à FRA_3) du bassin s'écoulant sur la roche. Ce **déséquilibre sédimentaire** dénote un fonctionnement erratique du transport solide et une **déconnexion sédimentaire importante**. Cette situation implique de mener des actions de fond (**forçages dirigés**) visant à **renforcer la ressource sédimentaire** et à **accompagner son transit**. Toutefois, la connaissance des processus géomorphologiques et de la trajectoire géomorphologique est insuffisante par manque de recul en termes d'observations, de suivi et de mesures effectives (volume de la ressource sédimentaire, transfert du stock alluvial, nature des alluvions...).

En conséquence, pour mettre en place une gestion cohérente et *a fortiori* un plan de gestion impactant (=forçant) la trajectoire géomorphologique, nous ne disposons pas du recul suffisant concernant le suivi des processus d'**injection naturelle** (couplage sédimentaire au sens d'Harvey, 2001) de la charge solide (éboulisation, érosion...), des processus de **stockage** (structures alluvionnaires...) et des processus de **transport** (propagation en volume, tri granulométrique...). En effet, à l'instar des chroniques de débits liquides, le débit solide n'est connu que par une approche calculatoire. Il est donc important de mettre en place un suivi des processus du transport solide permettant de mieux le connaître pour mieux l'accompagner.

Pour mener à bien cette mission de suivi dynamique, des mesures simples, faibles et faciles à interpréter sont préconisées à travers un **suivi dynamique rustique et robuste**, dont une partie pourrait être mise en œuvre directement par le SMBEF s'il le souhaite, après une formation dispensée à cet effet par HYDRETUDES.

MOTIVATION DE LA FICHE :

Les forçages climatique (réchauffement suite à la sortie du Petit Âge Glaciaire) et anthropique génèrent l'incision des lits fluviaux, notamment en France. Le Frayol n'échappe pas à cette situation, en témoigne l'analyse diachronique en altimétrie réalisée sur le tronçon FRA_4.

Ainsi, le profil en long 2016 dans la traversée du Teil présente une tendance à l'incision depuis 2005 sur 30% du linéaire du tronçon FRA_4. Les tronçons FRA_1 à FRA_3 ne disposent pas de profils en long anciens permettant une comparaison avec le levé 2016. Néanmoins, le lit s'écoulant directement sur des affleurements rocheux conséquents, on peut considérer qu'il a déjà déstocké son plancher alluvial (incision « consommée ») et que le profil en long est maintenant contrôlé par la roche.

Avec les données disponibles à l'heure actuelle, il est difficile de porter un diagnostic fiable (analyse diachronique sur une décennie, période limitée). Par ailleurs, compte tenu de la péjoration climatique et de son corollaire le tarissement sédimentaire, il est vraisemblablement probable que l'incision soit une tendance durable.

Il est donc impératif de suivre l'évolution altimétrique du lit du Frayol, en particulier dans la traversée du Teil (FRA_4).

ENJEUX CONCERNÉS :

Le Teil pour le risque de sur-inondation dans le cas d'un exhaussement du lit et la stabilité des ouvrages d'art dans le cas d'une incision du lit

Recharge sédimentaire par transfert-réinjection entre zones exhaussees et zones incisées

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-SUIVI
4.2.2



FRA_4

AXE 4 Contrôler pour évaluer, évaluer pour évoluer

Action 2 Mettre en place un suivi dynamique

Sous-action 2 Suivi de l'incision du lit

Type d'opération Suivi dynamique

MÉTHODE À METTRE EN ŒUVRE :

La méthode consiste à réaliser un levé bathymétrique du Frayol (**profil en long du fond et fil d'eau**) après **chaque crue morphogène** et superposable à celui effectué septembre 2016 par HYDRETUDES dans le cadre de la présente mission. À cet effet, on s'attachera à réaliser le profil en long dans des conditions similaires à celui de 2016, ce qui facilitera notamment le recalage en abscisse du profil avec ce dernier :

1. **Fréquence de mesure** : une prise de mesure du fond et du fil d'eau à l'aplomb du fond tous les 50 mètres environ, avec une densification des mesures lors du passage de seuils naturels ou anthropiques, lors de rupture de pente significative et à chaque changement de nature de sol ;
2. **Linéaire à considérer** : Frayol depuis la confluence avec le ravin de Courion jusqu'à son exutoire dans le Rhône (tronçon FRA_4), soit un linéaire d'environ 3,3 km.

Une fois les étapes d'acquisition et de recalage effectuées, il s'agira de comparer le profil en long post-crue avec le profil en long 2016 constituant le point-zéro de l'analyse, afin d'évaluer l'évolution du lit du Frayol sur le tronçon FRA_4 (secteurs incisés, en exhaussement et/ou stables).

On pourra également superposer le profil en long du fond du lit depuis Alba-la-Romaine levé en février 2005, afin d'avoir une vision de l'évolution altimétrique sur un pas de temps plus large.

ATTENDUS ET OBJECTIFS :

Dans le contexte généralisé d'incision des lits fluviaux, il est essentiel de suivre l'évolution altimétrique du lit du Frayol dans la traversée du Teil, afin de :

- Connaître la rapidité d'évolution du phénomène
- Connaître les zones préférentiellement affectées par ce processus et prendre alors des mesures plus ciblées de forçage local pour essayer de lisser cette érosion verticale
- Bien appréhender les efforts à entreprendre (techniques, coût, fréquence d'intervention...)
- Mesurer l'impact des forçages dirigés proposés dans le cadre du présent plan de gestion

INCIDENCES SUR LA FAUNE ET LA FLORE :

Néant

OBLIGATIONS RÉGLEMENTAIRES :

Les obligations réglementaires indiquées sont sous réserve de modification du Code de l'Environnement.

Type	À effectuer
Déclaration au titre du Code de l'Environnement	
Autorisation environnementale au titre du Code de l'Environnement	
Évaluation environnementale (anciennement étude d'impact au cas par cas ou complète) au titre du Code de l'Environnement	
Dossier de dérogation des espèces protégées au titre de l'Article 211	
Déclaration d'Utilité Publique dans le cas où de l'acquisition foncière est à prévoir	

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-SUIVI
4.2.2



FRA_4

AXE 4 Contrôler pour évaluer, évaluer pour évoluer

Action 2 Mettre en place un suivi dynamique

Sous-action 2 Suivi de l'incision du lit

Type d'opération Suivi dynamique

COÛT DE L'ACTION :

Le coût s'élève à environ 5 000 € HT incluant le levé d'un profil en long d'environ 3 km (FRA_4) et le post-traitement dont le recalage du profil avec celui de 2016.

RELATION AVEC D'AUTRES FICHES DU PLAN DE GESTION :

Cette fiche est à mettre en relation directe avec la fiche-action 1.2.1 traitant de la gestion du profil en long du tronçon FRA_4 par des opérations de recharge sédimentaire, et la fiche-suivi 4.2.1 concernant le suivi dynamique du transport solide.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-SUIVI
4.2.3



FRA_2

FRA_3

FRA_4

AXE 4 Contrôler pour évaluer, évaluer pour évoluer

Action 2 Mettre en place un suivi dynamique

Sous-action 3 Suivi de la recharge sédimentaire

Type d'opération Suivi dynamique

MOTIVATION DE L'AXE :

L'hydromorphologie est une science récente et dans la plupart des bassins versants, le recul en termes de connaissance des processus géomorphologiques actifs est encore assez limité.

Le contexte actuel de **péjoration climatique** (depuis la sortie du Petit Âge Glaciaire et ses derniers effets) impacte fortement la **fourniture sédimentaire**, base du fonctionnement dynamique des cours d'eau. Le Frayol est sensible à ce contexte et présente ainsi une partie amont et médiane (FRA_1 à FRA_3) du bassin s'écoulant sur la roche. Ce **déséquilibre sédimentaire** dénote un fonctionnement erratique du transport solide et une **déconnexion sédimentaire importante**. Cette situation implique de mener des actions de fond (**forçages dirigés**) visant à **renforcer la ressource sédimentaire** et à **accompagner son transit**. Toutefois, la connaissance des processus géomorphologiques et de la trajectoire géomorphologique est insuffisante par manque de recul en termes d'observations, de suivi et de mesures effectives (volume de la ressource sédimentaire, transfert du stock alluvial, nature des alluvions...).

En conséquence, pour mettre en place une gestion cohérente et *a fortiori* un plan de gestion impactant (=forçant) la trajectoire géomorphologique, nous ne disposons pas du recul suffisant concernant le suivi des processus d'**injection naturelle** (couplage sédimentaire au sens d'Harvey, 2001) de la charge solide (éboulisation, érosion...), des processus de **stockage** (structures alluvionnaires...) et des processus de **transport** (propagation en volume, tri granulométrique...). En effet, à l'instar des chroniques de débits liquides, le débit solide n'est connu que par une approche calculatoire. Il est donc important de mettre en place un suivi des processus du transport solide permettant de mieux le connaître pour mieux l'accompagner.

Pour mener à bien cette mission de suivi dynamique, des mesures simples, faibles et faciles à interpréter sont préconisées à travers un **suivi dynamique rustique et robuste**, dont une partie pourrait être mise en œuvre directement par le SMBEF s'il le souhaite, après une formation dispensée à cet effet par HYDRETUDES.

MOTIVATION DE LA FICHE :

Les opérations de recharge sédimentaire par transfert-réinjection prévues dans le cadre du plan de gestion nécessitent de déclencher un suivi spécifique, afin de mesurer l'efficacité et l'impact de ces opérations. En effet, de par leur nature et le volume des matériaux engagés, il convient de vérifier que ces opérations ne viennent pas perturber le fonctionnement dynamique du Frayol, et en particulier n'altèrent pas le substrat du lit par colmatage.

ENJEUX CONCERNÉS :

Milieu aquatique, notamment les habitats de reproduction des espèces lithophiles

MÉTHODE À METTRE EN ŒUVRE :

Deux éléments doivent être mesurés pour suivre les opérations de recharge sédimentaire :

- 1. LE COLMATAGE DU LIT À L'AVAL DES POINTS DE RÉINJECTION.** Il s'agira de mesurer l'impact effectif de la réinjection de matériaux sur un éventuel colmatage du lit, en particulier sur une éventuelle diminution de l'épaisseur hyporhéique du lit. En effet, le colmatage est le phénomène d'infiltration et de dépôt de particules fines dans le lit d'un cours d'eau (armure et couche interne). Le colmatage est le facteur qui limite notamment les échanges d'eau et de nutriments, la circulation des invertébrés et microorganismes entre la surface et le milieu interstitiel, et banalise les habitats interstitiels.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-SUIVI
4.2.3



FRA_2

FRA_3

FRA_4

AXE 4 Contrôler pour évaluer, évaluer pour évoluer

Action 2 Mettre en place un suivi dynamique

Sous-action 3 Suivi de la recharge sédimentaire

Type d'opération Suivi dynamique

Le colmatage est donc un élément pénalisant l'intérêt du substrat pour la vie aquatique (aspect biogène du substrat). La recharge sédimentaire peut contribuer à colmater certaines zones, il est donc important de suivre ce facteur.

Les mesures de colmatage ne seront réalisées que si l'injection de matériaux se fait en amont d'une zone où il existe un plancher alluvial. En effet, en cas d'injection dans des secteurs où le lit s'écoule sur des affleurements rocheux, ce type de mesure sera totalement inutile, car il n'existe plus de plancher alluvial et donc plus d'épaisseur hyporhéique efficace.

Dans le cas où le lit s'écoule sur ses propres alluvions, il s'agira **à l'aval de chaque point d'injection** de :

- Réaliser des mesures-témoin avant l'injection des matériaux
- Réaliser de nouveau les mêmes mesures après l'injection et la première crue morphogène susceptible de disséminer les matériaux injectés
- Comparer les résultats post-injection/post-crue avec les résultats témoins, afin d'analyser s'il y a équilibre, amélioration ou péjoration

Le protocole de mesure du colmatage consistera à mettre en œuvre différentes techniques simples et fiables :

- **Mesure de l'épaisseur hyporhéique** : l'épaisseur hyporhéique concerne l'épaisseur du lit (armure et couche interne), dans laquelle s'infiltre et circule de l'eau et du dioxygène. Cette partie du lit est dite en normoxie (*i.e.* suffisamment chargée en dioxygène pour satisfaire aux besoins des espèces présentes). La partie du lit où le dioxygène est insuffisant pour satisfaire les besoins de la vie aquatique interstitielle est dite en hypoxie.

Il y a donc dans la partie de l'épaisseur du lit en normoxie une vie riche (micro-invertébrés, bactéries...). Elle participe activement aux réactions biogéochimiques du lit et à la capacité auto-épuratoire du cours d'eau. Elle garantit également le non-colmatage des frayères lors de leur constitution par les géniteurs.

L'épaisseur hyporhéique sera mesurée au moyen de **sticks hypoxiques** (Tremblay, 2006) répartis sur le linéaire du Frayol à l'aval de chaque point de réinjection, et consistant à planter en lit des tasseaux de pin non traités de section 10 x 10 x 300 mm et de les y laisser incuber un mois. Au retrait, la partie en normoxie (eau + dioxygène) est restée normale. Au contraire, la partie en hypoxie a pris une teinte grisée ou est rayée de gris. Cette teinte est due à la présence de bactéries sulfato-réductrices qui sont des micro-organismes anaérobies produisant leur énergie en réduisant les sulfates en sulfure, d'où leur nom. C'est cette réduction qui colore le tasseau en gris.



- (a) Stick hypoxique après incubation, la partie grisée montre la zone en hypoxie qui n'est pas favorable à la vie aquatique. Entre le trait et le sommet du stick, on a donc l'épaisseur hyporhéique du lit ; (b) sticks hypoxiques avant leur pose en lit ; (c) stick hypoxique mis en incubation

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-SUIVI
4.2.3



FRA_2

FRA_3

FRA_4

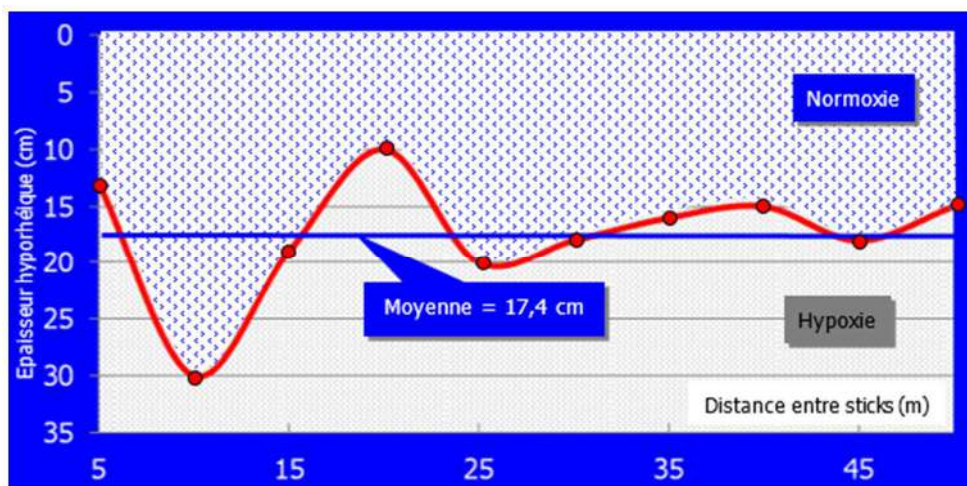
AXE 4 Contrôler pour évaluer, évaluer pour évoluer

Action 2 Mettre en place un suivi dynamique

Sous-action 3 Suivi de la recharge sédimentaire

Type d'opération Suivi dynamique

On obtiendra ainsi une courbe montrant l'évolution de l'épaisseur hyporhéique le long du linéaire du Frayol.



Exemple de graphique montrant l'évolution de l'épaisseur hyporhéique

- **Mesure de la conductivité hydraulique** permettant d'évaluer la vitesse de pénétration de l'eau dans l'épaisseur du substrat du lit, et ainsi compléter les mesures d'épaisseur hyporhéique et de circulation de dioxygène dans l'épaisseur des matériaux, et obtenir des informations sur le colmatage profond.

La conductivité hydraulique sera mesurée à l'aide d'une pipe d'injection (mini-piézomètre), dont le protocole d'utilisation est le suivant (Datry, 2010) :

- o On répartit 20 points de mesure sur 15 transects à partir d'un transect repéré préalablement. Les points doivent être espacés d'au moins 30 cm entre eux (il s'agit en fait de décaler les points entre eux pour bien balayer la zone investiguée)
- o On enfonce le mini-piézomètre avec un marteau jusqu'à la marque correspondant à 25 cm (repérage à faire au moyen d'un scotch de couleur sur le tube)
- o On mesure la hauteur d'eau d'air dans le tube au moyen d'un tube fileté passé à la craie (h_{air}) et on note la profondeur de l'eau au niveau du point de mesure (h_{eau})
- o On installe un entonnoir (hauteur notée h_{ento}) d'un litre au sommet du tube et on y verse un litre à l'aide d'un bécher gradué
- o On chronomètre le temps d'infiltration (D_t)
- o On calcule la conductivité hydraulique (K en m/s) par la formule suivante où D_{piezo} est le diamètre du tube (soit 17 mm) (Baxter & Hauer, 2000) :

$$K = 0,2501 \frac{D_{piezo}}{D_t \ln \frac{h_0}{h_{air}}} \quad \text{avec } h_0 = h_{air} + h_{ento}$$

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-SUIVI
4.2.3



FRA_2

FRA_3

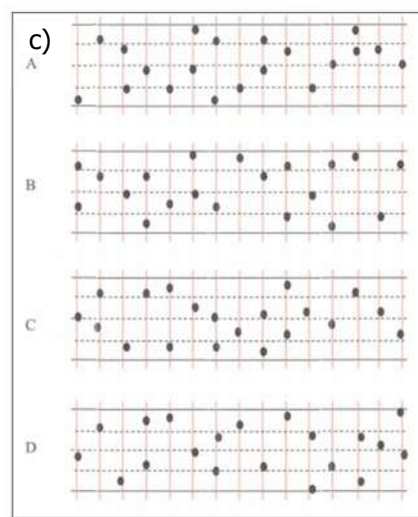
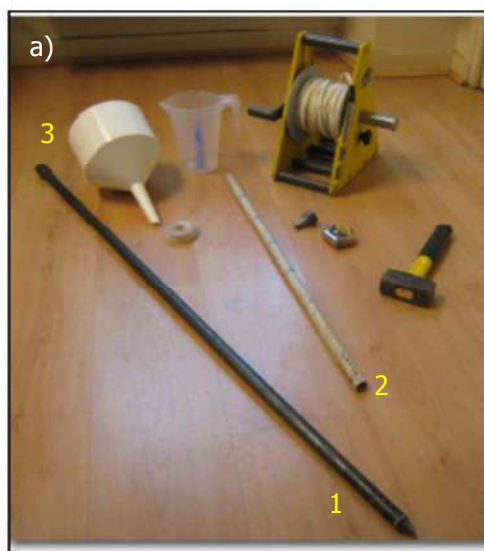
FRA_4

AXE 4 Contrôler pour évaluer, évaluer pour évoluer

Action 2 Mettre en place un suivi dynamique

Sous-action 3 Suivi de la recharge sédimentaire

Type d'opération Suivi dynamique



(a) Matériel nécessaire pour la mesure de la conductivité hydraulique (1 : pipe d'injection ; 2 : tube gradué pour mesurer le niveau ; 3 : entonnoir d'un litre pour injecter et mesurer le temps de transfert dans le lit), (b) schéma de la pipe d'injection et (c) exemple de positionnement des points de mesure sur quatre transects (d'après Datry, 2010)

- **Évaluation directe du degré de colmatage** reposant sur un test visuel. Il s'agit de soulever un élément du substrat identifié comme « substrat dominant ». On estime alors son degré de facilité d'extraction, ainsi que la densité à l'œil du nuage de Matières En Suspension (MES) éventuellement soulevé. En fonction de ces deux critères, on obtient le degré de colmatage selon la classification d'Archambaud *et al.* (2005).

DEGRÉ DE COLMATAGE	
Classe	Caractéristiques déterminantes
1	Eléments se soulevant facilement. Les éléments sont posés sur la sous-couche granulométrique et ne génèrent pas de MES.
2	Eléments se soulevant plus difficilement que la classe 1. Toutefois le nuage de MES généré est peu dense, le pavage est « collé » par une couche limoneuse légèrement colmatante et qui lie les éléments entre eux.
3	Les éléments sont très enchâssés et se soulèvent avec un nuage de MES assez épais.
4	La structure est enchâssée dans une sous-couche très colmatante dont l'emprise est forte sur les éléments. Le nuage de MES est très dense.
5	Les éléments ne se soulèvent pas ou très difficilement (structure cimentée ou sous forme d'un dallage). C'est le cas lorsque la granulométrie est recouverte par une épaisse couche de limon.

Degré de colmatage (d'après Archambaud *et al.*, 2005)

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-SUIVI
4.2.3



FRA_2

FRA_3

FRA_4

AXE 4 Contrôler pour évaluer, évaluer pour évoluer

Action 2 Mettre en place un suivi dynamique

Sous-action 3 Suivi de la recharge sédimentaire

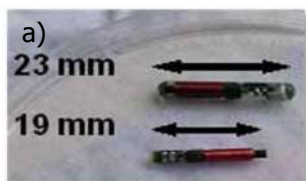
Type d'opération Suivi dynamique

2. LE SUIVI DE L'INJECTION consistant à suivre la dissémination en lit des matériaux réinjectés. Il s'agit donc de mesurer la **vitesse de propagation de la charge alluviale** et le **tri granulométrique** qu'effectue le Frayol lorsqu'il mobilise les matériaux réinjectés (*i.e.* en crue, lorsque le seuil de mise en mouvement est franchi).

La vitesse de propagation de la charge alluviale spécifique à chaque cours d'eau est très mal documentée. Il y a encore quelques années des évaluations étaient fournies pour quelques rares cours d'eau et relevaient le plus souvent d'une simple estimation ou d'une mesure sur une crue.

Les méthodes actuelles permettent de réaliser des mesures précises et fiables par **traçage des grains de lit à l'aide de PIT-tags** constitués d'une micro-puce et d'un solénoïde encapsulé dans un étui en verre biocompatible. Le protocole de mesure consistera à percer des matériaux couvrant plusieurs classes granulométriques et à insérer un PIT-tag dans le grain. Le trou de perçage sera rebouché à la résine et les grains tracés seront remis en eau. Après une crue morphogène, ils seront retrouvés au moyen d'une antenne. Ce type de suivi (marquage, traçage, recherche) devra être externalisé.

L'utilisation de PIT-tags permettra ainsi de mesurer la **distance parcourue** lors d'une crue par les matériaux du lit et d'évaluer plus précisément le temps de transit des matériaux. Par ailleurs, en équipant des grains de tailles différentes préalablement pesés et mesurés, on pourra également définir le **tri granulométrique** effectué lors de la crue, c'est-à-dire la dispersion des grains vers l'aval en fonction de leur taille et de leur poids. On aura donc de précieux renseignements sur le transfert des matériaux.



(a) Pit-tag de 23 et 19 mm, petite antenne de recherche (b) et (c) galets percés avant insertion d'un PIT-tag

La mesure du colmatage pourra être réalisé par le personnel du SMBEF (peu de matériel nécessaire, réalisation et interprétation simples), tandis que le suivi de l'injection par traçage des grains devra être externalisé.

ATTENDUS ET OBJECTIFS :

Évaluer précisément le niveau de colmatage en aval des points de réinjection

Mesurer l'éventuel impact des opérations de recharge sédimentaire sur le colmatage et l'aspect biogène du substrat

Mesurer la dissémination des matériaux (vitesse de propagation *versus* tri granulométrique) en aval des points de réinjection

Affiner, si besoin, la stratégie de recharge sédimentaire

Bancariser des données fiables (méthode rustique et robuste)

INCIDENCES SUR LA FAUNE ET LA FLORE :

Néant

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



**FICHE-SUIVI
4.2.3**



FRA_2

FRA_3

FRA_4

AXE 4 Contrôler pour évaluer, évaluer pour évoluer

Action 2 Mettre en place un suivi dynamique

Sous-action 3 Suivi de la recharge sédimentaire

Type d'opération Suivi dynamique

OBLIGATIONS RÉGLEMENTAIRES :

Les obligations réglementaires indiquées sont sous réserve de modification du Code de l'Environnement.

Type	À effectuer
Déclaration au titre du Code de l'Environnement	
Autorisation environnementale au titre du Code de l'Environnement	
Évaluation environnementale (anciennement étude d'impact au cas par cas ou complète) au titre du Code de l'Environnement	
Dossier de dérogation des espèces protégées au titre de l'Article 211	
Déclaration d'Utilité Publique dans le cas où de l'acquisition foncière est à prévoir	

COÛT DE L'ACTION :

Type de suivi	Description	Prix (€ HT)
Mesure de l'épaisseur hyporhéique	Acquisition du matériel (tasseaux de bois, barre à mine, scie, fil électrique)	150 €
Mesure de la conductivité hydraulique	Acquisition du matériel (pipe d'injection, entonnoir...)	500 €
Mesure de la vitesse de propagation de la charge alluviale par traçage PIT-tags	À coordonner avec la fiche-suivi 4.2.1 traitant du suivi du transport solide	10 000 €

RELATION AVEC D'AUTRES FICHES DU PLAN DE GESTION :

Cette fiche est à mettre en relation directe avec la fiche-action 1.2.1 concernant la réalisation des opérations de transfert-réinjection sur le tronçon FRA_4 et la fiche-suivi 4.2.1 traitant du suivi du transport solide.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-SUIVI
4.2.3



FRA_2

FRA_3

FRA_4

AXE 4 Contrôler pour évaluer, évaluer pour évoluer

Action 2 Mettre en place un suivi dynamique

Sous-action 3 Suivi de la recharge sédimentaire

Type d'opération Suivi dynamique

ANNEXE : armure versus pavage

Un lit fluvial (rivières à graviers à lit mobile) se caractérise par la stratification des alluvions.

La partie supérieure grossière est appelée **armure** (Bray & Church, 1980). Son épaisseur est celle des plus grosses particules la constituant (Simon, 1986). Elle masque la sous-couche constituée de matériaux plus fins. Cette armure est liée à une ségrégation granulométrique des alluvions qui ont généralement une granulométrie étendue en rivière. Lors des crues, les éléments les plus fins sont mis en mouvement laissant alors les plus grossiers former une armure sur la surface du lit (Bray & Church, 1980). L'armure a environ un diamètre moyen (d_{50}) 2,5 fois plus grossier que celui de la sous-couche (Klingeman & Emmet, 1982). En revanche, les fractions grossières de ces deux strates sont très proches ($\geq d_{90}$) (Klingeman & Emmet, 1982 ; Hey & Thorne, 1983 ; Church, Mc Lean & Wolcott, 1987). Cette armure est remaniée régulièrement.

La **sous-couche** présente une granulométrie proche de celle de la charge de fond transitant à la différence de l'armure (Malavoi *et al.*, 2011).



Substrat (armure)

Sous-couche

Substrat et sous-couche (coupe de partie de lit exondée)

Le **pavage** présente une granulométrie très nettement supérieure à celle de la sous-couche avec une imbrication des matériaux sans tuilage (Bray & Church, 1980). Un pavage se forme lorsque la charge de fond est inexistante (Kellerhals, 1967), e.g. bloquée en amont par un barrage, supprimée par un reboisement intensif... voire lorsque le cours d'eau s'est incisé pendant une longue période (Bray & Church, 1980). L'absence de fourniture sédimentaire conduit alors à un tri granulométrique des particules grossières, ce tri s'exerçant de manière permanente (à la différence des armures qui sont remaniées régulièrement). Le pavage est ainsi souvent très stable.



Photographiques subaquatiques du gage de Pau : armure (à gauche) et pavage (à droite)

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-SUIVI
4.2.3



FRA_2

FRA_3

FRA_4

AXE 4 Contrôler pour évaluer, évaluer pour évoluer

Action 2 Mettre en place un suivi dynamique

Sous-action 3 Suivi de la recharge sédimentaire

Type d'opération Suivi dynamique

ANNEXE : le colmatage

Le colmatage se caractérise par le dépôt de matériaux fins, c'est-à-dire des matériaux dont le diamètre est inférieur à 2 mm (Gayraud et al., 2002). Ces matériaux peuvent s'infiltrer plus ou moins profondément entre les matériaux constitutifs du pavage du lit. Cette infiltration remplit les espaces interstitiels et altère le fonctionnement du pavage (Gayraud et al., 2002). Ainsi, le colmatage impacte principalement :

- Les **habitats des poissons** (Bjornn et al., 1977 ; Alexandre & Hansen, 1986) et en particulier les habitats de reproduction des espèces lithophiles (pondeurs sous gravier utilisant des frayères), et de fait le recrutement, en diminuant les taux de survie des œufs (Chapman, 1988).
- Les habitats de reproduction et d'alimentation des **macro-invertébrés** (Hynes, 1970 ; Minshall, 1984) comme leur répartition (Cummins & Lauff, 1969) et la structure de population (Richards, Host & Arthur, 1994).
- Les **biofilms épilithiques** enchâssés dans une matrice (ou mucus) d'exopolymères (Lock et al., 1984 ; Costerton, 2000) et adhérent à la surface du substrat grossier, diminuant ainsi le fonctionnement biogéochimique des cours d'eau (Push et al., 1998 ; Battin et al., 2003).
- La **circulation hyporhéique** (l'Hyporhéos est l'épaisseur de substrat dans lequel circule de l'eau et du dioxygène) ce qui va limiter les échanges avec la nappe ou la capacité auto-épuration du cours d'eau (Vervier et al., 1992 ; Datry et al., 2008).
- La **faune hyporhéique** que l'on peut rencontrer jusqu'à 30 cm de profondeur dans l'Hyporhéos (Gayraud et al., 2002).
- Les **processus d'érosion** en limitant fortement la mobilisation des alluvions en période de crue.

Le tableau ci-dessous résume suivant la taille des particules de colmatage l'impact principal qu'elles génèrent (Gayraud et al., 2002).

TAILLE DES PARTICULES DE COMATAGE ET TYPE D'IMPACT					
Taille des grains	Classes Wentworth				Impact
	A ^w	L ^w	SF ^w	SG ^w	
< 2 mm					Benthos
< 0,8 mm					Frayères
< 0,0625 mm					Hyporhéos

ANNEXE : les biofilms épilithiques

Il s'agit d'un assemblage de micro-organismes vivants (bactéries, champignons, microphytes, protozoaires...) enchâssés dans une matrice (ou mucus) d'exopolymères (Costerton, Geesey & Cheng, 1978 ; Lock, Wallace, Costerton, Ventullo & Charlton, 1984 ; Costerton, 2000) et adhérent à la surface du substrat grossier. Les micro-organismes vivent dans le biofilm en synergie qui constitue pour eux une véritable "forteresse" contre les agressions extérieures (Briand et al., 2012). Le biofilm joue un rôle important pour la connectivité écologique et le fonctionnement biogéochimique des cours d'eau (Push et al., 1998 ; Battin, Kaplan, Newbold & Hansen, 2003).

On peut ainsi citer plusieurs avantages à la présence de biofilms comme :

- La **production et la rétention de nutriments** et leur recyclage (Tessier, Torre, Delmas, & Garabetian, 2007), à ce titre le biofilm constitue donc une base pour le réseau trophique (Hillebrand, 2002 ; Hillebrand, 2009)

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-SUIVI
4.2.3



FRA_2

FRA_3

FRA_4

AXE 4 Contrôler pour évaluer, évaluer pour évoluer

Action 2 Mettre en place un suivi dynamique

Sous-action 3 Suivi de la recharge sédimentaire

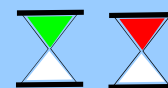
Type d'opération Suivi dynamique

- La **réétention du carbone organique dissous** (Romani *et al.*, 2004 ; Tessier, Torre, Delmas & Garabetian, 2007)
- Le **piégeage des métaux lourds** et de certains polluants (Beck, Janssen & De Beer, 2001)
- L'**oxygénation de l'eau** grâce à la photosynthèse réalisée par les organismes autotrophes (micro-algues) (Briandet *et al.*, 2012)
- Le **refuge** pour les invertébrés, les mollusques, les micro-organismes... (Briandet *et al.*, 2012)
- L'**auto-épuration** du cours d'eau grâce à la présence de bactéries et de champignons décomposeurs (Briandet *et al.*, 2012)

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION 5.1.1



AXE 5 S'approprier le cours d'eau

Action 1 Une meilleure appropriation par la connaissance

Sous-action 1 Formation du personnel du SMBEF

Type d'opération Formation

MOTIVATION DE LA FICHE :

Le suivi dynamique est un élément essentiel pour évaluer et faire évoluer le plan de gestion du Frayol. Il comprend des opérations itératives à mettre en œuvre généralement après une crue morphogène.

Le suivi dynamique permettra ainsi de :

- Améliorer de manière permanente la connaissance du fonctionnement et de l'évolution dynamiques du cours d'eau ;
- Réaliser des opérations de suivi technique, afin de mieux, voire simplement, connaître certains éléments essentiels méconnus (voire inconnus) à ce jour, comme par exemple la vitesse de propagation de la charge alluviale ;
- Suivre certains éléments morphologiques essentiels au suivi du plan de gestion (volumes du stock alluvial, évolutions verticale et latérale du lit...) ;
- Évaluer l'impact global et local des actions du plan de gestion.

À cet effet, une formation spécifique et adaptée sera dispensée au personnel du SMBEF par HYDRETUDES.

ENJEUX CONCERNÉS :

Connaissance du bassin versant du Frayol

MÉTHODE-STRATÉGIE À METTRE EN ŒUVRE :

Le programme de formation proposé est détaillé dans le tableau suivant. Le matériel nécessaire à la formation sera fourni par HYDRETUDES. La formation sera dispensée sur trois jours environ.

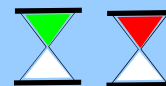
Type de suivi	Objectifs	Nature de la formation
Granulométrie	Connaître et interpréter le substrat des lits fluviaux : armure, pavage, aspect biogène, frayères des espèces lithophiles, gradient granulométrique... Savoir réaliser un prélèvement granulométrique Savoir construire une courbe granulométrique et déterminer les diamètres caractéristiques	Théorique et pratique
Vitesse de propagation de la charge	Connaitre les grands principes du traçage par PIT-tag Savoir équiper les grains du lit et les récupérer Savoir interpréter les résultats	Théorique
Colmatage	Savoir mettre en place des sticks hypoxiques Savoir mesurer la conductivité hydraulique Savoir interpréter les résultats en termes d'impact sur le milieu aquatique	Théorique et pratique
Évolution verticale du lit (incision)	Savoir quelle commande passer au cabinet de géomètre Savoir interpréter les résultats Notion de profil en long d'alerte	Théorique

En complément, une formation sera également effectuée afin de traiter la fiche-action 4.1.1 traitant de la recherche de sites potentiellement intéressants pour des opérations de couplage sédimentaire par reconnexion versant-lit, permettant au SMBEF d'encadrer par la suite un étudiant pour la réalisation de l'étude.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION 5.1.1



AXE 5 S'approprier le cours d'eau

Action 1 Une meilleure appropriation par la connaissance

Sous-action 1 Formation du personnel du SMBEF

Type d'opération Formation

ATTENDUS ET OBJECTIFS :

Permettre au SMBEF d'être autonome pour réaliser certaines actions et mesures du suivi dynamique
Savoir commander et interpréter les éléments plus complexes (incision, stock alluvial...)

INCIDENCES SUR LA FAUNE ET LA FLORE :

Néant

SUIVI À METTRE EN ŒUVRE :

Néant

OBLIGATIONS RÉGLEMENTAIRES :

Néant

COÛT DE L'ACTION :

Néant

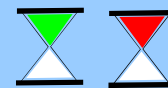
RELATION AVEC D'AUTRES FICHES DU PLAN DE GESTION :

Cette fiche est à mettre en relation directe avec l'ensemble des fiches-suivi de l'Axe 4 traitant du programme de suivi dynamique.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION 5.1.2



FRA_1

FRA_2

FRA_3

FRA_4

AXE 5 S'approprier le cours d'eau

Action 1 Une meilleure appropriation par la connaissance

Sous-action 2 Conférence de l'eau

Type d'opération Communication dirigée

MOTIVATION DE LA FICHE :

L'hydromorphologie et la gestion des cours d'eau sont des domaines complexes qui nécessitent des éléments de connaissances et une certaine technicité.

Les gouvernances et les gestions qui en découlent sont souvent difficiles à appréhender par les riverains, d'autant plus qu'ils ont souvent l'impression de bien connaître leur cours d'eau et son fonctionnement, dans leur mesure où ils vivent près de lui et parfois à son rythme.

Les pathologies du riverain

Cette approche humoristique regroupe et détaille trois éléments comportementaux face à la rivière qui font que les riverains se réfugient parfois dans un mode de pensée unique dont il est assez difficile de les faire sortir.

Le syndrome « **je connais Ma rivière, je sais quoi faire** » qui touche beaucoup de riverains, consiste à penser que parce qu'on vit au bord de la rivière depuis très longtemps on la connaît très bien.

Il est certain que beaucoup de ces riverains atteints de ce syndrome ont des connaissances empiriques locales intéressantes, mais souvent c'est :

- La vision globale qui leur fait défaut ;
- La méconnaissance du contexte géomorphologique général et de la trajectoire géomorphologique qui leur fait défaut ;
- Une vision qui intègre leurs seuls enjeux.

Ce syndrome se couple souvent avec une autre pathologie : l'**Alzheimer de rivière**, pathologie qui leur fait oublier un fonctionnement passé du cours d'eau, pensant qu'il ne se reproduira plus (e.g. on oublie la crue d'il y a 10 ou 20 ans pensant qu'elle ne pourra plus se produire parce qu'on a reconstruit depuis).

La dernière pathologie est la **maladie de la pierre** qui laisse à penser à la personne qui en souffre qu'une protection en pierre est le *nec-plus-ultra* et que derrière on est en sécurité absolue. Alors qu'un enrochement se dimensionne à une crue de projet et que comme toute protection en rivière il a une limite.

Les pathologies du riverain

La gestion d'un cours d'eau n'est efficace que si l'on prend en compte sa trajectoire géomorphologique dans une véritable vision spatio-temporelle. Ainsi, le contexte global lié aux forçages climatiques et anthropiques est essentiel. Ces différents éléments sont encore méconnus et font débat.

De plus, le diagnostic hydromorphologique a montré la complexité du bassin versant du Frayol dans un contexte global délicat, avec un stock alluvial faible et hérité, et des risques d'incision. Les réunions publiques ont mis à jour certaines incompréhensions et attentes (rôle du S.M.B.E.F., des travaux, du plan de gestion...).

À l'aube de la GEMAPI, il apparaît nécessaire d'apporter aux riverains et habitants de la vallée du Frayol des informations contextuelles et techniques qui puissent leur permettre de mieux appréhender leur cours d'eau et son fonctionnement.

Il s'agit donc de réaliser une **conférence de l'eau** sur le bassin versant du Frayol donnant des clés de compréhension et servant de socle commun de connaissances du bassin versant :

- Trajectoire géomorphologique ;
- Actions engagées dans le cadre du plan de gestion pour influencer sur cette trajectoire ;
- Évolutions de la gouvernance locale de l'eau avec la GEMAPI.

Cette action doit permettre d'aider les quelques riverains atteints du syndrome « *je connais Ma rivière, je sais quoi faire* » (cf. Encart ci-contre) et de rapprocher les riverains du S.M.B.E.F. en appréhendant mieux les actions du syndicat dans le contexte global et local de gestion.

ENJEUX CONCERNÉS :

Riverains et habitants de la vallée du Frayol

MÉTHODE-STRATÉGIE À METTRE EN ŒUVRE :

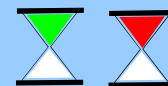
La conférence de l'eau sur le bassin versant du Frayol pourrait se dérouler sur un jour ou deux jours non consécutifs dans ce cas. Un format d'une journée paraît toutefois adapté. Elle alternerait visites de terrain et présentation.

Ci-après une suggestion quant au programme de la conférence de l'eau.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION 5.1.2



FRA_1

FRA_2

FRA_3

FRA_4

AXE 5 S'approprier le cours d'eau

Action 1 Une meilleure appropriation par la connaissance

Sous-action 2 Conférence de l'eau

Type d'opération Communication dirigée

Moment	Intervention	Description	Durée	Intervenants
Matin	Contexte général	Présenter les évolutions climatiques	10 min	HYDRETUDES ?
	Contexte local	Rappel du diagnostic	20 min	HYDRETUDES ?
	Le bassin par l'image	Visite du bassin par un diaporama commenté étayant le diagnostic	15 min	HYDRETUDES ?
	Le plan de gestion	Présentation des principales actions et leurs attendus	30 min	SMBEF
	Nouvelle gouvernance	La GEMAPI : contexte général La GEAMAPI dans le bassin du Frayol	10 min 10 min	AERMC ? Président SMBEF
Repas pris en commun sous la forme d'un buffet froid pour faciliter la discussion avec présentation et distribution de la plaquette en « avant-première » (président SMBEF)				
Après-midi	Visite de terrain	Secteur Les Combes Secteur du Teil (pont de la Liberté, pont à créneaux...)	4 heures	HYDRETUDES SMBEF

La plaquette de communication prévue dans la fiche-action 5.2.1 pourrait être présentée et distribuée pendant cette conférence. Pour favoriser la venue des riverains, la conférence pourrait être gratuite (*e.g.* repas pris en charge par le SMBEF).

ATTENDUS ET OBJECTIFS :

Partager un socle commun de connaissances sur la trajectoire géomorphologique du Frayol
Bien appréhender la gestion du cours d'eau présente et futur, ainsi que les actions du SMBEF
Sortir d'une vision ultra-locale pour aller vers une gestion plus globale

OBLIGATIONS RÉGLEMENTAIRES :

Néant

COÛT DE L'ACTION :

Prévoir un budget d'environ 6 000 € (repas, salle, reprographie, location de bus...)

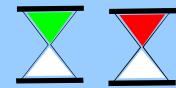
RELATION AVEC D'AUTRES FICHES DU PLAN DE GESTION :

Cette fiche est à mettre en relation directe avec la fiche-action 5.2.1 traitant de la rédaction d'une plaquette de communication à destination des riverains.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION 5.2.1



FRA_1

FRA_2

FRA_3

FRA_4

AXE 5 S'approprier le cours d'eau

Action 2 S'approprier le plan de gestion

Sous-action 1 Réaliser une plaquette de communication à destination des riverains

Type d'opération Communication dirigée

MOTIVATION DE LA FICHE :

L'hydromorphologie et la gestion des cours d'eau sont des domaines complexes qui nécessitent des éléments de connaissances et une certaine technicité.

Les gouvernances et les gestions qui en découlent sont souvent difficiles à appréhender par les riverains, d'autant plus qu'ils ont souvent l'impression de bien connaître leur cours d'eau et son fonctionnement, dans leur mesure où ils vivent près de lui et parfois à son rythme.

Les pathologies du riverain

Cette approche humoristique regroupe et détaille trois éléments comportementaux face à la rivière qui font que les riverains se réfugient parfois dans un mode de pensée unique dont il est assez difficile de les faire sortir.

Le syndrome « **je connais Ma rivière, je sais quoi faire** » qui touche beaucoup de riverains, consiste à penser que parce qu'on vit au bord de la rivière depuis très longtemps on la connaît très bien.

Il est certain que beaucoup de ces riverains atteints de ce syndrome ont des connaissances empiriques locales intéressantes, mais souvent c'est :

- La vision globale qui leur fait défaut ;
- La méconnaissance du contexte géomorphologique général et de la trajectoire géomorphologique qui leur fait défaut ;
- Une vision qui intègre leurs seuls enjeux.

Ce syndrome se couple souvent avec une autre pathologie : l'**Alzheimer de rivière**, pathologie qui leur fait oublier un fonctionnement passé du cours d'eau, pensant qu'il ne se reproduira plus (e.g. on oublie la crue d'il y a 10 ou 20 ans pensant qu'elle ne pourra plus se produire parce qu'on a reconstruit depuis).

La dernière pathologie est la **maladie de la pierre** qui laisse à penser à la personne qui en souffre qu'une protection en pierre est le *nec-plus-ultra* et que derrière on est en sécurité absolue. Alors qu'un enrochement se dimensionne à une crue de projet et que comme toute protection en rivière il a une limite.

La gestion d'un cours d'eau n'est efficace que si l'on prend en compte sa trajectoire géomorphologique dans une véritable vision spatio-temporelle. Ainsi, le contexte global lié aux forçages climatiques et anthropiques est essentiel. Ces différents éléments sont encore méconnus et font débat.

De plus, le diagnostic hydromorphologique a montré la complexité du bassin versant du Frayol dans un contexte global délicat, avec un stock alluvial faible et hérité, et des risques d'incision. Les réunions publiques ont mis à jour certaines incompréhensions et attentes (rôle du SMBEF, des travaux, du plan de gestion...).

À l'aube de la GEMAPI, il apparaît nécessaire d'apporter aux riverains et habitants de la vallée du Frayol des informations contextuelles et techniques qui puissent leur permettre de mieux appréhender leur cours d'eau et son fonctionnement.

Il s'agit donc de réaliser une **plaquette de communication** éclairant et précisant les clés de compréhension :

- Des contextes global et local du bassin versant ;
- De la trajectoire géomorphologique du Frayol ;
- De la gestion par le SMBEF et son évolution (GEMAPI...).

Cette action doit permettre d'aider les quelques riverains atteints du syndrome « *je connais Ma rivière, je sais quoi faire* » (cf. Encart ci-contre) et de rapprocher les riverains du SMBEF en appréhendant mieux les actions du syndicat dans le contexte global et local de gestion.

Les pathologies du riverain

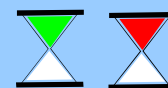
ENJEUX CONCERNÉS :

Riverains et habitants de la vallée du Frayol

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE-ACTION 5.2.1



FRA_1

FRA_2

FRA_3

FRA_4

AXE 5 S'approprier le cours d'eau

Action 2 S'approprier le plan de gestion

Sous-action 1 Réaliser une plaquette de communication à destination des riverains

Type d'opération Communication dirigée

MÉTHODE-STRATÉGIE À METTRE EN ŒUVRE :

La plaquette de communication fera appel à une iconographie adaptée (schémas, photos...) et traitera des éléments spécifiques du bassin versant du Frayol plutôt que d'éléments plus généraux. Le ton sera percutant, pédagogique et didactique, tout en restant technique.

La plaquette pourrait aborder les éléments suivants :

- Bref rappel du contexte général ;
- Rappel illustré du diagnostic hydromorphologique ;
- Mise en avant des dysfonctionnements et des moyens d'y pallier ;
- Résumé du plan de gestion et de son suivi ;
- Éléments sur la gouvernance.

La plaquette de communication pourra être présentée et distribuée lors de la conférence de l'eau sur le bassin versant du Frayol (fiche-action 5.1.2).

ATTENDUS ET OBJECTIFS :

Partager un socle commun de connaissances sur la trajectoire géomorphologique du Frayol

Bien appréhender la gestion du cours d'eau présente et futur, ainsi que les actions du S.M.B.E.F

Sortir d'une vision ultra-locale pour aller vers une gestion plus globale

OBLIGATIONS RÉGLEMENTAIRES :

Néant

COÛT DE L'ACTION :

Néant

RELATION AVEC D'AUTRES FICHES DU PLAN DE GESTION :

Cette fiche est à mettre en relation directe avec la fiche-action 5.1.2 traitant de la conférence de l'eau sur le bassin versant du Frayol.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



**FICHE
PRÉCONISATION
1**

Type d'opération Prise en compte du compartiment biologique

MOTIVATION DE LA PRÉSENTE FICHE-PRÉCONISATION :

En premier lieu il est nécessaire de rappeler que les **processus physiques** qui sont à l'origine de la dynamique fluviale c'est-à-dire qui sont le moteur de la construction des formes fluviales et de leur évolution spatio-temporelle **contrôlent** (directement ou indirectement) la **dynamique des écosystèmes** dans le corridor alluvial (Malavoi & Souchon, 1996).



Figure 1 : scorpion noir à queue jaune (*Euscorpius flavicaudis*), Photographié aux Combes (FRA_3).

marnes), son fonctionnement cévenol et son héritage géomorphologique qui impacte la recharge sédimentaire. Ainsi le **plancher alluvial** est **déstocké** pratiquement jusqu'à la sortie des trois premiers tronçons en gorge.

Le *continuum* sédimentaire altéré impacte certainement fortement le fonctionnement écologique et les réseaux trophiques qui se développent le long du Frayol et finalement le *continuum* fluvial (au sens de Vannote, 1980).

Pour tenter d'améliorer de fonctionnement il est nécessaire de « **réamorcer la pompe sédimentaire** », c'est l'objectif du plan de gestion physique du Frayol.

Malgré ces dysfonctionnements physiques et son régime intermittent, le Frayol présente encore une diversité d'espèces faunistiques (castor, loutre, chiroptères...) et floristiques intéressantes.



Figure 2 : pyrales du buis mortes flottant sur le Frayol photographié en amont d'Aubignas (FRA_2).

Ainsi, les habitats et les espèces les utilisant, les réseaux trophiques s'y développant sont régis par le compartiment physique qui constitue leur milieu-support.

En conséquence une gestion écologique de ces milieux passe par le maintien voire l'amélioration du **fonctionnement dynamique**.

Le Frayol présente une **situation sédimentaire complexe** :

- Rappelons en première approche le contexte général péjoré en termes de fourniture sédimentaire au niveau planétaire (déficit sédimentaire, incision des lits fluviaux...)

- La situation sédimentaire du Frayol y est impactée par ce contexte et péjorée par sa lithologie (basalte des Coirons, marnes), son fonctionnement cévenol et son héritage géomorphologique qui impacte la recharge sédimentaire. Ainsi le **plancher alluvial** est **déstocké** pratiquement jusqu'à la sortie des trois premiers tronçons en gorge.

Les interventions prévues dans le cadre du plan de gestion du Frayol doivent donc **intégrer cette richesse** pour développer des actions **hydrologiquement** et **écologiquement** cohérentes. C'est l'objet de la présente fiche.

Il convient également de rappeler que le chevelu hydrographique présente des plantes invasives (renouée du japon, raisin d'Amérique, Buddleia de David...) qui nécessitent de prendre des précautions particulières lors de travaux afin d'éviter leur dissémination.

Il est également à noter que le buis commun (*Buxus sempervirens*) notamment en partie amont est envahi par la pyrale du buis (*Cydalima perspectalis*), cf. Figure 3.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



FICHE PRÉCONISATION 1

Type d'opération Prise en compte du compartiment biologique

DESTINATION DE LA PRÉSENTE FICHE :

La présente fiche est destinée à l'ensemble des concepteurs et gestionnaires intervenant sur le bassin du Frayol. L'objectif étant de prendre en compte, en amont l'incidence éventuelle sur les habitats et les espèces présents sur le bassin des opérations menées dans le cadre du plan de gestion.

Cette fiche prend la forme d'une préconisation générale car elle est destinée notamment aux bureaux d'étude et/ou entreprises amenés à travailler dans le futur sur le bassin et ainsi à mettre en application les actions du plan de gestion.

STRATÉGIE À METTRE EN ŒUVRE :

Les obligations réglementaires imposent un ensemble d'actes et d'actions au titre du Code de l'Environnement (déclaration, autorisation, évaluation environnementale (anciennement étude d'impact au cas par cas ou complète), dossier de dérogation des espèces protégées au titre de l'Article 211, déclaration d'Utilité Publique dans le cas où de l'acquisition foncière est à prévoir) afin d'intégrer la protection et la gestion des habitats et des espèces patrimoniales.

Il s'agit de rappeler ces nécessaires étapes dans la mise en œuvre des opérations préconisées dans le plan de gestion du Frayol et également de favoriser toute démarche permettant d'intégrer en amont le maintien voire de favoriser le développement des habitats et des espèces présentes dans le bassin.

Ainsi dans le cadre de la rédaction des avant-projets des différentes opérations préconisées dans le cadre du plan de gestion, les rédacteurs seront tenus de :

- De prendre **connaissance des habitats et des espèces** présentes sur le bassin en recherchant ces éléments dans la bibliographie et/ou dans des banques de données existantes. Ainsi ces éléments de connaissance du patrimoine naturel permettront d'intégrer en amont une **séquence « éviter-réduire-compenser »** pour les habitats et les espèces. Des sites d'inventaires faune et flore existent ainsi sur la faune et la flore qu'il conviendra de recenser pour rechercher de la donnée (*e.g.* atlas des mammifères, données LPO site www.faune-ardèche.org, société botanique de l'Ardèche, Conservatoire botanique du Massif-Central...).



Figure 3 : Exemple d'inventaires pertinents pour l'Escoutay, 1 → inventaire des mammifères sauvages de l'Ardèche (LPO), 2 → inventaire de la flore ardéchoise (CBNMC), 3 → inventaire des chiroptères Rhône-Alpes (LPO).

- De **prendre contact avec les associations locales** pour avoir des données précises (ou éventuellement faire réaliser des inventaires complémentaires) sur les habitats et les espèces et proposer ainsi la séquence « éviter-réduire-compenser » la plus pertinente.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



**FICHE
PRÉCONISATION
1**

Type d'opération Prise en compte du compartiment biologique

ATTENDUS ET OBJECTIFS :

Avoir une démarche coordonnée entre amélioration du compartiment physique et donc du compartiment biologique qui lui est inféodé et en parallèle développer des mesures complémentaires favorisant les habitats et les espèces patrimoniales.

RÉFÉRENCES CITÉES :

MALAVOI, J.R., SOUCHON, Y., 1996. Dynamique fluviale et dynamique écologique. *La Houille Blanche* (6/7), pp. 98-107.

VANNOTE, R., MINSHALL, G., CUMMINS, K., SEDELL, J., CUSHING, C., 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 371, pp. 130-137.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



**FICHE
PRÉCONISATION
2**

Type d'opération Surveillance et entretien des ouvrages d'art

MOTIVATION DE LA PRÉSENTE FICHE-PRÉCONISATION :

Le bassin du Frayol comprend plusieurs ouvrages d'art plus ou moins anciens, concernant plusieurs gestionnaires (mairies, SNCF, Conseil Départemental). Lors des investigations de terrain nous avons remarqué que certains d'entre eux présentaient des **désordres** plus ou moins importants que nous tenons à **porter à connaissance** des gestionnaires.

Notre objectif n'est pas de donner un avis technique ou de nous substituer à une inspection technique, mais simplement de **porter à connaissance des gestionnaires concernés** quelques éléments précis qui demandent à notre avis des **investigations techniques complémentaires**. Ces inspections relevant de la surveillance des ouvrages d'art devraient certainement conduire à des interventions d'**entretien** voire de **réparation**.

DESTINATION DE LA PRÉSENTE FICHE :

Si les gestionnaires comme la SNCF ou le Conseil Départemental ont des personnels dédiés spécifiquement à l'entretien de leur parc d'ouvrage d'art. De plus une réglementation précise existe. Ainsi, par exemple, le pont de la RD 86, géré par le Conseil départemental de l'Ardèche, relève de l'Instruction technique pour la Surveillance et l'Entretien des Ouvrages d'Art (ITSEO) révisée au 16/02/2011 (texte de référence pour les ouvrages du réseau routier national).

Par contre, les mairies sont souvent démunies face à la gestion de ce patrimoine.

Cette fiche est plus particulièrement destinée aux mairies afin notamment de les informer de l'état de leurs ouvrages et des démarches à engager afin de mieux gérer leur patrimoine.

SURVEILLANCE ET ENTRETIEN DES OUVRAGES D'ART :

Surveiller et entretenir les ouvrages d'art

La **surveillance** d'un ouvrage d'art est effectuée à partir d'un état de référence (sa construction ou le début de sa surveillance) actualisé régulièrement. Elle est effectuée par le propriétaire (modalités et périodicité, stockage de l'information et organisation de l'entretien courant).

La surveillance concerne des contrôles périodiques et des inspections détaillées périodiques.

L'**entretien** et les **réparations** doivent être effectués par le gestionnaire, on distingue ainsi l'entretien préventif (courant ou spécialisé) et les réparations (*i.e.* opération visant à remettre partiellement ou totalement l'ouvrage dans un état de service attendu).

L'entretien courant se planifie, l'entretien spécialisé et les réparations accompagnent la vie de l'ouvrage et sont souvent déclenchés suite aux phases de surveillance. Ces travaux demandent l'intervention d'entreprises spécialisées.

Les crues morphogènes pouvant engendrer de sérieux dégâts (appuis...), les ponts nécessitent un contrôle post-crue systématique. Il s'agit notamment de vérifier l'état des appuis (affouillements éventuels des cuées et piles), l'évolution altitudinale du lit (incision) et les érosions de berges en amont du pont (risque de contournement).

L'arrêté dit « Préfet de l'Hérault » datant de 1906 précise que le **propriétaire d'un ouvrage d'art** est le propriétaire-gestionnaire de la **voie portée** (sauf convention contraire). C'est donc lui qui **surveille** et **entretient** l'ouvrage d'art.

Les éléments concernant la surveillance et l'entretien des ouvrages est rappelée succinctement dans l'encart ci-contre.

Nous rappelons également que les ouvrages d'art qui enjambent des cours d'eau présentent des contraintes spécifiques de surveillance, d'entretien et de réparation. Il est ainsi particulièrement important que les propriétaire-gestionnaires inspectent leurs ouvrages d'art après chaque crue morphogène. Ainsi souvent des investigations subaquatiques sont menées pour contrôler l'état des appuis et du lit, il est à noter que dans notre cas les ouvrages, compte tenu du régime d'oued du Frayol, peuvent normalement être inspectés lors des assècs d'étiage.

En effet, ces crues peuvent générer des dégâts importants aux appuis voire un risque de contournement.

De plus, comme c'est le cas au Teil avec l'enfilade des trois ponts en 175 m (pont de l'avenue Charles de Gaulle, pont SNCF, et pont de l'avenue de l'Europe Unie). Ces ouvrages d'art interagissent sur le lit et impactent le transport solide. Il est donc important de **mettre en place une coordination entre gestionnaires du cours d'eau et gestionnaires des ouvrages d'art**.

Surveillance et entretien des ouvrages d'art



Type d'opération Surveillance et entretien des ouvrages d'art

Cette coordination pourrait prendre la forme d'échanges réguliers entre les différents gestionnaires, voire la mise en place d'une convention de coordination, notamment pour mettre en œuvre certaines des actions prévues dans la FA 1.2.4.

QUELQUES DESORDRES CONSTATES :

Les éléments présentés ci-dessous n'ont aucun caractère d'exhaustivité et n'ont pas été faits dans le cadre d'une inspection. En conséquence ils ne peuvent servir de base à des travaux, mais invitent plutôt le gestionnaire à faire inspecter par un bureau d'études techniques spécialisé ces ouvrages. Leur portée est donc limitée car ce sont de simples observations.

Il est à noter que certains éléments liés au cours d'eau sont détaillés dans les fiches-action et ne sont donc pas repris ici.

A Pont de la liberté

Cet ouvrage ancien en maçonnerie de moellons présente un certain nombre de désordres visibles qui sont illustrés par les photos suivantes (ces photos ne sont pas exhaustives) :

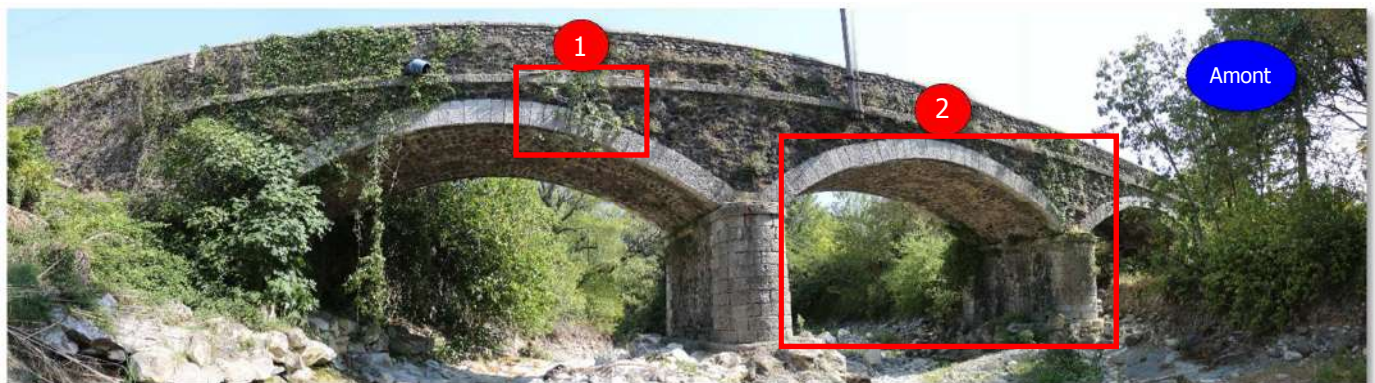


Figure 1 : élévations amont : le parapet et les murs de tête, sont végétalisés et de la végétation pousse également sous les douelles (étanchéité à vérifier), le radier parafouille est destabilisé et partiellement ruiné (voir photo suivante). Les cadres rouges correspondent à la figure 2-(1) et 2-(2)



Figure 2 : (1) figuier poussant entre la plinthe et le bandeau, on note également la végétation sur le fût et le tympan ; (2) végétalisation sous la douelle de T2 notamment au niveau de la naissance. On note également les coulures sur le corps de pile.

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



**FICHE
PRÉCONISATION
2**

Type d'opération Surveillance et entretien des ouvrages d'art



Figure 3 : (1) affouillement du massif de reprise de C0 ; (2) déstabilisation du radier sous T1 notamment. Notez également la végétation sur C0.



Figure 4 : disjointoiement de la maçonnerie (sans lacune) et coulures ; (1) sur le fût de P2, (2) sur l'avant-bec de P2, par endroit une pige rentre de plus de 10 cm.

B Pont Mattéoti



Figure 5 : (1) tympan aval rive gauche végétalisé ; (2) tympan aval rive droite fissuré et coulures sous la douelle



Type d'opération Surveillance et entretien des ouvrages d'art

C Pont de l'avenue Charles de Gaulle



Figure 6 ; tous les abouts des dalles du tablier présentent des épaufrures et éclatement du béton avec armatures apparentes qui sont enrouillées. On note également des infiltrations d'eau. Ces trois photos sont des illustrations tous les abouts présentent des pathologies similaires.



Figure 7 : (1) éclatement du béton, infiltrations d'eau et armatures apparentes au-dessus d'une pile ; (2) écoulements depuis le mur garde-grève de la culée C0, éclatement du béton avec armatures apparentes...

D Pont de l'avenue de l'Europe Unie

Pour cet ouvrage nous avons constaté des fissurations de trottoirs et de la route portée (tablier), ainsi qu'un début de végétalisation (arbre poussant entre les bordures et le trottoir). Les joints de dilatation sont à contrôler comme la présence d'une fissure au-dessus de la jonction des deux demi-travées sur P2 (cf. Figure 8).

PLAN DE GESTION PHYSIQUE DU FRAYOL



**FICHE
PRÉCONISATION
2**

Type d'opération Surveillance et entretien des ouvrages d'art



Figure 8 : (1) fissuration du trottoir et peuplier poussant derrière la bordure ; (2) fissuration au-dessus de P1; (3) état du joint de dilatation coté RG.

RÉFÉRENCES CITÉES :

Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du logement. Circulaire du 16 février 2011 relative à la publication de la nouvelle instruction pour la Surveillance et l'Entretien des Ouvrages d'Art (ITSEOA).

On peut consulter à ce sujet le site PILES du CEREMA : <http://www.piles.setra.developpement-durable.gouv.fr/itseoa-r447.html> qui détaille également les guides techniques accompagnant l'ITSEOA.