

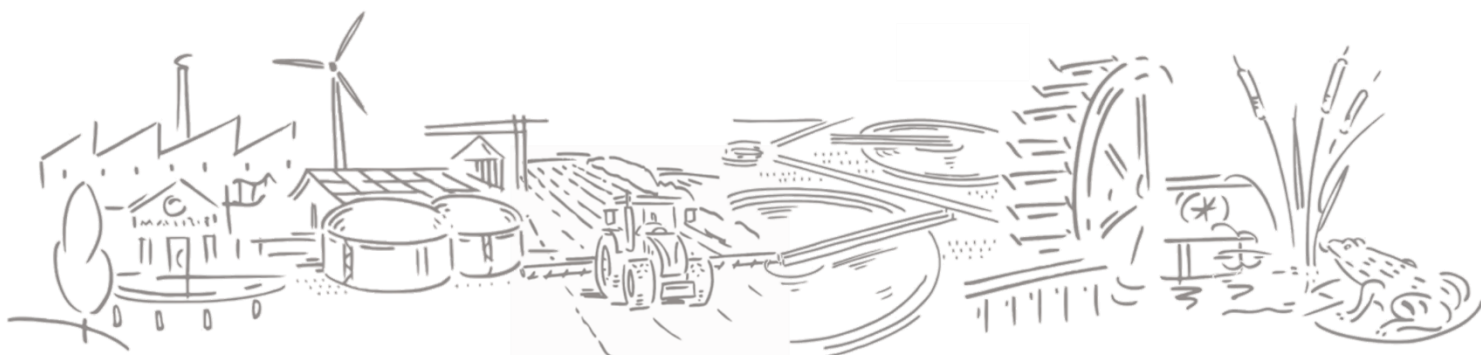


ASSISTANCE TECHNIQUE EN MATIÈRE  
D'HYDROMORPHOLOGIE ET  
D'HYDRAULIQUE FLUVIALE

Mai 2023

Propositions d'actions sur le Cirès

Rapport de phase 2



**FICHE DE SUIVI DU DOCUMENT**

<b>Coordonnées du commanditaire</b>	SIBA
<b>Bureau d'études</b>	NCA Environnement 11, allée Jean Monnet 86 170 NEUVILLE-DE-POITOU
<b>Rédigé par :</b>	Christelle Soulas
<b>Vérifié par :</b>	Germain PASQUIER

**HISTORIQUE DES MODIFICATIONS**

<b>Version</b>	<b>Date</b>	<b>Désignation</b>
1	25/05/2023	1ere version

## SOMMAIRE

---

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>5</b>
I. CONTEXTE DE LA MISSION.....	6
II. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE .....	6
III. DEROULEMENT DE LA MISSION .....	6
<b>CONTRAINTES ET TRONÇONS HOMOGENES .....</b>	<b>7</b>
IV. DONNEES DISPONIBLES ET SYNTHESE DES PROBLEMATIQUES RENCONTREES.....	8
IV. 1. Problématiques rencontrées sur le Cirès .....	8
V. SYNTHESE DES CONTRAINTES .....	10
VI. TRONÇONS HOMOGENES.....	11
VI. 1. Tronçon 1 banalisé moyennement profond .....	11
VI. 2. Tronçon 2 diversifié, moyennement profond.....	12
VII. DYNAMIQUE DU CIRES.....	13
<b>PROPOSITIONS D' ACTIONS .....</b>	<b>15</b>
VIII. PERSPECTIVES : PROPOSITIONS D' ACTIONS.....	16
VIII. 1. Rappel : travaux envisagés sur le Cirès en première phase d'étude .....	16
VIII. 2. Propositions d'actions.....	16
VIII. 2. 1. Localisation des actions .....	16
VIII. 2. 2. Principe d'aménagement .....	18
VIII. 2. 1. Création de brèches .....	18
VIII. 2. 2. Stabilisation de la recharge en fond de lit mineur .....	19
VIII. 2. 3. Localisation des actions .....	27
VIII. 2. 4. Estimation des coûts .....	29

## LISTE DES FIGURES

---

Figure 1 : localisation du Cirès (flèche rouge) – source SIBA .....	6
Figure 2 : Diagramme de Hjuström .....	9
Figure 3 : Courbe granulométrique des sédiments du Cirès (source : SIBA).....	10
Figure 4 : Photo du tronçon 1 – source NCA Environnement .....	11
Figure 5 : Profil type du gabarit du tronçon 1 – source : lidar.....	11
Figure 6 : Photos du tronçon 2 – source NCA Environnement.....	12
Figure 7 : Profil type du gabarit du tronçon 2 – source : levés du SIBA .....	12
Figure 8 : Localisation du tronçon modélisé.....	13
Figure 9 : profil en long du Cirès.....	14
Figure 10 : Localisation des zones d'actions sur le Cirès .....	17
Figure 11 : Limite de stabilité des enrochements en fonction du D65 et de la pente selon la formule originale de Whittaker et Jäggi (1986) (source : Guide technique pour la conception des passes « naturelles », Rapport GHAAPPE RA.06.05-V1) .....	19
Figure 12 : coupe transversale et profil en long du seuil de fond .....	20
Figure 13 : Schéma de l'effet hydraulique des différents types d'épis (source : Biotec) .....	22
Figure 14 : résultat de la modélisation du Cirès : forces tractrices (source : NCA Environnement) .....	23
Figure 15 : Profil type d'un épi sur le Cirès.....	23
Figure 16 : Schéma type d'implantation de banquettes alternes (source : Biotec - Malavoi).....	25
Figure 17 : résultat de la modélisation du Cirès : forces tractrices en hautes eaux (600 l/s) (source : NCA Environnement).....	25
Figure 18 : Profil type d'une banquette sur le Cirès.....	26
Figure 19 : Profil type d'aménagement de reconnexion d'un ancien méandre en hautes eaux .....	28
Figure 20 : Localisation des actions sur le Cirès .....	29

# INTRODUCTION

## I. CONTEXTE DE LA MISSION

---

Le SIAEBVELG et le SIBA sont lauréats d'un appel à projet lancé en 2020 par l'Entente eau, visant à restaurer les têtes de bassin versant.

Chaque Syndicat a déjà décliné dans le cadre de cet appel à projet les différents aménagements envisagés sur son territoire, il s'agit maintenant de les mettre en œuvre. Sur le SIAEBVELG les premiers travaux (en aval du bassin) commenceront cet automne, il s'agira principalement d'arasement de bourrelet de curage. Sur le SIBA, les travaux débiteront en 2023.

La présente mission est une prestation d'assistance techniques dans le cadre de cet appel à projet.

## II. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

---

La zone d'étude concerne le Cirès.

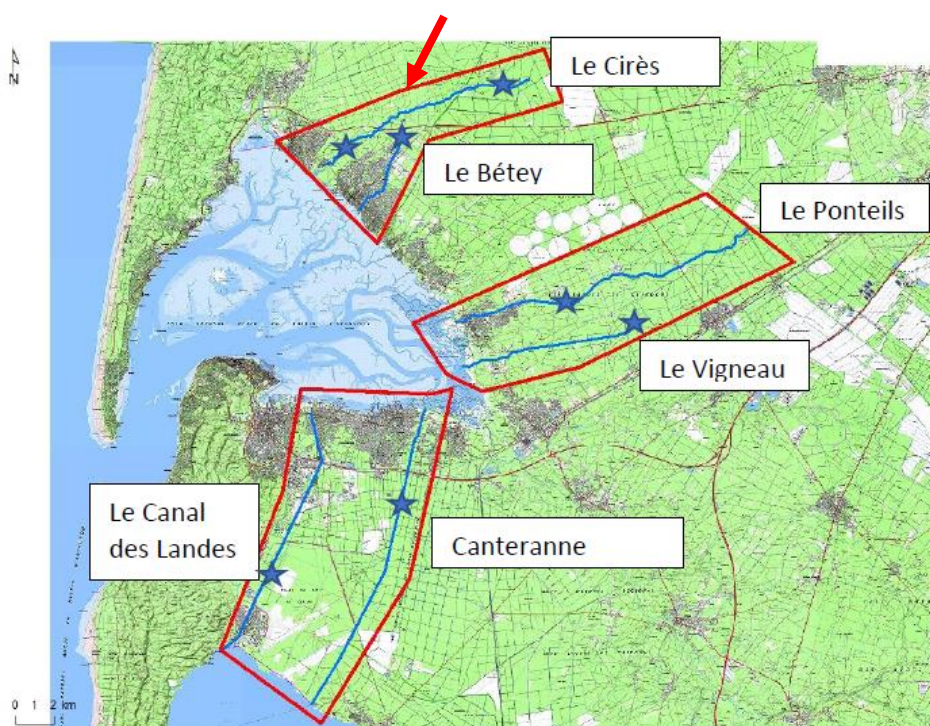


Figure 1 : localisation du Cirès (flèche rouge) – source SIBA

## III. DEROULEMENT DE LA MISSION

---

Le déroulement de l'étude se décompose en deux phases :

- **Tranche ferme : phase 1**

Réalisation d'une réunion et d'un parcours de sites, analyse des données disponibles, réalisation d'une note de synthèse et perspectives, présentation en réunion.

- **Tranche optionnelle : phase 2**

Mise en œuvre de tout ou partie des études proposées en phase 1

Le présent document constitue la note de synthèse de phase 2 pour le Cirès.

# CONTRAINTE ET TRONÇONS HOMOGÈNES

## IV. DONNEES DISPONIBLES ET SYNTHESE DES PROBLEMATIQUES RENCONTREES

---

Les données mises à disposition par le SIBA sont :

- Hydrologie : installation d'une station récemment sur le Cirès (tarage en cours)
- Les données du Lidar
- Une étude archéogéographique
- Des données SIG
- Une analyse granulométrique des sédiments du Cirès, réalisée en 2023.

Un parcours de terrain a été effectué le 29/08/2022, en présence du bureau Gesolia

Lors de ce parcours de terrain les éléments suivants ont été relevés :

- Pente faible.
- Secteur agricole amont fortement drainé.
- Etat hydromorphologique dégradé (incision), mais avec des alternances de facies, des fonctionnalités relativement préservées.
- Hydrologie :
  - Régime globalement altéré : influence des drainages sur la nappe (abaissement de la nappe), influence de l'irrigation (alimentation du cours d'eau).
  - Influence de la zone agricole amont, projet de mise en place de batardeau de répartition des eaux sur la zone amont.
- Entretien de la végétation correct, ne présente pas d'excès.
- Zones humides : présentes en retrait du ruisseau (près du ruisseau la nappe s'abaisse, les zones humides ne sont pas présentes).
- Contexte foncier :
  - Intervention possible sur terrain CDC, sous condition de garder un boisement ;
  - Zone de sylviculture sur une grande partie du linéaire : des accords sont possibles à condition de démontrer que l'effet ne sera pas négatif sur la sylviculture.

### IV. 1. Problématiques rencontrées sur le Cirès

**Constat :**

- Le Cirès un cours d'eau naturel, qui a été rectifié et recalibré par le passé. Ce cours d'eau classé s'écoule sur du sable meuble et connaît une incision moyennement marquée. Les anciens méandres et annexes hydrauliques de ce cours d'eau en sont aujourd'hui déconnectés par la présence d'un ancien merlon de curage plus ou moins important. Un chemin est présent localement sur le merlon en bord de cours d'eau.
- Le cours d'eau présentait un débit faible et des assecs locaux lors de la visite, en lien avec le niveau de la nappe.
- Si l'on fait abstraction de l'incision, selon les secteurs, l'état hydromorphologique est globalement correct : alternances des radiers et fossés, légère dynamique latérale avec quelques méandres...
- Le régime du Cirès est altéré en lien avec le drainage de la sylviculture et l'irrigation agricole. Afin de limiter les à-coups hydrauliques, la mise en place d'un batardeau sur le fossé principal amont en



amont du cours d'eau classé est envisagée (afin d'entraîner une mise en charge du réseau latéral aval alimentation).

- Jusqu'au niveau des parcelles de la CDC, l'incision semble inférieure à 1 m.

### Volonté d'aménagement :

Le SIBA souhaite améliorer l'état global du milieu, ce qui passe par une meilleure connexion entre le cours d'eau et son lit majeur dans son secteur amont : créer des zones tampons artificielles ou réalimenter d'anciennes zones humides. Pour cela, la rehausse du lit (incisé) est nécessaire.

### Problématique :

Le substrat de fond du cours d'eau est formé d'un sable très fin, les contraintes d'arrachement sont moyennes à fortes sur un substrat très facilement mobilisable.

La question se pose de caractériser la stabilité de ce substrat et de trouver une solution technique viable pour réaliser la rehausse du fond.

*En première approche, la granulométrie de plus de 80 % du sable est de l'ordre de 0.3 mm, ce qui selon le diagramme de Hjulstrom correspond à des grains mobilisables pour des vitesses de quelques cm/s. cette première estimation indique des érosions et transports pour des vitesses probablement fréquemment rencontrées. Une approche plus précise par le paramètre de Shield est possible, à partir du calcul de la vitesse de l'eau dans le lit (modélisation).*

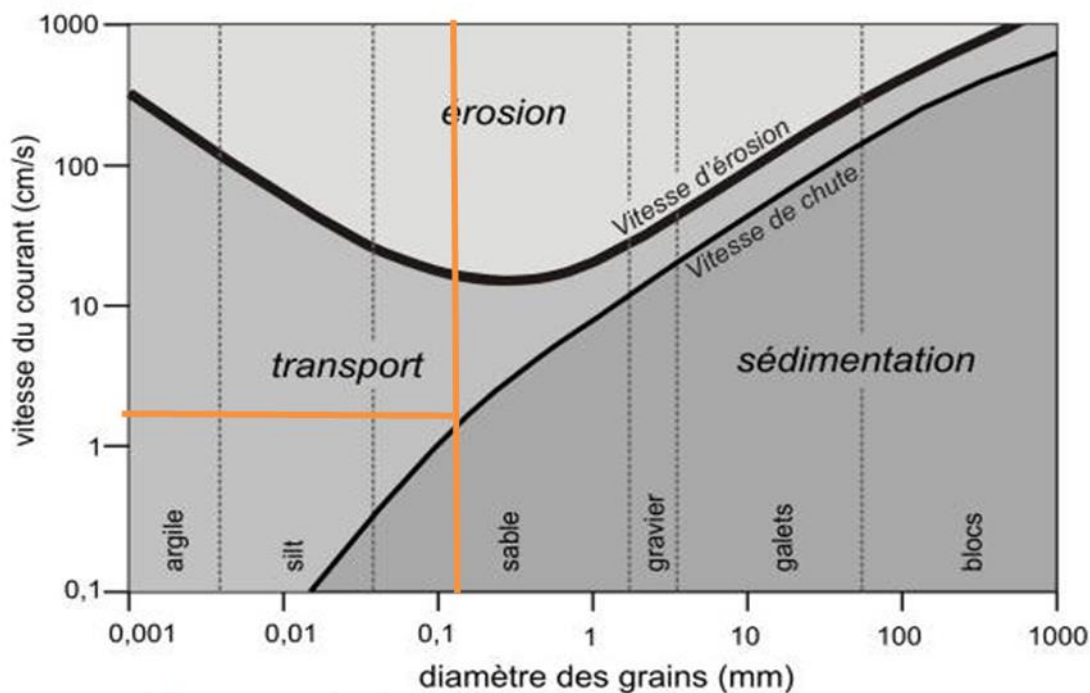


Diagramme classique de Hjulstrom.

Figure 2 : Diagramme de Hjulström

## V. SYNTHÈSE DES CONTRAINTES

Les contraintes recensées sur le bassin du Cirès sont les suivantes :

- Usage : il convient de trouver un équilibre entre le maintien des usages et la restauration du cours d'eau
- Hydraulique : l'objectif est d'alimenter les zones humides alentour par des brèches dans les berges
- Topographie : la pente générale est faible,
- Pédologie : le substrat est formé de sable de granulométrie homogène de très faible diamètre. Ce sable s'avère facilement mobilisable par les écoulements dans le Cirès.

Trois prélèvements de sédiments du Cirès ont été faits, et ont fait l'objet d'une analyse granulométrique par l'université de Bordeaux. Les résultats sont présentés sur la courbe ci-dessous.

Les trois prélèvements sont assez semblables, avec un D50 inférieur à 0.315 mm. Toutefois, sur le prélèvement amont (Cirès sortie plaine agri BV1), la granulométrie dominante est 0.25 mm (qui représente 67.7 % de la masse de l'échantillon), alors que pour les deux autres prélèvements la granulométrie dominante est 0.315 mm (qui représente 54.87 et 59.84 % de la masse de chaque échantillon). Le prélèvement amont semble correspondre à un sable des landes d'origine éolienne, plus fin.

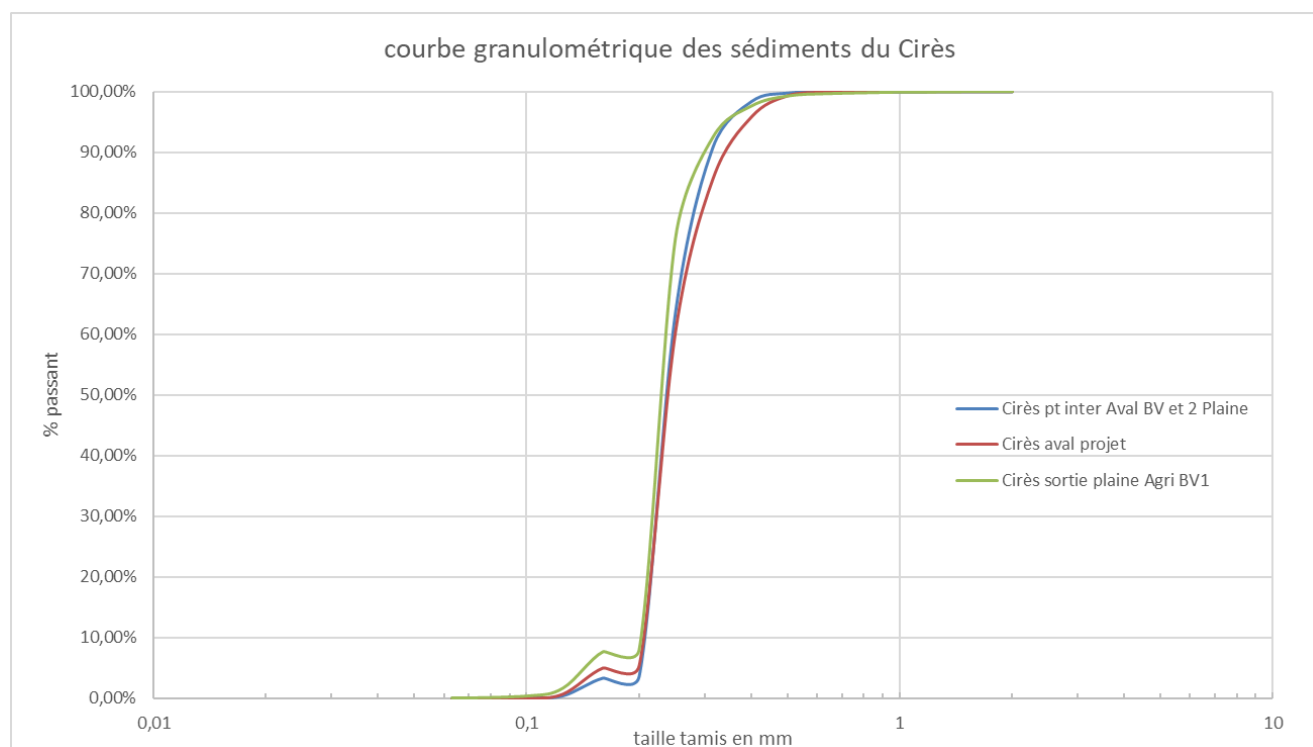


Figure 3 : Courbe granulométrique des sédiments du Cirès (source : SIBA)

- Morphométrie : le Cirès présente un gabarit uniforme, homogène sur toute la partie amont, assez banalisé et de section trapézoïdale, puis un profil naturel et diversifié, même si incisé, sur la partie médiane.

## VI. TRONÇONS HOMOGENES

### VI. 1. Tronçon 1 banalisé moyennement profond

Ce tronçon amont présente un profil banalisé de section trapézoïdale. La profondeur moyenne est de 1 m, la largeur de 6 m, un merlon de curage est présent en rive droite, il sert de chemin. LE tracé est rectiligne, quelques variations de profondeur (et de typologie d'écoulement) apparaissent, mais peu importantes.

En aval de ce tronçon, un affluent important arrive en rive gauche.

La granulométrie de fond est formée de sable fin, au droit du pont aval (au niveau de la confluence), l'aliolite est visible, avec présence de blocs de quelques centimètres de diamètre.

Lors de la visite le 30 août 2023, un écoulement était visible, jusqu'à la fin du tronçon (infiltration de l'eau dans la nappe d'accompagnement, cours d'eau en assec)

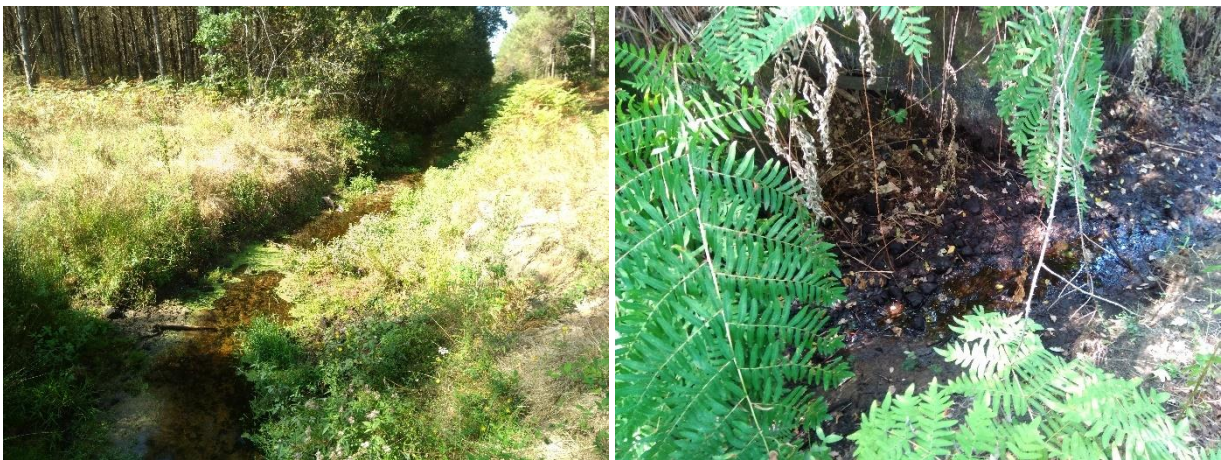


Figure 4 : Photo du tronçon 1 – source NCA Environnement

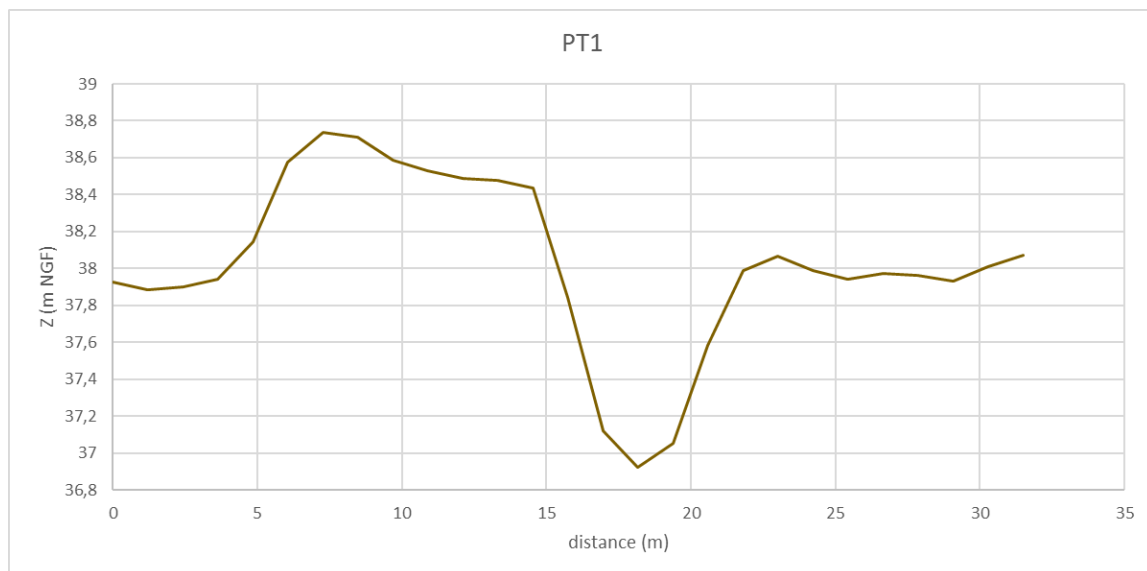


Figure 5 : Profil type du gabarit du tronçon 1 – source : lidar

Le SIBA souhaite mettre en place une gestion plus douce de ce tronçon, une animation auprès des riverains sera engagée à ce sujet, il n'y a pas de travaux de restauration prévu sur ce tronçon.

## VI. 2. Tronçon 2 diversifié, moyennement profond

Ce tronçon présente une profondeur et une largeur assez proches de celles du tronçon 1, mais le lit est beaucoup moins banalisé. Le merlon de curage est présente mais moins marqué que sur le tronçon 1, le terrain naturel alentour présente des dépressions naturelles (anciens méandres).

Le profil en travers est dissymétrique, le profil en long présente des alternances radiers -mouilles (même si l'absence d'eau lors du passage limite la visibilité). La granulométrie de fond est formée de sable fin, avec localement un très léger tri granulométrique (présence de sable grossier au droit d'un radier).

Lors de la visite du 30 aout, le lit était à sec.

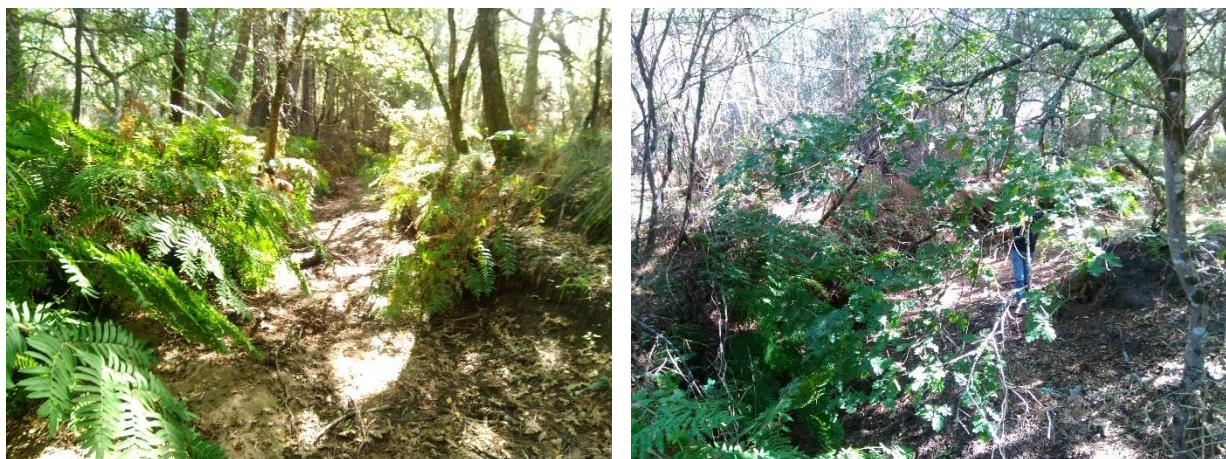


Figure 6 : Photos du tronçon 2 – source NCA Environnement

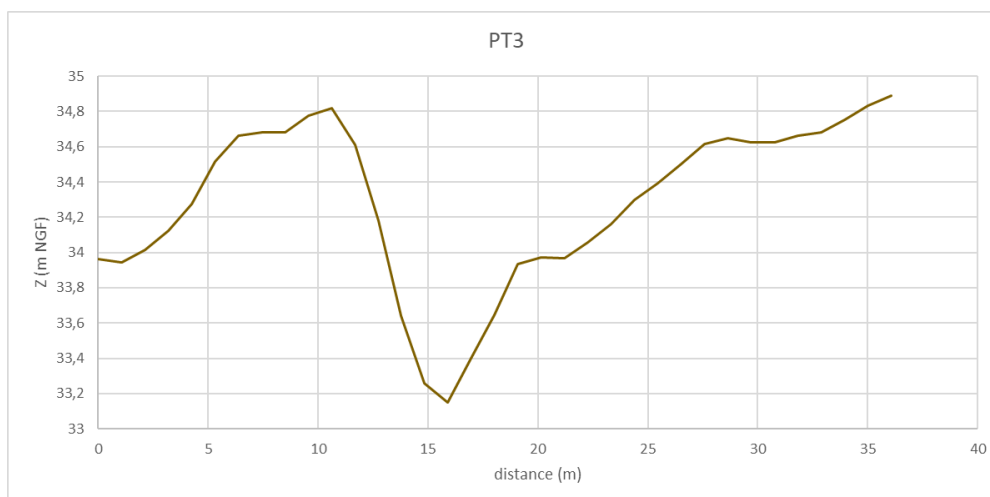


Figure 7 : Profil type du gabarit du tronçon 2 – source : levés du SIBA

Le SIBA souhaite aménager ce tronçon en rehaussant le fond et créant des brèches dans le merlon de curage, ce qui permettrait à terme une diminution des assècs, la remontée du niveau de la nappe et une réhumidification des dépressions alentours.



## VII. DYNAMIQUE DU CIREs

Les données du Lidar sont moins précises que des levés topographiques, elles ne fournissent pas la cote du fond du cours d'eau mais le niveau d'eau, de plus elles subissent une correction pour enlever les points liés à la végétation (et ne garder que les points du terrain naturel).

Suite à l'analyse de ces données, il semble que le passage ait été réalisé lorsque le Cires était à sec, ou très bas (le fond n'est pas uniforme), on considérera que les points bas du lit sont bien des points de fond.

Quant à la correction de la végétation, elle n'est pas optimale (ce s'explique par la faible taille du lit et la forte couverture arborée), les points de fond ne sont donc probablement pas très précis, dans certaines zones le lit n'est pas différencié des berges.

Malgré cette imprécision difficile à estimer, les données permettent de réaliser des profils en travers (dans des endroits non biaisés par la présence d'arbres), un profil en long et un modèle hydraulique 1D du Cirès.

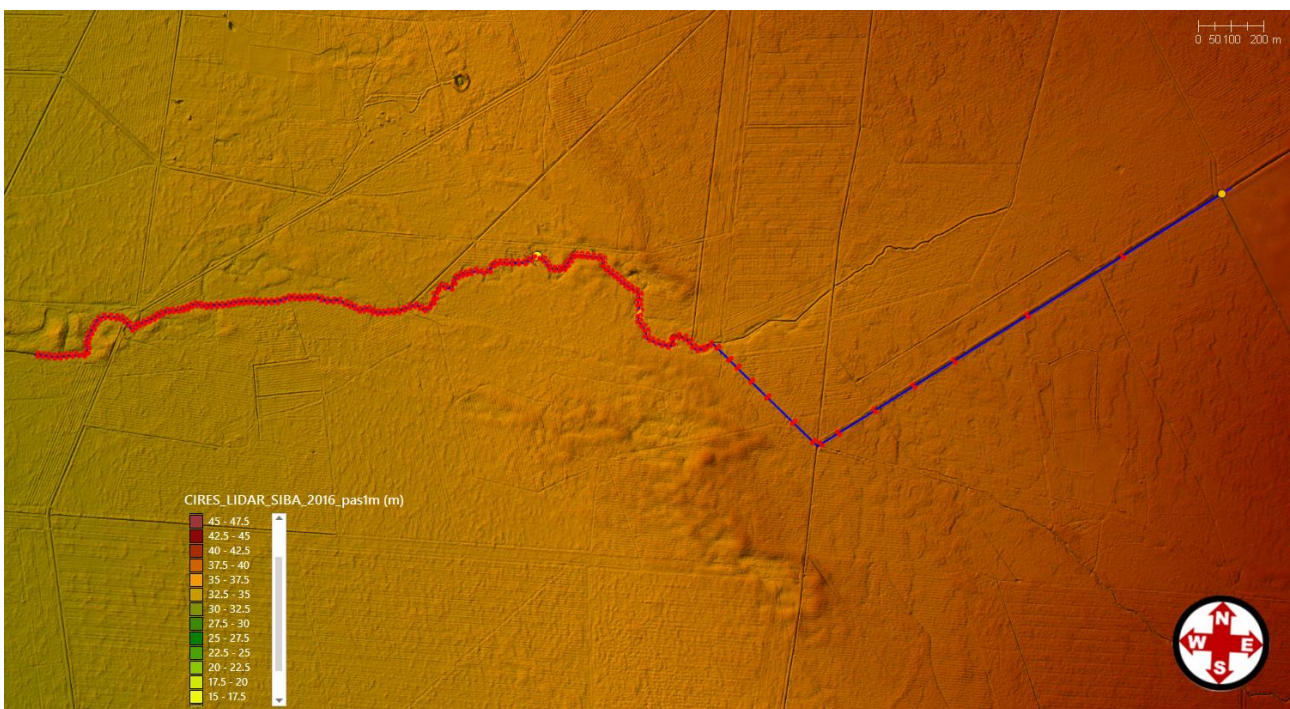


Figure 8 : Localisation du tronçon modélisé

L'analyse des points du fond du Cirès amène à différentes conclusions :

- En ce qui concerne les pentes : les pentes sont très faibles, le tronçon 1 est très légèrement plus pentu que le tronçon 2, ce qui correspond à une évolution naturelle d'abaissement de la pente vers l'aval de la vallée :
  - La pente du tronçon 1 est de 0.16 %
  - La pente du tronçon 2 est de 0.12 %
  - La pente globale est de 0.14 %
- Il existe différents points hauts, la plupart des points hauts ponctuels peuvent être des erreurs de points (lidar) ou des points hauts naturels (à noter, certains ponts sont ainsi situés sur une zone de fond plus haut).

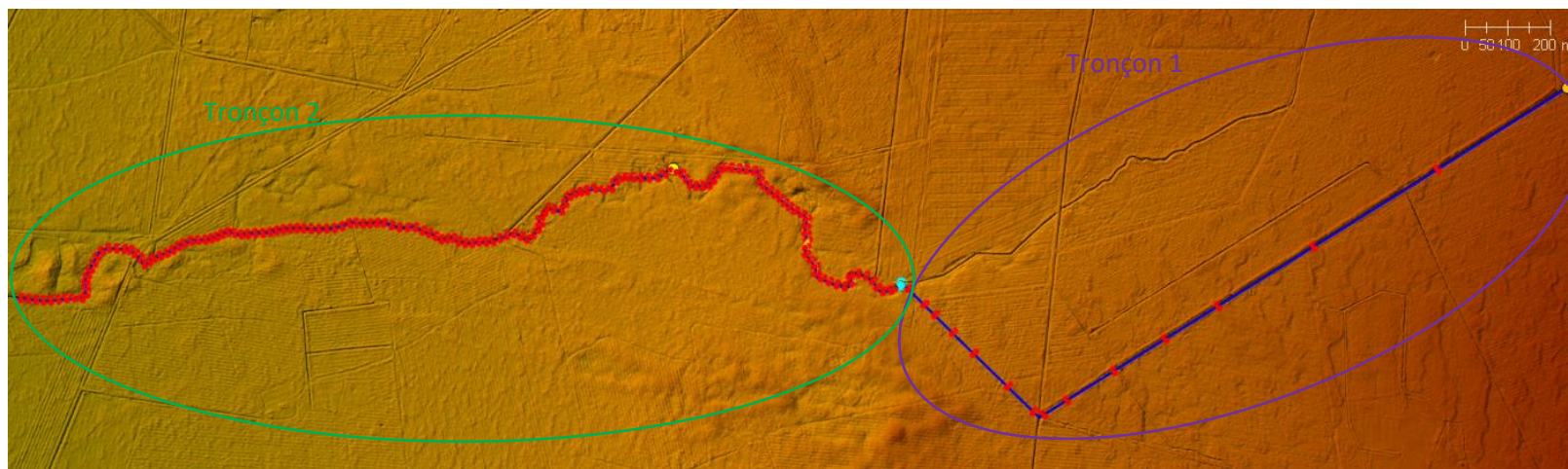
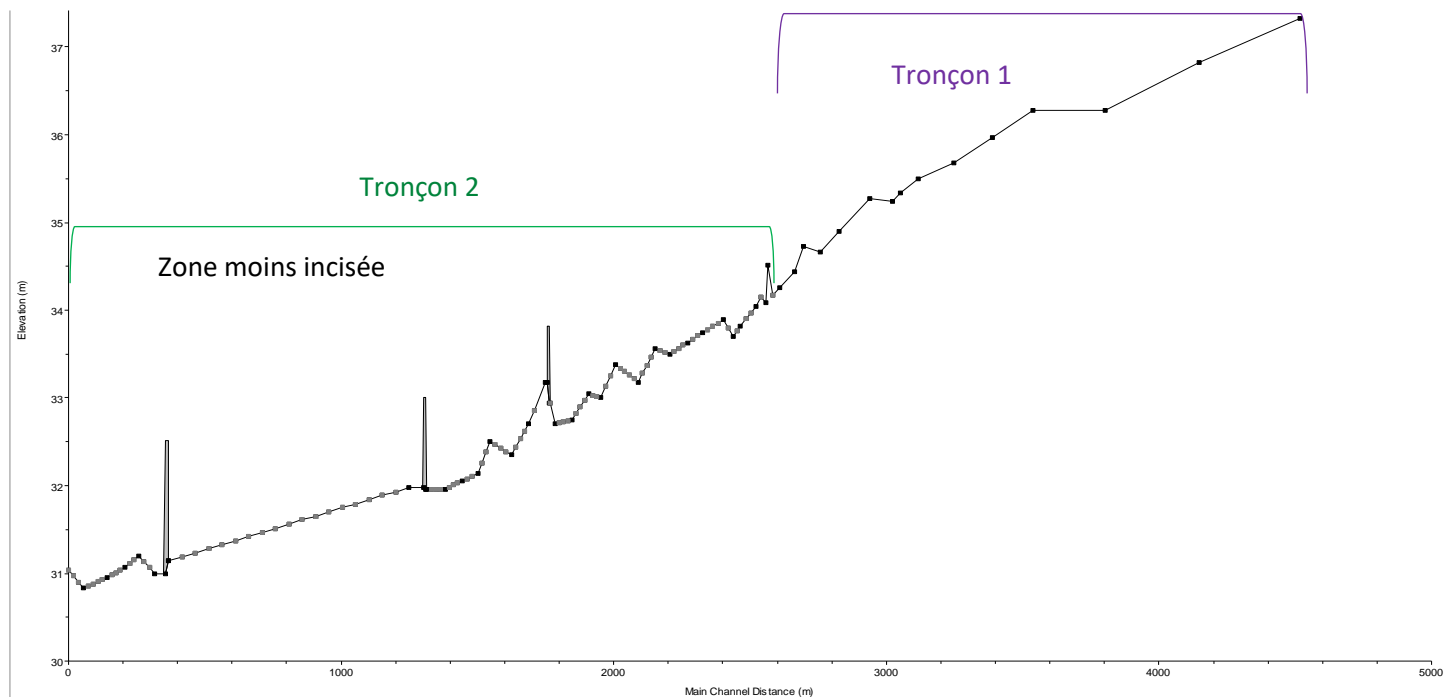


Figure 9 : profil en long du Cirès

## **PROPOSITIONS D' ACTIONS**

## VIII. PERSPECTIVES : PROPOSITIONS D' ACTIONS

---

### VIII. 1. Rappel : travaux envisagés sur le Cirès en première phase d'étude

Les travaux envisagés en phase 1 sont :

- Mise en place d'un batardeau amont (modification du régime pour éviter les pics et stocker l'eau dans des fossés latéraux « ZTHA »)
- Remise en eau d'anciennes zones humides, éloignées du cours d'eau / perchées. Cela implique l'alimentation via des fossés, et la rehausse du lit du Cirès.

La problématique majeure des actions est la possibilité de maintien de la recharge en fond de lit. Dans la région il a été constaté des problèmes d'affouillement d'ouvrages de type seuils en palplanches posés dans du sable, matériau très peu cohésif. Le syndicat souhaite trouver une solution pérenne, durable, sans intervention lourde.

### VIII. 2. Propositions d'actions

#### VIII. 2. 1. Localisation des actions

Concernant la réhumidification des dépressions latérales, deux secteurs homogènes peuvent être définis :

- Un secteur amont, sur lequel les dépressions à alimenter sont situées sur la droite et sur la gauche du lit. Il d'agit d'anciens méandres dont le fond est actuellement situé entre 10 cm et 1 m au-dessus du fond du lit mineur, la grande majorité étant située à environ 80 cm au-dessus du fond du lit mineur du Cirès.
- Un secteur aval, sur lequel une longue dépression en rive gauche (ancien lit) est à reconnecter. Cette dépression est moins marquée topographiquement que les dépressions de la zone amont, elle est située environ 0.6 à 1 m sous le niveau du fond du lit du Cirès. Le merlon de curage, en rive droite) est peu marqué, la création de brèches sera moins aisée que sur la zone amont.

Les actions à mener sont du même type pour les deux zones :

- Rehausse du fond du Cirès
- Création de brèches dans le merlon de curage pour alimenter les dépressions en lit majeur.



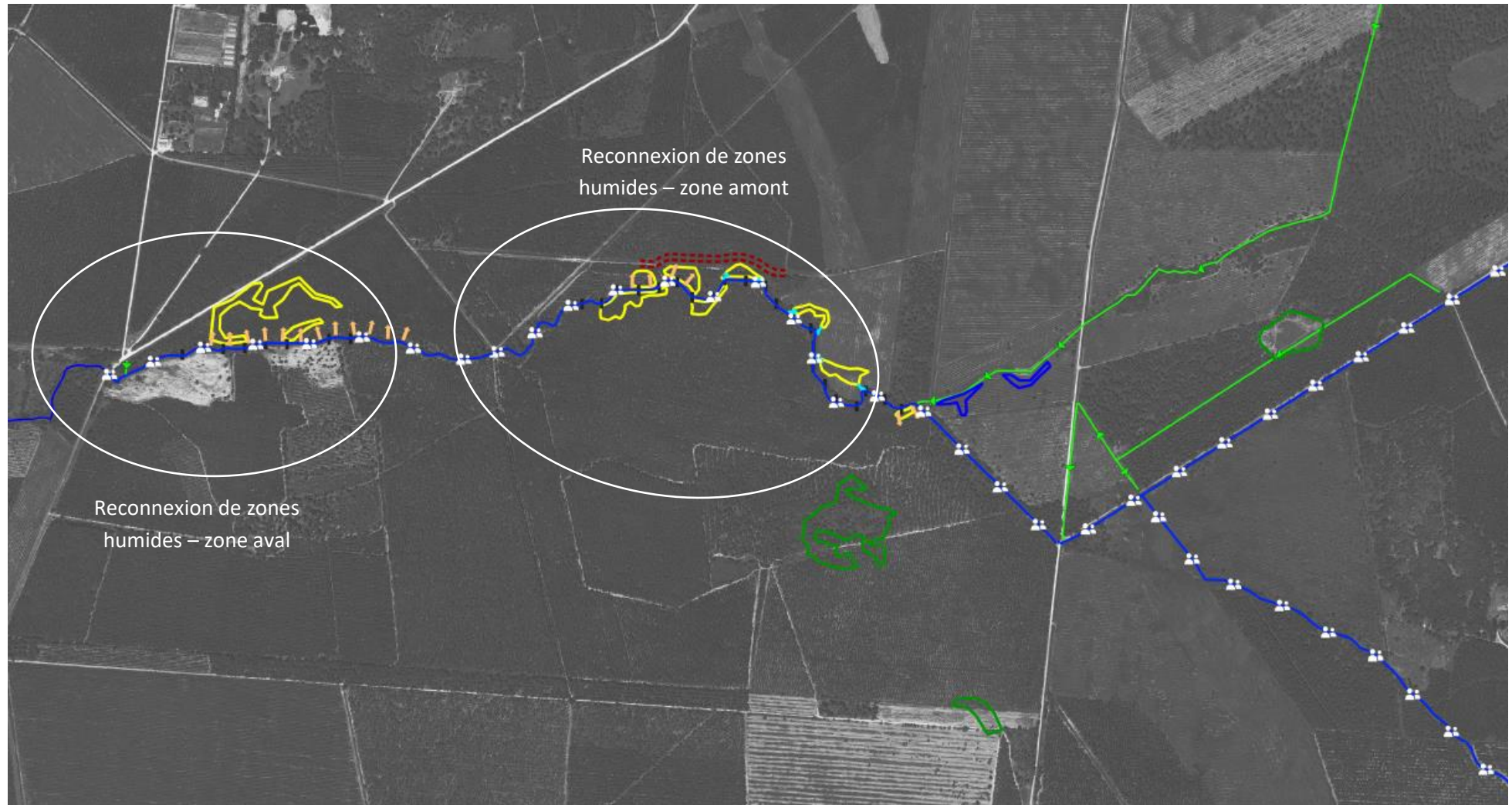


Figure 10 : Localisation des zones d'actions sur le Cirès

## VIII. 2. 2. Principe d'aménagement

Le modèle hydraulique a été réalisé en état initial avec le débit maximum mesuré de 600l/s. Les hauteurs d'eau obtenues varient de 40 à 80 cm selon les secteurs, avec une moyenne à 68 cm. Le niveau d'eau arrive donc à peine à la cote du fond de la plupart des dépressions latérales. Afin de les alimenter correctement, il faudrait combiner une rehausse du fond du lit (ce qui entraînerait une rehausse de la ligne d'eau) associée à des brèches en berge vers les dépressions.

### VIII. 2. 1. Création de brèches

#### Principe

La création de brèches dépend de différents paramètres :

- Pour quel débit souhaite-t-on un débordement ? Nous faisons ici l'hypothèse qu'il s'agit de 600 l/s
- Est-ce que la topographie du lit majeur est adaptée ? Cela semble être le cas lorsqu'il s'agit de traverser le merlon de curage, mais tous les sites ne sont peut-être pas faciles à aménager s'il n'y a pas de merlon marqué
- Est-ce que le gabarit du lit est adapté ? il conviendra de rehausser le lit de façon à ce que la ligne d'eau atteigne un niveau supérieur à celui des dépressions
- Eviter la mortalité piscicole : il conviendra de créer une connexion aval à chaque dépression et d'assurer un modelage pour une « vidange »
- Assurer la pérennité des brèches : réaliser des brèches suffisamment large (5 m minimum) afin d'éviter leur obstruction

#### Période d'intervention

La période écologiquement la plus favorable pour un travail en cours d'eau sera à partir de la fin d'été, entre septembre et octobre. Néanmoins, afin de permettre un bon développement des herbacées sur les brèches réalisées et éviter une érosion de matériaux sous-jacents, une réalisation plus tôt dans l'année serait judicieuse, de façon à permettre un meilleur développement des herbacées avant la période de hautes eaux.

#### Contraintes

- Accès : par le merlon latéral, et via les chemins existants.
- Travail en eau : Intervention en période d'asec, le terrassement se fera hors lit mineur, il n'y a pas nécessité de pêche de sauvegarde
- Aspect réglementaire :
  - Rubrique n° 3.2.1.0 Installations, ouvrages, travaux ou activités conduisant à modifier le profil en long ou le profil en travers du lit mineur d'un cours d'eau, à l'exclusion de ceux visés à la rubrique 3.1.4.0, ou conduisant à la dérivation d'un cours d'eau, longueur supérieure ou égale à 100 m : *autorisation*
  - Rubrique n° 3.3.1.0 Assèchement, mise en eau, imperméabilisation, remblais de zones humides ou de marais, la zone asséchée ou mise en eau, déclaration à partir d'une surface supérieure à 0,1 ha : *il faudra justifier de l'absence de zone humide dans les zones de brèches., et s'il y a des zones humides en aval, justifier que la mise en eau hivernale améliorera leur fonctionnement.*

## VIII. 2. 2. Stabilisation de la recharge en fond de lit mineur

### VIII. 2. 2. 1. Stabilisation du profil en long

#### Principe

Afin de stabiliser la zone rehaussée, un seuil de fond est à prévoir en aval.

Le dimensionnement du seuil dépend du débit maximal dans le lit. En l'absence d'hydrologie de crue, une approche par la capacité du lit est possible (le résultat sera surdimensionné car le lit ne présente pas son gabarit naturel).

#### Préconisations techniques

Le seuil de fond a pour vocation la stabilisation du profil, sa stabilité est assurée par des parafouilles (ancrages dans le lit) et une réalisation en blocs de granulométrie étalée.

Le substrat sous-jacent est formé d'un sable très fin, tout comme la charge solide du cours d'eau, il convient donc d'apporter une attention particulière à la granulométrie de l'ouvrage, pour éviter le lessivage des matériaux sous-jacent (ce qui le déstabiliserait), et permettre le colmatage des interstices avec la charge solide du cours d'eau.

Dans un premier temps la granulométrie de surface du seuil est définie. Nous ne disposons pas du débit maximal dans la Cires. Une première approche hydraulique à l'aide de la formule de Manning-Strickler sur un gabarit type, en prenant un coefficient de rugosité de 25.

Les dimensions du gabarit type au droit des anciens méandres avant débordement sont : largeur 4 m, profondeur 0.78 m section mouillée maximale de 2.4 m<sup>2</sup>, pour un périmètre mouillé de 4.65 m, la pente est de 0.19 % (au droit des parcelles de la CDC, la pente est légèrement plus forte que la pente moyenne du Cirès).

On obtient alors un débit maximal de l'ordre de 1.65 m<sup>3</sup>/s, et un débit unitaire de 0.41 m<sup>3</sup>/s/m.

Selon la formule de Whittaker et Jäggi, un D<sub>65</sub> de 0.2 m est suffisant pour un débit de cet ordre de grandeur et une pente de 5 %. Cette première approche est valable pour des blocs en vrac, des blocs agencés présentent une résistance encore plus forte, une granulométrie de 125 à 350 mm est donc adaptée si les blocs sont agencés.

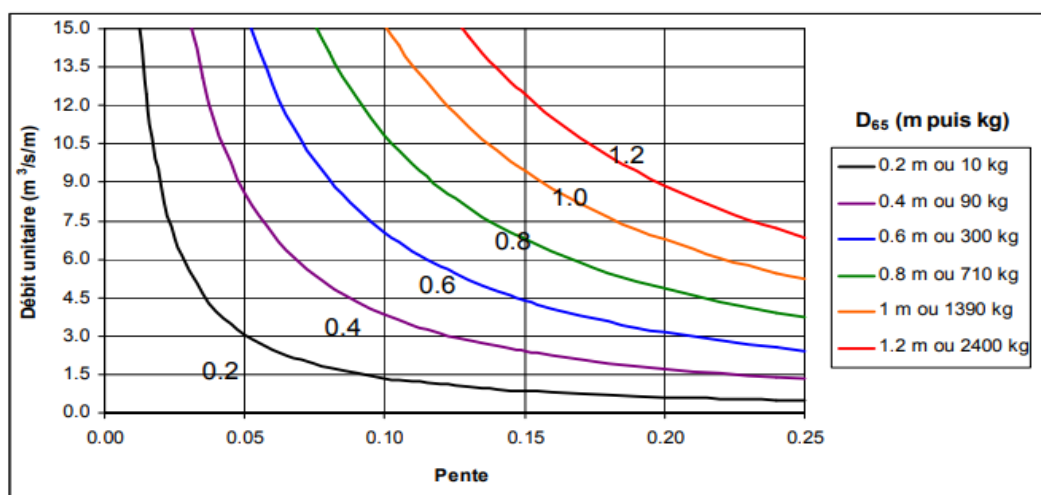


Figure 11 : Limite de stabilité des enrochements en fonction du D<sub>65</sub> et de la pente selon la formule originale de Whittaker et Jäggi (1986) (source : Guide technique pour la conception des passes « naturelles », Rapport GHAAPPE RA.06.05-V1)

En ce qui concerne la couche de transition, du fait de la granulométrie faible et homogène du substrat et de la charge solide, plusieurs couches seront nécessaires. Pour éviter la migration des grains, il faut que le D<sub>15</sub> de la couche supérieure soit égal à au moins 5 fois le D<sub>15</sub> de la couche inférieure,

que le D15 de la couche supérieure soit inférieur ou égal à 5 fois le D85 de la couche inférieure et que le D50 de la couche supérieure soit inférieur ou égal à 25 fois le D50 de la couche inférieure. En supposant la couche de substrat avec un D15 à 0.2 mm, un D 50 à 0.25 mm et du D 85 à 0.30 mm (la granulométrie la plus fine connue est choisie) les différentes couches sont, du bas vers le haut :

- Couche de transition inférieure : sable de 1 à 6 mm ;
- Couche de transition médiane : sable grossier et gravier de 5 à 30 mm ;
- Couche de transition supérieure : petits blocs de 25 à 150 mm ;
- Couche de blocs : blocs de 125 mm à 350 mm ;
- Saupoudrage du seuil avec des matériaux de la couche de transition et les matériaux sableux du site qui viendront se caler dans les interstices.

Le coursier du seuil présentera une pente de 5 % (franchissable pour la faune piscicole sur un seuil court), il sera ancré en amont et en aval en fond de lit sur 1.50 m de profondeur. La longueur sera de 7 m en cas de départ de la recharge aval (15 cm d'épaisseur de recharge), et de 4 m en cas de tenue de la recharge aval. Deux seuils de fond sont proposés, en aval de chacune des zones de reconnexion des zones humides, juste en amont des ponts, de façon à ne pas avoir à intervenir au niveau des ponts.

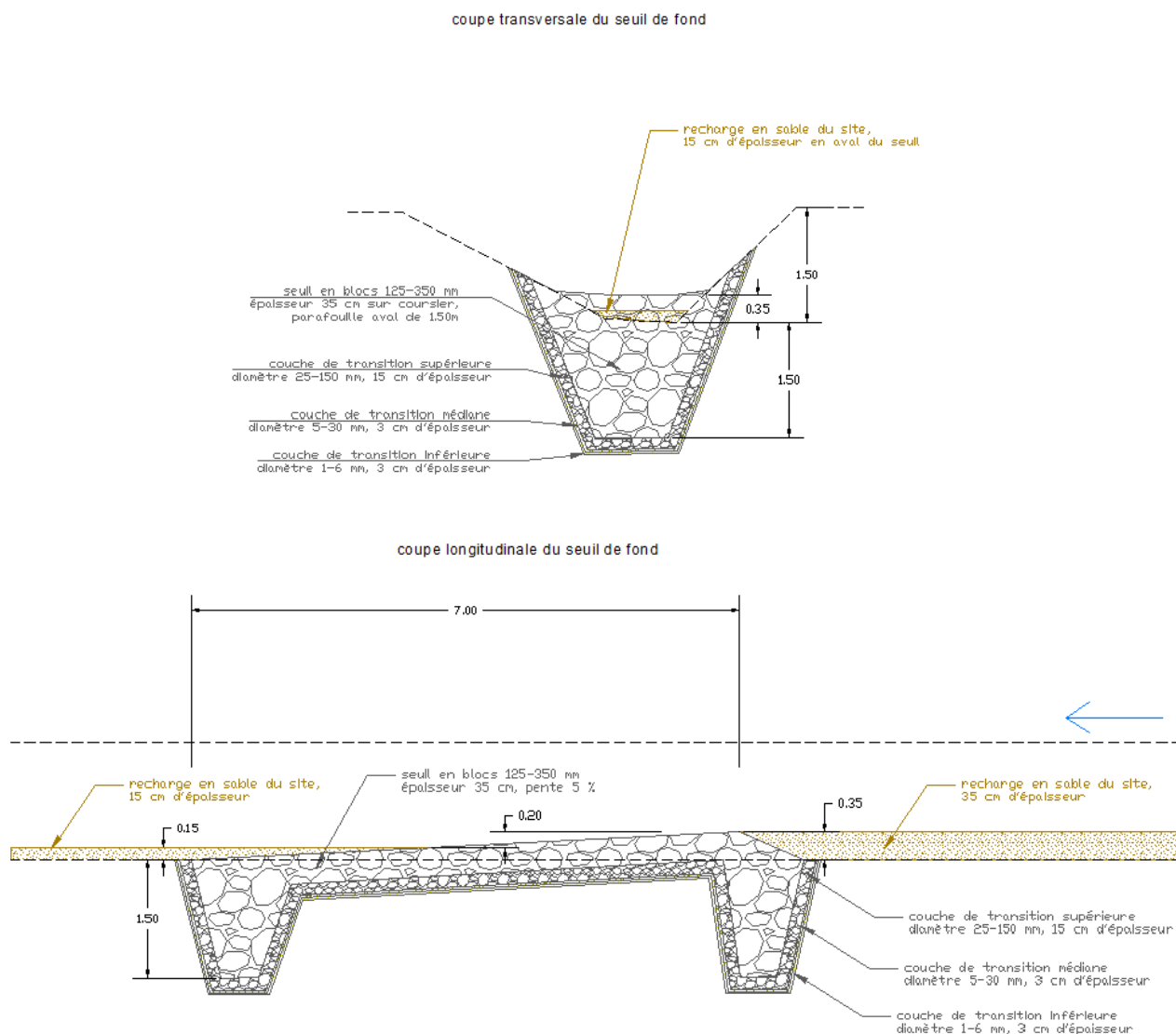


Figure 12 : coupe transversale et profil en long du seuil de fond

### VIII. 2. 2. Stabilisation du sable en fond de lit

Une modélisation hydraulique 1D du Cirès a été menée à l'aide du logiciel GEOHECRAS, de façon à déterminer les forces tractrices et donc, en utilisant la valeur seuil du paramètre de Shield, estimer la taille des grains entraînés pour une granulométrie uniforme, pour un débit de hautes eaux de 600 L/s (débit déjà mesuré sur site)

Les résultats sont les suivants :

distance à l'aval	Q (m³/s)	cote de fond (m)	niveau d'eau (m)	Crit WS (m)	E.G Elev (m)	penne (m/m)	vitesse (m/s)	section mouillée (m²)	profondeur (m)	Froud	contrainte (N/m²)	rayon hydraulique (m)	diamètre du grain entraîné (mm)
2628	0.6	34.26	34.95		34.96	0.001017	0.44	1.39	3.58	0.22	3.3	0.33	4.5
2602*	0.6	34.17	34.94		34.94	0.000486	0.34	1.75	3.72	0.16	1.93	0.4	2.6
2584	0.6	34.51	34.82	34.82	34.91	0.022093	1.33	0.45	2.49	1	38.11	0.18	51.7
2576	0.6	34.08	34.74		34.75	0.000535	0.35	1.74	3.81	0.16	2	0.38	2.7
2558*	0.6	34.15	34.7		34.73	0.004396	0.68	0.89	3.51	0.43	9.22	0.21	12.5
2540	0.6	34.04	34.65		34.67	0.002208	0.57	1.06	3.24	0.32	6.02	0.28	8.2
2520.67*	0.6	33.97	34.62		34.63	0.001617	0.53	1.14	3.15	0.28	4.94	0.31	6.7
2501.33*	0.6	33.9	34.6		34.61	0.000842	0.43	1.42	3.22	0.21	3.05	0.37	4.1
2482	0.6	33.82	34.59		34.6	0.000365	0.31	1.94	3.66	0.14	1.54	0.43	2.1
2469.5*	0.6	33.76	34.56		34.59	0.003409	0.75	0.8	1.75	0.36	10.14	0.3	13.7
2457	0.6	33.7	34.55		34.56	0.000894	0.45	1.35	2.95	0.21	3.32	0.38	4.5
2438.5*	0.6	33.8	34.49		34.53	0.004312	0.84	0.72	1.69	0.41	12.64	0.3	17.1
2420	0.6	33.89	34.48		34.49	0.000663	0.39	1.53	3.38	0.19	2.55	0.39	3.5
2401*	0.6	33.85	34.47		34.48	0.000963	0.45	1.33	3.12	0.22	3.45	0.37	4.7
2382*	0.6	33.82	34.44		34.46	0.001256	0.5	1.22	3.05	0.25	4.23	0.34	5.7
2363*	0.6	33.78	34.42		34.43	0.001397	0.49	1.22	3.34	0.26	4.31	0.31	5.8
2344	0.6	33.75	34.4		34.41	0.001279	0.44	1.38	4.18	0.24	3.51	0.28	4.8
2325.67*	0.6	33.71	34.38		34.38	0.000999	0.41	1.48	4.27	0.22	2.99	0.31	4.1
2307.33*	0.6	33.67	34.37		34.37	0.000504	0.34	1.79	4.11	0.16	1.88	0.38	2.5
2289	0.6	33.63	34.36		34.36	0.000281	0.27	2.24	4.48	0.12	1.16	0.42	1.6

Le diamètre des grains entraînés est nettement supérieur à la celui du sable en place, tout au long du cours d'eau. Ainsi, en l'absence de stabilisation, le sable déposé dans le lit sera transporté vers l'aval.

Il convient donc de stabiliser les matériaux sableux qui seront apportés dans le lit.

#### VIII. 2. 2. 1. Epis

##### Principe

La DIG mentionne l'action de « Créer des épis en fascines sur les portions les plus recalibrées et au droit des zones de recharges granulométriques, afin d'assurer leurs stabilités ».

La réalisation d'épis permet de répondre aux objectifs suivants :

- recentrage et dynamisation des écoulements, limitation du flux érosif contre une berge ;
- diversification des écoulements et des substrats ;
- diversification des hauteurs d'eau ;
- création de caches et abris pour la faune piscicole.

Un épi a pour effet hydraulique de rétrécir localement la largeur d'écoulement et donc de dévier le flux localement, il génère des micro-turbulences qui entraînent un tri granulométrique et une augmentation locale des vitesses. Selon l'orientation des épis, les effets sont différents (se référer à la figure suivante).



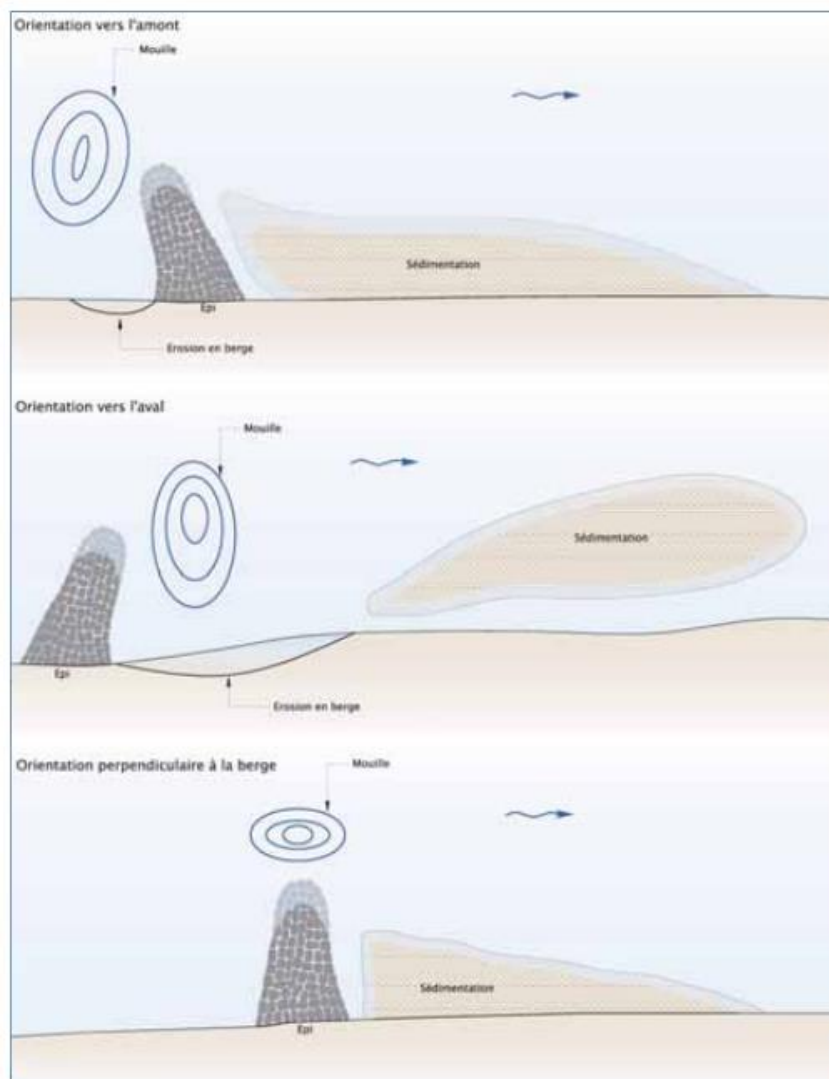


Figure 13 : Schéma de l'effet hydraulique des différents types d'épis (source : Biotec)

Les épis n'ont qu'un effet très limité sur les cours d'eau de faible puissance.

Les principales préconisations techniques sont les suivantes :

- longueur de l'épis : de 1/2 à 2/3 de la largeur du lit, les longueurs peuvent varier ;
- profil en travers de l'épis : réaliser un profil plongeant ;
- ancrage : ancrer largement l'épis dans la berge pour éviter son contournement ;
- réaliser les épis en série de façon à maximiser leur effet ;
- il est possible de mettre en place des matériaux sédimentaires d'apport entre les épis coté berge.

La réalisation d'épis n'est pas la technique privilégiée pour stabiliser un fond de lit, du fait des turbulences générées. De plus, s'il est possible de créer des zones de dépôts latéraux à l'aide d'épis, un épi tous les 50 m ne sera pas suffisant, la mise en place d'épis plus resserrés est nécessaire.

Un modèle hydraulique réalisé sur une partie du Cirès, au droit de la zone amont de reconnexion des zones humides, sur 340 m de cours d'eau, en mettant en place des épis tous les 20 m.

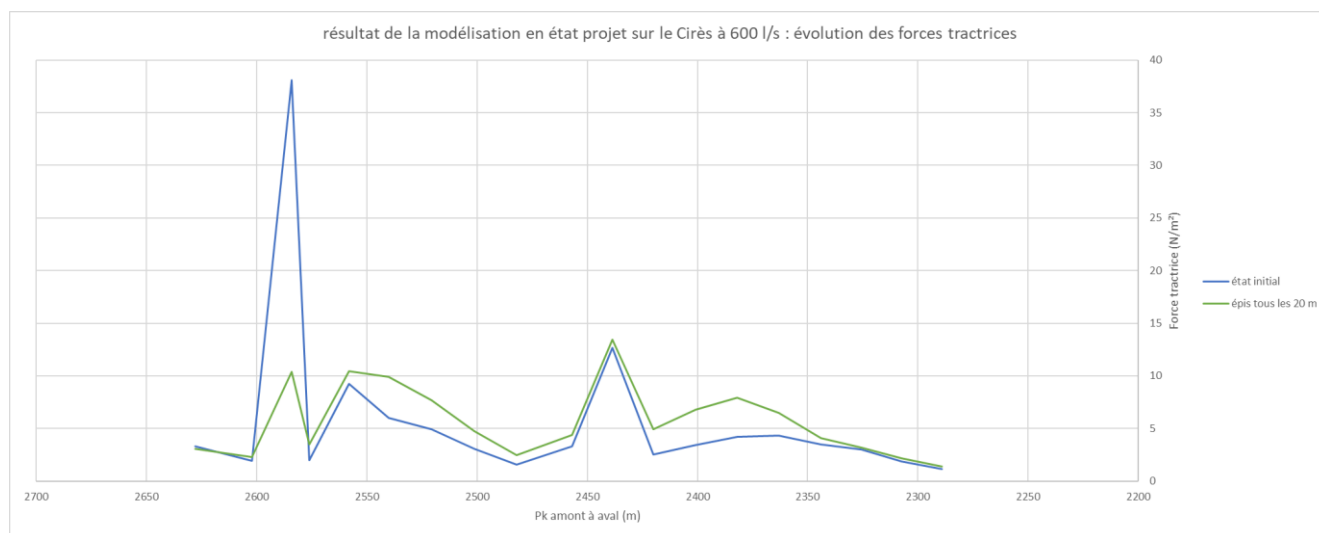


Figure 14 : résultat de la modélisation du Cirès : forces tractrices (source : NCA Environnement)

Les résultats ne mettent pas en évidence un abaissement de la force tractrice pour ces hautes eaux. La modélisation 1 D n'est pas assez précise pour pouvoir modéliser la densité suffisante des épis, qui devraient se situer à quelques mètres de distance (principe des épis en série).

### Schémas

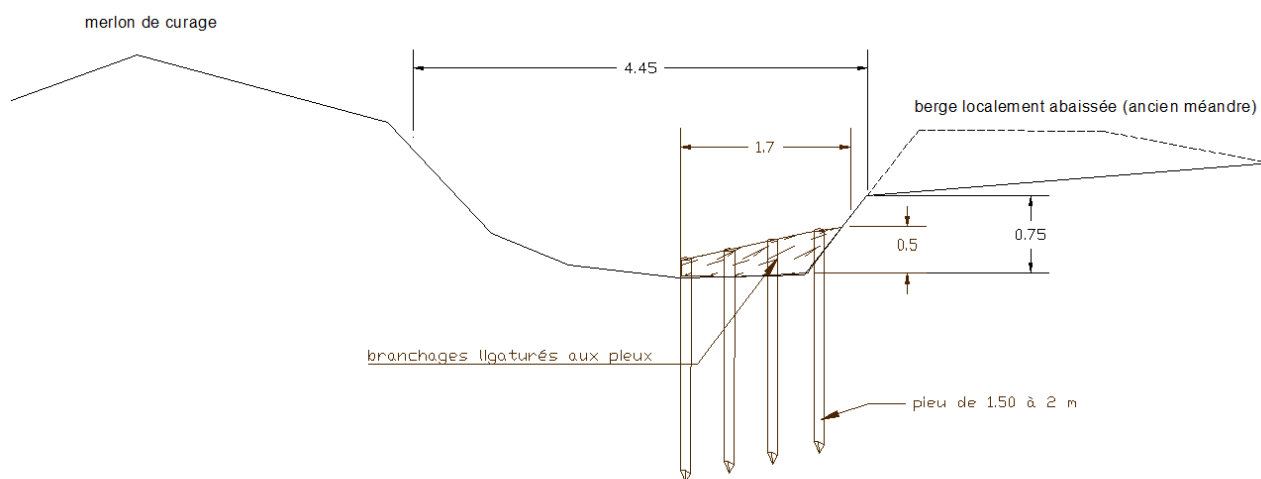


Figure 15 : Profil type d'un épi sur le Cirès

### Préconisations de matériaux

- Pieux en bois, de longueur minimale 1.50 m, de diamètre minimal  $1/20^{\text{ème}}$  de la longueur (pour un pieux de 2, 10 cm de diamètre). Selon le type de bois, la durabilité variera (le châtaignier, le robinier, le chêne sont des bois très résistants dans des conditions humides, mais d'autres bois peuvent être utilisés).
- Fil métallique de diamètre minimal 2 mm.

- Matériaux d'apport dans l'épis-peigne : mélange de rémanents de coupe, sable, divers branchages prélevés à proximité (genêts, pin ...). Les espèces exotiques sont à proscrire. Des branches de saule peuvent être utilisées si un rejet est souhaité.

#### Préconisations de mise en œuvre

- Battre les pieux en laissant 20 à 30 cm avant battage complet, positionnés selon les dimensions indiquées sur les schémas,
- Mettre en place les rémanents de coupes / petit bois / genêts et matériaux sableux à l'arrière des pieux
- Ligaturer l'ensemble à l'aide fil métallique
- Finir le battre les pieux, ce qui aura pour effet de plaquer les matériaux
- Placer les matériaux sableux en aval des épis

#### Période d'intervention

La période écologiquement la plus favorable pour un travail en cours d'eau sera à partir de la fin d'été, entre septembre et octobre.

#### Contraintes

- Accès : par le merlon latéral, via les chemins existants.
- Travail en eau : Intervention en période d'assec, sinon nécessité d'une pêche de sauvegarde.
- Aspect réglementaire :
  - Rubrique n° 3.2.1.0 Installations, ouvrages, travaux ou activités conduisant à modifier le profil en long ou le profil en travers du lit mineur d'un cours d'eau, à l'exclusion de ceux visés à la rubrique 3.1.4.0, ou conduisant à la dérivation d'un cours d'eau, longueur supérieure ou égale à 100 m : *autorisation*
  - La rubrique 3.1.1.0 Installations, ouvrages, remblais et épis, dans le lit mineur d'un cours d'eau, constituant un obstacle à l'écoulement des crues : *autorisation. Il conviendra de justifier l'absence d'enjeu* pour ne pas activer cette rubrique

### VIII. 2. 2. Banquettes et végétalisation

#### Principe

La réalisation de banquettes alternes est en général la solution privilégiée pour stabiliser les apports de matériaux dans le lit.

Dans le cas de cours d'eau de faible puissance, ces banquettes n'ont dans la plupart des cas pas besoin d'être fortement stabilisées, néanmoins étant donné la nature très fine des matériaux déposés, une stabilisation par végétalisation apparaît nécessaire.



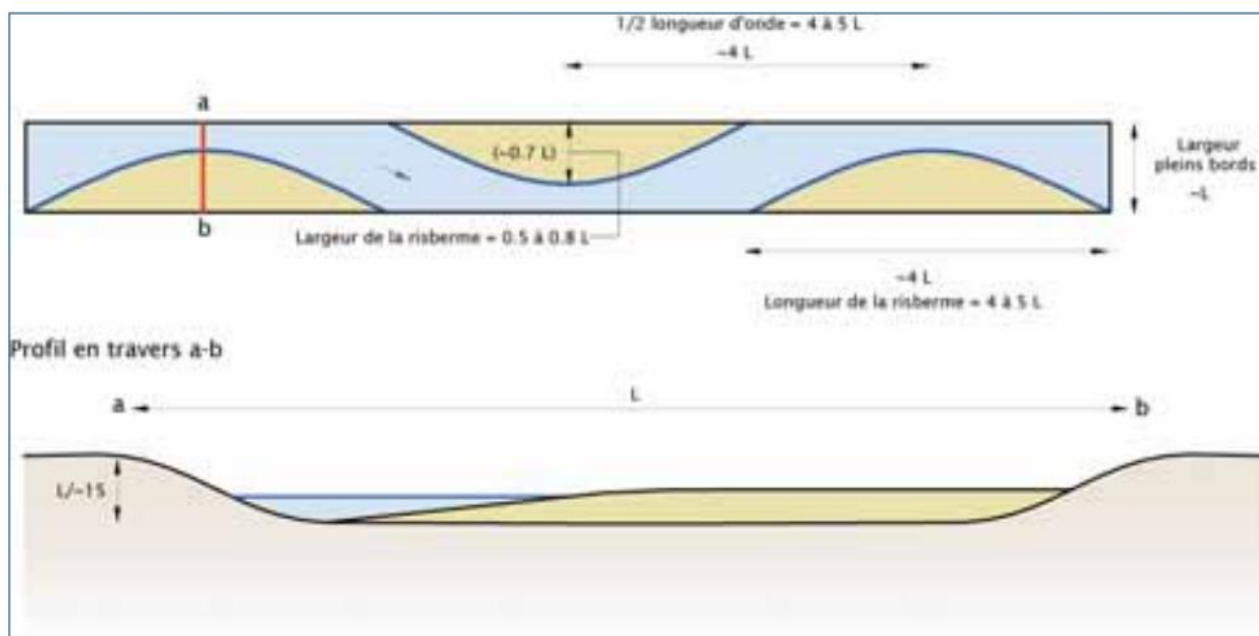


Figure 16 : Schéma type d'implantation de banquettes alternées (source : Biotec - Malavoï)

La bibliographie sur le génie végétal indique les forces tractrices auxquelles un enherbement de berge ou de banquette peut résister :

- A la réalisation : 4 à 20 N/m<sup>2</sup>
- 1 à 2 ans après travaux : 25 à 30 N/m<sup>2</sup>
- 3 ou 4 ans après travaux : 30 à 100 N/m<sup>2</sup>

Même s'il s'agit de valeurs indicatives, les ordres de grandeur des forces tractrices montrent que la végétalisation des banquettes permettrait leur stabilisation une fois les herbacées développées, étant donnée la gamme de forces tractrices obtenues par modélisation (inférieure à 20 N/m<sup>2</sup> sauf en un point).

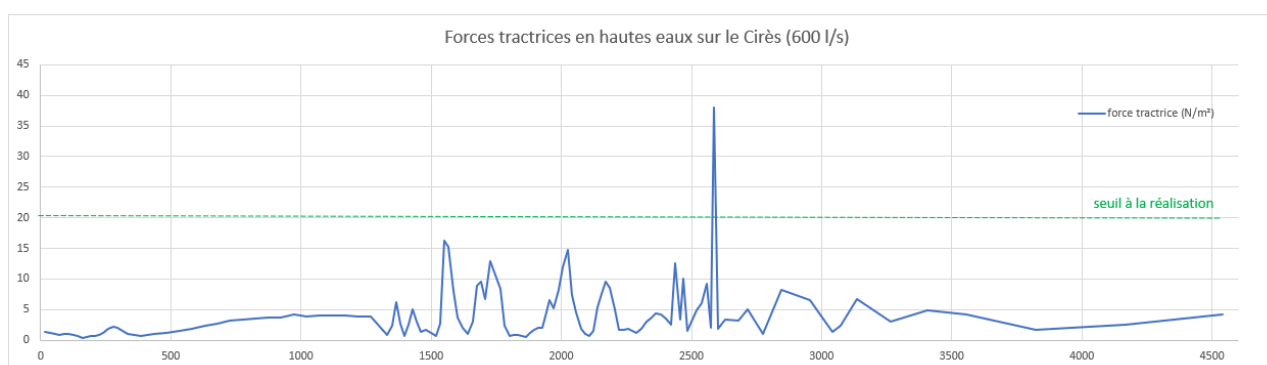


Figure 17 : résultat de la modélisation du Cirès : forces tractrices en hautes eaux (600 l/s) (source : NCA Environnement)

La période à risque sera les quelques mois pendant lesquels les banquettes seront à nu, avant le développement de la couverture végétale. Il serait donc judicieux d'éviter de réaliser les travaux trop tardivement à l'automne, et de mettre en place un ensemencement des banquettes afin d'accélérer leur stabilisation.

La végétalisation des banquettes peut comprendre :

- Le prélèvement de mottes de molinie sur site, et leur dépôt en bordure de banquette.

- L'ensemencement manuel des banquettes à l'aide d'un mélange grainier, à 30 g/m<sup>2</sup>. Idéalement, il pourrait s'agir d'un mélange grainier d'origine locale, mais il est aussi possible d'utiliser un mélange standard du commerce, comprenant des espèces couvrant rapidement les banquettes, qui seront progressivement remplacées par les espèces autochtones au fil des années. Les semis vendus dans le commerce sont constitués d'espèces ubiquistes qui ne seront pas toutes adaptées au milieu, un tri naturel se fera en fonction des conditions écologiques. Ce mélange comprendrait des espèces à développement rapide comme le Ray grass anglais (*Lolium perenne*), si possible, la présence de certaines espèces adaptées au milieu humides du secteur comme la Houlque laineuse (*Holcus lanatus*) ou la fétuque rouge (*Festuca rubra*) serait intéressante.

## Schémas

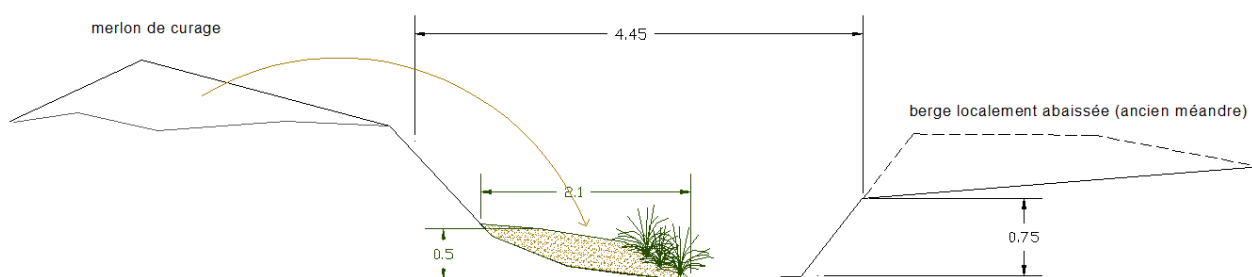


Figure 18 : Profil type d'une banquette sur le Cirès

### Préconisations de matériaux

- Sable prélevé dans le merlon de curage
- Molinie (et possiblement d'autres graminées) prélevées sur site, par mottes

### Préconisations de mise en œuvre

- Déposer le sable sous forme de banquettes selon les dimensions indiquées sur les schémas,
- Déposer les mottes de molinie, de préférence en pied de banquette amont
- Ensemencer les banquettes à l'aide d'un mélange grainier à 30g/m<sup>2</sup>

### Période d'intervention

La période écologiquement la plus favorable pour un travail en cours d'eau sera à partir de la fin d'été, entre septembre et octobre, il s'agit d'ailleurs de la période présentée dans le dossier réglementaire pour les épis. Néanmoins, afin de permettre un bon développement des herbacées sur la banquette, une réalisation plus tôt dans l'année serait judicieuse, de façon à permettre un meilleur développement des herbacées sur les banquettes avant la période de hautes eaux.

### Contraintes

- Accès : par le merlon latéral, via les chemins existants.
- Travail en eau : Intervention en période d'assec, sinon nécessité d'une pêche de sauvegarde.
- Aspect réglementaire :

- Rubrique n° 3.2.1.0 Installations, ouvrages, travaux ou activités conduisant à modifier le profil en long ou le profil en travers du lit mineur d'un cours d'eau, à l'exclusion de ceux visés à la rubrique 3.1.4.0, ou conduisant à la dérivation d'un cours d'eau, longueur supérieure ou égale à 100 m : *autorisation*
- La rubrique 3.1.1.0 Installations, ouvrages, remblais et épis, dans le lit mineur d'un cours d'eau, constituant un obstacle à l'écoulement des crues : autorisation. *Il conviendra de justifier l'absence d'enjeu* pour ne pas activer cette rubrique

### **VIII. 2. 3. Localisation des actions**

La recharge est préconisée dans l'ensemble du secteur de reconnexion des anciens méandres, sur une hauteur de 50 cm jusqu'au seuils de fond, et de 35 cm en aval (au niveau des ponts).

Exemple de profil pour création de surverse dans un ancien méandre (à la topographie assez marquée)

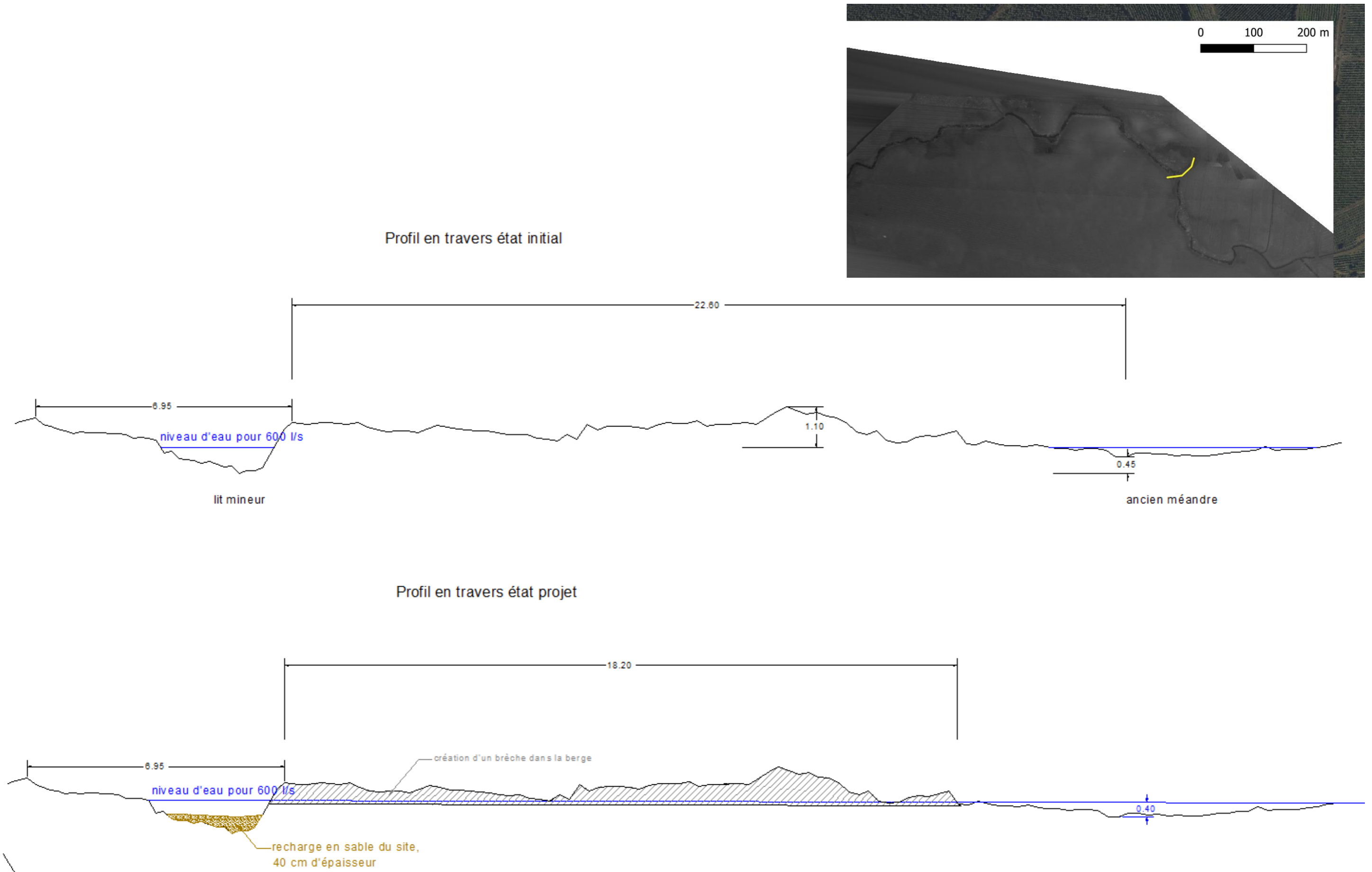


Figure 19 : Profil type d'aménagement de reconnexion d'un ancien méandre en hautes eaux

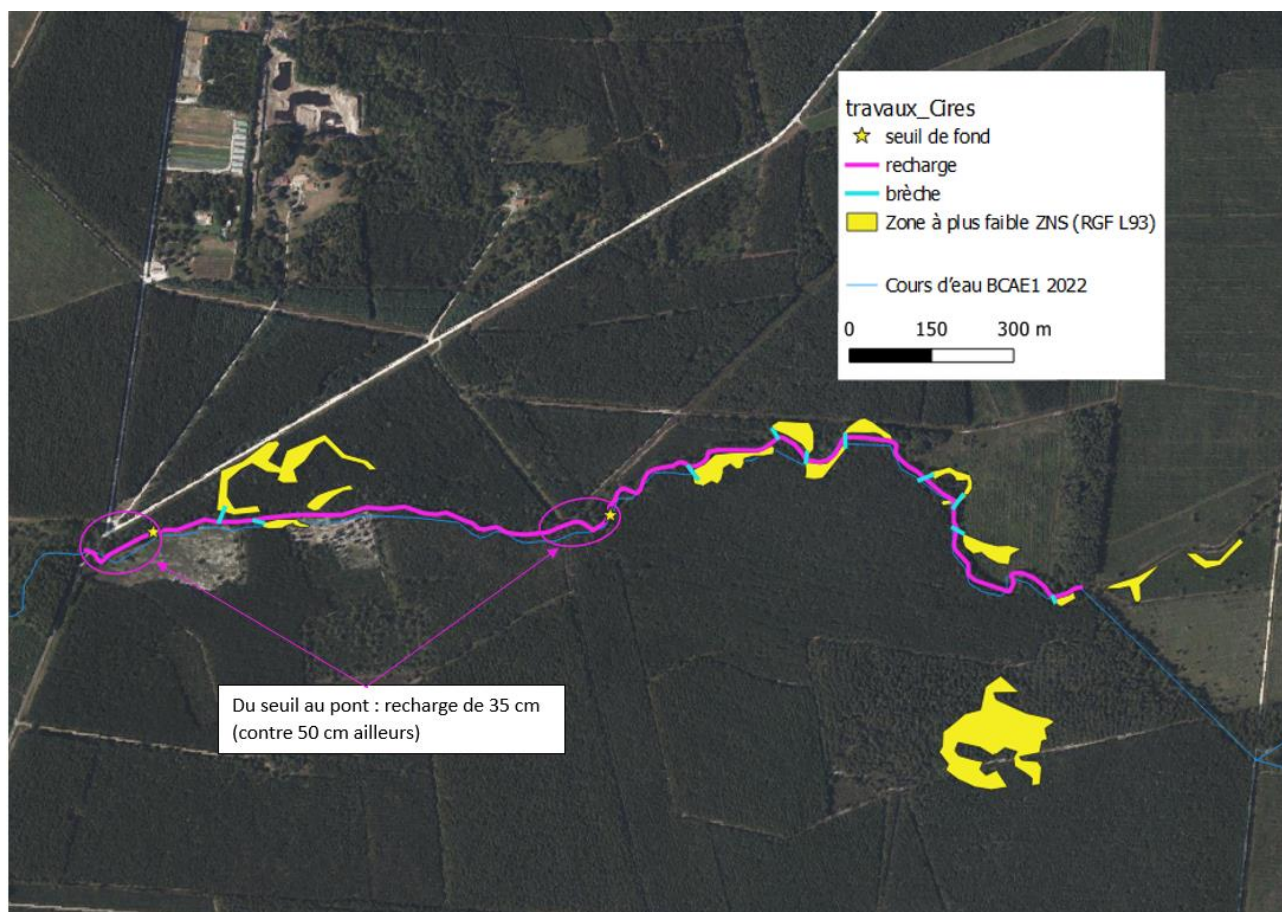


Figure 20 : Localisation des actions sur le Cirès

#### VIII. 2. 4. Estimation des coûts

L'estimation des coûts est réalisée sur la base d'une recharge de 2 250 ml soit par la mise en place d'épis (à noter, le coût pourrait être optimisé par l'utilisation de bois local en trouvant une filière de type bois déclassés ...), soit par la mise en place de banquettes, et la création de 10 brèches en berge (longueur totale 210 ml, largeur 5m, profondeur 0.7 m en moyenne)

n°	Dénomination	quantité	unité	prix unitaire	prix total €HT
<b>1 Travaux préliminaires</b>					
1.1	Installation et repli du chantier	1.0	Forfait	3000.0	<b>3 000 €</b>
1.2	Implantation, piquetage	1.0	Forfait	1000.0	<b>1 000 €</b>
1.3	DOE, récolement	1.0	Forfait	1200.0	<b>1 200 €</b>
<b>total 1 Travaux Préliminaires</b>					<b>5 200 €</b>

<b>2 seuils de fond</b>					
2.1	préparation de site, terrassement préparatoires	1.0	fft	1500.0	<b>1 500 €</b>
2.2	fourniture et pose blocs 125-350 mm	16.0	m3	90.0	<b>1 440 €</b>
2.3	fourniture et pose blocs 30-125 mm	7.0	m3	90.0	<b>630 €</b>
2.4	fourniture et pose gravier 5-30 mm	2.5	m3	90.0	<b>225 €</b>
2.5	fourniture et pose sable 1-6 mm	2.5	m3	90.0	<b>225 €</b>
<b>total 2 -Seuil de fond</b>					<b>4 020 €</b>
<b>total 2 - réalisation de 2 seuils de fond</b>					<b>8 040 €</b>

3 brèches					
2.1	préparation de site, terrassement préparatoires, frais de déplacement de la pelle	1.0	fft	2500.0	<b>2 500 €</b>
2.2	terrassement en déblai pour réalisation de 10 brèches, dépôt des matériaux dans le lit	750.0	m3	15.0	<b>11 250 €</b>
<b>total 3 -10 brèches</b>					<b>13 750 €</b>

4 série de 6 épis (15 à 20 ml de cours d'eau)					
4.1	préparation de site, terrassement préparatoires	1.0	fft	500.0	<b>500 €</b>
4.2	fourniture et pose de pieux en bois	40.0	u	20.0	<b>800 €</b>
4.3	prélèvement sur place et pose de rémanents de coupe (main d'œuvre)	12.0	h	30.0	<b>360 €</b>
4.4	fourniture et pose de ligature, et re-battage des pieux	6.0	u	100.0	<b>600 €</b>
4.5	fourniture et pose en aval des épis : prélèvement du site et dépôt en jet direct	8.0	m3	20.0	<b>160 €</b>
<b>total 4 - série de 6 épis</b>					<b>2 420 €</b>

<b>total 4 - épis sur 2 250 ml</b>					<b>272 250 €</b>
------------------------------------	--	--	--	--	------------------

5 2 banquettes alternes ( env 20 ml de cours d'eau)					
5.1	préparation de site, terrassement préparatoires	1.0	fft	500.0	<b>500 €</b>
5.2	fourniture et pose de sable : prélèvement du site et dépôt dans le lit, modelage	6.0	m3	20.0	<b>120 €</b>
5.3	fourniture et pose de molinie prélevées sur site, et ensemencement (main d'œuvre)	8.0	h	30.0	<b>240 €</b>
<b>total 5 - banquettes sur 20 ml</b>					<b>860 €</b>

<b>total 5 - banquettes alternes sur 2 250 ml</b>					<b>96 750 €</b>
---	--	--	--	--	-----------------

<b>récapitulatif avec pose d'épis</b>	
<b>total 1 Travaux Préliminaires</b>	<b>5 200 €</b>
<b>total 2 - réalisation de 2 seuils de fond</b>	<b>8 040 €</b>
<b>total 3 -10 brèches</b>	<b>13 750 €</b>
<b>total 4 - épis sur 2 250 ml</b>	<b>272 250 €</b>
<b>TOTAL €HT</b>	<b>299 240.00 €</b>
<b>TVA (20 %)</b>	<b>59 848 €</b>
<b>TOTAL €TTC</b>	<b>359 088.00 €</b>

<b>récapitulatif avec création de banquettes</b>	
<b>total 1 Travaux Préliminaires</b>	<b>5 200 €</b>
<b>total 2 - réalisation de 2 seuils de fond</b>	<b>8 040 €</b>
<b>total 3 -10 brèches</b>	<b>13 750 €</b>
<b>total 5 - banquettes alternes sur 2 250 ml</b>	<b>96 750 €</b>
<b>TOTAL €HT</b>	<b>123 740 €</b>
<b>TVA (20 %)</b>	<b>24 748 €</b>
<b>TOTAL €TTC</b>	<b>148 488.00 €</b>