

Préfet de la Manche DDTM

Boulevard de la Dollée

BP 60355

50015 Saint-Lô

# EFFACEMENT DES BARRAGES DE LA SELUNE, GESTION DES SEDIMENTS CONTAMINÉS ET PLAN DE GESTION

## PHASE 2 : ETABLISSEMENT DU PLAN DE GESTION DES RETENUES ASSECHÉES

*Version finale*

*Mars 2013*



**IDRA Environnement SAS**  
*Pôle ingénierie*

La Haye de Pan  
35 170 BRUZ  
T : 02.99.05.50.05  
F : 02.99.05.40.90  
[www.idra-environnement.com](http://www.idra-environnement.com)

**Auteurs de l'étude :**

*Nicolas PROULHAC, Responsable de projet ;  
Nicolas FAUCCONNIER, Ingénieur risque ;  
Arnaud MARREC, Ingénieur environnement.*

## CADRAGE DU DOCUMENT

Le présent document constitue la seconde phase du dossier relatif à l'étude préalable concernant l'effacement des barrages de la Sélune.

Ce document est élaboré à destination de :



**DDTM de La Manche**

Boulevard de la Dollée  
BP 60355  
50015 Saint-Lô  
Tél : 02.33.06.39.00  
Fax : 02.33.06.39.09

Site web : <http://www.manche.equipement.gouv.fr/>

Il a été réalisé par le cabinet d'ingénierie :



**IDRA Environnement SAS**  
**Pôle Ingénierie**

La Haye de Pan  
35170 BRUZ  
Tél : 02 99 05 50 05  
Fax : 02 99 05 40 90

Mel : [info@idra-environnement.com](mailto:info@idra-environnement.com)

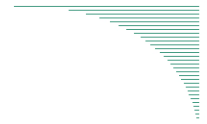
**Étude** : Effacement des barrages de la Sélune, Gestion des Sédiments Contaminés et Plan de Gestion ;

**Phase** : Phase 2 - Établissement du plan de gestion des retenues asséchées ;

**Version** : B ;

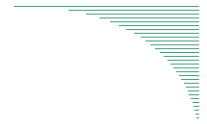
**Auteur(s) de l'étude** : Arnaud MARREC - Chargé d'études ;

**Valider par** : Nicolas PROULHAC - Responsable de projet

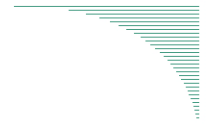


## SOMMAIRE

<b>CADRAGE DU DOCUMENT</b> .....	<b>2</b>
<b>SOMMAIRE</b> .....	<b>3</b>
<b>TABLE DES ILLUSTRATIONS</b> .....	<b>5</b>
<b>CADRAGE DE L'ETUDE</b> .....	<b>6</b>
<b>CHAP I / RAPPEL DES RESULTATS DE LA PHASE 1</b> .....	<b>8</b>
<b>CHAP II / PRESENTATION DU PROJET DE GESTION SEDIMENTAIRE</b> .....	<b>11</b>
I°/ PLANNING .....	11
II°/ SYNTHESE DES MESURES PERMETTANT DE LIMITER LES ATTEINTES DU MILIEU AVAL .....	14
<b>CHAP III / PLAN DE GESTION PAR SECTEUR</b> .....	<b>16</b>
I°/ MESURES DE GESTION ENVISAGEES .....	16
I°/ 1 GESTION DES SEDIMENTS DE L'YVRANDE .....	16
I°/ 2 GESTION DES AUTRES SECTEURS .....	17
I°/ 3 MESURES PARTICULIERES POUR L'AMENAGEMENT DE LA ZONE DE CONFLUENCE DE L'YVRANDE .....	18
II°/ MESURES DE SUIVI .....	20
II°/ 1 AU COURS DES TRAVAUX .....	20
II°/ 2 MESURES DE SUIVI APRES TRAVAUX .....	24
<b>CHAP IV / BILAN COUT AVANTAGE</b> .....	<b>28</b>
I°/ ASPECTS TECHNIQUES DES TRAVAUX .....	28
II°/ ASPECTS BIOLOGIQUES .....	29
III°/ ASPECTS SANITAIRES .....	29
III°/ 1 SUPPRESSION DU DANGER .....	30
III°/ 2 SUPPRESSION DE L'EXPOSITION .....	32

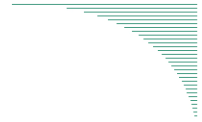


III°/ 3 CONCLUSION .....	32
<b>CHAP V / ANALYSE DES RISQUES RESIDUELS.....</b>	<b>34</b>
I°/ RISQUES SANITAIRES ET ENVIRONNEMENTAUX.....	34
II°/ RISQUES ASSOCIES A LA DIFFUSION DES SEDIMENTS.....	34



## TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Remplissage du lac de Vezins en fonction de la cote du plan d'eau .....	12
Figure 2 : Aménagement envisagés du secteur de l'Yvrande .....	16
Figure 2 : Photographies aériennes du Lair (à gauche) et de l'Isolant (à droite) .....	17
Figure 3 : Profil en amont et au niveau d'un méandre en aval de l'Yvrande .....	18
Figure 4 : Comparaison entre le fond initial de la retenue de Vezins et la bathymétrie EDF 2004 .....	28
Figure 5 : Principe de base de l'évaluation des risques D = Danger, T = Transfert et C = Cible .....	30



## CADRAGE DE L'ETUDE

Les barrages de Vezins et de La Roche-qui-Boit sont situés sur la Sélune (*Planche 1*). Ce fleuve prend sa source à Saint-Cyr du Bailleul (département de la Manche), puis traverse le bocage du Sud-Manche pour se jeter 91 kilomètres plus loin dans la Baie du Mont-Saint-Michel.

Deux barrages hydroélectriques ont été construits sur la Sélune, le barrage de la Roche-qui-Boit et celui de Vezins. Le barrage de la Roche-qui-Boit a été construit en 1916, par la société des forces motrices de la Sélune pour fournir de l'électricité à l'industrie de la chaussure de Fougères. La production devenant insuffisante, le barrage de Vezins a été construit en 1926. Depuis cette construction, le barrage de La Roche-qui-boit, en plus de produire de l'électricité, assure un rôle d'ouvrage de compensation permettant de lisser les débits du cours d'eau aval lors des lâchers d'eau sur Vezins.

Lors de la nationalisation de l'électricité en 1946, l'exploitation des barrages a été transférée à EDF. Plusieurs concessions ont été renouvelées depuis cette date. Toutefois le 13 novembre 2009, l'État a décidé de ne pas reconduire la concession au bénéfice d'EDF et d'effacer les deux barrages de Vezins et de la Roche-qui-Boit.

Depuis leur mise en service, les 2 barrages font l'objet d'importants phénomènes de sédimentation provoqués par la diminution de la courantologie. L'envasement s'est accéléré ces trente dernières années avec la mise en culture des terres agricoles du bassin versant. Les dernières estimations de 2004 situent le volume de sédiments présents à 1,4 millions de m<sup>3</sup> pour Vezins et 0,4 million de m<sup>3</sup> pour La Roche-qui-Boit.

La dernière vidange qui a été réalisée en 1993, s'est traduite par des conséquences dommageables pour l'environnement. Lors de la phase d'assec, une crue estivale décennale s'est produite et a abouti à une importante érosion des stocks de sédiments contenus dans le barrage de Vezins. Ces remises en suspension ont ponctuellement atteint des concentrations de 100 g de sédiments par litre en aval des barrages.

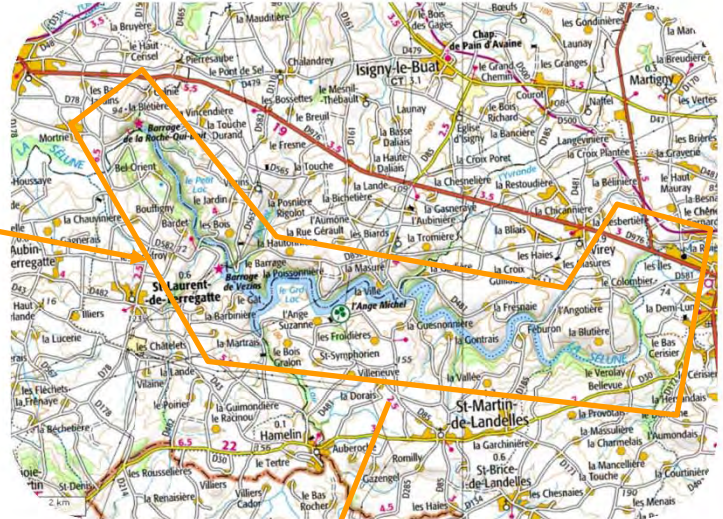
La présente étude vise à encadrer techniquement l'effacement des deux barrages, de manière à ce que ces opérations soient assurées dans des conditions garantissant l'absence d'impact sur le milieu récepteur et les usages localisés en aval.

# ETUDE DE L'EFFACEMENT DES BARRAGES DE LA SÉLUNE ET PLAN DE GESTION DES SITES

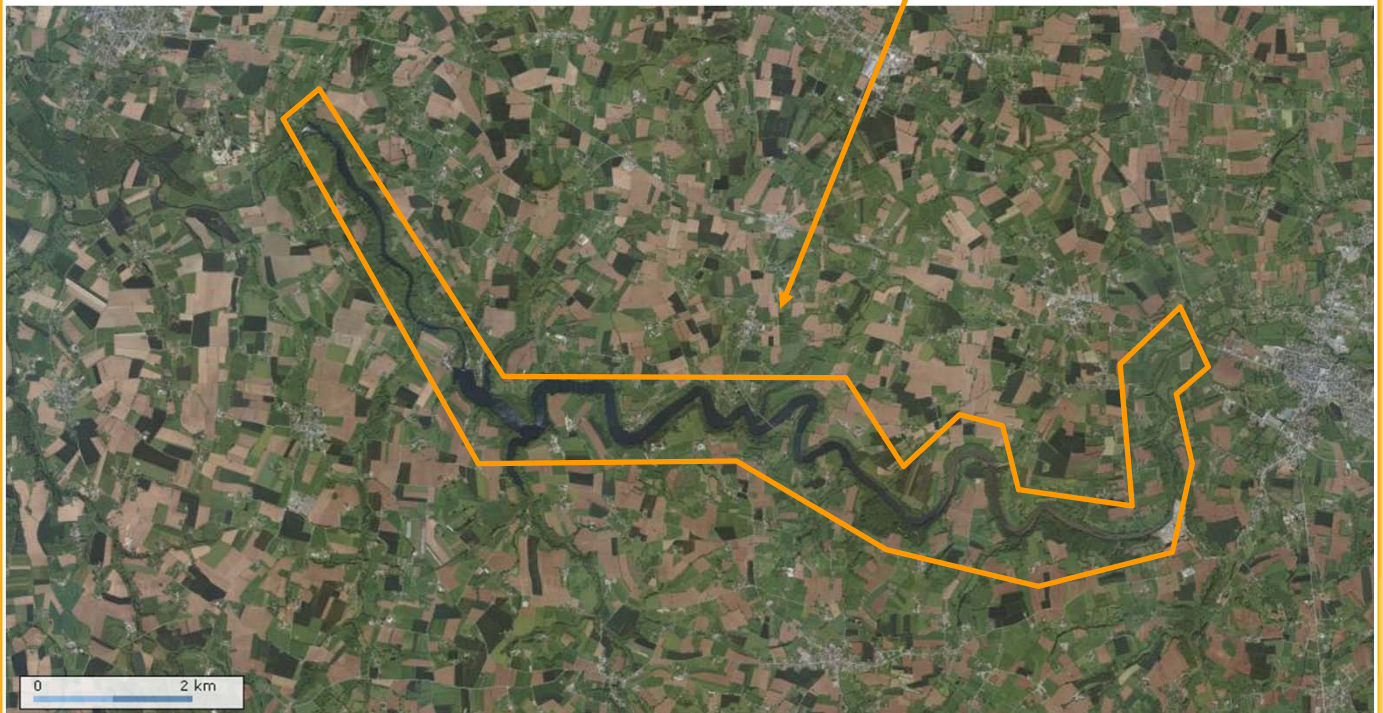
## LOCALISATION DE LA ZONE D'ÉTUDE



Carte 1



Carte 2



Carte 3



DDTM de La Manche



Sources : Google Earth  
IGN/ Géoportail

### Légende :

Carte 1 : Localisation du fleuve sur le territoire français (Google Earth)

Carte 2 : Situation globale du fleuve de la Sélune (carte IGN 1316 E de Saint-Hilaire-du-Harcouët)

Carte 3 : Photo aérienne des retenues de Vezins et de la Roche-qui-Boît (Géoportail)

Mars 2013

**PLANCHE 1**

# CHAPITRE 1

## RAPPEL DES RÉSULTATS DE LA PHASE 1

***EFFACEMENT DES BARRAGES DE LA  
SÉLUNE, GESTION DES SÉDIMENTS  
CONTAMINÉS ET PLAN DE GESTION***





## CHAP I / RAPPEL DES RESULTATS DE LA PHASE 1

La première phase de l'étude a permis de mettre en évidence l'existence de risques essentiellement liés à l'érosion des sédiments présents dans le lit historique de la Sélune lors de la vidange et à l'issue de l'effacement des 2 barrages. En l'absence de mesure de lutte contre ces phénomènes érosifs, la vidange et le démantèlement des barrages sont susceptibles de provoquer de fortes augmentations des concentrations en matières en suspension dans le milieu récepteur.

Ces remises en suspension seraient plus ou moins prononcées en fonction des débits observés et de l'apparition de crue sur la Sélune et se traduiraient par les incidences suivantes :

- Sur le milieu physique :
  - Augmentation de la transmission de la chaleur ;
  - Augmentation des processus d'oxydation ;
  - Diminution des concentrations en oxygène dissous (conséquence des observations précédentes) et du pH ;
  - Diminution de la pénétration de la lumière ;
  - Colmatage d'habitats.
- Sur le milieu biologique :
  - Altération de la photosynthèse ;
  - Diminution de la production primaire ;
  - Ensevelissement ;
  - Dommages mécaniques (abrasion des muqueuses et branchies...) ;
  - Perturbation de la reproduction ;
  - Effets létaux (invertébrés benthiques, œufs et larves...).

Le diagnostic qualitatif engagé sur les sédiments a par ailleurs mis en évidence la présence de polluants métalliques en provenance d'un affluent de la Sélune sur le Barrage de Vezins : L'Yvrande. Les analyses environnementales et sanitaires des risques engagées à partir des données collectées et des outils de modélisation utilisés montrent que les risques sont existants :

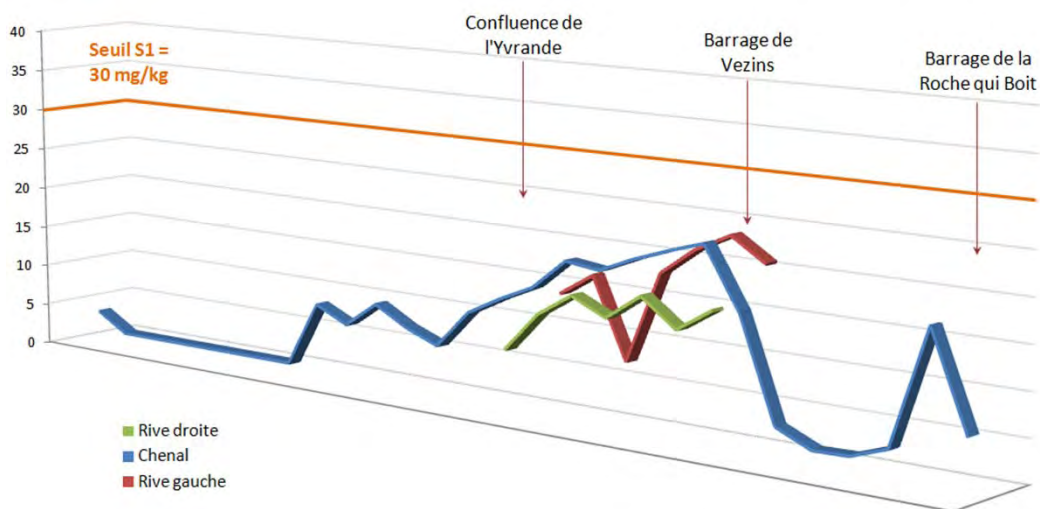
- Phase 1 - État actuel du plan d'eau :
  - Les risques encourus actuellement par les peuplements benthiques apparaissent élevés sur les secteurs de l'Yvrande, de Vezins et de la Roche-qui-Boit. Ils sont occasionnés par des concentrations importantes dans les sédiments en Cadmium, Cuivre, Nickel et Zinc ;
  - 
  -

- Phase 2 - Abaissement et vidange du plan d'eau :
  - Au cours des premières phases d'abaissement, les risques de contamination particulière liés à une remobilisation des sédiments sont à craindre ;
  - Plus l'abaissement sera important, plus les phénomènes érosifs seront marqués avec d'importants risques de transfert massifs de sédiments en cas d'apparition de crue au moment de la vidange ;
  - A ces problèmes d'érosion, s'ajoutent les concentrations métalliques qui sont plus prononcées en aval de la confluence de l'Yvrande (cf. *Planche 2*) ;
  - Ces départs de matériaux auraient pour conséquence le transfert d'importantes quantités de métaux dans le milieu récepteur ;
- Phase 3 - Site exondé :
  - Les risques environnementaux engendrés par les sédiments exondés sur la faune et la flore terrestre sont incertains pour les éléments Cadmium et Nickel, en particulier sur les secteurs de l'Yvrande et de Vezins ;
  - Les sédiments exondés occasionnent des risques sanitaires via l'inhalation et l'ingestion de sédiments contaminés en Cadmium et en Chrome VI par les enfants (effet pica) sur la zone d'affluence de l'Yvrande ;
  - Aucun risque lié à l'ingestion d'eau et à la consommation de poissons n'est à signaler.

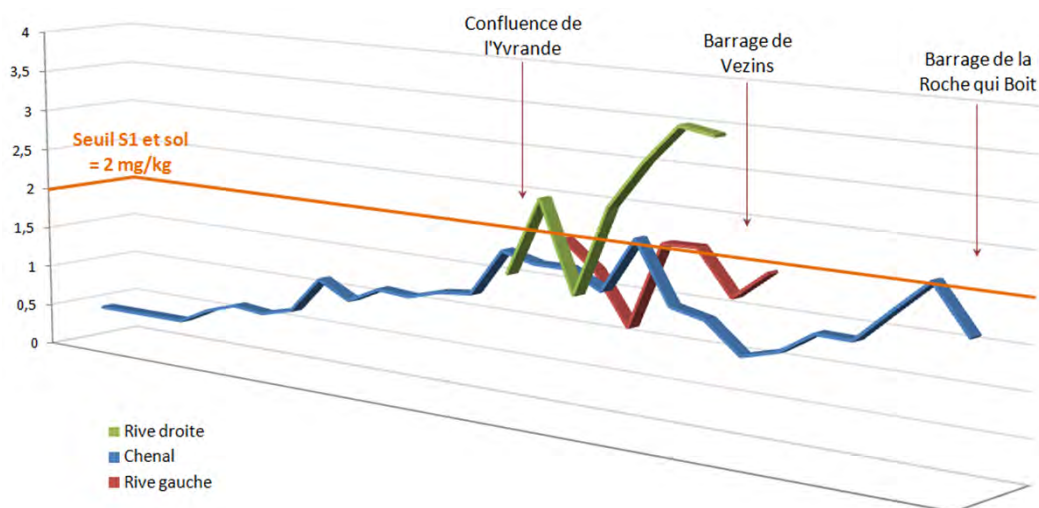
Eu égard aux conclusions de la phase 1, il apparaît nécessaire de bien encadrer les opérations de vidange ainsi que la gestion ultérieure du milieu.

Le présent plan de gestion, établi parallèlement à la définition du programme des travaux portée par EDF, vise à définir une stratégie de gestion permettant de limiter les risques évoqués ci-dessus. Ces aspects techniques sont complétés par des préconisations de suivi permettant de s'assurer que les préconisations mises en œuvre sont pérennes dans le temps et que les éventuelles modifications du milieu n'entraînent pas de risques nouveaux ou supplémentaires.

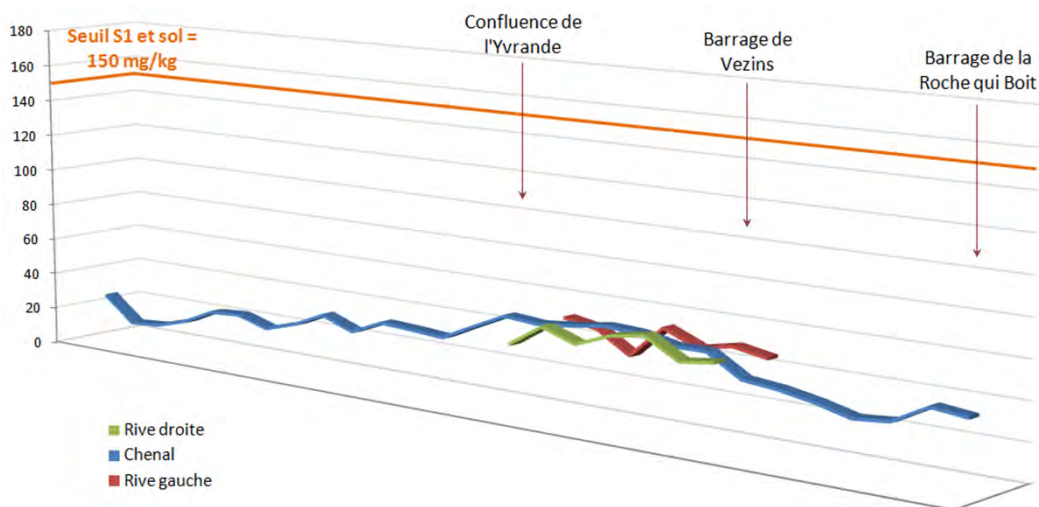
## Arsenic



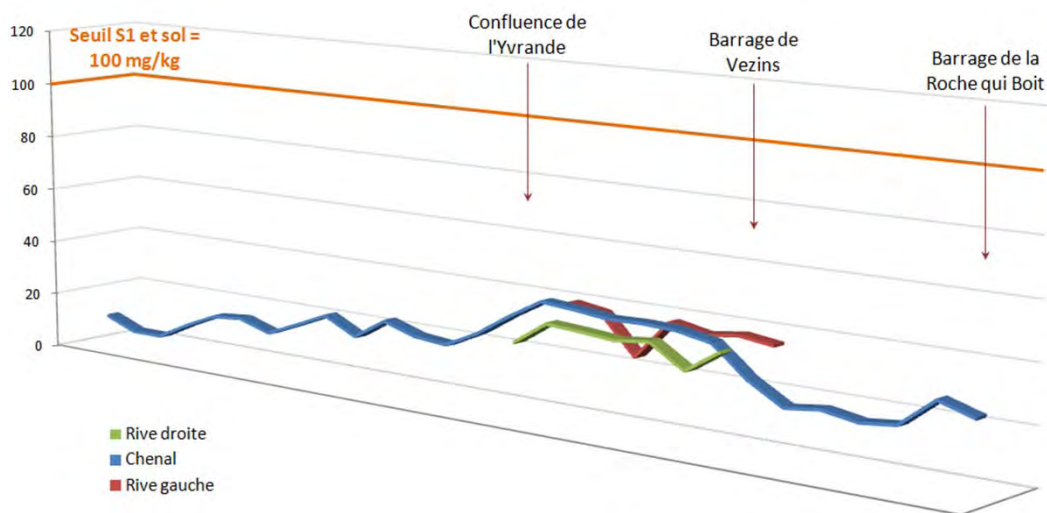
## Cadmium



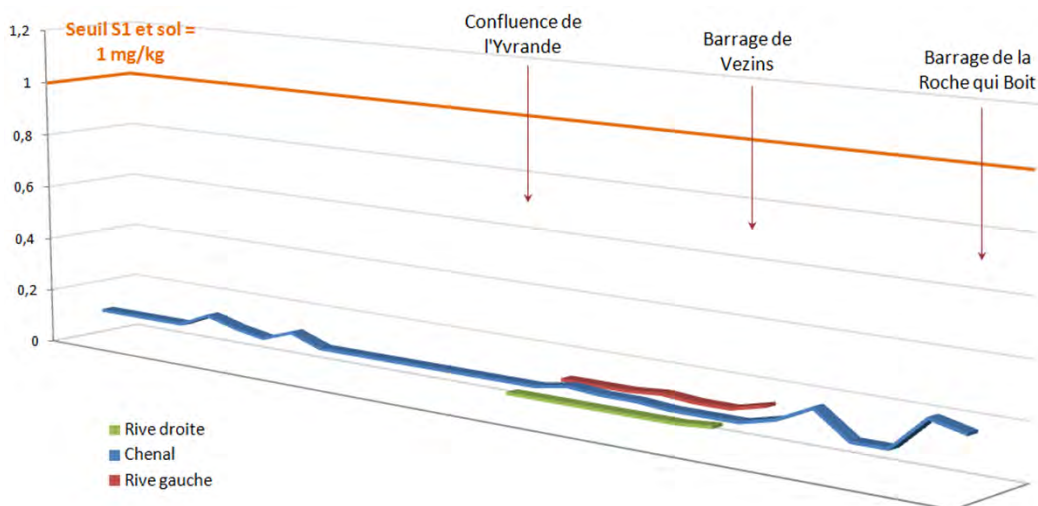
## Chrome



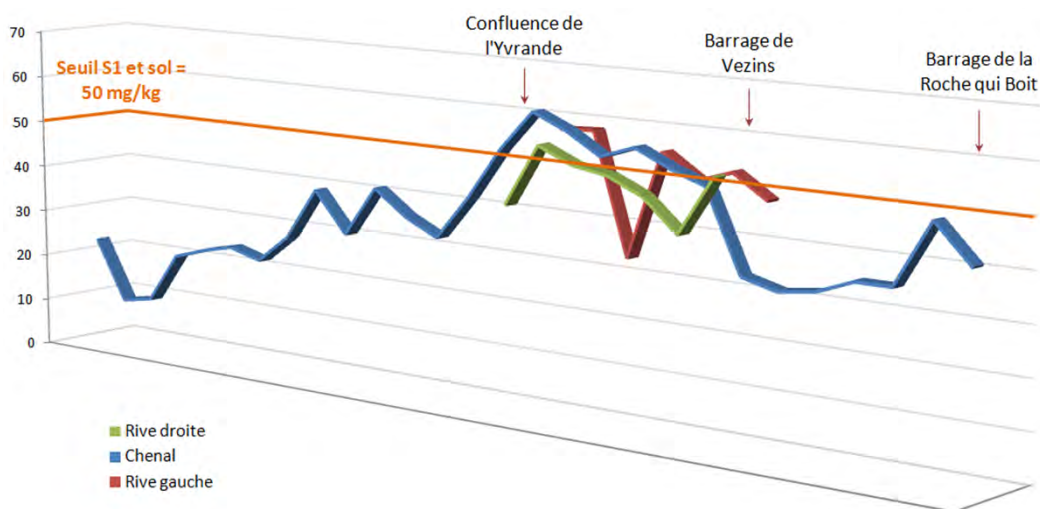
## Cuivre



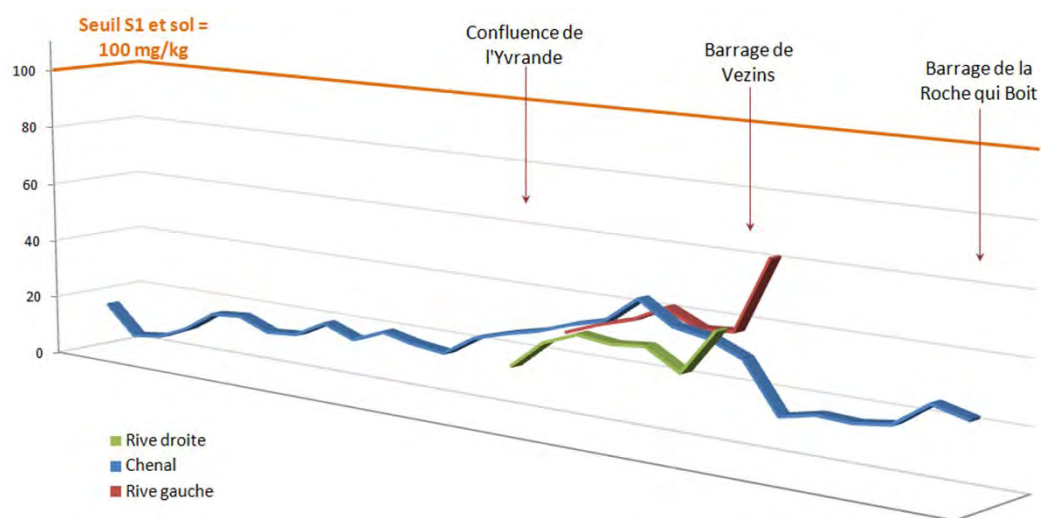
## Mercure



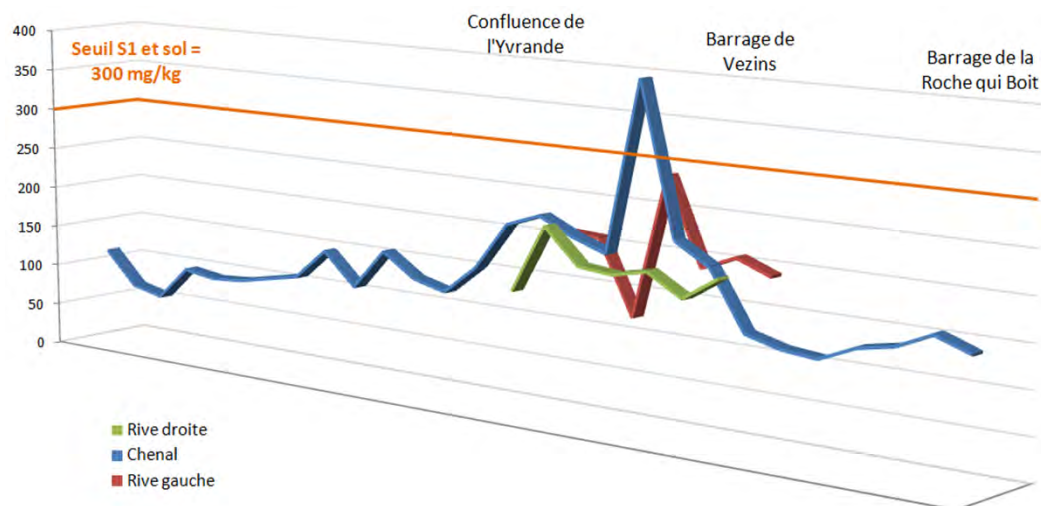
## Nickel



## Plomb



## Zinc



# CHAPITRE 2

## PRÉSENTATION DU PROJET DE GESTION SÉDIMENTAIRE

***EFFACEMENT DES BARRAGES DE LA  
SÉLUNE, GESTION DES SÉDIMENTS  
CONTAMINÉS ET PLAN DE GESTION***



## CHAP II / PRESENTATION DU PROJET DE GESTION SEDIMENTAIRE

Le projet de gestion des sédiments tel qu'il est défini dans la suite du document a été établi par les maîtres d'ouvrages (EDF et DDTM) sur la base des résultats de la phase 1 de l'étude, dans l'optique de limiter autant que possible les impacts résiduels des travaux à l'échelle des 2 plans d'eau et du milieu récepteur.

### I°/ PLANNING

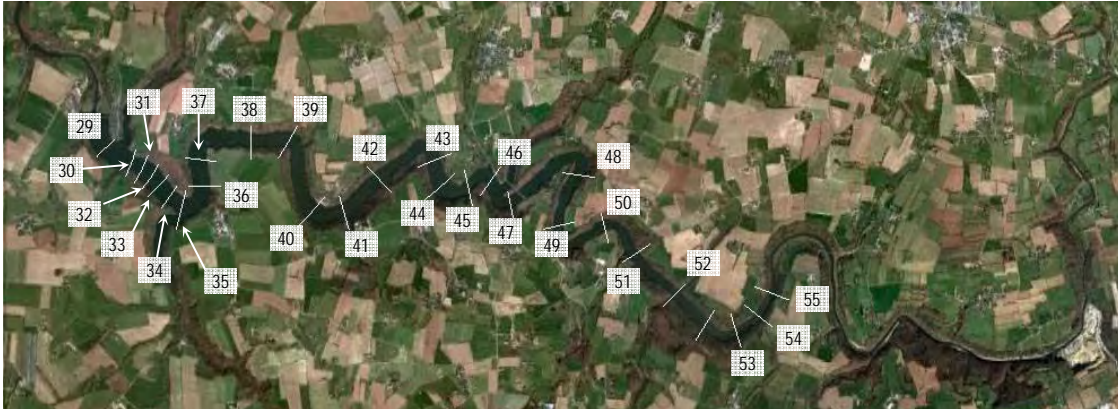
Étant donné les volumes de sédiments en jeu, il apparaît absolument nécessaire de définir une programmation précise des travaux de vidange démantèlement et effacement des barrages. Les risques sanitaires étant contrôlés par le confinement des sédiments les plus impactés, la diminution des risques d'érosion et de diffusion des sédiments remis en suspension doit quant à elle faire l'objet d'une stratégie fine eu égard aux contraintes imposées pour le stockage des matériaux dans les zones d'emprises des 2 retenues.

Du fait de ces contraintes, la réalisation des opérations sur une durée courte est totalement inenvisageable, le planning nécessitant d'être adapté sur plusieurs années pour maîtriser au mieux les travaux.

Ainsi pour gérer au mieux les risques de départ de sédiments une programmation des travaux en 4 ans constitue le meilleur compromis durée de l'intervention / risque d'atteinte du milieu aval. Le planning tel qu'il a été défini a donc été optimisé en gardant à l'esprit, pour chaque étape, les contraintes liées aux remises en suspension :

#### ANNÉE 1 :

- Abaissement de la cote du barrage de sa cote d'exploitation maximale (60,56 m NGF) à la cote 52 m NGF (Figure 1). Cet abaissement lent et parfaitement contrôlé permettra de :
  - Reformuler le lit du cours d'eau par érosion des sédiments accumulés sur le 1/3 amont de la retenue. La durée de la phase d'abaissement permettant au cours d'eau de retrouver son substrat d'origine ;
  - Favoriser la fixation et la stabilisation des berges et zones affleurantes grâce à une végétalisation progressive ;



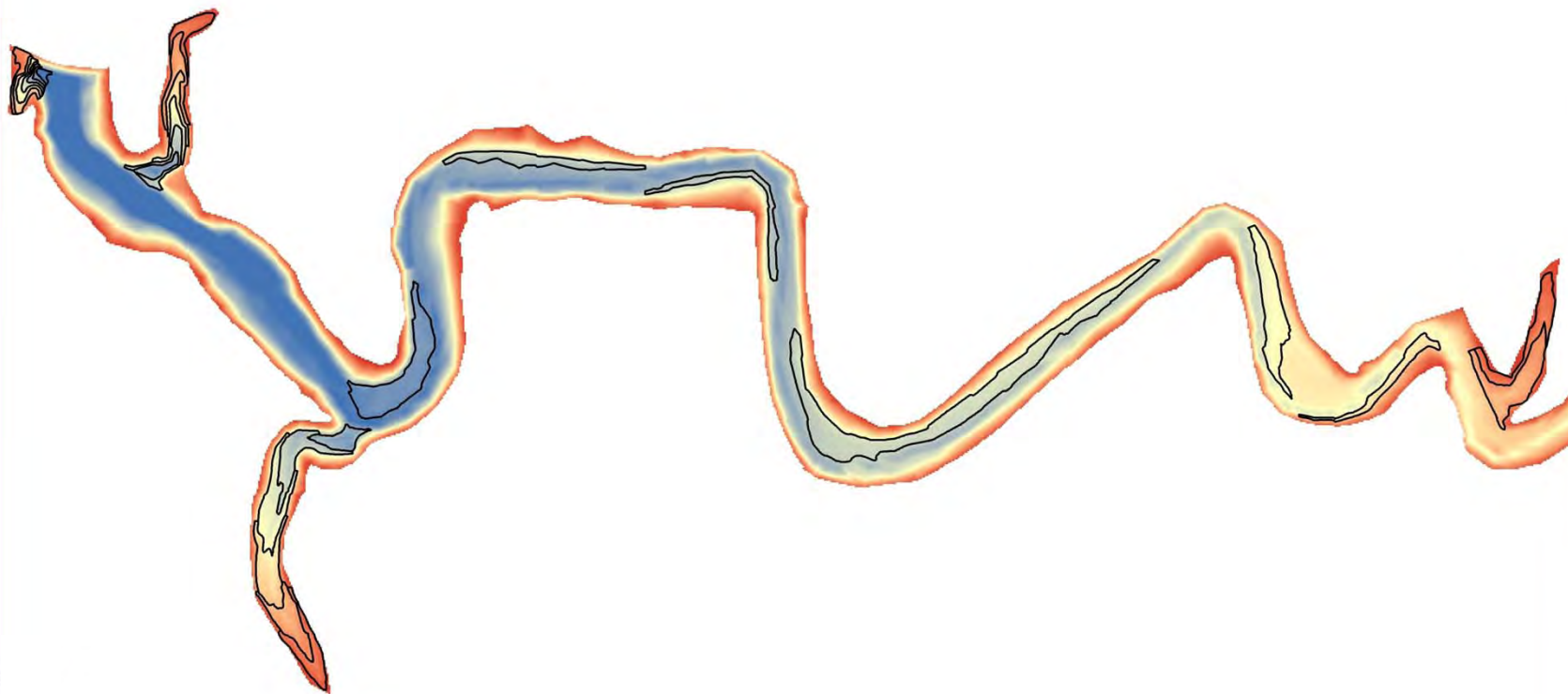
*Figure 1 : Remplissage du lac de Veziens en fonction de la cote du plan d'eau*

- Piéger les sédiments issus de l'érosion du lit amont grâce aux volumes d'eau encore présent dans le secteur aval. Ce volume étant estimé à environ 7 000 000 de m<sup>3</sup> à la cote 52 m NGF toutes les particules d'une taille supérieure à 10 µm seront piégées dans cette réserve d'eau eu égard à la capacité restante et au temps de renouvellement des eaux ;
- Les particules de taille inférieure transiteront vers l'aval mais leurs effets sur l'environnement peuvent être considérés comme limités, leur taille et l'agitation du milieu aval ne permettant pas d'envisager de dépôts massifs sur le linéaire aval. La majorité de ces particules rejoindra directement la baie du mont Saint-Michel.
- Déviation de l'Yvrande et création de la digue en aval de la zone de confluence :
  - Cette étape permettra de bloquer les phénomènes d'érosion sur la zone la plus sensible du projet ;
  - Elle vise à préparer l'étape suivante qui consistera à créer un confinement à l'aide de matériaux ne présentant aucun risque sanitaire ou environnemental.

## ANNÉE 2 :

- Une fois la cote 52 m NGF atteinte, préparation des zones de confluence du Lair et de l'Isolant :
  - Les cours d'eau correspondants sont déviés ;
  - Les endiguements sont mis en œuvre pour créer les casiers de réception des sédiments.
- Création de zones de stockage par pose de merlons en dehors du futur lit mineur (*Planche 3*) :
  - Des merlons sont posés en eau dans le fond des retenues sur les zones précédemment identifiées ;
  - Les travaux se poursuivent jusqu'à l'achèvement des casiers.
- Début de remplissage des casiers créés hors futur lit mineur et au niveau des zones de confluence :
  - Le dragage en eau du futur lit mineur est engagé ;
  - Les matériaux sont déposés dans les casiers précédemment aménagés ;
  - L'ensemble des travaux de dragage est réalisé en eau ;





## Effacement des barrages de la Sélune et plan de gestion des sites

*Zones de dépôt possibles des matériaux de dragage*

SURFACE DE LA RETENUE : 72ha

□ Zones supplémentaires

■ Elevée : 58,04

■ Faible : 28,29

SOURCE :

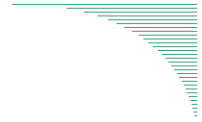


DDTM de La Manche



Mars 2013

PLANCHE 3



- Reprise mécanique des sédiments pour la partie amont :
  - Intervention à l'aide de pelles mécaniques ;
  - Dépôt des matériaux dragués sur les berges stabilisées.

### **ANNÉE 3 :**

- Fin du remplissage des casiers créés hors lit mineur et au niveau des zones de confluence :
  - Les travaux de dragage en eau se poursuivent jusqu'à l'évacuation complète des matériaux érodables contenus dans le lit mineur ;
  - Une fois cette étape achevée la poursuite de la vidange est engagée ;
- Vidange complète du plan d'eau, réalisation d'une brèche à a cote 35 m NGF dans le barrage de Vezins :
  - Il n'est pas possible de gérer les débits par les vannes de fonds et réaliser les travaux de la brèche en sécurité sans mettre à sec, d'où cette étape intermédiaire ;
  - La création de cette brèche permet de s'assurer que le plan d'eau ne pourra jamais remonter au dessus de la cote 35 m NGF ;
  - A la suite de l'ouverture de la brèche, la gestion des excédents sédimentaires sera assurée par décantation dans le barrage de la Roche-qui-Boit ;
  - Cette étape sera limitée à une durée de 3 mois ;
- Remontée et maintien du plan d'eau à la cote 35 m NGF :
  - Le maintien en eau permet la stabilisation progressive des berges formées lors des opérations de dragage ;
  - La végétalisation progressive permet par ailleurs de renforcer leur stabilité ;
- Dragage complémentaire du lit de la Sélune et des affluents lorsque la cote 35 m NGF est atteinte :
  - Les matériaux qui n'étaient pas atteignables précédemment ou qui ont sédimenté entre temps sont repris et déposés dans les casiers ;
  - Cette étape se poursuit jusqu'à l'extraction complète des sédiments localisés dans le lit mineur du cours d'eau ;
  - Si la circulation avec les engins mécanique est possible, des dépôts de sédiments seront mis en œuvre sur les berges stabilisées.

### **ANNÉE 4 :**

- Stabilisation et curage naturel lors des crues :
  - Les étapes préalables de stabilisation des berges permettront de grandement limiter les départs de matériaux ;
- Démantèlement total du barrage de Vezins :

- La cote de pied du barrage étant atteinte et le nouveau lit de la Sélune étant stabilisé, le barrage de Vezins peut être détruit ;
- Les déblais sont évacués du site ;
- Une fois les travaux de démantèlement achevés, les travaux de curage, vidange et démantèlement du barrage de la Roche-qui-Boit peuvent être entrepris en suivant la même logique pour s'achever sur l'année 5.

## **II°/ SYNTHESE DES MESURES PERMETTANT DE LIMITER LES ATTEINTES DU MILIEU AVAL**

Une synthèse graphique des travaux attendus et des mesures permettant de limiter leurs incidences est disponible en *Planche 4 à 7*.

Les éléments de lutte contre les incidences de l'érosion sont repris ci-après :

- La vidange, le curage et l'effacement du barrage de Vezins sont mis en œuvre avant les opérations sur le barrage de la Roche-qui-Boit, le second plan d'eau constituant en quelques sorte une zone de décantation (piège à particules) pour les sédiments qui seraient susceptibles d'être emportés au moment des travaux sur Vezins ;
- Le maintien en eau de la partie aval du plan d'eau de Vezins tout au long des opérations permet de la même manière de retenir la majeure partie des particules ;
- Les opérations sont étalées au maximum dans le temps pour permettre une stabilisation progressive du nouveau lit de la Sélune et une recolonisation et une stabilisation des berges par les végétaux et leurs systèmes racinaires ;
- La majeure partie des matériaux susceptible de faire l'objet de phénomènes d'érosion est évacuée du lit de la Sélune et ne peut donc pas contribuer à l'augmentation du flux de MES en direction de l'aval ;
- Les matériaux extraits sont déposés dans des ouvrages stabilisés en dehors du futur lit mineur et pourront difficilement être repris au moment des crues du fait des protections en enrochement mis en œuvre et de la végétalisation ultérieure de ces dépôts ;
- Ces différentes solutions permettent de limiter grandement les risques biologiques qui ont été pointés au cours de la première phase de l'étude ;
- Le détournement de l'Yvrande et le confinement de sa zone de confluence permettent de supprimer les risques sanitaires qui ont été mis en évidence au cours de la première phase de l'étude.



# EFFACEMENT DES BARRAGES DE LA SÉLUNE ET PLAN DE GESTION DES SITES

Phasage des travaux et mesures préventives - Année 1

## Légende :

-  Action entreprise dans le cadre du plan de gestion
-  Conséquence positive attendue
-  Conséquence négative attendue
-  Cours d'eau dérivé
-  Endiguement
-  Chenal formé par érosion

Remarque :  
Le nombre, la localisation des digues et le tracé des dérivation de cours d'eau sont donnés à titre indicatif  
Des travaux sont également à prévoir dans la partie amont non représentée

Passage des particules les plus fines non décantables

Déviations de l'Yvrande et création de la digue en aval de la zone de confluence

Piégeage des sédiments issus de l'érosion du lit par décantation

Abaissement du plan d'eau de la cote 60,56 à la cote 52 m NGF

stabilisation des berges par végétalisation

Blocage de l'érosion par déviation

Création d'une zone de dépôt par endiguement

Reformation du lit du cours d'eau par érosion





# EFFACEMENT DES BARRAGES DE LA SÉLUNE ET PLAN DE GESTION DES SITES

## Phasage des travaux et mesures préventives - Année 2

Passage des particules les plus fines non décantables

Blocage de l'érosion par la déviation

Création et Remplissage de la zone de dépôt par endiguement

Dragage hydraulique du chenal du cours d'eau et refoulement dans les casiers aménagés

Blocage de l'érosion par déviation

Remplissage de zone de dépôt par endiguement

Déviations de l'Isolant et création d'une digue en aval de la zone de confluence

Reformation du lit par dragage pour limiter l'érosion future

Reformation du lit du cours d'eau par érosion

Piégeage des sédiments issus de l'érosion du lit et des travaux de refoulement par décantation

Déviations du Lair et création d'une digue en aval de la zone de confluence

Blocage de l'érosion par la déviation

Création et Remplissage de la zone de dépôt par endiguement

Maintien du plan d'eau de la cote 60,56 à la cote 52 m NGF

stabilisation des berges par végétalisation

### Légende :

- Action entreprise dans le cadre du plan de gestion
- Conséquence positive attendue
- Conséquence négative attendue
- Cours d'eau dérivé
- Endiguement
- Contour des casiers de stockage des sédiments dragués
- Chenal formé par aspiro-dragage
- Chenal formé par érosion
- Dragage aspiratrice stationnaire

Remarque :  
Le nombre, la localisation des digues et le tracé des dérivations de cours d'eau sont donnés à titre indicatif  
Des travaux sont également à prévoir dans la partie amont non représentée





# EFFACEMENT DES BARRAGES DE LA SÉLUNE ET PLAN DE GESTION DES SITES

Phasage des travaux et mesures préventives - Année 3

Passage des particules les plus fines non décantables

Ouverture d'une brèche dans le barrage à la cote 35m NGF

Remplissage ultérieur du plan d'eau à la cote >35 m NGF impossible

Reprise mécanique des sédiments et dépôt dans les casiers

Piégeage des sédiments issus de l'érosion du lit et des travaux de refoulement par décantation

Vidange du plan d'eau de la cote 52 à la cote 35m NGF et maintien

Reformation du lit du cours d'eau par érosion

stabilisation des berges par végétalisation

- Légende :**
- Action entreprise dans le cadre du plan de gestion
  - Conséquence positive attendue
  - Conséquence négative attendue
  - Cours d'eau dérivé
  - Endiguement
  - Contour des casiers de stockage des sédiments dragués
  - Chenal formé par aspiro-dragage
  - Dragage aspiratrice stationnaire
  - Camion / dumper
  - Pelle mécanique

*Remarque :*  
Le nombre, la localisation des digues et le tracé des dérivation de cours d'eau sont donnés à titre indicatif  
Des travaux sont également à prévoir dans la partie amont non représentée





# EFFACEMENT DES BARRAGES DE LA SÉLUNE ET PLAN DE GESTION DES SITES

## Phasage des travaux et mesures préventives - Année 4

Passage des particules les plus fines non décantables

Démantèlement total du barrage







Remplissage ultérieur du plan d'eau impossible

Stabilisation et curage naturel aux périodes de crue

Reformation du lit du cours d'eau par érosion

stabilisation des berges par végétalisation

### Légende :

-  Action entreprise dans le cadre du plan de gestion
-  Conséquence positive attendue
-  Conséquence négative attendue
-  Cours d'eau dérivé
-  Endiguement
-  Contour des casiers de stockage des sédiments dragués
-  Chenal formé par aspiro-dragage

Remarque :  
Le nombre, la localisation des digues et le tracé des dérivation de cours d'eau sont donnés à titre indicatif  
Des travaux sont également à prévoir dans la partie amont non représentée

# CHAPITRE 3

## PLAN DE GESTION PAR SECTEUR

***EFFACEMENT DES BARRAGES DE LA  
SÉLUNE, GESTION DES SÉDIMENTS  
CONTAMINÉS ET PLAN DE GESTION***





## CHAP III / PLAN DE GESTION PAR SECTEUR

### I°/ MESURES DE GESTION ENVISAGEES

#### I°/ 1 GESTION DES SEDIMENTS DE L'YVRANDE

Dans le cadre d'une gestion *in situ*, les conclusions précédentes impliquent le confinement des matériaux localisés au niveau de la zone d'affluence de l'Yvrande. Ce secteur pouvant par ailleurs constituer une zone de dépôt intéressante pour les autres matériaux à déplacer, il apparaît judicieux d'utiliser ces derniers en tant que produits de confinement.

La création de digues en enrochement permettra de retenir les sédiments localisés sur cette zone. Les digues seront idéalement positionnées pour optimiser la capacité de stockage en fonction de la topographie du site. Un dépôt des sédiments de Vezins par-dessus ces produits pourra ensuite être mis en œuvre, l'épaisseur de la couche de matériaux mis en œuvre (3 m) sera par ailleurs suffisamment importante pour éviter tout risque d'exposition des actuels sédiments de la confluence de l'Yvrande à l'issue de l'effacement des barrages.

La Figure 2 permet de mieux visualiser l'aménagement tel qu'il est proposé. Le nombre et la localisation des digues est seulement donné à titre indicatif, ces données seront affinées ultérieurement lorsque des levés topographiques auront eu lieu en vue d'apprécier les variations de hauteur du secteur de l'Yvrande.

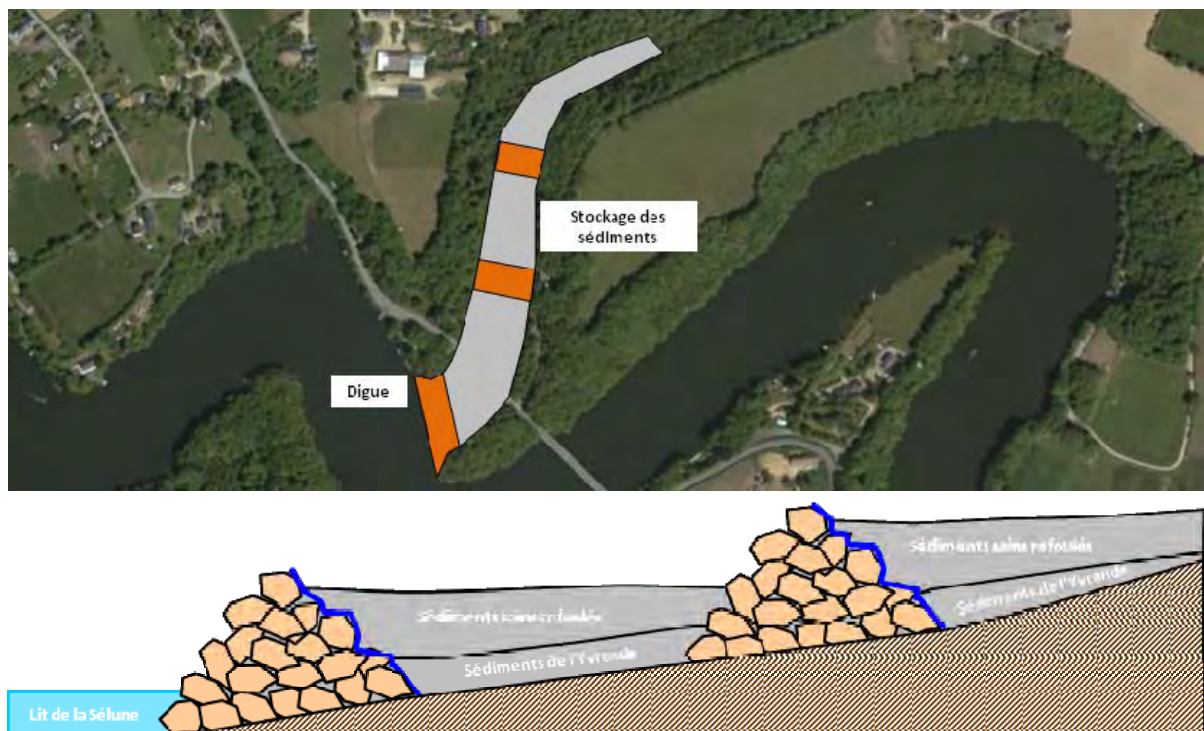


Figure 2 : Aménagement envisagés du secteur de l'Yvrande

Cette solution en plus de permettre le confinement des sédiments les plus problématiques permet par ailleurs de créer une zone de stockage de matériaux.

La zone est toutefois traversée par un cours d'eau et à long terme, en l'absence de mesures de correction régulières les capacités érosives du cours d'eau peuvent se traduire par l'érosion de la couche de confinement et aboutir à la dispersion des matériaux confinés vers l'aval.

De manière à éviter ces risques, une déviation du cours d'eau devra être mise en œuvre. Celle-ci sera définitive et s'appuiera sur la recréation du lit dans l'un des 2 coteaux longeant l'actuel talweg.

## 1°/2 GESTION DES AUTRES SECTEURS

En plus de l'Yvrande, 2 autres affluents sont localisés sur le barrage de Vezins :

- Le Lair :
- L'isolant ;



*Figure 3 : Photographies aériennes du Lair (à gauche) et de l'isolant (à droite)*

En réalisant des travaux similaires à ceux qui sont engagés sur la zone de confluence de l'Yvrande, c'est-à-dire en créant des zones de dépôt sur les secteurs de confluence, il sera possible de stocker une partie des sédiments à évacuer de la retenue. Les cours d'eaux seront également déviés pour permettre l'égouttage des sédiments avec la mise en œuvre de précautions particulières sur le Lair pour permettre la remontée des poissons migrateurs.

En cumulant les capacités disponibles sur les 3 zones d'affluence la capacité de stockage est évaluée à 110 000 m<sup>3</sup>. Cette solution bien qu'intéressante ne permet donc pas de gérer l'ensemble des matériaux et doit donc être complétée par la création de zones de dépôt complémentaires dans l'emprise des 2 retenues.

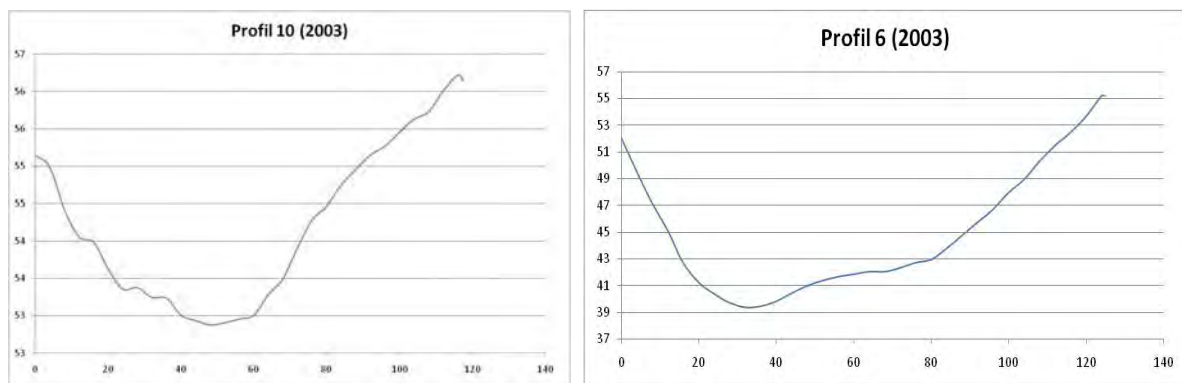
Hormis le secteur de Vezins pour lequel des risques sanitaires incertains sont mis en évidence pour le Cadmium et le Nickel les conclusions de la phase 1 de l'étude montrent que les seuls risques recensés sont directement liés au possible départ de sédiments lors de l'érosion du nouveau lit de la Sélune.

Les contraintes particulières de cette étude se traduisent par la nécessité de créer des zones de dépôt à l'abri des risques érosifs dans la zone d'emprise actuelle des 2 plans d'eau.

Compte tenu de la topographie de ces zones, les possibilités de stockage sont très limitées et s'imposent quasiment d'elles-mêmes. Autrement dit en dehors de l'évacuation pure et simple des sédiments, il n'y a pas d'autres possibilités d'implantation pour les zones de stockage proposées en *Planche 3*.

L'analyse de la bathymétrie montre que les sédiments sont concentrés au niveau du pont de la République, et qu'en dehors de ce secteur l'ancien lit de la Sélune reste bien marqué (dépôts limités). Dans la partie amont, la retenue présente des berges très pentues jusqu'au niveau de l'ancien lit ou des sédiments actuels.

Dans la partie aval, elle présente au niveau des anciens méandres quelques terrasses moins pentues mais proches du niveau du lit mineur et donc assez profondes à la cote de retenue actuelle (voir profils ci-dessous).



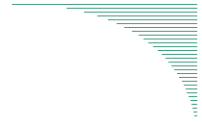
*Figure 4 : Profil en amont et au niveau d'un méandre en aval de l'Yvrande*

Ces profils illustrent bien la difficulté de stocker des matériaux sur les berges de la retenue car même en construisant un merlon d'une hauteur de 2 à 3 m les surfaces utilisables pour le stockage sont vraiment réduites.

Par contre les terrasses semblent plus intéressantes mais présentent l'inconvénient d'être profondes et donc de n'être accessibles qu'en fin de vidange alors qu'il faut avoir stocké la majeure partie des sédiments auparavant.

### **I°/3 MESURES PARTICULIERES POUR L'AMENAGEMENT DE LA ZONE DE CONFLUENCE DE L'YVRANDE**

Ce secteur correspondant à la zone sur laquelle des risques sanitaires ont été mis en évidence, des mesures d'aménagement particulières sont donc spécifiquement proposées.



La digue localisée en aval sera constituée d'enrochements et de tout-venant. La face amont de cette digue sera recouverte d'un feutre anti-poinçonnement sur lequel sera posé une géomembrane perméable qui permettra le drainage des matériaux stockés derrière l'ouvrage.

Les parties inférieures du géotextile et du feutre anti-poinçonnement seront retenues en partie basse par les enrochements disposés dans la bêche. Les parties supérieures seront quant à elles bloquées à l'aide des enrochements terminaux de la digue.

Le corps de digue sera quant à lui composé d'un mélange d'enrochements grossiers et plus petits, ces derniers, permettant de combler au moins partiellement les interstices, permettront de limiter les risques de rupture du géotextile.

Par ailleurs des piézomètres seront également posés au moment des travaux pour permettre un suivi des niveaux d'eaux souterraines et la collecte d'échantillons à l'issue des travaux d'effacement. 2 piézomètres seront mis en œuvre dans le dépôt des sédiments et 3 autres en aval de la digue pour s'assurer de l'absence d'impact du dépôt sur les eaux souterraines localisées en aval.

Ce suivi piézométrique est proposé à titre préventif, les travaux du BRGM ayant montré le faible risque de relargage en phase de vieillissement tout particulièrement si l'on maintient les sédiments contaminés en conditions réductrices ce qui sera le cas dans ce secteur.

## II°/ MESURES DE SUIVI

### II°/ 1 AU COURS DES TRAVAUX

#### II°/ 1. 1 SECTEUR DE L'YVRANDE

Un suivi des écoulements en pied de digue permettra d'évaluer les conditions de relargage de métaux des matériaux. Des prélèvements d'eau pourront être mis en place tous les 3 mois tout au long de la phase de travaux et des mesures des concentrations en éléments métalliques seront mises en œuvre. Le suivi fera l'objet d'une présentation régulière au comité de suivi des opérations.

Concernant le référentiel réglementaire, le Tableau 1 récapitule les seuils de concentration en métaux définis actuellement au travers de la réglementation relative à la production d'eau potable (Arrêté du 11 janvier 2007) et à la directive cadre sur l'Eau (Arrêté du 25 janvier 2010). Les seuils SEQ-Eau qui ne sont plus d'actualité suite à la parution de l'Arrêté du 25 janvier 2010 ne sont pas pris en compte pour cette raison.

Éléments suivis	Code de la santé publique		Directive Cadre sur l'Eau
	Eaux destinées à consommation humaine	Eaux brutes permettant la potabilisation	Normes de Qualité Environnementale
Arsenic	10 µg/l	100 µg/l	4,2 µg/l
Cadmium	5 µg/l	5 µg/l	-
Chrome	50 µg/l	50 µg/l	3,4 µg/l
Cuivre	2 µg/l	-	1,4 µg/l
Mercure	1 µg/l	1 µg/l	-
Nickel	20 µg/l	-	-
Plomb	10 µg/l	50 µg/l	-
Zinc	-	5 µg/l	-
Cyanures	50 µg/l	50 µg/l	-

*Tableau 1 : Référentiel réglementaire en vigueur relatif à la qualité des eaux superficielles*

Eu égard à l'absence de seuils DCE pour la majorité des polluants à suivre et par souci de cohérence des usages (l'eau de la Sélune n'étant pas destinée à une consommation directe) les niveaux relevés seront comparés aux limites de qualité des eaux brutes utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine (Arrêté du 11 janvier 2007). Les seuils cuivre et nickel, qui n'existent pas pour les eaux brutes sont remplacés par les concentrations maximales dans les eaux destinées à consommation humaine (Tableau 2).

Pour des concentrations supérieures à ces seuils, une étude plus poussée des risques environnementaux et sanitaire sera mise en œuvre. Cette dernière devra statuer sur les incidences éventuelles des rejets et définir des mesures permettant de limiter ou contrôler les relargages.

Éléments suivis	Seuils proposés pour le suivi
Arsenic	100 µg/l
Cadmium	5 µg/l
Chrome	50 µg/l
Cuivre	2 µg/l
Mercure	1 µg/l
Nickel	20 µg/l
Plomb	50 µg/l
Zinc	5 µg/l
Cyanures	50 µg/l

*Tableau 2 : Référentiel proposé dans le cadre du suivi des eaux en pied de digue*

## II°/ 1. 2 SECTEUR DE VEZINS EN AVAL DE L'YVRANDE

La première phase de l'étude a démontré l'existence d'incertitudes quant aux risques environnementaux du fait des concentrations en cadmium et Nickel dans les sédiments. Ces risques concernent principalement la faune et la flore terrestre.

Au cours des travaux la végétation va recoloniser progressivement l'ensemble des secteurs exondés. Les risques étant liés à l'assimilation de ces 2 métaux par les végétaux puis à leur transmission aux herbivores par biomagnification.

Les mécanismes de transfert sont complexes et les facteurs de bioconcentration (BCF) traduisant l'accumulation d'un composé dans une plante varient d'une plante à une autre en fonction des mécanismes de transferts (racines, feuilles...) et sont spécifiques de chaque composé.

Les BCF (en poids sec) peuvent être estimés à partir de mesures sur le site, de données de la littérature, ou en l'absence de mesures, calculés par des modèles plus ou moins simples. Généralement, en dehors des métaux et métalloïdes, ces BCF ne sont que peu disponibles dans la littérature.

Il a toutefois été possible de trouver des données concernant les BCF dans une étude récente visant à évaluer un modèle de diffusion (N°DRC-02-41200/DESP-R30a de l'INERIS sur le modèle HESP). Les données concernant les métaux sont retranscrites au travers du Tableau 3.

substance	BCF feuilles (mg/kg plant) / (mg/kg sol)	BCF racines (mg/kg plant) / (mg/kg sol)	Source BCF feuilles	Source BCF racines
Arsenic	0,00633	0,008	HHRAP	HHRAP
Cadmium	0,125	0,064	HHRAP	HHRAP
Cobalt	0,0003	0,0028	INERIS	INERIS
Chrome	0,00488	0,0045	HHRAP	HHRAP
Cuivre	0,8	0,61	RAIS	INERIS
Mercuré	0,0145	0,036	HHRAP	HHRAP
Mangénèse	0,68	0,68	RAIS	RAIS
Nickel	0,00931	0,008	HHRAP	HHRAP
Plomb	0,0136	0,009	HHRAP	HHRAP
Antimoine	0,0319	0,03	HHRAP	HHRAP
Zinc	0,097	0,9	HHRAP	HHRAP

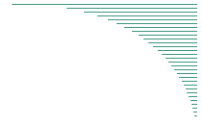
*Tableau 3 : Synthèse des BCF observés dans le cadre d'évaluation du modèle HESP*

Ces modèle donnent une première idée des phénomène de biomagnification dans la chaîne alimentaire. En tout état de cause, ces résultats montrent que les métaux sont faiblement assimilés par les plantes et les racines en général (les plantes utilisées en phytoremédiation constituent des exceptions). Toutefois l'INERIS juge que l'utilisation de ces données calculées à partir d'équations (modèle) et de coefficient de bioconcentration (théoriques et issus de la communauté scientifique) reste sommaire, Cette justification ne pouvant être reprise qu'avec précaution quant à la pertinence des résultats.

De manière à évaluer de manière plus pertinente ce risque, des prélèvements de végétaux seront être mis en œuvre sur les secteurs concernés. Des analyses des 2 métaux incriminés (nickel et cadmium) pourront ensuite être mis en œuvre et comparés aux teneurs comprises dans des végétaux de la même espèce localisé dans le secteur amont de la retenue. Il s'agit notamment de la procédure préconisée par l'INERIS, l'utilisation des techniques de modélisation s'appuyant sur des valeurs théoriques de facteurs de bioconcentration, un suivi de terrain s'avère plus pertinent.

Dans le cas où les concentrations en métaux relevées dans les végétaux collectés sur le secteur de Vezins montreraient des concentrations en cadmium et nickel supérieures à 3 fois celles qui sont relevées en amont, une étude sanitaire plus poussée devra être mise en œuvre pour évaluer les risques liés à la consommation de ces végétaux par des herbivores.

Eu égard à la croissance assez lente des végétaux des prélèvements tous les 6 mois pourront être engagés au cours de la phase de travaux. Le suivi fera l'objet d'une présentation régulière au comité de suivi des opérations.



## II°/ 1. 3 AUTRES SECTEURS

Sur les autres secteurs, la phase 1 de l'étude a clairement montré l'absence de risques environnementaux et sanitaires.

À cet effet, aucune mesure de suivi analytique particulière n'est proposée.

## II°/ 1. 4 SUIVI DES PARAMETRES ENVIRONNEMENTAUX EN AVAL DU BARRAGE

De manière à suivre les incidences potentielles des remises en suspension sur le milieu aval, il est proposé d'installer 4 dispositifs de suivi multiparamétriques.

Ces stations de suivi pourront être installées :

- En aval de Vezins pour une cote supérieure à l'exploitation de la retenue de la Roche-qui-Boit ;
- En aval de la Roche-qui-Boit ;
- À mi-chemin entre le barrage de la Roche-qui-Boit et l'embouchure de la Sélune ;
- Au niveau de l'embouchure de la Sélune.

Le suivi porterait sur les paramètres suivants :

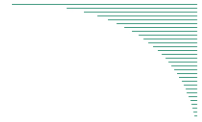
- Turbidité (avec correspondance en Matières en suspension) ;
- O<sub>2</sub> dissous ;
- Température ;
- pH ;
- Conductivité.

Le marché actuel permet d'envisager l'utilisation de dispositifs capable de générer des alertes mail et/ou SMS ainsi qu'un rapatriement et une consultation des données sur un serveur Web.

Il est ainsi proposé de définir des seuils pour lesquels les travaux devront être arrêtés temporairement le temps de retrouver des conditions plus favorable pour le milieu aval. Ces seuils valent uniquement pour les 3 dernières stations, celle qui est située en amont de la Roche-qui-Boit permettant d'anticiper sur les difficultés à venir et d'adapter les mesures de réduction des incidences en amont :

- Matières en suspension : 500 mg/l ;
- O<sub>2</sub> dissous : 4 mg/l ;
- pH : variation supérieure à 2 points de pH sur la journée ;





## II°/ 2 MESURES DE SUIVI APRES TRAVAUX

### II°/ 2. 1 SECTEUR DE L'YVRANDE

#### 1 ) *Suivi analytique*

Des suivis bi-annuels seront mis en œuvre sur les différents piézomètres, idéalement aux périodes de fortes pluies et d'étiages ce qui permettra d'évaluer les variations de nappes au sein de la zone de confinement.

Des prélèvements d'eau seront également réalisés et viseront à suivre l'évolution des teneurs en métaux.

En fonction de l'évolution des résultats sur les dix années à venir ce suivi pourra être arrêté ou à l'inverse être poursuivi si les résultats montrent des évolutions défavorables.

Concernant le chrome, des risques sanitaires ont été mis en évidence sur le secteur en cas d'ingestion de sédiments contaminés par des enfants (effet pica). Des calculs ont été engagés pour déterminer le seuil à partir duquel la concentration en chrome pose problème. Ces calculs ont été engagés sur la forme chrome VI qui présente la plus forte toxicité. En dessous de 50 mg/kg, pour les mêmes paramètres d'exposition que dans le dossier (scénario promenade), les risques ne sont pas avérés. Les analyses engagées sur les sédiments ont montré, sur certaines zones, des concentrations supérieures à ce seuil. Des analyses complémentaires seront donc engagées au démarrage des travaux pour définir la spéciation du chrome dans cette zone. Ces analyses sont engagées à titre informatif, les matériaux du secteur de l'Yvrande étant par la suite recouvert par des sédiments sains, les risques associés à l'ingestion de sédiments par des enfants seront parfaitement maîtrisés.

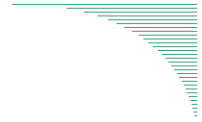
#### 2 ) *Suivi géotechnique*

La stabilité de la digue de confinement devra faire l'objet d'une évaluation régulière. Une première visite permettant de dresser l'état initial du site pourra être engagée. Par la suite des visites régulières toutes les 10 années permettront de suivre l'évolution de l'ouvrage et les éventuelles dégradations ou altérations constatées. L'expertise devra par ailleurs détailler les méthodes de réparation envisageables. Les conclusions de ces expertises seront présentées au comité de pilotage.

#### 3 ) *Mémoire du site*

Cette zone à l'issue du confinement des sédiments les plus problématiques constituera le seul site pour lequel des outils de conservation de la mémoire devront être mis en œuvre.

Le remblaiement sur des épaisseurs importantes, la topographie et l'occupation du terrain avoisinant rendront quoi qu'il en soit difficile tout projet de construction sur la zone. Les techniques de construction étant toutefois très évolutives il conviendra d'enregistrer cette zone comme non constructibles (cadastre et PLU éventuellement) et de la protéger contre tous travaux de déblaiement.



À ce titre des panneaux de présentation des travaux pourront être apposés sur la zone. De même, la pose d'une clôture tout autour du site à l'issue de son remblaiement semble inéluctable ne serait ce que pour éviter tout risque d'enlèvement de randonneurs trop téméraires. Des panneaux adaptés faisant apparaître ces risques devront être apposés sur les clôtures.

De la même façon une partie ou des bribes des ouvrages en place devraient permettre de conserver la mémoire des travaux et des panneaux détaillant le chantier et ces différentes finalités pourront être judicieusement apposés sur toute l'aire d'étude (ancien barrage, anciens ouvrages...).

## **II°/ 2. 2 SECTEUR DE VEZINS EN AVAL DE L'YVRANDE**

Le protocole de suivi du cadmium et du zinc sur les végétaux tel qu'il a été défini au cours de la phase de travaux sera poursuivi au cours des 10 années à venir. En fonction de l'évolution des résultats sur les dix années à venir ce suivi pourra être arrêté ou à l'inverse être poursuivi si les résultats montrent des évolutions défavorables.

Il pourra éventuellement être complété par une étude spécifique dans le cas où les risques environnementaux incertains montreraient finalement des désagréments importants pour les espèces en place.

Dans un premier temps, dans l'attente des résultats du suivi sur les végétaux, et par principe de précaution, parmi les filières de gestion envisageable seul le pâturage sera à éviter.

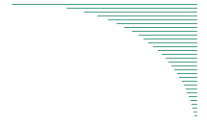
Les zones de décantation seront également clôturées et l'accès aux zones dénoyées sera interdit par arrêté préfectoral au titre de la sécurité.

## **II°/ 2. 3 AUTRES SECTEURS**

Sur les autres secteurs, la phase 1 de l'étude a clairement montré l'absence de risques environnementaux et sanitaires.

À cet effet, aucune mesure de suivi analytique particulière n'est proposée. Un suivi de la recolonisation du milieu pourra toutefois être mis en œuvre et inclura :

- La réalisation de clichés photographiques annuels qui permettront de constater et suivre l'évolution de la recolonisation du site ;
- Un suivi visuel de l'état des berges en vue de vérifier sa bonne stabilisation ;
- Un suivi granulométrique des fond du cours d'eau.



Par ailleurs concernant les pratiques de gestion envisageable sur ces zones, l'ensemble des possibilités peut être appliqué.

Les zones de décantation seront également clôturées et l'accès aux zones dénoyées sera interdit par arrêté préfectoral au titre de la sécurité.

# CHAPITRE 4

## BILAN COÛT AVANTAGE

***EFFACEMENT DES BARRAGES DE LA  
SÉLUNE, GESTION DES SÉDIMENTS  
CONTAMINÉS ET PLAN DE GESTION***



## CHAP IV / BILAN COUT AVANTAGE

### I°/ ASPECTS TECHNIQUES DES TRAVAUX

L'effacement des barrages de la Sélune implique la gestion d'un stock très conséquent de matériaux. En considérant un curage complet des matériaux de dragage un volume de l'ordre de 1,6 millions de m<sup>3</sup> de matériaux doit être évacué des deux retenues (1,3 à 1,4 million sur Vezins et 300 000 sur la Roche-qui-Boit).

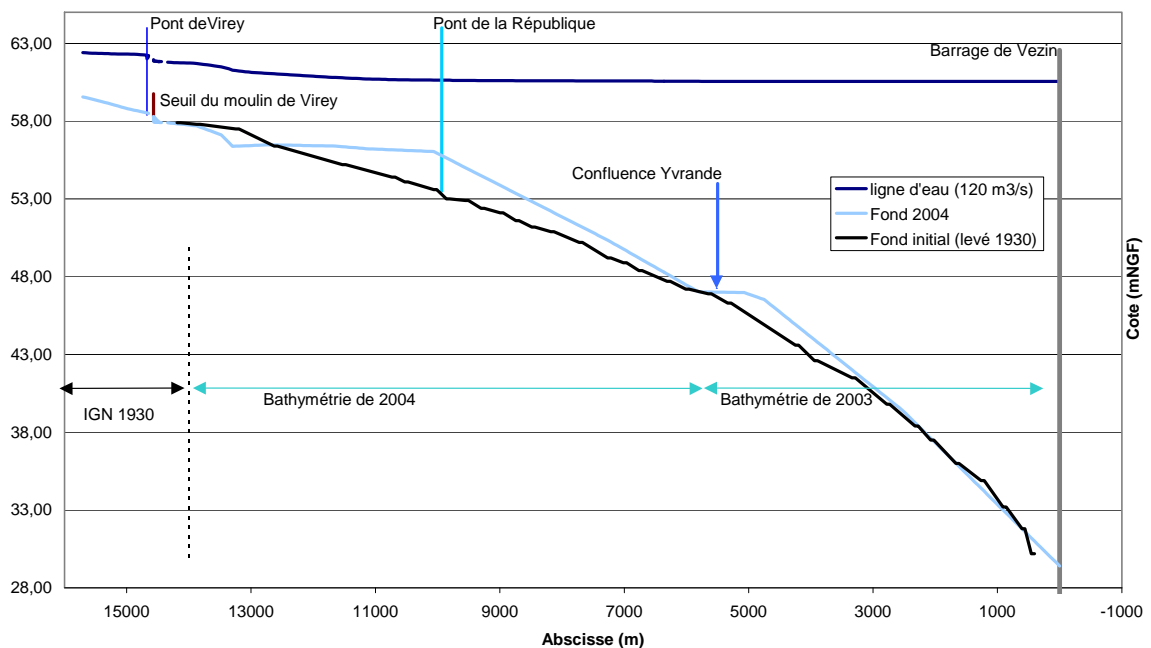


Figure 5 : Comparaison entre le fond initial de la retenue de Vezins et la bathymétrie EDF 2004

En considérant que ces matériaux peuvent être valorisés en agriculture en tant que matériaux de reconstitution de sol sur des parcelles proches des 2 barrages (qui correspond usuellement à la filière la moins coûteuse pour une valorisation de sédiments), les coûts associés à une telle gestion peuvent être évalués à une vingtaine d'euros par m<sup>3</sup>. Soit un montant global de l'ordre de 32 millions d'Euros, sans compter qu'une partie des matériaux ne peut pas être géré de cette manière et devra faire l'objet d'une mise en confinement en centre agréé pour des prix au m<sup>3</sup> bien plus prohibitifs (de l'ordre de 150 Euros/t hors transport).

Compte tenu de ces premiers éléments de prix, un curage complet des 2 retenues apparaît clairement inenvisageable.

Le projet tel qu'il a été proposé par EDF et la DDTM s'est donc logiquement orienté vers un curage partiel des matériaux. Les travaux vont se focaliser sur les matériaux susceptibles d'être emportés au moment de la recréation du lit du cours d'eau.

Les calculs de la phase 1 montrent qu'à l'échelle de la retenue de Vezins, c'est un volume de l'ordre de 450 000 m<sup>3</sup> qui est concerné. Quand bien même les travaux se limiteraient au curage des sédiments localisés dans la zone érodable, en se basant sur l'estimation financière précédente les travaux d'extraction et de gestion locale des produits de dragage coûteraient environ 10 millions d'euros (Ordres de grandeurs à préciser par des études techniques plus poussées).

*À cet égard, le projet tel qu'il se dessine se base sur une gestion in situ des matériaux à extraire. La diminution des distances de transfert permettant clairement de réduire les coûts des travaux et l'absence de transfert des matériaux permet de pallier l'opposition locale aux travaux. Le bureau d'études doit donc composer avec ces principales orientations afin élaborer le plan de gestion de la retenue.*

## II°/ ASPECTS BIOLOGIQUES

L'analyse opérée en phase 1 de l'étude a clairement démontré que les risques biologiques associés à l'érosion des sédiments et à leur diffusion dans les eaux de la Sélune présentent des conséquences bien plus importantes que la présence de polluants dans les sédiments.

À ce titre, la gestion *in situ* imposée par les contraintes et la situation actuelle des deux retenues n'est pas sans poser de problèmes. En effet, l'évacuation complète des matériaux, aussi coûteuse soit elle, aurait néanmoins permis de maîtriser complètement les risques érosifs associés à l'effacement des barrages.

Compte tenu de ces éléments, il est nécessaire de définir une solution de gestion qui permette de s'assurer que la majorité des sédiments localisés dans le futur chenal de la Sélune fera l'objet d'une extraction et d'une remise en forme sur des zones non érosives au moment des travaux.

Ceci s'avère d'autant plus complexe que les caractéristiques topographiques des retenues, du fait des pentes et de la disposition des superficies disponibles, ne sont pas forcément favorables à la création de zones de dépôts définitive de matériaux.

*Eu égard à ces contraintes, le projet doit sur la base des volumes à extraire, permettre de définir les zones et les techniques à mettre en œuvre pour permettre de stabiliser les dépôts de sédiments qui seront mis en œuvre dans les actuelles zones d'emprise des deux retenues.*

## III°/ ASPECTS SANITAIRES

La gestion *in situ* des matériaux présente l'avantage de limiter les risques de diffusion de polluants dans l'environnement (érosion, poussières...) au cours de la phase de travaux. Les matériaux étant gérés uniquement

sur les zones d'emprise actuelles de la retenue, les travaux ne sont pas en mesure d'aboutir à la diffusion des contaminants sur d'autres secteurs (en dehors de l'érosion des sédiments qui peut impacter l'aval de la Sélune).

La seule zone véritablement problématique identifiée au cours de la phase 1 de l'étude correspond à la zone d'affluence de l'Yvrande pour laquelle des risques sanitaires via l'inhalation et l'ingestion de sédiments contaminés sont mis en évidence.

Compte tenu de ces éléments, si l'on souhaite supprimer les risques évoqués, il suffit (Figure 6) :

- soit d'éliminer le danger représenté par la présence de polluants métalliques (cadmium et chrome) ;
- soit de neutraliser les voies d'exposition qui ont été identifiées, en l'absence de contact avec la zone superficielle terrestre, le risque d'inhalation et d'ingestion de sédiments pouvant être considéré comme nul.

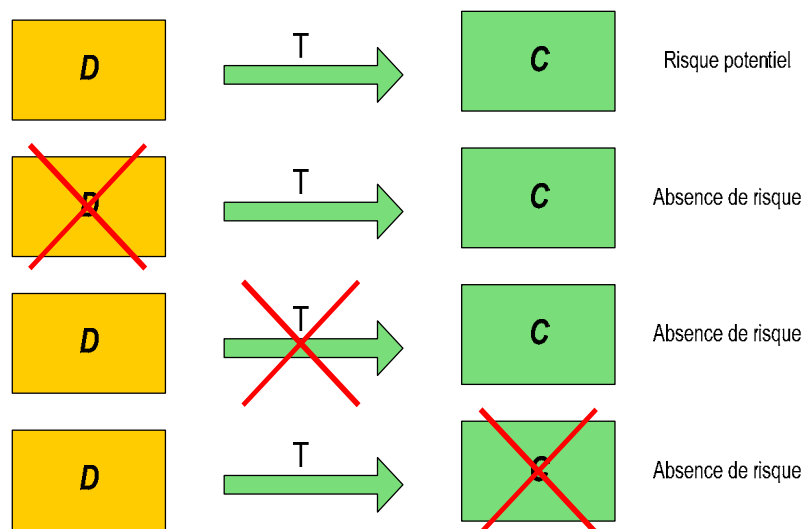


Figure 6 : Principe de base de l'évaluation des risques D = Danger, T = Transfert et C = Cible

### III°/ 1 SUPPRESSION DU DANGER

Contrairement aux polluants organiques, assez peu de méthodes de traitement *in situ* des éléments métalliques existent. Dans les faits, pour la présente étude, seule 1 technique relativement novatrice apparaît applicable, il s'agit de la phyto-extraction.

La phyto-extraction consiste en l'implantation d'espèces végétales dites hyper-accumulatrices c'est-à-dire capable d'absorber les métaux du sol et de les stocker dans leurs parties aériennes. Dans cette configuration, les parties aériennes doivent être récoltées à la fin de chaque cycle en vue de les évacuer vers des filières de gestion adaptées (incinération, centre d'enfouissement...) et ainsi éviter que les métaux extraits ne retournent vers le sol après la chute des feuilles, lors de la période automnale.

La réussite de la méthode dépend du niveau de toxicité des sols, de leur qualité agronomique et de la biodisponibilité des polluants. En effet, la phyto-extraction n'est efficace que si les éléments métalliques se désorbent facilement de la matrice solide du sol pour passer en phase aqueuse et être absorbés par l'appareil racinaire des végétaux.

Les données disponibles montrent que les sédiments, qui à l'issue de leur mise à sec feront office de sol, disposent d'un pH et une concentration en carbone organique cohérents avec l'implantation d'un couvert végétal.

La granulométrie très fine des sédiments a deux conséquences. Tout d'abord les particules fines et notamment les argiles (tout comme la matière organique) adsorbent fortement les éléments métalliques ce qui affecte leur biodisponibilité.

Les analyses de la phase 1 ont d'ailleurs mis en évidence que les métaux contenus dans les sédiments sont peu lixiviables et seront donc peu efficacement absorbés par les plantes. Ces éléments restent hypothétiques, toutefois en cas de besoin, la disponibilité des métaux peut expérimentalement être mesurée par extraction à l'EDTA.

La phyto-extraction est par ailleurs limitée à la partie superficielle du substrat. En effet, les plantes hyper-accumulatrices les plus efficaces sont de petites plantes dont le système racinaire atteint difficilement 30 cm de profondeur.

L'application de cette technique impliquerait donc de réduire les hauteurs de sédiments de l'Yvrande en déplaçant une partie des volumes pour les stocker en couche d'une trentaine de cm d'épaisseur. Autrement dit la mise en œuvre de cette solution implique de disposer de foncier supplémentaire en vue d'y déposer des sédiments qui présentent un risque sanitaire...

Les plantes dépendent du milieu contaminé car l'objectif est un couvert végétal dense avec une forte densité racinaire afin de limiter l'érosion et l'infiltration d'eau. En général, sont implantées des herbacées comme la fétuque (*Festuca rubra*), le dactyle (*Dactylis glomerata*), de l'agrostis (*Agrostis capillaris*) ou de la luzerne (*Lolium medicago*). Des arbres sont également utiles pour stabiliser le terrain (peuplier, saule, aulne ou bouleau).

Les plantes les plus connues correspondent au tabouret calaminaire (*Noccaea* ou *Thlaspi caerulescens*). Cette plante peut accumuler 1% de zinc, 1% de nickel et 0.4% de cadmium. L'arabette de Haller (*Arabidopsis Halleri*) accumule le zinc et le nickel. L'alyse des murailles (*Alyssum murale*) accumule le Nickel.

Des plantes à forte production de biomasse comme la moutarde, le maïs, le tabac ou le tournesol disposent également d'un petit pouvoir d'accumulation. Des arbres comme le peuplier ou le saule osier sont connus pour accumuler le cuivre, le zinc et le cadmium. En fonction des plantes utilisées, il faut compter de 15 à 60 ans de traitement.



## III°/ 2 SUPPRESSION DE L'EXPOSITION

Le secteur concerné correspondant à une zone d'affluence d'un cours d'eau, tout confinement doit alors prendre en compte les problématiques d'érosion associées à la présence du cours d'eau y transitant.

L'analyse des risques de la phase 1 a également mis en œuvre qu'il existe des risques environnementaux incertains sur la faune et la flore terrestre pour les éléments Cadmium et Nickel, en particulier sur les secteurs de l'Yvrande et de Vezins.

La méthode utilisée pour l'évaluation des risques, comme le veut la méthodologie applicable à ce genre d'étude, tend à sur estimer les risques travaillant sur des hypothèses défavorables. Il est donc probable que dans les faits ces risques incertains sont probablement nuls. Toutefois de manière à s'en assurer un suivi environnemental de ces paramètres semble nécessaire.

## III°/ 3 CONCLUSION

*La phyto-extraction, qui constitue une méthode de traitement innovante, apparaît ici inadaptée à la problématique de l'Yvrande. Les limites que constituent la faible profondeur de l'extraction, la nécessité d'évacuer les parties aérienne à la fin de chaque cycle et la durée du traitement ne sont pas compatibles avec les conditions encadrant le projet.*

*Le secteur de confluence de l'Yvrande couvrant une superficies relativement restreintes un confinement des matériaux peut être envisagé. Pour le secteur de Vezins en aval de le'Yvrande, les risques identifiés étant incertains, un suivi à l'issue des travaux s'avère suffisant et doit être engagé.*

# CHAPITRE 4

## ANALYSE DES RISQUES RÉSIDUELS

***EFFACEMENT DES BARRAGES DE LA  
SÉLUNE, GESTION DES SÉDIMENTS  
CONTAMINÉS ET PLAN DE GESTION***



## CHAP V / ANALYSE DES RISQUES RESIDUELS

### I°/ RISQUES SANITAIRES ET ENVIRONNEMENTAUX

Les mesures de confinement mise en œuvre sur la zone de confluence de l'Yvrande permettent d'écarter tous risques sanitaires résiduels. Les voies potentielles d'exposition identifiées en phase 1 étant clairement neutralisées par le dispositif tel que décrit précédemment, le risque peut être considéré comme nul à l'issue des travaux.

Le suivi engagé sur les végétaux du secteur de Vezins en aval de l'Yvrande doit permettre de valider l'absence de risque environnemental. Comme indiqué précédemment les méthodes utilisées pour ces calculs de risque se basent sur l'utilisation d'hypothèses majorantes, ce qui se traduit au final, d'une manière générale, par l'absence de risque. Le suivi et la comparaison des données aux mesures réalisées en amont doit permettre de le vérifier.

### II°/ RISQUES ASSOCIES A LA DIFFUSION DES SEDIMENTS

Même si toutes les précautions sont mises en œuvre pour éviter le transfert de particules en direction de la Sélune aval, il est impossible dans les conditions encadrant la réalisation des travaux de garantir qu'aucun départ de sédiment ne sera constaté au moment des travaux.

Toutefois, le cumul de l'ensemble des propositions ici présentées doit permettre de très largement diminuer les risques associés à la diffusion des sédiments en aval. Les incidences résiduelles seront sans commune mesure avec les scénarios qui ont été présentés au cours de la phase 1.

Autrement dit le maître d'ouvrage se donne ici tous les moyens en son pouvoir pour atténuer au maximum les incidences potentielles d'une opération elle-même sans équivalent.