

EPAMA

**RALENTISSEMENT
DYNAMIQUE DES CRUES DE LA
MEUSE – DIGUE DE MOUZON**

AVANT-PROJET

HFS 10 527 U

JUIN 2005

EPAMA

**RALENTISSEMENT
DYNAMIQUE DES CRUES DE LA
MEUSE – DIGUE DE MOUZON**

AVANT-PROJET

Note explicative

HFS 10 527 U

JUIN 2005

TABLE DES MATIERES

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1. | DEFINITION DU CONTEXTE | 1 |
| 2. | DESCRIPTION DES AMENAGEMENTS | 2 |
| 2.1. | CONTEXTE HYDRAULIQUE | 2 |
| 2.2. | CONTEXTE GEOTECHNIQUE | 6 |
| 2.3. | CARACTERISTIQUES DES AMENAGEMENTS | 7 |
| 2.3.1. | Digue | 7 |
| 2.3.2. | Rideaux de palplanches | 8 |
| 2.3.3. | Protections des berges et du lit de la MEUSE | 9 |
| 2.3.4. | Bilan Déblais - Remblais | 10 |
| 2.3.5. | Ouvrage de communication en rive gauche de la MEUSE | 11 |
| 2.4. | MESURES D'INTEGRATION PAYSAGERE DES AMENAGEMENTS | 19 |
| 2.4.1. | Principes d'intégration paysagère de la digue | 19 |
| 2.4.2. | Traitement du rideau de palplanches dans le lit de la Meuse | 21 |
| 2.4.3. | Intégration paysagère des protections de berge | 22 |
| 3. | ENTRETIEN ET SURVEILLANCE DES AMENAGEMENTS | 23 |
| 3.1. | ENTRETIEN DE LA VEGETATION | 23 |
| 3.1.1. | Entretien des surfaces ensemencées | 23 |
| 3.1.2. | Entretien des fascines et boutures de saules | 23 |
| 3.1.3. | Entretien des fascines d'hélophytes | 24 |
| 3.1.4. | Entretien des plantations arbustives | 24 |
| 3.1.5. | Entretien des plantations arborescentes | 24 |
| 3.2. | INSPECTION PERIODIQUE DE L'ETAT DE LA DIGUE | 24 |
| 3.3. | INSPECTION POST EVENEMENT CRUE | 24 |
| 3.4. | ENTRETIEN DES ORGANES VANNES (OUVRAGE DE COMMUNICATION) | 25 |
| 3.5. | SURVEILLANCE HYDROLOGIQUE DANS LA RETENUE | 25 |
| 3.6. | SURVEILLANCE HYDROGEOLOGIQUE DANS LA RETENUE | 25 |
| 4. | MODE OPERATOIRE DES TRAVAUX | 26 |
| 4.1. | DEFINITION DES CONTRAINTES | 26 |
| 4.1.1. | Navigation | 26 |
| 4.1.2. | Dérivation de la vieille MEUSE | 26 |
| 4.1.3. | Ressuyage des matériaux de dragage | 26 |
| 4.1.4. | Vie piscicole | 26 |
| 4.1.5. | Mise en œuvre des techniques végétales et plantations | 26 |

| | | |
|-----------|--------------------------------------|-----------|
| 4.1.6. | Hydrogéologie | 26 |
| 4.1.7. | Périodes de crue | 27 |
| 4.2. | PLANNING DES TRAVAUX | 27 |
| 5. | DETAIL ESTIMATIF DES TRAVAUX | 29 |
| 5.1. | COUTS D'INVESTISSEMENT | 29 |
| 5.2. | COUTS D'ENTRETIEN ET DE SURVEILLANCE | 29 |

ANNEXES

ANNEXE 1 Détail estimatif des travaux – Solution de base : Clapet mobile

1. DEFINITION DU CONTEXTE

L'ensemble du bassin de la Meuse est soumis à des inondations fréquentes et dévastatrices. La vallée industrielle de la Meuse (Ardennes) concentre le potentiel d'enjeux le plus important, et le plus fort aléa d'inondation.

En décembre 1993, s'est produit la plus forte crue observée depuis le début du siècle dernier. Les dommages ont été estimés à 110 millions d'euros pour le département des Ardennes. Treize mois plus tard seulement, la crue de janvier 1995 a dépassé celle de 1993 d'une cinquantaine de cm à Sedan et Charleville-Mézières. Les dommages ont alors été estimés dans les Ardennes à 225 millions d'euros.

La stratégie globale portée par l'EPAMA pour le bassin français de la Meuse est destinée à réduire significativement la fréquence des inondations et la gravité de leurs conséquences.

Elle est cohérente et solidaire à l'échelle internationale : bassins français, belge et hollandais. Cette stratégie associe deux types d'aménagements : les zones de ralentissement dynamique des crues (ZRDC) dans le lit majeur de la Meuse et des aménagements localisés sur des sites particulièrement sensibles.

Les ZRDC ont pour fonction la régulation des débits par augmentation du volume de rétention et écrêtement des crues moyennes à fortes. Elles contribuent à la réduction des dommages d'inondations à l'aval. Les aménagements (ou protections) localisés peuvent se décliner selon la typologie suivante :

- coupure de méandre,
- modifications des ouvrages hydrauliques (abaissement de seuil de barrage, remplacement des barrages à aiguilles, etc...),
- endiguement,
- suppression des obstacles aux écoulements.

Les aménagements localisés ont pour effets secondaires des surcotes locales (en aval) ainsi que des accélérations de crues liées à la réduction de volume de rétention en zone sensible. Les ZRDC agissent en compensation de ces impacts hydrauliques négatifs.

Le programme d'aménagement s'inscrit dans la stratégie globale présentée ci-dessus.

Il décline le principe de complémentarité entre ZRDC et protections localisées, pour la gestion du risque inondation sur le linéaire meusien compris entre Mouzon et Givet.

Mouzon, opération située le plus en amont sur ce linéaire, accueille une ZRDC. L'ouvrage projeté provoque pour une crue centennale type 1983 une retenue de l'ordre de 3 millions de m³ de sur-stockage.

Cette rétention permet une **diminution des hauteurs de crue en aval du projet** notamment au droit de Mouzon, de Charleville-Mézières et de Givet.

Ces effets bénéfiques de la ZRDC de Mouzon contribuent à compenser les impacts des protections localisées prévues au droit des sites particulièrement sensibles de Charleville-Mézières et de Givet, et dont l'influence s'exerce jusqu'à la frontière belge.

Le présent rapport présente les composantes techniques et financières de la ZRDC de Mouzon.

2. DESCRIPTION DES AMENAGEMENTS

Les aménagements inhérents au projet de ralentissement dynamique des crues de la MEUSE sur la commune de MOUZON se composent :

- d'une digue de 4 m de hauteur maximale et de 10 m de largeur en crête barrant le champ d'inondation de la MEUSE en rive gauche et rive droite sur une longueur totale de 460 m.
- d'un rideau de palplanches contigu à la digue et contraignant les écoulements dans le lit mineur sur une largeur de 30 m.
- d'un ouvrage d'équilibre de 15 m de largeur et de 3 m de hauteur réalisé en rive gauche à travers la digue. Cet ouvrage a deux fonctions ; il doit rester ouvert jusqu'à une crue de période retour 2 ans pour maintenir la fonctionnalité d'une zone humide sans induire de vitesses trop importantes et il doit se fermer pour un certain niveau de crue afin que le digue garde toute son efficacité pour l'écrêtement des crues.
- de protections minérales et végétales du lit mineur de la MEUSE pour éviter les risques d'érosion liés à la mise en vitesse des écoulements au droit et à l'aval de la digue.

2.1. CONTEXTE HYDRAULIQUE

Préalablement à l'étude d'Avant-projet, un modèle physique du lit et du champ d'inondation de la MEUSE au voisinage du projet a été construit par SOGREAH ⁽¹⁾ pour déterminer le remous d'exhaussement créée à l'amont de la digue pour différentes ouvertures dans le lit mineur et pour tester la stabilité des protections à envisager sur le fond et les berges de la rivière aux abords de la digue.

Ce modèle a été réalisé à l'échelle du 1/50^{ème}. La similitude hydraulique est celle dite de Froude adaptée à une bonne reproduction des écoulements à surface libre avec transport et érosion / dépôts de sédiments.

Cette similitude garantit une bonne reproduction des forces qui génèrent et conditionnent les phénomènes étudiés.

Un ensemble de 30 analyses granulométriques des sédiments constituant le fond du lit de la Meuse dans la zone du projet a été réalisé par le Laboratoire Régional de l'Est Parisien de la DRE Ile de France.

Les échantillons sont relativement homogènes. Les diamètres caractéristiques suivants représentent les sédiments du fond du lit :

- D16 = 5 mm,
- D50 = 10 à 16 mm,
- D84 = 20 à 45 mm.

La granulométrie existante des fonds a été représentée dans le modèle.

¹ Réalisation d'un modèle physique d'une zone de ralentissement dynamique des crues de la Meuse – SOGREAH – Mars 2005 – Rapport n°1 34 0113 »)

Plusieurs types d'essais ont été réalisés sur le modèle physique :

- essais relatifs à la caractérisation du remous (surélévation du niveau amont) engendrée par l'ouvrage,
- essais relatifs à la définition des protections des berges et du fond de la Meuse,
- essais relatifs à la mise en place d'un ouvrage de décharge.

a) Essais relatifs à la caractérisation du remous :

Ces essais ont été réalisés pour :

- des séries de débits comprises entre 150 et 900 m³/s,
- plusieurs types de fonds : fonds naturels non protégés (fonds affouillables), fonds protégés par enrochements (fonds fixes),
- plusieurs ouvertures d'ouvrage en lit mineur : 25 et 30 m,
- plusieurs cote de fonds de Meuse : 154 m NGF (cote actuelle du fond) et 154,50 m NGF (fond naturel exhausé).

Les résultats obtenus suite à ces essais sont présentés dans le tableau ci-après.

Tableau : Evaluation des surcotes à l'amont immédiat de l'ouvrage (m)

| Débit (m ³ /s) | Essais 30 m fond affouillable | Essais 30 m fond fixe 154 NGF | Essais 25 m fond fixe 154.5 NGF | Essais 25 m fond fixe 154 NGF |
|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| 150 | 0.065 | 0.065 | 0.350 | 0.205 |
| 200 | 0.125 | 0.085 | 0.430 | 0.240 |
| 250 | 0.340 | 0.200 | 0.610 | |
| 300 | 0.455 | 0.315 | 0.900 | 0.550 |
| 350 | 0.502 | 0.420 | 1.120 | 0.715 |
| 400 | 0.550 | 0.570 | 1.325 | 0.915 |
| 450 | 0.630 | 0.750 | 1.625 | 1.105 |
| 500 | 0.640 | 0.930 | 1.800 | 1.290 |
| 600 | 0.680 | 1.235 | 2.365 | 1.680 |
| 650 | 0.685 | 1.400 | 2.675 | 2.115 |
| 900 | | 1.250 | | |

On remarque qu'avec des fonds affouillables, la surélévation plafonne à partir de 400 m³/s, conséquence de l'érosion du fond qui augmente la section d'écoulement dans le pertuis de l'ouvrage au fur et à mesure que le débit augmente.

Avec une ouverture de 30 m et un fond fixé à 154.0 NGF le maximum de surélévation est atteint pour 650 m³/s et vaut environ 1.40 m.

Si l'on diminue encore la section en rétrécissant la largeur et/ou surélevant le fond naturel, la perte de charge cinétique et donc la surélévation amont augmentent. La hauteur du remous maximale (pour 650 m³/s) est alors comprise entre 2.10 et 2.70 m.

Suite à ces essais et à l'analyse de l'impact des surcotes mesurées sur les conditions de navigation et les enjeux situés à l'amont et à l'aval de l'ouvrage, il a été retenu la configuration d'ouvrage suivante :

- ouverture en lit mineur : 30 m,
- calage du radier de l'ouvrage au niveau du fond naturel, soit 154.0 m NGF,
- calage de la crête de l'ouvrage : 160.50 m NGF, au niveau de la cote de la crue centennale.

b) Essais relatifs à la définition des ouvrages de protection des berges et du fond de la Meuse.

Une première analyse de l'impact de l'ouvrage a été réalisée dans le cas où l'on ne met pas en place d'ouvrages de protection de berges ou de fonds :

- jusqu'à 250 m³/s rien de notable ne se passe,
- à 300 m³/s, une fosse d'affouillement est nettement observée en aval du pertuis qui atteint jusqu'à 4 m de profondeur en son point bas,
- à 400 m³/s, l'érosion dans le pertuis est notable : 4 m dans la partie centrale,
- à 600 m³/s, l'érosion dans le pertuis atteint une profondeur de 7 m. Le talus rive droite aval est emporté sur plus de 50 m,
- à 650 m³/s, l'érosion atteint une profondeur de 8.50 m dans le pertuis. La rive droite est totalement érodée sur toute la longueur de la zone affouillable amont et aval. La rive gauche est érodée à l'amont sur la longueur de la zone affouillable et sur 50 m en aval de l'ouvrage. La fosse d'érosion se développe sur 40 m de long.

Suite à ce premier essai, plusieurs test d'ouvrages de protection ont été réalisés. La configuration finale permettant de protéger le cours d'eau est la suivante :

- protection du fond de la Meuse sur un linéaire de 90 m en aval de l'axe de l'ouvrage par des enrochements libres dont le poids moyen est compris entre 200 et 700 kg,
- protection des berges sur un linéaire de 90 m en aval de l'axe de l'ouvrage en rive droite et en rive gauche par des enrochements dont le poids moyen est compris entre 200 et 400 kg,
- protection du fond de la Meuse sur un linéaire de 25 m en amont de l'axe de l'ouvrage (enrochements libres, poids moyen 200 kg),
- protection des berges en amont de l'axe de l'ouvrage sur un linéaire de 22 m en rive droite et 40 m en rive gauche (enrochements libres, poids moyen 200 kg).

c) Essais relatifs au mode de fonctionnement de l'ouvrage de décharge.

Cet ouvrage est projeté sur le lit de la vieille Meuse qui constitue un lit d'écoulement secondaire indépendant de la Meuse pour les petites crues. L'objet de ces essais étaient d'étudier le remous généré par l'ouvrage ainsi que les vitesses d'écoulement induites pour une gamme de débit variant de 50 à 470 m³/s.

Compte tenu des résultats, il a été décidé que cet ouvrage se fermerait pour une crue de période de retour 2 ans de la Meuse, pour éviter des vitesses d'écoulement importantes à l'aval, de nature à déstabiliser les berges et à envisager la mise en œuvre de protections minérales sur le fond et les berges de la vieille Meuse dans un milieu sensible sur le plan environnemental.

d) Principe de fonctionnement de l'ouvrage.

Le principe de fonctionnement de l'ouvrage envisagé à Mouzon est le suivant :

- jusqu'à une crue de période retour 2 ans, les débits s'écoulent par l'intermédiaire du lit mineur contracté et par l'intermédiaire de l'ouvrage de communication de rive gauche qui est encore ouvert.
- au-delà de la crue de période de retour 2 ans et jusqu'à la crue centennale : l'ouvrage de communication est fermé et la digue de retenue barre totalement le lit majeur de la Meuse et empiète dans le lit mineur. L'ouvrage ne laisse donc s'écouler les débits de la crue que par le lit mineur, et ceci avec une perte de charge importante, calculée de telle sorte qu'il engendre un remous tel que la rétention soit de nature à ralentir et écrêter les crues. En fait, c'est l'équivalent d'un ouvrage de franchissement de la vallée par une voie de transport dont les remblais en lit majeur seraient volontairement aveugles et le pont volontairement sous-dimensionné.
- pour les crues plus rares : au-delà de la crue centennale, l'ouvrage doit être transparent, c'est à dire ne plus engendrer de rétention supplémentaire. Pour cela, la digue qui barre l'écoulement en lit majeur doit permettre un déversement sur l'ensemble de ce lit afin de limiter au maximum la surcote engendrée par l'ouvrage.

e) Caractéristiques géométriques de l'ouvrage

1. Digue de retenue

- hauteur de la digue en lit majeur
 - hauteur moyenne : 3.30 m,
 - hauteur maximale : 4.00 m.
- cote en crête de digue : 160.50 m NGF,
- longueur de la digue : 460 m,
- pente de talus : 2 m horizontaux pour 1 mètre vertical, soit 26.5°,
- largeur en crête : 10 m.

2. Ouvrage principal sur la Meuse (lit mineur)

- largeur : 30 m,
- fond calé à la cote : 154 m NGF (fond actuel),
- culée droite, hauteur 6.50 m par rapport au fond fini, hauteur 3 m par rapport au fil d'eau d'étiage.

3. Ouvrage de décharge (lit majeur)

- largeur : 15 m.
- hauteur : 3 m
- fond calé à la cote 155.00 m NGF

Le présent dossier intègre fidèlement les conclusions du rapport SOGREAH concernant les caractéristiques des enrochements de protection à mettre en œuvre sur le fond et les berges de la rivière aux abords de la digue.

2.2. CONTEXTE GEOTECHNIQUE

Parallèlement à l'étude hydraulique sur modèle physique, une étude géologique ⁽²⁾ et une étude géotechnique ⁽³⁾ ont été confiées à la société FONDASOL pour :

- vérifier, à partir de deux coupes type fournie par BCEOM (coupe type avec parement aval et amont enrochés et bétonnés, coupe type avec parement aval enroché et bétonné et parement amont protégé avec des enrochements libres), la stabilité de la digue au glissement et au poinçonnement.
- estimer les tassements prévisibles.
- dimensionner le rideau de palplanches qui contraint les écoulements sur une largeur de 30 m dans le lit mineur.
- identifier des sites d'emprunt pour l'utilisation des matériaux dans le cadre de la construction de la digue et de la mise en œuvre d'enrochements de protection du fond et des berges de la MEUSE.

Concernant les matériaux rocheux, trois carrières sont actuellement en exploitation dans un rayon de 5 à 10 km du site du projet. Les enrochements de ces carrières pourront être à priori utilisés dans le cadre du projet sous réserve de leur non gélivité, caractéristique non communiquée par les exploitants de carrière et qui n'a pas pu être déterminée dans le cadre de la mission de FONDASOL.

Concernant les matériaux fins utilisables pour la constitution du corps de digue, les seules carrières produisant des sols présentant des bonnes caractéristiques de perméabilité sont situées à une distance de 70 km environ de Mouzon. Les résultats d'essais de perméabilité sur les matériaux extraits dans la carrière d'Aubreville (65 km de Mouzon) donnent des perméabilités de $1.4 \cdot 10^{-9}$ m/s, ce qui constitue une sécurité suffisante en terme de perméabilité.

Pour s'affranchir de la distance importante de transport de ces matériaux, il est judicieux de savoir si les matériaux qui sont extraits du lit de la Meuse (**sols 1** : sables et sables graveleux) ainsi que ceux extraits pour la réalisation du parafouille de la digue (**sols 2** : sols fins limoneux et argileux) peuvent également être exploités pour la constitution du corps de digue. L'avis complémentaire qui a été demandé à FONDASOL en date du 16 juin 2005 sur la possibilité de réemploi de ces matériaux dans le corps de digue montre que :

1. Les **sols 1** sont estimés B3 ou B4 au sens du GTR. Si les sols B3 sont à priori insensibles à l'eau donc pouvant être mis en œuvre sans traitement, les sols B4 au contraire sont sensibles à l'eau et leur réemploi en remblai ne peut être envisagé sans un traitement aux ciments (ou mélange ciment-bentonite) pour en diminuer la perméabilité. S'il a lieu, ce traitement devra faire l'objet d'une étude de formulation spécifique. Néanmoins, ce traitement va entraîner un comportement rigide du remblai qui est incompatible avec les risques de tassement différentiel qui peuvent être, à terme, à l'origine de fissures.
2. Les **sols 2** sont estimés A3 ou A4 au sens du GTR (Guite Technique pour les Terrassements). Les teneurs en eau mesurées au niveau des sondages C1, C2 et C3, entre 0 et 4.5 m de profondeur, sont très élevées : supérieures à 40 %, elles situent les matériaux dans un état hydrique « th » (pour ce type de sol, la teneur en

² Projet de création d'une zone de ralentissement dynamique des crues de la Meuse – Recherche de sites d'emprunt – FONDASOL – Avril 2005 – n° EGP 05 002

³ Projet de création d'une zone de ralentissement dynamique des crues de la Meuse – Calculs de stabilité – FONDASOL – Avril 2005 – n° EGP 05 002

eau à l'optimum Wopn devrait être de l'ordre de 20/22%). Leur **réemploi ne peut être envisagé**, avec ou sans traitement, compte tenu de leur teneur en eau beaucoup trop élevée et des problèmes de portance et de traficabilité qui seront rencontrés. Des réductions de teneur en eau par mise en dépôt provisoire (ou solutions de drainage) ne peuvent être envisagées dans le contexte climatique ardennais.

Les **sols 1** ne représentent qu'un volume extrait de 9 850 m³ pour un volume nécessaire de remblais de 16 120 m³. Il sera donc indispensable d'utiliser les matériaux de la carrière d'Aubreville.

Dans le cadre de la phase « Projet », il sera intéressant de disposer des résultats d'essais d'identification des matériaux du lit de la Meuse permettant de les classer au sens du GTR et d'essais de type Proctor permettant d'apprécier leur état hydrique pour connaître parfaitement la classification des sols 1 (B3 ou B4) et donc leur réemploi possible en remblai. Nous proposons donc, dans un premier temps, de considérer que seuls les matériaux de la carrière d'Aubreville seront utilisés en remblais pour la constitution du corps de digue, les matériaux du lit de la Meuse étant évacués en dépôt définitif.

2.3. CARACTERISTIQUES DES AMENAGEMENTS

Les aménagements définis dans ce chapitre sont représentés sur le **plan n°1** (Vue en plan des aménagements), **plan n°2** (Coupes type) et **plan n°3** (Ouvrage de communication) joints au dossier.

2.3.1. Digue

La digue a les caractéristiques dimensionnelles suivantes :

- Crête de largeur 10 m calée à la cote 160.60 m NGF. Par rapport à la cote de calage initiale de la digue, soit 160.50 m NGF, il a été ajouté une hauteur de 10 cm pour tenir compte des tassements résiduels après construction (valeur calculée par FONDASOL).
- Longueur en rive gauche = 345 m
- Longueur en rive droite = 115 m
- Talus à 2 horizontal pour 1 vertical.
- Parafouille de 6 m de longueur en pied de talus aval
- Emprise au sol = 1.4 hectares

Sur une longueur de 15 m en rive droite et rive gauche, le talus amont de la digue sera protégé par un matelas en enrochements libres 100kg/200kg/400kg (P10⁴/P50/100) de 1.10 m d'épaisseur posé sur un géotextile non-tissé destiné à empêcher le départ des fines sous les enrochements. Sur une longueur de 60 m en rive gauche, le talus amont de la digue sera simplement protégé par une géogrille anti-érosion. Sur le linéaire restant, aucune protection anti-érosive du talus amont n'est envisagée.

La crête de la digue sera protégée sur toute sa longueur par un matelas en enrochements 100/200/400 de 1.10 m d'épaisseur posé sur un géotextile non-tissé. Sur sa largeur, les deux derniers mètres seront bétonnés.

⁴ signifie que 10% des enrochements ont un poids inférieur à P10

Le talus aval de la digue sera protégé sur toute sa longueur par un matelas en enrochements bétonnés 100/200/400 de 1.10 m d'épaisseur. Au pied du talus aval, un parafouille de 6 m de longueur et de 1.10 m d'épaisseur sera réalisé avec la même catégorie d'enrochements.

Les deux talus de la digue seront recouverts d'une couche de terre végétale sur une épaisseur de 1 m jusqu'à la cote 159.50 m NGF. La crête de la digue sera recouverte d'une couche de 10 cm de terre végétale. Les surfaces recouvertes de terre végétale seront ensuite ensemencées avec un mélange rustique d'herbacées.

Préalablement à mise en œuvre des remblais de la digue, le terrain d'assise sera décapé sur une épaisseur de 50 cm. Les 30 premiers centimètres (terre végétale) seront mis en remblais sur les talus et la crête de la digue comme indiqué précédemment, le reste (limons argileux) sera évacué en dépôt définitif.

Une piste d'accès à la digue sera réalisée en rive gauche. D'une largeur de 10 m et d'une longueur de l'ordre de 400 m, cette piste sera simplement constituée d'une couche de tout-venant sur 30 cm d'épaisseur après décapage de la terre de couverture.

La digue sera franchissable par des engins agricoles et d'entretien grâce à l'aménagement d'une piste réalisée à la fois sur la partie rive gauche et rive droite.

En rive droite, une canalisation béton diamètre 600 mm sera mise en place à travers la digue pour accélérer le ressuyage des eaux.

2.3.2. Rideaux de palplanches

D'après le rapport FONDASOL, les palplanches utilisées seront du type PU20. Elles auront une longueur de 10 m et seront fichés sur une profondeur de 3.5 m. Un lit de tirants passifs réalisé à la cote 158.00 m NGF et une lierne de répartition seront nécessaires pour la stabilité des rideaux. Les caractéristiques sont présentées dans le tableau ci-dessous.

| Désignation | Caractéristiques |
|---------------------------------------|---|
| Longueur | <ul style="list-style-type: none"> ● en rive droite : 46.00 m ● en rive gauche : 46.00 m ● Longueur totale : 92.00 m |
| Type des palplanches | <ul style="list-style-type: none"> ● PU 20 |
| Hauteur totale des palplanches | <ul style="list-style-type: none"> ● 10.00 m ● cote de la plate-forme à l'arrière des palplanches : 160.60 m NGF ● cote estimée du pied des palplanches : 150.60 m NGF |
| Couronnement du rideau de palplanches | <ul style="list-style-type: none"> ● Poutre en béton armé. |
| Aménagement paysager | <ul style="list-style-type: none"> ● Garde-corps : en partie en maçonnerie et en partie en ferronnerie ● Parement maçonné |
| Dispositifs de protection | <ul style="list-style-type: none"> ● Rails de navigation ● Signalisation |

L'aménagement paysager sera à définir en accord avec l'Architecte des bâtiments de France.

Compte tenu des nuisances, par entraînement des fines, que provoquerait la réalisation d'un épis dans le lit de la MEUSE pour la réalisation des deux rideaux de palplanches, ces derniers seront battus depuis un ponton flottant. D'après VNF, la présence d'une barge dans le lit de la MEUSE n'est pas incompatible avec un trafic fluvial en alternat. Les cadences de battage de palplanches tiennent compte des conditions de travail avec une circulation fluviale en alternat.

En ce qui concerne les dispositifs de guidage nécessaires à la protection des embarcations au voisinage de l'ouvrage, VNF doit saisir le CETMEF pour qu'il définisse le système le plus approprié au contexte.

2.3.3. Protections des berges et du lit de la MEUSE

L'exploitation du modèle physique réalisé par SOGREAH a conduit à prévoir des protections par enrochements sur le fond et les berges de la MEUSE sur une longueur de 85 m à l'aval de la digue et 30 m à l'amont. Les catégories d'enrochements nécessaires sont les suivantes :

- Enrochements 350/700/1200 sur une longueur de 25 m au voisinage immédiat de la contraction du lit mineur.
- Enrochements 200/400/800 à 15 m à l'aval du rideau de palplanches sur une longueur de 40 m.
- Enrochements 100/200/400 à 55 m à l'aval du rideau de palplanches sur une longueur de 30 m et sur une longueur de 15 m à l'amont du rideau (fond et berges).
- Enrochements 100/200/400 à 20 m à l'amont du rideau de palplanches sur une longueur de 20 m et uniquement sur la berge rive gauche.

Pour une meilleure intégration dans le site, les enrochements au-dessus du niveau d'eau seront végétalisés par injection préalable de terre végétale dans les interstices puis ensemencement hydraulique.

Comme pour les rideaux de palplanches, les déblais en eau ainsi que la pose des enrochements seront effectués au moyen de pontons flottants, le premier pour l'exécution des travaux proprement dits et le second pour l'évacuation (déblais) ou le chargement (enrochements) des matériaux.

A l'aval des protections en enrochements, il est envisagé de réaliser une zone de transition de 100 m de longueur en protégeant les berges au moyen de techniques végétales.

La technique qui paraît la plus adaptée compte tenu des phénomènes de batillage est la fascine d'hélophytes posée sur un lit de branches de saule anti-affouillement et ligaturée à un double rideau de pieux. Au-dessus de la fascine, le talus sera réglé avec une couche de terre végétale, ensemencé puis simplement protégé par un géotextile biodégradable type natte de coco qui permettra, d'une part, d'assurer une protection immédiate du talus avant la pousse des herbacées, et d'autre part, de maintenir la chaleur et l'humidité propices à une bonne croissance des végétaux.

2.3.4. Bilan Déblais - Remblais

Ce bilan prend en compte :

- le décapage de la zone d'emprise de la digue sur 50 cm et de la piste d'accès sur 30 cm
- l'utilisation des matériaux de décapage sur une épaisseur de 30 cm (terre végétale) pour la végétalisation des talus et de la crête de la digue.
- l'utilisation des matériaux de décapage sur une épaisseur de 30 cm (terre végétale) pour la végétalisation des talus de la Meuse et de la vieille Meuse.
- l'évacuation en dépôt définitif des matériaux limoneux argileux sous la terre végétale, ces matériaux présentant une teneur hydrique trop élevée (>40%) pour être réutilisés dans le corps de digue.
- l'évacuation en dépôt définitif des matériaux sableux du lit de la MEUSE, ces matériaux nécessitant un traitement à la chaux-ciment ou à la bentonite qui leur donnerait un comportement rigide incompatible avec les risques de tassement différentiel (risque de fissures).

Le bilan des déblais- remblais est indiqué dans le tableau ci-après.

| Origine des matériaux | Destination des matériaux | Déblais D | Remblais R | Déblais à évacuer |
|--|--|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| Décapage sous l'emprise de la digue | Terre végétale sur talus et crête de digue et sur talus Meuse et ruisseau de vieille Meuse | 4 140 m ³ | 5 670 m ³ | -330 m ³ |
| Décapage sous l'emprise de la piste d'accès | | 1 200 m ³ | | |
| Fond et berges du lit de la Meuse | Evacuation en dépôt définitif | 9 850 m ³ | / | + 9 850 m ³ |
| Parafouille au pied de la digue | Evacuation en dépôt définitif | 3 800 m ³ | / | + 3 800 m ³ |
| Décapage sous l'emprise de la digue | Evacuation en dépôt définitif | 2 800 m ³ | / | + 2 800 m ³ |
| Réglage des talus Meuse et ruisseau de vieille Meuse | Evacuation en dépôt définitif | 150 m ³ | / | + 150 m ³ |
| Carrière | Corps de digue | / | 16 120 m ³ | 0 |
| | | | Total déblais à évacuer | + 16 270 m ³ |

2.3.5. Ouvrage de communication en rive gauche de la MEUSE

2.3.5.1. Généralités

L'ouvrage de décharge est un pertuis de 15.00 m de large et de 3.00 m de hauteur enterré sous la digue. Il franchit le lit de la vieille Meuse qui constitue un axe d'écoulement secondaire indépendant de la Meuse pour les petites crues. Il a été dimensionné pour accélérer la vidange des eaux de la retenue à la décrue. Par ailleurs, cet ouvrage doit se fermer complètement à partir d'une crue de période de retour 2 ans pour éviter les vitesses trop importantes à l'aval.

Le radier de l'ouvrage sera calé 30 cm sous le niveau d'étiage de la vieille Meuse de manière à ne pas constituer un obstacle pour la circulation des poissons.

Les principales caractéristiques de l'ouvrage sont présentées de façon synthétique dans le tableau ci-dessous.

| Désignation du poste | Caractéristiques |
|--|--|
| Ouverture hydraulique | <ul style="list-style-type: none"> ● Largeur : 15.00 m ● Hauteur libre : 3.00 m ● cote du fond : 155.00 m NGF |
| La digue dans laquelle s'inscrit l'ouvrage | <ul style="list-style-type: none"> ● cote de la crête : 160.60 m NGF ● Largeur en tête : 10.00 m ● Pente des talus : 2 H / 1 V |
| Fermeture de l'ouvrage | <ul style="list-style-type: none"> ● Dès la crue de période retour 2 ans ● Après fermeture de l'ouvrage : <ul style="list-style-type: none"> - Niveau d'eau amont : 158.85 m NGF - Niveau d'eau aval : 158.53 m NGF - Différence amont-aval : 0.32 m |
| Fonctionnement pour une crue 100 ans | <ul style="list-style-type: none"> - Niveau d'eau amont calculé : 166.50 - Niveau d'eau aval calculé : 164.95 - Différence amont-aval : 1.55 m |
| Exigence sur les temps de manœuvre | <ul style="list-style-type: none"> ● Fermeture dès le signal d'alerte, temps de fermeture 3 heures maximum ● Ouverture à la fin de la crue, ouverture progressive sur 6 heures |

La hauteur libre de 3.00 m qui a été retenue pour des raisons hydraulique permet également de ne pas accentuer l'effet de tunnel qui est défavorable à la bonne circulation des poissons en période normale. L'aménagement de puits de lumière permettrait d'augmenter la luminosité dans l'ouvrage.

2.3.5.2. Les différents dispositifs de fermeture

Les exigences auxquelles la fermeture doit répondre sont les suivantes :

- manœuvre de fermeture déclenchée lorsque la cote de la crue de période de retour 2 ans est atteinte ;
- temps de manœuvre : pas d'exigence particulière pour la manœuvre de fermeture. La manœuvre peut être lente et de 3 heures maximum. L'ouverture de la vanne lors de la décrue doit être progressive en 6 heures.

La fermeture de l'ouvrage peut être réalisée par différents dispositifs. Ces derniers sont les suivants :

- vanne clapet,
- vanne wagon,
- seuil gonflable,
- batardeaux mobiles.

2.3.5.3. Position du mécanisme de fermeture

Suivant le dispositif retenu, la position la plus adaptée peut être différente.

• Pour le clapet et les vérins

Une implantation à l'aval est plus adaptée. En effet, la hauteur d'eau est moindre à l'aval en période de crue ce qui limite la partie immergée des vérins. Un autre raison importante est la suivante : la fosse dans laquelle le clapet vient se rabattre doit être auto-curée afin de permettre le retour en position basse du clapet. Une mise en place à l'amont amènerait à avoir une fosse du côté du plan d'eau. Cette fosse se remplira de sédiments et empêchera l'abaissement complet du clapet. Une implantation à l'aval a cependant l'inconvénient de permettre aux embâcles de rentrer dans l'ouvrage.

• Pour les vannes wagons, pour la membrane gonflable, pour les batardeaux mobiles

Une implantation à l'amont permet d'éviter que des embâcles ne viennent se caler à l'intérieur de l'ouvrage.

2.3.5.4. Description des différentes solutions

• Clapet manœuvré par des vérins

Un clapet manœuvré par des vérins est une installation complexe. Les vérins sont positionnés à l'intérieur du pertuis. Ils concentrent de très importants efforts, ce qui entraîne un génie civil important au niveau des fondations qui reprennent les efforts des vérins. Le clapet aura une longueur de l'ordre de 17.00 m.

Pour des raisons de sécurité, le clapet équipé de deux vérins devra pouvoir être manœuvré à l'aide d'un seul vérin en cas de défaillance de l'autre vérin. Cela impose de concevoir un clapet suffisamment rigide pour reprendre la torsion entraînée par la manœuvre de traction d'un seul côté (fonctionnement en mode dégradé).

Il faut prévoir un local abritant la centrale hydraulique pour la mise en pression de l'huile qui actionne les vérins. Les centrales de distribution d'huile peuvent éventuellement être déportées à proximité des vérins.

Ce type d'installation contient de nombreux mécanismes qui doivent être vérifiés et entretenus régulièrement. Les joints, les niveaux d'huile, les contacteurs de position sont à examiner régulièrement.

Cette solution nécessite une amenée d'électricité. En cas de panne d'électricité en période de crue, aucun fonctionnement n'est possible. Ce mode dégradé n'est pas admissible et un groupe électrogène est à prévoir.

Cette solution présente l'avantage de libérer complètement l'ouverture hydraulique de l'ouvrage.

- **Vannes wagon**

Afin d'éviter l'effet "tiroir" lors des manœuvres de la vanne, il est nécessaire que celle-ci ne soit pas anormalement longue par rapport à sa hauteur. Il est ainsi nécessaire de prévoir au minimum trois vannes.

L'ouverture du pertuis à l'amont sera donc divisé en trois parties par des poteaux en béton le long desquels seront placées des rainures dans lesquelles les vannes coulisseront.

Les vannes en position normale seront en position haute et dépasseront de l'ordre de 1.00 m au-dessus de la crête de la digue.

Les vannes seront manœuvrées par des moteurs électriques. En cas de problème sur un moteur électrique, le dispositif peut être conçu afin de permettre une descente contrôlée des vannes sous leur propre poids.

L'équipement est plus simple que la vanne à clapet manœuvrée par des vérins. Il a l'inconvénient de présenter des vannes qui en position normale dépassent la crête de la digue.

Par ailleurs les vannes lors de l'ouverture créent un effet de chasse. Pour éviter cet inconvénient, chaque pertuis peut être équipé de deux vannes : une vanne de fond et une vanne de surface.

Le système est plus complexe mais évite l'effet de chasse. En outre, il présente l'avantage de ne pas dépasser au-dessus de la crête de la digue car l'ensemble présente un encombrement plus réduit.

- **Seuil gonflable**

Le seuil gonflable présente l'avantage d'être complètement effacé et non visible en position normale.

Le gonflage se fera à l'air plutôt qu'à l'eau. Le choix pour l'air est motivé par l'absence de risque de gel. D'autre part dans le cas d'un gonflage à l'air les dimensions transversales de la membrane sont plus faibles que celles d'une membrane gonflée à l'eau.

Le gonflage est assuré par un surpresseur. Un local technique abritera le surpresseur et l'armoire électrique.

Cette solution nécessite une amenée d'électricité. En cas de panne d'électricité en période de crue, aucun fonctionnement n'est possible, ce qui justifie la mise en place d'un groupe électrogène.

L'équipement demande très peu d'entretien.

Lors du gonflage en vue de la fermeture du pertuis, c'est seulement la partie aval de la membrane qui sera visible.

Le génie civil de l'ouvrage sera adapté au niveau de la fixation de la membrane. Il s'agit d'une adaptation locale de la géométrie des bords de l'ouvrage afin que la membrane vienne bien fermer le pertuis.

Il n'y a pas d'importants efforts concentrés comme c'est le cas avec les vérins.

- **Batardeaux mobiles**

C'est la solution la plus simple et la plus économique étant donné que la fermeture se fait à une fréquence très faible, tous les deux ans environ.

Lors d'une alerte de crue, une entreprise de levage avec laquelle une convention aura été passée au préalable est appelée et elle met en place les batardeaux. Il n'est pas nécessaire de prévoir une amenée d'électricité.

La passe sera divisée en deux par un poteau équipé de rainures dans lesquelles vont coulisser les batardeaux.

Les batardeaux seront stockés sur le site à l'abri d'une petite enceinte clôturée à proximité immédiate de l'ouvrage.

2.3.5.5. Tableau comparatif

Les avantages-inconvénients des différents systèmes sont présentés dans le tableau ci-après.

| Type de fermeture | Description | Mode de manœuvre | Inconvénients | Avantages |
|---------------------------|--|---|---|--|
| Vanne clapet | Clapet manœuvré par deux vérins. | En fonctionnement normal, les deux vérins manœuvrent la porte. En cas de défaillance d'un vérin, l'autre vérin doit être capable de remonter le clapet. En cas de panne électrique, alimentation par groupe électrogène | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Porte lourde. ▪ Les vérins sont des mécanismes devant être régulièrement actionnés et entretenus. ▪ Nécessité d'un local technique abritant la centrale hydraulique. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Système peu visible en fonctionnement normal. ▪ Ouverture totale du pertuis : diminution des risques d'embâcles. |
| Vannes wagon | L'ouverture peut être fermée par trois vannes. | La descente des vannes est contrôlée par un moteur électrique. En cas de panne électrique, le dispositif permettra une descente manuelle. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ En fonctionnement normal, les vannes en position haute sont visibles. ▪ A l'entrée de l'ouvrage l'ouverture est divisée en trois parties ⇒ risques d'embâcles. ▪ Pour éviter l'effet de chasse, il est nécessaire de prévoir une double vanne par ouverture : une vanne de fond et une vanne de surface | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Simplicité des mécanismes. |
| Seuil gonflable | Une membrane gonflable à l'air ferme le pertuis. | Un surpresseur d'air assure le gonflage de la membrane. En cas de panne électrique, alimentation par groupe électrogène | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Système non courant. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ouverture totale du pertuis : diminution des risques d'embâcles ▪ Simplicité du génie civil. ▪ Très bonne intégration. |
| Batardeaux mobiles | Desatardeaux mobiles sont descendus dans des rainures. | Une entreprise de levage est appelée pour la mise en place. Pas de nécessité de courant électrique. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Nécessité de prévoir un délai d'intervention (6 ou 8 heures) peu compatible avec les incertitudes liées à la prévision des crues. ▪ Pertuis divisé en deux parties ⇒ risques d'embâcles. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Simplicité. ▪ Solution économique. ▪ Pas de besoin d'électricité. |

2.3.5.6. Mode de manœuvre et automatisme

Les choix qui seront retenus pour la conception de l'automatisme sont une sujétion importante pour la définition et le coût du projet.

Le mode de manœuvre le plus simple consiste à envoyer quelqu'un sur le site lorsque la cote d'alerte est atteinte. A partir d'une armoire de commande à proximité de l'ouvrage, la personne actionne la fermeture du pertuis.

C'est une mesure du niveau d'eau qui déclenchera un signal. La mesure du niveau d'eau est à doubler afin de contrôler la première mesure.

Un mode de manœuvre plus complexe consiste en la commande automatique de la fermeture du pertuis à partir du signal de la cote d'alerte. Cet automatisme intégral oblige à prévoir de nombreux dispositifs de contrôle permettant de confirmer la bonne et correcte fermeture du pertuis.

Un asservissement total de la fermeture au signal d'alerte nécessite de prévoir le traitement de tous les dysfonctionnements et de toutes les manœuvres en mode dégradé.

Dans tous les cas, les informations doivent être envoyés vers un poste de contrôle. Un fonctionnement entièrement automatique sans aucun contrôle humain et donc sans possibilité de vérification et d'intervention n'est pas à envisager.

Les mouvements de la vanne ou de la membrane seront détectés par des capteurs. Afin de voir ce qui se passe en cas de problème, une caméra enverra des images vers le poste de commande. Il ne nous semble pas adapté d'envisager une manœuvre de fermeture en aveugle.

Les solutions et les séquences sont présentées ci-dessous.

▪ SOLUTION 1 : MODE SEMI-AUTOMATIQUE

- mesure automatique du niveau d'eau et envoi d'un signal vers un poste de commande et/ou vers un opérateur ;
- doublement de l'appareil de mesure du niveau d'eau et vérification du signal d'alerte ;
- déplacement de l'opérateur sur le site ;
- commande de la manœuvre de fermeture par l'opérateur à partir d'une armoire de commande à l'extérieur ou à l'intérieur d'un abri ;
- vérification visuelle par l'opérateur de la bonne fermeture du pertuis ;
- après la crue, commande de la manœuvre d'ouverture par l'opérateur qui peut visuellement contrôler les abords de l'ouvrage et modifier la manœuvre en cas de problème.

▪ SOLUTION 2 : MODE AUTOMATIQUE

- mesure automatique du niveau d'eau et envoi d'un signal vers un poste de commande et/ou vers les organes de manœuvre de la vanne ;
- doublement de l'appareil de mesure du niveau d'eau et vérification du signal d'alerte ;
- manœuvre automatique de fermeture du pertuis, renvoi de la position de la vanne ou de la membrane au poste de commande afin de permettre le contrôle de la manœuvre ;

- contrôle par caméra des différentes phases de la manœuvre et envoi des images à un poste de contrôle.

Pour une fermeture de l'ouvrage par un clapet et des vérins, un automatisme total n'est pas envisageable pour les manœuvres de fermeture et d'ouverture. Les automatismes à prévoir en mode dégradé (par exemple panne sur un vérin ou vérins en action alors qu'un embâcle est en travers du clapet) sont extrêmement lourds et complexes et nécessitent de toute manière un envoi d'information vers un poste de contrôle.

Nous pensons qu'un mode de fonctionnement semi-automatique avec un opérateur se rendant sur l'ouvrage est adapté à la problématique du projet.

Le dispositif à mettre en place est relativement simple, il y a un contrôle visuel exercé par l'opérateur lors de la manœuvre de fermeture ou d'ouverture.

La solution 1 est plus simple et plus économique que la solution 2.

2.3.5.7. Proposition

Le tableau ci-dessous synthétise les différents critères d'appréciation des solutions proposées.

Tableau récapitulatif

| Solution de fermeture | Fermeture de toute la passe en une fois | Coût | Simplicité | Intervention |
|------------------------------|--|--------------------------|-----------------------|--|
| Batardeaux mobiles | Non | Solution très économique | Très simple | Mobilisation d'une équipe lors des crues |
| Vannes wagons | Non | Solution coûteuse | Complexe | Entretien |
| Clapet et vérins | Oui | Solution très coûteuse | Très complexe | Très régulière et spécialisée |
| Membrane gonflable | Oui | Solution économique | Solution peu complexe | Entretien courant |

Sur un plan économique et de fiabilité mécanique, la fermeture par desatardeaux mobiles est une solution simple et bien adaptée. Ce mode de fermeture ne nécessite pas d'amenée de courant électrique. La manœuvre se fait par un camion grue d'une entreprise de levage. S'il est considéré que la mobilisation d'une entreprise de levage en période de crue est rédhibitoire parce qu'il est difficile de s'assurer d'une intervention immédiate, cette solution est dans ce cas à écarter.

Enfin le pertuis doit être divisé en deux parties par un poteau. Elle ne permet donc pas de libérer l'ensemble de la section. Vu l'importance des embâcles, **la solution «atardeaux mobiles » n'est pas retenue.**

Pour la solution des vannes wagons, afin d'éviter un effet de chasse, il faut prévoir un système comprenant des vannes de fond et des vannes de surface. Les vannes nécessitent de diviser en trois parties l'ouverture, ce qui augmente le risque de phénomènes d'embâcles. Pour cette raison **la solution «vannes wagons » n'est pas retenue.**

Les deux **solutions retenues** sont donc :

1. **clapet mobile** manœuvré par des vérins en solution de base,
2. **membrane gonflable** en solution variante.

Le clapet manœuvré par des vérins est une solution très coûteuse. L'équipement nécessite des interventions régulières et spécialisées pour les opérations d'entretien et pour des essais de manœuvre.

La membrane gonflable est une solution plus économique qui permet également la fermeture en une seule fois de l'ensemble du pertuis. L'ouvrage en terme de génie civil est beaucoup plus simple que celui équipé de vérins.

En cas de défaillance électrique, ni le clapet, ni la membrane gonflable ne fonctionnera. Afin de permettre néanmoins la manœuvre en cas de panne électrique, un groupe électrogène sera prévu pour ces deux solutions.

2.3.5.8. Protections des berges au droit de l'ouvrage

Les protections de berge seront réalisées à l'amont et à l'aval de l'ouvrage sur une vingtaine de mètres.

Compte tenu des conditions de fonctionnement de l'ouvrage (fermeture à partir d'une crue de période retour 2 ans de la Meuse), les vitesses d'écoulement en amont et en aval restent inférieures à 2 m/s.

Pour cette vitesse maximale, les protections de berge peuvent être réalisées à partir de la mise en œuvre de techniques végétales.

A l'aval de l'ouvrage où les vitesses sont plus élevées qu'à l'amont, la technique employée consiste :

- à protéger la zone la plus sollicitée (pied de talus) par une fascine de saules avec double rideau de pieux,
- à protéger le talus par un lit de branches de saules fixé par un treillage en fil de fer ou des pieux de saules.

A l'amont de l'ouvrage, le pied de talus fera l'objet d'une protection identique à celle de l'aval tandis que le talus sera simplement protégé par un géotextile biodégradable posé après la mise en œuvre d'une couche de terre végétaleensemencée.

2.4. MESURES D'INTEGRATION PAYSAGERE DES AMENAGEMENTS

2.4.1. Principes d'intégration paysagère de la digue

Le traitement paysager vise le raccordement de l'ouvrage à son environnement végétal. Il comprend :

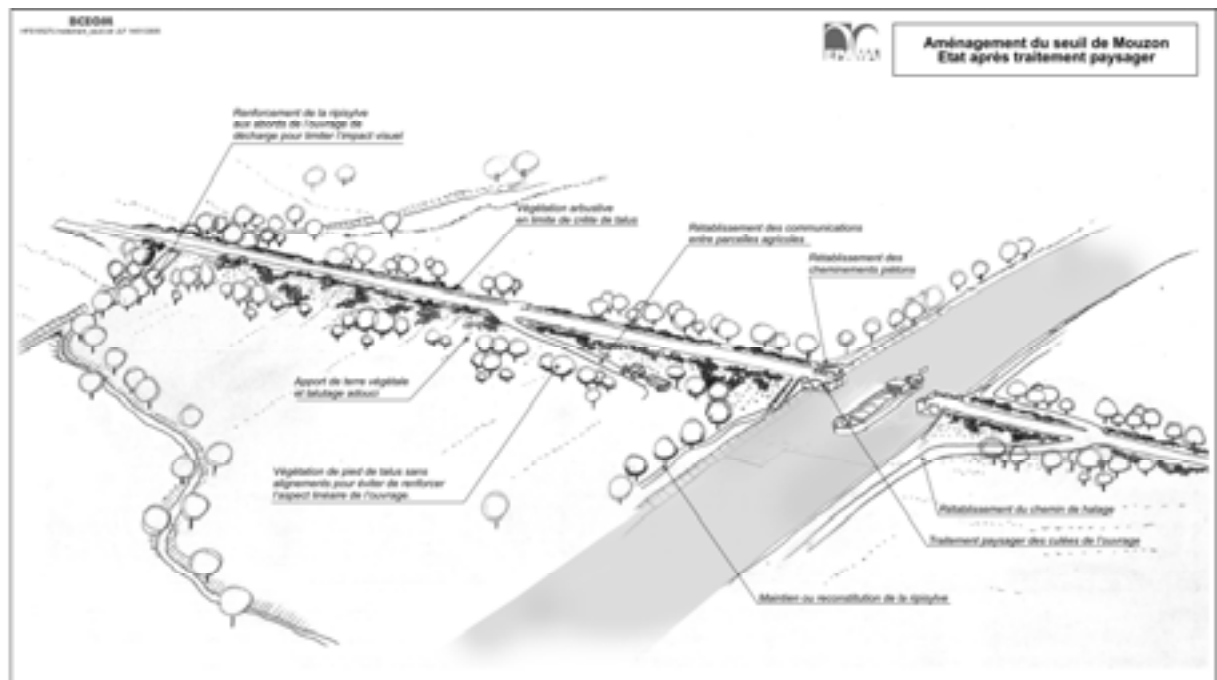
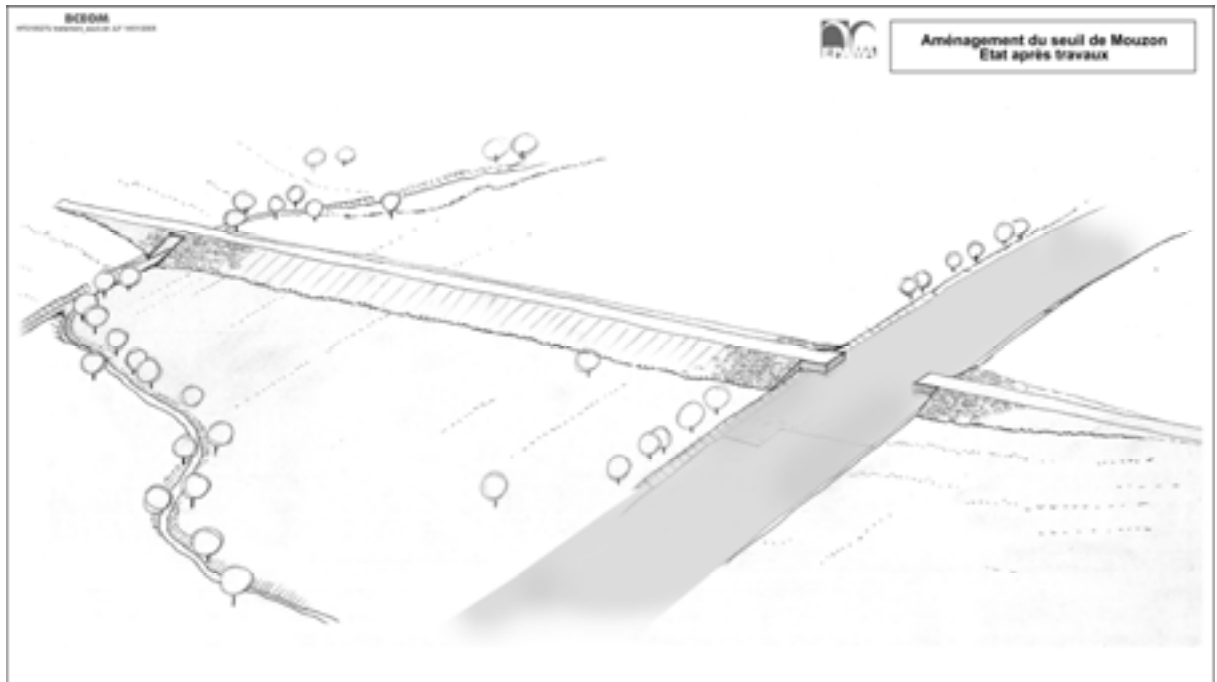
- couverture de terre végétale des parements amont et aval de la digue
- ensemencement des talus en remblai de la digue
- plantation aléatoire d'arbres en pied de digue et d'arbustes sur la partie horizontale de la couche de terre végétale avec des essences similaires à celles qui existent aux alentours.

Les espèces adaptées, présentes dans l'environnement seront utilisées :

- **Arbres :**
 - Saules
 - Frêne commun
 - Erable champêtre
 - Erable sycomore
 - Bouleau verruqueux
 - Orme
 - Robinier
 - Merisier
 - Tilleul à petite et grande feuille
 - Chêne pédonculé
- **Buissons :**
 - Cornouiller
 - Saules
 - Prunelliers
 - Noisetiers
 - Aubépine
 - Eglantier
 - Fusain
 - Prunier
 - Sorbier
 - Viorne

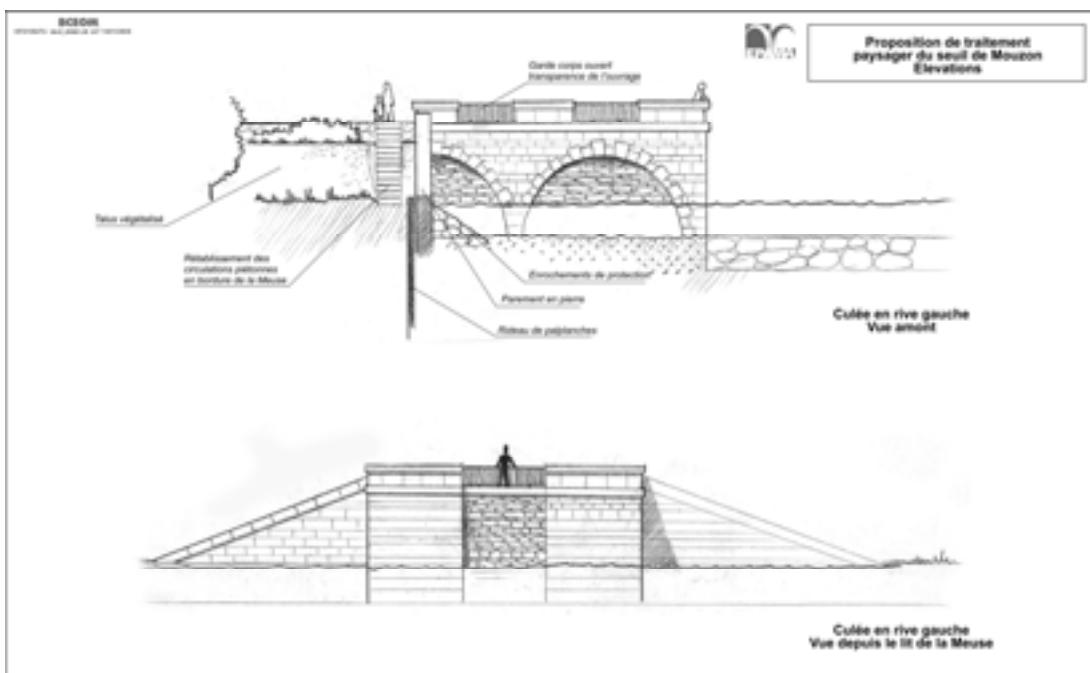
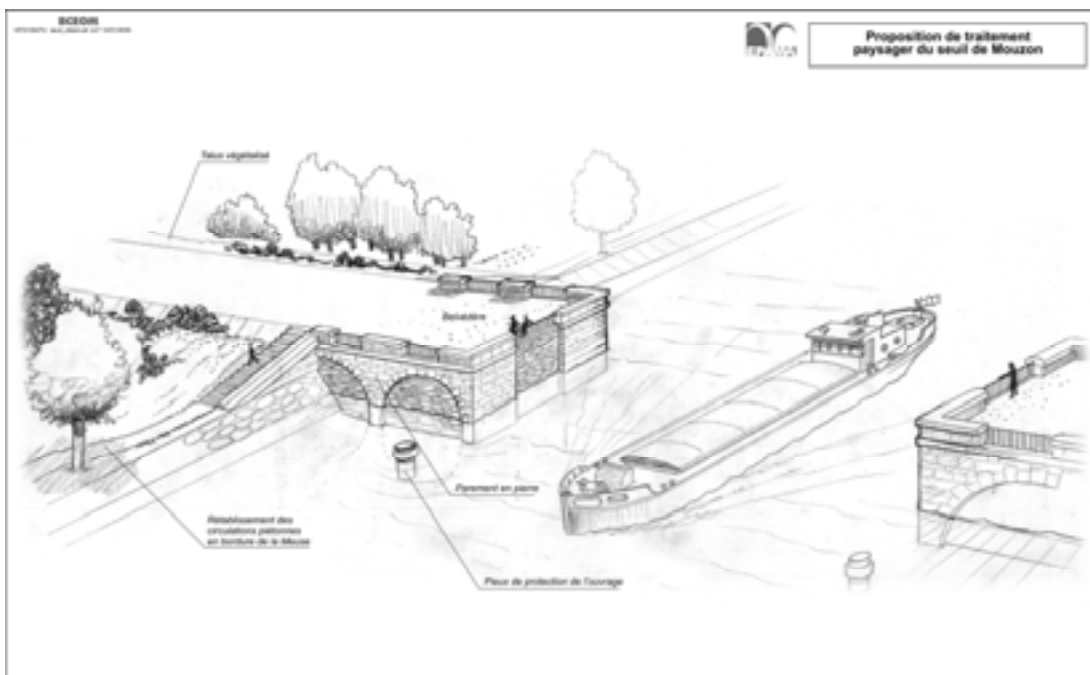
Les croquis en perspective avant et après traitement végétal illustrent ces propositions (cf dessins page suivante).

EPAMA
 Ralentissement dynamique des crues de la MEUSE – Digue de MOUZON
 Avant-projet



2.4.2. Traitement du rideau de palplanches dans le lit de la Meuse

L'ouverture hydraulique dans la digue, de largeur 30 m, laisse libre l'essentiel du lit mineur de la Meuse, large de 45 m à cet endroit. Les avancées de l'ouvrage par rapport aux berges naturelles ont un caractère géométrique : le traitement proposé est celui de belvédères construits au dessus du miroir du lit (voir croquis ci-dessous). Le traitement des surfaces en parement de pierre et le rappel architectural des voûtes confèrent un caractère d'ouvrage construit à ces éléments de la digue.



2.4.3. Intégration paysagère des protections de berge

Les dispositions visant le maintien du caractère naturel des berges protégées contre l'érosion consistent, pour les parties exposées à la vue (au dessus du niveau moyen de la Meuse) :

- à recourir prioritairement à des techniques de stabilisation végétale. Ces techniques seront mises en oeuvre à partir de 85 m à l'aval de la digue là où les vitesses d'écoulement calculées ne sont plus influencées par l'ouvrage étudié.
- là où ils sont strictement indispensables, à masquer les surfaces des enrochements par apport de terre en surface et ensemencement d'herbacées.

Les espèces végétales qui peuvent être préconisées pour la végétalisation des berges sont les suivantes :

Graminées

| | | |
|---------------------------------|-----------------------|------------|
| - <i>Agrostis stolonifera</i> | Agrostide stolonifère | 15 % |
| - <i>Agrostis tenuis</i> | Agrostide vulgaire | 5 % |
| - <i>Alopecurus pratensis</i> | Vulpin des près | 2 % |
| - <i>Cynosurus cristatus</i> | Crételle à crête | 5 % |
| - <i>Deschampsia caespitosa</i> | Canche gazonnante | 5 % |
| - <i>Festuca arundinacea</i> | Fétuque faux roseau | 7 % |
| - <i>Festuca rubra</i> | Fétuque rouge | 35 % |
| - <i>Lolium perenne</i> | Ray-grass anglais | 10 % |
| - <i>Phleum pratense</i> | Fléole des près | 5 % |
| - <i>Poa compressa</i> | Pâturin comprimé | <u>5 %</u> |
| | | 94 % |

Légumineuses

| | | |
|-----------------------------|------------------|------------|
| - <i>Lotus corniculatus</i> | Lotier corniculé | 2 % |
| - <i>Medicago lupulina</i> | Luzerne lupuline | 2 % |
| - <i>Trifolium repens</i> | Trèfle blanc | <u>1 %</u> |
| | | 5 % |

Autre plante

| | | |
|-------------------------------|-----------------------|------------|
| - <i>Achillea millefolium</i> | Achillée millefeuille | <u>1 %</u> |
| | | 100 % |

Essences hélophytes

Zone située jusqu'à 20 cm d'eau :

| | | |
|-----------------------------|---|------------|
| - <i>Scirpus lacustris</i> | Scirpes lacustre ou Jonc des Tonneliers | 50% |
| - <i>Typha latifolia</i> | Massette à larges feuilles | 15% |
| - <i>Sparganium erectum</i> | Rubanier rameux | 5% |
| - <i>Acorus calamus</i> | Acore aromatique ou Canne aromatique | 10% |
| - <i>Iris pseudoacorus</i> | Iris des marais | <u>20%</u> |
| | | 100 % |

Zone située jusqu'à 5 cm d'eau :

| | | |
|--------------------------------|-------------------|------------|
| - <i>Carex acuta</i> | Carex aigu | 10% |
| - <i>Carex acutiformis</i> | Laîche des marais | 10% |
| - <i>Carex riparia</i> | Laîche des rives | 10% |
| - <i>Phalaris arundinacea</i> | Phalaris roseau | 10% |
| - <i>Phragmites australis</i> | Roseau commun | 15% |
| - <i>Juncus effusus</i> | Jonc épars | 10% |
| - <i>Lysimachia vulgaris</i> | Lysimaque commune | 15% |
| - <i>Lythrum salicaria</i> | Salicaire | 10% |
| - <i>Cyperus alternifolius</i> | Papyrus | <u>10%</u> |
| | | 100% |

3. ENTRETIEN ET SURVEILLANCE DES AMENAGEMENTS

3.1. ENTRETIEN DE LA VEGETATION

L'entretien de la végétation plantée dans le cadre du marché de travaux, sur et aux abords de l'ouvrage, y compris les protections de berges par techniques végétales, sera assurée par l'Entreprise adjudicatrice au cours d'une période de 2 ans postérieure à la réalisation des travaux. Au-delà, l'EPAMA fera procéder à l'entretien végétal régulier de ces aires, garantissant notamment la pérennité des protections végétales, l'absence de dangers pour les tiers et l'accessibilité au personnel de surveillance et d'exploitation de l'ouvrage.

D'une manière générale, toutes les interventions d'entretien doivent s'effectuer pendant la période de repos de la végétation, soit entre octobre et fin mars, à l'exception du fauchage des surfaces herbeuses et de l'élimination des espèces indésirables. Ces travaux d'entretien visent avant tout une bonne reprise et une bonne installation des végétaux mais ne constituent pas à proprement parler, de l'entretien courant de fonctionnement.

3.1.1. Entretien des surfacesensemencées

La fréquence d'intervention minimale des opérations d'entretien des talus enherbés pour éviter leur boisement progressif, qui est très rapide par les espèces à bois tendre (saules, aulnes), est une fauche annuelle. Afin de sauvegarder les fonctions écologiques essentielles des surfaces herbeuses (lieu de nourrissage, de nidification) et de permettre la maturation d'un maximum d'espèces herbacées, il est recommandé de ne pas intervenir avant début juillet. Après chaque intervention, il est primordial d'évacuer les déchets de fauche, car en laissant la biomasse se décomposer sur place, on s'expose aux phénomènes suivants :

- enrichissement du sol et production de biomasse accrue,
- perte de diversité au niveau des espèces herbacées,
- dégradation de la couverture herbeuse sous les tas d'herbe en décomposition,
- développement d'espèces nitrophiles indésirables et envahissantes (orties, rumex)

3.1.2. Entretien des fascines et boutures de saules

Si les végétaux ont été scrupuleusement sélectionnés (saules buissonnants) on peut se passer de toute intervention. Cependant, avec les quantités de branches et de fascines de saules utilisées pour le chantier, il est difficile d'exclure totalement la présence de saules arborescents. De plus, il n'est pas à exclure que de tels végétaux trouvent une place pour s'implanter spontanément. Un recépage de ces sujets sera donc nécessaire dès que leur diamètre à la base du tronc aura atteint 10 cm (perte de souplesse). Par la suite, ces sujets formeront des rejets plus souples.

Les opérations de recépage pourront se dérouler d'Octobre à mi-Avril. La première opération de recépage dépendra, en fait, de la croissance et de la reprise végétative. Après le premier passage, les autres interventions de recépage auront lieu en moyenne une fois tous les trois ans, toujours en fonction du développement végétatif.

3.1.3. Entretien des fascines d'hélophytes

On pourra attendre de 2 à 3 ans avant les premières opérations de fauche sélective. On pourra alors décider de conserver les espèces pionnières ou de remettre en place des espèces rivulaires indigènes.

Ces opérations de fauche doivent se dérouler de Mai à Juillet.

3.1.4. Entretien des plantations arbustives

Pour un développement arbustif dans des conditions normales de croissance, il faudra attendre 3 ans avant les premières opérations de recépage ou de coupe sélective en fonction du développement de la végétation.

Ces opérations pourront se dérouler de mi-October à début Mai.

3.1.5. Entretien des plantations arborescentes

Par année, les opérations d'entretien concernant les arbres sont les suivantes :

- une taille hivernale.
- un traitement préventif hivernal.
- traitements phytosanitaires sur feuillage, selon développements de maladies, attaques cryptogamiques ou de ravageurs.
- quatre arrosages estivaux.
- un passage à l'automne pour maintenance du tuteurage.

3.2. INSPECTION PERIODIQUE DE L'ETAT DE LA DIGUE

Conformément aux recommandations réglementaires⁵, une visite périodique sera effectuée au moins une fois par an sous l'autorité de l'EPAMA. L'inspection concernera l'intégralité de l'ouvrage digue. Elle portera sur les indices de stabilité structurelle de l'ouvrage : protections des parements, du lit mineur et des berges, stabilité des avancées en lit mineur. Elle vérifiera que les conditions d'accès à l'ouvrage sont garanties.

Conformément à la réglementation, le service de police de l'eau procédera au moins une fois tous les dix ans à une visite complète de la digue en présence du propriétaire de celle-ci. Le procès verbal de ces visites sera porté à la connaissance du maire de Mouzon.

3.3. INSPECTION POST EVENEMENT CRUE

A la suite de tout événement ayant activé la ZRDC (crue supérieure à la crue biannuelle), aura lieu une inspection systématique de la stabilité de l'ouvrage. Tout dommage éventuellement constaté présentant un risque de déstabilisation au cours d'un épisode ultérieur de crue fera l'objet de travaux d'urgence visant à sa réparation et au traitement préventif le cas échéant du point de vulnérabilité structurelle de l'ouvrage repéré. L'inspection visuelle portera sur les structures émergées (digues,

⁵ Circulaire du 6 août 2003 relative à l'organisation du contrôle des digues de protection contre les inondations fluviales intéressant la sécurité publique.

parements, ...) et sur les immergées, notamment les protections en enrochements des berges et du lit de la Meuse.

3.4. ENTRETIEN DES ORGANES VANNES (OUVRAGE DE COMMUNICATION)

L'EPAMA fera procéder par l'organisme de gestion de l'ouvrage dûment mandaté, à l'entretien régulier de l'ouvrage de décharge et de son dispositif d'obturation.

Celui-ci procédera au moins quatre fois par an à un essai du dispositif d'obturation et un test des organes de commande et de gestion du dispositif.

Des opérations de graissage des organes mobiles et de remplacement de pièces défectueuses seront également effectuées.

3.5. SURVEILLANCE HYDROLOGIQUE DANS LA RETENUE

A COMPLETER

3.6. SURVEILLANCE HYDROGEOLOGIQUE DANS LA RETENUE

▪ Surveillance au droit de l'habitat

L'impact potentiel de la ZRDC sur le niveau de la nappe alluviale au droit de l'habitat environnant (sur les caves et fondations) sera réalisé par le suivi du niveau de la nappe sur un piézomètre à Warmontherme (400 m amont de l'ouvrage, en limite du lit majeur, rive droite).

Le protocole de suivi piézométrique proposé est le suivant :

- un suivi continu de référence d'une mesure par mois, au moins au cours des périodes d'occurrence probable des crues soit d'octobre à mai,
- Une mesure par jour en période de crue, dès que la côte limnimétrique de crue annuelle au droit de l'ouvrage est atteinte (débordement de la Meuse en lit majeur), poursuivi jusqu'à l'amorce d'abaissement du niveau piézométrique, après passage de la crue
- **Surveillance à l'amont immédiat de l'ouvrage de retenue**

Afin d'apprécier l'incidence éventuelle de l'ouvrage et des sur inondations en cas de crue sur le battement du niveau de la nappe alluviale, deux piézomètres seront implantés au droit de l'ouvrage.

Le protocole de suivi piézométrique proposé est le suivant :

- un suivi continu de référence d'une mesure par mois, au moins au cours des périodes d'occurrence probable des crues soit d'octobre à mai,
- Une mesure par jour en période de crue, dès que la côte limnimétrique de crue annuelle au droit de l'ouvrage est atteinte (débordement de la Meuse en lit majeur), poursuivi jusqu'à l'amorce d'abaissement du niveau piézométrique, après passage de la crue

4. MODE OPERATOIRE DES TRAVAUX

4.1. DEFINITION DES CONTRAINTES

4.1.1. Navigation

Après consultation de VNF, les travaux de battage des palplanches, de dragage du lit de la MEUSE et de pose des enrochements de fond à partir d'un ponton flottant sont compatibles avec une navigation en alternat. Néanmoins, ces alternats sont lourds à gérer en Juillet et Août lorsque la navigation de plaisance est la plus dense, autrement dit, les cadences de travaux seront ralenties pendant cette période.

La période la plus favorable pour réaliser les travaux en rivière est la période de chômage pendant laquelle la navigation est interdite. Aujourd'hui, pour Mouzon, cette période n'est pas encore fixée.

4.1.2. Dérivation de la vielle MEUSE

En phase travaux, il faut assurer un écoulement permanent de la vielle MEUSE car elle constitue un milieu sensible sur le plan environnemental. Aussi, une dérivation de ce bras sera nécessaire pendant la phase de réalisation de l'ouvrage génie civil de communication.

4.1.3. Ressuyage des matériaux de dragage

Avant évacuation des matériaux de dragage du lit de la MEUSE, ceux-ci devront être stockés provisoirement dans un bassin de ressuyage pour que leur teneur en eau soit compatible avec de bonnes conditions de transport.

Le bassin de ressuyage sera réalisé à proximité des travaux grâce à la réalisation de petites digues sur son périmètre.

4.1.4. Vie piscicole

La période la plus favorable pour réaliser les travaux en rivière est celle qui éviterait la période de fraie des poissons, c'est-à-dire de Juillet à Mars.

4.1.5. Mise en œuvre des techniques végétales et plantations

La période la plus propice, hors gel, pour la mise en œuvre de techniques végétales et de travaux de plantations se situent entre les mois de Septembre et Avril.

4.1.6. Hydrogéologie

Afin d'éliminer le risque d'interférences de la rétention au sein de la ZRDC avec la pérennité, l'accessibilité et la fonctionnalité des captages AEP de Mouzon, la digue de Mouzon a été localisée à l'amont de ces captages, en particulier à l'amont du puits P2.

Dans le prolongement de cette mesure, l'implantation de l'ouvrage a été prévue à l'amont et en dehors du périmètre de protection rapprochée de P2.

Le remaniement, voire l'excavation, des matériaux actuellement constitutifs de la berge rive gauche, en limite du périmètre de protection de P2, sur une profondeur correspondant à l'épaisseur de la couche d'enrochement à réaliser, soit 1,10 m, risquerait de porter atteinte au colmatage de la berge actuelle. Le cône d'appel formé par le pompage de P2 pourrait alors être en partie alimenté par les eaux de la Meuse. Compte tenu de la qualité physico-chimique des eaux de celle-ci (qualité 1B à 2) et de sa possible contamination bactériologique, cela pourrait entraîner une détérioration de la qualité sanitaire de l'eau brute prélevée en P2.

Pour pallier à ce risque et garantir la continuité, sans perturbation, de l'AEP de Mouzon à partir de P2, les travaux de confortement de berge rive gauche feront l'objet d'adaptations visant la conservation des caractéristiques hydrodynamiques de la berge en place.

Dans ce but, aucun déblai ne sera réalisé sur la berge rive gauche à partir d'une cinquantaine de mètres à l'aval de la digue pour éviter de provoquer un décolmatage de la berge.

4.1.7. Périodes de crue

La période la plus défavorable pour réaliser les travaux en rivière se situe de Janvier à Mars où la probabilité d'apparition des crues courantes à exceptionnelles est la plus élevée comme en témoigne le tableau ci-dessous.

Parallèlement à cela, dès le mois d'octobre, les conditions météorologiques rendent difficile les travaux en rivière.

4.2. PLANNING DES TRAVAUX

Le planning des travaux a été étudié pour respecter au maximum les périodes de contraintes évoquées au chapitre précédent. Ce planning est indiqué page suivante.

Les cadences de battage de palplanches, dragages et pose d'enrochements dans le lit de la Meuse tiennent compte des conditions de travail avec une circulation fluviale en alternat.

Pour éviter de réaliser les travaux en rivière pendant la période où les conditions météorologiques ne sont pas très favorables, c'est-à-dire entre Octobre et Mars, les dragages doivent démarrer à partir du mois de Mai. Ainsi, cela n'évitera pas de subir les contraintes liées à la navigation de plaisance comme indiqué au chapitre précédent.

Planning des travaux

5. DETAIL ESTIMATIF DES TRAVAUX

5.1. COUTS D'INVESTISSEMENT

Le détail estimatif des travaux pour la solution de base est donné en **annexe n°1**.

Le tableau ci-dessous indique les coûts d'investissement pour la solution de base (clapet mobile avec vérins) et la solution variante (membrane gonflable).

| | Total en € H.T | Total en € T.T.C |
|--|----------------|------------------|
| Solution de base (clapet mobile) | 5 974 870.00 | 7 145 944.52 |
| Solution variante (membrane gonflable) | 5 554 870.00 | 6 643 624.52 |

5.2. COUTS D'ENTRETIEN ET DE SURVEILLANCE

| Ouvrages | Opérations de contrôle | Opérations d'entretien | Coût total annuel moyen en € H.T |
|--------------------------------------|---|---|----------------------------------|
| Digue | Contrôle visuel de stabilité générale de la digue et des enrochements. Contrôle visuel de l'état général de la digue (ravinement, terriers). | Faucardage, remblaiements ponctuels, traitement des terriers d'animaux, remise en état si nécessaire selon diagnostic du contrôle, entretien des accès. | 10 000 |
| Plantations et protections végétales | Contrôle visuel | Taille, arrosage, recépage, fauche sélective, traitement phytosanitaire, remplacement de sujets. | 10 000 |
| Ouvrage mobile sur la vielle Meuse | Test de fonctionnement | Graissage organes mobiles, vérification niveaux d'huile, remplacement de pièces défectueuses. | 20 000 |
| Enrochements du lit de la Meuse | Inspection sub-aquatique | / | 2 000 |

ANNEXES

ANNEXE 1

Détail estimatif des travaux – Solution de base : Clapet mobile