

1395-98/GE MKUMKL



22762



GEMMES

VEGETALISATION DU TERRIL ENSISHEIM-OUEST

PHASE II : MISE EN OEUVRE DU MULTICOUCHES

DESCRIPTIF TECHNIQUE

n° 16119 A

ETANCHEMENT ET VEGETALISATION DU TERRIL ENSISHEIM-OUEST

PHASE I : REMODELAGE DU TERRIL ENSISHEIM-OUEST TRANSFERT ET MISE EN OEUVRE DES MATERIAUX DU TERRIL ENSISHEIM-EST

BILAN DE LA PHASE I

Au cours de la première phase du chantier d'étanchement et de végétalisation du terril Ensisheim-Ouest, **97000 m³** de matériau résultant de la dissolution du terril Ensisheim-Est ont été transportés et mis en oeuvre au sommet du terril Ensisheim-Ouest et l'ensemble du terril Ensisheim-Ouest a été remodelé.

Le remodelage du terril a été conçu afin d'obtenir un profil topographique compatible avec une bonne tenue des terrains et une bonne gestion des eaux de ruissellement et d'infiltration. Pour ce faire, les contraintes géotechniques (stabilité des matériaux en place et de ceux à mettre en oeuvre), hydrologiques (gestion des eaux de ruissellement et d'infiltration, gestion de la limite **Nussbaumer/MDPA**), de limite de propriété MDPa (emprise au sol du terril), d'accessibilité pour l'entretien futur du site (circulation d'engin de fauche) ont été prises en compte.

Le plan topographique du terril, à l'issue de la Phase I, est donné sur la figure 1. Les caractéristiques géométriques du terril sont schématisées sur la figure 1 bis. Les pentes initiales du terril ont été retaillées en terrasses successives, constituées d'un talus et d'une risberme. Au sommet du terril trois dômes, **séparés** par des vallons plus ou moins marqués, ont été modelés. La limite de propriété **Nussbaumer/MDPA** est à considérer elle-aussi comme un vallon. Une piste principale, partant du coin Sud du terril, permet **d'accéder** à la partie sommitale du terril ; elle dessert directement trois des cinq risbermes.



ETANCHEMENT ET VEGETALISATION DU TERRIL ENSISHEIM-UEST

PHASE II : MISE EN OEUVRE DU MULTICOUCHES



A. MISE EN OEUVRE DE LA COUVERTURE ETANCHE

La mise en oeuvre d'une couverture argileuse **étanche** à la surface du terriil **remodelé** devra permettre d'isoler les matériaux sales du terriil des eaux météoriques. La qualité de la couverture étanche est déterminante pour la réussite du projet. Il est donc impératif que d'une part les caractéristiques minéralogiques, géochimiques et géotechniques du matériau argileux soient compatibles avec l'objectif et que d'autre part les techniques de mise en oeuvre de ce matériau garantissent l'étanchement le plus parfait possible.

Les argiles retenues dans le cadre de ce projet correspondent aux matériaux de type A3 présents dans le Parc à boue **d'Alex**. Leurs caractéristiques géotechniques ont été étudiées lors de travaux préliminaires. Les principaux résultats sont synthétisés dans le tableau I. Le volume d'argile mis en oeuvre sera de l'ordre de 25000 m³.

Les argiles excavées, après avoir été ramenées par **épandage/aération** à une teneur en eau compatible avec l'OPN, sont **compactées** à l'aide d'un compacteur vibrant Pied dameur VP5. Sur les pentes du terriil, la technique de la méthode excédentaire (préconisée par l'Entreprise) a été retenue pour le compactage : une couche de l'ordre de 3 m de large est mise en oeuvre et compactée par couches **élémentaires** de 0,3 m (8 à 10 passages du compacteur à vitesse réduite), puis recoupée selon son profil définitif. Sur les parties subhorizontales (plateau intermédiaire, partie sommitale), l'argile compactée ou le loess compacté seront recoupés afin de supprimer les traces des **picots** du Pied dameur.

Le suivi de compactage sera établi par la méthode **Q/S** et les résultats transmis au Maître d'oeuvre. La teneur en eau des matériaux mis en oeuvre sera également suivie et les résultats transmis au Maître d'oeuvre.

Le projet initial consistait à mettre en oeuvre une couverture étanche de 0,5 m d'épaisseur sur les pentes du terriil et de 0,7 m sur la partie sommitale (secteur au niveau duquel les risques d'infiltration des eaux météoriques sont les plus importants). Ce projet a dû être modifié pour tenir compte des difficultés rencontrées lors de la découverte et de l'excavation des argiles (couches de matériaux type A3 peu épaisses, réparties de manière très hétérogène au niveau du Parc à boue et présentes à des profondeurs très variables). L'épaisseur de la couverture étanche a été ainsi ramenée à 0,5 m sur la totalité de la surface du terriil. Mais, sur la partie sommitale, la couverture étanche en argile sera recouverte d'une couverture de loess compacté d'une épaisseur de 0,3 m.

Afin d'éviter la formation de fissures de dessiccation à la surface de l'argile compactée et recoupée, le géotextile drainant devra être mis en oeuvre le plus rapidement possible. Cependant, entre la recoupe des argiles et la pose du géotextile drainant plusieurs mesures devront être effectuées sur le terrain :

- contrôle de l'épaisseur de la couche d'argile mise en oeuvre (**opérateur** Maître d'oeuvre),
- contrôle du respect des pentes et de leur régularité (**opérateur** Maître d'oeuvre),
- contrôle de la **perméabilité** et de la densité **in situ** (**opérateur** Entreprise)

Les mesures effectuées sur le terrain par l'Entreprise seront réalisées en **présence** du Maître d'oeuvre et les résultats seront transmis dans les meilleurs délais au Maître d'oeuvre.

L'épaisseur de la couche étanche devra être comprise entre 0,45 et 0,55 m. Une tolérance de l'ordre de 0,1 m ne pourra être admise qu'à titre exceptionnel par le Maître d'oeuvre.

La perméabilité de l'argile compactée devra être de l'ordre de 10⁻⁹ m/s et ne pourra en aucun cas excéder 10⁻⁸ m/s. La perméabilité du loess compacté devra être inférieure à 5.10⁻⁸ m/s.



Si nécessaire (selon les conditions **météorologiques**, forte chaleur, vent important, période **sèche**), le géotextile drainant devra être arrosé jusqu'à son recouvrement par le loess afin de maintenir l'**humidité** des argiles.

B. MISE EN OEUVRE DU RESEAU DE DRAINAGE

Le réseau de drainage a été conçu afin de **réduire** la quantité d'eau mise en circulation à la surface de l'horizon pédologique et en profondeur (interface horizon **étanche/horizon** pédologique). Pour ce faire, sur chaque **risberme** et dans chaque vallon, les eaux de ruissellement captées seront acheminées vers des collecteurs et les eaux d'infiltration captées seront ramenées en surface au niveau de ces mêmes collecteurs. L'ensemble des eaux collectées sera évacué directement, par l'intermédiaire d'une descente étanche, vers une tranchée drainante ceinturant la base du terriil.

Une représentation schématique du réseau de drainage est illustrée sur la figure 2. Le réseau de drainage représenté sur le plan topographique de récolement de la Phase I, est donné en annexe. La localisation des points hauts et des points bas est impérative, de même que le respect de l'inclinaison et de l'orientation des pentes. La recoupe des argiles compactées devra tenir compte de ces données.

Normalement, la localisation précise des drains et **cunettes** ne devrait être déterminée qu'après réception du plan de récolement du terriil Ensisheim-Ouest remodelé et étanché. Cependant, étant donné les contraintes de chantier (recouvrir au plus vite les argiles dès leur recoupe), il est entendu que le réseau de drainage sera mis en place au fur et à mesure de l'avancement du chantier de mise en oeuvre de la couverture étanche. Dans ces conditions, à chaque étape, le réseau de drainage (points de départ des drains, des descentes, position par rapport à la base des talus...) devra être matérialisé sur le terriil par l'Entreprise en présence du Maître d'oeuvre. La mise en oeuvre du réseau de drainage ne pourra être effective qu'après vérification, par le Maître d'oeuvre, des garanties de mise en oeuvre de la couverture étanche (épaisseur, compactage, perméabilité) et de la conformité des pentes des talus et risbermes en surface de l'horizon étanche.

Toute modification apportée au projet initial, qu'il s'agisse du choix des **matériaux**, des caractéristiques techniques des ouvrages ou de la position des ouvrages, des volumes ou des quantités de matériaux à mettre en oeuvre, sera soumise obligatoirement à l'approbation du Maître d'oeuvre.

1. GESTION DES EAUX INFILTREES (FIG.2, 3 et 4)

L'infiltration des eaux de pluies sera maximale sur les zones peu pentées du terriil correspondant aux risbermes et vallons. Au niveau de chacun de ces secteurs sensibles, l'eau d'infiltration devra être **drainée** efficacement et récupérée en quasi totalité en position aval.

Au niveau des zones pentées du terriil (talus), il est impératif de drainer l'eau d'infiltration potentielle au contact horizon **étanche/horizon** pédologique pour **prévenir** de tout risque de glissement de terrain.

Au niveau des dômes au sommet du terriil, il n'est pas **prévu** de drainage spécifique des eaux d'infiltration. Elles s'écouleront selon les pentes naturelles à l'interface horizon **étanche/horizon** pédologique jusqu'aux zones périphériques de drainage (risbermes et

vallons).

La mise en oeuvre du réseau de drainage souterrain se fera en conformité avec les schémas techniques donnés sur les figures 3 et 4.

A la surface du terriil à l'exception des dômes

Avant la pose du géotextile drainant, au niveau des risbermes à 0,5 m de l'arête du talus aval, un surcreusement de 5 cm maximum de profondeur et de 10-15 cm de large sera réalisé à la surface de l'horizon étanche. Les matériaux excavés seront façonnés en bourrelet (hauteur voisine de 3/4 cm) en limite aval du surcreusement. Cette **cunette** est destinée à recevoir ultérieurement le drain de type "agricole" avec pour objectif de guider la pose du drain, de maintenir dans le drain une tranche d'eau minimale, de limiter les fuites vers l'aval. La longueur estimée pour le surcreusement est de 2100 m. Les caractéristiques techniques du surcreusement seront ajustées, lors de la première opération, par le Maître d'oeuvre en fonction des conditions de terrain et de mise en oeuvre du drain.

Au niveau des vallons un surcreusement sera également réalisé (mêmes caractéristiques), mais sans le bourrelet latéral afin de répondre aux objectifs décrits ci-dessus.

Un géotextile non-tissé aiguilleté, dénommé ci-après géotextile drainant, sera étendu sur l'ensemble de la surface du terriil, à l'exception des dômes. Les chevauchements latéraux des bandes de géotextile drainant seront de l'ordre de 0,5 m.

Au niveau des risbermes, les bandes de géotextile drainant se superposeront sur toute la largeur des risbermes (soit 3 m), comme indiqué sur la figure 3 : le géotextile drainant du talus supérieur recouvre le géotextile drainant du talus inférieur.

Au sommet du terriil, au niveau de la **risberme** périphérique, le géotextile drainant sera ancré dans les dômes, à environ 0,5 m au-dessus de leur base, soit à 6,5 m de l'arête du premier talus. Le géotextile sera également étendu au fond des quatre vallons, son extension latérale étant fonction de la pente des dômes (largeur totale de 5 m).

A la base du terriil, le géotextile drainant sera arrêté au niveau de l'enrochement (évacuation de l'eau au sein du massif rocheux sur les cotés Sud-Ouest et Nord-Ouest) et de l'ordre de 0,3 m de la surface de l'horizon pédologique (évacuation des eaux en périphérie du terriil sur le côté Sud).

Les caractéristiques techniques du géotextile drainant doivent répondre, entre autres, aux contraintes suivantes :

- caractéristiques hydrauliques permettant un drainage efficace des eaux infiltrées,
- conservation de ces caractéristiques hydrauliques sous la charge des horizons supérieurs (massif drainant et horizon pédologique),
- pouvoir de filtration des particules fines de l'horizon pédologique suffisant pour empêcher la fermeture des pores,
- stoppe-racine pour la végétation sus-jacente.

La fourniture et la mise en oeuvre du géotextile drainant (environ 30000 m² de surface à couvrir) sont à effectuer par l'Entreprise. Le choix du matériau a été soumis au préalable à l'accord du Maître d'oeuvre. Il s'agit du géotextile non-tissé aiguilleté polypropylène UTF VNW 500 k dont la fiche technique est jointe en annexe.

Sur les risbermes et dans les vallons

Au niveau des risbermes, un drain de type "agricole" ($\varnothing$ 100 mm) sera posé entre les deux géotextile drainant au niveau des surcreusements réalisés précédemment. L'exutoire de ces drains souterrains se fera au niveau des descentes (raccord bétonné étanche) (Fig.2).

Un massif drainant sera mis en oeuvre entre les deux couches de géotextile drainant, en forme de biseau du pied du talus (ou du dôme) vers le drain, de manière à obtenir une surface subhorizontale (Fig.3).

Au niveau des vallons, un drain de type "agricole" ($\varnothing$ 100 mm) sera posé au point bas sur le géotextile drainant. Le massif drainant sera mis en oeuvre de manière à obtenir une surface subhorizontale (Fig.4). L'épaisseur du massif drainant sera d'au-moins **0,2 m** au-dessus du drain. Dans les vallons, le massif drainant sera recouvert par un géotextile anticontaminant qui se prolongera sur l'ensemble de la surface occupée par les dômes.

Le massif drainant sera constitué de matériaux creux roulés de granulométrie **4-16 mm**.

Les caractéristiques techniques du géotextile anticontaminant devront répondre, entre autres, aux contraintes suivantes :

- pouvoir de filtration des particules fines de l'horizon pédologique suffisant pour empêcher le colmatage des pores du massif drainant,
- stoppe-racine pour la végétation sus-jacente.

La fourniture et la mise en oeuvre du matériau drainant (environ **500 m³**), du géotextile anticontaminant (environ **20000 m²**) et des drains (environ **2020 m**) sont à effectuer par l'Entreprise. Le choix des matériaux doit être soumis au préalable à l'accord du Maître d'oeuvre.

2. GESTION DES EAUX DE RUISSELLEMENT (FIG.2, 3 et 4)

Le ruissellement sera maximal sur les zones pentées du terriil : talus, dômes et plateau intermédiaire (Fig.1bis). Les eaux de ruissellement devront être interceptées le plus rapidement possible à l'aval de chacune de ces zones afin d'une part de limiter les phénomènes d'érosion de l'horizon pédologique et d'autre part d'éviter leur infiltration ultérieure en profondeur.

La mise en oeuvre du réseau de drainage se fera en conformité avec les schémas techniques donnés sur les figures 3 et 4.

Des cunettes enherbées seront réalisées respectivement :

- sur les risbermes à la base de chaque talus,
- en périphérie du plateau **intermédiaire**,
- sur la **risberme** sommitale en périphérie des dômes
- dans les vallons.

La longueur de **cunette** à réaliser est approximativement de **2050 m**.

Sur les risbermes, les cunettes auront une largeur de l'ordre de **0,5 m** et une profondeur voisine de **0,2 m**. La pente minimale des cunettes sera de **2%**.

Dans les vallons, les cunettes auront une largeur de l'ordre de **0,5 m** et une profondeur voisine de **0,3 m**. La pente minimale sera de **3%**.

Au niveau des risbermes, les matériaux excavés lors de la réalisation des cunettes seront façonnés en bourrelet en position aval. Si possible, le fond des cunettes sera constitué par des matériaux non érodables et permettant une pousse rapide de la végétation.

Les cunettes seront reliées aux descentes par l'intermédiaire de raccords bétonnés étanches.

3. LES DESCENTES (FIG.5, 6 et 7)

Les descentes d'eau, au nombre de 5, permettront d'évacuer directement l'eau collectée à chaque niveau du terriil, qu'il s'agisse des eaux de ruissellement ou des eaux d'infiltration.

La position de ces descentes est donnée en annexe. Elles seront réalisées conformément aux schémas de principe présentés en figures 5, 6 et 7.

Les descentes seront constituées par des éléments préfabriqués au niveau des talus et par des caniveaux en béton (coulés sur place) au niveau des risbermes et à chaque rupture de pente. Elles seront conçues pour évacuer un débit de 250 l/s. La longueur estimée des descentes préfabriquées est de 160 m et celle des caniveaux bétonnés est de 140 m.

Les éléments préfabriqués seront posés sur un lit de béton. Les caniveaux bétonnés sur les risbermes seront façonnés avec des pentes de 45° afin de permettre aux véhicules d'entretien de les franchir.

Les cunettes enherbées des risbermes seront raccordées aux descentes. Le raccord **cunette/descente** doit être étanche pour éviter toute infiltration ou stagnation d'eau dans cette zone (ne pas créer de zones de faiblesse). Une cunette de béton sera donc réalisée sur une longueur voisine du mètre de part et d'autre de la descente et la cunette enherbée reposera, sans rupture de pente, sur cette cunette bétonnée.

Les drains souterrains des risbermes seront raccordés aux descentes. A l'aplomb des descentes le drain sera réalisé en tube plein, en forme de T si la descente est positionnée au niveau d'un point bas (Fig.6) et en forme de L si la descente est positionnée au milieu d'une pente (Fig.7). Les parties pleines du drain, en T et L, seront prises dans un lit de béton, sur lequel reposera la descente. Deux contraintes techniques sont impératives :

- le tube plein doit commencer au moins à 0,5 m à l'extérieur du bord de la descente (ce qui permettra de visualiser les éventuels mouvements de terrain liés à une stagnation d'eau),
- le tube plein perpendiculaire au drain doit avoir une pente minimale de 6% (valeur qui pourra être modifiée ultérieurement en fonction des conditions de terrain)

Le départ des descentes (bac collecteur sur la figure 2) au niveau de la **risberme** sommitale, devra être façonné pour éviter toute infiltration ou stagnation d'eau dans cette zone (ne pas créer de zone de faiblesse). Pour ce faire un réceptacle bétonné sera réalisé à l'embouchure des vallons (dimensions voisines de 2 m par 2 m). Il reposera sur l'horizon **étanche** et sera recouvert par les matériaux de l'horizon pédologique. L'arrivée des cunettes enherbées et des drains enterrés se fera au droit de ces réceptacles.

C. MISE EN OEUVRE DE L'HORIZON PEDOLOGIQUE.VEGETALISATION

L'horizon pédologique sera constitué par du loess brun-jaune classé **A1/A2** provenant du chantier de la **Rocade** Ouest de Mulhouse. Ce matériau, fourni par l'Entreprise, doit être compatible avec la végétalisation ultérieure du terriil, soit dans leur état naturel, soit après amendement. En cas de nécessité, la fourniture et la mise en oeuvre de l'amendement dans la partie supérieure de l'horizon pédologique sont à la charge de l'Entreprise.

Le loess sera mis en oeuvre en une seule couche **compactée** sommairement par chenillage au **bull** pour permettre la bonne implantation du couvert végétal. Les engins de chantier devront être adaptés de manière à respecter les points faibles du terriil, à savoir les arêtes des talus, les drains agricoles, . . .

L'épaisseur minimale de l'horizon pédologique sera de **0,30 m** sur les terrasses du terriil (talus et risbermes) et de **0,5 m** sur la partie sommitale, sur le plateau intermédiaire et sur la piste principale. Un volume excédentaire de l'ordre de 3000 m³ de loess peut être provisionné afin d'augmenter le relief des dômes dans le but de favoriser le ruissellement des eaux de pluies. Le volume total de loess devrait être voisin de 25000 m³.

L'épaisseur de la couche de loess mise en oeuvre sera contrôlée par le Maître d'oeuvre. Sur la partie sommitale, l'épaisseur minimale sera de **0,4 m** et sur les talus elle ne pourra en aucun cas être inférieure à **0,3 m**.

D. AUTRES

1. ENROCHEMENT

Sur les flancs Nord-Ouest (côté gravière) et Sud-ouest (côté route) du terriil Ensisheim-Ouest, un **enrochement** sera mis en oeuvre. Le choix des matériaux sera soumis au préalable à l'accord du Maître d'oeuvre.

L'enrochement, constitué par des blocs de 500 à 800 kg, sera mis en oeuvre tel que représenté sur la figure 8 : sur une hauteur d'1 m et sur une base de 1 m², à partir du pied du terriil remodelé.

2. TRANCHEE DRAINANTE PERIPHERIQUE

Une tranchée drainante périphérique sera réalisée sur toute la périphérie du terriil. Cette tranchée recevra toutes les eaux drainées sur le terriil : arrivée ponctuelle au niveau des 5 descentes des eaux de ruissellement et d'infiltration des parties supérieures du terriil et arrivée diffuse des eaux de ruissellement et d'infiltration du premier talus.

La tranchée drainante sera conçue pour permettre la gestion d'une pluie décennale. Ses dimensions (largeur et profondeur) et les caractéristiques du massif drainant seront indiquées ultérieurement à l'Entreprise par le Maître d'oeuvre.