

Annexe 2 : Note technique ARCADIS « Examen des variantes d'implantation de l'alvéole sur B1/B2 » (Réf. AFR-SSB-00003-NOT-A)

23 pages

INB Ecrin

Contrat 40069001

Examen des variantes d'implantation de l'alvéole sur B1/B2

Note technique

Emetteur Arcadis
Agence de Toulouse
298 Allée du Lac
Greenpark – Bâtiment 11
CS 27620
31676 Labège Cedex
Tél. : +33 (0)5 62 24 53 53
Fax : +33 (0)5 62 24 53 99

Réf affaire Emetteur FR0114.002002
Chef de Projet François Cazeaux
Auteur principal François Cazeaux
Nombre total de pages 23

Indice	Date	Objet de l'édition/révision	Etabli par	Vérifié par	Approuvé par
A	30/06/2015	Edition originale	F. CAZEAUX 	O. GIVET / A. LORICQUER 	S. PONCET

Il est de la responsabilité du destinataire de ce document de détruire l'édition périmée ou de l'annoter « Edition périmée ».

Document protégé, propriété exclusive d'ARCADIS ESG.

Ne peut être utilisé ou communiqué à des tiers à des fins autres que l'objet de l'étude commandée.

Emetteur AFR **Phase / cat** SSB **Num** 00003 **Type** NOT **Indice** A **Statut**

Table des Matières

1	Objet de la note	4
2	Présentation du projet	5
2.1	Objectif du projet	5
2.2	Localisation du projet	5
2.3	Contexte géologique et géotechnique	6
2.4	Données de conception.....	9
3	Examen de variantes de conception et d'implantation de l'alvéole	10
3.1	Variante 1 : construction d'une alvéole au toit du dôme, sans terrassement dans le contenu de B1/B2.....	10
3.1.1	Principes	10
3.1.2	Analyse des avantages.....	11
3.1.3	Analyse des inconvénients	11
3.1.4	Moyens permettant de pallier les inconvénients	12
3.2	Variante 2 : construction d'une alvéole sur B2 Est	13
3.2.1	Principes	13
3.2.2	Analyse des avantages.....	14
3.2.3	Analyse des inconvénients	14
3.2.4	Moyens permettant de pallier les inconvénients	14
3.3	Variante 3 : construction d'une alvéole ancrée dans les stériles miniers sur B2	15
3.3.1	Principes	15
3.3.2	Analyse des avantages.....	16
3.3.3	Analyse des inconvénients	16
3.3.4	Moyens permettant de palier les inconvénients	16
4	Conclusion	17
Annexe 1	Cartographie des épaisseurs de boues et mélanges sols-boues dans B1/B2	18
Annexe 2	Plans et coupes détaillés de l'alvéole pour la variante 3 retenue	20
Annexe 3	Définition des termes géotechniques employés	23

Liste des figures

Figure 1 : Plan de localisation de la zone d'implantation envisagée de l'alvéole d'entreposage des boues déshydratées (plan de masse de 2010)	5
Figure 2 : Coupes géologiques des bassins B1 (coupe AA' en haut) et B2-B2Est (coupe BB' en bas)	7
Figure 3 : Vue en plan de l'alvéole avant remplissage	9
Figure 4 : profil en long de l'alvéole et dispositif d'étanchéité/drainage de l'alvéole	9
Figure 5 : Schéma de localisation et coupe d'implantation de l'alvéole pour la variante 1	11
Figure 6 : Schéma de localisation et coupe d'implantation de l'alvéole pour la variante 1 (scénario alternatif étendu en surface)	12
Figure 7 : Schéma de localisation et coupe d'implantation de l'alvéole pour la variante 2	13
Figure 8 : Schéma de localisation et coupe d'implantation de l'alvéole pour la variante 3	15

1 Objet de la note

AREVA NC a mandaté ARCADIS, par contrat n°40069001 en date du 14/10/2014, pour la rédaction de la présente note d'examen des variantes d'implantation de l'alvéole d'entreposage de résidus de procédé prévue au droit du bassin B2.

Suite à l'enquête publique relative à la demande d'autorisation de création de l'Installation Nucléaire de Base (INB) « ECRIN » du site AREVA NC de Malvési à Narbonne, la commission d'enquête assortit à son avis favorable une réserve relative à l'implantation de l'alvéole, en invitant AREVA NC à présenter des propositions de solutions alternatives qui évitent de creuser dans la masse de déchets, dans le cadre du dossier de mise en service à déposer auprès de l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN). La commission évoque également comme solution alternative la construction de l'alvéole au sommet du dôme en utilisant des matériaux d'apport extérieur de façon à éviter de terrasser dans les matériaux contaminés contenus dans les bassins B1-B2.

La présente note a donc pour objectif de détailler les raisons techniques, ayant conduit à l'implantation retenue, en comparant les avantages et les inconvénients des différentes variantes potentielles d'implantation de l'alvéole d'entreposage des boues de procédé provenant de la vidange des bassins B5-B6.

2 Présentation du projet

2.1 Objectif du projet

L'objectif du projet est de disposer dans un même espace l'ensemble des résidus de procédé dits « historiques », c'est-à-dire produits depuis la création du site de Malvési. Cet espace unique est l'INB ECRIN (B1/B2) dans laquelle une alvéole recevra les boues déshydratées issues de la vidange des bassins B5 et B6.

2.2 Localisation du projet

Le plan ci-dessous situe la zone d'implantation envisagée pour l'alvéole d'entreposage des boues déshydratées par rapport aux bassins B1 à B6. La localisation des coupes géologiques des bassins B1 et B2 (coupes AA' et BB') présentées dans le paragraphe 2.3 ci-après y est également matérialisée en pointillé rouge.

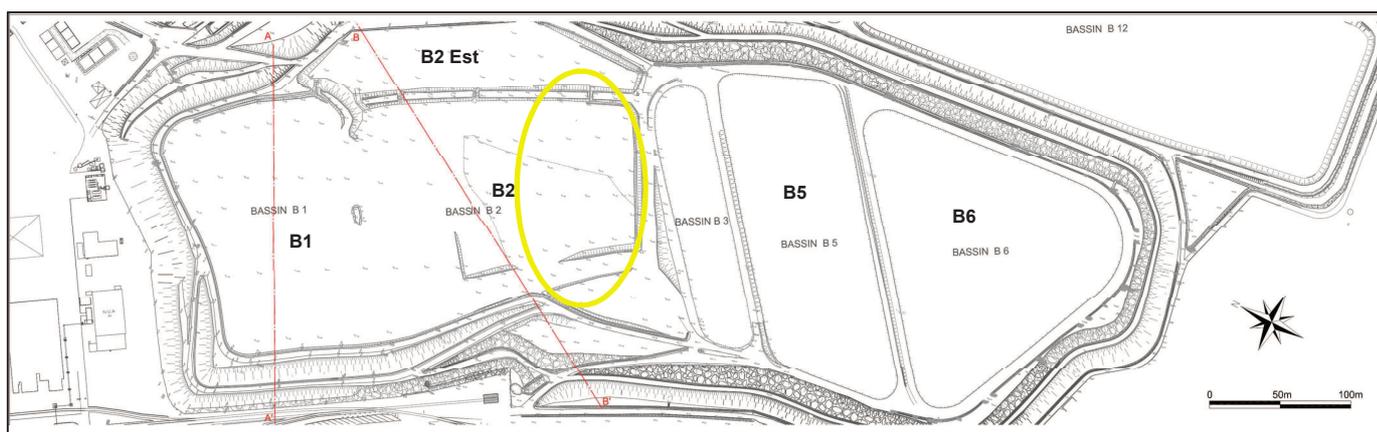


Figure 1 : Plan de localisation de la zone d'implantation envisagée de l'alvéole d'entreposage des boues déshydratées (plan de masse de 2010)

2.3 Contexte géologique et géotechnique

Entre 1946 et 1953, une mine de soufre a été exploitée dans la zone de Malvezy. Les matériaux issus de cette exploitation, les résidus miniers, ont été disposés en massif avec des pentes très raides. En 1959, AREVA en a modifié les digues pour créer les bassins de décantation nécessaires à sa propre exploitation. Ces bassins ont reçu les boues issues du procédé de l'usine jusqu'en mars 2004, boues provenant du traitement du minerai d'uranium.

Le volume estimé des déchets de procédé est de l'ordre de 240 000 m³, y compris les mélanges de sols et de boues dus aux travaux de 2006. En 2006/07 une couverture de matériaux de carrière représentant 40 000 m³ a été mise en œuvre (épaisseur moyenne de 1m). L'épaisseur des boues est au maximum de 7 à 8 m dans B1, alors que pour les mélanges de sols et de boues, l'épaisseur est de 5 m au maximum dans B2 et de 10 à 12 m dans B2 Est (voir en Annexe 1 la cartographie de l'épaisseur des boues).

Les coupes ci-après permettent de visualiser les différents matériaux présents (de haut en bas) :

- couverture de matériaux de carrière,
- mélanges sols + boues,
- boues,
- résidus et stériles miniers,
- alluvions
- marnes (substratum).

Les coupes ci-dessous montrent la répartition des matériaux constitutifs du massif au droit de B1 et B2.

Le tableau ci-dessous récapitule les caractéristiques mécaniques des matériaux présents dans B1/B2 ; ces familles de sols et les valeurs qui leur sont attribuées, ont été déterminées à partir des campagnes de reconnaissances réalisées en 2009 et 2010 et visant à fiabiliser l'inventaire des déchets et matériaux en place dans les bassins B1 et B2.

Formation	Description	Teneur en eau W (%)	Poids volumique γ_h (kN/m ³)	Classe GTR	Valeur au bleu VBs	Indice de plasticité Ip	Compressibilité	Cohésion c' (kPa)	Angle de frottement ϕ' (°)
Couverture	Argile sableuse à cailloutis	21	18	-	1.2	-	-	0	28
Boues	Matériaux fins ocre, blanc, rouge, jaune	125	14.5	-	0.5	-	Fortement compressible	Très faible résistance 0 10	
Mélanges	Limons marron-ocre	32	18.5	-	1	44	assez fortement compressible	0	21
Résidus Miniers	Argiles, limons et sables marron à gris-noir lités	32	18.5	A2 (à A1)	2.6	22	assez fortement compressible	5	25
Stériles des digues	Argiles à cailloutis et graviers marron	25	18.5	A2 (à A1)	2.9	25			
Alluvions	Limons et argiles marron-gris / niveaux vasards ou sableux blancs coquilliers	34	19	A2	3.6	23	moyennement compressible	0	20 (All. Vasards) 26 (autres All.)
Marnes	Marnes argileuses à sableuses rougeâtres	11.5	22.5	A2	1.6	18	peu à très peu compressible	30	30

La définition des caractéristiques mécaniques des sols avec leur symbole est reportée en annexe 3.

2.4 Données de conception

La capacité de l'alvéole d'entreposage des boues de vidange des bassins B5/B6 est par conception de 27 000 m³. Pour une hauteur d'entreposage maximale de 8 m, la surface de l'alvéole est de l'ordre de 5 000 m².

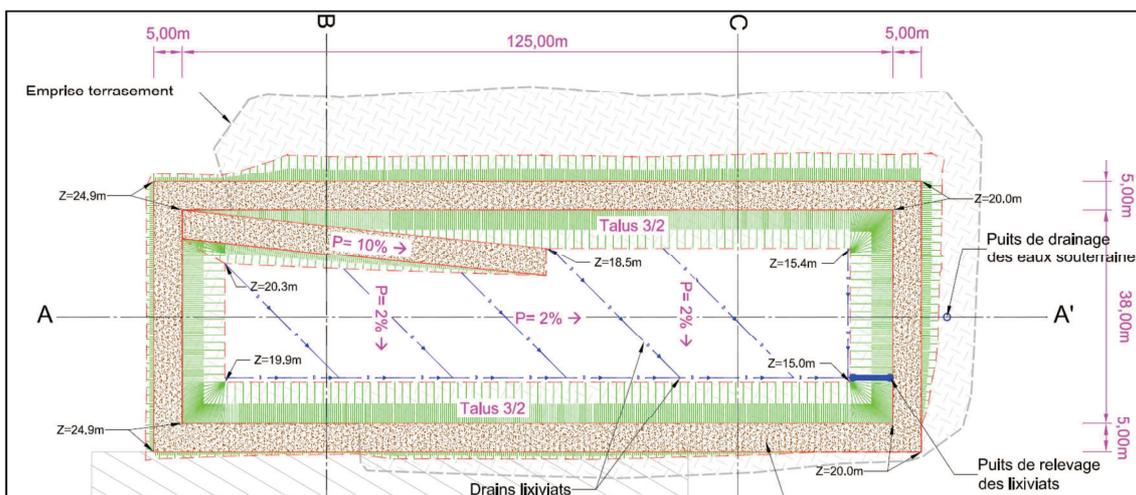


Figure 3 : Vue en plan de l'alvéole avant remplissage

La conception de l'alvéole d'entreposage s'appuie sur les principes d'aménagement éprouvés des barrières d'étanchéité actives des installations de stockage pour les déchets conventionnels dangereux et non dangereux existants.

Ainsi, le dispositif d'étanchéité/drainage de l'alvéole sera composé de haut en bas :

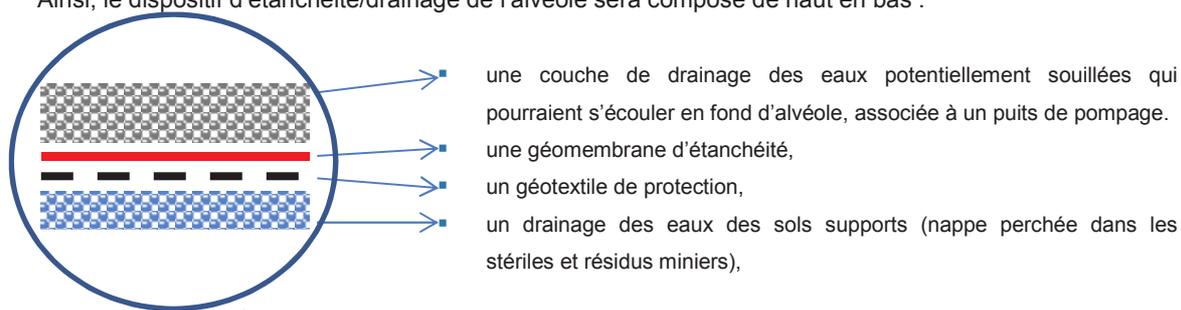


Figure 4 : profil en long de l'alvéole et dispositif d'étanchéité/drainage de l'alvéole

Le sol support doit être suffisamment stable pour assurer la pérennité des dispositifs d'étanchéité/drainage. Le fond doit être en légère pente pour la collecte puis l'évacuation des eaux.

Une couverture bitumineuse imperméable identique à celle mise en place sur B1/B2 viendra protéger les boues déshydratées entreposées dans l'alvéole. Ainsi, les boues issues de la vidange de B5/B6 seront « encapsulées » par une géomembrane en fond, latéralement, et en couverture, et donc physiquement séparées des boues de B2.

3 Examen de variantes de conception et d'implantation de l'alvéole

D'après ce qui précède, nous avons considéré trois options d'implantation de l'alvéole au droit de l'INB ECRIN :

- Variante 1 : construction d'une alvéole au toit du dôme, sans terrassement dans le contenu de B1/B2,
- Variante 2 : construction d'une alvéole sur B2Est.
- Variante 3 : construction d'une alvéole reposant sur les stériles miniers sur B2.

Ces trois variantes sont examinées et comparées ci-après en termes d'avantages et d'inconvénients afin de statuer sur le choix technique d'implantation de l'alvéole d'entreposage.

3.1 Variante 1 : construction d'une alvéole au toit du dôme, sans terrassement dans le contenu de B1/B2

3.1.1 Principes

Le principe de cette variante est de construire l'alvéole directement sur la couverture existante en matériaux de carrière, sans remanier les boues contenues dans B1/B2.

Les matériaux nécessaires à la construction de l'alvéole (digues latérales, fond de forme), sont des matériaux d'apport adaptés. La forme de pente peut être donnée au fond de l'alvéole avec ces matériaux d'apport.

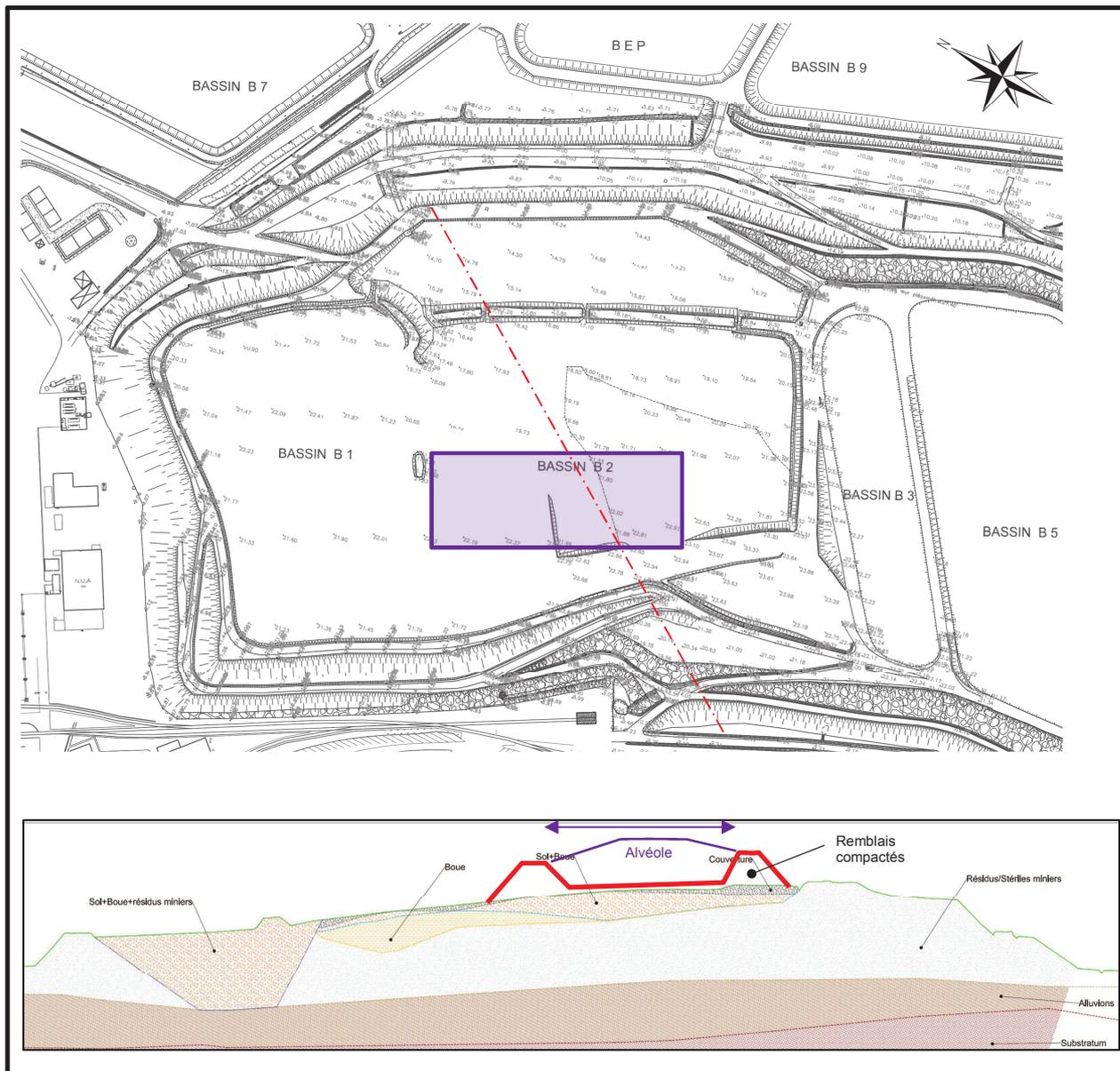


Figure 5 : Schéma de localisation et coupe d'implantation de l'alvéole pour la variante 1

3.1.2 Analyse des avantages

L'absence de terrassement dans les boues de B1/B2 permettrait de réduire les risques d'émission de poussières potentiellement contaminées pendant la phase de travaux.

3.1.3 Analyse des inconvénients

La surélévation du niveau final de B1/B2 serait d'une hauteur de l'ordre de 8 m par rapport à la topographie actuelle des bassins dans la configuration prévisionnelle de l'alvéole impactant fortement l'aspect paysager. Dans une conception distincte, cette surélévation pourrait être réduite à environ 4 à 5 m en augmentant la surface de base de l'alvéole ; mais un apport de matériaux supplémentaires dans l'INB serait alors nécessaire (cette configuration alternative est illustrée sur la figure ci-dessous).

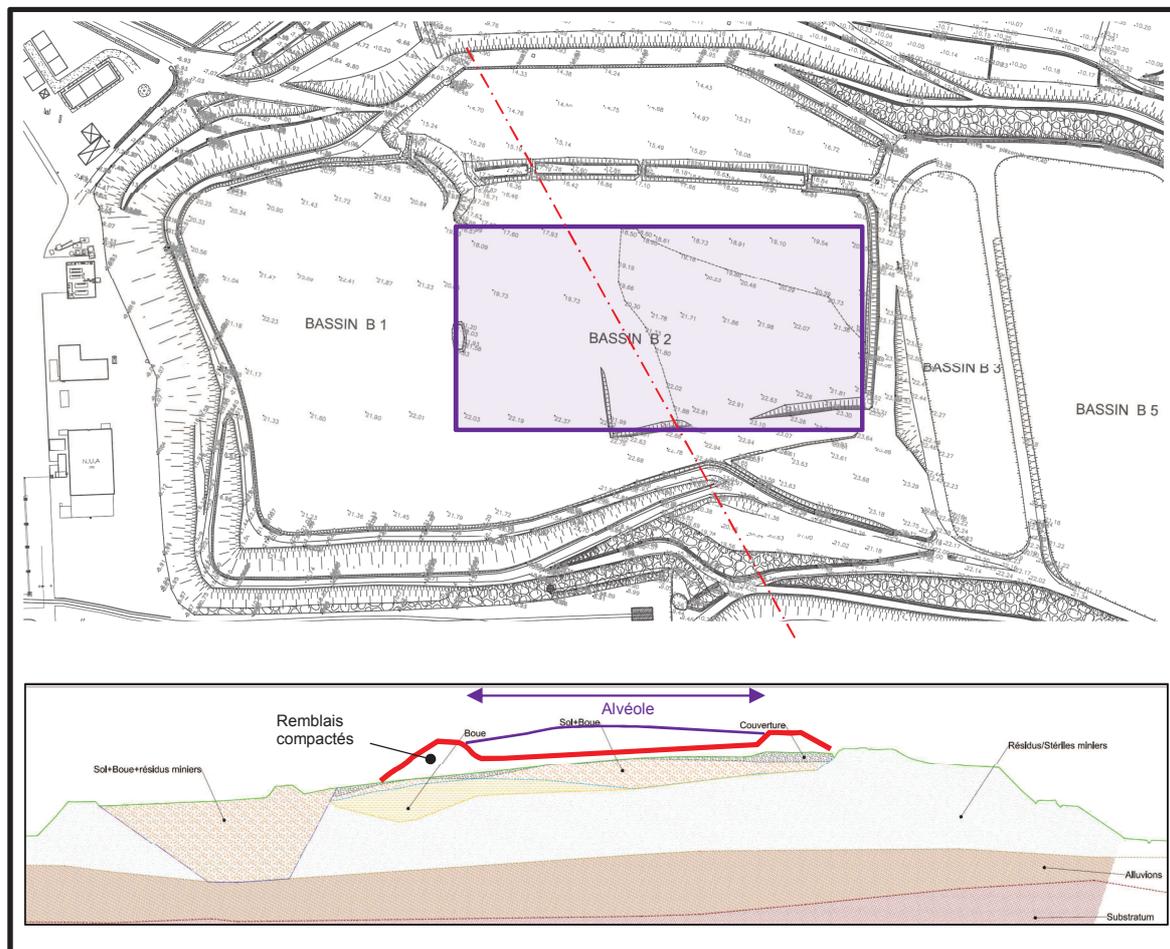


Figure 6 : Schéma de localisation et coupe d'implantation de l'alvéole pour la variante 1 (scénario alternatif étendu en surface)

Les très faibles caractéristiques mécaniques des boues (faible compacité, forte humidité, cohésion nulle), présentent des risques de tassements, de déformation et de déplacements importants, sous l'effet des surcharges induites par l'alvéole. Ces phénomènes peuvent entraîner, des déchirures des géomembranes, provoquant une rupture des étanchéités de l'alvéole, ainsi qu'une rupture des digues de l'alvéole, y compris dans le scénario alternatif.

3.1.4 Moyens permettant de pallier les inconvénients

Les moyens techniques existants permettant de limiter les risques géotechniques liés à la très faible portance des boues sont des techniques spécifiques d'amélioration de sols (stabilisation en place des boues par malaxage et adjonction d'un liant ou réactif adapté). Dans ce cas, l'avantage principal de cette variante, à savoir de ne pas terrasser dans le contenu de B1/B2, est totalement remis en cause. De plus, il serait nécessaire de modifier le contenu de B1/B2 en lui apportant des matériaux supplémentaires..

3.2 Variante 2 : construction d'une alvéole sur B2 Est

3.2.1 Principes

Le principe de cette variante est de construire l'alvéole directement sur le mélange de matériaux présents dans la partie Est de B2.

Les matériaux nécessaires à la construction de l'alvéole (digues latérales, fond de forme), sont des matériaux d'apport adaptés. La forme de pente peut être donnée au fond de l'alvéole avec ces matériaux d'apport.

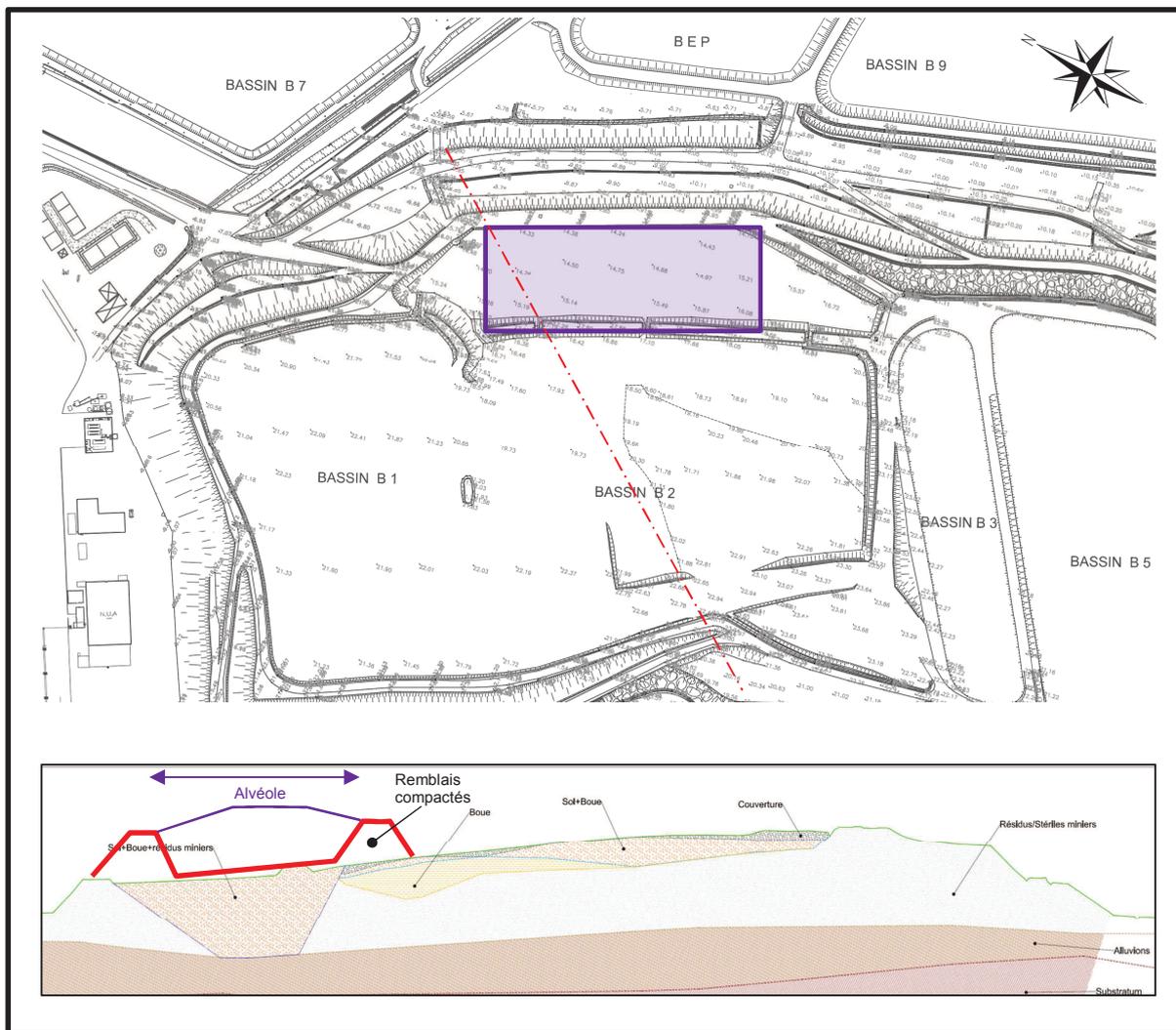


Figure 7 : Schéma de localisation et coupe d'implantation de l'alvéole pour la variante 2

3.2.2 Analyse des avantages

L'absence de terrassement du contenu de cette zone, limite les risques d'envols de poussières et l'impact paysager du fait d'une topographie actuelle plus basse que celle de B1-B2.

3.2.3 Analyse des inconvénients

La forte épaisseur (> 10 m) du mélange sol-boues dans cette zone ne permet pas d'atteindre un sol support de bonne qualité et ses faibles caractéristiques mécaniques conduiraient à des tassements importants. De plus, cette solution nécessiterait la vérification de la stabilité de la digue aval renforcée de B2 Est.

Dans cette configuration, l'alvéole se situe en aval de B1/B2 et recevrait un flux d'eaux de ruissellement conséquent. La gestion des eaux pluviales sur la couverture B1/B2 en serait plus complexe.

3.2.4 Moyens permettant de pallier les inconvénients

De même que pour la variante n°1, la présence du mélange sol-boues nécessiterait la mise en œuvre de moyens techniques permettant de limiter les tassements ; il s'agit de techniques spécifiques d'amélioration de sols (stabilisation en place par malaxage et adjonction d'un liant ou réactif adapté). De plus, cette amélioration de sol pourrait être relativement profonde du fait de l'épaisseur importante du mélange sol-boues et conduirait à un apport de matériaux dans l'INB.

3.3 Variante 3 : construction d'une alvéole ancrée dans les stériles miniers sur B2

3.3.1 Principes

Le principe de cette variante est de construire l'alvéole dans le massif de stériles et résidus miniers pour assurer une assise la plus stable possible à cette alvéole.

Les boues et matériaux de couverture présents au droit de l'alvéole sont déblayés puis réutilisés dans le cadre du remodelage de la surface de B2 pour sa couverture.

Les stériles et résidus miniers décaissés seront soit réemployés en remodelage, soit en constitution des flancs de l'alvéole.

Une forme de pente sera donnée au fond de terrassement.

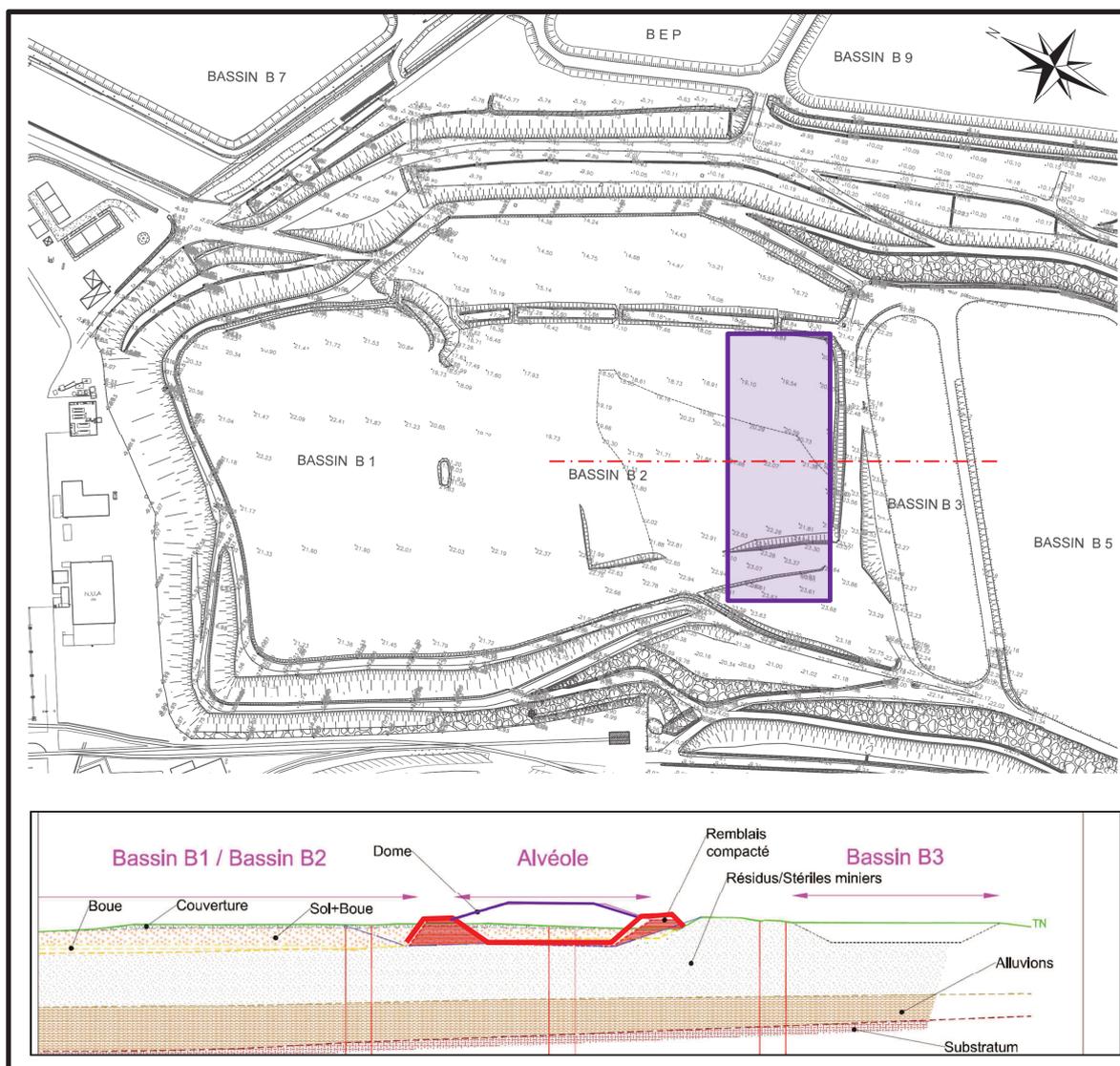


Figure 8 : Schéma de localisation et coupe d'implantation de l'alvéole pour la variante 3

3.3.2 Analyse des avantages

Dans cette configuration, l'alvéole est construite dans les stériles miniers. Ainsi, la portance des sols supports est acceptable vis-à-vis du poids de l'alvéole notamment pour limiter les effets des tassements.

Les matériaux générés par les excavations pourront être réutilisés directement pour la construction des digues de l'alvéole (essentiellement les stériles miniers) et pour le remodelage avant couverture de B2, l'apport de matériaux extérieurs est donc limité.

La surélévation du niveau fini de B2 sera limitée par rapport au niveau actuel, de l'ordre de 4 m. Ainsi l'aspect paysager serait préservé, tout en limitant l'influence sur la stabilité des digues de l'INB.

3.3.3 Analyse des inconvénients

Le terrassement dans les boues de B1/B2 implique des risques d'émission de poussières lors du chantier. Toutefois, le positionnement de l'alvéole au sud de B2 est motivé par la recherche de la zone présentant l'épaisseur de boues et de mélange sols-boues la plus faible, soit en moyenne 30 cm de boues et 2 m de mélange (cf. annexe 1).

Le fait de terrasser en profondeur conduit à la possibilité de constater des arrivées d'eau à la base des terrassements de l'alvéole (nappe perchée du massif). Celles-ci seront traitées par la mise en œuvre de tranchées drainantes comme décrit ci-dessous.

3.3.4 Moyens permettant de palier les inconvénients

Les matériaux sont en majorité humides, voire très humides ce qui implique peu de poussières. Toutefois, des mesures de gestion simples peuvent être mises en œuvre : adaptation du phasage des terrassements pour limiter la surface ouverte dans les matériaux contaminés, arrêt des travaux en cas de vents violents, arrosage en cas de besoin.

Des tranchées drainantes mises en œuvre dans le massif de résidus miniers pourront être réalisées sous l'étanchéité de l'alvéole pour la collecte et le pompage des eaux. Ce dispositif constituera en outre un drainage de sécurité en cas de défaut d'étanchéité de la géomembrane de l'alvéole.

4 Conclusion

La variante 1 de création d'une alvéole directement sur le niveau actuel des bassins B1 ou B2 n'est pas fiable compte tenu de la très faible portance des boues et présente des risques de rupture des digues de l'alvéole non acceptables sans un traitement des sols supports. Ce traitement nécessiterait une manipulation des boues, a minima par malaxage in-situ sur l'épaisseur des boues, ce qui remet en cause l'intérêt même de cette variante, à savoir de ne pas creuser dans les boues de B1/B2. L'autre inconvénient majeur de cette variante est la hauteur du niveau de remplissage final de l'alvéole, qui pourrait ainsi atteindre +8 m par rapport au niveau actuel des bassins, ce qui impacterait sensiblement l'aspect paysager et potentiellement, la stabilité des digues de l'INB.

La variante 2 permet de minimiser l'impact paysager mais les risques liés aux faibles caractéristiques mécaniques des sols (mélange sol-boues) limitent la stabilité de l'alvéole et conduisent à préconiser, comme pour la variante 1, un traitement des sols supports. De plus, l'implantation à proximité immédiate de la digue Est nécessiterait de vérifier la stabilité et éventuellement renforcer la nouvelle digue reconstruite en 2007.

Enfin, ces 2 variantes contribuent à l'apport de matériaux extérieurs supplémentaires dans l'INB.

En revanche, l'implantation de l'alvéole directement sur les stériles et résidus miniers (prévue dans la variante 3) permet d'assurer la stabilité de cette alvéole d'entreposage tout en limitant sa hauteur, et permet également d'éviter les risques de déchirure des dispositifs d'étanchéité. Les contraintes de chantier et de protection de la santé liées aux terrassements dans les boues de B2 et les risques d'émissions de poussières associés, minimisés par l'état humide des boues, peuvent être maîtrisés par des contrôles et des moyens préventifs éprouvés, tels que l'arrosage, le recouvrement des boues, l'organisation du chantier de manière générale et les dispositifs de protection individuels et collectifs.

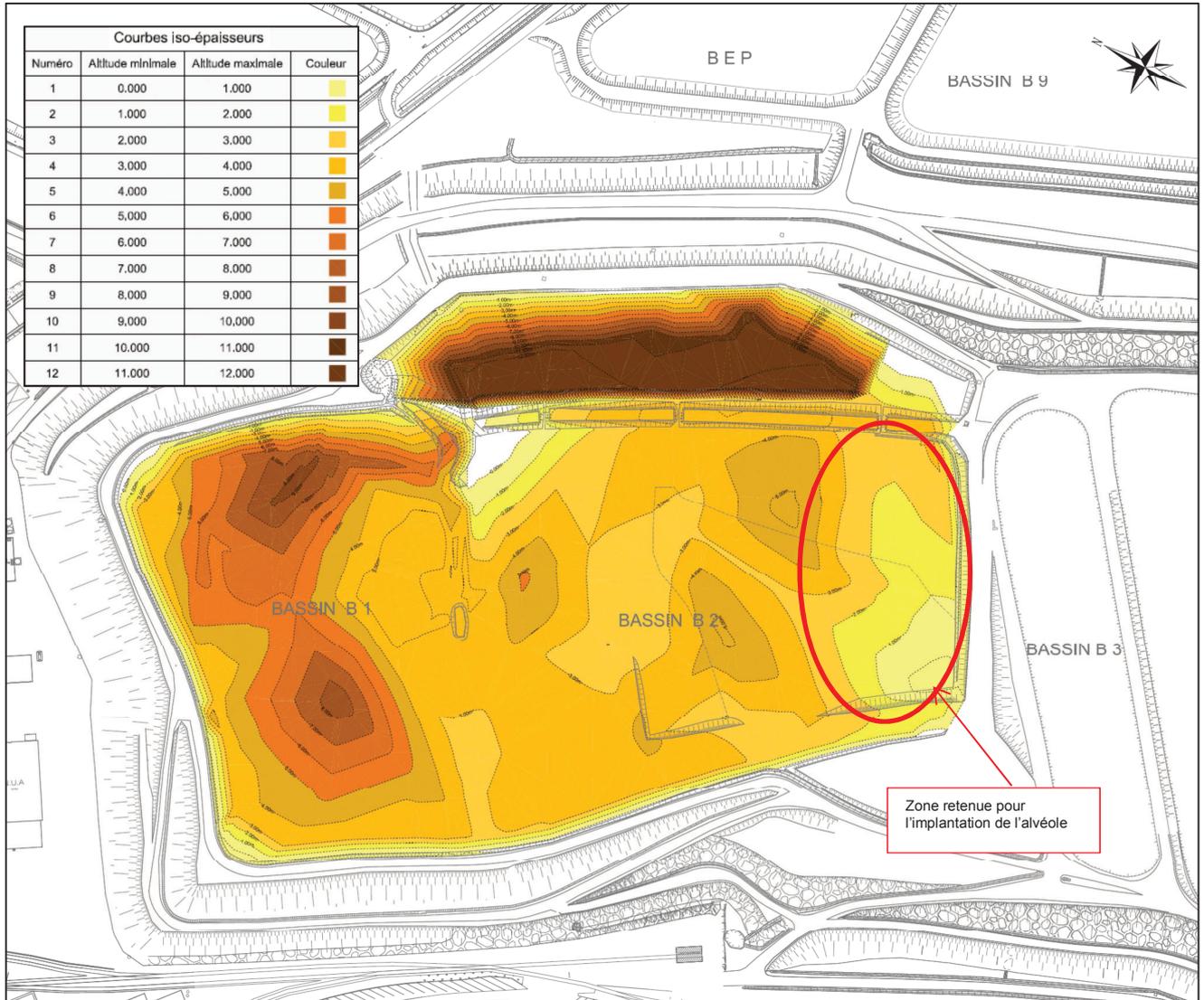
Enfin, selon les connaissances acquises au droit des bassins B1/B2 (cf. Annexe 1), l'implantation la plus favorable pour cette alvéole est le côté sud de B2 dans la mesure où cette zone présente les épaisseurs de boues les plus faibles ce qui limite les risques d'émission de poussières, tout en limitant la distance entre l'alvéole et les bassins B5 et B6 à vidanger. De plus, elle se situe dans la zone de l'INB où la sensibilité vis-à-vis de la stabilité des digues de l'INB est la plus faible.

On trouvera en Annexe 2 les schémas (plan et coupes) de l'alvéole dans la variante 3 retenue pour le projet.

* * *
* *
*

Annexe 1 Cartographie des épaisseurs de boues et mélanges sols-boues dans B1/B2

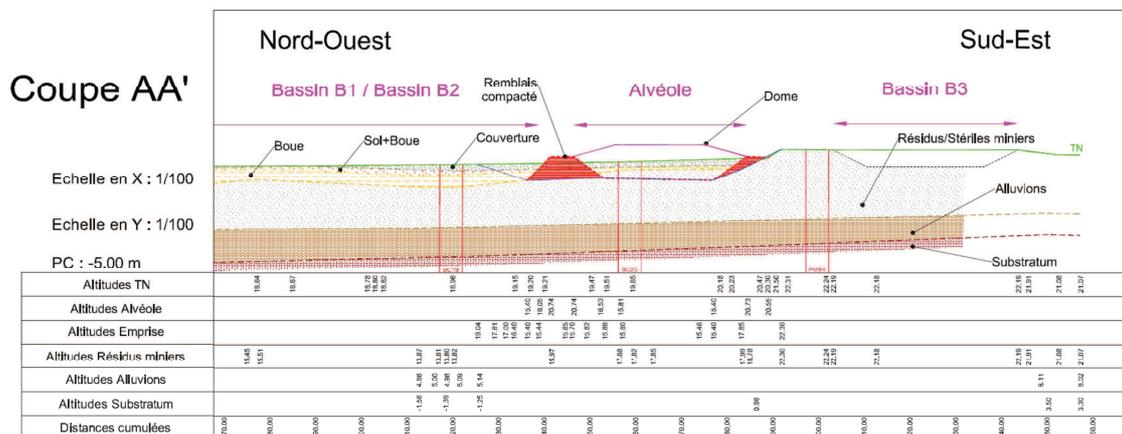
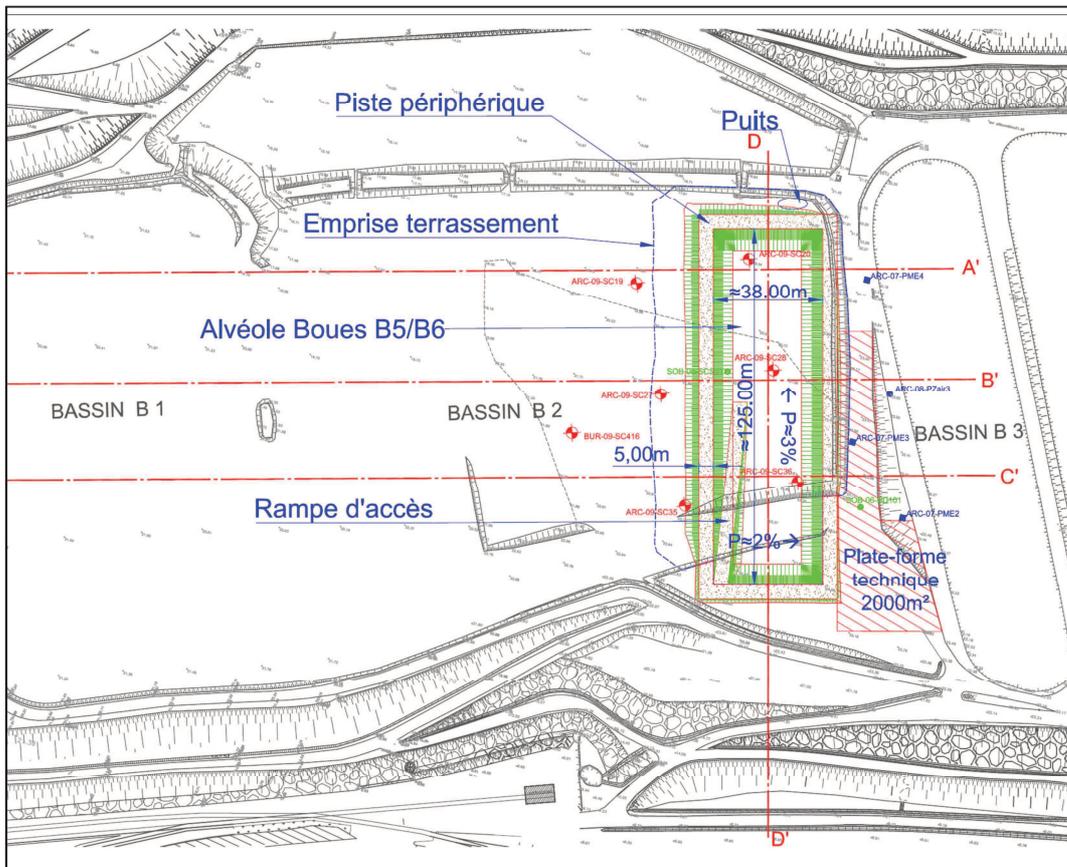
Cartographie des épaisseurs de boues et des mélanges sols-boues dans B1/B2



Annexe 2 Plans et coupes détaillés de l'alvéole pour la variante 3 retenue

L'alvéole d'entreposage des boues déshydratées aura les dimensions suivantes :

- Longueur : 125 m
- Largeur : 38 m
- surface de la zone de stockage : 4750 m²
- profondeur par rapport à la piste périphérique : 5 m
- hauteur maximale de stockage : 8 m par rapport au fond de l'alvéole
- pente du fond d'alvéole : 2 à 5 %
- pente des talus de l'alvéole 3H/2V
- volume d'entreposage : 27 000 m³



Annexe 3 Définition des termes géotechniques employés

La liste ci-dessous définit les termes géotechniques employés dans le tableau des caractéristiques mécaniques en page 9 :

- Teneur en eau (symbole W / unité %) : celle-ci désigne le rapport entre le poids de l'eau contenue dans le sol et le poids du sol après séchage (ou poids des grains solides) d'un certain volume de sol ; elle peut donc être supérieure à 100 % notamment lorsque les grains (fins) retiennent beaucoup d'eau.
- Poids volumique humide (symbole γ_h / unité kN/m^3) : il correspond au rapport du poids total du sol (grains solides + eau) sur le volume de ce même sol.
- GTR : cette abréviation désigne le Guide des Terrassements Routiers édité par le SETRA (Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements) et qui sert de référence pour le classement de tous types de sols.
- Valeur au bleu (symbole VBs / sans unité) : ce paramètre sert à caractériser l'argilosité d'un sol ; il représente la quantité de bleu de Méthylène pouvant être adsorbée par les particules argileuses d'un sol (adsorber : phénomène physique par lequel des molécules se fixe sur une surface solide)
- Indice de plasticité (symbole I_p / sans unité) : de même que précédemment, il s'agit d'un paramètre caractérisant l'argilosité d'un sol qui se mesure à l'aide des limites d'Atterberg : limites de plasticité et de liquidité ; l'indice obtenu définit l'intervalle de teneur en eau dans lequel le sol reste souple et déformable (au-delà de la limite de liquidité, il devient liquide et en-deçà de la limite de plasticité, il devient pulvérulent).
- Cohésion (symbole : c' / unité kPa) : cette caractéristique désigne les forces qui permettent l'adhérence entre particules solides et définit la résistance au cisaillement d'un sol sous contrainte normale nulle.
- Angle de frottement interne (symbole φ' / unité degré) : il correspond à l'angle formé naturellement par un matériau mis en tas, par rapport à l'horizontale. Il dépend du type de sol et plus particulièrement de l'émoussé de ses grains : plus ces derniers sont anguleux, plus l'angle de frottement interne sera élevé. Ainsi, cet angle sera nettement plus élevé dans le cas de graviers que pour un sol à forte teneur en argiles.