



Chassagnac
Conseils

SMECTOM du PLANTAUREL

**ISDnD de Manses (09)
ANALYSE CRITIQUE DU RAPPORT
GEOTECHNIQUE**

**Note technique
Le 13-05-2013**

SOMMAIRE

1. CONTEXTE DE LA MISSION	3
2. ANALYSE CRITIQUE DU RAPPORT.....	3
2.1. LES INTERROGATIONS DU RAPPORT	3
2.2. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE	3
2.2.1. <i>Perméabilité des formations géologiques</i>	4
2.2.2. <i>Présence d'eau souterraine</i>	4
2.2.3. <i>Synthèse et recommandations relatives à l'hydrogéologie</i>	5
2.3. STABILITE DU VIDE DE FOUILLE	6
2.3.1. <i>Choix du modèle géomécanique</i>	6
2.3.2. <i>Résultats</i>	7
2.3.3. <i>Synthèse et recommandations</i>	7
2.4. STABILITE DU MASSIF DE DECHET	8
2.4.1. <i>Stabilité de la digue aval</i>	8
2.4.2. <i>Stabilité du massif de déchets</i>	8
2.4.3. <i>Synthèse et recommandations</i>	9

1. CONTEXTE DE LA MISSION

Le SMECTOM du Plantaurel exploite l'ISDnD de Manses depuis 1998. Dans le cadre du projet de construction d'une nouvelle installation de stockage à proximité immédiate du site actuel, le SMECTOM a commandé une étude géologique, hydrogéologique et géotechnique dont la présentation des résultats ne permet pas au SMECTOM d'avoir une vision claire du potentiel du site sur l'aspect géotechnique. Ce dernier a mandaté 3C afin de réaliser une analyse critique de l'étude et en particulier afin de répondre à la question suivante: les interrogations soulevées par le rapport géotechnique provisoire sont-elles de nature à remettre en question le projet à ce stade ; quelle mesures, à mettre en œuvre par le maître d'ouvrage dans les phases ultérieures, sont susceptibles de combler les incertitudes mises à jour.

2. ANALYSE CRITIQUE DU RAPPORT

2.1. LES INTERROGATIONS DU RAPPORT

L'analyse porte sur le rapport provisoire GEOTEC ETUDE GEOTECHNIQUE D'AVANT PROJET (G12),2012/2661/TOULS,09500 MANSES ISDND De Berbiac du 25 Mars 2013. Il est reproché, en sus des points traités ci-après, un certain nombre d'imprécisions et de manquements au CCTP dont on peut espérer une correction dans la version définitive. Ils ne feront pas l'objet de cette analyse.

Les points retenus pour cette analyse restent les points fondamentaux du projet et sont :

- Le contexte hydrogéologique et la barrière passive
- La stabilité du vide de fouille et les paramètres géomécaniques d'analyse de la stabilité
- La stabilité du massif de déchet et les paramètres géomécaniques d'analyse de la stabilité

2.2. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

Au stade provisoire du rapport, la description du contexte hydrogéologique est indigente par rapport aux objectifs du CCTP et ne reflète pas les résultats des forages réalisés ni le retour d'expérience acquis sur le site actuel dans un contexte hydrogéologique similaire (même formations géologiques tabulaires et même conformation topographique), situé quelques centaines de m du projet.

2.2.1. Perméabilité des formations géologiques

L'analyse des études antérieures et des forages réalisés aussi bien pour le site actuel que pour le projet montre que la géologie rencontrée correspond soit à des formations rocheuses en place (marnes et poudingues) dotées d'une faible porosité soit à des formations meubles, fines et argileuses, plus rarement graveleuses, issues de l'altération/solifluxion des formations précédentes. Comme le montrent les mesures de perméabilités réalisées dans le cadre de cette étude géotechnique, ces formations sont dotées de faibles perméabilités et l'ensemble des valeurs mesurées (31 mesures) sont d'un ordre de grandeur inférieur ou égal à 10^{-6} m/s et plus de 90% des valeurs sont d'un ordre de grandeur proche de 10^{-9} m/s. Les valeurs proches de 10^{-6} m/s concernent uniquement les formations superficielles qui seront en partie décapées afin de poser le fond du projet sur les formations indurées dont l'imperméabilité est bien établie.

Il demeure néanmoins un doute sur la nature des sols après terrassement du fait de l'imprécision du modèle géologique défini par le BET géotechnique et discuté plus loin. Cette imprécision qui concerne essentiellement les formations superficielles dont la puissance reste mal définie sur les flancs du projet, devra être levée en phase travaux dans le cadre des reconnaissances complémentaires évoquées plus bas.

2.2.2. Présence d'eau souterraine

Le contexte hydrogéologique local a été bien reconnu sur le vallon voisin du site actuel via les terrassements profonds qui y ont été réalisés et peut en grande partie être assimilé au contexte du projet. En résumé on constate :

Sur les flancs du vallon

- Une assise rocheuse molassique à très faible perméabilité de matrice ne permettant pas le développement d'aquifères généralisés. La présence de fissures est cependant probable et, lorsqu'elles ne sont pas colmatées, peuvent avoir un caractère drainant et être le siège d'écoulements de faible débit et souvent non pérenne qui peuvent déboucher puis s'écouler le long du contact entre ces formations et leur couverture colluviale. Des zones plus affectées par la tectonique pourraient cependant présenter un caractère hydromorphe plus pérenne, en général facilement repérable en surface. En général les charges hydrauliques de ces réseaux fissuraux, qui peuvent être localement connectés, s'inscrivent dans une enveloppe globale piézométrique grossièrement parallèle à la topographie et situé entre 10-15m de profondeur en parties hautes du site et quelques m dans les fonds topographiques. Le fond du vallon constitue ainsi un axe privilégié de drainage des eaux et ce caractère peut être renforcé par une possible augmentation de la densité de fracturation dans l'axe du vallon, l'origine de ce dernier pouvant être liée à la première. La probabilité de capter de tels réseaux via des piézomètres reste en général faible et il est illusoire de tenter une caractérisation exhaustive de ces possibles écoulements au caractère ponctuel très marqué.

- Des formations d'altération et/ou colluviales de granulométrie variable mais globalement fine et argileuses et de perméabilité globalement faible mais plus élevée que le substratum rocheux sous-jacent. Le contexte pentu des flancs ne permet pas l'accumulation des eaux qui s'infiltrent dans l'impluvium, relativement réduit, du vallon mais il est possible de constater des écoulements hypodermiques locaux au contact entre les deux types de formation. Le schéma d'écoulement potentiel est donc orienté dans le sens des pentes avec un axe final d'écoulement dans le fil d'eau du vallon.

En pied du vallon secondaire

- Au débouché du vallon dans la vallée principale, la faible pente du terrain alliée aux faibles perméabilités du milieu, permettent la mise en place d'un niveau statique permanent au sein des formations colluviales qui constituent le comblement de la vallée principale et par suite, sans pour autant que cela représente une ressource exploitable, la saturation en eau de ce milieu globalement argileux. Là encore, les écoulements s'opèrent globalement dans le sens des pentes du terrain. Les vitesses d'écoulement y sont très limitées.

Il est à retenir essentiellement que les terrassements des casiers futurs ont une probabilité non nulle de rencontrer des venues d'eau en fond de terrassement ou en partie basse des flancs.

Les reconnaissances du BET n'ont pas atteint les objectifs du CCTP et le besoin en piézomètres n'est pas satisfait. Les seules informations obtenues par la reconnaissance géotechnique confirment que l'éventuelle enveloppe piézométrique est à une profondeur supérieure à 10m en partie haute du site et la présence d'eaux souterraines en aval du vallon à une profondeur de quelques m.

2.2.3. Synthèse et recommandations relatives à l'hydrogéologie

En conclusion, le substratum est constitué d'une assise dont les faibles perméabilités correspondent globalement aux recommandations requises en vue de constituer une barrière géologique passive. Dans le détail, cette barrière pourra présenter localement des défauts par rapport aux seuils réglementaires en ce qui concerne le 1^{er} m de barrière. Les techniques disponibles et les matériaux issus du site permettent, comme ce fut le cas sur le vallon voisin du site actuel, de remédier à ces défauts.

De plus, comme ce fut le cas également sur le site actuel, il n'est pas exclu que le terrassement intercepte des venues d'eau souterraines latérales ou en fond de casier à la faveur de contacts géologiques ou de fissures. Il est tout à fait possible de capter ces venues ponctuelles et de les diriger par un réseau dédié et sécurisé vers l'extérieur du site en y appliquant un programme de surveillance. A ce titre, on notera que ce contexte d'exfiltration des eaux qui caractérise l'assise géologique du stockage est plutôt favorable puisqu'il rend difficile toute infiltration vers le milieu profond.

Le contexte hydrogéologique et les incertitudes qui y sont liées ne sont donc pas de nature à remettre en cause le projet.

La réalisation d'investigations complémentaires à ce stade n'apporterait vraisemblablement pas d'informations fondamentales en sus et il est préférable de tableur sur une information nettement plus exhaustive en phase

de terrassement qui permettra une observation fine des conditions réelles et une localisation précise des éventuelles venues d'eau ou des zones faibles du substratum.

Il est donc indispensable de réaliser un suivi géotechnique en phase terrassement (mission type G3, G4) incluant des reconnaissances à la pelle, voir par forage, sous le niveau de projet et dont les objectifs seront de :

- Identifier la nature des sols présents au niveau de l'arase
- Modéliser la structure géologique fine et en particulier les plans de contacts entre les formations
- Vérifier par mesure la perméabilité des formations en place
- Identifier les faiblesses locales de la barrière et concevoir leur correction
- Identifier les venues d'eau et concevoir leur évacuation

Le réseau de piézomètres sera complété en nombre et en profondeur de façon à obtenir 3 ouvrages latéraux en amont et deux en aval situés dans l'axe du vallon.

2.3. STABILITE DU VIDE DE FOUILLE

Il convient de rappeler en préalable que les terrassements du site actuel, dans des conditions similaires et sur des pentes plus importantes, n'a pas rencontré de problèmes particuliers si ce n'est des glissements mineurs et contrôlés sur les flancs dus à des plaquages résiduels de colluvions non décapées. Sur la base de ces constats, **les concepteurs du projet ont opté pour une purge/remplacement systématique des colluvions de surface.**

2.3.1. Choix du modèle géomécanique

Le choix des profils de calcul est justifié car représentatifs des plus forts décaissements. Par contre ils auraient dû être positionnés, versant par versant, perpendiculairement à la pente, ce qui n'est pas le cas et ce qui a pour effet de surestimer la sécurité.

Géométrie

Le choix d'un modèle à deux couches globalisant les faciès rocheux surmontés par une couche d'altération dont on aurait fait varier les paramètres plutôt qu'un modèle à 4 couches, complexe à priori et sans suffisamment de données pour le nourrir, aurait été plus judicieux. Le modèle utilisé présente ainsi plusieurs interfaces pentées plus défavorables et qui ne sont pas justifiées.

La géométrie du profil BB n'appelle pas plus de commentaires.

La géométrie du profil AA est par contre très sécuritaire puisqu'il maximalise (près de 15m !) sans raison réelles l'épaisseur du niveau d'argile de surface, le plus faible géotechniquement parlant. Le BET a en réalité transposé sur le flanc, où souvent l'épaisseur des sols d'altération reste en général modérée, les informations acquises en fond où s'accumulent les formations fines solifluées.

Paramètres

Dans le rapport du BET les paramètres du modèle ne sont pas justifiés ni explicités en relation avec le programme d'essais prévu ou réalisé. Ces derniers n'intègrent pas les sols de couverture qui sont le plus susceptibles de présenter des faibles

caractéristiques. Il semblerait que les essais aient été réalisés plus en fonction de la facilité de tailler des éprouvettes que des besoins réels. Ils sont donc plus représentatifs des faciès meubles et ne reflètent pas le caractère rocheux dominant des matériaux en place. Très peu d'informations sur la couverture d'altération sont tirées des fouilles et des forages dont les descriptifs restent très succincts.

2.3.2. Résultats

Le choix du coefficient de sécurité, fixé à 1,3 se justifie par une recherche d'une stabilité à court terme, les casiers étant remplis après réalisation en assurant une butée en pied puis le long des rampants.

Les résultats des calculs mettent en évidence un risque d'instabilité au niveau des colluvions de surface. Les niveaux plus indurés inférieurs ne posent pas de problème particulier. Ainsi l'enlèvement des sols d'altération supprimerait tous risques de glissement.

L'étude réalisée confirme les acquis des études et travaux réalisés sur le vallon connexe.

2.3.3. Synthèse et recommandations

L'analyse de la stabilité du vide de fouille ne permet pas de conclure quant à la stabilité des talus de fouille sans traitement (renforcement) visant à conserver les sols en place. Les raisons sont essentiellement liées à une reconnaissance mal adaptée des faciès de surface ne permettant pas d'en définir la géométrie. En particulier, l'étude n'informe pas sur l'importance des décaissements nécessaires pour assurer une purge complète de ces matériaux peu résistants.

Cependant, l'expérience locale tend à montrer que la faisabilité du projet n'est pas remise en cause car des solutions techniques restent toujours possibles pour conserver la géométrie définie à partir de purges/remplacements ou de renforcements.

Il est donc nécessaire de compléter les reconnaissances des flancs du vallon avec une optique de caractérisation des faciès de surface, en géométrie et caractéristiques. Dans ce cadre, des essais pressiométriques et de cisaillement sont à prévoir.

Les reconnaissances complémentaires préalables permettront ainsi de chiffrer les coûts du remplacement des formations superficielles de faibles caractéristiques induites par la géométrie non forcément optimisée du projet. A noter que les sols remplacés peuvent, par traitement ou pose d'un GSB, permettre d'atteindre les critères d'équivalence requis en termes de perméabilité.

En sus des reconnaissances complémentaires nécessaires pour passer à un stade de projet plus défini, un suivi géotechnique pendant le terrassement sera nécessaire afin de contrôler la conformité des terrains par rapport aux modèles issus des reconnaissances préalable.

2.4. STABILITE DU MASSIF DE DECHET

2.4.1. Stabilité de la digue aval

Le BET met en avant et justifie la nécessité d'une purge sous la digue. On s'attendrait ainsi à l'évaluation de la profondeur nécessaire sur la base des 2 forages et du pressiomètre réalisées dans la zone concernée ; ce n'est pas le cas.

Les calculs de stabilité sont basés sur des caractéristiques faibles totalement injustifiées (équivalentes aux sols de surface de faibles caractéristiques) et qui aboutissent à des coefficients de stabilité insuffisants.

Il reste tout à fait possible d'utiliser les matériaux rocheux produits par les décaissements prévus pour constituer une digue de nettement meilleures caractéristiques mécaniques, intégrant un parement interne garni de sols fins aux perméabilités maîtrisées, pour obtenir des coefficients de sécurité satisfaisants (1,3 sur parement interne et 1,5 sur parement externe).

Le tassement de 3 cm évalué par le BET sous la digue est un tassement quasi instantané qui s'opèrera lors de la montée du remblai et qui est largement admissible par le projet.

Ces insuffisances d'études ne remettent donc pas le projet en question.

2.4.2. Stabilité du massif de déchets

A ce stade du projet (avant-projet), Il est demandé au BET une analyse de la stabilité globale du talus de déchets. Cet aspect est traité à partir de paramètres nettement insuffisants (ϕ' : 18 à 22° et C' : 5 à 10 kPa), ce qui se traduit dans le calcul par des coefficients de sécurité insuffisants (1,14 à 1,5).

En pratique, les BET utilisent plutôt des caractéristiques plus consistantes, typiquement ϕ' : 20 à 25° et C' : 10 à 20 kPa, qui sont confirmées par le constat général d'une stabilité acquise à des pentes proches de 33° (3H/2V) pour des déchets standards en condition hydraulique. Compte tenu de la configuration analysée (pentes de 26°) et en reprenant des caractéristiques classiques, il faudrait vraisemblablement s'attendre à des coefficients supérieurs à 1,4-1,5 confirmant la stabilité à long terme.

En complément de cette première analyse, il faut considérer les spécificités du projet du SMECTOM qui produira un déchet issu d'un tri granulométrique, donc réduit en granulométrie (0-70mm), puis préhumidifié. La discussion qui suit traite de l'influence de ces deux aspects.

La suppression de la fraction grossière pourrait laisser supposer une perte de caractéristiques mécaniques du matériau et par suite un risque accru d'instabilité mécanique dans le massif. L'approfondissement de cette question permet de mettre en avant les points suivants :

- La recherche actuelle sur la géomécanique des déchets de type ménager et assimilé montre que le comportement des massifs de déchets de ce type approche celui des sols renforcés dont le comportement montre un renforcement significatif de la résistance au cisaillement avec l'augmentation de la déformation. Ceci provient du fait que les nombreux films plastiques

contenus dans le matériau vont, à l'instar des fibres de renforcement des sols dit renforcés, participer à la résistance du matériau dès lors qu'un déplacement permettra leur mise en tension. La fraction fine obtenue sur les essais du SMECTOM montre un contenu important en films qui, visuellement, ne diffère pas significativement de celui d'une OM standard non triée.

- Les résultats de publications scientifiques récentes¹ sur le comportement géomécanique des déchets issus d'un traitement mécano-biologique (TMB) montrent que les caractéristiques mécaniques de ces matériaux ($34^\circ < \phi' < 44^\circ$) sont bien plus favorables que les caractéristiques mécaniques retenues dans le cadre de la conception géotechnique du site.

On retiendra ainsi que le stockage de déchets de type TMB sur le site ne modifie pas les conditions de stabilité par rapport à des déchets standards.

Comparativement à un déchet brut non pré-humidifié, l'humidification avant stockage d'un déchet enrichi en matière organique en vue d'une méthanisation en casier conduira très vraisemblablement à

- Une augmentation de sa densité
- Une augmentation de sa compressibilité sous la charge d'exploitation,
- Une diminution de sa perméabilité
- L'augmentation du risque d'occurrence de conditions locales saturées et mal drainées dans les déchets sous l'effet d'une surcharge

Les 2 premiers points se matérialiseront par des tassements plus importants et plus rapides que pour des déchets standards. Si les techniques mises en œuvre sur les ISDND prennent correctement en compte les tassements, une vigilance accrue sur le contrôle des zones sensibles (réglage des têtes de puits, contrôle de pente des collecteurs, comportement des zones de cisaillement,...) reste nécessaire. En outre, il est possible que des difficultés de compactage apparaissent si la teneur en eau est trop importante. L'observation de la traficabilité de la zone d'exploitation permettra le calage des paramètres d'exploitation.

Les 2 derniers points peuvent, s'ils se généralisent à un volume significatif, entraîner une augmentation de la pression interstitielle dans les déchets favorisant des instabilités dans le massif, voire des glissements. A priori, la généralisation d'une mise en charge du massif n'est pas possible car la présence d'un réseau dense de drainage de gaz auto-purgé (penté vers l'exutoire) assure en permanence la décharge du massif. Il reste néanmoins impératif de mettre en place des mesures visant à garantir la non mise en place de telles conditions. Ces mesures sont détaillées dans le paragraphe ci-après.

2.4.3. Synthèse et recommandations

En conclusion et à ce stade du projet, on peut considérer que la stabilité du projet au niveau de la digue aval et du talus de déchets est assurée à long terme sous réserve

¹ Drained response of municipal solid waste in large-scale triaxial shear test. D Zekkos et Al, 2012

de la mise en place de mesures d'accompagnement. Les mesures proposées, concernent à la fois la connaissance du matériau et la surveillance du site.

En termes de surveillance du site et des process, les mesures spécifiques à prendre sont :

- Fixation initiale de la consigne d'humidification à une valeur basse (< 55%) qui ne sera augmentée qu'au vu des résultats des études comportementales (voir recommandations ci-après) et des premières informations confirmant qu'une augmentation est possible.
- Respect des modalités de calcul de la consigne d'humidification hebdomadaire avec prise en compte des surplus hydriques non prévus.
- Suivi de la pression interstitielle au sein des casiers via des capteurs posés à l'avancement dans les déchets. Ces capteurs seront posés à distance médiane des horizons de drains de captage de gaz prévus tous les 6m verticaux, ces ouvrages représentant des zones de pression nulle assurant si besoin un captage/évacuation des eaux éventuellement expurgées sous la consolidation. Des capteurs seront également positionnés à distance variable d'un drain d'injection. Ils permettront de caler les modalités de réinjection d'éventuels lixiviats si cette opération s'avère nécessaire.
- Suivi inclinométrique du talus de déchets externe.
- Pose et suivi d'une instrumentation de suivi de tassement au sein des déchets (tassomètre) sur le premier casier.
- Pose et suivi de repères topographique sur la couverture définitive des parties comblées

En termes de connaissance du matériau, les mesures spécifiques à prendre sont :

- L'exploitant confiera à un organisme compétent (proposé :LTHE Université Joseph Fourier Polytech' Grenoble) une étude du comportement géomécanique des déchets visant à établir ses caractéristiques vis-à-vis du tassement/fluage et de sa résistance mécanique dans les conditions de service et de service dégradé de l'installation.

Au stade plus avancé du projet, il sera également nécessaire de procéder à une analyse plus détaillée de la stabilité du massif, casier par casier en tenant compte les interfaces entre casiers, chacune de ces derniers devant être étanchés isolement par géomembrane.