

1 - Principes de la méthode utilisée

La stabilité d'un talus est fonction d'un certain nombre de paramètres parmi lesquels les plus importants sont :

- la géométrie du talus (hauteur, pente, banquettes intermédiaires...);
- la géométrie des couches constitutives du talus, s'il n'est pas homogène ;
- les caractéristiques mécaniques des matériaux constitutifs des différentes couches du talus et des sols d'assise ;
- la distribution de la charge hydraulique.

Ces diverses données sont introduites dans un modèle de calcul permettant de déterminer, pour différents types de rupture possibles, un coefficient de sécurité minimal F . Ce type d'analyse repose sur l'utilisation des équilibres limites et la comparaison des efforts moteurs et des efforts mobilisables. Pour une pente donnée, le calcul est fait pour un grand nombre de surfaces de rupture possibles : c'est le coefficient F_{\min} le plus faible calculé pour l'ensemble de ces surfaces qui exprime l'état de stabilité de la pente.

Par définition, si $F_{\min} < 1$, l'ouvrage est en d'état d'instabilité et si $F_{\min} > 1$, l'ouvrage est considéré comme stable.

Dans le cas présent, les calculs n'incluant pas de renforcements (clous, géotextiles...) et s'agissant de stabilité générale, aucun coefficient de sécurité partiel sur les hypothèses de calcul n'est utilisé. En pratique et par convention, un facteur minimal de 1.3 est requis pour les talus provisoires ; il est porté à 1.5 pour déclarer un ouvrage stable à long terme (hors sollicitation sismique).

Dans le cadre de cette étude, le programme de calcul Talren 4 a été utilisé. Ce programme repose sur une schématisation bidimensionnelle du problème. La méthode de Bishop a été utilisée. Elle permet d'analyser la stabilité de pente à la rupture, le long de surfaces circulaires.

2 - Choix des hypothèses de calcul

Profils d'étude considérés

Les profils types établis pour les calculs sont les suivants :

	Hauteur du talus de déchets considérée	Pente des talus de déchets	Risberme(s) ?	Observations
Situation provisoire (talus de déchets)	Entre 25 et 35 m (hauteur maximale)	2/1	Oui	-
Situation définitive	30 m (hauteur maximale)	3/1	Oui	Profil longitudinal, le plus défavorable

Caractéristiques mécaniques

Les caractéristiques mécaniques des différentes formations ont été définies à partir de valeurs moyennes, issues de l'expérience acquise dans des contextes similaires. Elles sont résumées dans le tableau suivant :

Sol n°	Formation	Masse volumique Gamma (kN/m³)	Cohésion moyenne C (kPa)	Angle de frottement moyen Ø (°)
1	Déchets	10	15	20
2	Remblais en tout venant compacté	20	25	20
3	Enrochements	20	5	35
4	Substratum rocheux	25	100	40

Conditions hydrauliques

Compte tenu de l'ensemble des aménagements de drainage qui seront mis en œuvre :

- à l'arrière de la barrière passive (eaux souterraines) et en fond de casier (lixiviats),
- en assise de la digue aval et de la plate-forme des bassins,

nous considérons que le massif sera correctement drainé.

Surfaces de rupture

Nous nous basons sur des ruptures circulaires intéressant la totalité des talus, ou une partie lorsque celui-ci est recoupé par des risbermes ; ce sont les ruptures potentielles cinématiquement les plus admissibles.

Sismicité

Sur la base de la norme NFP06-013 – DTU Règles PS 92, nous considérons que le casier de stockage est un ouvrage à risque normal et que sa classe de risque est de type B (les ouvrages et installations offrant un risque dit « courant » pour les personnes).

Un zonage physique de la France a été élaboré, sur la base de 7 600 séismes historiques et instrumentaux et des données tectoniques, pour l'application des règles parasismiques de construction.

Les calculs présentés ci-après dans le tableau prennent en compte le décret du 14 mai 1991 qui déterminait 5 zones de sismicité croissante (zone 1b pour la commune de Château-Arnoux Saint-Auban) car réalisés en 2006 (présentés dans la DUP).

Ce décret a été remplacé par le décret n° 1010-1254 du 22 octobre 2010 applicable en mai 2011 qui classe la commune en zone 4 de sismicité moyenne.

- **Décret du 14 mai 1991 :**

Le site se trouve en zone de sismicité 1b. L'accélération nominale a_N prendre en compte pour les calculs est par conséquent de $1,5 \text{ m/s}^2$.

Pour des conditions de site de type S2 (sols de résistance moyenne sur des épaisseurs comprises entre 15 et 50 m), les coefficients sismiques à considérer sont les suivants :

$$\begin{aligned}\sigma_H &= 0.45 a_N/g = 0.0675 \\ \sigma_V &= 0.3 \sigma_H = 0.0203\end{aligned}$$

- **Décret du 22 octobre 2010**

Le site se trouve en zone de sismicité 4. L'accélération de calage a_{gr} à prendre en compte pour les calculs est de $1,6 \text{ m/s}^2$.

Pour des conditions de site de type D (sols cohérents mous à fermes), les coefficients sismiques à considérer sont les suivants :

$$\begin{aligned}\sigma_H &= 0,13 \\ \sigma_V &= 0.065\end{aligned}$$

Situations

Les calculs des coefficients de stabilité sont menés :

- pour une situation provisoire, sur un talus de déchets quelconque lorsque le stock est en cours de constitution ;
- Pour une situation définitive, suivant le profil de talus périphérique le plus défavorable ; pour les autres talus, de géométrie plus favorable, les coefficients de sécurité sont forcément plus élevés.

3 - Résultats des calculs de stabilité

Décret du 14 mai 1991

Les sorties graphiques sont consultables en pages suivantes (figures 1 à 7). Les résultats synthétiques résumés dans le tableau suivant :

Situation	Terrains / rupture concernés	Hauteur de talus	Pente / risbermes	Coefficient de sécurité minimal calculé	Figure
Provisoire	Déchets	25 m	2/1, sans risbermes	1.30	1
	Déchets	35 m	2/1 avec 1 risberme de 10 m de largeur	1.29	2
Définitive	Déchets	30 m	3/1, avec risbermes de 5 m de largeur	1.49	3
	Digue aval – Talus externe	15 m	Variable	1.63	4
	Digue aval – Talus interne	10 m	3/1	2.85	5
	Déchets + Digue aval	45 m	Variable	1.59	6
	Rupture générale : Déchets + Digue aval + Plate-forme bassins	60 m	Variable	1.90	7

Les calculs de stabilité effectués en situation provisoire montrent qu'avec une pente de talus de déchets de 2/1, sur une hauteur de 25 m, le coefficient de sécurité au glissement est égal à 1.3 (fig. 1), ce qui est satisfaisant pour une configuration provisoire. Pour des talus de hauteurs supérieures, il sera nécessaire d'établir une risberme intermédiaire de 10 m de largeur (fig. 2 : pour une hauteur de 35 m).

Pour les talus définitifs, sur la base du profil le plus défavorable, les coefficients de sécurité minimaux, obtenus en rupture locale (fig. 3 à 6) ou générale (fig.7), sont systématiquement supérieurs ou de l'ordre de 1.5.

Décret du 22 octobre 2010

Le calcul a été repris sur le profil de déchets le plus défavorable, en situation définitive, correspondant à la figure 3.

Le coefficient de sécurité est de 1,27 ce qui est satisfaisant sous sollicitation sismique (nouvelle figure 3 après la figure 7).

En situation provisoire le coefficient reste supérieur à 1.

4 - Conclusions

Pour les hypothèses moyennes prises en compte, la stabilité des ouvrages peut donc être considérée comme satisfaisante.

5 - Recommandations complémentaires

Lors de la définition détaillée des ouvrages, une attention particulière sera portée sur la conception et le choix des matériaux constitutifs des remblais de digues et diguettes, ceci afin de réaliser un ouvrage parfaitement stable.