

# SOMMAIRE

<b>I. PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE DE DANGERS</b> .....	<b>3</b>
<b>I.1. Objectif et contenu de l'étude de dangers</b> .....	<b>3</b>
<b>I.2. Structure de l'étude de dangers et textes réglementaires</b> .....	<b>3</b>
<b>II. PRÉSENTATION DE L'INSTALLATION ET DE SON ENVIRONNEMENT</b> .....	<b>4</b>
<b>II.1. Nature des activités exercées</b> .....	<b>4</b>
II.1.1. Rappel des principales activités .....	4
II.1.2. Descriptif de l'exploitation.....	6
<b>II.2. Contexte environnant</b> .....	<b>7</b>
<b>III. METHODOLOGIE DE L'ANALYSE DES RISQUES</b> .....	<b>9</b>
<b>III.1. Méthodologie d'identification des dangers</b> .....	<b>9</b>
<b>III.2. Méthodologie de l'analyse préliminaire des risques (APR)</b> .....	<b>10</b>
III.2.1. Estimation de la probabilité initiale (PI).....	10
III.2.2. Estimation de l'intensité des effets .....	11
III.2.3. Estimation de la gravité .....	11
III.2.4. Estimation de la criticité initiale.....	12
<b>III.3. Méthodologie de l'étude détaillée de réduction des risques (EDRR)</b> .....	<b>13</b>
III.3.1. Cinétique .....	13
III.3.2. Évaluation de la probabilité .....	17
III.3.3. Détermination de la criticité .....	23
<b>IV. ANALYSE DES RISQUES</b> .....	<b>24</b>
<b>IV.1. Identification des dangers présents sur site</b> .....	<b>24</b>
IV.1.1. Dangers liés aux procédés d'exploitation .....	24
IV.1.2. Dangers liés aux produits présents sur le site .....	25
IV.1.3. Accidentologie / Retour d'expérience .....	26
IV.1.4. Réduction des potentiels de dangers .....	28
IV.1.5. Risques d'agression externes .....	29
<b>IV.2. Analyse Préliminaire des Risques (APR)</b> .....	<b>30</b>
IV.2.1. Identification des événements dangereux .....	32
IV.2.2. Synthèse des événements redoutés .....	33
IV.2.3. Estimation de l'intensité et de la gravité des phénomènes retenus .....	34
IV.2.4. Synthèse et estimation de la criticité initiale .....	38
<b>V. MOYENS DE PREVENTION ET D'INTERVENTION</b> .....	<b>39</b>
<b>V.1. Moyens de prévention</b> .....	<b>39</b>
V.1.1. Dispositions constructives .....	39
V.1.2. Prévention contre les pollutions accidentelles .....	39
V.1.3. Prévention contre les éboulements, effondrements, chutes .....	40
V.1.4. Prévention contre les collisions .....	40
V.1.5. Protection contre la foudre .....	40
V.1.6. Actes de malveillance.....	40
V.1.7. Contrôles.....	41
<b>V.2. Moyens d'intervention</b> .....	<b>41</b>
V.2.1. Moyens d'intervention internes.....	41
V.2.2. Moyens d'intervention externes.....	42
<b>V.3. Moyens de suivi et de surveillance</b> .....	<b>42</b>

# INDEX DES ANNEXES ET FIGURES

---

## ➤ LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : ETUDE DE STABILITE DU CASIER AMIANTE.....	43
--	----

## ➤ LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Situation du site du Merdy sur carte IGN.....	7
Figure 2 : Cartographie des flux thermiques.....	37

## ➤ LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Grille de cotation de la probabilité initiale pour l'APR.....	10
Tableau 2 : Grille d'évaluation de la gravité d'un événement issue de l'Arrêté du 29/09/2005 et de la circulaire du 10/02/2010.....	11
Tableau 3 : Règles de calculs du nombre de personnes exposées selon l'occupation des sols.....	12
Tableau 4 : Matrice des risques pour la hiérarchisation de l'APR.....	12
Tableau 5 : Cinétique pré-accidentelle des évènements initiateurs.....	14
Tableau 6 : Cinétique post-accidentelle des évènements.....	16
Tableau 7 : Tableau de cotation et d'appréciation des classes de probabilité - Arrêté du 29/09/05.....	17
Tableau 8 : Niveaux de confiance pour des systèmes techniques simples de sécurité (Extrait et adapté de la norme CEI-EN-61508/Tab.1 de l'Omega 10).....	21
Tableau 9 : Niveaux de confiance pour des systèmes techniques complexes de sécurité (Extrait et adapté de la norme CEI-EN-61508/Tab.2 de l'Omega 10).....	21
Tableau 10 : Évaluation d'un niveau de confiance en fonction de sa probabilité moyenne de défaillance (Tab.5 de l'Omega 10).....	22
Tableau 11 : Classes de probabilités définies par l'Arrêté du 29 septembre 2005.....	23
Tableau 12 : Grille de criticité des évènements (couple Gravité – Probabilité).....	23
Tableau 13 : Évènements dangereux accidentels liés aux activités du site.....	32
Tableau 14 : Synthèse des évènements dangereux critiques redoutés de l'APR.....	33
Tableau 15 : Flux thermiques rayonnés pour les scénarii d'incendie.....	36
Tableau 16 : Synthèse des phénomènes dangereux retenus au niveau de l'APR et de leur caractérisation en termes de probabilité initiale et de gravité.....	38

# **I. PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE DE DANGERS**

## **I.1. OBJECTIF ET CONTENU DE L'ETUDE DE DANGERS**

L'étude des dangers doit permettre une approche rationnelle et objective des risques encourus par les personnes ou l'environnement. Elle a pour le législateur trois objectifs :

- ⇒ Améliorer la réflexion sur la sécurité à l'intérieur de l'entreprise.
- ⇒ Favoriser le dialogue technique avec les autorités d'inspection pour la prise en compte des parades techniques et organisationnelles, dans l'Arrêté d'autorisation.
- ⇒ Informer le public dans la meilleure transparence possible en lui fournissant des éléments d'appréciation clairs sur les risques.

Pour cela, l'étude des dangers doit mettre en évidence les accidents susceptibles d'intervenir, les conséquences prévisibles et les mesures de prévention propres à en réduire la probabilité et les effets. Elle décrit les moyens présents sur le site, pour intervenir sur un début de sinistre, et les moyens de secours publics qui peuvent être sollicités.

La description des accidents susceptibles d'intervenir découle du recensement des sources de risques, étant entendu que les accidents peuvent avoir une origine interne ou externe.

L'évaluation des conséquences d'un accident nécessite une description de la nature et de l'extension des impacts sur l'environnement. Cet examen prend en compte les caractéristiques du site et de l'installation.

Les mesures de prévention prises, compte tenu des causes et des conséquences des accidents possibles, sont précisées en vue d'améliorer la sûreté de l'installation.

Enfin, les moyens de secours privés disponibles en cas de sinistre sont recensés.

## **I.2. STRUCTURE DE L'ETUDE DE DANGERS ET TEXTES REGLEMENTAIRES**

L'étude des dangers est structurée de la manière suivante :

- Un rappel des activités développées sur l'installation étudiée.
- La méthodologie d'analyses des risques utilisée.
- L'analyse des risques incluant une identification des dangers, puis une analyse préliminaire des risques (APR) et enfin une étude détaillée de réduction des risques (EDRR).
- Une description des moyens de prévention et d'intervention.

Elle s'articule autour des principaux textes réglementaires suivants :

- Le code de l'Environnement et notamment ses articles L.511-1 et suivants relatifs aux Installations Classées et l'article D181-15-2 relatif à l'autorisation environnementale.
- L'Arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation.

Les fiches techniques de la circulaire DEVP 1013-7612C du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003.

## II. PRÉSENTATION DE L'INSTALLATION ET DE SON ENVIRONNEMENT

### II.1. NATURE DES ACTIVITES EXERCEES

*Note : l'installation classée et son contexte ont déjà fait l'objet de descriptifs détaillés dans la demande administrative et dans l'étude d'impact, auxquelles ou pourra se reporter. On rappellera dans ce paragraphe les principaux éléments permettant de cadrer le projet, au regard de la nature des dangers potentiels susceptibles d'être induits par le fonctionnement de ce type d'exploitation.*

Le présent projet porté par la société GUENNEAU TP concerne la poursuite d'une installation de stockage de déchets d'amiante lié à des matériaux inertes, déchets classés comme non dangereux non inertes, et de déchets inertes sur l'emprise actuelle des deux installations en activité (installation de stockage de déchets et ancienne carrière), sur la commune de Kerlaz, dans le département du Finistère (29).

#### II.1.1. RAPPEL DES PRINCIPALES ACTIVITES

La société GUENNEAU TP sollicite dans le cadre de la présente demande :

- l'autorisation de poursuivre l'exploitation de l'ISDND sur une surface totale de 5 ha 48 a 00 ca dont 4 ha 11 a 30 ca de surface d'exploitation :
  - la poursuite de l'accueil de déchets d'amiante lié à des matériaux inertes à hauteur de 2 500 t/an (63 000 tonnes au total),
  - la poursuite de l'accueil de déchets inertes à hauteur de 13 000 t/an au maximum, dont 3 000 tonnes recyclés (300 000 tonnes au total),
- l'extension sur une surface de 25 340 m<sup>2</sup> permettant une régularisation afin de prendre en compte l'accès au site ainsi que les différents aménagements (bassins et piste),
- l'autorisation d'exploiter une installation mobile de concassage-criblage d'une puissance totale de 500 kW, associée à une station de transit de matériaux d'une surface de 19 000 m<sup>2</sup>, pour le recyclage d'une partie des déchets inertes accueillis sur le site.

Les principales caractéristiques d'exploitation associées à ce projet sont détaillées dans la demande administrative. Elles sont synthétisées dans la fiche de synthèse jointe ci-après :

# FICHE DE SYNTHÈSE

IDENTIFICATION DU DEMANDEUR			
Raison sociale :	GUENNEAU TRAVAUX PUBLICS		
Raison sociale :	Siège :		Site :
GUENNEAU TRAVAUX PUBLICS	Lieu-dit « Avel Mor »		Lieu-dit « Le Merdy »
Adresse du siège et du site :	29 100 KERLAZ		29 100 KERLAZ
Adresse du siège et du site :	Tél : 02.98.92.19.06		
Coordonnées :	Fax : 02.98.92.41.47		
N° immatriculation (SIRET) :	343 712 618 000 100		
Personne suivant la demande :	Monsieur Frédéric DROUES (ACCTER)		
Signataire de la demande :	Monsieur Hubert LE ROUX, Président de HURIS - Groupe LE ROUX, représentant légal de la société GUENNEAU TP		
LOCALISATION			
Finistère (29)	Finistère (29)		
Commune :	Kerlaz		
N° immatriculation (SIRET) :	Le Merdy		
Coordonnées du site (Lambert 93) :	X = 150,95 km à 160,03 km	Y = 6 800,78 à 6 801,05 km	Z = 55 à 76 m NGF
RÉGIME ICPE			
Monsieur Frédéric DROUES (ACCTER)	2760-2	Installation de stockage de déchets non dangereux autres que celles mentionnées au 3.	
Signataire de la demande : Monsieur Hubert LE ROUX (Président de HURIS - Groupe LE ROUX, représentant légal de la société GUENNEAU TP)	3540	Installation de stockage de déchets autre que celles mentionnées à la rubrique 2720 et 2780-3	
Rubriques ICPE concernées :	2760-3	Installation de stockage de déchets inertes	
Département : Finistère (29)	2515-1b	Broyage, concassage, criblage, etc. de produits minéraux naturels ou artificiels ou de déchets non dangereux inertes	
Autres rubriques :	2517	Station de transit de produits minéraux ou de déchets non dangereux inertes autres que ceux visés par d'autres rubriques	
Arrêtés Préfectoraux en vigueur :	AP du 21/06/2007 et APc du 05/04/2017		
NATURE ET VOLUME DES ACTIVITÉS			
Durée de vie :	30 ans		
Surface totale du projet :	8 ha 01 a 40 ca		
Surface d'exploitation :	4 ha 11 a 30 ca		
Coordonnées du site (Lambert 93) :	X = 150,95 km à 160,03 km		
Surface totale de l'alvéole amianté :	6 360 m <sup>2</sup>		
Cote maximale de stockage :	Y = 6 800,78 à 6 801,05 km		
Capacité d'accueil de déchets d'amiante lié :	Z = 55 à 76 m NGF	2 500 m <sup>3</sup> /an maximum	63 000 t (63 000 m <sup>3</sup> ) au total
Capacité d'accueil de déchets inertes :	RÉGIME ICPE	100 t/an (8 125 m <sup>3</sup> /an) maximum	300 000 t (187 500 m <sup>3</sup> ) au total
Rubriques ICPE concernées :	Quantité de déchets inertes recyclés :		
Quantité de déchets inertes recyclés :	3 000 t/an au maximum		
60 000 t au total maximum	Puissance de l'installation mobile de concassage :		
500 kW			
SENSIBILITÉ ENVIRONNEMENTALE			
Occupation des sols :	Ancienne carrière et installation de stockage de déchets inertes et d'amiante lié.		
Eau :	Ruisseau temporaire du Névet passant au Nord et à l'Ouest, thalweg au Sud.		
Vieau naturel :	Absence de zonage de protection sur l'emprise ou à proximité immédiate du site.		
Installation de stockage de déchets autre que celles mentionnées à la rubrique 2720 et 2780-3	Type de paysage : vallée, bocage / Large visibilité depuis le bord opposé de la vallée (lieu-dit : Clémentec).		
Paysage :			
Natura 2000	Le site Natura 2000 le plus proche est la ZSC « Cap Sizun » située à 7,4 km au Nord-Ouest.		
Autres rubriques :			
RAISONS DU CHOIX DU PROJET			
Poursuite d'une activité existante			
Réponse à l'augmentation de la demande locale, observée depuis plusieurs années			
Volonté de disposer d'un site de stockage de déchets pour les chantiers de la société GUENNEAU TP et ceux du groupe LE ROUX ainsi que d'autres sociétés			
Broyage, concassage, criblage, etc. de produits minéraux naturels ou artificiels ou de déchets non dangereux inertes			
Installation d'un site de transit de produits minéraux ou de déchets non dangereux inertes			
Mise en place d'un projet de réaménagement global du site, favorisant son insertion paysagère à long terme			
Préservation des emplois de la société GUENNEAU TP			

Au regard de la législation relative aux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement, la poursuite des activités de la société GUENNEAU TP sur le site du Merdy intègre les rubriques suivantes de la nomenclature ICPE :

- **3540** : Installation de stockage de déchets autre que celles mentionnées à la rubrique 2720 et 2760-3 - AUTORISATION
- **2760-2** : Installations de stockages de déchets autres que celles mentionnées à la rubrique 2720 – AUTORISATION
- **2760-3** : Installations de stockage de déchets autres que celles mentionnées à la rubrique 2720 – ENREGISTREMENT
- **2515-1b**: Installations de traitement des matériaux – ENREGISTREMENT
- **2517**: Station de transit de produit – ENREGISTREMENT

## **II.1.2. DESCRIPTIF DE L'EXPLOITATION**

*Cf. descriptif du projet aux chapitres III et IV de la demande administrative*

### **➤ CASIER AMIANTE**

Le casier amiante sera d'une surface de 6 360 m<sup>2</sup> et sera située sur la partie Sud du site du Merdy.

### **➤ PLATE-FORME DE RECYCLAGE ET DE STOCKAGE**

La plate-forme de recyclage et de stockage des déchets inertes (environ 19 000 m<sup>2</sup>) est localisée sur la partie Sud du site, au Sud du de l'alvéole consacrée aux déchets d'amiante liée.

Les installations mobiles de traitement des déchets inertes à recycler du site du Merdy comprennent:

- un concasseur,
- une chargeuse.

### **➤ INSTALLATIONS**

Le site du Merdy disposera des installations connexes suivantes :

- un portique de détection des rayonnements ionisants qui sera positionné sur le site près du pont à bascule,
- une aire de stationnement temporaire.

### **➤ CIRCUIT DES EAUX**

Le circuit des eaux du site du Merdy comprend :

- La circulation de ces eaux au sein de deux bassins de décantation,
- Le rejet des eaux décantées dans le ruisseau du Névet au Nord-Ouest du site,

Les eaux de ruissellement des eaux de la zone amiante seront redirigées vers un des bassins de décantation alors que les eaux concernées par à la zone de stockage et de recyclage des déchets inertes seront dirigées vers le deuxième bassin de décantation.

Les eaux du bassin attitré au casier amiante passeront également par le deuxième bassin avant d'être rejetées dans le milieu naturel.

## II.2. CONTEXTE ENVIRONNANT

Cf. chapitre II- État initial - de l'étude d'impact

Le site du Merdy est localisé au sud du bourg de Kerlaz au lieu-dit du « Merdy ». Le site s'inscrit dans un environnement rural marqué par des bocages et un secteur boisé. La figure ci-après précise l'emplacement du site du Merdy.

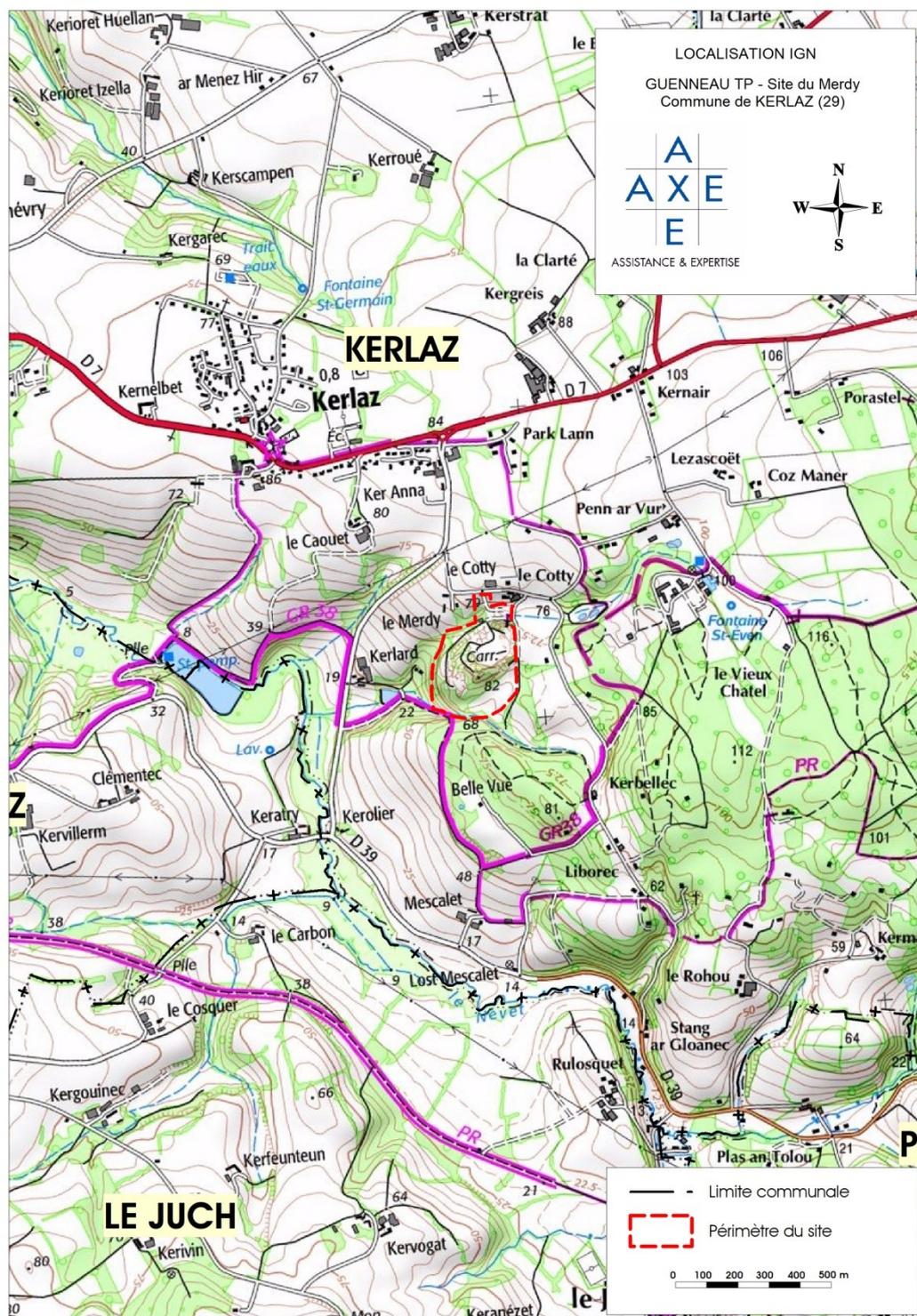


Figure 1 : Situation du site du Merdy sur carte IGN

L'habitat périphérique se concentre dans le bourg de Kerlaz, à 0,8 km au Nord-Ouest. Ailleurs, et notamment en direction du site, l'habitat est essentiellement traditionnel (constructions en pierre aménagées / restaurées) et dispersé (exploitations agricoles). Les hameaux les plus proches du périmètre de la zone d'exploitation du site du Merdy sont récapitulés ci-après :

- Le Cotty : ..... 70 m au Nord
- Le Merdy : ..... 95 m au Nord-Est
- Kerlard : ..... 80 m à l'Ouest
- Coz-Castel : ..... 265 m à l'Ouest
- Belle Vue : ..... 305 m au Sud
- Kerolier : ..... 490 m au Sud-Ouest
- Kerbellec : ..... 380 m au Sud-Est
- Keratry : ..... 550 m au Sud-Ouest
- Le Vieux Châtel : ..... 460 m à l'Est

L'établissement recevant du public (ERP) le plus proche du site est l'école primaire du bourg de Kerlaz située à 0.8 km au Nord-Ouest du site.

### **III. METHODOLOGIE DE L'ANALYSE DES RISQUES**

---

L'analyse des risques est réalisée en trois grandes étapes dont la méthodologie est précisée ci-après :

- ⇒ Dans un premier temps, l'identification des dangers potentiels associés à l'installation étudiée.
- ⇒ Dans un second temps, une Analyse Préliminaire des risques (APR), destinée à identifier les principaux événements redoutés.
- ⇒ Dans un troisième temps, une Étude Détaillée de Réduction des Risques (EDRR), destinée à étudier de façon plus précise les phénomènes dangereux redoutés résultant de l'APR et permettre d'en évaluer la probabilité.

---

*Note :* Pour une meilleure compréhension de cette approche d'évaluation des risques, il convient de distinguer la notion de « danger » (qui correspond à l'élément source de risque, comme par exemple une bonbonne de gaz) de la notion de « risque » (qui correspond à la mise en œuvre du danger et qui aura des conséquences plus ou moins graves selon l'exposition des personnes, comme par exemple l'explosion d'une bonbonne de gaz).

---

#### **III.1. METHODOLOGIE D'IDENTIFICATION DES DANGERS**

Cette étape de l'étude a pour objectif d'identifier les dangers potentiels associés au stockage et recyclage de déchets inertes ainsi que le stockage de déchets d'amiante lié.

Cette identification des dangers pourra en outre s'appuyer sur les retours d'expérience en matière d'incidents ou d'accidents, survenus soit dans l'établissement étudié, soit sur des établissements similaires.

Enfin, l'appréciation pourra également être mesurée au regard de la réduction des potentiels de dangers inhérents aux modalités d'exploitation permettant de réduire voire supprimer un danger.

---

*Note :* Concernant des événements ou des éléments externes au site d'exploitation et susceptibles d'avoir des répercussions sur les dangers propres à cette installation, ceux-ci constituent des causes indirectes d'incidents ou d'accidents qui seront le cas échéant pris en compte dans l'analyse des risques de l'installation. Ils ne seront donc pas identifiés ici comme des dangers propres à l'établissement étudié.

---

## III.2. METHODOLOGIE DE L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES (APR)

L'Analyse Préliminaire des Risques (APR) a pour objectif, sur la base des dangers potentiels identifiés lors de la première étape et de l'accidentologie (interne et externe), d'identifier de la manière la plus exhaustive possible l'ensemble des phénomènes dangereux susceptibles de se produire et de les caractériser.

L'APR présente l'intérêt de pouvoir préciser les éléments de maîtrise des risques qui permettent d'en limiter l'occurrence (diminution de la probabilité) ou l'intensité, l'existence de mesures préventives se traduisant par **l'absence de répercussion hors de l'établissement étudié**, permettant ainsi de considérer que le risque est maîtrisé.

Les événements redoutés qui sont quant-à-eux retenus pour être étudiés de façon plus approfondie dans l'Étude Détaillée de Réduction des Risques (EDRR) sont les événements pour lesquels :

- les éléments préventifs ne permettent pas de maîtriser convenablement les risques (ce qui entraîne une possible répercussion hors des limites de l'établissement étudié) ;
- la gravité des conséquences n'est pas clairement explicite (étendue du risque non déterminée, nombre de personnes susceptibles d'être impact non défini, ...).

Cette caractérisation est réalisée sous la forme d'une cotation initiale des phénomènes dangereux identifiés en termes de probabilité, d'intensité des effets et de cinétique de développement, sur la base de la méthodologie détaillée dans les paragraphes ci-après.

La cotation initiale est effectuée par le groupe de travail et en conséquence, libre à ce dernier de retenir les échelles qui lui semblent le mieux adaptées. Il convient néanmoins que les échelles retenues soient compatibles avec les objectifs de l'étude des dangers (protection des tiers).

Les échelles retenues dans cette étude sont présentées ci-dessous.

### III.2.1. ESTIMATION DE LA PROBABILITE INITIALE (PI)

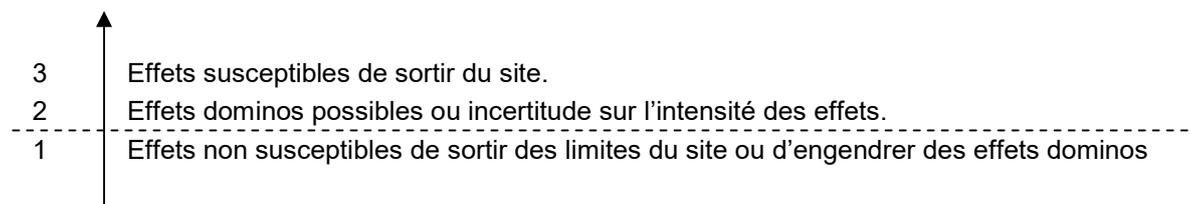
Pour l'estimation de la probabilité initiale (PI), une échelle de classification à 5 niveaux, basée sur le niveau qualificatif de la grille qui découle de l'Arrêté du 29/09/2005, est retenue :

Échelle Qualitative	
Évènement courant	Qui s'est produit sur le site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie de l'installation, malgré d'éventuelles mesures correctives
Évènement probable	Qui s'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie de l'installation
Évènement improbable	Qui s'est déjà produit dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité
Évènement très improbable	Évènement qui s'est déjà produit dans ce secteur d'activité mais à fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité
Évènement possible mais extrêmement peu probable	Évènement qui n'est pas impossible au vu des connaissances actuelles, mais non rencontré au niveau mondial sur un très grand nombre d'années et d'installations

Tableau 1 : Grille de cotation de la probabilité initiale pour l'APR

### III.2.2. ESTIMATION DE L'INTENSITE DES EFFETS

Pour l'estimation de l'intensité des effets, une échelle simple est retenue, à savoir :



Dans cette échelle, les phénomènes dangereux, dont l'intensité des effets estimée est 1 (effets internes à l'établissement et relevant par conséquent du domaine du Code du Travail), ne sont pas retenus pour l'EDRR.

La modélisation des phénomènes dangereux à l'origine d'effets éventuels d'intensité 2 permettra de lever d'éventuelles incertitudes et d'identifier ceux susceptibles d'occasionner des effets dominos.

Ils pourront ainsi être retenus comme phénomènes dangereux si leurs effets sont susceptibles de sortir des limites de site ou comme évènement initiateur d'un autre phénomène dangereux.

### III.2.3. ESTIMATION DE LA GRAVITE

Pour chacun des phénomènes dangereux identifiés et pour lesquels les effets sont susceptibles de sortir des limites du site, une évaluation de la gravité est également réalisée.

En particulier, les effets thermiques, rayons de surpression, distances des seuils d'effets pour les émissions atmosphériques peuvent être quantifiés par des modélisations et comparés aux seuils de référence définis dans l'Arrêté du 29 septembre 2005 et la circulaire du 10 mai 2010. En parallèle, une évaluation de la sensibilité de l'environnement humain de l'établissement est réalisée.

Ces éléments permettent de définir les niveaux de gravité selon le tableau ci-dessous :

Niveau de gravité des conséquences	Zone délimitée par le seuil des effets létaux significatifs (SELS)	Zone délimitée par le seuil des effets létaux (SEL)	Zone délimitée par le seuil des effets irréversibles sur la vie humaine (SEI)
Désastreux	Plus de 10 personnes exposées *	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 1 000 personnes exposées
Catastrophique	Moins de 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes	Entre 100 et 1 000 personnes exposées
Important	Au plus 1 personne exposée	Entre 1 et 10 personnes	Entre 10 et 100 personnes exposées
Sérieux	Aucune personne exposée	Au plus 1 personne exposée	Moins de 10 personnes exposées
Modéré	Pas de zone de létalité hors de l'établissement		Présence humaine exposée à des effets irréversibles inférieure à « une personne »

\* Personne exposée : en tenant compte le cas échéant des mesures constructives visant à protéger les personnes contre certains effets et la possibilité de mise à l'abri des personnes en cas d'occurrence d'un phénomène dangereux si la cinétique de ce dernier et de la propagation de ses effets le permettent.

**Tableau 2 : Grille d'évaluation de la gravité d'un évènement issue de l'Arrêté du 29/09/2005 et de la circulaire du 10/02/2010**

Pour les évènements étudiés autres que ceux pour lesquels l'Arrêté du 29 septembre 2005 fixe des seuils de références ou difficilement modélisables, le risque pourra être apprécié sur un mode qualitatif ou semi-quantitatif et être comparé à cette grille d'évaluation de la gravité.

Le nombre de personne exposée est calculé à partir de la fiche technique N°1 « Éléments pour la détermination de la gravité des accidents » de la circulaire du 10 mai 2010, qui définit les règles de comptages des personnes susceptibles d'être exposées à des effets létaux ou irréversibles.

Pour exemple, on précisera ci-après la détermination du nombre de personnes potentiellement exposées en fonction de différents types d'occupation des sols :

Type de zone	Nombre de personnes exposées
Habitat en zone rurale	20 personnes / ha
Habitat en zone semi-rurale	40-50 personnes / ha
Habitat en zone urbaine	400-600 personnes / ha
Champs, prairies, forêts, friches...	1 personne / 100 ha
Voie routière non saturée	0,4 personnes / km / 100 véhicules-jour
Voie ferrée	0,4 personnes / km / train de voyageurs
Chemins de randonnées, de promenade	2 personnes / km / 100 promeneurs-jour

**Tableau 3 : Règles de calculs du nombre de personnes exposées selon l'occupation des sols**

### III.2.4. ESTIMATION DE LA CRITICITE INITIALE

Les phénomènes identifiés au cours de l'analyse préliminaire des risques, une fois évalués en termes de probabilité initiale et gravité, peuvent alors être hiérarchisés grâce à une « matrice des risques ».

La matrice utilisée est la suivante :

Gravité \ Probabilité	Extrêmement peu probable	Très improbable	Improbable	Probable	Courant
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux					
Modéré					



Évènement nécessitant d'être retenu dans l'étude détaillée de réduction des risques (analyse semi-quantitative de la probabilité d'occurrence avec prise en compte des mesures de maîtrise des risques).



Évènement non retenu pour l'étude détaillée de réduction des risques, pouvant être estimé comme acceptable.

**Tableau 4 : Matrice des risques pour la hiérarchisation de l'APR**

### **III.3. METHODOLOGIE DE L'ETUDE DETAILLEE DE REDUCTION DES RISQUES (EDRR)**

L'objectif de l'**Étude Détaillée de Réduction des Risques (EDRR)** est de démontrer le degré de maîtrise des risques pour chacun des évènements redoutés identifiés dans l'APR de l'étape précédente.

Pour cela, l'objectif est de pouvoir préciser les éléments de maîtrise des risques qui permettent d'en limiter l'occurrence ou la gravité (l'existence de mesures préventives se traduisant par l'absence de répercussion hors de l'établissement étudié permet ainsi de considérer que le risque est maîtrisé).

A ce titre, elle est appliquée suivant la méthodologie suivante :

1. Apprécier la probabilité des phénomènes redoutés identifiés au niveau de l'APR comme nécessitant cette analyse détaillée (cases « rouges » dans la matrice des risques précédente) :
  - Une évaluation plus précise de la probabilité en déterminant l'ensemble des scénarios pouvant mener aux accidents et phénomènes identifiés, et en établissant des arbres en causes,
  - Une estimation de la fiabilité des éléments de prévention permettant de réduire la probabilité de l'évènement redouté.
2. Déterminer la criticité d'un évènement redouté et ainsi mettre en évidence (ou non) les évènements majeurs à partir des couples probabilité / gravité obtenus.
3. En cas d'évènements majeurs, proposer des mesures complémentaires permettant de supprimer le risque d'accident majeur.

Cette méthodologie est issue de l'Arrêté ministériel du 29 septembre 2005 et de la circulaire du 10 Mai 2010.

L'Arrêté ministériel du 29 septembre 2005 détermine les seuils réglementaires pour apprécier l'intensité des effets physiques des phénomènes dangereux, la gravité des accidents et les classes de probabilité de ces phénomènes et accidents.

#### **III.3.1. CINETIQUE**

L'estimation de la cinétique permet de quantifier de façon plus ou moins précise le temps d'apparition d'un évènement.

Deux types de cinétique peuvent être déterminés :

- la cinétique pré-accidentelle, qui est la durée nécessaire pour aboutir à l'évènement redouté central, c'est à dire le délai entre l'évènement initiateur et la libération du potentiel de danger,
- la cinétique post-accidentelle, qui est déterminée par la dynamique du phénomène dangereux et l'exposition des cibles.

## ➤ CINETIQUE PRE ACCIDENTELLE

### ❖ Cinétique d'un incendie et de l'explosion

Afin de déterminer la cinétique pré-accidentelle, il faut prendre en compte la cinétique de l'ensemble des événements initiateurs puisqu'elle peut être différente selon les cas.

Par exemple, entre un échauffement et une étincelle, le délai avant d'atteindre une chaleur suffisante pour le déclenchement d'un incendie ou d'une explosion pourra varier de manière importante.

Le tableau ci-après précise le délai de formation de l'événement indésirable, c'est-à-dire le point d'ignition qui sera à l'origine d'une explosion ou d'un incendie si les autres conditions de déclenchement de cet événement sont réunies :

- pour une explosion : mise en suspension de poussières combustibles, atteinte de la LIE, confinement, présence d'air,
- pour un incendie : présence d'un comburant et d'un combustible.

Évènements initiateurs	Délai avant libération du potentiel de danger	Cause
Foudre	quelques millisecondes	Atteinte de l'énergie minimale d'inflammation
Électricité statique	quelques secondes	
Travail par point chaud	quelques minutes	
Flamme nue	quelques minutes	
Étincelle électrique	quelques secondes	
Point chaud d'origine mécanique	quelques minutes	Atteinte de la température d'auto échauffement

**Tableau 5 : Cinétique pré-accidentelle des événements initiateurs**

L'atteinte de l'énergie d'inflammation ou de la température d'auto-échauffement est variable selon les produits en cause. Il est donc nécessaire de rappeler les différentes caractéristiques d'inflammabilité vis-à-vis desquelles dépendra la cinétique pré-accidentelle :

- ⇒ **La combustibilité** est la capacité d'un produit à réagir avec un comburant (oxygène de l'air) avec développement de chaleur et de lumière.
- ⇒ **Le point d'éclair** est la plus faible température à laquelle il faut porter un liquide pour qu'une quantité suffisante de vapeurs soient émises pour obtenir une inflammation lorsqu'on applique une source d'allumage.
- ⇒ **La température d'auto-inflammation** est la température minimale à laquelle l'allumage est obtenu par chauffage en l'absence de toute source d'allumage auxiliaire.

La température d'auto-échauffement est la plus faible température d'un liquide ou d'un solide en l'absence d'air pour laquelle, dans des conditions spécifiées, des réactions avec dégagement de chaleur démarrent dans la substance ou à sa surface. Sous air, l'auto-échauffement peut conduire à l'auto-inflammation.

Avant l'incendie, la période d'induction plus ou moins longue est la durée pendant laquelle il est possible de détecter l'incendie. Il faut noter que les conditions de ventilation jouent également un rôle important dans l'évolution d'un incendie : quantité nécessaire de comburant (l'oxygène de l'air), pertes de chaleur par convection et par rayonnement.

### ❖ Cinétique d'une pollution

Dans le cas d'une pollution, les événements initiateurs peuvent concerner :

- une cause humaine (renversement, vanne de manœuvre ouverte...),
- une rupture ou une fuite du contenant.

Dans le cas d'une cause humaine, la cinétique pré-accidentelle est de l'ordre de la seconde, puisque la libération du potentiel de danger est immédiate dès l'évènement déclencheur.

Pour une rupture ou une fuite du contenant, la cinétique pré-accidentelle est généralement liée au degré d'usure du contenant et peut donc concerner plusieurs années. Cet évènement découle d'un mauvais entretien ou de conditions de stockage dégradées qui vont entraîner une détérioration du contenant plus ou moins rapide.

#### ❖ Cinétique d'une émission toxique

La cinétique pré-accidentelle d'une émission toxique pourra être variable, dépendante de l'évènement initiateur. Dans le cas d'émissions toxiques consécutives à un incendie (fumées), la cinétique pré-accidentelle est directement liée à la cinétique de l'incendie et donc de l'ordre de quelques millisecondes (foudre) à quelques minutes (point chaud, etc.).

Dans le cas d'un nuage de substance toxique, la cinétique pré-accidentelle varie en fonction de l'évènement à l'origine de la création de ce nuage : fuite d'une substance liquide avec évaporation de nappe, fuite d'une substance gazeuse, décomposition d'un produit sous l'effet de la chaleur, réaction chimique d'incompatibilité ou liée à un emballement, etc.

Elle peut donc être de l'ordre de la seconde (fuite sur canalisation, rupture de stockage, etc.) à plusieurs minutes voire heures (réaction chimique incontrôlée puis ouverture de soupape ou rupture de capacité).

## ➤ CINETIQUE POST ACCIDENTELLE

Plusieurs délais caractérisent la cinétique post accidentelle :

- Le délai d'occurrence d1 qui a lieu dès que les conditions nécessaires à un évènement sont réunies.
- Le délai de montée en puissance d2 jusqu'à un état stationnaire.
- Le délai d'atteinte des cibles d3.
- La durée d'exposition des cibles d4.

	<b>d<sub>1</sub> : délai d'occurrence</b>	<b>d<sub>2</sub> : délai de montée en puissance</b>	<b>d<sub>3</sub> : temps d'atteinte</b>	<b>d<sub>4</sub> : durée d'exposition</b>	<b>Cinétique de l'évènement</b>
<b>Incendie</b>	immédiat dès l'inflammation du produit	plusieurs minutes à plusieurs heures	immédiat car propagation du rayonnement à la vitesse de la lumière	immédiat à plusieurs heures selon les possibilités de mises à l'abri (l'estimation des conséquences est basée sur une durée inférieure ou égale à 2 minutes)	Plusieurs minutes à plusieurs heures. Phénomène immédiatement ressenti
<b>Explosion</b>	immédiat	quelques millisecondes car l'onde de choc provoquée par une explosion est instantanée	quelques millisecondes car les ondes de choc se transmettent à la vitesse du son dans l'atmosphère	quelques millisecondes	Immédiat. Phénomène immédiatement ressenti
<b>Pollution</b>	immédiat	plusieurs minutes	plusieurs minutes à plusieurs jours selon la distance des cibles, les compartiments touchés (eau/sol) et la configuration du terrain	plusieurs heures à plusieurs jours	Plusieurs heures à plusieurs jours. Phénomène immédiat pouvant être long selon la cible
<b>Émissions toxiques</b>	Immédiat dès formation des produits	plusieurs minutes à plusieurs heures	plusieurs minutes à plusieurs heures en fonction des conditions météorologiques notamment	plusieurs minutes à plusieurs heures selon les possibilités de mises à l'abri	Plusieurs minutes à plusieurs heures. Phénomène immédiat pouvant être long selon la cible

**Tableau 6 : Cinétique post-accidentelle des évènements**

### III.3.2. ÉVALUATION DE LA PROBABILITE

#### ➤ CLASSES DE PROBABILITES

Le tableau ci-après met en relation les ordres de grandeur ainsi que les appréciations quantitatives des probabilités qui vont être calculées. Ce tableau découle de l'Arrêté du 29/09/2005.

Classe de probabilité	E	D	C	B	A
Semi-quantitative	Échelle intermédiaire permettant de tenir compte des mesures de maîtrise des risques				
Quantitative	$10^{-5}$	$10^{-4}$	$10^{-3}$		$10^{-2}$

Tableau 7 : Tableau de cotation et d'appréciation des classes de probabilité - Arrêté du 29/09/05

L'objectif de ce tableau est de positionner chaque évènement dans une classe de probabilité allant de A à E, sur la base de l'évaluation semi quantitative ou quantitative de la probabilité.

Pour la réalisation de la présente étude de dangers, une évaluation semi-quantitative a été retenue. La méthode utilisée est décrite ci-dessous.

#### ➤ REALISATION DES NŒUDS PAPILLON

Une méthode de représentation des scénarii d'évènements dangereux par un système d'arborescence peut être utilisée. Ce type de représentation présente l'avantage d'une lecture simple et immédiate qui permet de faire ressortir les différentes causes pouvant être à l'origine d'un évènement majeur et leurs interrelations.

Le nœud papillon est un outil qui contient un arbre de défaillances et un arbre d'évènements. Il s'articule autour d'un évènement redouté central, avec :

- du côté gauche, l'arbre de défaillances qui s'attache à identifier les causes ou évènements initiateurs. Les liens entre ces évènements sont figurés par des portes « ET » ou « OU ». La porte « ET » signifie que l'ensemble des conditions amont doivent être présentes, tandis que la porte « OU » signifie que l'un des évènements amont suffit pour l'apparition de l'évènement indésirable.
- du côté droit, l'arbre des évènements dans lequel sont précisés les éventuels évènements redoutés secondaires et les phénomènes dangereux qu'ils peuvent entraîner ainsi que leurs conséquences (arbre des conséquences).

Ce type de représentation permet également de démontrer la bonne maîtrise des risques, avec la possibilité de superposer à ce logigramme les différentes barrières de sécurité préventive et de protection mises en œuvre. Ces nœuds papillon permettent ainsi la détermination des probabilités d'occurrence via une méthode semi-quantitative d'« approche par barrières ».

## ➤ DETERMINATION DE LA PROBABILITE

### ❖ Généralités

L'approche par barrière consiste tout d'abord à vérifier, sur la base de certains critères, si la barrière de sécurité peut être retenue pour le scénario étudié. Il est ensuite attribué un niveau de confiance aux barrières de sécurité retenues.

La combinaison de la fréquence d'occurrence de l'événement initiateur et des niveaux de confiance des barrières de sécurité participant à la maîtrise d'un même scénario, permet d'estimer une classe de probabilité d'occurrence du scénario.

Cette démarche découle de travaux menés par l'INERIS dans le cadre de programmes de recherche financés par le Ministère chargé de l'environnement, à savoir le DRA 39 « *Évaluation des barrières de sécurité de prévention et de protection utilisées pour réduire les risques d'accidents majeurs* », le DRA-34 « *Analyse des risques et prévention des accidents majeurs* », ainsi que de diverses études réalisées par la Direction des Risques Accidentels.

La probabilité d'un événement initiateur est issue de l'expérience et elle inclut des barrières de sécurité et leur efficacité. On considère notamment :

- La résistance des matériels mis en jeu.
- Les procédures internes de sécurité mises en œuvre.
- Les procédures de sécurité qui permettent d'éviter l'évènement initiateur (source d'ignition par exemple).

Cependant, la probabilité des événements initiateurs reste très souvent aléatoire, en l'absence de données bibliographiques suffisantes à l'heure actuelle.

En conséquence, dans la présente étude, la démarche suivante a été retenue :

1. Prise en compte de la probabilité de l'événement initiateur lorsque celle-ci existe et s'avère fiable.
2. Prise en compte des barrières organisationnelles et techniques (ainsi que des caractéristiques intrinsèques) mises en place au regard des événements courants pour déterminer la probabilité de l'événement initiateur, chaque événement courant ayant par défaut une probabilité initiale de classe A (événement courant).
3. Comparaison, lorsque cela s'avère possible, de la probabilité de l'événement initiateur avec la probabilité du même événement initiateur déterminé pour une autre branche d'activité.

## ❖ Définitions

Afin de faciliter la compréhension de la démarche d'évaluation de la probabilité d'un évènement dangereux, on précisera ci-après quelques définitions sur les termes employés :

- ⇒ **Barrière technique de sécurité (BTS)** : barrière qui permet d'assurer une fonction de sécurité. Elle est constituée d'un dispositif de sécurité ou d'un système instrumenté de sécurité qui s'oppose à l'enchaînement d'événements susceptibles d'aboutir à un accident.
- ⇒ **Dispositif de sécurité** : c'est en général un élément unitaire, autonome, ayant pour objectif de remplir une fonction de sécurité, dans sa globalité. On distingue :
  - le dispositif passif, qui ne met en jeu aucun système mécanique,
    - le dispositif actif, qui met en jeu un dispositif mécanique (ressort, levier...).
- ⇒ **Efficacité** : l'efficacité d'une BTS est évaluée au regard de son aptitude à remplir la fonction de sécurité pour laquelle elle a été choisie, dans son contexte d'utilisation et pendant une durée donnée de fonctionnement. Cette aptitude s'exprime en pourcentage d'accomplissement de la fonction définie, en considérant un fonctionnement normal (non dégradé). Ce pourcentage peut varier pendant la durée de sollicitation de la barrière technique de sécurité.
- ⇒ **Système instrumenté de sécurité (SIS)** : combinaison de capteurs, d'unité de traitement et d'actionneurs (équipements de sécurité) ayant pour objectif de remplir une fonction ou sous fonction de sécurité.
- ⇒ **Équipement de sécurité** : élément d'un SIS qui remplit une sous-fonction de sécurité.
- ⇒ **Fonction de sécurité** : fonction ayant pour but la prévention et la protection d'événements redoutés. Les fonctions de sécurité identifiées peuvent être assurées à partir de barrières techniques de sécurité, de barrières organisationnelles (activités humaines), ou plus généralement par la combinaison des deux.
  - une même fonction de sécurité peut être réalisée par différentes barrières de sécurité,
  - une fonction de sécurité peut se décomposer en sous-fonctions de sécurité liées.
- ⇒ **Niveau de confiance (NC)** : c'est une adaptation par l'INERIS des exigences des normes NF-EN 61508 et CEI 61511, notamment quant aux architectures des systèmes pour tous les équipements de sécurité, quelle que soit leur technologie.
- ⇒ **Principe de concept éprouvé** : un équipement simple est de conception éprouvée soit, lorsqu'il a subi des tests de « qualification » par l'utilisateur ou d'autres organismes, soit lorsqu'il est utilisé depuis plusieurs années sur des sites industriels et que le retour d'expérience sur son application est positif. Pour cela, on peut s'appuyer sur :
  - le retour d'expérience de l'utilisateur (exploitant, service maintenance, inspection...), voire du fournisseur,
  - l'accidentologie (retour d'expérience des accidents et incidents),
  - les standards indiqués par des syndicats professionnels.
- ⇒ **Redondance** : existence, dans une entité, de plus d'un moyen pour accomplir une fonction requise.
- ⇒ **Temps de réponse** : il correspond à l'intervalle de temps entre le moment où une barrière de sécurité, dans un contexte d'utilisation, est sollicitée et le moment où la fonction de sécurité assurée par cette barrière de sécurité est réalisée dans son intégralité. Il s'exprime en secondes.

## ❖ Critères de prise en compte des barrières

Les performances des mesures de maîtrise des risques doivent être évaluées et justifiées. Plus généralement, pour être prises en compte dans l'évaluation de la probabilité, les mesures de sécurité indépendantes doivent répondre à quatre critères :

### **Efficacité, Cinétique, Maintenabilité, Testabilité.**

L'INERIS a par exemple proposé deux méthodes d'évaluation de la performance des mesures de maîtrise des risques\* : l'une adaptée aux mesures techniques et la seconde méthode concernant les mesures organisationnelles, à travers des critères d'efficacité, d'indépendance, de temps de réponse et enfin, par l'attribution d'un niveau de confiance :

- ⇒ **L'indépendance** : il faut s'assurer que la mesure de sécurité est bien indépendante du procédé, des autres dispositifs et de l'exploitation.

L'efficacité ou capacité de réalisation (*Cf. définitions ci-dessus*) : elle est liée au dimensionnement du dispositif. L'évaluation en termes de capacité de réalisation passe par l'étude de trois critères :

- Concept éprouvé,
  - Dimensionnement adapté,
  - Résistance aux contraintes spécifiques.
- ⇒ **Le temps de réponse** (*Cf. définitions ci-dessus*) : le temps de réponse est à comparer à la cinétique du phénomène.
  - ⇒ **Le niveau de confiance (ou intégrité de sécurité)** : c'est la probabilité de défaillance à la sollicitation de la mesure de sécurité, dans son environnement d'utilisation, soit la probabilité qu'elle n'assure pas la fonction de sécurité pour laquelle elle a été choisie lorsqu'elle est sollicitée. Cette probabilité est calculée pour une capacité de réalisation et un temps de réponse donnés. La probabilité de défaillance est liée aux paramètres suivants :

- Type d'architecture,
- Principe de sécurité positive,
- Tolérance à la première défaillance,
- Comportement sur défaut (mise hors service, blocage ou dérive possible),
- Maintien dans le temps de la qualité de la mesure (existence de procédures de tests réguliers, de maintenance préventive, de procédures d'installation ou d'inspection/audits internes).

Ainsi, ces mesures doivent tout d'abord répondre au même critère d'indépendance et sont regroupées en deux catégories : **les mesures de pré-dérive** (ex : contrôle d'une température avant la mise en œuvre du process) et **les mesures de rattrapage de dérive** (ex : extinction d'un incendie par un opérateur).

Pour évaluer la performance de ces mesures, des pré-requis sont indispensables : la formation et l'habilitation des opérateurs, la coordination et la communication opérationnelle des acteurs (notamment dans le cas d'un travail d'équipe), l'entraînement et les exercices, l'encadrement du recours à la sous-traitance, ainsi que le critère de disponibilité des opérateurs. Ces critères sont impératifs pour considérer qu'une mesure de ce type est efficace.

---

\* OMEGA 10 - Évaluation des dispositifs de prévention et de protection utilisés pour réduire les risques d'accidents

❖ **Détermination du niveau de confiance (NC)**

Le niveau de confiance des barrières de sécurité est déterminé selon la méthode définie par l'INERIS.

Le niveau de confiance ne se substitue pas aux normes NF-EN 61508 et CEI 61511 relatives à la sécurité fonctionnelle. La démarche proposée est une méthode d'évaluation qualitative « simple » en vue d'évaluer la performance des barrières techniques et humaines de sécurité.

Les niveaux de confiance des barrières de sécurité sont basés sur :

- La fiche N°7 de la circulaire du 10 mai 2010.
- Le guide OMEGA 10 de l'INERIS portant sur l'évaluation des barrières techniques de sécurité.
- Le guide OMEGA 20 de l'INERIS portant sur l'évaluation des barrières humaines de sécurité.

♦ **Cas des barrières techniques de sécurité**

Avant de déterminer ce niveau de confiance pour les barrières techniques de sécurité (BTS), il est important de vérifier que cette BTS est de concept éprouvé, qu'elle est indépendante du procédé et qu'elle est indépendante d'une autre BTS. Le niveau de confiance est ensuite déterminé par :

- une proportion de défaillance en sécurité (ou Safe Failure Fraction – SFF) qui correspond au rapport du taux de défaillances détectées sur la somme des taux de défaillances du système. Cette valeur est généralement inférieure à 60% mais qui selon les cas (bon retour d'expérience, essais, niveau SIL selon la norme NF-EN 61511, etc.) peut augmenter vers des niveaux (SFF) de l'ordre de 99% ;
- une tolérance aux anomalies matérielles qui est l'équivalent d'une redondance.

On obtient alors un niveau de confiance défini selon les grilles données dans le rapport Oméga 10 de l'INERIS pour les systèmes techniques dits « simples » (vannes, relais, interrupteurs...) ou « complexes » (système capable de traiter une information).

Proportion de défaillances en sécurité	Tolérances aux anomalies matérielles (redondance de barrières de sécurité)		
	0	1	2
<60%	NC1	NC2	NC3
60 – 90 %	NC2	NC3	NC4
90 – 99 %	NC3	NC4	NC4
> 99 %	NC3	NC4	NC4

Tableau 8 : Niveaux de confiance pour des systèmes techniques simples de sécurité  
(Extrait et adapté de la norme CEI-EN-61508/Tab.1 de l'Omega 10)

IV. Proportion de défaillances en sécurité	V. Tolérances aux anomalies matérielles VI. (redondance de barrières de sécurité)		
	0	1	2
<60%	NC0	NC1	NC2
60 – 90 %	NC1	NC2	NC3
90 – 99 %	NC2	NC3	NC4
> 99 %	NC3	NC4	NC4

Tableau 9: Niveaux de confiance pour des systèmes techniques complexes de sécurité  
(Extrait et adapté de la norme CEI-EN-61508/Tab.2 de l'Omega 10)

♦ **Cas des dispositifs passifs de sécurité**

Pour déterminer le niveau de confiance d'un dispositif passif de sécurité (cuvette de rétention, mur coupe-feu, etc.), il faut déterminer sa probabilité moyenne de défaillance (ou taux de défaillance à la sollicitation/PFD). Une fois celle-ci estimée, le tableau suivant qui est inspiré de la norme NF EN 61508 permet de faire le lien avec le niveau de confiance.

Probabilité moyenne de défaillance	Sens d'évolution de la probabilité de défaillance	Niveau de confiance
$10^{-5} \leq \text{PFD} < 10^{-4}$		<b>VI.1.1.1.1.NC4</b>
<b>VI.1.1.1.2.</b> $10^{-4} \leq \text{PFD} < 10^{-3}$		NC3
$10^{-3} \leq \text{PFD} < 10^{-2}$		NC2
$10^{-2} \leq \text{PFD} < 10^{-1}$		NC1

**Tableau 10 : Évaluation d'un niveau de confiance en fonction de sa probabilité moyenne de défaillance (Tab.5 de l'Omega 10)**

L'exploitation des bases de données montre que le NC pour les murs coupe-feu et les cuvettes de rétention serait de 2.

Le niveau de confiance pourra être maintenu ou décoté en fonction des procédures et des moyens (maintenance, inspection...) mis en œuvre par l'industriel pour maintenir dans le temps le niveau de confiance du dispositif.

Note : en l'absence d'études spécifiques ou d'un retour d'expérience suffisant permettant d'apprécier la probabilité de défaillance d'un système, le niveau de confiance retenu par défaut sera NC1.

♦ **Cas des barrières humaines organisationnelles**

Pour les barrières organisationnelles et selon la fiche N°7 de la circulaire du 28/12/2006, le niveau de confiance initial à retenir est déterminé selon les critères suivants :

- **NC2**, dans le cas d'une mesure de pré-dérive réalisée par une personne dédiée spécifiquement à cette action (spécialiste),
- **NC1**, dans le cas d'une mesure de pré-dérive réalisée par l'opérateur chargé du process,
- **NC1**, dans le cas de mesures de rattrapage de dérive (intervention sur un incident).

Dans un second temps, conformément aux recommandations de l'INERIS, ce niveau de confiance pourra être maintenu ou décoté, en fonction :

- de la simplicité de détection de l'évènement anormal,
- de la simplicité du diagnostic, quant aux choix de l'opération à mener pour empêcher le scénario redouté de se produire,
- de la simplicité de l'action de sécurité à conduire pour éviter ou en réduire les effets,
- de la pression temporelle à laquelle sont soumis les intervenants, si le temps d'intervention doit être bref ou si la cinétique des événements menant à l'accident est rapide.

♦ **Formations et consignes**

Les formations et consignes de sécurité sont des éléments qui participent à la fiabilité et au maintien du niveau de confiance d'autres barrières de sécurité. De ce fait, **aucun niveau de confiance ne leur est appliqué** de manière spécifique et elles ne sont pas prises en compte dans la détermination de la probabilité.

❖ **Détermination de la probabilité**

Pour rappel, il existe 5 classes de probabilités définies dans l'Arrêté du 29/09/2005. Elles sont indiquées ci-dessous :

Classe	E	D	C	B	A
Probabilité	$10^{-5}$	$10^{-4}$	$10^{-3}$	$10^{-2}$	

**Tableau 11 : Classes de probabilités définies par l'Arrêté du 29 septembre 2005**

Le passage d'une classe à une autre sous-entend une réduction de probabilité d'un facteur 10.

La probabilité d'occurrence est déterminée à partir des arbres des causes et des conséquences. Pour chaque branche de l'arbre, on part de la probabilité définie pour l'évènement initiateur (classe A prise par défaut, en l'absence de données bibliographiques précises) que l'on décote en fonction des niveaux de confiance des différentes barrières de sécurité mises en œuvre pour en réduire l'occurrence :

- En présence d'une barrière NC1 : décote d'une classe (A donnera B ; B donnera C ...).
- En présence d'une barrière NC2 : décote de deux classes (A donnera C).
- En présence d'une barrière NC1 et d'une barrière NC2 : décote de trois classes (A donnera D), etc.

Lors de passage de portes « ET » ou « OU », les règles de détermination de probabilités suivantes sont appliquées :

- portes « ET » : une multiplication des deux classes de probabilité est réalisée. Par exemple : classe B ( $10^{-2}$ ) x classe C ( $10^{-3}$ ) = classe E ( $10^{-5}$ ),
- portes « OU » : la probabilité de classe la plus élevée est retenue. Par exemple une probabilité de classe A ou une probabilité de classe B découleront sur la prise en compte d'une probabilité de classe A.

### **VI.1.2. DETERMINATION DE LA CRITICITE**

Une évaluation de la gravité et de la probabilité sera réalisée pour chaque phénomène dangereux étudié, selon les grilles définies dans l'Arrêté du 29/09/2005.

Ces deux paramètres forment un couple « gravité – probabilité » qui est alors placé dans la matrice ci-après, définie par la circulaire du 10/05/2010, en vue de hiérarchiser le risque et définir la criticité du phénomène dangereux.

Gravité sur les personnes exposées au risque	Probabilité (sens croissant de E vers A)				
	E	D	C	B	A
<b>Désastreux</b>	Non partiel (établissements nouveaux) MMR rang 2 (pour site existant)	NON Rang 1	NON Rang 2	NON Rang 3	NON Rang 4
<b>Catastrophique</b>	MMR rang 1	MMR rang 2	NON Rang 1	NON Rang 2	NON Rang 3
<b>Important</b>	MMR rang 1	MMR rang 1	MMR rang 2	NON Rang 1	NON Rang 2
<b>Sérieux</b>			MMR rang 1	MMR rang 2	NON Rang 1
<b>Modéré</b>					MMR rang 1



**Risque élevé :** Évènement nécessitant de modifier certaines dispositions d'exploitation



**Risque intermédiaire :** Évènement nécessitant des mesures de maîtrise des risques (MMR) complémentaires spécifiques.



**Risque moindre :** le risque résiduel est modéré et n'implique pas d'obligation de réduction complémentaire du risque d'accident au titre des installations classées

Des mesures compensatoires doivent être proposées et une réévaluation de leur gravité ou de leur probabilité réalisée pour pouvoir tendre vers une criticité moindre

**Tableau 12 : Grille de criticité des évènements (couple Gravité – Probabilité)**

# VII. ANALYSE DES RISQUES

## VII.1. IDENTIFICATION DES DANGERS PRESENTS SUR SITE

### VII.1.1. DANGERS LIES AUX PROCEDES D'EXPLOITATION

Les dangers liés aux équipements et aux procédés d'exploitation du site du Merdy à Kerlaz sont les suivants :

➤ Les structures d'exploitation (risque : Effondrements de tout ou partie des structures d'exploitation sur un tiers)

Les structures susceptibles de présenter un risque d'effondrement concernent le portique de détection des rayonnements ionisants.

Le risque d'effondrement serait à associer à un défaut de montage, de génie civil au niveau des éléments de soutien, voire à une moindre résistance de ces structures suite par exemple à un incendie.

➤ L'excavation (risque : Éboulements sur un tiers et chutes de tiers liés à la présence de l'excavation)

Le danger lié à ces deux types d'évènements est directement associé à la présence de l'excavation de l'ancienne carrière. Dans le cadre de la fin d'activité de la carrière, les fronts ont été purgés. Cette excavation sera remblayée par les matériaux d'amiante lié.

Une étude de stabilité géotechnique concernant le casier amiante a été réalisée par Pyrite ingénierie (cf annexe n°1). Celle-ci conclut une stabilité géotechnique des flancs de l'alvéole amiante. Un suivi géotechnique pourra être mis en place pour l'assurance d'une bonne mise en œuvre de l'alvéole.

NB : le périmètre d'autorisation présent sur les cartes utilisées dans cette étude correspond à l'ancien périmètre sollicité. Celui-ci a été modifié mais cela ne change en rien les conclusions de l'étude.

L'instabilité éventuelle d'un ou des fronts, voire leur sous-cavage, contribuerait à accentuer les risques d'**éboulements** ou de **chutes** et constituerait donc un danger pour toute personne évoluant à proximité ou au sein de cette excavation.

La présence de bassins en eau peut également constituer un danger pour toute personne non autorisée et pénétrant sur le site (**risque de chute/noyade**).

➤ Les installations de transformation

Les installations de traitement des matériaux présentes sur site peuvent représenter un danger pour les tiers s'aventurant sur le site (risque d'électrocution à hauteur des installations électriques, risque de chutes avec dénivellation depuis les passerelles, risque de chute dans les concasseurs - broyeurs en fonctionnement lors des horaires d'ouvertures).

Elles peuvent également représenter un danger en cas d'incendie et de rayonnement de flux thermiques en dehors des limites du site.

➤ Les engins roulants

Les engins roulants qui sont et seront présents sur site peuvent représenter un danger pour les tiers s'aventurant sur le site (risque de collision avec des tiers se retrouvant sur le site, qu'ils soient piétons ou en voiture).

Ils pourront également représenter un danger en cas d'incendie et de rayonnement de flux thermiques en dehors des limites du site.

## **VII.1.2. DANGERS LIES AUX PRODUITS PRESENTS SUR LE SITE**

### **➤ DECHETS D'AMIANTE LIE**

Ces déchets minéraux s'apparentent à des substances inertes, non évolutives, non combustibles, non inflammables et non explosives. A ce titre, aucun risque d'incendie, de dégagement de fumées toxiques ou même d'explosion n'est donc envisageable.

Le risque lié à ces matériaux concerne d'éventuels chocs / frictions mécaniques susceptibles d'engendrer des envols de fibres d'amiante. C'est pourquoi :

- les matériaux amiantés qui sont réceptionnés sur le site sont préalablement conditionnés (avec l'étiquetage « amiante » réglementaire), conformément aux prescriptions de l'Arrêté Ministériel du 15 février 2016,
- les matériaux amiantés sont déchargés par un engin adapté (manuscopic) sur une aire dédiée (interdiction de dépotage), stockés en casier avec leur conditionnement, et recouverts quotidiennement afin de prévenir les envolées de fibre d'amiante.

Bien que les contenants de ces matériaux soient combustibles (plastiques, bois, papier/cartons, etc...), la faible proportion de conditionnements combustibles comparativement aux matériaux amiantés stockés restreint fortement tout départ de feu.

**Il ressort de cette présentation qu'aucun risque spécifique n'est associé au casier de stockage des matériaux amiantés.**

### **➤ DECHETS INERTES**

Des déchets inertes extérieurs (déblais des chantiers de terrassement et de déconstruction) sont et seront accueillis sur le site du Merdy pour le stockage et recyclage.

La définition des déchets inertes précisée à l'alinéa 4 de l'article R541-8 du Code de l'Environnement est la suivante : *« tout déchet qui ne subit aucune modification physique, chimique ou biologique importante, qui ne se décompose pas, ne brûle pas, ne produit aucune réaction physique ou chimique, n'est pas biodégradable et ne détériore pas les matières avec lesquelles il entre en contact d'une manière susceptible d'entraîner des atteintes à l'environnement ou à la santé humaine ».*

**Compte tenu de ces caractéristiques, aucun risque particulier n'est associé aux déchets inertes qui sont accueillis sur le site du Merdy.**

### **➤ AUTRES PRODUITS**

#### **❖ Carburants**

Les carburants pour les engins (GNR) les véhicules légers (gasoil) ne seront pas stockés sur le site du Merdy.

Le remplissage en carburant des engins se fera en bord à bord sur le site.

**Du fait de l'absence de stockage des carburants, aucun risque n'est identifié pour les carburants employés sur le site du Merdy.**

### ❖ Déchets Dangereux

Les Déchets Dangereux produits sur le site comprennent uniquement les déchets liés à l'entretien courant des matériels (huiles, graisses usagées, batteries...). Ces déchets sont stockés temporairement dans des conteneurs adaptés (bidons, benne...).

Les quantités de ces déchets susceptibles d'être présentes simultanément sur le site sont minimales. Après tri à la source, ils sont repris par des récupérateurs agréés et font systématiquement l'objet de bordereaux de suivis d'élimination spécifiques pour ces catégories.

**La gestion des déchets dangereux sur le site du Merdy ne constitue pas un facteur de risque pour l'environnement naturel ou humain. Aucun entretien n'est nécessaire du fait de l'absence de stockage d'huiles.**

### ❖ Incompatibilité entre les produits

Aucune incompatibilité entre les produits stockés ou utilisés n'est à signaler.

## **VII.1.3. ACCIDENTOLOGIE / RETOUR D'EXPERIENCE**

### ➤ ACCIDENTS OU INCIDENTS PROPRES AU SITE

Aucun accident ou incident récent relatif à des dégâts corporels ou à une pollution n'est à déplorer dans le cadre de l'exploitation du site du Merdy.

### ➤ ACCIDENTOLOGIE DU SECTEUR D'ACTIVITE

Le site internet <http://aria.developpement-durable.gouv.fr> du ministère de l'écologie et du développement durable permet d'obtenir la liste des accidents recensés pour différents secteurs d'activité (base de données ARIA de recensement des événements accidentels d'origine industrielle).

Ce site a été consulté le 11/06/2018 pour identifier les principaux événements accidentels susceptibles de résulter de l'activité de stockage de déchets d'amiante lié ainsi que le stockage et recyclage des déchets inertes.

La liste des événements accidentels fournie ci-après (liste non exhaustive) a pour objectif de préciser les dangers les plus représentatifs potentiellement transposables à l'exploitation du site du Merdy.

⇒ Activité E38-21 : « Traitement et élimination des déchets non dangereux »

#### **N°45940 - 11/11/2014 - FRANCE - 77 - MISY-SUR-YONNE**

##### *E38.21 - Traitement et élimination des déchets non dangereux*

Un feu se déclare sur un stock de 1 000 t (5 000 m<sup>3</sup>) de palettes de bois dans un centre de transit, regroupement et compostage de déchets de bois et déchets verts. Des employés donnent l'alerte à leur arrivée sur site, à 6 h. Une soixantaine de pompiers intervient pour éviter la propagation de l'incendie, notamment à un stockage de déchets verts situé à proximité. Ils établissent un important dispositif et arrosent le stock en feu en puisant dans les trois bassins de l'établissement ainsi que dans un étang voisin. Les employés rencontrent des difficultés à faire la part du feu à l'aide des engins mécaniques disponibles sur site en raison des fumées abondantes. Pendant ces opérations, l'un des employés chute et se blesse. Le sinistre émet des flammes et des fumées importantes, visibles de loin. En raison de la direction défavorable du vent, la présence des fumées est surveillée pendant toute la durée de l'événement au niveau de l'autoroute et de la ligne TGV jouxtant le site. Par précaution, une limitation de la vitesse de circulation des trains est imposée sur la ligne de chemin de fer. Les pompiers maîtrisent l'incendie vers minuit et terminent l'extinction le lendemain dans la matinée. La circulation des trains reprend à vitesse normale quelques heures après. L'exploitant estime le préjudice à 500 000 €. L'inspection des installations classées s'est rendue sur place. Il est demandé à l'exploitant de réaliser le pompage des eaux d'extinction incendie et des analyses des eaux et des sols. Une étude de dangers est remise un mois après le sinistre. Le feu aurait démarré près d'un des broyeurs de palettes de bois avant de se propager au stock de palettes voisin. La piste d'une origine criminelle est émise. Le site, très isolé, connaît en effet des problèmes de surveillance. Un vol de matériel avait eu lieu quelques semaines auparavant.

**N°45935 - 09/11/2014 - FRANCE - 59 - SAINT-AMAND-LES-EAUX***E38.21 - Traitement et élimination des déchets non dangereux*

Un déversement d'hydrocarbure provenant d'un centre de traitement des déchets non dangereux pollue le canal de la SCARPE : une nappe de 80 m<sup>2</sup> est observée. La navigation fluviale est interrompue. Les secours installent un barrage flottant sur la largeur du cours d'eau ainsi que des coussins absorbants. Le produit est pompé le lendemain par les services municipaux.

**N°45306 - 25/05/2014 - FRANCE - 71 - TORCY***E38.21 - Traitement et élimination des déchets non dangereux*

Un feu se déclare vers 17h30 dans un tas de 300 m<sup>3</sup> d'encombrants dans une société de collecte de déchets. Un panache de fumée noire est visible à plusieurs kilomètres et le vent attise les flammes. Les pompiers, équipés d'ARI, protègent la végétation et les stocks de déchets avoisinant. Ils attaquent le sinistre avec 4 lances à eau. Les déchets sont déblayés à l'aide d'une tractopelle puis évacués vers un centre d'enfouissement. Les secours quittent le site à 9h30 le lendemain. La collecte des déchets n'est pas perturbée. Les eaux d'extinction sont analysées pour choix du mode d'élimination. Les causes de l'accident n'ont pu être déterminées avec précision. Deux hypothèses sont émises : l'auto-inflammation des déchets stockés ou le dépôt de déchets dissimulant une combustion couvante. La quantité de déchets stockés, supérieure à celle autorisée, a contribué à l'ampleur de l'incendie. Une quantité d'eaux d'extinction estimée à 80 m<sup>3</sup> a rejoint le milieu naturel par une ancienne surverse du des deux bassins incendie.

**N°44262 - 30/08/2013 - FRANCE - 01 - VIRIAT***E38.21 - Traitement et élimination des déchets non dangereux*

Un feu se déclare vers 16h30 dans le casier (alvéole) en cours d'exploitation dans un centre de traitement et d'enfouissement de déchets ménagers (ISDND). Les pompiers éteignent l'incendie vers 18 h avec 1 m<sup>3</sup> d'eau et de la poudre puis l'exploitant recouvre les déchets avec de la terre. Une société de gardiennage surveille le site pendant le week-end. Le sinistre est dû à un point chaud d'origine inconnue au sein du massif de déchets. Les déchets en cause étaient au sommet du tas, donc d'apport récent. L'exploitant étudie un système pour améliorer sa détection incendie et effectuera 2 recouvrements de la zone par semaine jusqu'à la fin d'exploitation du casier prévue en 2014.

**N°42901 - 10/10/2012 - FRANCE - 27 - MARTAINVILLE***E38.21 - Traitement et élimination des déchets non dangereux*

Sur la plateforme de valorisation de déchets verts (compostage), un bassin de récupération des eaux (lixiviats) s'effondre, formant une bétouille (trou) de 1 m sur 1 m ; le "jus de compost" se déverse dans les sols et menace un captage d'eau potable. Les services de secours établissent un périmètre de sécurité autour de la zone d'effondrement. L'activité du site est suspendue et les stocks de déchets verts (2 000 t), de compost (1 500 t) et de déchets de bois sont évacués. Le contenu du bassin de récupération est pompé dans un autre bassin du site avant d'être transféré vers un autre centre de traitement. Le captage d'eau est ré-ouvert 4 jours après. D'après l'inspection des installations classées sur place le lendemain, la sécheresse du sol combinée aux fortes pluies et à la nature du sol (karst actif sous-jacent) sont à l'origine de l'effondrement du remblai du bassin.

**N°41313 - 12/07/2011 - FRANCE - 93 - DRANCY***E38.21 - Traitement et élimination des déchets non dangereux*

Dans un centre de transit de déchets non dangereux (400 m<sup>3</sup> de gravats, ferrailles, plastiques, bois, papiers/cartons), un employé effectue une opération de soudure vers 15h15 quand un feu se déclare sur un stock de bidons de carburant proche et se propage à 2 cuves de 800 l de mazout. Un rideau de fumée très dense se forme au niveau du pont tunnel Norton de l'A86 qui surplombe le site et enjambe la voie ferrée. Des centaines d'automobilistes sont bloquées dans les 2 sens et ceux arrêtés dans le tunnel proche évacuent calmement à pied après avoir coupé le moteur malgré l'absence quasi-totale de visibilité due aux fumées. Le trafic ferroviaire (RER B, fret) est aussi coupé par les autorités vers 16h30. De petites explosions (bouteilles de gaz?) se produisent pendant que 130 pompiers venus avec 26 engins combattent l'incendie au moyen de 8 lances. Vers 18h30 l'incendie est maîtrisé et la circulation ferroviaire est rétablie, mais l'autoroute urbaine reste fermée jusqu'à 5 h le lendemain car le pont tunnel est légèrement endommagé (joints de dilatation, caméras de surveillance routière) et doit être inspecté avant réouverture du trafic. Le site était en situation irrégulière et venait de changer d'exploitant ; outre les cuves de mazout, un petit atelier et un camion ont brûlé ainsi que plusieurs bennes de déchets métalliques d'une quinzaine de m<sup>3</sup>.

L'analyse des différents accidents recensés au cours des dernières années sur les installations de stockage similaires à celle du Merdy (ISDND) permet de dresser les constats suivants :

- Le risque de départ d'incendie constitue également l'évènement le plus courant, notamment pour les sites accueillant des activités de compostage ou d'incinération.
- Les autres accidents inventoriés concernent des pollutions d'origine accidentelle associées principalement aux stockages de produits (dont hydrocarbures) et à la gestion des lixiviats.

#### **VII.1.4. REDUCTION DES POTENTIELS DE DANGERS**

L'INERIS propose 4 principes pour l'amélioration de la sécurité (rapports DRA-35 sur « la formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs » et  $\Omega$  9 du 10 avril 2006 sur « l'étude de dangers d'une installation classée ») :

- ⇒ **Le principe de substitution** : substituer les produits dangereux utilisés par des produits aux propriétés identiques mais moins dangereux.
- ⇒ **Le principe d'intensification** : intensifier l'exploitation en minimisant les quantités de substances dangereuses mises en œuvre. Il s'agit, par exemple, de réduire le volume des équipements au sein desquels le potentiel de danger est important, par exemple minimiser les volumes de stockage. Dans le cas d'une augmentation des approvisionnements, la question du transfert des risques éventuels doit être posée en parallèle, notamment par une augmentation du transport ou des opérations de transfert de matières dangereuses.
- ⇒ **Le principe d'atténuation** : définir des conditions opératoires ou de stockage (température et pression par exemple) moins dangereuses.
- ⇒ **Le principe de limitation des effets** : concevoir l'installation de telle façon à réduire les impacts d'une éventuelle perte de confinement ou d'un évènement accidentel, par exemple en minimisant la surface d'évaporation d'un épandage liquide ou en réalisant une conception adaptée aux potentiels de dangers (dimensionnement de la tenue d'un réservoir à la surpression par exemple).

##### **➤ PRINCIPE DE SUBSTITUTION**

Les seuls produits à risque employés sur le site du Merdy sont :

- les carburants (GNR et gasoil) nécessaires au fonctionnement des engins et véhicules légers,

Les engins ayant nécessairement besoin de carburant pour fonctionner, le principe de substitution ne peut être appliqué à ce produit.

##### **➤ PRINCIPE D'INTENSIFICATION**

Aucun stockage de carburant n'est présent sur le site du Merdy.

##### **➤ PRINCIPE D'ATTENUATION**

Les carburants (GNR et gasoil) employés sur le site du Merdy ne sont pas stockés sur le site.

Il n'y a donc aucun risque de pollution accidentelle et d'incendie généralisé des hydrocarbures.

##### **➤ PRINCIPE DE LIMITATION DES EFFETS**

Les carburants (GNR et gasoil) employés sur le site du Merdy ne sont pas stockés sur le site.

Il n'y a donc aucun risque de pollution accidentelle et d'incendie généralisé des hydrocarbures.

## **VII.1.5. RISQUES D'AGRESSION EXTERNES**

Les agressions externes susceptibles de porter atteinte à la sécurité du site incluent :

- les risques naturels,
- les risques liés aux activités humaines.

### **➤ LES RISQUES NATURELS**

#### **❖ Facteurs climatiques (vent, neige, gel)**

Les vents violents peuvent constituer un danger potentiel vis-à-vis de l'intégrité des superstructures d'exploitation en cas de défaut de construction ou d'entretien (effondrement, envol de bardage).

Dans le cas du site du Merdy, aucune superstructure n'est et ne sera présente sur le site (absence de bâtiments et d'installations fixes de grandes ampleurs). La seule « structure » présente sur le site du Merdy est et sera l'installation mobile de transformation des matériaux. Ce type de structure ne présente toutefois pas de sensibilité particulière aux vents (absence de bardage, dimensions limitées).

Cette sensibilité est et sera d'autant plus limitée que celle-ci ne sera présente sur le site du Merdy que par campagne ( 2 campagnes par an) et que lors de sa venue, elle sera positionnée au pied de stocks (permettant la réduction de l'exposition aux vents).

Les autres paramètres climatiques tels que neige ou gel ne constituent pas non plus des phénomènes aggravants de dangers au regard de la nature des activités exercées sur une installation de stockage.

#### **❖ Inondations**

La commune de Kerlaz n'est pas couverte par un Plan de Prévention du Risque inondation (PPRI) ou un Atlas des Zones Inondables (AZI). D'après la cartographie du Document Départemental sur les Risques Majeurs (DDRM), la commune de Kerlaz n'est également pas concernée par le risque d'inondation terrestre (débordement de rivière, engorgement des réseaux d'eaux pluviales, rupture d'ouvrages).

En ce sens, il peut donc être considéré que le site du Merdy ne présente pas de sensibilité particulière au risque inondation.

#### **❖ Foudre**

Un impact de foudre, s'il n'est pas maîtrisé, peut être à l'origine de déflagrations importantes au niveau des bâtiments ou d'un départ d'incendie.

L'Arrêté du 4 octobre 2010 modifié par l'Arrêté du 19 juillet 2011, relatif à la protection contre la foudre de certaines installations classées, précisent toutefois que les installations classées soumises à autorisation sous la rubrique sollicitée dans la présente demande (rubriques 3540 et 2760-3) ne rentrent pas dans le champ d'application de l'Arrêté sus-visé.

#### **❖ Glissements de terrains**

D'après le Document Départemental des Risques Majeurs du Finistère (version de 2012 actualisé en 2015), la commune de Kerlaz n'est pas concernée par le risque de mouvement de terrain.

### ❖ Séismes

Depuis le 22 octobre 2010, la France dispose d'une nouvelle carte d'aléa sismique divisant le territoire national en cinq zones de sismicité croissante de 1 (risque très faible) à 5 (risque fort) en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes.

Les décrets n°2010-1254 et n°2010-1255 modifiant les articles R. 563-1 à R.563-8 du Code de l'Environnement définissent le nouveau classement de l'ensemble des communes de France et les nouvelles règles de constructions parasismiques associées applicables au 1<sup>er</sup> mai 2011.

La commune de Kerlaz appartient à la zone de sismicité n°1 d'aléa nul à très faible ne nécessitant pas de dispositions particulières pour les constructions présentes sur le site (installations de traitement des matériaux et installations connexes).

**Les risques naturels présentés ne constituent pas de facteurs aggravants des potentiels de dangers. Ils ne seront donc pas retenus comme évènement initiateur dans la suite de l'analyse des risques.**

## ➤ LES RISQUES LIÉS AUX ACTIVITÉS HUMAINES

### ❖ Actes de malveillance

Les risques liés aux actes de malveillance sont variables suivant l'objet visé. Le site du Merdy ne représente pas une cible particulière au point d'y porter atteinte.

Néanmoins aucun dispositif ne peut empêcher un acte de malveillance délibéré. A cet effet, des mesures seront prises pour limiter l'accessibilité au site : clôtures et/ou merlons périphériques, barrières, panneaux d'interdiction et de dangers.

### ❖ Voies de circulation

Les structures et aires d'exploitation sont en retrait des axes routiers limitrophes au site. Le site est entièrement clos.

Concernant le risque lié à des chutes d'aéronefs, l'aéroport le plus proche est celui de Quimper, localisé à environ 15 km au Sud-Est du site. Du fait de leur dimension et de leur distance à l'aéroport, les installations de traitement du site du Merdy ne font pas l'objet de prescriptions particulières associées aux servitudes aéronautiques de dégagement et de balisage de cet aéroport.

## VII.2. ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES RISQUES (APR)

On rappellera que l'objectif de l'Analyse Préliminaire des Risques (APR) est d'identifier l'ensemble des scénarii d'évènements à caractère dangereux en lien avec l'exploitation étudiée et susceptibles de présenter un risque vis-à-vis de tiers.

Ces évènements à risques sont établis sur la base des dangers potentiels identifiés lors de l'étape précédente.

Cette APR permet également de mettre en relation avec chaque évènement les éléments de maîtrise des risques (préventifs ou curatifs) qui permettent d'en limiter la probabilité d'apparition ou la gravité, en vue de déterminer les principaux évènements dangereux redoutés et nécessitant une analyse plus approfondie du risque encouru.

Ces derniers feront alors l'objet d'une Étude Détaillée de Réduction des Risques (EDRR) basée sur la détermination de leur gravité (en fonction de l'exposition des tiers) et de leur probabilité (réalisation d'arbres de défaillance).

**Les évènements redoutés étudiés dans l'EDRR sont ceux pour lesquels un risque peut potentiellement avoir des répercussions hors du périmètre d'exploitation.**

Les tableaux suivants recensent les différents évènements à risques associés aux procédés / produits qui sont réalisés / employés sur le site du Merdy, ainsi que leurs éléments de maîtrise préventive ou curative.

Au regard des activités développées sur cette exploitation, les évènements ont été distingués de la manière suivante :

- les opérations de stockage des déchets inertes,
- les opérations de recyclage des déchets inertes,
- les opérations de stockage des déchets d'amiante lié.

Les évènements communs aux différentes activités (par exemple : fuite de carburant depuis un engin) ne sont mentionnés qu'une seule fois dans le tableau.

**Les mesures de prévention et/ou d'intervention figurant en gras dans le tableau de l'APR ci-après constituent les principaux éléments de maîtrise des risques garantissant l'absence de répercussions sur l'environnement naturel et humain (répercussions hors du périmètre de l'établissement).**

## VII.2.1. IDENTIFICATION DES EVENEMENTS DANGEREUX

N°	Activité	Source du risque (CAUSE)	Nature du risque (CONSEQUENCE)	Mesures de maîtrise des risques (prévention / intervention)	Cotation initiale		Commentaire
					Intensité	Probabilité	
<b>STOCKAGE, TRAITEMENT ET TRANSIT DE DECHETS INERTES</b>							
1.1	Accueil des déchets inertes	Présence de matériaux non inertes	Réaction des matériaux (lixiviation, incendie, explosion)	Procédure de contrôle des déchets (information des clients, certificat d'acceptation, contrôle visuel, refus systématique des matériaux non conforme, tri dans des bennes spécifiques)	1	Probable	Les activités d'accueil et de stockage de matériaux inertes ne présentent pas de risque particulier du fait du caractère inerte des matériaux
1.2		Instabilité des fronts de remblais	Eboulement, ensevelissement	Site interdit aux tiers avec restriction de l'accessibilité aux zones à remblayer (portail, clôtures), Pente des remblais en accord avec leur stabilité, Remblaiement limité à la cote du terrain naturel, Boutage régulier des remblais	1	Probable	
1.3	Traitement des déchets inertes	Source d'ignition	Incendie	Traitement de matériaux minéraux réalisés sur des aires minérales dénudées n'étant pas de nature à propager un incendie, Entretien du matériel, dispositifs anti-bourrage, consignes de sécurité, Contrat extincteur, Réserve incendie à proximité, Extincteurs, sécurisation de la zone	1	Probable	Le traitement de matériaux minéraux ininflammable ne présente pas de risque particulier d'incendie
1.4		Incendie	Atteinte à la qualité de l'air (Fumées de combustion)		1	Probable	
<b>STOCKAGE, TRAITEMENT ET TRANSIT DE DECHETS NON DANGEREUX NON INERTES</b>							
1.5	Stockage de matériaux amiantés en casier dédié	Non intégrité des déchets stockés	Libération de fibres d'amiante dans l'air	Etude de stabilité de l'alvéole amiante	1	Probable	Du fait de la nature des matériaux accueillis sur le site du Merdy et des conditions de stockage (aires minérales imperméabilisées, casiers dédiés), aucun impact accidentel sur les eaux n'est envisagé.
				Recouvrement systématique des déchets après leur stockage, Matériaux soumis à certificat d'acceptation, Stockage en casier dédié implanté sous le terrain naturel, Interdiction de dépôtage (zones de déchargement dédiées)			
<b>ACTIVITES ANNEXES</b>							
2.1	Circuit des eaux	Anomalie de traitement	Atteinte aux eaux superficielles et souterraines	Collecte et traitement intégral des eaux du site, casier de stockage imperméabilisé, 2 Bassins de décantation	1	Probable	Du fait des mesures préventives prises, la gestion des eaux sur le site du Merdy ne sera pas susceptible d'impacter l'environnement périphérique

Tableau 13 : Évènements dangereux accidentels liés aux activités du site

## VII.2.2. SYNTHESE DES EVENEMENTS REDOUTES

Les évènements redoutés considérés comme critiques et qui seront retenus pour être étudiés de façon plus approfondie dans l'Analyse Préliminaire des Risques (APR) regroupent les évènements pour lesquels :

- les éléments préventifs et/ou curatifs mis en œuvre ne permettent pas de maîtriser convenablement les risques,
- une incertitude existe sur l'intensité des effets,
- les effets sont susceptibles d'engendrer des effets dominos.

D'une manière générale, ces évènements redoutés ont des répercussions potentielles hors de l'exploitation et peuvent donc mettre en danger les tiers (voisinage de l'exploitation).

Les évènements redoutés nécessitant une analyse plus approfondie de l'intensité des effets potentiels sont les suivants :

Référence de l'évènement redouté	Type de danger	Identification du risque
1.4 – Traitement des matériaux	Incendie	Flux thermiques rayonnés pouvant potentiellement sortir du site en cas d'effet dominos

**Tableau 14 : Synthèse des évènements dangereux critiques redoutés de l'APR**

Rappelons que les autres évènements vis-à-vis desquels les mesures préventives ou curatives associées permettent une maîtrise des risques se traduisant par l'absence de répercussions possibles vis-à-vis de l'environnement naturel et humain (effets hors site) ne sont pas retenus pour l'EDRR :

- ⇒ Zones ou activités dangereuses présentant des risques qui demeurent internes à l'exploitation (accès au site interdit sans autorisation, avec restriction de l'accessibilité (portails, clôtures)).
- ⇒ Pollutions d'origine accidentelles (eau, air, sol) vis-à-vis desquelles les mesures en place permettent leur confinement au sein de l'exploitation pour un traitement curatif.

## VII.2.3. ESTIMATION DE L'INTENSITE ET DE LA GRAVITE DES PHENOMENES RETENUS

### ➤ RISQUE D'INCENDIE ET FLUX THERMIQUES RAYONNES

#### ❖ Valeurs de référence des flux thermiques

Les valeurs de référence des seuils thermiques retenues pour les installations classées sont définies dans l'Arrêté du 29 septembre 2005\*. Ces valeurs seuils sont les suivantes :

⇒ Pour les effets sur les structures :

- **5 kW/m<sup>2</sup>**, seuil des destructions de vitres significatives ;
- **8 kW/m<sup>2</sup>**, seuil des effets dominos et correspondant au seuil de dégâts graves sur les structures ;
- **16 kW/m<sup>2</sup>**, seuil d'exposition prolongée des structures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures, hors structures béton ;
- **20 kW/m<sup>2</sup>**, seuil de tenue du béton pendant plusieurs heures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures béton ;
- **200 kW/m<sup>2</sup>**, seuil de ruine du béton en quelques dizaines de minutes.

⇒ Pour les effets sur l'homme :

- **3 kW/m<sup>2</sup>** ou 600 [(kW/m<sup>2</sup>)<sup>4/3</sup>]. s, seuil des effets irréversibles correspondant à la zone des dangers significatifs pour la vie humaine ;
- **5 kW/m<sup>2</sup>** ou 1000 [(kW/m<sup>2</sup>)<sup>4/3</sup>]. s, seuil des premiers effets létaux correspondant à la zone des dangers graves pour la vie humaine ;
- **8 kW/m<sup>2</sup>** ou 1800 [(kW/m<sup>2</sup>)<sup>4/3</sup>]. s, seuil des effets létaux significatifs correspondant à la zone des dangers très graves pour la vie humaine.

#### ❖ Modèle de calcul des flux thermiques

##### ◆ Équation générale du rayonnement thermique

L'équation générale se présente sous la forme :

$$\Phi = \Phi_0 \cdot f \cdot \tau$$

avec :  $\Phi$  = flux reçu par une cible en kW/m<sup>2</sup>  
 $\Phi_0$  = flux émis à la surface de la flamme en kW/m<sup>2</sup>  
 $\tau$  = coefficient d'atténuation dans l'air,  $f$  = facteur de forme

Pour pouvoir calculer la valeur numérique du flux thermique reçu par une cible, il est nécessaire de connaître le facteur de forme, le coefficient d'atténuation dans l'air ainsi que la valeur du flux thermique émis par la source.

\* Arrêté relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers.

#### ♦ Paramètres de calculs des flux thermiques

⇒ Flux émis par la source  $\Phi_0$

Les valeurs des flux  $\Phi_0$  ont été déterminées expérimentalement par certains organismes et sont issues de la littérature.

⇒ Détermination du coefficient d'atténuation atmosphérique  $\tau$

La relation de Brzustowski-Sommer est utilisée pour calculer ce coefficient. Elle prend en compte différents facteurs comme notamment le taux d'humidité dans l'air.

⇒ Détermination du facteur de forme  $f$

- Le facteur de forme représente la fraction d'énergie émise par une surface A (incendie) et reçue par une surface B (la cible).

Le facteur de forme dépend des dimensions de la source de chaleur, de sa forme ainsi que de la distance entre la source et la cible. Il prend en compte la vision du feu en fonction de l'endroit où se trouve la cible.

- Le facteur de forme est déterminé par la formule de Sparrow et Cess.

La hauteur de flamme est un élément important du dimensionnement d'un feu et de ses flammes. Le diamètre équivalent est utilisé dans le cas où le feu ne serait pas représenté sous la forme d'un cylindre vertical. Le diamètre équivalent permet de se rapporter à un cas simple (cas cylindrique) :

$$D_{eq} = 4 \cdot \frac{\text{surface du feu}}{\text{périmètre du feu}} \quad (D_{eq} = \text{Diamètre équivalent en mètre})$$

Pour le calcul de la hauteur de flamme, la corrélation de THOMAS est généralement utilisée. Quand cette relation est hors de son domaine de validité, une corrélation plus adaptée est prise parmi celles fournies par la bibliographie\* (Zukoski, Heskestad).

Cette hauteur de flamme dépend du diamètre équivalent calculé précédemment, du produit considéré et de l'endroit où il se consume (les vitesses de combustion sont issues de la littérature).

De plus, il est possible, lorsque la surface occupée par les matières combustibles est inférieure à la surface globale de la cellule, d'introduire un coefficient pondérateur.

- Il est également possible de prendre en compte la présence de murs coupe-feu. En présence d'un mur coupe-feu, les facteurs de forme sont alors recalculés pour les zones occultées par le mur.

\* The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 3<sup>rd</sup> Edition.

❖ Détermination de la gravité des incendies

◆ Intensité d'un incendie

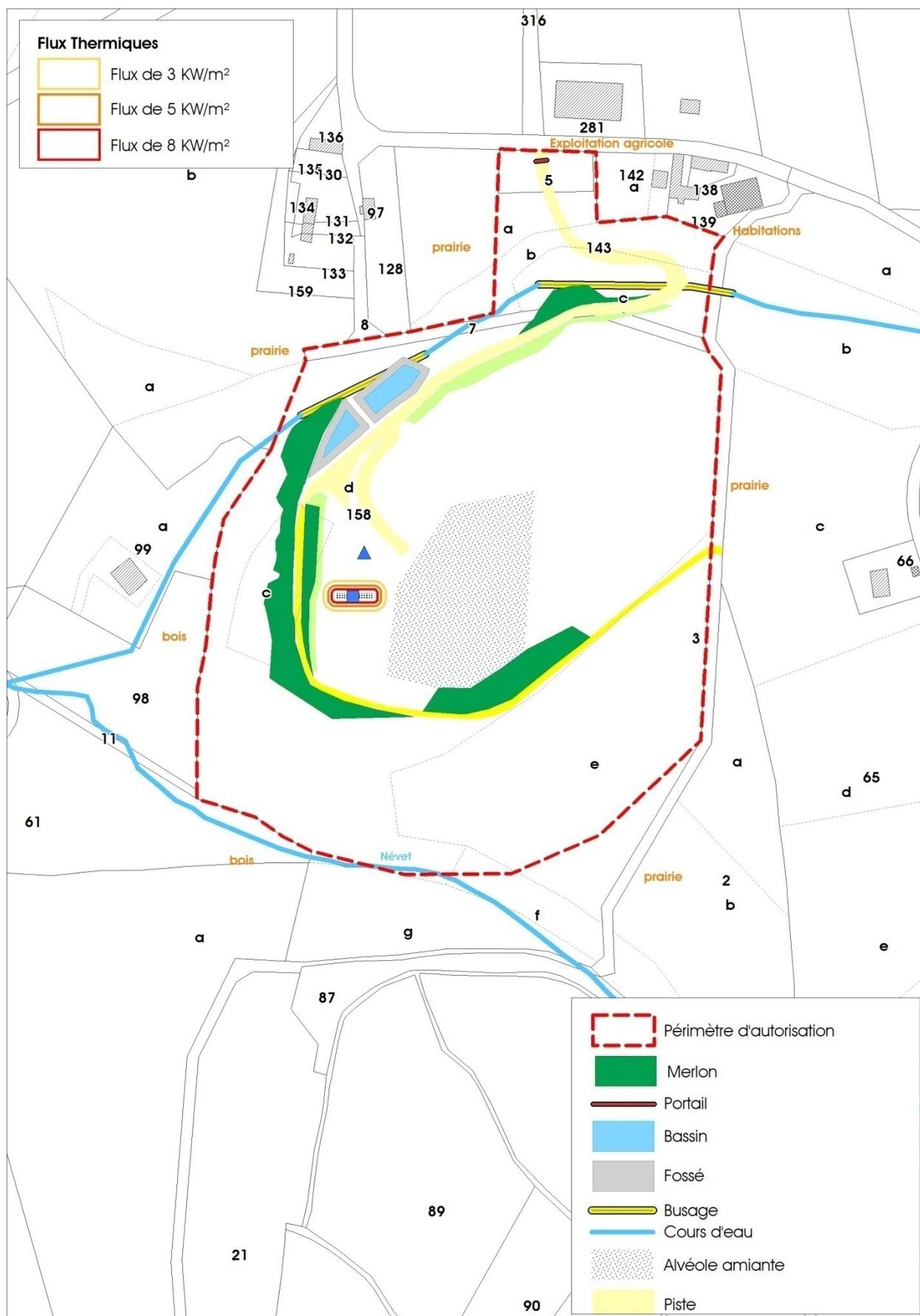
Les principaux évènements d'incendie redoutés identifiés dans l'APR concernent l'incendie des convoyeurs à bande au niveau de l'installation mobile de traitement des matériaux lors de sa présence sur site (1.4).

Les tableaux ci-après synthétisent, pour ces scénarii d'incendie, les calculs des flux thermiques réalisés à partir de l'équation générale du rayonnement thermique présentée au point précédent :

Evènement redouté	Typologie des cellules à risques – Calculs des flux thermiques					
<p><b>1.4</b></p> <p>Incendie sur les installations de transformation</p>	<u>Bande transporteuse</u>					
	<b>Évènement</b>	Départ de feu au niveau d'une bande transporteuse				
	<b>Cellule</b>	Linéaire de bande de 100 m (linéaire considéré en feu de manière simultanée), pour une largeur de 1m <i>On notera que la longueur totale de tapis est supérieure à 100 m. Toutefois, les distances de perception des flux thermiques sont plafonnées pour des très grandes dimensions de zone en feu. La distance maximale atteinte par les flux est donc identique pour la longueur d'un tapis (100m) ou la longueur totale de tapis sur l'installation.</i>				
	<b>Taux de combustion et flux initial</b>	Taux de combustion : 0,014 kg/m <sup>2</sup> .s Flux initial : 32,6 kW/m <sup>2</sup> Le matériau combustible considéré est du polyéthylène				
	<b>Flux thermique</b>	20 kW/m <sup>2</sup>	16 kW/m <sup>2</sup>	8 kW/m <sup>2</sup>	5 kW/m <sup>2</sup>	3 kW/m <sup>2</sup>
<b>Linéaire (100m)</b>	0 m	0 m	2,0 m	4,0 m	6,50 m	
Hauteur de flamme : 10 m						

**Tableau 15 : Flux thermiques rayonnés pour les scénarii d'incendie**

♦ **Illustration des flux thermiques rayonnés**



**Figure 2 : Cartographie des flux thermiques**

♦ **Exposition humaine**

Au regard de l'implantation des différentes installations sur le site du Merdy, les constats suivants peuvent être faits :

- ⇒ Les flux thermiques de 3 kW/m<sup>2</sup>, 5 kW/m<sup>2</sup> de 8 kW/m<sup>2</sup> restent confinés à l'intérieur du site.
- ⇒ Le risque de propagation (effet domino / flux de 8 kW/m<sup>2</sup>) ne concerne pas les espaces végétalisés périphériques internes (secteurs non exploités) et externes (parcelles agricoles / boisées).

Au regard de l'éloignement entre les aires végétalisées périphériques et l'emplacement des installations du site, la propagation d'un éventuel incendie en dehors des limites du site n'est pas envisageable.

♦ **Conclusion sur la gravité de l'évènement « incendie » :**

**L'étude des scénarii d'incendie permet de considérer l'absence de zone d'effets létaux ou irréversibles hors de l'établissement, c'est-à-dire susceptibles de toucher des personnes tierces (autres que le personnel d'exploitation).**

#### **VII.2.4. SYNTHÈSE ET ESTIMATION DE LA CRITICITE INITIALE**

Le tableau suivant synthétise les différents phénomènes dangereux retenus avec la cotation initiale effectuée en termes de probabilité ainsi que la gravité estimée à partir des modélisations effectuées.

Référence du phénomène dangereux redouté	Type de danger	Identification du risque	Intensité	Niveau de gravité	Probabilité initiale
1.4	Incendie	Flux thermiques rayonnés pouvant potentiellement sortir du site en cas d'effets dominos	SEI non sortants	-	Probable

**Tableau 16 : Synthèse des phénomènes dangereux retenus au niveau de l'APR et de leur caractérisation en termes de probabilité initiale et de gravité**

Le phénomène 1.4 – Incendie ne constitue pas un phénomène dangereux dans le cadre de l'exploitation du site du Merdy, les flux thermiques rayonnés restant confinés à l'intérieur de l'exploitation.

## **VIII. MOYENS DE PREVENTION ET D'INTERVENTION**

### **VIII.1. MOYENS DE PREVENTION**

L'analyse des risques réalisée précédemment montre que l'intervention préventive vis-à-vis des différentes structures d'exploitation (construction de l'alvéole amiante) et des activités exercées permet de réduire, voire éliminer de nombreuses causes de risques accidentels. La prévention repose avant toute chose sur une maintenance sérieuse et efficace à la fois des équipements et des structures d'exploitation.

Ces mesures concernent le fonctionnement des installations mais également la présence de matériels susceptibles de limiter l'ampleur et la progression d'un sinistre.

#### **VIII.1.1. DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES**

La prévention contre les risques liés à l'alvéole amiante repose sur le choix de matériaux appropriés et la qualité des travaux de génie civil, lors de la construction. Par ailleurs, une surveillance et une maintenance régulière des structures sont opérées.

L'alvéole recevant les déchets d'amiante lié est construite de manière à être imperméable envers les eaux souterraines. Elle a été construite de la manière suivante :

- fond d'argile d'une épaisseur de 1 m. L'argile provient du traitement des eaux effectué sur la carrière de Gourlizon exploitée par la société LE ROUX TP. Les caractéristiques de cette argile est présentée en annexe 3 (fiche Essai de perméabilité à charge constante – TECHNILAB – 05/03/2018). Le coefficient de perméabilité est de  $9,39 \cdot 10^{-10}$ .
- Cette argile a également été utilisée pour la réalisation des flancs de l'alvéole sur une épaisseur de 50 cm.
- un géotextile a été posé sur le fond en argile, puis recouvert d'un empierrement de 50 cm (GRH 0/80) qui a été compacté.

PYRITE ingénierie a mené des vérifications de stabilité générale sur les talus de déblais/remblais de l'alvéole amiante du site du Merdy. Les calculs sur les profils en travers les plus défavorables de déblai-remblai, montrent que la stabilité géotechnique au grand glissement est assurée avec des coefficients de sécurité :

- supérieurs à 1.42 en combinaison courante et 1.30 au séisme sans pondération,
- supérieurs à 1.0 selon la méthode de pondération conformément aux exigences de l'Eurocode 7.

#### **VIII.1.2. PREVENTION CONTRE LES POLLUTIONS ACCIDENTELLES**

La prévention contre les risques de pollutions accidentelles a déjà été abordée dans l'étude d'impact jointe à la présente demande d'autorisation, au chapitre relatif aux mesures concernant les eaux ainsi que dans le volet sanitaire de l'étude d'impact.

Deux bassins de décantation sont présents sur le site afin de collecter les eaux.

Des kits de première intervention composés de matériaux absorbants sont présents sur site pour pallier à d'éventuelles salissures du sol par des produits polluants (rupture de flexible sur un engin par exemple).

### **VIII.1.3. PREVENTION CONTRE LES EBOULEMENTS, EFFONDREMENTS, CHUTES**

Concernant le danger associé aux installations présentes (ainsi qu'aux aires proches), les risques touchent essentiellement le personnel du site ou les personnes extérieures autorisées à y accéder et accompagnées d'un membre du personnel de la société GUENNEAU TP (visiteurs, organismes de contrôles, de maintenance...).

Les mesures prises vis-à-vis du public visent la prévention contre leur intrusion sur le site d'exploitation, en limitant son accessibilité et en signalant l'existence de dangers : clôture, talus et merlons périphériques, panneaux interdisant l'accès au site.

Dans la mesure où l'intrusion volontaire de personnes étrangères à l'exploitation reste toujours possible, malgré les mesures dissuasives mises en place, et afin de protéger également le personnel d'exploitation évoluant à hauteur des zones de stockage et de recyclage, la prévention contre ce type de danger passe également par :

- la mise en place de talus ou blocs rocheux le long des pistes et des rampes d'accès à l'alvéole amiante.

### **VIII.1.4. PREVENTION CONTRE LES COLLISIONS**

La prévention contre les risques de collisions et en particulier les risques liés au trafic induit par le site vis-à-vis des axes routiers locaux est traitée dans un paragraphe de l'étude d'impact auquel on pourra se reporter.

Les risques d'accident provoqués par une collision au sein de l'exploitation sont prévenus par l'adoption des mesures suivantes :

- la limitation de la vitesse sur site,
- des aires de circulation et de manœuvre suffisamment larges,
- une bonne visibilité sur le site,
- une matérialisation des voies de circulation,
- un plan du site affiché à l'entrée identifiant les zones de circulation et l'accessibilité des zones aux engins ou véhicules de transport.

### **VIII.1.5. PROTECTION CONTRE LA Foudre**

Les installations soumises à autorisation au titre de la législation des installations classées et sur lesquelles une agression par la foudre pourrait être à l'origine d'événements susceptibles de porter atteinte à la sûreté des installations, à la sécurité des personnes ou à la qualité de l'environnement doivent être protégées contre la foudre (Arrêté du 4 octobre 2010 modifié par l'Arrêté du 19 juillet 2011, relatif à la protection contre la foudre de certaines installations classées).

L'annexe de l'Arrêté du 4 octobre 2010 modifié précise toutefois que les installations classées soumises à autorisation sous la rubrique sollicitée dans la présente demande (rubriques 3540, 2760-2, 2760-3, 2515-1b et 2517) ne rentrent pas dans le champ d'application de l'Arrêté sus-visé.

### **VIII.1.6. ACTES DE MALVEILLANCE**

La prévention contre de tels risques consiste à limiter l'accessibilité du site aux personnes non autorisées :

- bouclage du site par des clôtures périphériques (qui seront renforcées) au niveau des endroits les plus accessibles (aucun accès possible par les bois), l'aménagement de talus et merlons végétalisés,

- mise en place en périphérie du site de panneaux interdisant l'accès au site et informant de la nature des dangers,
- sécurisation des installations en dehors des horaires d'ouverture du site (fermeture du portail).

### **VIII.1.7. CONTROLES**

Le site du Merdy et les installations qui lui sont associées font l'objet d'un contrôle exercé par les services de l'État chargés de l'inspection des Installations Classées pour la protection de l'Environnement.

Par ailleurs, d'autres contrôles préventifs en matière de sécurité sont réalisés périodiquement par des organismes extérieurs agréés. Il s'agit notamment :

- du contrôle des installations de lutte contre les incendies par un organisme agréé : contrôle annuel des extincteurs présents dans les engins,
- des VGP (vérifications générales périodiques) des engins qui sont réalisées par un organisme agréé.

## **VIII.2. MOYENS D'INTERVENTION**

Dans l'hypothèse où les moyens de prévention visés précédemment s'avéraient insuffisants et qu'un incident venait à mettre en péril les personnes ou les biens matériels présents au sein de l'exploitation ou dans le voisinage, il peut être fait appel à des moyens d'intervention internes et, le cas échéant, des moyens externes. Les mesures et consignes de sécurité sont portées à la connaissance du personnel.

### **VIII.2.1. MOYENS D'INTERVENTION INTERNES**

#### **➤ PREMIERS SOINS EN CAS D'URGENCE**

Afin de procéder aux premiers soins d'urgence, en cas d'accident ou d'incident sur l'établissement ou à proximité. L'utilisation de la trousse de secours est présentée dans l'engin ou sur le site des bureaux.

Par ailleurs, des membres du personnel de GUENNEAU TP sont formés ou sensibilisés pour organiser les secours sur les lieux de travail (sauveteurs-secouristes du travail) et suivent régulièrement des sessions de mises à niveau).

#### **➤ MOYENS DE COMMUNICATION**

Le personnel travaillant sur le site dispose de moyens de communication mobiles (téléphones portables).

#### **➤ MATERIEL DE LUTTE CONTRE LES INCENDIES**

Les engins sont équipés d'extincteurs conformes aux normes en vigueur et régulièrement contrôlés. Les agents extincteurs utilisés sont les suivants :

- ⇒ **Poudres ABC** : elles agissent par étouffement et/ou par inhibition, ce qui les rend plus efficaces dans les milieux clos. Les poudres ABC permettent d'agir sur des feux de matériaux solides, des feux de liquides ou solides liquéfiables, ainsi sur des feux de gaz.
- ⇒ **CO<sub>2</sub>** : le dioxyde de carbone favorise l'extinction en diminuant la teneur en oxygène de l'atmosphère. Il agit par étouffement mais également par refroidissement.

## **VIII.2.2. MOYENS D'INTERVENTION EXTERNES**

Dans l'éventualité où les moyens de premiers secours visés précédemment s'avèreraient insuffisants, compte tenu de l'ampleur d'un accident, il serait alors fait appel aux services publics d'intervention qui disposent de moyens spécifiques adaptés à chaque type d'événement.

Les pompiers de Douarnenez pourront intervenir en cas d'évènement sur le site en une dizaine de minutes.

*A titre d'information, en cas de sinistre, la procédure d'intervention suivante serait mise en œuvre :*

- ① *Information du responsable du site.*
- ② *Mise en œuvre des moyens internes d'intervention, visant à réduire le développement d'un sinistre et son éventuelle propagation. L'utilisation des extincteurs est présentée dans les camions. L'utilisation de sable ou terre est également possible car présent sur le site pour circonscrire un incendie.*
- ③ *Appel des moyens d'intervention et de secours extérieurs (si la gravité du sinistre l'exige et met en péril la sécurité du personnel d'exploitation).*
- ④ *Délimitation d'un périmètre de sécurité et de la zone d'intervention des secours (le cas échéant, bouclage du site ou des abords, dans l'attente des secours extérieurs).*
- ⑤ *Information du voisinage et de toute personne, service d'État (DREAL...), ou autre (mairie...), susceptibles d'être concernés par le sinistre et sa gravité.*

## **VIII.3. MOYENS DE SUIVI ET DE SURVEILLANCE**

Le suivi et la surveillance de l'application des moyens de prévention et d'intervention seront assurés par le responsable du site. Notamment, celui-ci réalisera régulièrement une ronde autour de l'emprise du site afin de s'assurer de la bonne mise en place de la clôture et des panneaux signalant le danger.

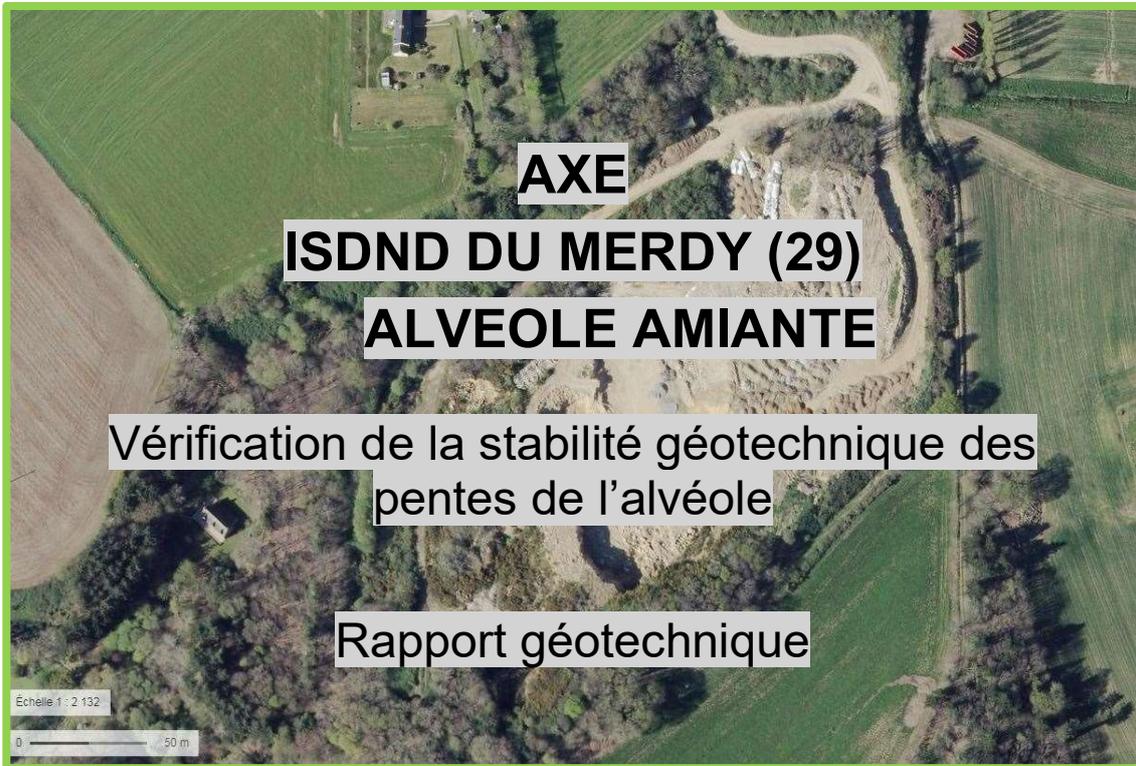
Les extincteurs ainsi que les engins seront contrôlés annuellement par un prestataire extérieur. La trousse de secours fera l'objet d'un contrôle régulier de sa validité par le responsable du site.

## ANNEXE 1 :

### ETUDE DE STABILITE DU CASIER AMIANTE

**(Le périmètre d'autorisation présent sur les cartes utilisées dans cette étude correspond au périmètre initialement envisagé. Néanmoins celui-ci a été modifié à posteriori sans que cela ne change les conclusions de l'étude : l'emplacement et la configuration de l'alvéole n'ayant pas évolué)**





N° Affaire : 18-025

N° Dossier : 01

N° Indice	Dates	Etabli par	Vérifié par	Nb pages
A	22/05/18	C.GACHET	A.GUELA	32
B	24/05/18	C.GACHET	A.GUELA	32
C	19/03/19	C.GACHET	A.GUELA	40
D	03/04/19	C.GACHET	A.GUELA	40

**Anne GUELA**

Ingénieur géotechnicien  
Diagnostics d'ouvrage d'art



+33 (0)6 31 44 61 44



anne.guela@pyrite-ingenierie.com



**Christine GACHET**

Ingénieur géotechnicien et  
environnement

Expert judiciaire près la cour d'appel  
de Grenoble



+33 (0)6 31 44 57 23



christine.gachet@pyrite-ingenierie.com

Alpespace - 777, Voie Galilée - 73800 Sainte Hélène du Lac

| [www.pyrite-ingenierie.com](http://www.pyrite-ingenierie.com) |

## TABLE DES MATIERES

<b>1. INTRODUCTION</b>	<b>3</b>
<b>2 GEOMETRIE DE L'ALVEOLE</b>	<b>3</b>
<b>3 ANALYSE DE LA STABILITE</b>	<b>5</b>
3.1 CARACTERISTIQUES DES SOLS	5
3.2 DONNEES HYDRAULIQUES	9
3.3 PRISE EN COMPTE DU SEISME	9
3.4 CHOIX DES PROFILS	9
3.5 1 <sup>ERE</sup> METHODE UTILISEE : METHODE TRADITIONNELLE	10
3.6 2 <sup>EME</sup> METHODE UTILISEE : CALCULS AUX EUROCODES	11
3.7 SYNTHESE DES MODELISATIONS	11
3.8 DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES COMPLEMENTAIRES	12
<b>4 CONCLUSION</b>	<b>13</b>

### ANNEXE 1

CONDITIONS GENERALES DE VENTE ET NORME NF P 94-500 – MISSIONS TYPE D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE

### ANNEXE 2

GRAPHIQUES TALREN – METHODE TRADITIONNELLE

### ANNEXE 3

GRAPHIQUES TALREN - EUROCODES

## 1. INTRODUCTION

A la demande et pour le compte de AXE, PYRITE ingénierie a réalisé en mars 2019 de nouvelles vérifications de stabilité des flancs des casiers de l'installation de stockage de déchets du Merdy (29). [Le projet a été récemment modifié par le bureau d'études ACCTER en charge du projet technique.](#)

Le projet consiste à créer une alvéole de stockage pour les matériaux amiantés, dans l'emprise d'une installation de stockage de déchets inertes, ancienne carrière de granite.

Cette étude est basée sur la vue en plan, les coupes type des alvéoles de stockage et les photos transmises par les cabinets [AXE / ACCTER](#).

Elle est également basée sur les documents suivants :

- l'arrêté ministériel du 15 février 2016 relatif aux ISDND,
- les éléments géologiques issus du DDAE,
- des photos prises par AXE en janvier 2017 (visite initiale) et en mai 2018 sur le site.

Conformément à la classification des missions géotechniques normalisées issue de la norme NFP94-500, dont une copie est jointe en **annexe 1**, cette mission est de type G2 AVP limitée à la vérification de la stabilité des flancs de l'alvéole amiante.

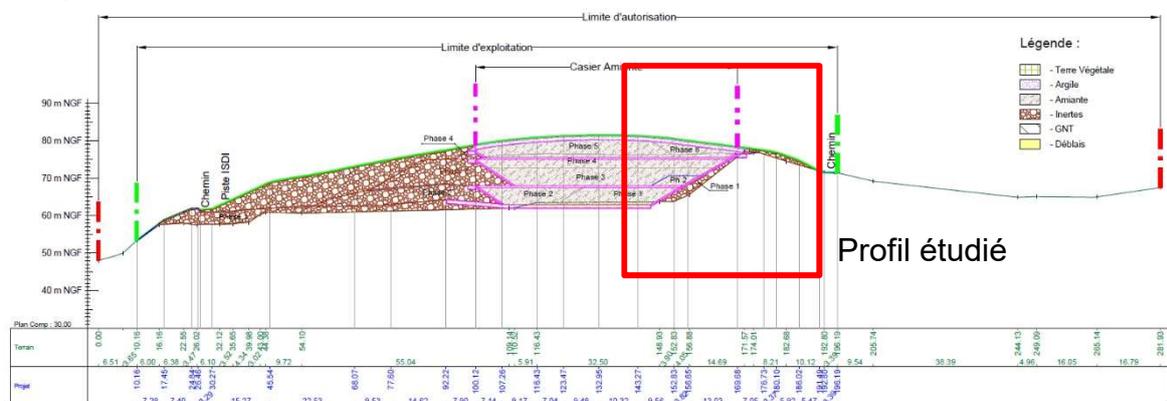
## 2 GEOMETRIE DE L'ALVEOLE

[La géométrie de la nouvelle alvéole amiante et des profils nous a été communiquée par ACCTER : elle a diminué de volume par rapport au projet initial, car englobée dans un casier de matériaux inertes. Les pentes de celle-ci ont été raidies : de 2H/1V, elles sont passées à 3H/2V, pour répondre à des exigences d'emprises.](#)



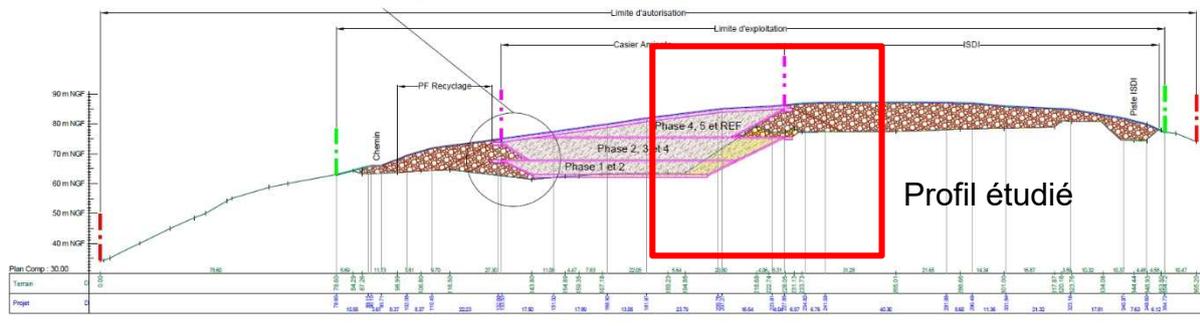
extrait vue en plan ACCTER

Coupe AA'



Coupe AA' fournie par AXE

Coupe BB'



Coupe BB' fournie par AXE

Sur la base de ces données, nous retiendrons pour l'étude de stabilité, les profils jugés les plus pénalisants, avec le casier encore vide (= plus grande hauteur de talus) :

- profil AA' pour une hauteur maximum de 14.0 m avec une pente de 3H/2V,
- profil BB' pour une hauteur maximum de 14.5 m avec une pente de 3H/2V.

### 3 ANALYSE DE LA STABILITE

#### 3.1 Caractéristiques des sols

##### 3.1.1 Sols support

Le contexte géologique de l'ancienne carrière de Merdy se développe dans les leucogranites de Locronan.



Extraction du granite en janvier 2017 avant l'arrêt de la carrière [photo AXE]

D'après le DDAE, il n'est pas prévu d'extraction complémentaire dans le cadre de la confection de l'ISDND, mais des rectifications d'après les coupes de certaines pentes de déblais.

Nous considérerons que la base des casiers est constituée de leucogranites : ces matériaux n'auront pas d'influence sur la stabilité des talus.

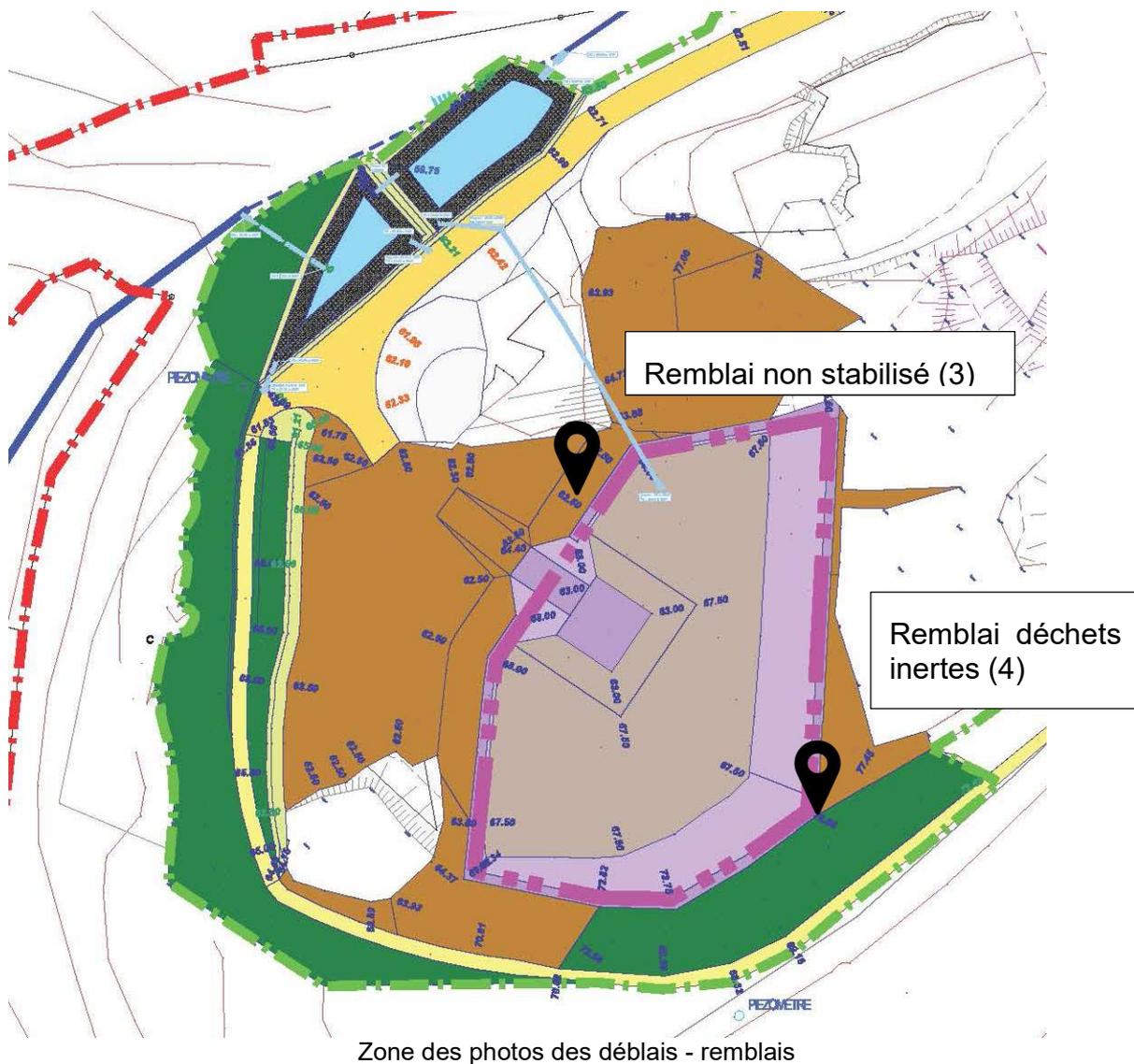
Nous considérons :

$$\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$$

$$c' = 100 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 38^\circ$$

### 3.1.2 Talus de remblais



La nouvelle géométrie de l'alvéole amiante ne concerne que les talus actuels de remblais de déchets inertes et plus les talus de déblais.

Les talus en remblais de la nouvelle alvéole seront constitués de déchets inertes compactés recouverts d'argile.



Talus de déchets d'inertes (4) en 2018, puis talus compacté en 2019 [photo AXE]

D'après les données transmises, les matériaux de remblais constitués d'inertes sont des matériaux divers avec des blocs et donc une composante frottante dominante. Il n'y a pas de sondages ou d'essais in-situ disponibles pour préciser leurs caractéristiques mécaniques.

Ils sont aujourd'hui stables avec des pentes de 35 à 40°, mais peu compactés en partie visible du talus.

Un calcul à rebours de stabilité a été effectué avec le logiciel TALREN V pour estimer ces caractéristiques mécaniques, en considérant que l'état actuel du talus est stable : le coefficient de sécurité au glissement en méthode traditionnelle est supérieur à 1 (principe du calage).

Nous avons considéré, en fonction de notre expérience et de données bibliographiques :

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$c' = 3 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 36^\circ$$

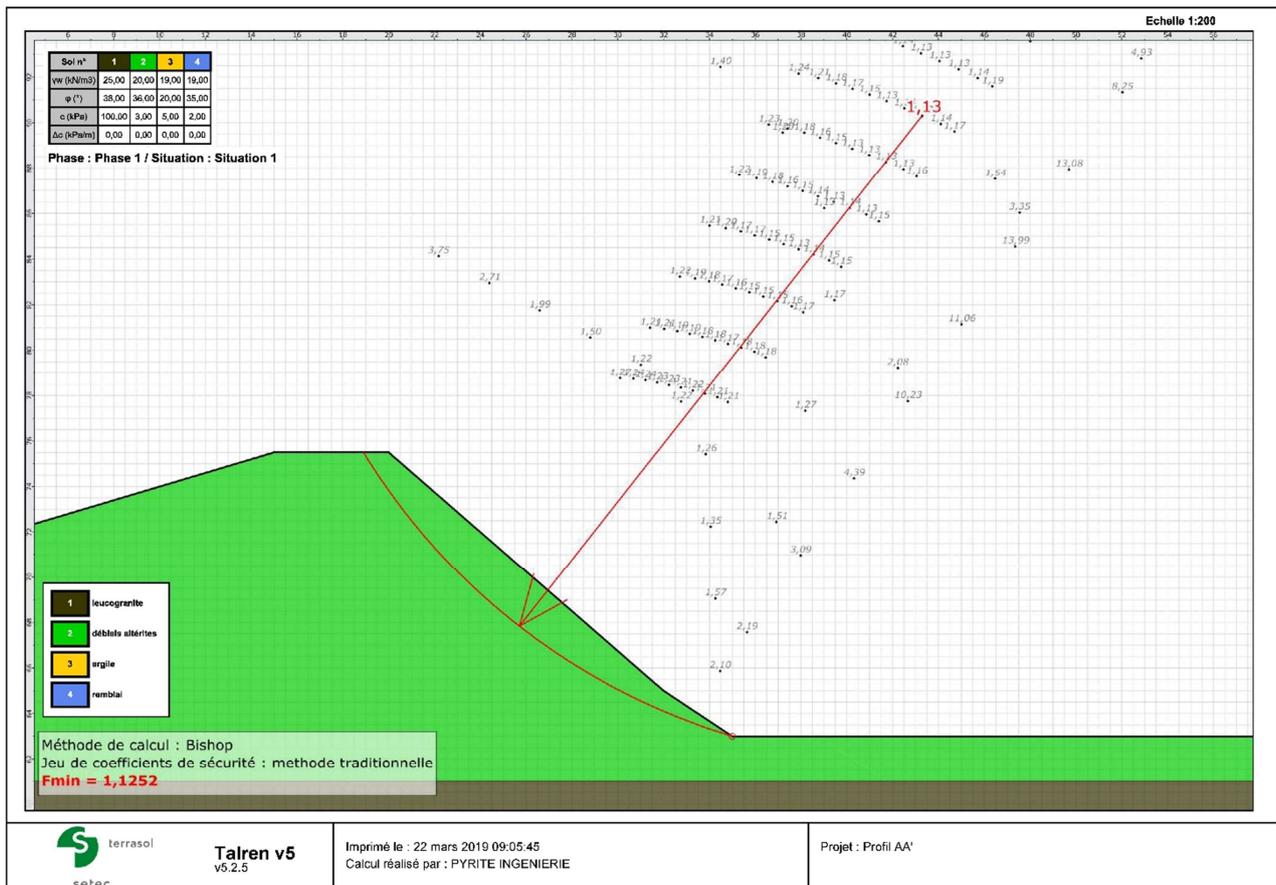
Sur la coupe AA' actuelle, ces caractéristiques permettent d'obtenir un coefficient de sécurité  $F=1.13$  légèrement au dessus de 1.0 en méthode traditionnelle : ces caractéristiques seront prises en compte pour les talus existants de remblai dans les calculs de stabilité de l'alvéole amiante.

Les autres remblais utiles pour rétablir un profil à 3H/2V (=33°) auront des caractéristiques légèrement diminuées, pour garder une petite marge de sécurité :

$$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$c' = 2 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 35^\circ$$



Graphique TALREN en méthode traditionnelle – coupe AA'

### 3.1.3 Interface étanchéité argileuse

Il s'agit de matériaux à dominante argileuse rapportés puis compactés en fond (épaisseur 1.0 m) et sur les flancs (épaisseur 0.5 m), de perméabilité  $k < 10^{-7} \text{m/s}$ , conformément à l'article 40 de l'arrêté ministériel du 15 février 2016.

Nous considérons les caractéristiques suivantes en tant que matériaux à dominante argileuse compactés :

- $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$
- $c' = 5 \text{ kPa}$
- $\phi' = 20^\circ$

Cette interface peut potentiellement jouer un rôle défavorable dans la stabilité des pentes.

### 3.2 Données hydrauliques

Les piézomètres localisés à proximité du site montrent des hauteurs d'eau à plus de 10 m de profondeur.

Les eaux circulent dans les formations altérées superficielles (altérites) et dans les plans de fractures du substratum constitué de leucogranites.

En ce qui concerne les lixiviats, l'alvéole est supposée équipée de dispositif de drainage des lixiviats évitant ainsi toute mise en charge et envoyant les eaux au bassin dédié.

⇒ Au stade du projet, aucune nappe ne sera prise en compte dans les calculs de stabilité.

### 3.3 Prise en compte du séisme

Le projet se situe dans le Finistère (29) situé en zone 2 (sismicité faible) d'après le décret 2010-1255 du 22 octobre 2010, l'accélération agr est donc de 0,7 m/s<sup>2</sup>.

L'ouvrage est considéré de catégorie II (bâtiment courant) :  $g_I=1$

D'après l'Eurocode 8, les sols appartiennent à la classe A : rocher avec couche superficielle d'au plus 5 m de matériau moins résistant  $S=1,0$  et le coefficient topographique  $\tau$  est évalué égal à 1,0.

Par conséquent, on obtient une accélération maximale de référence :

$$a_g = a_{gr} * g_I * S = 0,7 \text{ m/s}^2$$

Les coefficients sismiques (selon l'Eurocode 8) à prendre en compte dans le cadre de l'étude de la stabilité des pentes sont :

$$a_h = 0.5 a_g / g = 0,04,$$

$$a_v = \pm 0.5 a_h = \pm 0,02.$$

### 3.4 Choix des profils

Les calculs de stabilité sont réalisés à l'aide du logiciel TALREN V, en considérant des modes de ruptures circulaires ou quelconques.

Les vérifications sont menées sur les profils AA' et BB' :

- Sur le profil AA', des remblais seront utiles pour rétablir un profil homogène à 3H/2V sur le remblai existant, avant la pose de la barrière de matériaux argileux.
- Sur le profil BB', le talus sera décaissé à 3H/2V dans un remblai existant, avant pose de la barrière de matériaux argileux.

La barrière de matériaux argileux est montée en tenant compte du phasage de remplissage en déchets amiantés : elle ne dépasse pas une hauteur de 5 m pour chaque phase.

- Sur le profil BB', avec la géométrie d'une « diguette type » confectionnée en remblai, une fois l'alvéole remplie.

### 3.5 1<sup>ère</sup> méthode utilisée : méthode traditionnelle

Dans cette approche, il n'est pas pris en compte de coefficients de pondération, ni de coefficient de sécurité partiel sur les paramètres et actions.

Les coefficients de sécurité minimum recherchés au glissement devront être proches de 1.5 en situation courante et de 1.2 sous séisme.

Les modélisations TALREN ont été menées pour la géométrie de l'alvéole amiante, selon différentes situations :

- combinaison courante, avec des surfaces de rupture circulaire,
- combinaison courante, avec des surfaces de rupture dans la couche d'argile,
- combinaison accidentelle sous séisme.

La synthèse des résultats est la suivante :

	N° de situation	Coefficient de sécurité	N° de situation	Coefficient de sécurité	N° de situation	Coefficient de sécurité
Coefficient de sécurité $\Gamma_{\text{mini}}$ . Stabilité générale	AA' - 1	1.39	BB' - 4	1.42	BB' - 7	1.40
Coefficient de sécurité $\Gamma_{\text{mini}}$ . Stabilité remblais	AA' - 2	1.45	BB' - 5	1.93	BB' - 8	1.78
Coefficient de sécurité $\Gamma_{\text{mini}}$ . Stabilité sous séisme	AA' - 3	1.28	BB' - 6	1.31	BB' - 9	1.29

⇒ en situation courante, le coefficient de sécurité minimum obtenue est de 1.39 pour 1.5 normalement requis, mais il peut néanmoins être accepté compte tenu de l'ouverture limitée dans le temps de l'alvéole et des faibles enjeux de stabilité. En contrepartie il faudra au préalable s'assurer d'un certain niveau de compactage des matériaux de remblai.

Afin de garantir un niveau de sécurité suffisant sur la stabilité des diguettes, les caractéristiques mécaniques minimales de ces matériaux de remblais à matrice frottante prises en compte dans les calculs sont les suivantes :

$$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$c' = 2 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 35^\circ$$

### 3.6 2<sup>ème</sup> méthode utilisée : calculs aux Eurocodes

Une 2<sup>ème</sup> méthode a été utilisée en appliquant les coefficients de pondération partiels issus de l'Eurocode 7 et en recherchant un coefficient de sécurité final supérieur ou égal à 1.0 :

Action / paramètres	Symbole	Coefficient de pondération ELU courante	Coefficient de pondération ELU séisme
Angle de frottement	$\varphi'$	1.25	1.25
Cohésion drainée	$c'$	1.25	1.25
Poids volumique	$\gamma$	1.00	1.00
Coefficient méthode (ouvrage peu sensible)	s3	1.00	1.00

La synthèse des résultats donnent :

	N° de situation	Coefficient de sécurité	N° de situation	Coefficient de sécurité	N° de situation	Coefficient de sécurité
Coefficient de sécurité $\Gamma_{\text{mini}}$ . Stabilité générale	AA' - 10	1.11	BB' - 13	1.14	BB' - 16	1.12
Coefficient de sécurité $\Gamma_{\text{mini}}$ . Stabilité générale	AA' - 11	1.16	BB' - 14	1.55	BB' - 17	1.42
Coefficient de sécurité $\Gamma_{\text{mini}}$ . Stabilité sous séisme	AA' - 12	1.02	BB' - 15	1.05	BB' - 18	1.03

⇒ Les coefficients de sécurité obtenus sont tous supérieurs à 1.0 et donc satisfaisants.

### 3.7 Synthèse des modélisations

L'ensemble des graphes issus des modélisations sont présentés en **annexe 2** pour la méthode traditionnelle et en **annexe 3** pour la méthode aux eurocodes.

### 3.8 Dispositions constructives complémentaires

Les modélisations réalisées ont été menées sur la base d'hypothèses de caractéristiques mécaniques, sans sondages, ni essais spécifiques, mais sur la stabilité actuelle de talus et des photos. Il faudra confirmer ces hypothèses au stade de la réalisation des talus de l'alvéole.

D'après les photos transmises par AXE, des points de vigilance sont à considérer sur les talus de remblais non stabilisés (3) - cf. implantation sur le plan p.6.



Photos des talus de déchets inertes non stabilisés [photo AXE]

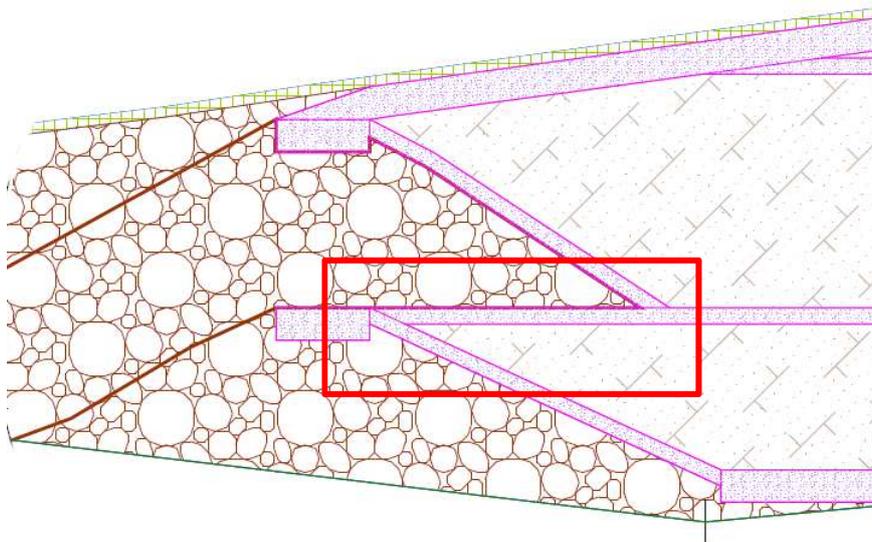
- ⇒ Il faudra éliminer les gros éléments (>300 mm) ou les concasser pour qu'ils puissent être compactés et mis en œuvre dans le cadre du réglage final des talus.

Les talus de remblais seront mis en œuvre par la méthode excédentaire. Les excédents de remblais seront repris et évacués.

Pour la pose des matériaux argileux, de petits redans d'accroche devront être créés dans les pentes de manière à assurer une accroche entre les couches.

Sur les flancs, la barrière en matériaux argileux sera montée par hauteur maximale de 5 m, correspondant aux phases de remplissage des déchets amiantés.

La géométrie des diguettes telle qu'elle a été conçue par ACCTER en superposition, nécessite un très bon niveau de compactage des déchets amiantés sous la couche d'argile de la diguette supérieure, afin d'éviter des problématiques de tassements et déformations des diguettes.



Extrait coupe ACCTER des diguettes

Pour les remblais constitutifs des diguettes : afin de s'assurer de leur stabilité, ces matériaux devront avoir une matrice frottante prédominante (graves et petits blocs à plus de 30%), sinon leur stabilité ne pourra être garantie avec une pente à 3H/2V.

Une mise en œuvre très soignée de ces remblais par couche devra être réalisée conformément au guide des terrassements routiers, avec un compactage adapté aux matériaux.

Un drainage des eaux de pluie sera mis en œuvre de manière à empêcher la mise en charge dans l'alvéole.

## 4 CONCLUSION

PYRITE ingénierie a mené des vérifications de stabilité générale sur les talus de déblais / remblais de l'alvéole d'amiante de l'ISDND de Merdy (29), sur la base de documents transmis par AXE et ACCTER.

Celle-ci dispose désormais d'une géométrie qui a fortement été réduite au sein du casier d'inertes.

En l'absence de reconnaissance par sondage et essais, nous avons émis un certain nombre d'hypothèses qu'il conviendra de vérifier lors de la confection de l'alvéole ; les talus de l'alvéole sont taillés à 3H/2V et sont constitués de déchets inertes à matrice frottante.

La présente étude s'appuie réglementairement sur l'arrêté ministériel du 15 février 2016 pour la vérification de la stabilité des flancs, ainsi que sur notre expérience et bibliographie pour caler les caractéristiques mécaniques des sols.

Les calculs sur les profils en travers les plus défavorables de déblai – remblai, montrent que la stabilité géotechnique au grand glissement est assurée avec des coefficients de sécurité :

- supérieurs à 1.39 en combinaison courante et 1.28 au séisme en méthode traditionnelle sans pondération ce qui traduit un niveau de sécurité jugé suffisant pour ce type d'aménagement,
- supérieurs à 1.0 (pour un coefficient de sécurité de 1.0 requis) selon la méthode de pondération conformément aux exigences de l'Eurocode 7.

Un certain nombre de prescriptions constructives ont également été précisées pour s'assurer de la stabilité des flancs de l'alvéole.

Un suivi géotechnique lors des travaux (mission G4) est très fortement recommandé pour s'assurer de la bonne mise en œuvre des flancs et de l'argile ; il pourra être intégré au dossier technique préalable à l'exploitation prévu par l'article 20 de l'arrêté ministériel du 15 février 2016.

## **ANNEXE 1**

# **CONDITIONS GENERALES DE VENTE ET NORME NF P 94-500 – MISSIONS TYPE D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE**



## CONDITIONS GENERALES DE VENTE

### OBLIGATIONS CONTRACTUELLES

Les obligations contractuelles des parties sont régies par les présentes conditions générales applicables à toutes les prestations effectuées par PYRITE INGÉNIERIE.

La signature par le Client du présent contrat implique son adhésion à l'ensemble des clauses sans réserve, comme indiqué dans le cadre « signature ».

#### Obligations du BET

PYRITE INGÉNIERIE est tenu à une obligation de moyens et réalisera les missions décrites dans le présent contrat, en respectant les documents contractuels et les règles de l'art.

#### Obligations du client

- le Client remettra à PYRITE INGÉNIERIE les documents sollicités **et nécessaires au bon accomplissement de sa mission.**
- l'étude sera réalisée sur la base de ces documents. Ainsi, le client s'engage à signaler à PYRITE INGÉNIERIE tout changement dans l'implantation, la conception, l'importance des constructions. De même il informera PYRITE INGÉNIERIE tout incident survenu en cours de chantier susceptible de relever d'une problématique géotechnique.
- le Client payera le prix des missions conformément aux modalités définies dans le présent contrat

Le présent contrat pourra être résilié par l'une des parties, dans le cas où l'autre partie est défaillante dans l'exécution de ses obligations, à l'expiration d'un délai de deux semaines après l'envoi d'une mise en demeure par courrier recommandé, demandant la réparation de la défaillance, et restée sans effet.

En cas de résiliation par le Client, non justifiée par une défaillance du BET, le Client est engagé à indemniser PYRITE INGÉNIERIE de la totalité des prestations débutées suivant le détail des postes portés dans la décomposition financière.

### EXECUTION DES INVESTIGATIONS DE TERRAIN

#### Accès au site

L'acceptation de notre proposition comprend l'autorisation d'accès au site ainsi que l'autorisation d'effectuer les investigations de terrain.

Sauf stipulation contraire portée dans la proposition technique et financière, le site est réputé accessible.

La remise en état des terrains à l'initial n'est pas incluse. Pour les puits à la pelle, il est prévu le remblaiement au mieux avec les matériaux extraits, dès la fin de cette prestation.

La responsabilité de PYRITE INGÉNIERIE ne saurait être engagée pour des retards consécutifs à des faits qui ne lui sont pas imputables (terrain impraticables par exemple).

#### Réseaux et ouvrages enterrés

Le Maître d'Ouvrage s'engage à fournir avec la commande, les plans complets de réseaux et de tout ouvrage souterrain sur la parcelle étudiée; cette recherche n'entre pas dans notre proposition, s'agissant de servitudes et non de données géologiques. Notre assurance pour dégâts accidentels à ces ouvrages et réseaux ne peut intervenir qu'à cette condition.

Le Maître d'Ouvrage conserve la charge de la réparation des désordres occasionnés en cours de sondages aux ouvrages (réseaux, canalisations...) enterrés non répertoriés ou mal implantés sur les plans fournis.

### DOCUMENTS CONTRACTUELS

Les documents contractuels applicables sont :

- le présent contrat,
- la décomposition financière,
- la norme NF 94-500 dans son intégralité.

### LE RAPPORT

Le rapport géotechnique constitue le compte rendu de la mission d'ingénierie défini par la commande ou le contrat. Le rapport géotechnique et ses annexes constituent un ensemble indissociable. Son utilisation même partielle par un autre maître d'ouvrage ou par un autre constructeur, ou pour un autre ouvrage que celui objet de la mission confiée, ne pourra engager la responsabilité de PYRITE INGÉNIERIE.



## LE PRIX

### Contenu du prix et validité

Le prix est établi sur la base des informations transmises au moment de l'établissement du contrat.  
**Ce prix est valable pour une durée de 3 mois** à compter de la date d'envoi du contrat.

### Paiement

Le paiement se fera l'issue de chaque étape de la mission, avec un délai de paiement de 30 jours.

Les retards de paiement ouvrent droit au paiement d'intérêts moratoires au taux de l'intérêt légal augmenté de sept points.

Le donneur d'ordre se libérera des sommes dues par lui, en faisant crédit au compte ouvert au nom de PYRITE INGÉNIERIE.

## RESPONSABILITE ET ASSURANCE

### Responsabilité de PYRITE INGÉNIERIE

PYRITE INGÉNIERIE assume les responsabilités qu'elle engage par l'exécution de sa mission telle que décrite au présent contrat.

A ce titre, PYRITE INGÉNIERIE est responsable de ses prestations, dont la défectuosité lui est imputable. Sa responsabilité ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission géotechnique objet de la présente proposition financière et technique.

Il est expressément convenu que pour les dommages autres que les dommages à la construction engageant la responsabilité décennale de PYRITE INGÉNIERIE, notre responsabilité sera limitée dans les conditions suivantes :

- la responsabilité de PYRITE INGÉNIERIE ne serait être engagée au delà des montants de garantie fixés à son contrat d'assurance. En outre, PYRITE INGÉNIERIE sera garanti par le Client, contre les conséquences de toute recherche en responsabilité de la part de tiers au présent contrat,
- dès lors qu'elles dépasseraient les montants de garanties visées ci-dessous.
- en l'absence de faute du BET, le Client assume le risque inhérent à son projet. Le Client relèvera en garantie PYRITE INGÉNIERIE contre les recours de tiers dans le cas de désordres sur réseaux si leur implantation ne correspondait pas aux indications renseignées par les concessionnaires.

Toute modification apportée ultérieurement à l'étude, objet du présent contrat, nécessite une nouvelle étude de faisabilité. Si la modification apparaît en phase projet, il conviendra de confier à un bet une mission comportant la faisabilité d'avant-projet et l'étude du nouveau projet. Dans ces cas de modification, l'étude, objet du présent contrat est réputée caduque. Toute utilisation de cette étude est faite sous l'entière responsabilité du Client.

### Assurances

#### Responsabilité Civile Professionnelle et Décennale de PYRITE INGÉNIERIE

PYRITE INGÉNIERIE a souscrit un contrat d'assurance de responsabilité professionnelle auprès de QBE. Ce contrat couvre le BET sur :

- toutes les opérations de génie civil dont le coût global reste inférieure à 6 000 000 € HT
- toutes les opérations de bâtiment dont le coût global reste inférieure à 15 000 000 € HT

#### Montants de garantie:

➤ Dommages matériels engageant la responsabilité décennale de PYRITE INGÉNIERIE :

- Ouvrage de bâtiment Coût de la construction
- Ouvrage de génie civil Compris en dommages matériels
- Autres dommages Responsabilité civile professionnelle : 1 000 000 € / an dont
- Dommages corporels : 1 000 000 € / an
- Dommages matériels et immatériels consécutifs : 750 000 € / an
- Dommages immatériels non consécutifs : 250 000 € / an

#### Extension des garanties du contrat RCPro/Déc et attestation nominative de chantier

Le Client informera PYRITE INGÉNIERIE du cas où le coût prévisionnel de l'ouvrage est supérieur aux seuils définis ci-dessus (honoraires de maîtrise d'œuvre et bureau de contrôle compris). Si tel est le cas, l'avis de la Compagnie d'assurance devra être demandé pour validation de l'extension de garantie, et détermination de la surprime correspondante.

Le Client s'engage à prendre en charge cette surprime.

En cas de demande d'attestation nominative de chantier dans le cadre d'une opération normalement couverte par le contrat, le Client s'engage à indemniser PYRITE INGÉNIERIE d'une somme forfaitaire de 500 € HT.

4.2.4 - Tableaux synthétiques

Tableau 1 – Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
Étape 1 : Étude géotechnique préalable (G1)		Étude géotechnique préalable (G1) Phase Étude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Étude préliminaire, esquisse, APS	Étude géotechnique préalable (G1) Phase Principes Généraux de Construction (PGC)		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : Étude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Avenir-projet (AVP)		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	PRO	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet	avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE/ACT	Étude géotechnique de conception (G2) Phase DCE / ACT		Consultation sur le projet de base / Choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3/G4)	EXE/VISA	À la charge de l'entreprise Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Étude (en interaction avec la phase Suivi)	À la charge du maître d'ouvrage Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision du suivi)	Étude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
	DET/AOR	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Suivi (en interaction avec la phase Étude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage		Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux
À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié

**Tableau 2 – Classification des missions d'ingénierie géotechnique**

<p>L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.</p>
<p><b>ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)</b></p> <p>Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases :</p> <p><u>Phase Étude de Site (ES)</u></p> <p>Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.</li> <li>Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.</li> </ul> <p><u>Phase Principes Généraux de Construction (PGC)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).</li> </ul>
<p><b>ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)</b></p> <p>Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :</p> <p><u>Phase Avant-projet (AVP)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.</li> </ul> <p><u>Phase Projet (PRO)</u></p> <p>Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.</li> </ul> <p><u>Phase DCE / ACT</u></p> <p>Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).</li> <li>Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.</li> </ul>

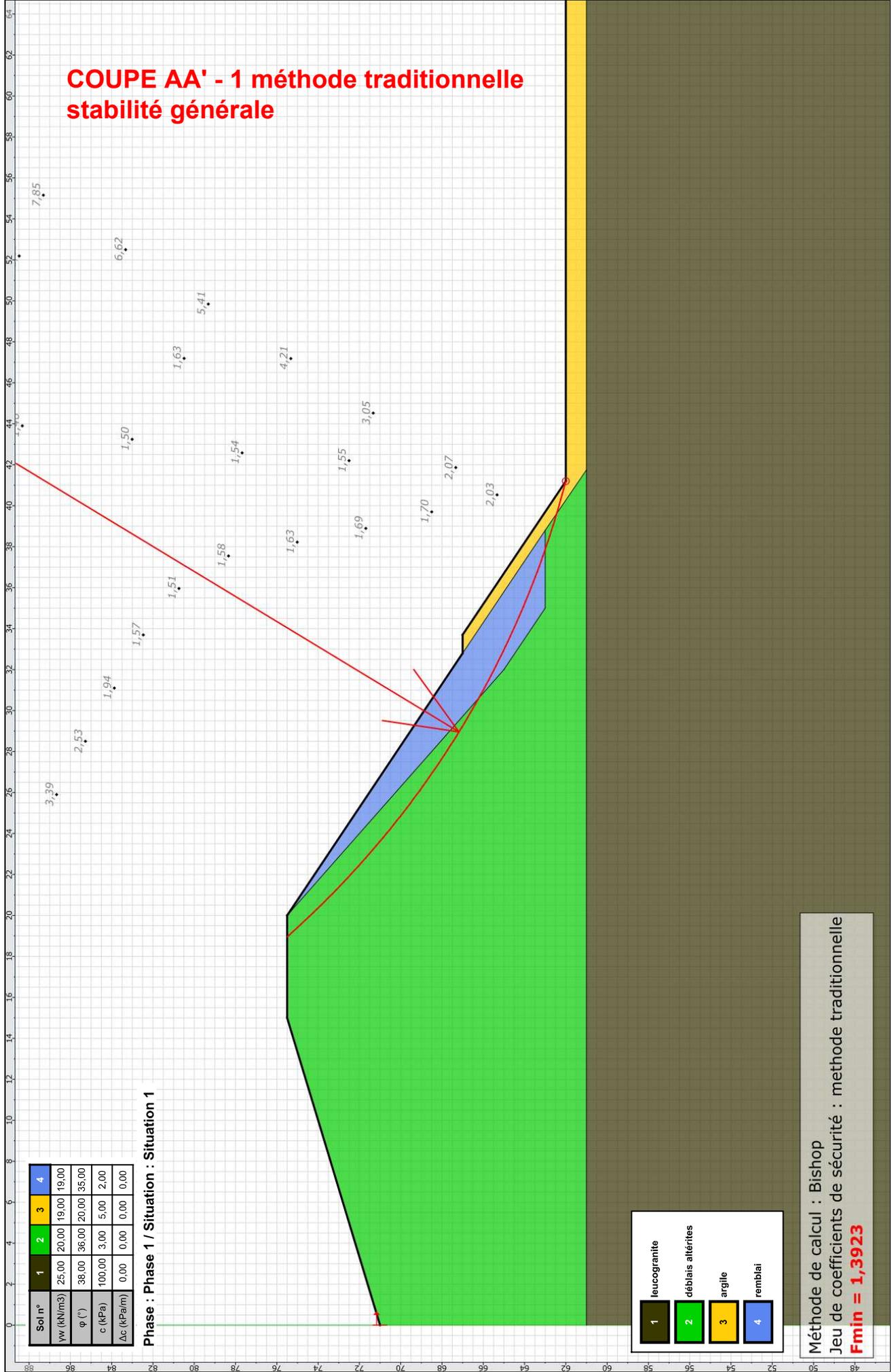
**Tableau 2 – Classification des missions d'ingénierie géotechnique**

<b>ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées) ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)</b>
<p>Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT. Elle comprend deux phases interactives :</p> <p><u>Phase Étude</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>• Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).</li> <li>• Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.</li> </ul> <p><u>Phase Suivi</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.</li> <li>• Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).</li> <li>• Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO)</li> </ul> <p><b>SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)</b></p> <p>Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives :</p> <p><u>Phase Supervision de l'étude d'exécution</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils.</li> </ul> <p><u>Phase Supervision du suivi d'exécution</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3).</li> <li>• donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.</li> </ul> <p><b>DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)</b></p> <p>Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.</li> <li>• Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.</li> <li>• Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).</li> </ul>

# **ANNEXE 2**

## **SYNTHESE DES GRAPHES TALREN – METHODE TRADITIONNELLE**

# COUPE AA' - 1 méthode traditionnelle stabilité générale



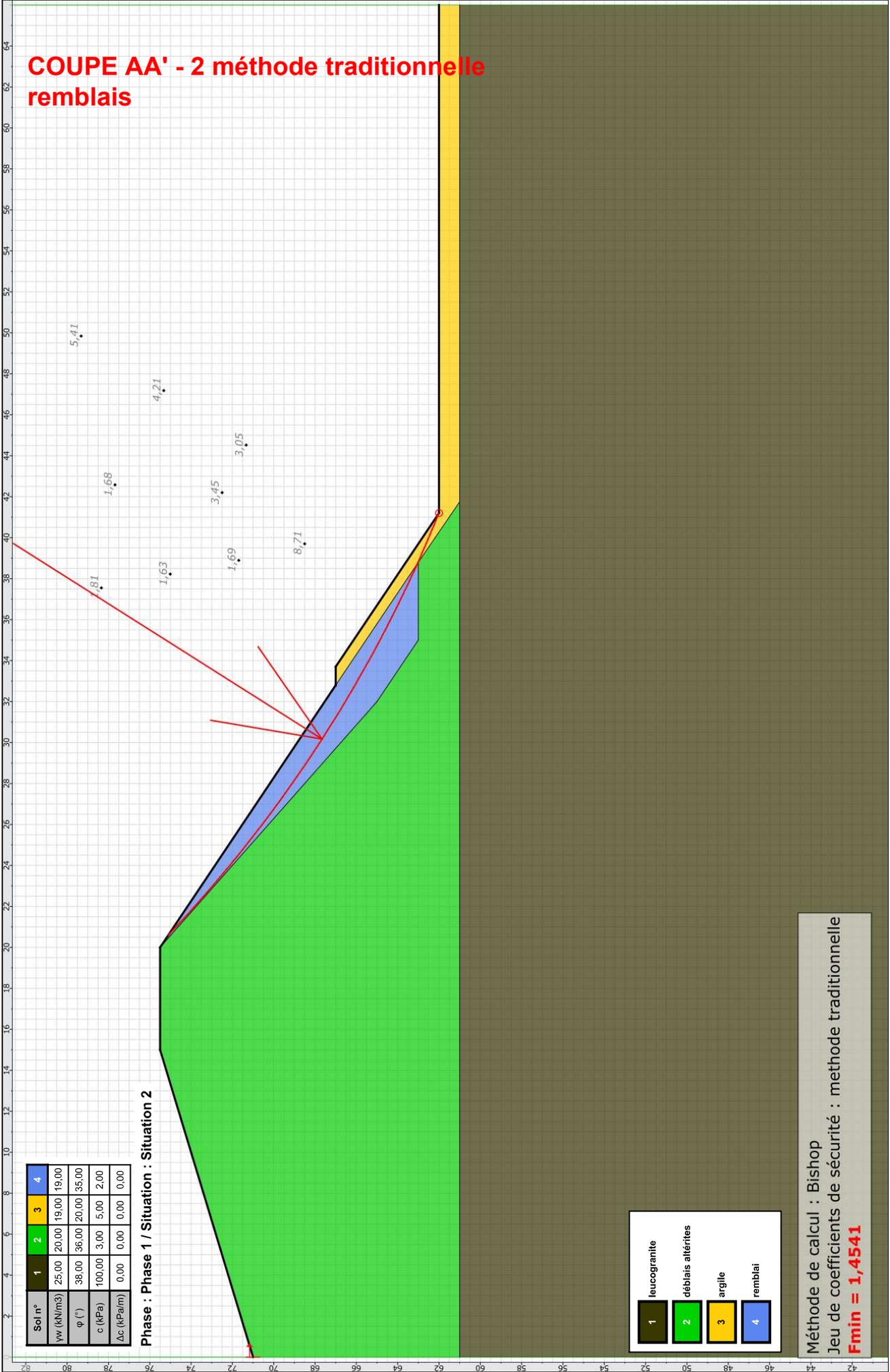
Projet : Profil AA'

Imprimé le : 22 mars 2019 10:30:30  
Calcul réalisé par : PYRITE INGENIERIE

**Talren v5**  
v5.2.5

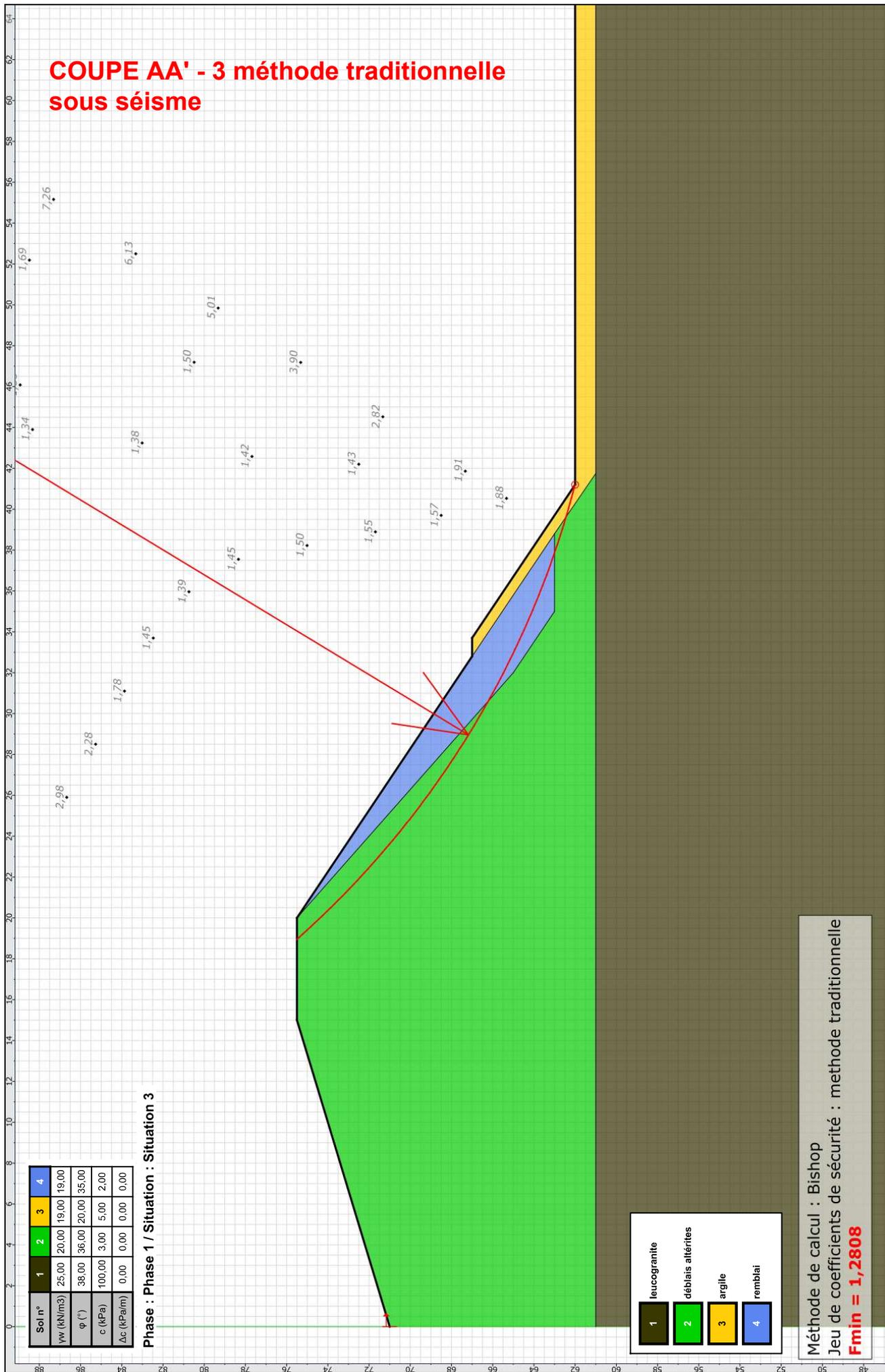


# COUPE AA' - 2 méthode traditionnelle remblais

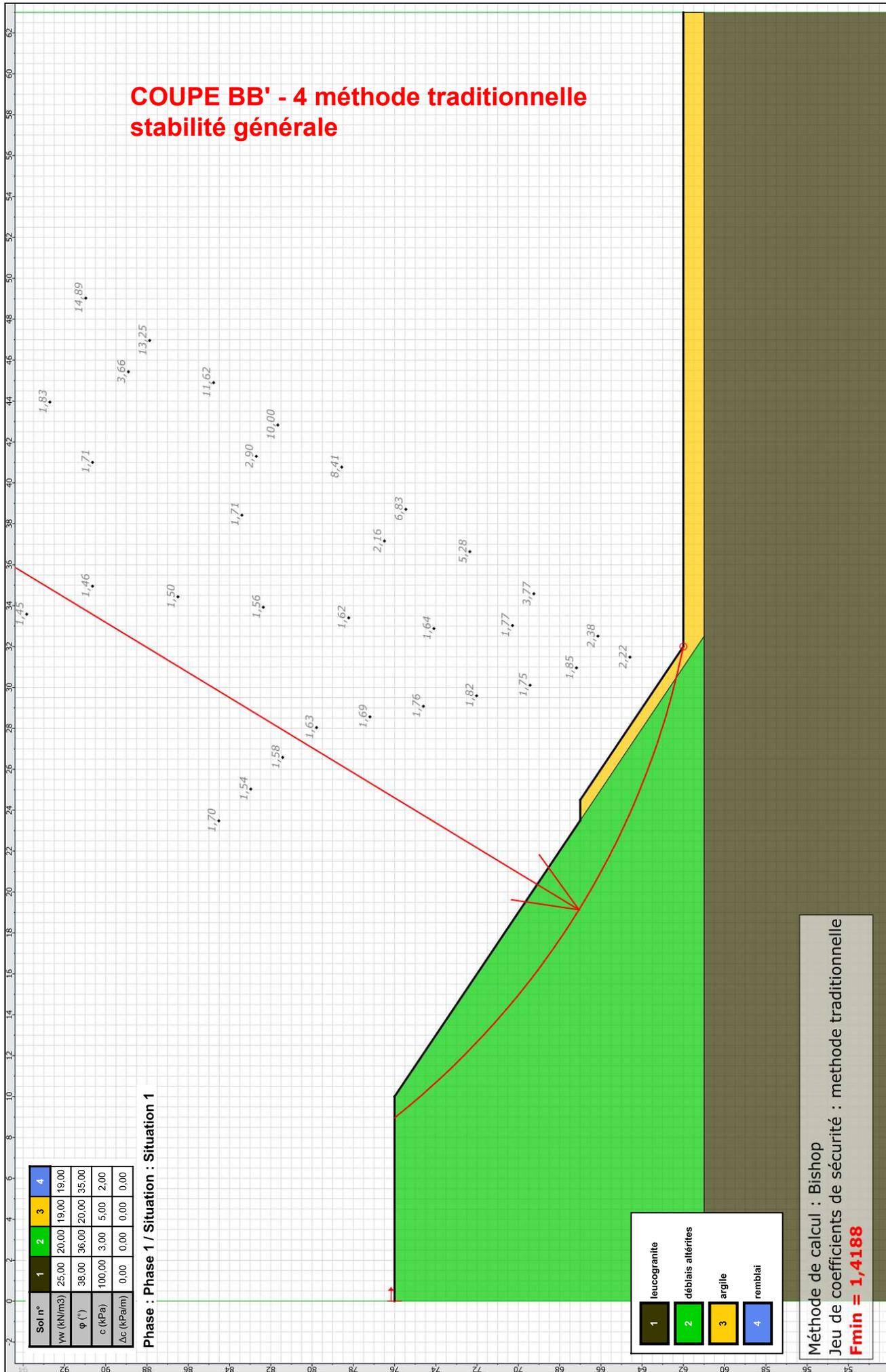


Méthode de calcul : Bishop  
 Jeu de coefficients de sécurité : méthode traditionnelle  
**Fmin = 1,4541**

# COUPE AA' - 3 méthode traditionnelle sous séisme



# COUPE BB' - 4 méthode traditionnelle stabilité générale



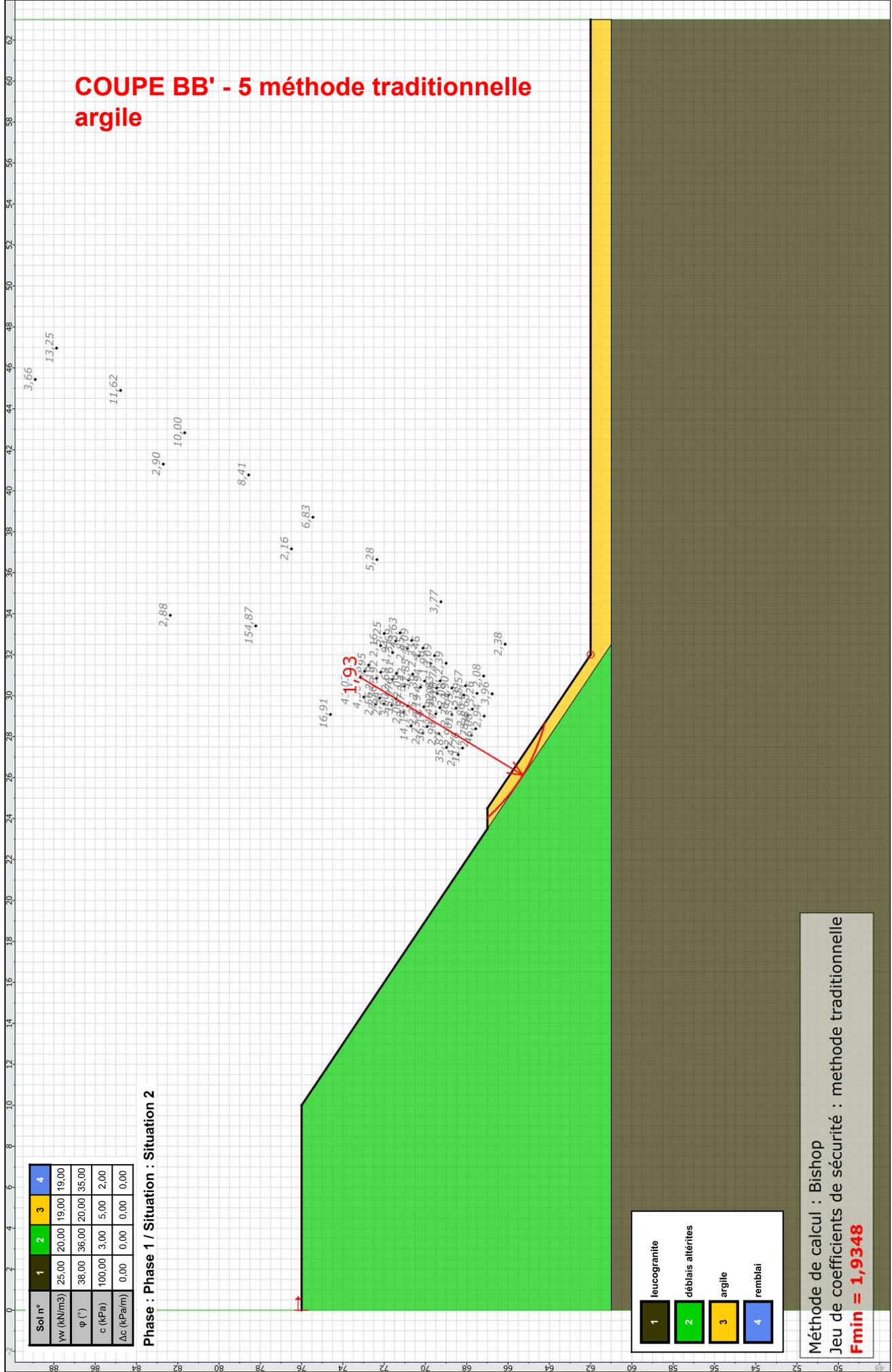
Projet : Profil BB'

Imprimé le : 22 mars 2019 10:51:30  
Calcul réalisé par : PYRITE INGENIERIE



**Talren v5**  
v5.2.5

# COUPE BB' - 5 méthode traditionnelle argile



Phase : Phase 1 / Situation : Situation 2

Sol n°	1	2	3	4
γw (kN/m³)	25,00	20,00	19,00	19,00
φ (°)	38,00	36,00	20,00	35,00
c (kPa)	100,00	3,00	5,00	2,00
Δc (kPa/m)	0,00	0,00	0,00	0,00

- 1 leucogranite
- 2 déblais altérites
- 3 argile
- 4 remblai

Méthode de calcul : Bishop  
 Jeu de coefficients de sécurité : méthode traditionnelle  
**Fmin = 1,9348**

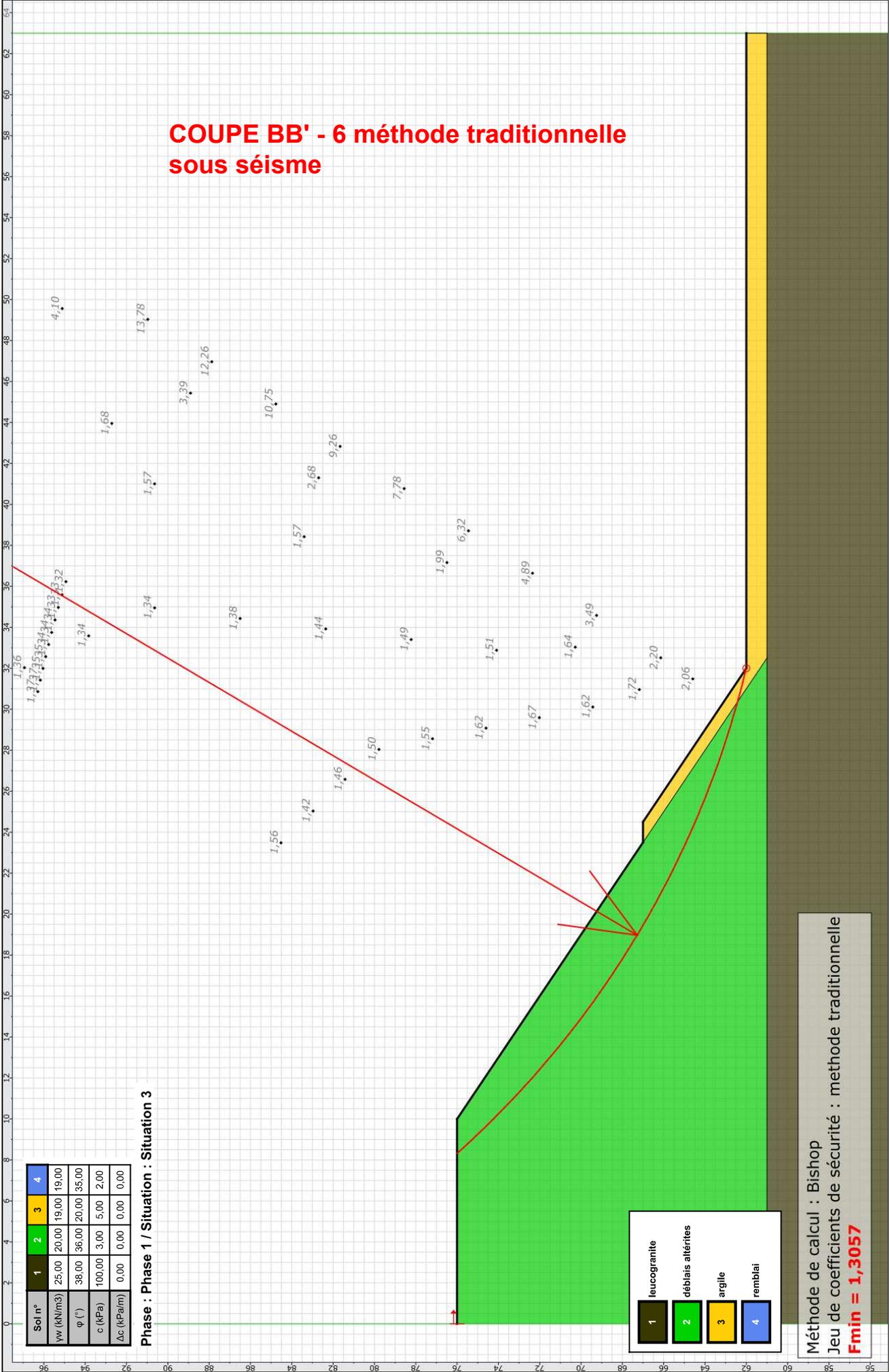


**Talren v5**  
v5.2.5

Imprimé le : 22 mars 2019 10:54:02  
 Calcul réalisé par : PYRITE INGENIERIE

Projet : Profil BB'

## COUPE BB' - 6 méthode traditionnelle sous séisme

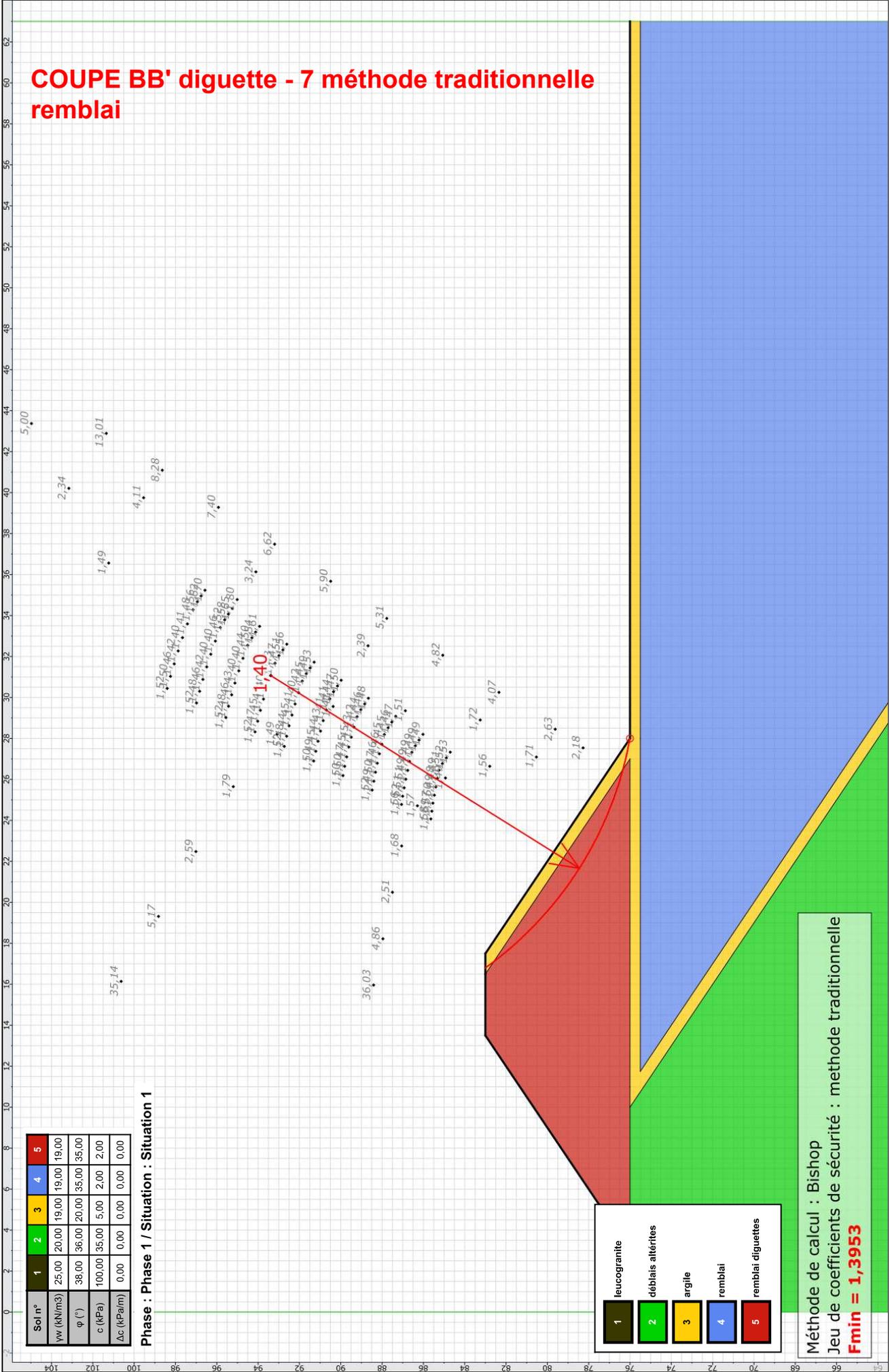


Phase : Phase 1 / Situation : Situation 3

Projet : Profil BB'

Imprimé le : 22 mars 2019 10:55:04  
 Calcul réalisé par : PYRITE INGENIERIE

# COUPE BB' diguette - 7 méthode traditionnelle remblai



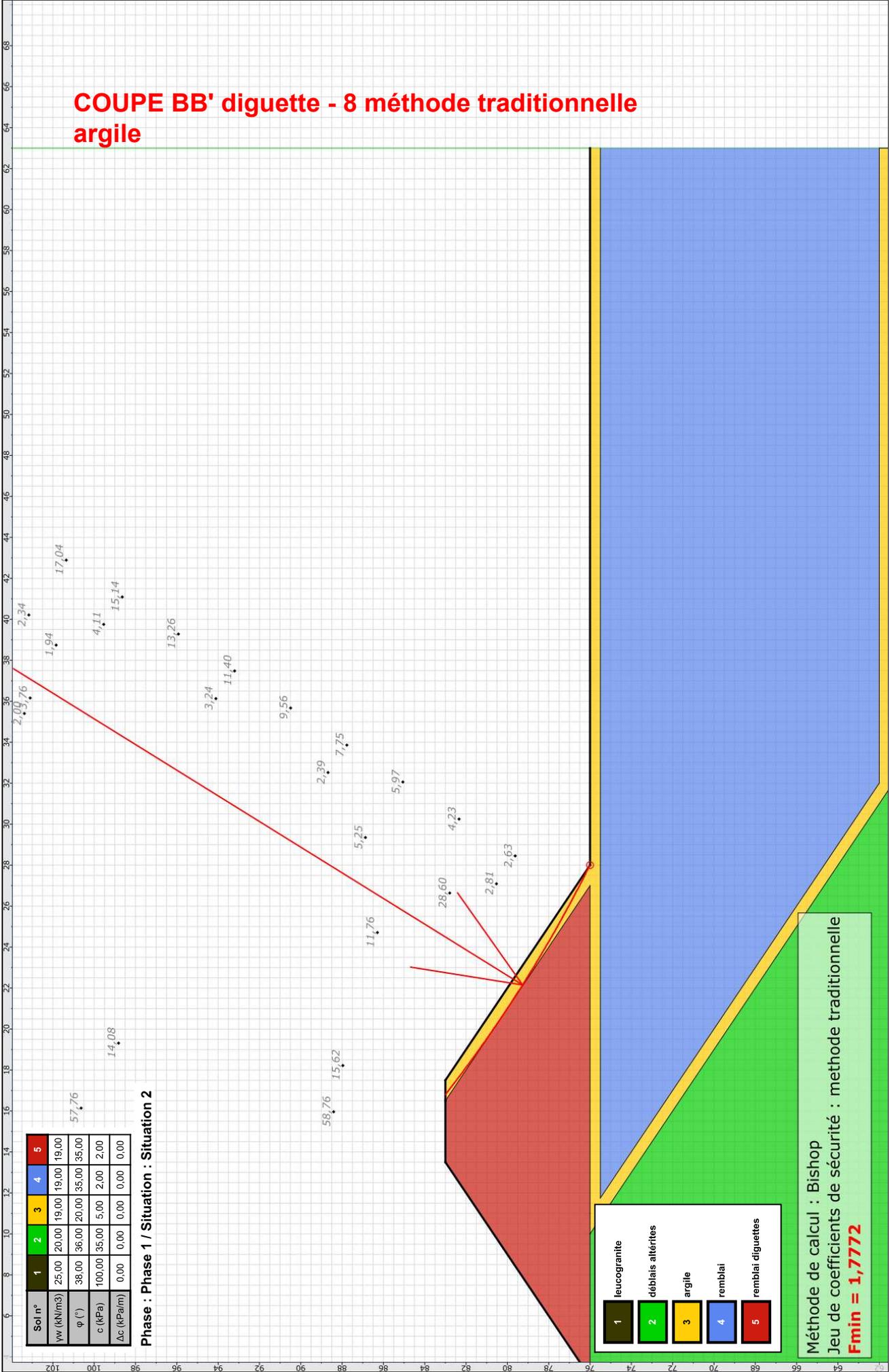
Projet : Profil BB'

Imprimé le : 22 mars 2019 12:03:47  
 Calcul réalisé par : PYRITE INGENIERIE

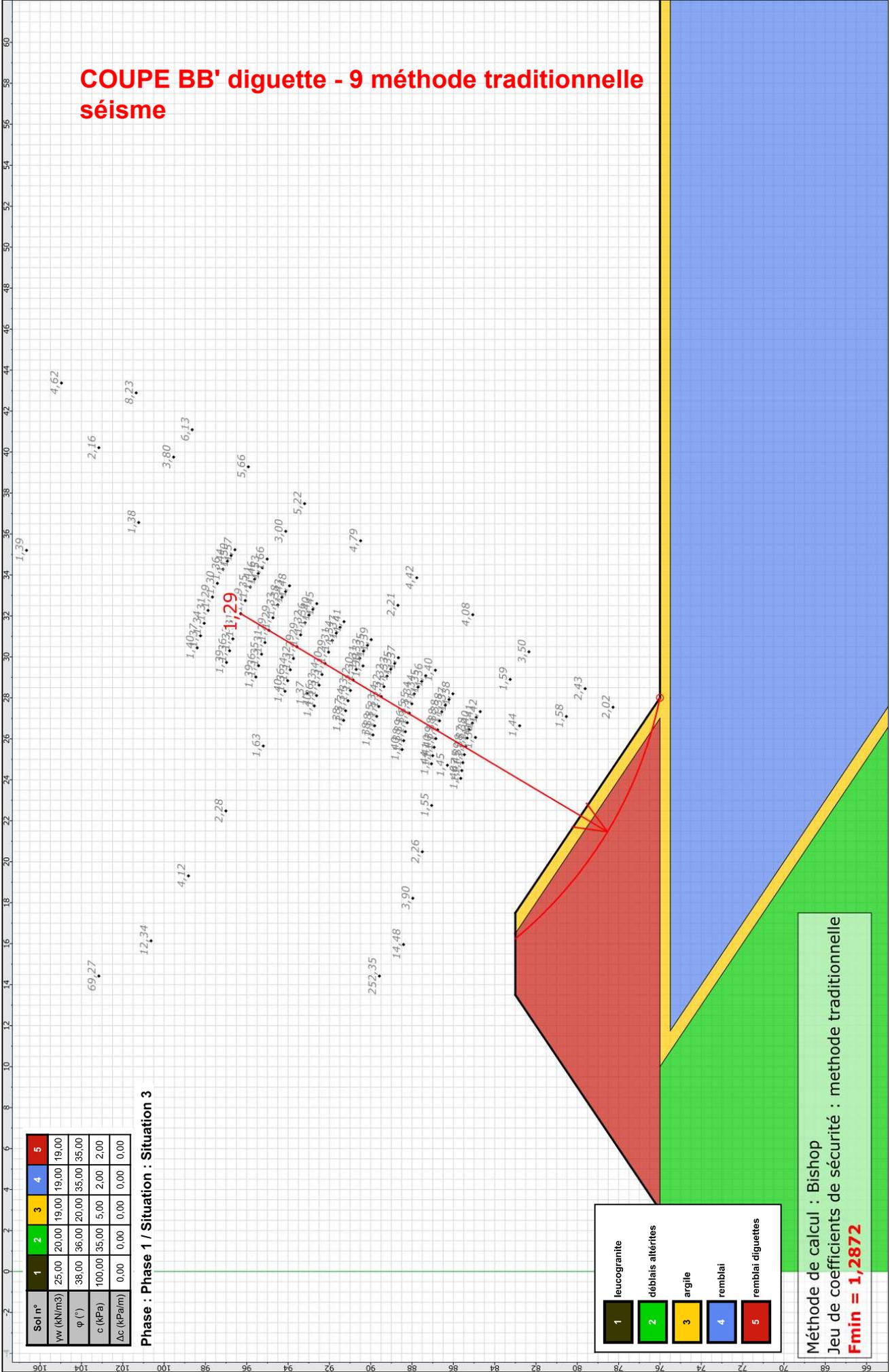
**Talren v5**  
 v5.2.5



# COUPE BB' diguette - 8 méthode traditionnelle argile



# COUPE BB' diguette - 9 méthode traditionnelle séisme



Projet : Profil BB'

Imprimé le : 22 mars 2019 12:05:32  
 Calcul réalisé par : PYRITE INGENIERIE

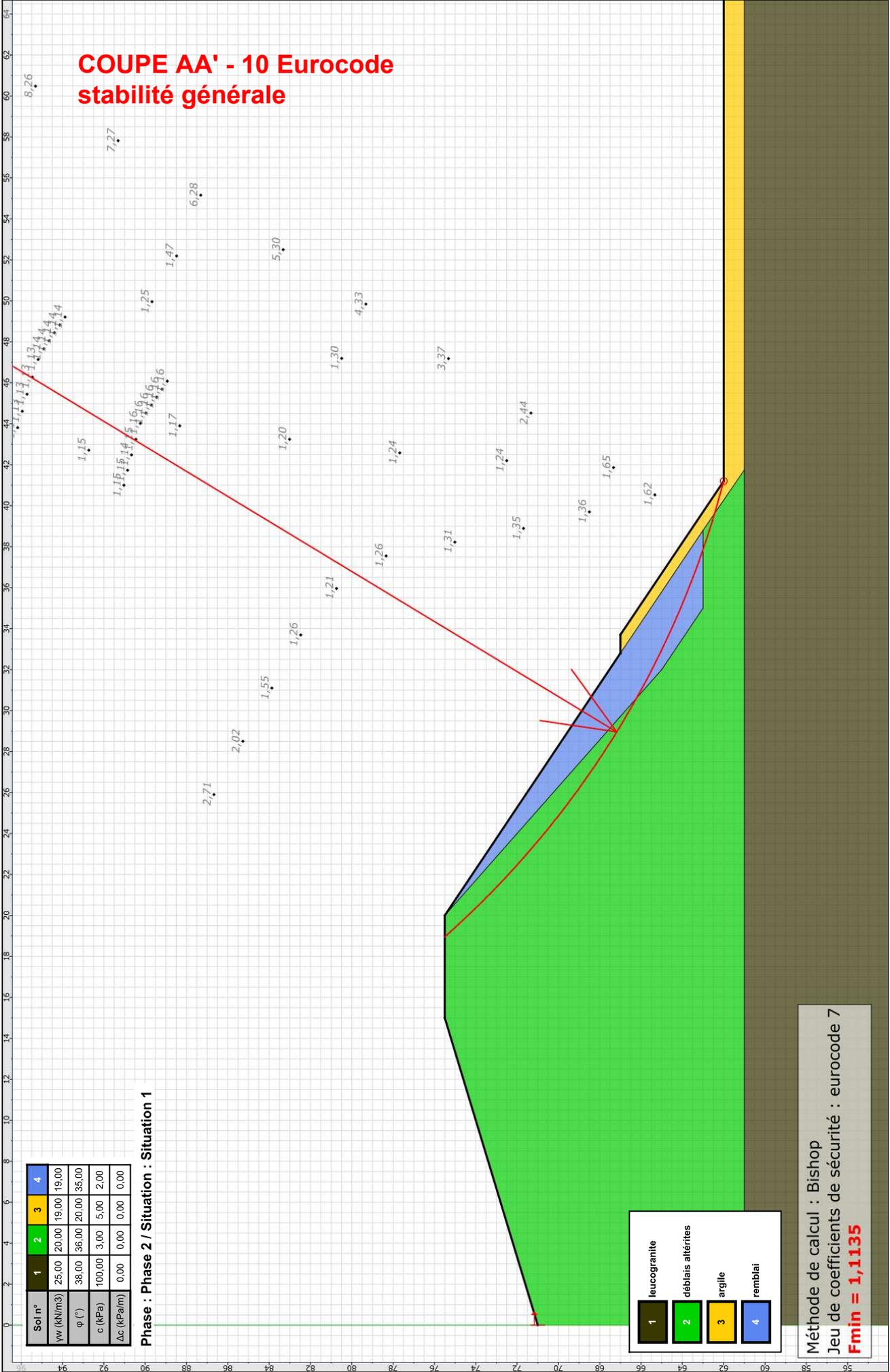
**Talren v5**  
 v5.2.5



# **ANNEXE 3**

## **SYNTHESE DES GRAPHES TALREN – EUROCODE 7**

# COUPE AA' - 10 Eurocode stabilité générale



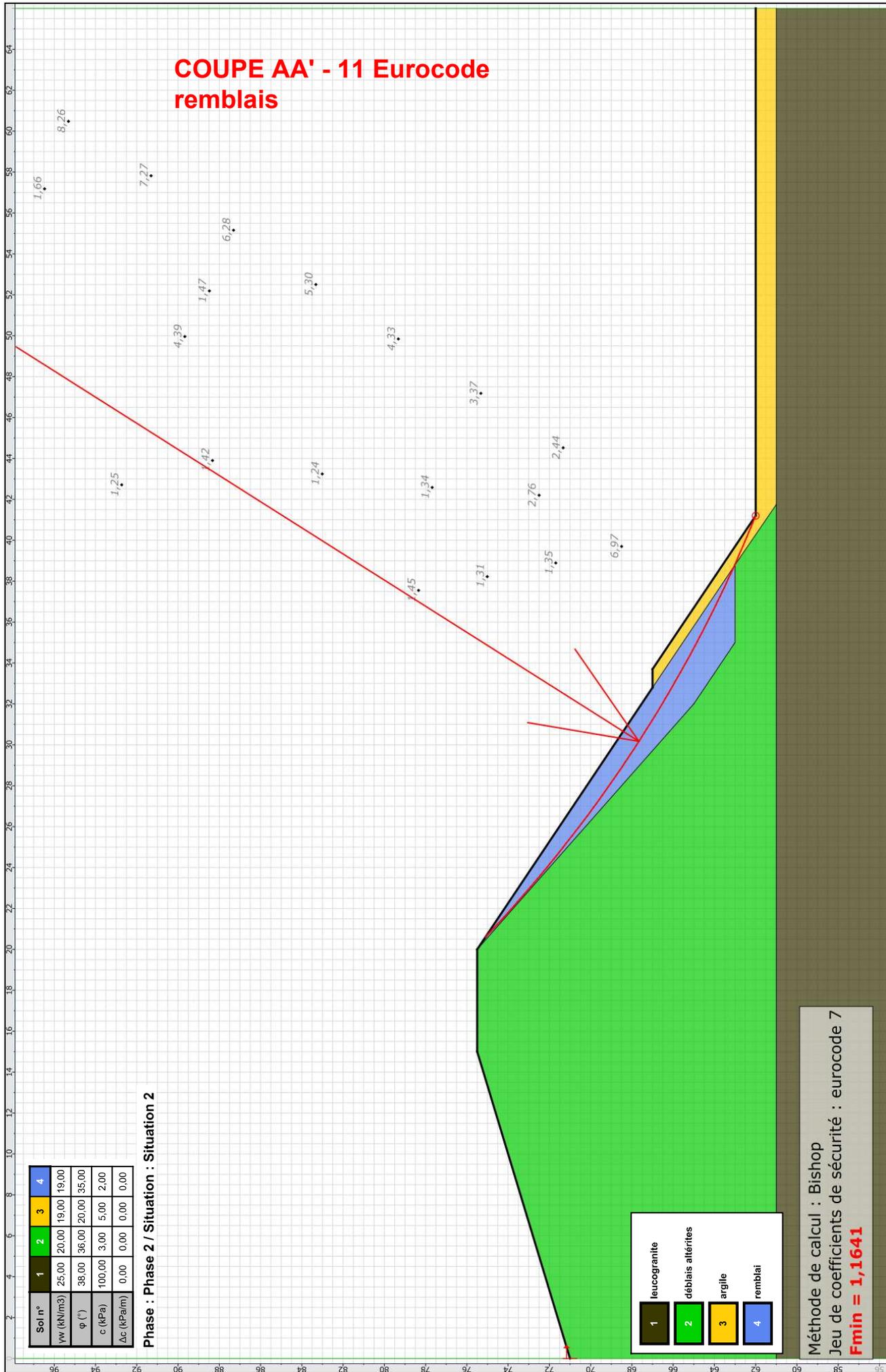
Projet : Profil AA'

Imprimé le : 22 mars 2019 10:41:24  
Calcul réalisé par : PYRITE INGENIERIE

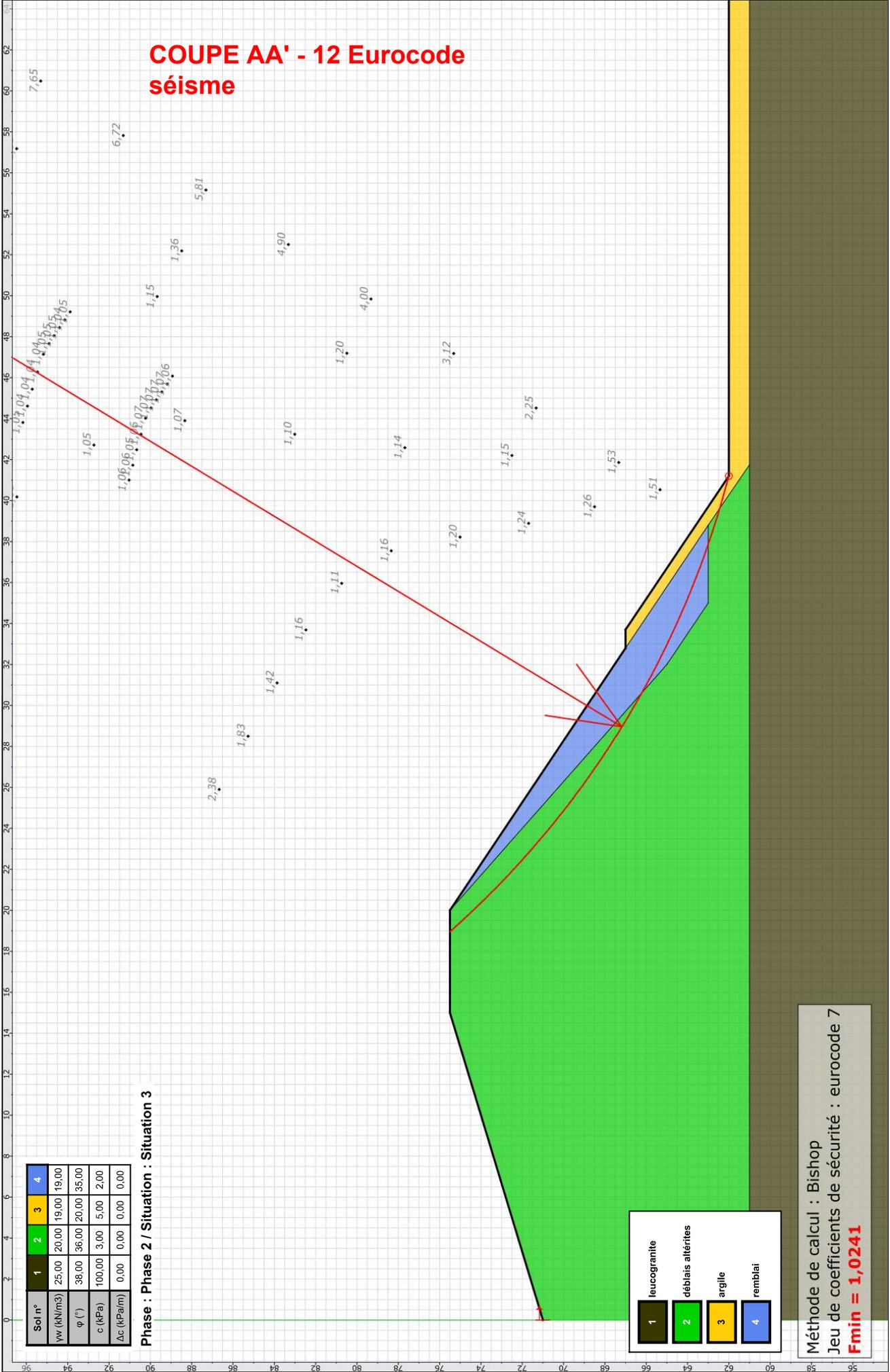
**Talren v5**  
v5.2.5



# COUPE AA' - 11 Eurocode remblais



# COUPE AA' - 12 Eurocode sisme



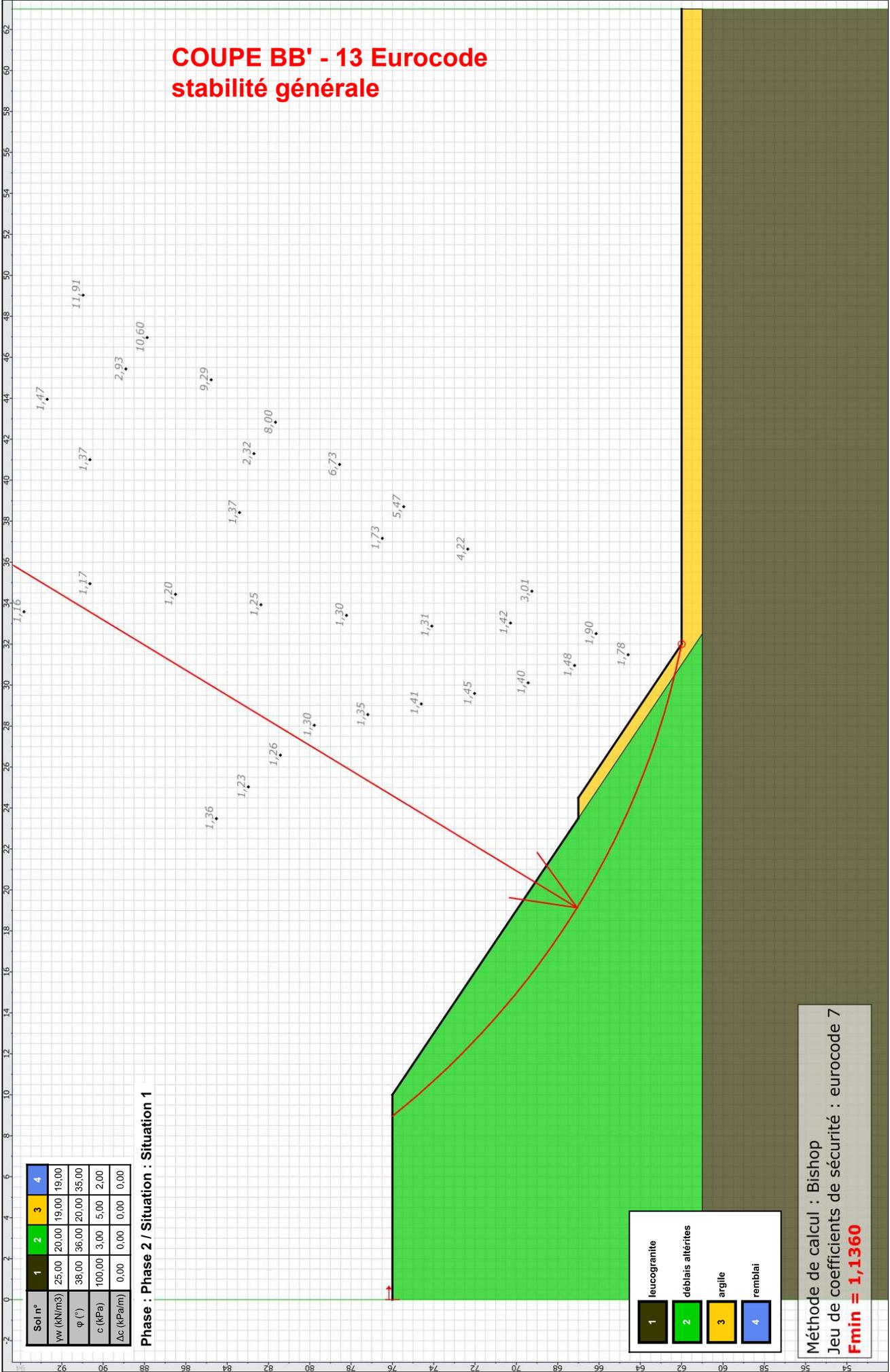
Projet : Profil AA'

Imprimé le : 22 mars 2019 10:43:21  
 Calcul réalisé par : PYRITE INGENIERIE

**Talren v5**  
 v5.2.5



# COUPE BB' - 13 Eurocode stabilité générale



Sol n°	1	2	3	4
$\gamma_w$ (kN/m <sup>3</sup> )	25,00	20,00	19,00	19,00
$\varphi$ (°)	38,00	36,00	20,00	35,00
c (kPa)	100,00	3,00	5,00	2,00
$\Delta c$ (kPa/m)	0,00	0,00	0,00	0,00

Phase : Phase 2 / Situation : Situation 1

1	leucogranite
2	déblais altérites
3	argile
4	remblai

Méthode de calcul : Bishop  
Jeu de coefficients de sécurité : eurocode 7  
**Fmin = 1,1360**

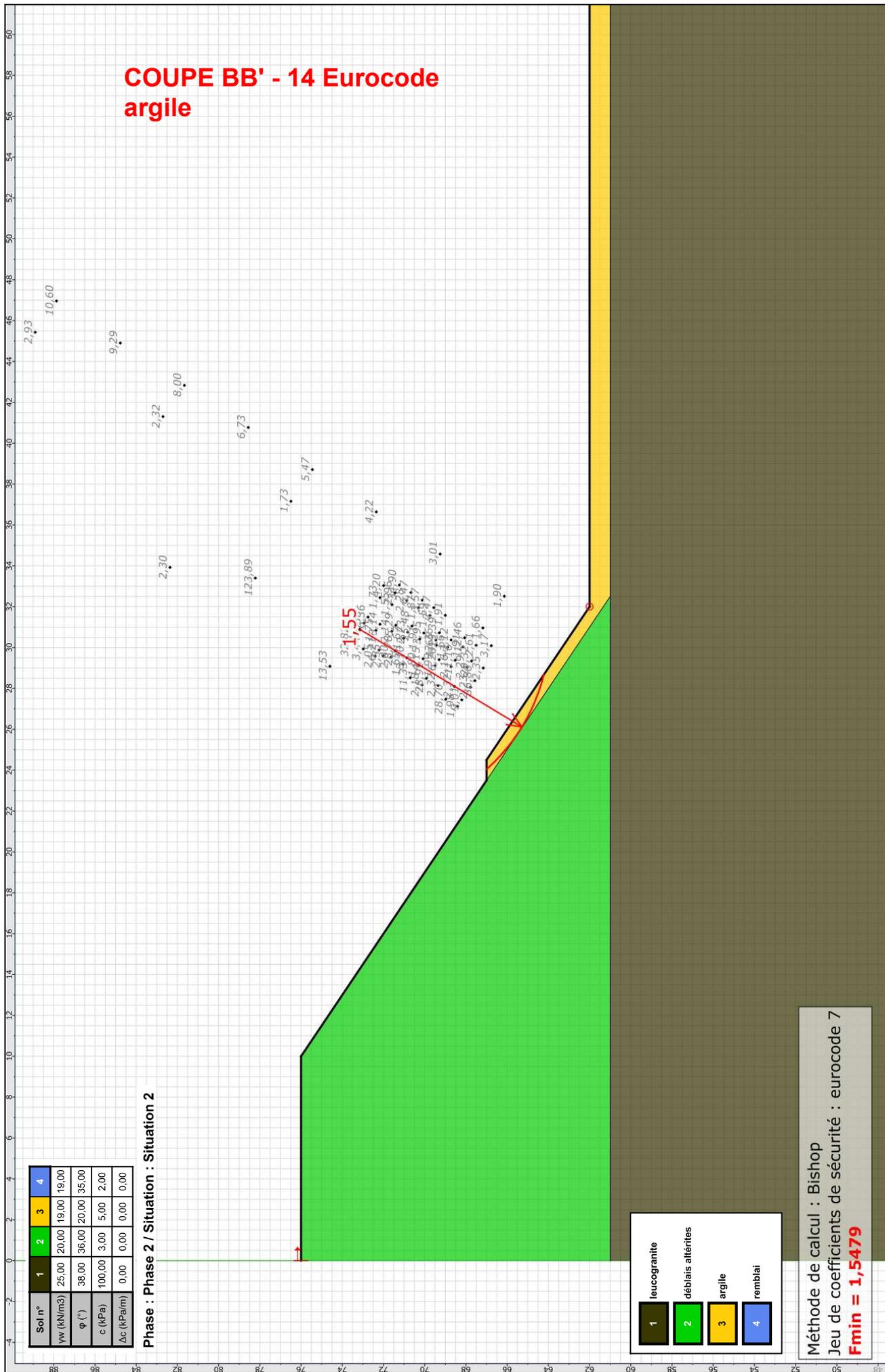
Projet : Profil BB'

Imprimé le : 22 mars 2019 10:55:58  
Calcul réalisé par : PYRITE INGENIERIE

**Talren v5**  
v5.2.5



# COUPE BB' - 14 Eurocode argile



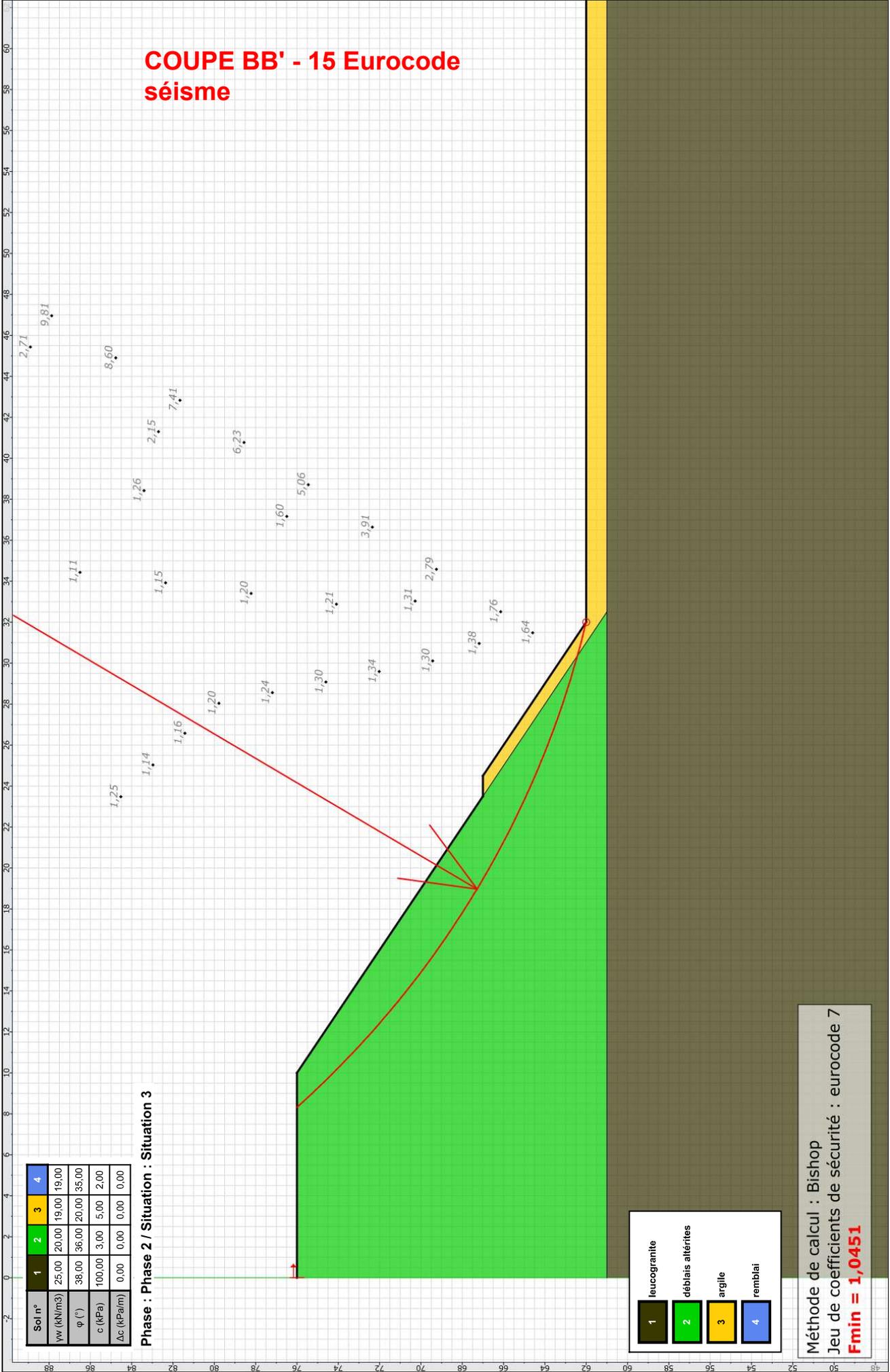
Projet : Profil BB'

Imprimé le : 22 mars 2019 10:56:56  
 Calcul réalisé par : PYRITE INGENIERIE

**Talren v5**  
 v5.2.5



# COUPE BB' - 15 Eurocode sisme



Phase : Phase 2 / Situation : Situation 3

Soi n°	1	2	3	4
$\gamma_w$ (kN/m <sup>3</sup> )	25,00	20,00	19,00	19,00
$\phi$ (°)	38,00	36,00	20,00	35,00
c (kPa)	100,00	3,00	5,00	2,00
$\Delta c$ (kPa/m)	0,00	0,00	0,00	0,00

- 1 leucogranite
- 2 déblais altérites
- 3 argille
- 4 remblai

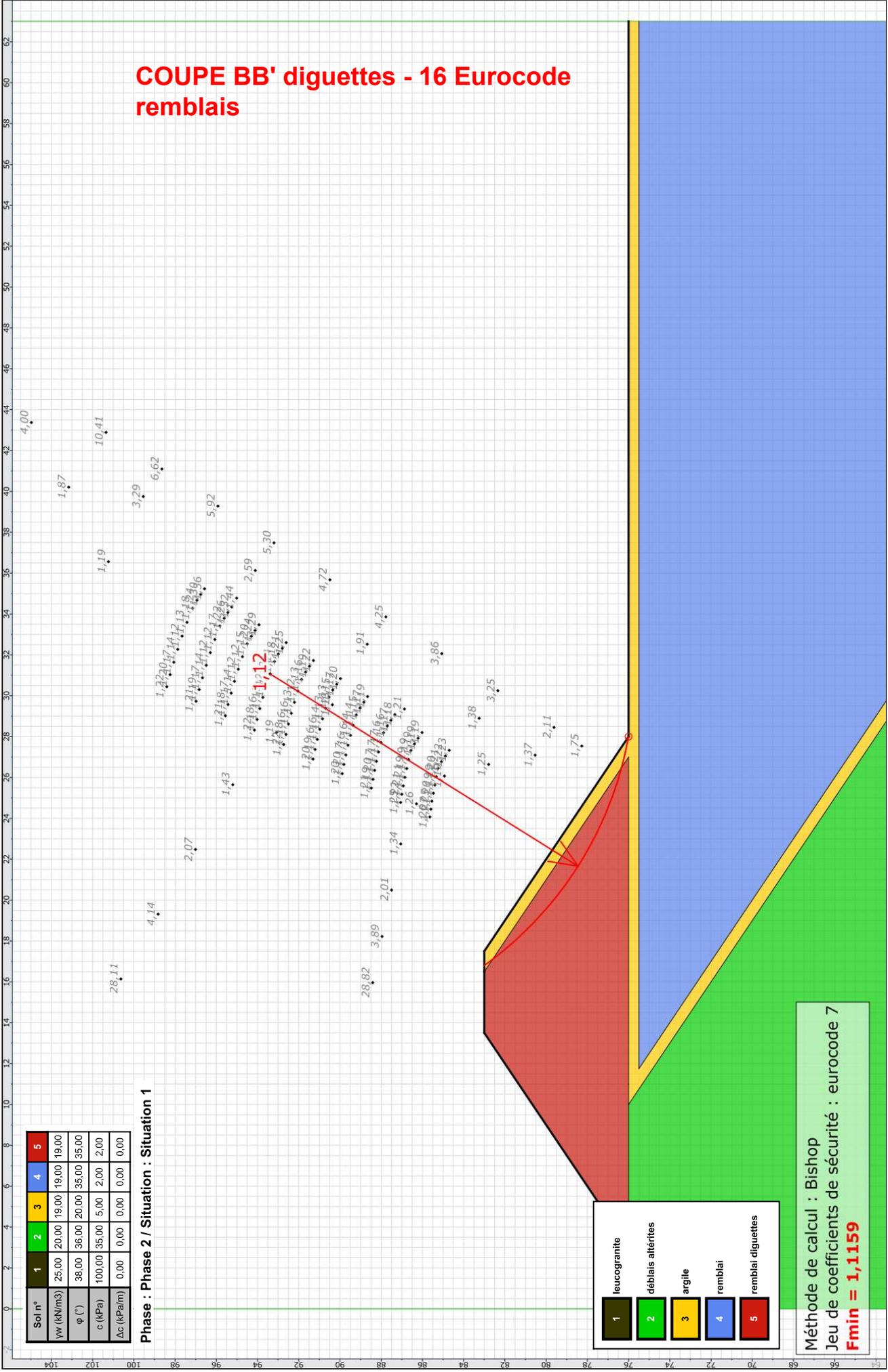
Méthode de calcul : Bishop  
 Jeu de coefficients de sécurité : eurocode 7  
**Fmin = 1,0451**

Projet : Profil BB'

Imprimé le : 22 mars 2019 10:57:41  
 Calcul réalisé par : PYRITE INGENIERIE


**Talren v5**  
 v5.2.5  


# COUPE BB' diguettes - 16 Eurocode remblais



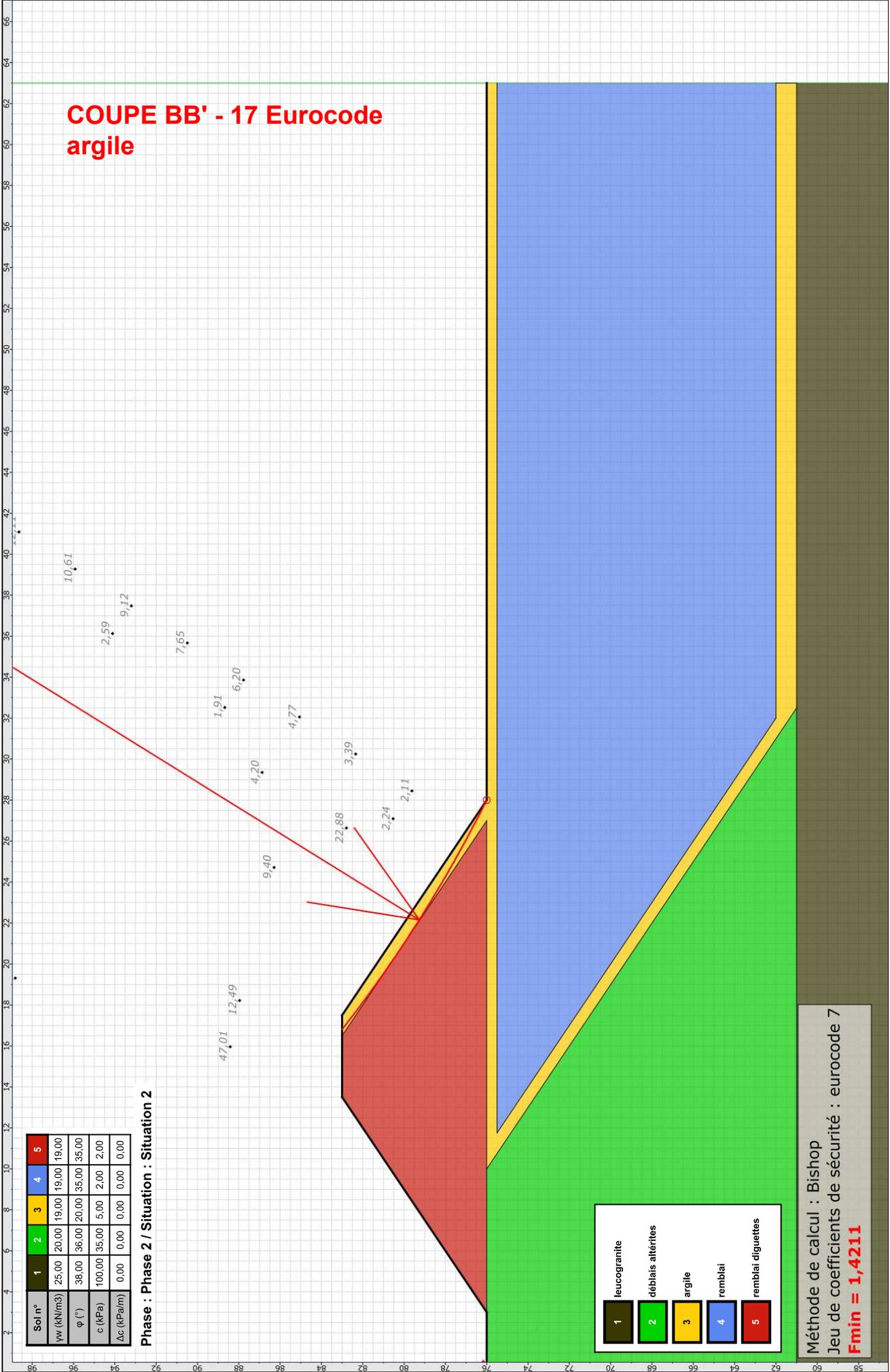
Projet : Profil BB'

Imprimé le : 22 mars 2019 12:07:42  
 Calcul réalisé par : PYRITE INGENIERIE

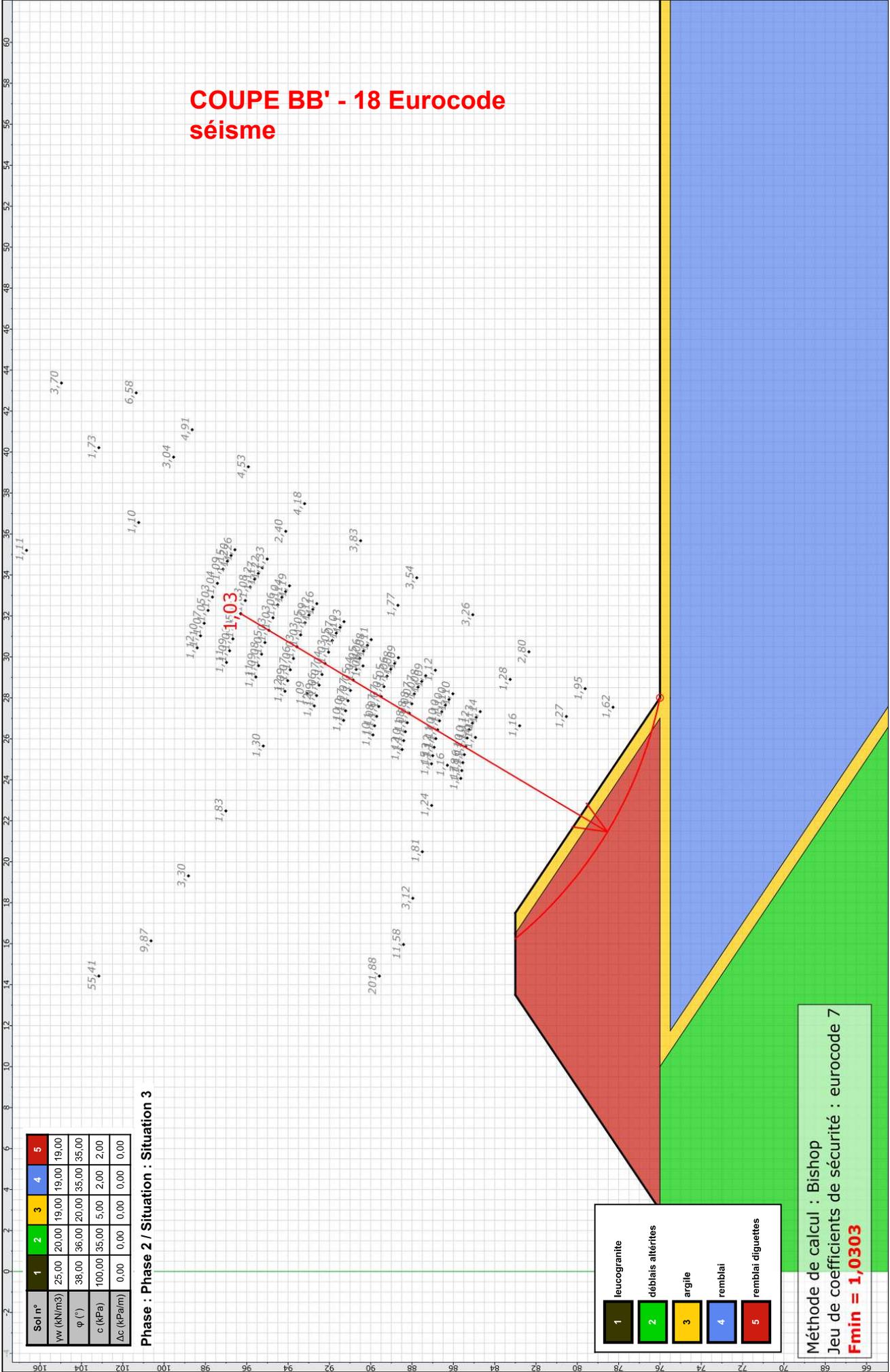
**Talren v5**  
 v5.2.5



# COUPE BB' - 17 Eurocode argile



# COUPE BB' - 18 Eurocode sisme



Phase : Phase 2 / Situation : Situation 3

Soi n°	1	2	3	4	5
$\gamma_w$ (kN/m <sup>3</sup> )	25,00	20,00	19,00	19,00	19,00
$\varphi$ (°)	38,00	36,00	20,00	35,00	35,00
c (kPa)	100,00	35,00	5,00	2,00	2,00
$\Delta c$ (kPa/m)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

1	leucogranite
2	déblais altérites
3	argile
4	remblai
5	remblai diguettes

Méthode de calcul : Bishop  
 Jeu de coefficients de sécurité : eurocode 7  
**Fmin = 1,0303**

Projet : Profil BB'

Imprimé le : 22 mars 2019 12:09:27  
 Calcul réalisé par : PYRITE INGENIERIE


**Talren v5**  
 v5.2.5  
