



Talren v6

<p>Module Mur Guide d'utilisation</p>

Date	Révision	Modifications
14/08/2024	Ind A	Première émission
18/11/2024	Ind B	Corrections mineures
06/03/2025	Ind C	Intégration des murs cellulaires

Table des matières

1. Préambule.....	3
2. Création d'un projet de type mur	4
2.1. Définition du mur	5
2.2. Vérification de la stabilité générale	7
2.3. Vérification de la stabilité externe locale.....	8
2.3.1. Définition des actions extérieures	10
2.3.2. Définition des actions du sol.....	10
2.3.3. Définition du sol support à la base du mur.....	13
2.3.4. Combinaisons de calcul.....	14
2.3.5. Prise en compte de la sécurité	16
2.4. Vérification de la stabilité interne (murs cellulaires).....	16
2.4.1. Définition des actions extérieures	17
2.4.2. Définition des actions du sol.....	17
2.4.3. Combinaisons de calcul.....	18
2.4.4. Prise en compte de la sécurité	18
3. Lancement du calcul.....	19
4. Analyse des résultats.....	20
4.1. Analyse des résultats de stabilité externe locale.....	20
4.1.1. Justification de l'ouvrage.....	20
4.1.2. Résultats par action.....	21
4.2. Analyse des résultats de stabilité interne (murs cellulaires).....	23
4.2.1. Justification de l'ouvrage.....	23
4.2.2. Résultats par action.....	25
5. Génération d'un rapport de synthèse.....	26

1. Préambule

Le module Mur de Talren v6 est destiné à la justification géotechnique des ouvrages de soutènement fondés superficiellement, dont le poids joue un rôle important dans le soutènement du matériau retenu, conformément à la norme d'application de l'Eurocode 7 pour les ouvrages de soutènement de type mur NF P 94 281.

Les ouvrages de soutènement traités par ce module sont les suivants :

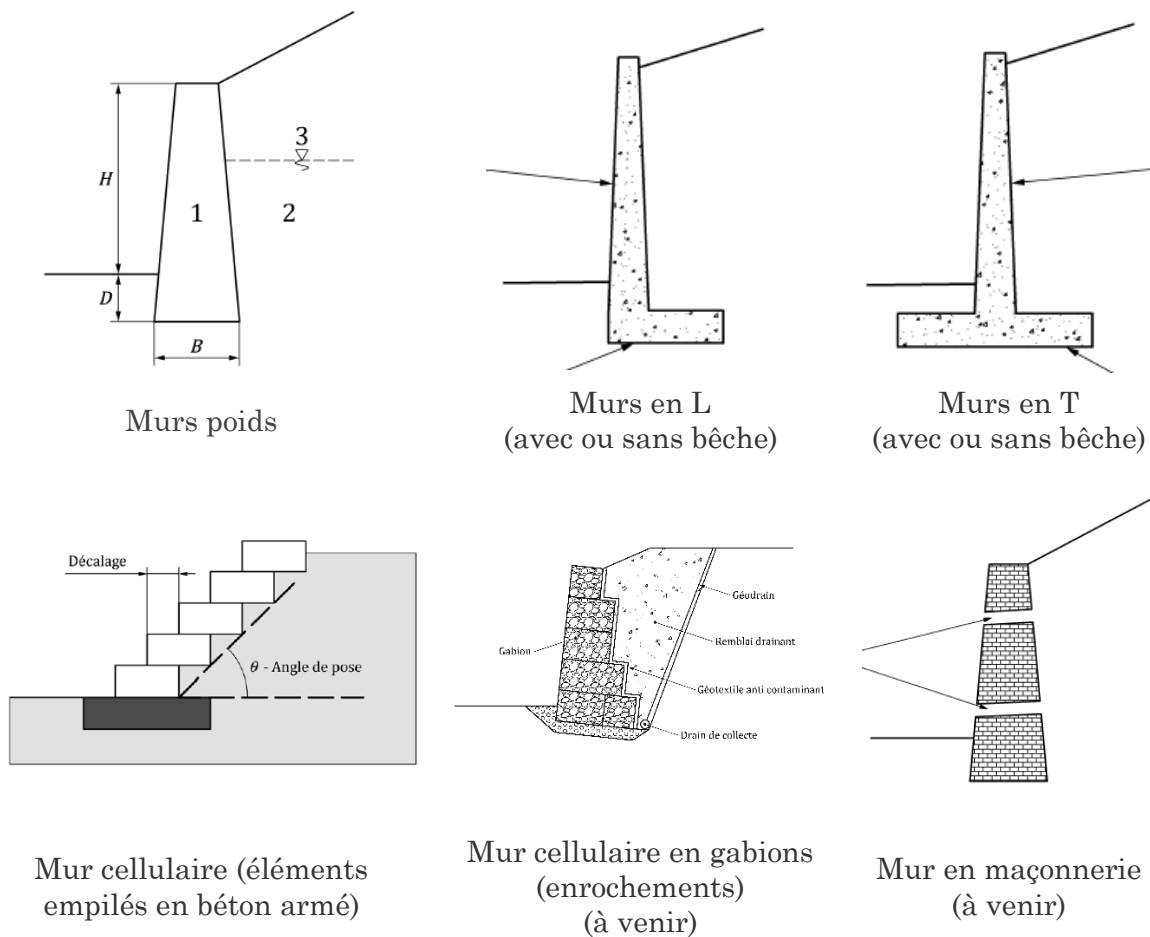


Figure 1. Ouvrages de soutènement traités par le module Mur de Talren

Les calculs réalisés à l'aide de ce module permettent de couvrir les vérifications suivantes :

- Stabilité externe locale :
 - Portance du sol support ;
 - Renversement par limitation de l'excentrement ;
 - Glissement sur la base du mur.
- Stabilité interne (uniquement pour les murs cellulaires).

La stabilité générale est couverte par le calcul de base de Talren v6.

2. Création d'un projet de type mur

Le traitement d'un projet de mur sous Talren démarre par la définition du type d'application dans les propriétés du projet : **Calcul de stabilité de murs de soutènement**.

Cette option nécessite une licence spécifique au module Mur de Talren v6.

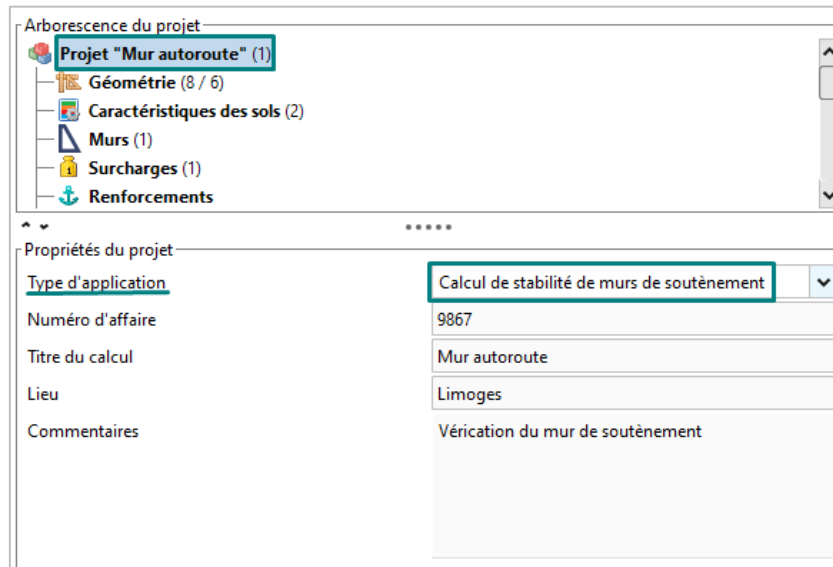


Figure 2. Choix du type d'application

2.1. Définition du mur

Le module Mur permet de traiter un ou plusieurs murs au sein d'un même projet Talren. Chaque mur est défini par les propriétés suivantes :

- Nom
- Type de mur : mur poids, mur en L ou T avec ou sans bêche, mur cellulaire...
- Poids propre : il s'agit du poids volumique du mur
- Point A : il s'agit d'un point de référence qui permet de déplacer le mur dans l'espace

La géométrie des murs poids, en L ou en T est définie par les dimensions suivantes :

Dimension	Unité	Description
b_m	m	Largeur totale de la base
b_t	m	Largeur du talon
b_p	m	Largeur du patin
$b_{b,inf}$	m	Largeur inférieure de la bêche
$b_{b,sup}$	m	Largeur supérieure de la bêche
d_b	m	Position du centre de la bêche par rapport au bord du talon
h_r	m	Hauteur de la réhausse
h_m	m	Hauteur du voile
h_s	m	Hauteur de la semelle
h_b	m	Hauteur de la bêche
β	°	Fruit amont du voile
β_a	°	Fruit aval du voile

Tableau 1. Géométrie des murs poids, en L ou T

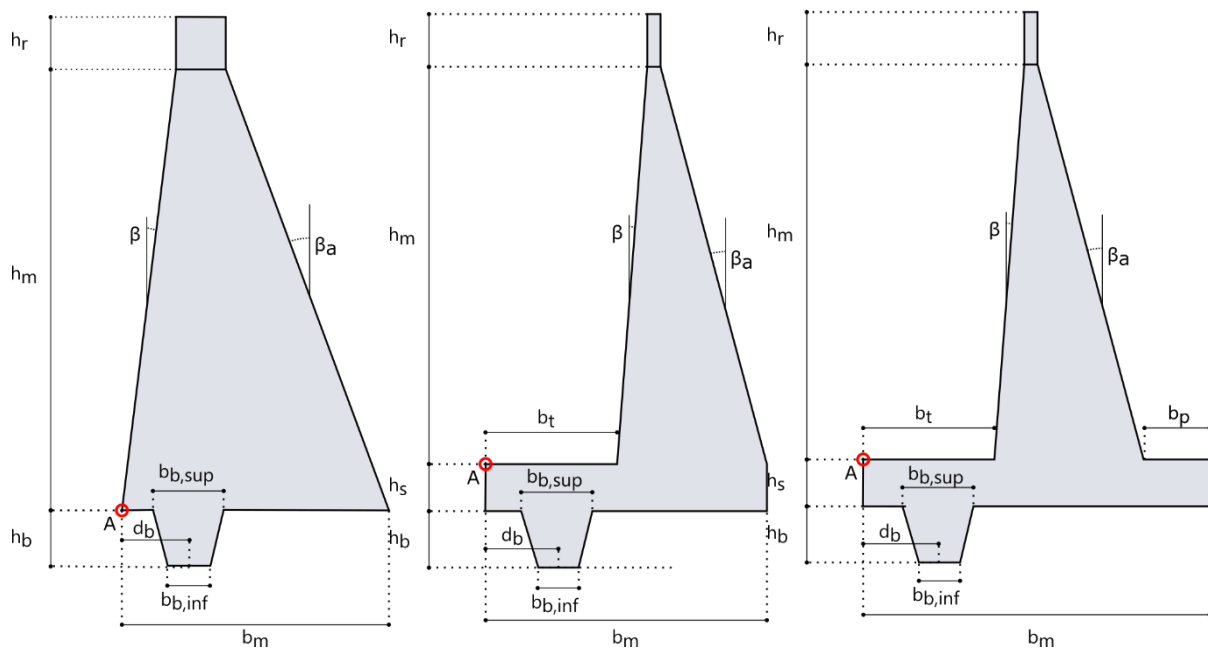


Figure 3. Géométries des murs poids, mur en L et mur en T

La géométrie des murs cellulaires est définie par les dimensions suivantes :

Dimension	Unité	Description
n	-	Nombre de blocs
b_1	m	Largeur du bloc 1
h_1	m	Hauteur du bloc 1
$d_{1,2}$	m	Décalage entre les blocs 1 et 2
b_2	m	Largeur du bloc 2
h_2	m	Hauteur du bloc 2
$d_{2,3}$	m	Décalage entre les blocs 2 et 3
...	m	...
b_n	m	Largeur du bloc n
h_n	m	Hauteur du bloc n

Tableau 2. Murs cellulaires avec éléments empilés en béton armé

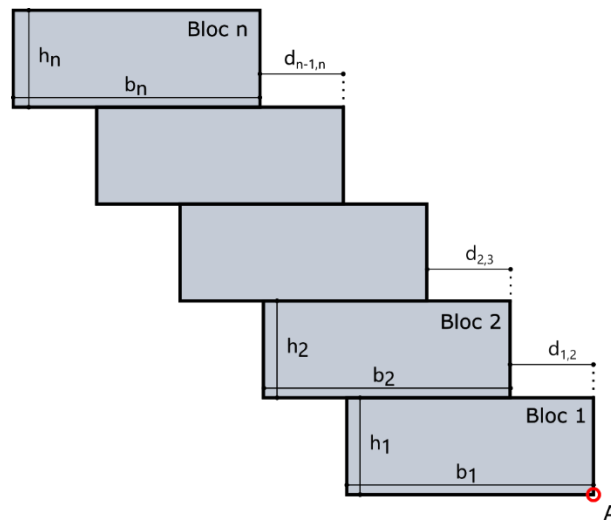


Figure 4. Géométries des murs cellulaires (éléments empilés en béton armé)

2.2. Vérification de la stabilité générale

La vérification de la stabilité générale est à examiner dans une situation spécifique en définissant une étude de stabilité classique dans le type d'étude.

Le principe est d'examiner un éventail de mécanismes de rupture se développant au-delà du mur. Talren interdit le passage des mécanismes à l'intérieur du mur. Pour cela, il est indispensable d'avoir activé le mur souhaité dans la phase qui contient la situation dédiée à l'analyse de la stabilité générale.

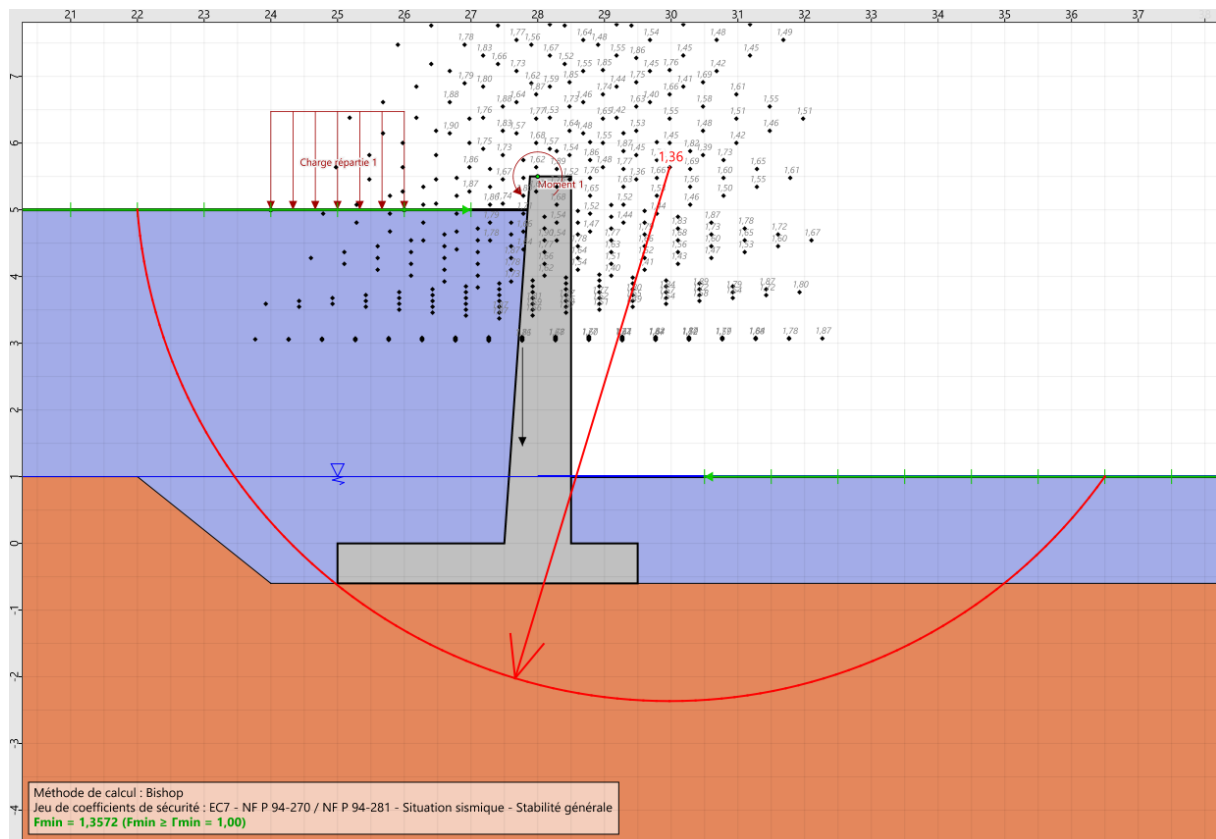


Figure 5. Stabilité générale autour d'un mur

2.3. Vérification de la stabilité externe locale

La vérification de la stabilité externe locale est à examiner dans une situation spécifique en définissant une option de calcul de stabilité externe locale.

Propriétés de la situation	
Nom	Stabilité externe locale
<u>Option de calcul</u>	Calcul de stabilité externe locale ▼
Nature de la situation	Calcul de stabilité externe générale
Mur sélectionné	Calcul de stabilité externe locale
	Calcul de stabilité interne (murs cellulaires)

Figure 6. Choix de l'option de calcul pour mener un calcul de stabilité externe locale

Il convient également de choisir la nature de la situation : ce choix permettra de définir les combinaisons de calcul.

Propriétés de la situation	
Nom	Stabilité externe locale
Option de calcul	Calcul de stabilité externe locale ▼
<u>Nature de la situation</u>	Durable ou transitoire ▼
Mur sélectionné	Durable ou transitoire
	Accidentelle
	Sismique

Figure 7. Choix de la nature de la situation

Ensuite, il est nécessaire de préciser le mur pour lequel cette analyse doit être réalisée. Pour cela, il est indispensable d'avoir activé le mur souhaité dans la phase qui contient la situation dédiée à l'étude de la stabilité externe locale.

Propriétés de la situation	
Nom	Situation 1
Option de calcul	Calcul de stabilité externe locale ▼
Nature de la situation	Durable ou transitoire ▼
<u>Mur sélectionné</u>	Mur 1 ▼
	<pas de mur>
	Mur 1
	Mur 2
	Mur 3 (Attention, mur désactivé dans la phase)
	Mur 4 (Attention, mur désactivé dans la phase)

Figure 8. Choix du mur à examiner

Talren précise les murs qui ne sont pas activés dans la phase/situation. Si l'on souhaite activer un mur désactivé, il convient de l'activer dans la phase.

Il est tout à fait possible de mener le calcul avec un jeu de coefficients spécifiques. Ce choix impactera notamment l'évaluation des diagrammes de poussée et de butée limites à considérer sur le mur.

2.3.1. Définition des actions extérieures

Les actions extérieures que l'on souhaite intégrer au calcul de stabilité externe locale du mur sont à activer, dans un premier temps, dans l'onglet de la phase.

L'onglet « Actions extérieures » liste les actions extérieures présentes dans la phase/situation et permet de définir la nature (permanente ou variable) et son caractère (défavorable ou favorable). Ce choix aura un impact sur la génération des combinaisons de calcul et de la pondération qui sera appliquée sur chaque action.

Dans le cas des actions extérieures de nature variable, il est également possible de définir les coefficients d'accompagnement (par défaut égaux à 1.00).

Module Mur, situation "Situation 1", mur "Mur T"

Actions extérieures Sol Combinaisons Sécurité

Définition des actions

	Ident.	Type	Nom	Localisation	Nature	Caractère	ψ_0	ψ_1	ψ_2
<input checked="" type="checkbox"/>	1	Charge répartie	20 kN/m ²	En amont	Variable	Défavorable	0,80	0,70	0,60
<input checked="" type="checkbox"/>	2	Moment	10 kNm/m	Sur le mur	Variable	Favorable	0,90	0,85	0,80
<input checked="" type="checkbox"/>	3	Charge linéaire	100 kN/m	Sur le mur	Permanente	Favorable	-	-	-

Figure 11. Caractérisation des actions extérieures

2.3.2. Définition des actions du sol

L'onglet poussée/butée permet de définir la manière par laquelle ces actions sont à comptabiliser vis-à-vis de l'équilibre externe local. Il est important de noter que la butée à l'aval du mur est en option, à la demande de l'utilisateur.

2.3.2.1. Poussée à l'arrière du mur

La poussée à l'arrière du mur peut être caractérisée de plusieurs manières :

- Calcul direct
- Saisie manuelle guidée
- Saisie manuelle

2.3.2.1.1. Calcul direct

Le mode « calcul direct » permet d'évaluer la poussée à l'aide du module de recherche automatique de pression limite de poussée en recherchant systématiquement l'équilibre limite du sol. Le cadre théorique utilisé ici est celui de la méthode cinématique du calcul à la rupture. Il est sans doute un des points forts du module Mur de Talren v6.

Il convient ensuite de fixer le plan fictif pour évaluer la poussée limite.

- Plan fictif de calcul vertical ($\Theta = 90^\circ$)
- Plan fictif de calcul incliné (Θ entre 0° et 90°)

Chaque type de plan fictif est associé à un angle Θ par rapport à l'horizontale.

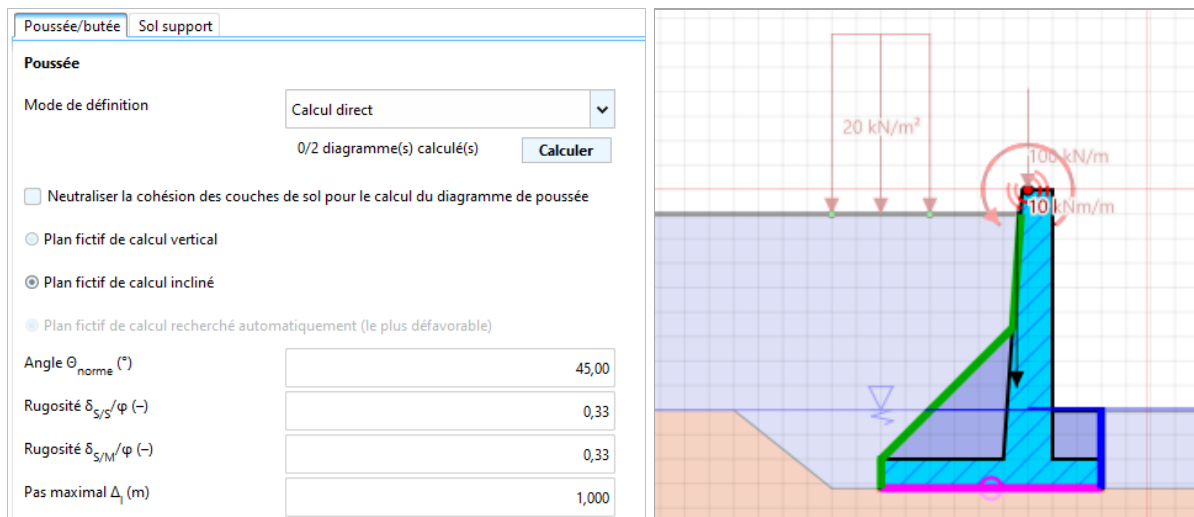


Figure 12. Caractérisation de la poussée limite du sol à l'arrière du mur

Indépendamment des paramètres de cisaillement définis en amont du projet, il est tout à fait possible de neutraliser la cohésion des couches de sol lors de la détermination de la poussée limite (ce choix est conservateur et va dans le sens de la sécurité).

Parmi les paramètres de recherche, il est nécessaire de définir la rugosité à considérer (inclinaison de la poussée). Il est tout à fait possible de différencier la rugosité sol/sol de la rugosité sol/mur (pour retrouver toutes les informations sur ce paramètre, veuillez consulter la notice technique mur).

Le pas maximal permet de limiter la taille des éléments du diagramme de poussée.

Les paramètres avancés permettent de piloter la recherche, en particulier définir le mode de balayage ainsi que la zone de sol à examiner, le type d'exploration et le type de pressions à considérer, entre autres.

Le bouton « Calculer » permet de lancer le calcul du diagramme de poussée limite en avance du calcul de la situation, mais cela n'est pas obligatoire. Le calcul de la situation lancera le calcul de la poussée limite si elle n'a pas encore été calculée.

2.3.2.1.2. Saisie manuelle guidée

Il est également possible d'introduire un diagramme de poussée limite précalculé sur un plan fictif déterminé. Le caractère guidé de ce mode réside dans la génération géométrique de ce plan fictif de manière automatique.

Pour cela, il convient de saisir la pression et l'inclinaison sur l'ensemble des segments qui composent le plan fictif considéré (vertical ou incliné). Il est important à noter qu'il devient également nécessaire de définir un diagramme de poussée par action extérieure.

Le tableau de saisie intègre plusieurs options intéressantes (boutons sur la droite) :

- réinitialiser le diagramme (valeurs nulles sur tous les segments du diagramme) ;
- importation des valeurs depuis le presse-papiers et/ou depuis un fichier .txt ;
- exportation du contenu vers le presse-papiers ;
- exporter le contenu du tableau vers un fichier au format Excel.

Poussée/butée Sol support

Poussée

Mode de définition : Saisie manuelle guidée

Plan fictif de calcul vertical

Plan fictif de calcul incliné

Angle θ_{norme} (°) : 45,00

Pas maximal Δ_1 (m) : 1,000

Définition des diagrammes de pression le long du plan fictif

N° tron...	X [m]	Y [m]	Pression [kPa]	Inclinaison [°]
1	27,850	5,000	0,0	0,00
1	27,796	4,229	0,0	0,00
2	27,796	4,229	0,0	0,00
2	27,742	3,459	0,0	0,00
3	27,742	3,459	0,0	0,00
3	27,688	2,688	0,0	0,00

Figure 13. Définition de la poussée limite à l'aide du mode « Saisie manuelle guidée »

2.3.2.1.3. Saisie manuelle

Ce mode est similaire au précédent, la seule différence est la possibilité de définir également la géométrie du plan fictif de définition de la poussée. Pour chaque segment de plan fictif, il est nécessaire de définir la valeur de la pression limite de poussée ainsi que son inclinaison.

Poussée/butée Sol support

Poussée

Mode de définition : Saisie manuelle

Définition des diagrammes de pression le long du plan fictif

N° tron...	X [m]	Y [m]	Pression [kPa]	Inclinaison [°]
1	27,850	5,000	0,0	0,00
1	27,796	4,229	0,0	0,00
2	27,796	4,229	0,0	0,00
2	27,742	3,459	0,0	0,00
3	27,742	3,459	0,0	0,00
3	27,688	2,688	0,0	0,00
4	27,688	2,688	0,0	0,00
4	27,016	2,016	0,0	0,00
5	27,016	2,016	0,0	0,00
5	26,344	1,344	0,0	0,00
6	26,344	1,344	0,0	0,00
6	25,672	0,672	0,0	0,00
7	25,672	0,672	0,0	0,00

Figure 14. Définition de la poussée limite à l'aide du mode « Saisie manuelle »

L'utilisateur est libre de définir un plan quelconque qui servira ensuite à la détermination du bloc monolithique (mur + sol).

2.3.2.2. Butée à l'aval du mur

En option, il est possible d'activer la butée du sol à l'aval du mur moyennant la case à cocher prévue à ce propos. Par construction, elle aura toujours un caractère favorable vis-à-vis de l'équilibre du mur.

Les modes de définition restent les mêmes que pour la poussée (voir chapitres précédents).

Il est important de noter que le mode de définition « Calcul direct » détermine le diagramme de butée limite, c'est-à-dire la valeur maximale de la butée que le sol à l'aval est capable de supporter sous une cinématique de butée.

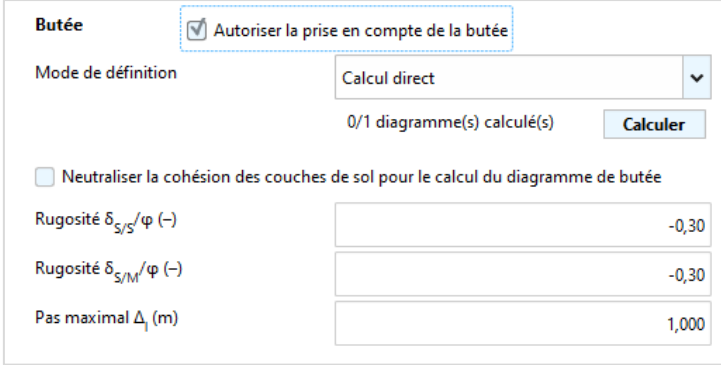


Figure 15. Définition de la butée

2.3.3. Définition du sol support à la base du mur

La définition du sol support à la base sert à caractériser le sol de fondation en vue du calcul de capacité portante, renversement et glissement. En particulier, l'ensemble des paramètres demandés sont en lien avec le calcul de fondations superficielles (NF P 94-261).

Les méthodes de calcul disponibles sont :

- Méthode pressiométrique
- Méthode pénétrométrique
- À partir des propriétés de cisaillement (drainé)
- À partir des propriétés de cisaillement (non drainé)

En fonction de la méthode choisie, plusieurs paramètres sont à fixer :

- Catégorie de sol : argiles et limons, sables et graves, craies, marnes, roches altérées
- Type de comportement : frottant, cohérent ou intermédiaire
- Type d'interface : frottante ou adhérente
- Angle de contact à l'interface : dans la pratique, il est égal à φ pour une fondation en béton coulé en place et à $2/3\varphi$ pour une fondation en béton préfabriqué.

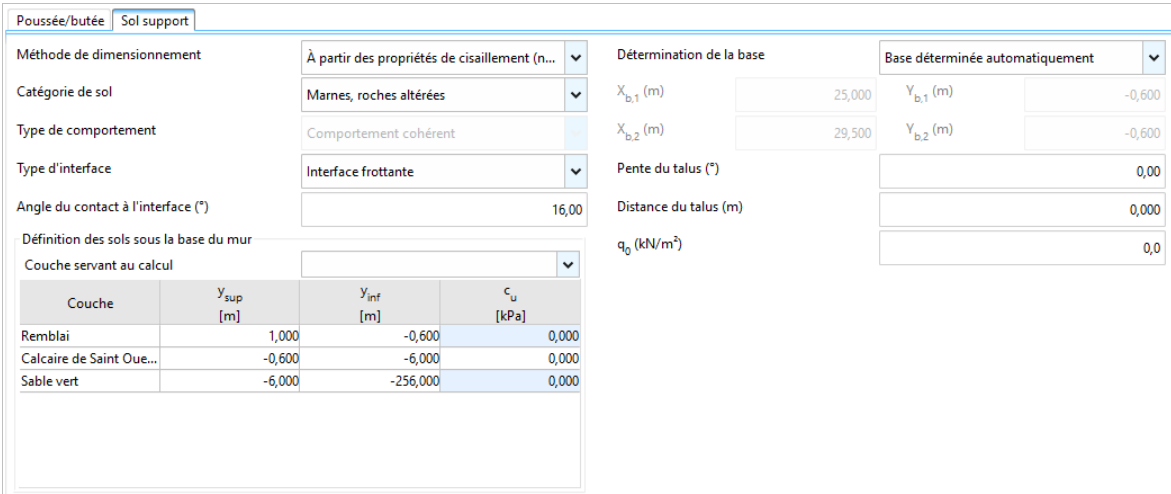
Le tableau de couches de sol permet de saisir les paramètres mécaniques ou les propriétés de cisaillement :

- p_l^* : pression limite du sol
- q_{cc} : résistance de cône q_c déjà écrêtée(1) à $1,3 q_{cm}$
- c : cohésion du sol
- φ : angle de frottement du sol
- γ' : poids volumique déjaugé
- c_u : cohésion non drainée (valeur moyenne caractéristique)

La base de calcul du mur est déterminée automatiquement par Talren, mais il est tout à fait possible de l'ajuster au besoin. Pour cela, il suffit de choisir « Base définie manuellement » comme mode de définition et de saisir les ordonnées Y des points extrêmes. Par construction et continuité avec les plans de calcul de la poussée/butée, les abscisses de la base sont imposées et dépendent de l'emprise du mur.

Le traitement de la proximité à la tête d'un talus se fait via la définition de la pente du talus et de la distance à la tête du talus.

Enfin, il est également possible de prendre en compte l'apport stabilisateur de la présence d'un sol à l'aval plus élevé que la base du mur après travaux en définissant une valeur de σ' .



Méthode de dimensionnement		À partir des propriétés de cisaillement (n...)		Détermination de la base		Base déterminée automatiquement	
Catégorie de sol	Marnes, roches altérées	$X_{b,1}$ (m)	25,000	$Y_{b,1}$ (m)	-0,600		
Type de comportement	Comportement cohérent	$X_{b,2}$ (m)	29,500	$Y_{b,2}$ (m)	-0,600		
Type d'interface	Interface frottante	Pente du talus (°)			0,00		
Angle du contact à l'interface (°)	16,00	Distance du talus (m)			0,000		
Définition des sols sous la base du mur		q_0 (kN/m ²)					0,0
Couche servant au calcul							
Couche	y_{sup} [m]	y_{inf} [m]	c_u [kPa]				
Remblai	1,000	-0,600	0,000				
Calcaire de Saint Oue...	-0,600	-6,000	0,000				
Sable vert	-6,000	-256,000	0,000				

Figure 16. Caractérisation du sol support

2.3.4. Combinaisons de calcul

Le module Mur de Talren intègre un générateur de combinaisons automatique conformément à la norme NF P 94-281 et à l'Eurocode 0.

Les modes de définition des combinaisons de calcul sont les suivants :

- Combinaisons générées conformément à la norme NF P 94-281
- Combinaison fabriquée à partir du jeu de coefficients de sécurité sélectionné dans la situation
- Combinaison(s) définie(s) par l'utilisateur : ce mode n'est pas encore disponible, mais à terme il permettra de définir des combinaisons personnalisées.

Source de combinaison(s) Combinations générées conformément à la norme NF P 94-281 Calculer Modifier les coefficients

Combinaison	Type Ident.	Charges permanentes										Charges variables		
		$Y_{W,m}$	$Y_{W,s}$	$Y_{W,sa}$	$Y_{P,a}$	$Y_{P,b}$	$Y_{P,w}$	$Y_{P,wa}$	$Y_{P,w,base}$	$Y_{Q,7}$	$\Psi_{0,7}$	Action ext. variable 7		
ELU - Fondamental	Gmax101	1,35	1,35	1,35	1,35	1,00	1,20	1,00	1,20	1,00				
	102	1,00	1,00	1,00	1,35	1,00	1,20	1,00	1,00	1,00				
	Gmin201	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00				
	Qmax301	1,35	1,35	1,35	1,35	1,00	1,20	1,00	1,20	1,00	1,50	1,00	F_7	
ELU - Caractéristique	Qmin401	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,50	1,00	F_7	
	701	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	F_7	
	801	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	F_7	
ELU - Quasi-permanent	901	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	F_7	

Figure 17. Définition des combinaisons de calcul

Pour le premier mode, il est possible de modifier les coefficients pondérateurs des actions qui sont proposés par défaut à l'aide du bouton « Modifier les coefficients ». Les coefficients sont séparés en deux sous-onglets (Sol, eau, mur et Actions extérieures) ainsi que selon le caractère favorable (inf) ou défavorable (sup). Il est tout à fait possible de revenir aux valeurs par défaut à l'aide du bouton « Valeurs par défaut ».

Sol, eau, mur		Actions extérieures				Valeurs par défaut
Charges de nature permanente						
Coefficient	Caractère	$Y_{G,sup}$	$Y_{G,inf}$	Action sur laquelle la pondération est appliquée		
$Y_{W,m}$	Favorable/défavorable	1,35	1,00	$1,00 W_m$	Poids du mur	
$Y_{W,s}$	Favorable/défavorable	1,35	1,00	$1,00 W_s$	Poids des terres (non déjaugées et déjaugées) entre le mur	
$Y_{W,sa}$	Favorable/défavorable	1,35	1,00	$1,00 W_{sa}$	Poids des terres (non déjaugées et déjaugées) entre le mur	
$Y_{P,w}$	Défavorable	1,20	1,00	$1,00 P_w$	Pression de l'eau sur le parement fictif amont	
$Y_{P,wa}$	Favorable	1,00	1,00	$1,00 P_{wa}$	Pression de l'eau sur le parement fictif aval	
$Y_{P,a}$	Défavorable	1,35	1,00	$1,00 P_a$	Poussée des terres sur le parement fictif amont (avec les	
$Y_{P,b}$	Favorable	1,00	1,00	$1,00 P_b$	Butée des terres sur le parement fictif aval (avec les actions à	
$Y_{P,w,base}$	Défavorable	1,20	1,00	$1,00 P_{w,base}$	Pression de l'eau sous la base du mur	
Charges de nature permanente						
Coefficient	Caractère	$Y_{G,sup}$	$Y_{G,inf}$	Action sur laquelle la pondération est appliquée		
$Y_{M,2}$	Favorable	-	1,00	$1,00 M_{2,ext}$	Moment 1	
Charges de nature variable						
Coefficient	Caractère	$Y_{Q,sup}$	$Y_{Q,inf}$	Action sur laquelle la pondération est appliquée		
$Y_{Q,1}$	Défavorable	1,50	-	$-q_{1,ext}$	Charge répartie 1	

Figure 18. Ajustement possible des coefficients partiels pour la génération automatique des combinaisons de calcul

2.3.5. Prise en compte de la sécurité

Les niveaux de sécurité demandés par la norme NF P 94-281 sont ajustables pour couvrir tout type de situation, en particulier lors de l'analyse d'un ouvrage existant.

Talren propose également la possibilité de les rendre tous unitaires ainsi que la possibilité de les personnaliser de manière individuelle.

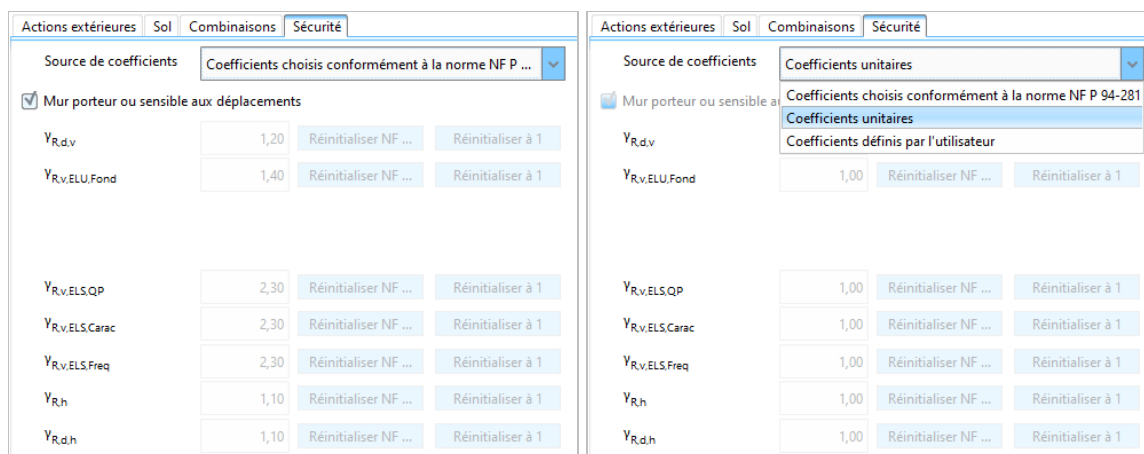


Figure 19. Caractérisation des niveaux de sécurité

Conformément à la norme NF P 94-281, les murs sensibles aux déplacements ou porteurs d'un ouvrage nécessitent un niveau de sécurité supérieur (comparable à ceux d'une fondations superficielle classique) à celui des murs qui ne supportent pas un ouvrage.

2.4. Vérification de la stabilité interne (murs cellulaires)

La vérification de la stabilité interne est à examiner dans une situation spécifique en définissant une option de calcul de stabilité interne.

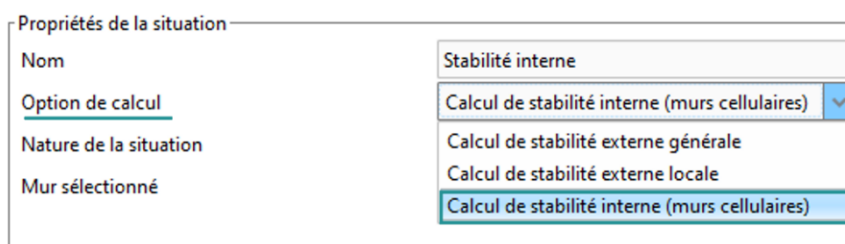
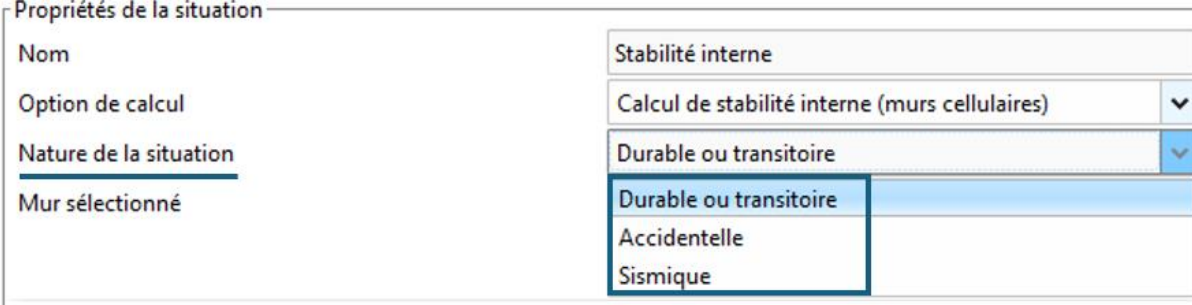


Figure 20. Choix de l'option de calcul pour mener un calcul de stabilité interne

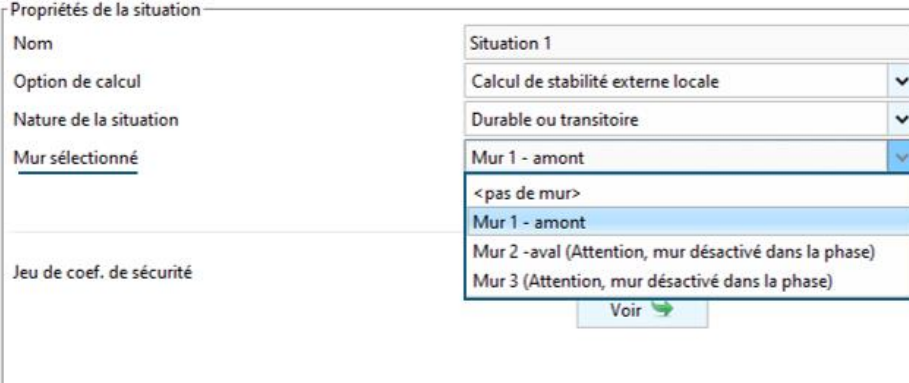
Il convient également de choisir la nature de la situation : ce choix permettra de définir les combinaisons de calcul.



Nom	Stabilité interne
Option de calcul	Calcul de stabilité interne (murs cellulaires) ▼
Nature de la situation	Durable ou transitoire ▼
Mur sélectionné	Durable ou transitoire
	Accidentelle
	Sismique

Figure 21. Choix de la nature de la situation

Ensuite, il est nécessaire de préciser le mur pour lequel cette analyse doit être réalisée. Pour cela, il est indispensable d'avoir activé le mur souhaité dans la phase qui contient la situation dédiée à l'étude de la stabilité interne.



Nom	Situation 1
Option de calcul	Calcul de stabilité externe locale ▼
Nature de la situation	Durable ou transitoire ▼
Mur sélectionné	Mur 1 - amont ▼
	<pas de mur>
	Mur 1 - amont
	Mur 2 -aval (Attention, mur désactivé dans la phase)
	Mur 3 (Attention, mur désactivé dans la phase)

Voir →

Figure 22. Choix du mur à examiner

Tout comme pour la stabilité externe locale, il est tout à fait possible de mener le calcul avec un jeu de coefficients spécifiques. Ce choix impactera notamment l'évaluation des diagrammes de poussée et de butée limites à considérer sur le mur (cf. §2.3 Vérification de la stabilité externe locale).

2.4.1. Définition des actions extérieures

La définition des actions extérieures doit être réalisée de la même manière que les situations de stabilité externe locale (Cf. §2.3.1).

Dans le cadre des murs cellulaires, il n'est pas possible de considérer une nappe d'eau dont le toit est supérieur à la base du bloc inférieur (bloc dont la base est en contact avec le sol).

2.4.2. Définition des actions du sol

L'onglet poussée/butée permet de définir la manière par laquelle ces actions sont à comptabiliser vis-à-vis de l'équilibre interne. Il est important de noter que la butée à l'aval du mur est en option, à la demande de l'utilisateur. Ces actions sont définies de la même manière que les situations de vérification de la stabilité externe locale (2.3.2).

Dans le cadre de la poussée, le plan de calcul fictif est imposé par la géométrie des blocs.

La stabilité interne est un calcul réalisé par bloc pour l'ensemble des blocs excepté celui dont la base est en contact avec le sol (ce dernier étant couvert par la stabilité externe locale), ainsi il n'est pas nécessaire de définir les données du sol support l'onglet sol. Cet onglet n'est donc pas présent dans le cadre d'une situation de calcul stabilité interne

2.4.3. Combinaisons de calcul

Tout comme pour les situations de calcul de stabilité externe locale, le module Mur de Talren intègre un générateur de combinaisons automatique conformément à la norme NF 94-281 et à l'Eurocode 0.

Les modes de définition des combinaisons restent identiques :

- Combinaisons générées conformément à la norme NF P 94-281
- Combinaison fabriquée à partir du jeu de coefficients de sécurité sélectionné dans la situation
- Combinaison(s) définie(s) par l'utilisateur : ce mode n'est pas encore disponible, mais à terme il permettra de définir des combinaisons personnalisées.

Source de combinaison(s)

Combinaison	Type Ident.	Charges permanentes				
		$\gamma_{W,m}$ Poids mur	$\gamma_{W,s}$ Poids sol amont	$\gamma_{P,a}$ Poussée	$\gamma_{G,8}$ Action ext. permanente 8	
ELU { Fondamental	Gmax 101	1,35	1,35	1,35	1,00	$W_m + W_s + P_a + G_8$
	102	1,00	1,00	1,35	1,00	$W_m + W_s + P_a + G_8$
	Gmin 201	1,00	1,00	1,00	1,00	$W_m + W_s + P_a + G_8$

Figure 23. Définition des combinaisons de calcul

Conformément à la norme NF P94-281, les combinaisons à vérifier dans le cadre de la stabilité interne ne sont pas les mêmes que pour les calculs de stabilité externe locale. Le générateur de combinaisons automatique en tient compte.

Dans le cadre du premier mode, il est possible de modifier les coefficients de la même manière que pour les situations de calcul stabilité externe générale (cf. 2.3.4).

2.4.4. Prise en compte de la sécurité

La prise en compte de la sécurité est identique aux situations de calcul stabilité externe locale (cf. § 2.3.5).

3. Lancement du calcul

Le lancement du calcul se fait comme pour toute autre phase/situation de calcul dans Talren, à l'aide des boutons au-dessus de l'arborescence du projet.

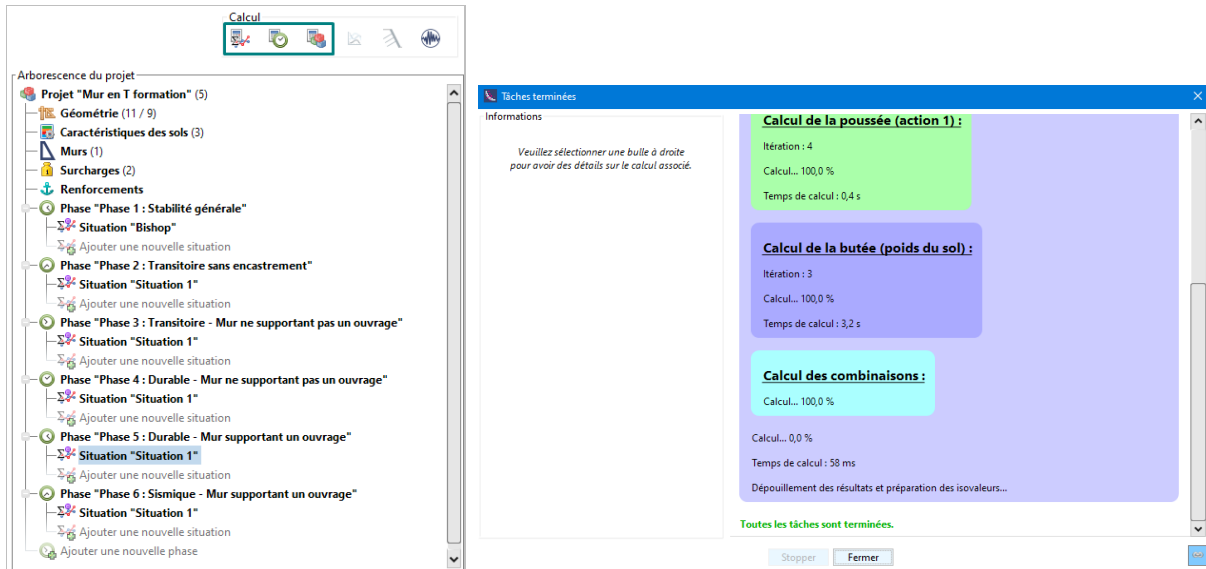


Figure 24. Lancement du calcul

4. Analyse des résultats

4.1. Analyse des résultats de stabilité externe locale

Le résultat du calcul d'équilibre externe local se présente en deux onglets :

- Justification de l'ouvrage
- Résultats par action

4.1.1. Justification de l'ouvrage

Cet onglet vise à fournir les éléments de justification de l'ouvrage pour chaque combinaison de calcul.

4.1.1.1. Synthèse des combinaisons

Cet onglet permet d'avoir une synthèse du taux de mobilisation de la résistance pondérée, il s'agit d'une synthèse des valeurs U_f qui sont présentés dans l'onglet « Résultats par combinaison ».

Une valeur nulle de U_f est à associer à la non-mobilisation et une valeur de $U_f = 100\%$ est associée à une saturation de la résistance. Les valeurs supérieures à 100% expriment l'insuffisance de la résistance examinée.

Les valeurs sont colorées en vert quand elles sont inférieures ou égales à 100% et en rouge quand elles dépassent 100%. La coloration foncée permet d'identifier les valeurs extrêmes.

Justification de l'ouvrage
 Résultats par action

Synthèse des combinaisons		Résultats par combinaison			
Combinaison	État limite	Situation	Portance	Renversement	Glissement
✓ 101	ELU	Fondamental	✓ 54,86 % (OK)	✓ 2,56 % (OK)	✓ 65,35 % (OK)
✓ 201	ELU	Fondamental	✓ 40,64 % (OK)	✓ 2,56 % (OK)	✓ 65,35 % (OK)
✓ 301	ELU	Fondamental	✓ 63,51 % (OK)	✓ 1,36 % (OK)	✓ 76,16 % (OK)
✓ 401	ELU	Fondamental	✓ 49,41 % (OK)	✓ 0,97 % (OK)	✓ 79,67 % (OK)
✓ 701	ELS	Caractéristique	✓ 76,19 % (OK)	✓ 2,75 % (OK)	-
✓ 801	ELS	Fréquent	✓ 76,19 % (OK)	✓ 2,75 % (OK)	-
✓ 901	ELS	Quasi-permanent	✓ 76,19 % (OK)	✓ 2,75 % (OK)	-

Tableau 3. Tableau de synthèse des taux de mobilisation des résistances

4.1.1.2. Résultats par combinaison

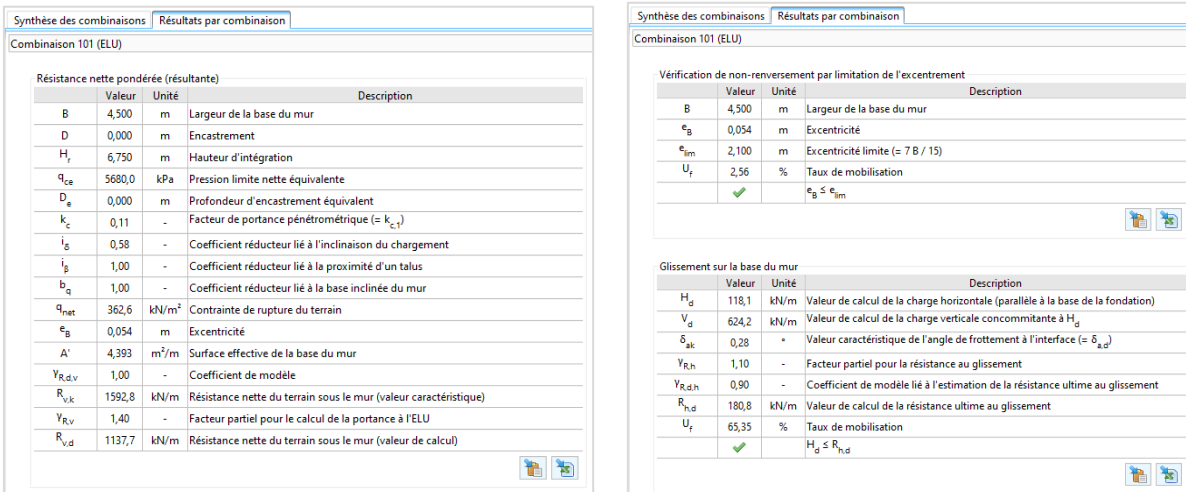
Cet onglet détaille chaque justification numérique fournissant tous les termes intermédiaires qui ont servi à la vérification de chaque combinaison.

Dans l'ordre, les résultats se présentent comme suit :

- Torseur combiné résultant excentré (valeur de calcul) : il s'agit du torseur arrivant à la base du mur équivalent à toutes les actions qui s'appliquent sur le mur.

- Torseur combiné résultant centré (valeur de calcul) : il s'agit du torseur équivalent au précédent mais exprimé au centre de la base du mur.
- Vérification de la portance : il s'agit de la synthèse de la vérification du poinçonnement qui inclut les sous-tableaux suivants :
 - Poids des terres après travaux
 - Résistance nette pondérée : il fournit les termes clés comme p_{le} , i_δ , i_β , q_{net} , etc.
- Vérification du non-renversement par limitation de l'excentrement : il fournit l'excentricité du torseur équivalent pondéré et le compare à la valeur de l'excentricité admissible.
- Vérification du glissement à la base du mur : il permet de vérifier que l'effort horizontal arrivant à la base n'excède pas la valeur de l'effort horizontal résistant.

Il est important de noter que tous ces tableaux sont exportables vers le presse-papiers et au format Excel.



	Valeur	Unité	Description
B	4,500	m	Largeur de la base du mur
D	0,000	m	Encastrement
H _t	6,750	m	Hauteur d'intégration
q _{ce}	5680,0	kPa	Pression limite nette équivalente
D _e	0,000	m	Profondeur d'encastrement équivalent
k _c	0,11	-	Facteur de portance pénétrométrique (= k _{c1})
i _β	0,58	-	Coefficient réducteur lié à l'inclinaison du chargement
i _δ	1,00	-	Coefficient réducteur lié à la proximité d'un talus
b _q	1,00	-	Coefficient réducteur lié à la base inclinée du mur
q _{net}	362,6	kN/m ²	Contrainte de rupture du terrain
e _B	0,054	m	Excentricité
A'	4,393	m ² /m	Surface effective de la base du mur
γ _{R,d,v}	1,00	-	Coefficient de modèle
R _{v,k}	1992,8	kN/m	Résistance nette du terrain sous le mur (valeur caractéristique)
γ _{R,v}	1,40	-	Facteur partiel pour le calcul de la portance à l'ELU
R _{v,d}	1137,7	kN/m	Résistance nette du terrain sous le mur (valeur de calcul)

	Valeur	Unité	Description
B	4,500	m	Largeur de la base du mur
e _B	0,054	m	Excentricité
e _{lim}	2,100	m	Excentricité limite (= 7 B / 15)
U _f	2,56	%	Taux de mobilisation
	✓		e _B ≤ e _{lim}

	Valeur	Unité	Description
H _d	118,1	kN/m	Valeur de calcul de la charge horizontale (parallèle à la base de la fondation)
V _d	624,2	kN/m	Valeur de calcul de la charge verticale concomitante à H _d
δ _{ak}	0,28	°	Valeur caractéristique de l'angle de frottement à l'interface (= δ _{ad})
γ _{R,h}	1,10	-	Facteur partiel pour la résistance au glissement
γ _{R,d,h}	0,90	-	Coefficient de modèle lié à l'estimation de la résistance ultime au glissement
R _{h,d}	180,8	kN/m	Valeur de calcul de la résistance ultime au glissement
U _f	65,35	%	Taux de mobilisation
	✓		H _d ≤ R _{h,d}

Figure 25. Résultats par combinaison

4.1.2. Résultats par action

Cet onglet vise à fournir les actions non pondérées qui ont servi à générer les combinaisons d'action et à la justification de l'ouvrage.

4.1.2.1. Actions non pondérées

Cet onglet synthétise tous les torseurs équivalents pour chaque action qui s'applique sur le mur. Chaque torseur est exprimé par :

- H_k effort horizontal
- V_k effort vertical
- M_k moment
- X abscisse d'application du torseur
- Y ordonnée d'application du torseur

Chaque torseur est accompagné d'un symbole, du rappel de sa nature et de son caractère ainsi que d'une description pour faciliter sa compréhension.

La sélection d'une ligne de ce tableau met en évidence l'action sur le dessin.

Justification de l'ouvrage										Résultats par action
Actions non pondérées			Diagrammes non pondérés							
Type	Action	Nature	Caract.	H _k [kN/m]	V _k [kN/m]	M _k [kN.m/m]	x [m]	y [m]	Description	
Mur	W _m	Perm.	Fav./déf.	0,0	178,5	-	27,772	1,461	Poids du mur	
Sol	W _s	Perm.	Fav./déf.	0,0	267,5	-	26,339	2,555	Poids des terres (non déjaugées et déjaugées) entre le mur et le parement fictif amont	
Sol	W _{sa}	Perm.	Fav./déf.	0,0	20,0	-	29,000	0,500	Poids des terres (non déjaugées et déjaugées) entre le mur et le parement fictif aval	
Eau	P _w	Perm.	Déf.	12,8	0,0	-	25,000	-0,067	Pression de l'eau sur le parement fictif amont	
Eau	P _{wa}	Perm.	Fav.	-12,8	0,0	-	29,500	-0,067	Pression de l'eau sur le parement fictif aval	
Sol	P _a	Perm.	Déf.	84,1	15,7	-	25,000	1,318	Poussée des terres sur le parement fictif amont (avec les actions à l'arrière)	
Sol	P _b	Perm.	Fav.	-55,2	-9,3	-	29,500	-0,064	Butée des terres sur le parement fictif aval (avec les actions à l'aval)	
Eau	P _{w,base}	Perm.	Déf.	0,0	-72,0	-	27,250	-0,600	Pression de l'eau sous la fondation	
Charge	q _{1,int}	Var.	Déf.	-0,0	20,0	0,0	25,500	5,000	Surcharge répartie comprise entre le mur et le parement fictif [Charge répartie 1]	
Charge	q _{1,ext}	Var.	Déf.	16,6	3,1	0,0	25,000	2,807	Surcharge répartie appliquée au-delà du parement fictif [Charge répartie 1]	

Figure 26. Tableau d'actions non pondérées

4.1.2.2. Diagrammes non pondérés

Les actions qui sont issues d'un diagramme de pressions sont détaillées dans cet onglet. Chaque diagramme est décomposé en plusieurs tronçons qui sont caractérisés par ses points d'extrémité (X, Y) ainsi que par la valeur de la pression et son inclinaison.

En bas du tableau, Talren affiche la valeur résultante ainsi que son inclinaison et son point d'application.

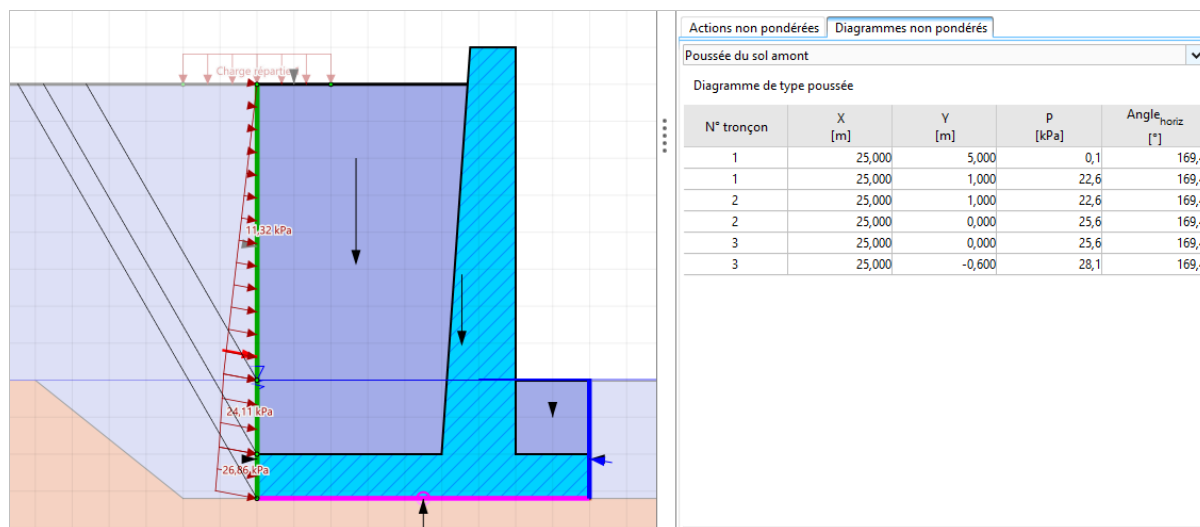


Figure 27. Tableau des diagrammes des actions non pondérées

4.2. Analyse des résultats de stabilité interne (murs cellulaires)

Les résultats du calcul d'équilibre interne sont donnés par bloc, pour chaque bloc deux onglets sont renseignés :

- Justification de l'ouvrage (bloc par bloc)
- Résultats par action

4.2.1. Justification de l'ouvrage

Cet onglet vise à fournir les éléments de justification de chaque bloc du mur pour chaque combinaison de calcul.

4.2.1.1. Synthèse des combinaisons

Cet onglet permet d'avoir une synthèse du taux de mobilisation de la résistance pondérée, il s'agit d'une synthèse des valeurs U_f (« facteurs d'utilisation ») qui sont présentées dans l'onglet « Résultats par combinaison ».

Une valeur nulle de U_f est à associer à la non-mobilisation de la résistance et une valeur de $U_f = 100\%$ est associée à une saturation de la résistance. Les valeurs supérieures à 100% expriment l'insuffisance de la résistance examinée.

Les valeurs sont colorées en vert quand elles sont inférieures ou égales à 100% et en rouge quand elles dépassent 100%. La coloration foncée permet d'identifier les valeurs extrêmes.

Bloc n°5					
Synthèse des combinaisons		Résultats par combinaison			
Combinaison	État limite	Situation	Glissement (cisaillement)	Renversement	Compression
✓ 101	ELU	Fondamental	✓ 3,16 % (OK)	✓ 0,39 % (OK)	✓ 0,20 % (OK)
✓ 201	ELU	Fondamental	✓ 3,16 % (OK)	✓ 0,39 % (OK)	✓ 0,14 % (OK)

Tableau 4. Tableau de synthèse des taux de mobilisation des résistances

Le menu déroulant permet de choisir le bloc pour lequel on souhaite afficher les résultats.

Dans le cas de figure où l'angle entre l'horizontal et le plan de poussée est plus faible que l'angle de frottement du sol, la méthode de résolution suppose que le système est en équilibre (cf. la notice technique). Dans ce cas de figure, la vérification au renversement n'est pas étudiée.

4.2.1.2. Résultats par combinaison

Cet onglet détaille pour chaque bloc, puis pour chaque combinaison, tous les termes intermédiaires.

Dans l'ordre, les résultats se présentent comme suit :

- Torseur combiné résultant excentré (valeur de calcul) : il s'agit du torseur arrivant à la base du bloc équivalent à toutes les actions qui s'appliquent sur le mur.

- Torseur combiné résultant centré (valeur de calcul) : il s'agit du torseur équivalent au précédent mais exprimé au centre de la base du bloc.
- Vérification du glissement : il s'agit de la vérification du glissement d'un bloc sur celui situé en dessous. Cette vérification prend en compte les données fournisseur renseignées dans l'onglet mur.
- Vérification du non-renversement : en comparant le moment stabilisateur et déstabilisateur au point aval (en bas à droite des blocs).
- La vérification de la compression : en comparant la composante verticale de la résultante à la résistance à la compression du bloc inférieur.

Il est important de noter que tous ces tableaux sont exportables vers le presse-papiers et au format Excel.

	Valeur	Unité	Description
$V_{d,e}$	105,5	kN/m	Composante verticale du torseur résultant excentré à la base du bloc
R_m	54000,0	kN/m	Résistance interne du matériau constitutif (valeur de calcul)
U_f	0,20	%	Taux de mobilisation
	✓		$V_{d,e} \leq R_m$

Figure 28. Vérification de la compression entre blocs

	Valeur	Unité	Description
$M_{p,i-1}$	0,0	kN.m/m	Moment transmis par les blocs supérieurs calculé au point aval (point B)
$M_{p,i}$	0,3	kN.m/m	Moment engendré par la poussée sur ce bloc
$M_{w,b}$	-112,5	kN.m/m	Moment engendré par le poids du bloc
$M_{dsb,k}$	0,3	kN.m/m	Moment déstabilisateur par rapport au point aval du bloc
$M_{stb,k}$	121,8	kN.m/m	Moment stabilisateur par rapport au point aval du bloc
$\gamma_{S,d}$	1,35	-	Coefficient partiel relatif aux actions
$\gamma_{R,d}$	1,10	-	Coefficient partiel relatif aux résistances
U_f	0,39	%	Taux de mobilisation
	✓		$\gamma_{S,d} \times M_{dsb,k} \leq M_{stb,k} / \gamma_{R,d}$

Figure 29. Vérification du renversement

	Valeur	Unité	Description
$H_{d,e}$	2,7	kN/m	Composante horizontale du torseur résultant excentré à la base du bloc
$V_{d,e}$	105,5	kN/m	Composante verticale du torseur résultant excentré à la base du bloc
f_g	0,800	-	Coefficient de frottement entre deux éléments
$\gamma_{R,h}$	1,10	-	Facteur partiel pour la résistance au glissement d'un bloc sur l'autre
$\gamma_{R,d}$	0,90	-	Coefficient de modèle lié à l'estimation de la résistance ultime au glissement
H_{adm}	85,2	kN/m	Valeur minimale de la résistance en glissement
U_f	3,16	%	Taux de mobilisation
	✓		$H_{d,e} \leq V_{d,e} \times f_g / (\gamma_{R,h} \times \gamma_{R,d})$

Figure 30. Vérification au cisaillement

4.2.2. Résultats par action

Cet onglet vise à fournir les actions non pondérées qui ont servi à générer les combinaisons d'action et à la justification de l'ouvrage. Ils sont disponibles pour chaque bloc.

4.2.2.1. Actions non pondérées

Cet onglet synthétise tous les torseurs équivalents pour chaque action qui s'applique sur le mur. Chaque torseur est exprimé par :

- H_k effort horizontal
- V_k effort vertical
- M_k moment
- X abscisse d'application du torseur
- Y ordonnée d'application du torseur

Chaque torseur est accompagné d'un symbole, du rappel de sa nature et de son caractère ainsi que d'une description pour faciliter sa compréhension.

Pour tous les blocs, excepté celui qui est situé le plus haut, un torseur « T_{cum} » est présenté : il s'agit de la résultante de l'ensemble des actions appliquées aux blocs au-dessus de celui retenu.

A titre d'exemple, pour un projet qui contient 5 blocs, ce tableau présente les résultats des actions non pondérées appliquées au bloc 3. Le T_{cum} qui apparaît correspond à la résultante d'ensemble des actions sur les blocs 4 et bloc 5 ainsi qu'au poids de ces deux blocs.

Bloc n°3										
Actions non pondérées				Diagrammes non pondérés						
Type	Action	Nature	Caract.	H_k [kN/m]	V_k [kN/m]	M_k [kN.m/m]	x [m]	y [m]	Description	
Mur	T_{cum}	Perm.	Fav./déf.	47,0	488,8	-214,2	17,750	3,000	Torseur cumulé	
Mur	W_{bloc}	Perm.	Fav./déf.	0,0	75,0	-	17,900	2,500	Poids du bloc	
Sol	$W_{\pm bloc}$	Perm.	Fav.	0,0	3,0	-	16,300	2,667	Poids du sol entre le bloc et le plan fictif	
Sol	$P_{a,bloc}$	Perm.	Déf.	9,7	0,6	-	16,261	2,462	Poussée des terres sur le parement fictif amont en face du bloc (avec les actions à l'arrière)	
Charge	$q_{b,bloc}$	Perm.	Fav.	18,7	1,1	0,0	16,256	2,481	Surcharge répartie appliquée sur le bloc [F _{i,s}]	

Figure 31. Tableau d'actions non pondérées

5. Génération d'un rapport de synthèse

Une fois le calcul réalisé, il est tout à fait possible de générer un rapport de synthèse de toutes les hypothèses considérées ainsi que des justifications détaillées menées par Talren.

Pour cela, il suffit de lancer l'assistant, demander la phase/situation qui nous intéresse et de cocher les résultats de type Mur.

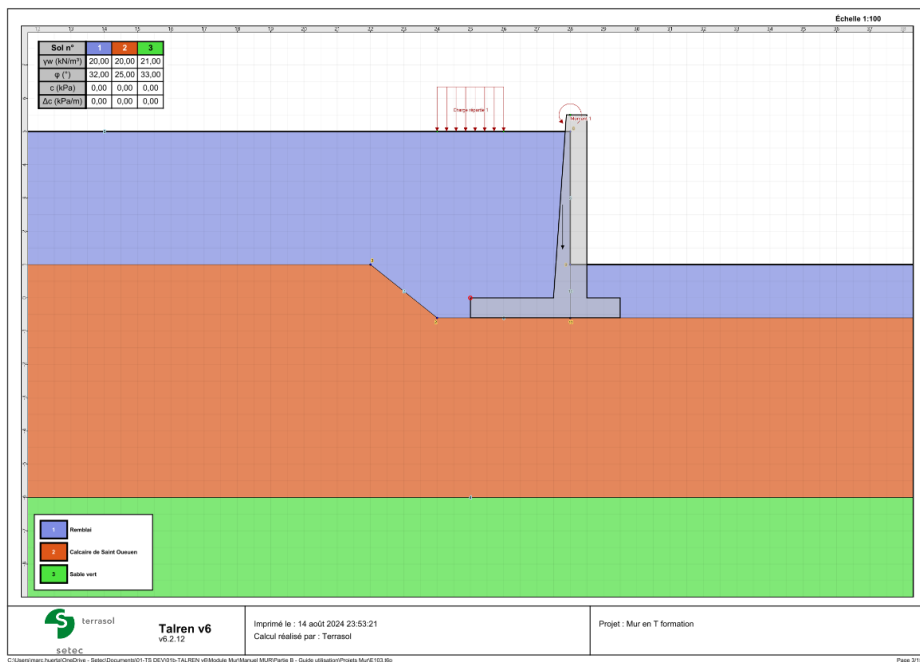
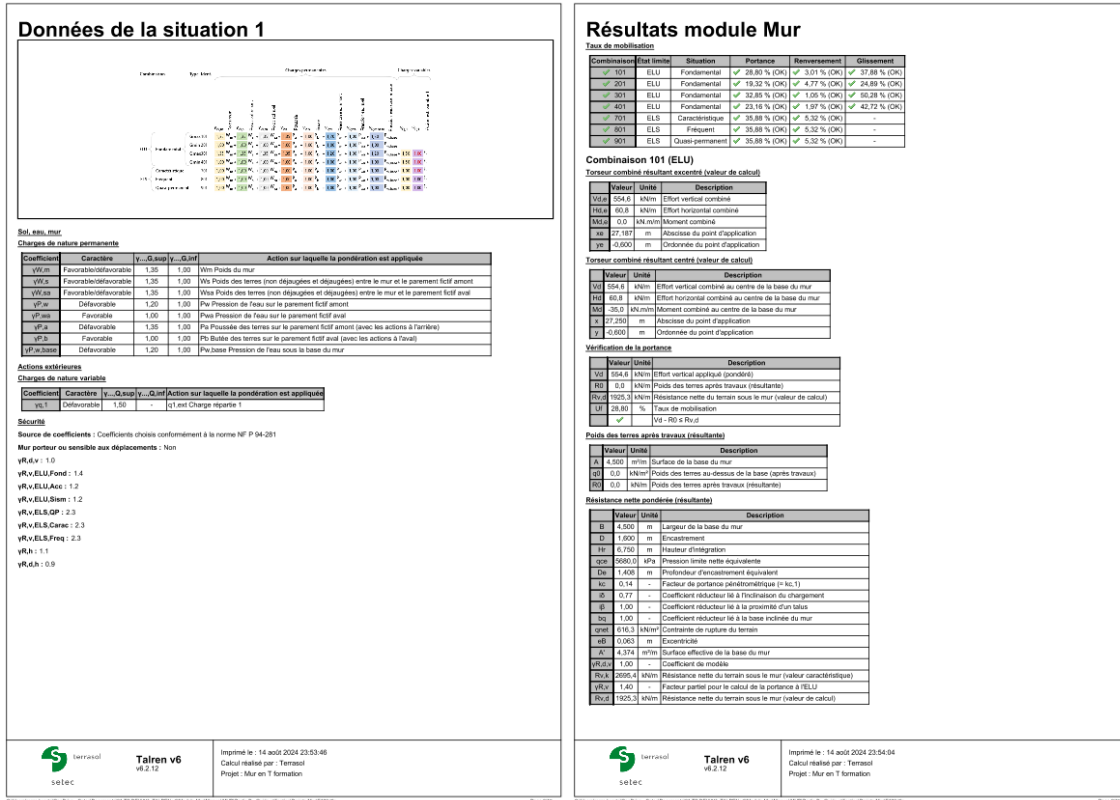


Figure 32. Exemple de rapport de synthèse à l'issue d'un calcul mur