



Talren v6

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

Date	Révision	Etabli par	Commentaires
14/08/2024	Ind A	M. Huerta	Première émission

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
3. Lancement du calcul.....	16
4. Analyse des résultats.....	17
4.1. Justification de l'ouvrage	17
4.1.1. Synthèse des combinaisons	17
4.1.2. Résultats par combinaison	17
4.2. Résultats par action	18
4.2.1. Actions non pondérées	18
4.2.2. Diagrammes non pondérés	19
5. Génération d'un rapport de synthèse	20

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 :

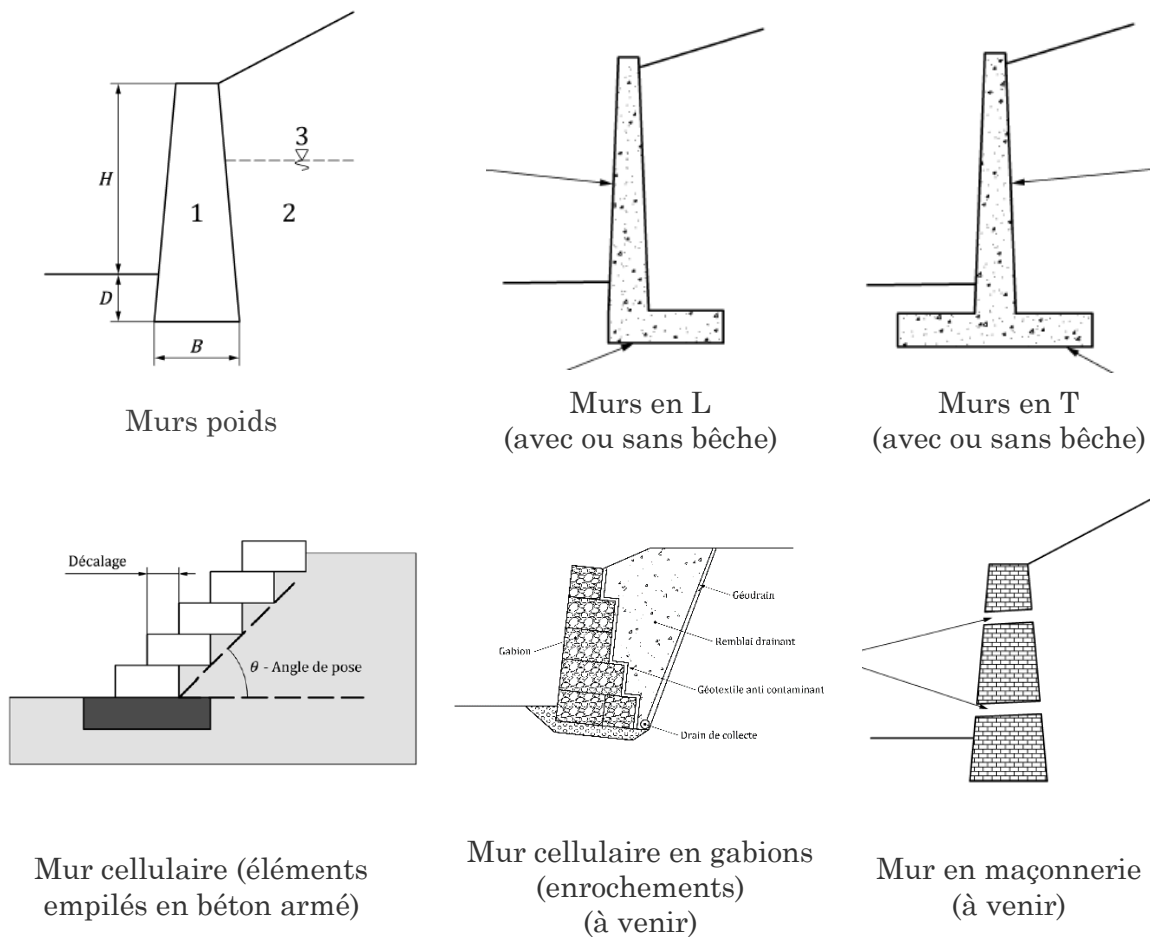


Figure 1 : Ouvrages de soutènement traités par le module Mur de Talren

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.

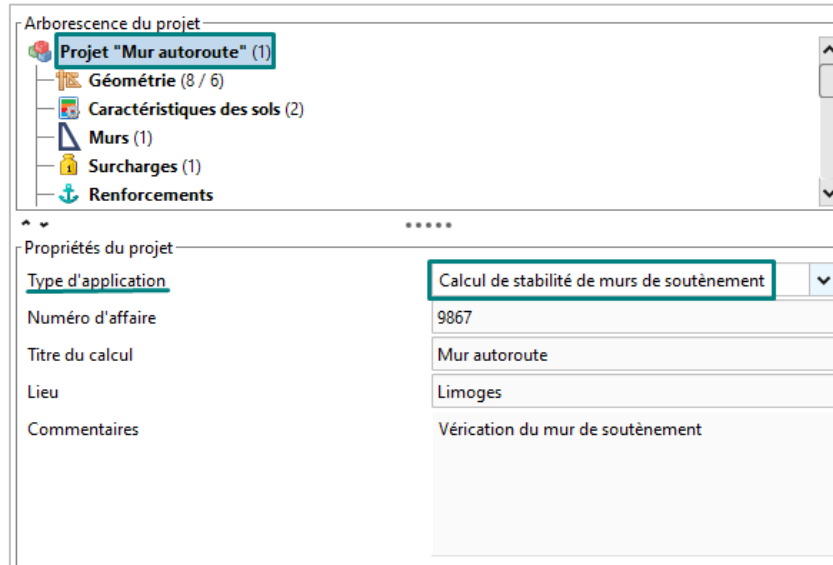


Figure 2 Choix du type d'application

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

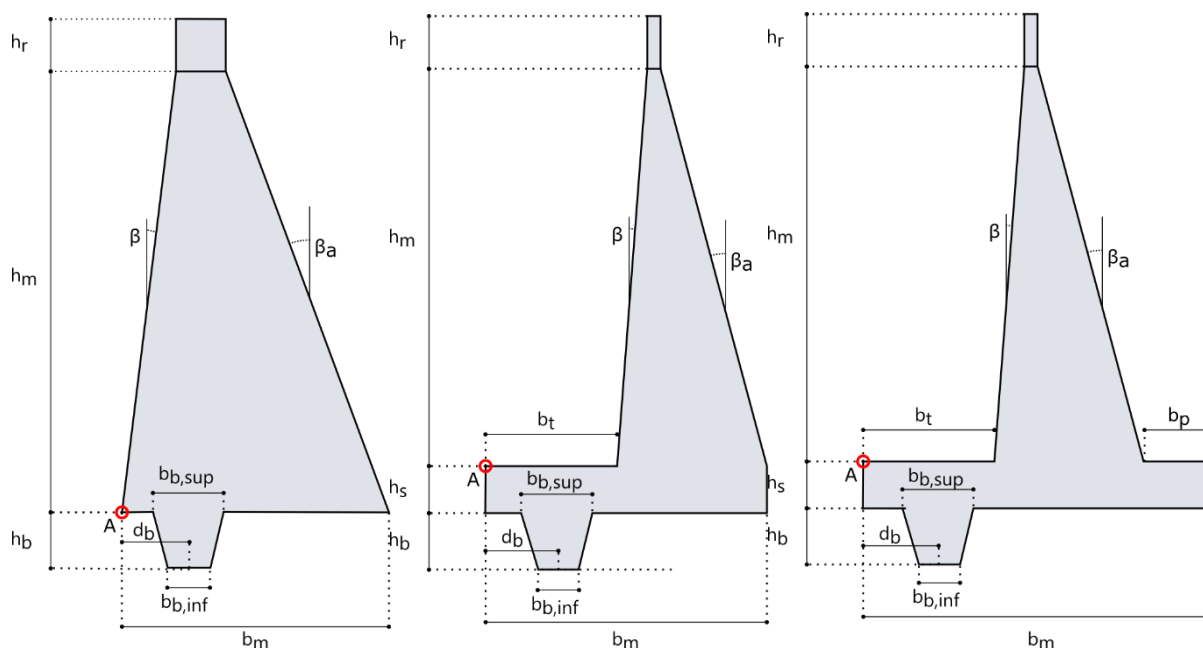


Figure 3. Géométries des murs poids, mur en L et mur en T

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

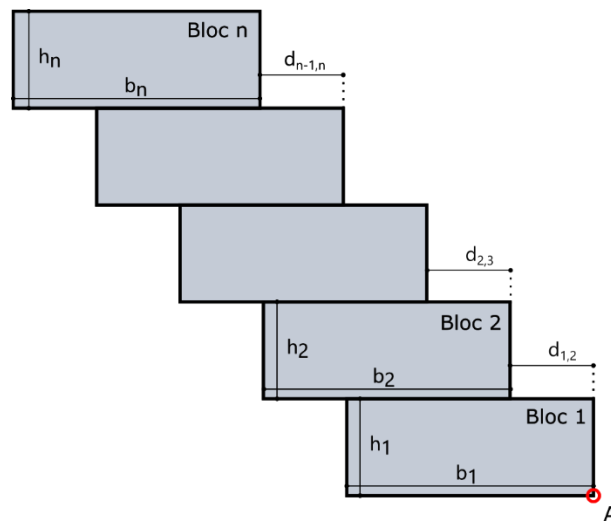


Figure 4. Géométries des murs cellulaires (éléments empilés en béton armé)

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.

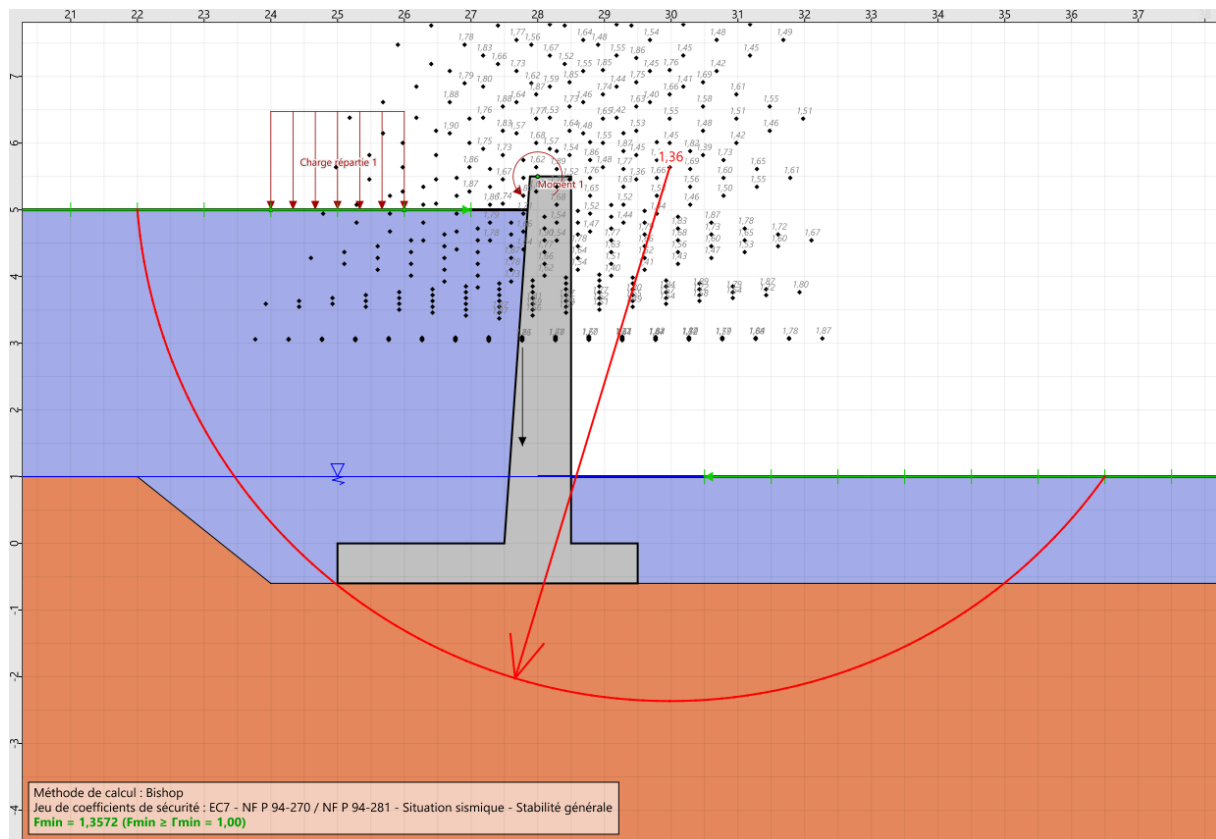


Figure 5. Stabilité générale autour d'un mur

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 cet analyse doit 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)

Jeu de coef. de sécurité	
--------------------------	--

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 jeux de coefficients spécifiques. Ce choix impactera notamment l'évaluation des diagrammes de poussée et de butée limites à considérer sur le mur.

Propriétés de la situation	
Nom	Situation 1
Option de calcul	Calcul de stabilité externe locale ▼
Nature de la situation	Durable ou transitoire ▼
Mur sélectionné	Mur 1 ▼
Jeu de coef. de sécurité	
	NF P 94-281 - Situation durable - Ouvrage courant - Stabilité externe locale ▼
	< pas de jeu de coefficients >
	Unitaire
	EC7 - NF P 94-270 / NF P 94-281 - Situation durable - Ouvrage courant - Stabilité ge
	NF P 94-281 - Situation durable - Ouvrage courant - Stabilité externe locale

Figure 9. Choix du jeu de coefficients de sécurité

À titre de rappel, les jeux de coefficients de sécurité disponibles dans la situation sont à définir dans l'onglet du projet.

Il est important de noter que Talren propose quelques jeux spécifiques au calcul de la stabilité externe locale en lien avec la NF P 94-281 :




Propriétés du projet	
Retour	Jeux de coefficients de sécurité
Veuillez sélectionner les jeux de coefficients à prendre en compte dans le projet	
<input checked="" type="checkbox"/> EC7 - NF P 94-270 / NF P 94-281 - Situation durable - Ouvrage courant - Stabilité générale	
<input type="checkbox"/> EC7 - NF P 94-270 / NF P 94-281 - Situation durable - Ouvrage sensible - Stabilité générale	
<input type="checkbox"/> EC7 - NF P 94-270 / NF P 94-281 - Situation transitoire - Ouvrage courant - Stabilité générale	
<input type="checkbox"/> EC7 - NF P 94-270 / NF P 94-281 - Situation transitoire - Ouvrage sensible - Stabilité générale	
<input type="checkbox"/> EC7 - NF P 94-270 / NF P 94-281 - Situation accidentelle - Ouvrage courant - Stabilité générale	
<input type="checkbox"/> EC7 - NF P 94-270 / NF P 94-281 - Situation accidentelle - Ouvrage sensible - Stabilité générale	
<input type="checkbox"/> EC7 - NF P 94-270 / NF P 94-281 - Situation sismique - Stabilité générale	
<input checked="" type="checkbox"/> NF P 94-281 - Situation durable - Ouvrage courant - Stabilité externe locale	
<input type="checkbox"/> NF P 94-281 - Situation transitoire - Ouvrage courant - Stabilité externe locale	
<input type="checkbox"/> NF P 94-281 - Situation durable ou transitoire - Ouvrage sensible - Stabilité externe locale	
<input type="checkbox"/> NF P 94-281 - Situation accidentelle - Stabilité externe locale	
<input type="checkbox"/> NF P 94-281 - Situation sismique - Stabilité externe locale	
<input type="checkbox"/> Eurocode - Fondamental - Ouvrage courant	
<input type="checkbox"/> Eurocode - Fondamental - Ouvrage sensible	
<input type="checkbox"/> Eurocode - Sismique	
<input checked="" type="checkbox"/> Unitaire	
<input type="checkbox"/> Traditionnel/Sit. provisoire	
<input type="checkbox"/> Traditionnel/Sit. définitive	
<input type="checkbox"/> Clouterre fondamental/courant	
<input type="checkbox"/> Clouterre fondamental/sensible	
<input type="checkbox"/> Clouterre accidentel/courant	
<input type="checkbox"/> Clouterre accidentel/sensible	
<input type="checkbox"/> EC7 Approche 1/1	
<input type="checkbox"/> EC7 Approche 1/2	

Figure 10. Choix des jeux de coefficients de sécurité (onglet Projet)

Pour utiliser un de ces jeux de coefficients partiels, il suffit de l'activer dans l'onglet projet en complétant les valeurs manquantes qui ne sont pas proposées par la norme. Ensuite, la situation proposera une liste de jeux de coefficients activés.

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.

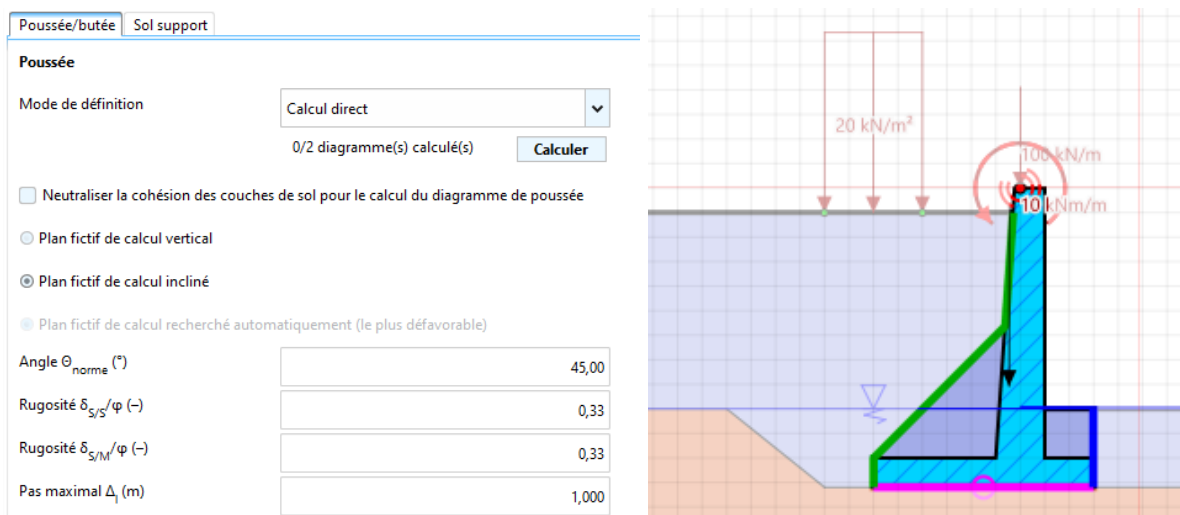


Figure 12. Caractérisation de la poussée limite du sol à l'arrière du mur

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.

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 »

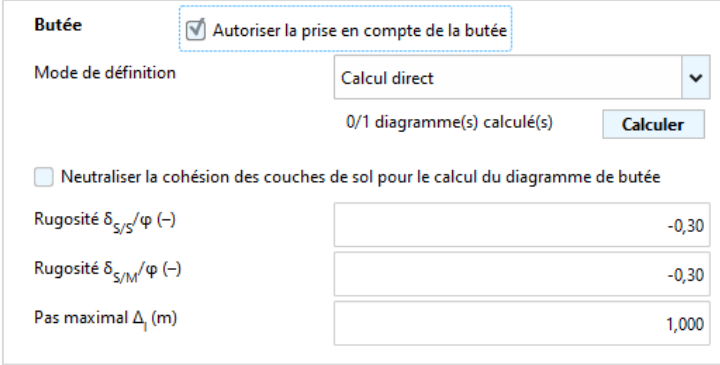
L'utilisateur est libre de définir un plan quelconque qui servira ensuite à la détermination du bloc monolithique (mur + sol).

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.



Butée	
<input checked="" type="checkbox"/>	Autoriser la prise en compte de la butée
Mode de définition	Calcul direct
	0/1 diagramme(s) calculé(s) Calculer
<input type="checkbox"/>	Neutraliser la cohésion des couches de sol pour le calcul du diagramme de butée
Rugosité $\delta_{S/S'}/\varphi$ (-)	-0,30
Rugosité $\delta_{S/M}/\varphi$ (-)	-0,30
Pas maximal Δ_1 (m)	1,000

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 :

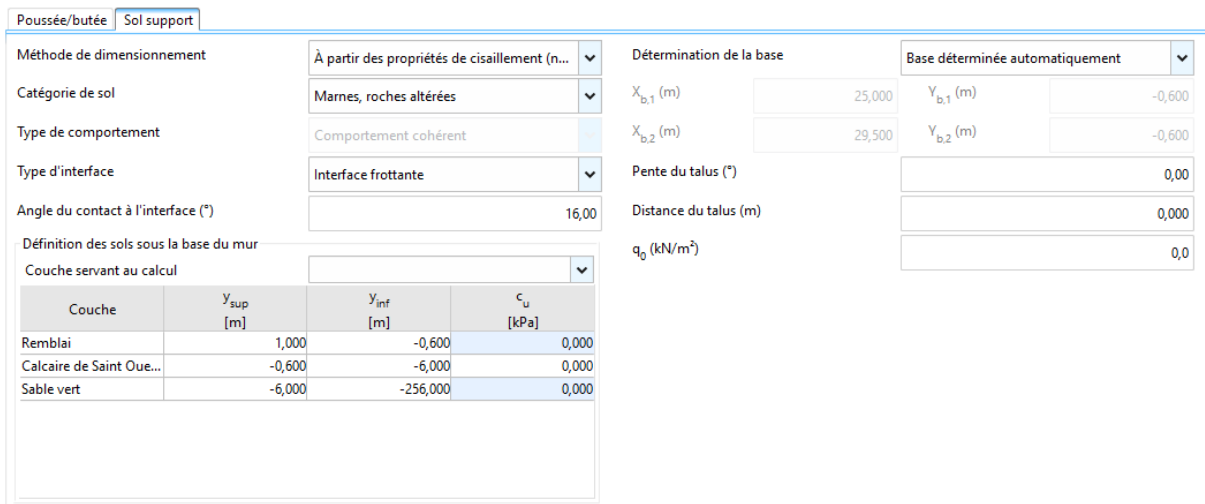
- p_l^* : pression limite du sol
- q_{ec} : résistance de cône q_c déjà écrêtée(1) à $1,3 q_{cm}$

- 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 q_0 .



The screenshot shows the 'Sol support' configuration window. It includes several sections:

- Méthode de dimensionnement:** À partir des propriétés de cisaillement (n...)
- Catégorie de sol:** Marnes, roches altérées
- Type de comportement:** Comportement cohérent
- Type d'interface:** Interface frottante
- Angle du contact à l'interface (°):** 16,00
- Définition des sols sous la base du mur:** Couche servant au calcul (dropdown)
- Détermination de la base:** Base déterminée automatiquement (dropdown)
- Coordonnées de la base:**

$X_{b,1}$ (m)	25,000	$Y_{b,1}$ (m)	-0,600
$X_{b,2}$ (m)	29,500	$Y_{b,2}$ (m)	-0,600
- Pente du talus (°):** 0,00
- Distance du talus (m):** 0,000
- q_0 (kN/m²):** 0,0

Tableau des couches de sol :

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.

Actions extérieures		Sol	Combinaisons	Sécurité																				
Source de combinaison(s)		Combinaisons générées conformément à la norme NF P 94-281																						
		Calculer		Modifier les coefficients																				
Combinaison	Type Ident.	Charges permanentes										Charges variables												
		$Y_{W,m}$	Poids mur	$Y_{W,s}$	Poids sol amont	$Y_{W,sa}$	Poids sol aval	$Y_{P,a}$	Poussée	$Y_{P,b}$	Butée	$Y_{P,w}$	Pression eau amont	$Y_{P,wa}$	Pression eau aval	$Y_{P,w,base}$	Pression eau sous la base	$Y_{G,2}$	Action ext. permanente 2	$Y_{Q,1}$	$\Psi_{0,1}$	Action ext. variable 1		
ELU	Fondamental	Gmax 101	1,35	W_m	1,35	W_s	1,35	W_{sa}	1,35	P_a	1,00	P_b	1,20	P_w	1,00	P_{wa}	1,20	$P_{w,base}$	1,00	G_2				
		Gmin 201	1,00	W_m	1,00	W_s	1,00	W_{sa}	1,00	P_a	1,00	P_b	1,00	P_w	1,00	P_{wa}	1,00	$P_{w,base}$	1,00	G_2				
		Qmax301	1,35	W_m	1,35	W_s	1,35	W_{sa}	1,35	P_a	1,00	P_b	1,20	P_w	1,00	P_{wa}	1,20	$P_{w,base}$	1,00	G_2	1,50	1,00	F_1	
		Qmin 401	1,00	W_m	1,00	W_s	1,00	W_{sa}	1,00	P_a	1,00	P_b	1,00	P_w	1,00	P_{wa}	1,00	$P_{w,base}$	1,00	G_2	1,50	1,00	F_1	
ELS	Caractéristique	701	1,00	W_m	1,00	W_s	1,00	W_{sa}	1,00	P_a	1,00	P_b	1,00	P_w	1,00	P_{wa}	1,00	$P_{w,base}$	1,00	G_2	1,50	1,00	F_1	
		Fréquent	801	1,00	W_m	1,00	W_s	1,00	W_{sa}	1,00	P_a	1,00	P_b	1,00	P_w	1,00	P_{wa}	1,00	$P_{w,base}$	1,00	G_2	1,00	1,00	F_1
			901	1,00	W_m	1,00	W_s	1,00	W_{sa}	1,00	P_a	1,00	P_b	1,00	P_w	1,00	P_{wa}	1,00	$P_{w,base}$	1,00	G_2	1,00	1,00	F_1

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

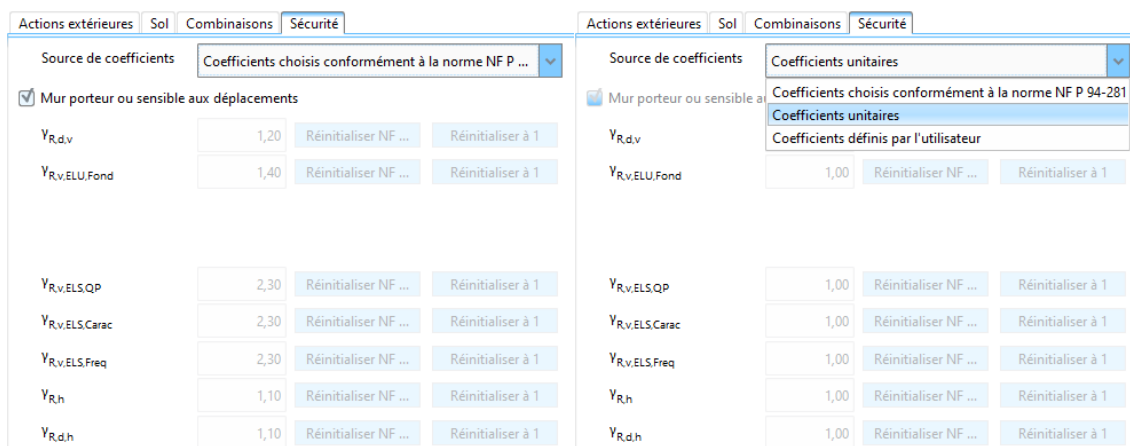


Figure 19. Caractérisation des niveaux de sécurité

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.

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.

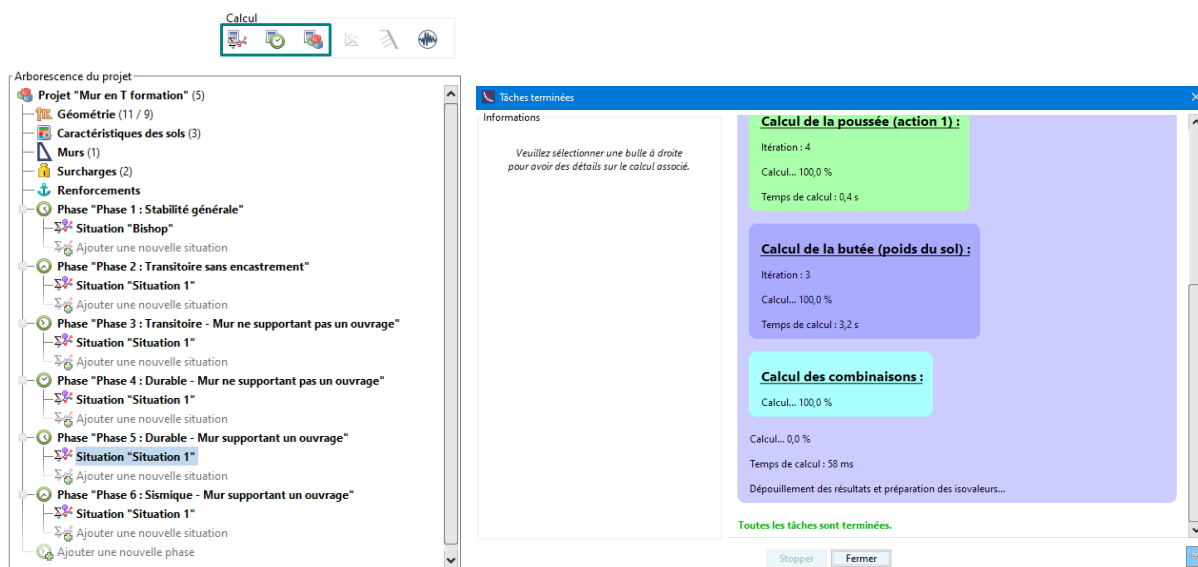


Figure 20. Lancement du calcul

4. Analyse des résultats

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

- Justification de l'ouvrage
- Résultats par action

4.1. Justification de l'ouvrage

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

4.1.1. 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)	-

Figure 21. Tableau de synthèse des taux de mobilisation des résistances

4.1.2. Résultats par combinaison

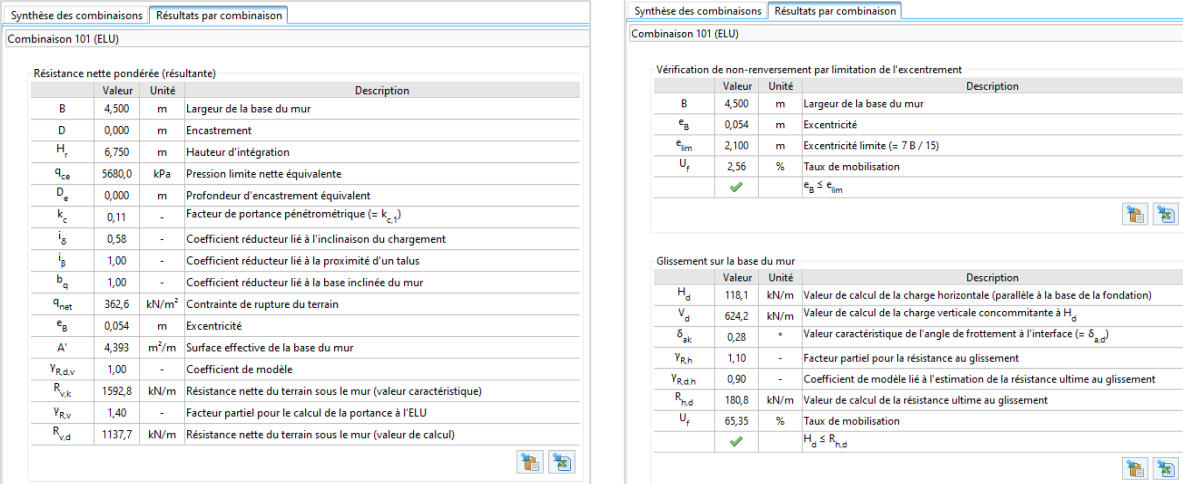
Cet onglet détaille chaque justification numérique fournissant tous les termes intermédiaires qui ont servi à la vérification de chaque combinaison.

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 inclus 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 au presse-papiers et au format Excel.



Résistance nette pondérée (résultante)		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 _δ	0,58	-		Coefficient réducteur lié à l'inclinaison du chargement
i _β	1,00	-		Coefficient réducteur lié à la proximité d'un talus
i _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
Y _{rd,v}	1,00	-		Coefficient de modèle
Y _{rk}	1592,8	kN/m		Résistance nette du terrain sous le mur (valeur caractéristique)
Y _{rv}	1,40	-		Facteur partiel pour le calcul de la portance à l'ELU
R _{vd}	1137,7	kN/m		Résistance nette du terrain sous le mur (valeur de calcul)

Vérification de non-renversement par limitation de l'excentrement		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}

Glissement sur la base du mur		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})
Y _{RN}	1,10	-		Facteur partiel pour la résistance au glissement
Y _{rd,n}	0,90	-		Coefficient de modèle lié à l'estimation de la résistance ultime au glissement
R _{nd}	180,8	kN/m		Valeur de calcul de la résistance ultime au glissement
U _f	65,35	%		Taux de mobilisation
	✓			H _d ≤ R _{nd}

Figure 22. Résultats par combinaison

4.2. 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.

4.2.1. Actions non pondérées

Cet onglet synthétise tous les torseurs équivalents pour chaque actions 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 23. Tableau d'actions non pondérées

4.2.2. 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 eu 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.

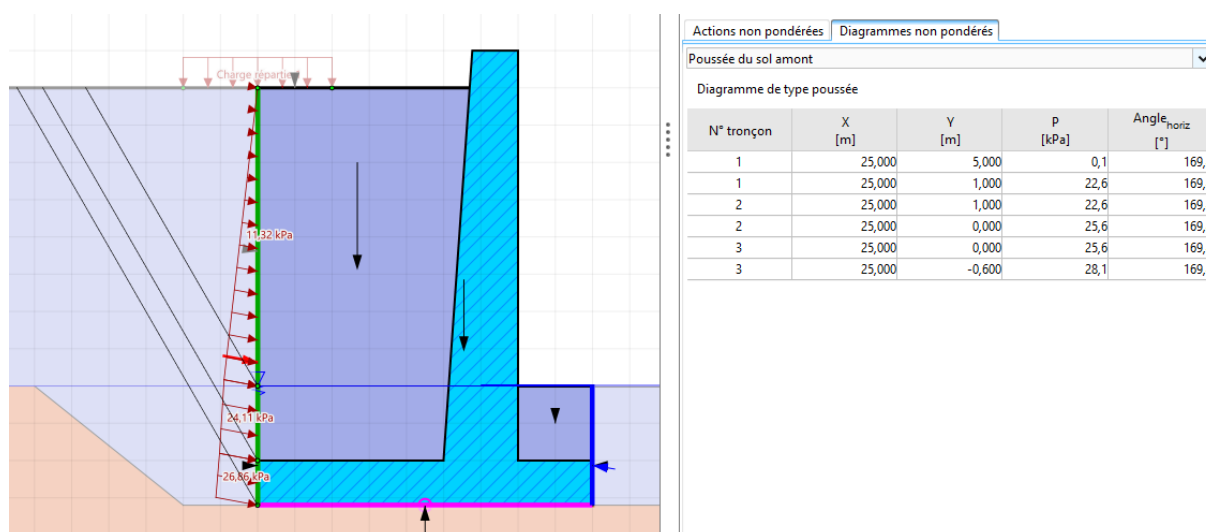


Figure 24. Tableau des diagrammes non pondérées des actions

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.

Données de la situation 1

Charges de nature permanente

Coefficient	Caractère	y ₁ (G.susp)	y ₂ (G.inf)	Action sur laquelle la pondération est appliquée
1.35	Favorable/défavorable	1.35	1.00	W1 Poids du mur
1.35	Favorable/défavorable	1.35	1.00	W2 Poids des terres (non déjaugées et déjaugées) entre le mur et le parement fccf aval
1.35	Favorable/défavorable	1.35	1.00	W3 Poids des terres (non déjaugées et déjaugées) entre le mur et le parement fccf aval
1.20	Défavorable	1.20	1.00	P1 Pression de l'eau sur le parement fccf amont
1.00	Favorable	1.00	1.00	P2 Pression de l'eau sur le parement fccf aval
1.35	Défavorable	1.35	1.00	P3 Pénalité des terres sur le parement fccf amont (avec les actions à l'arrête)
1.00	Favorable	1.00	1.00	P4 Butée des terres sur le parement fccf aval (avec les actions à l'arrête)
1.20	Défavorable	1.20	1.00	P5 Base Pression de l'eau sous le bati du mur

Actions inférentes

Charges de nature variable

Coefficient	Caractère	y ₁ (Q.susp)	y ₂ (Q.inf)	Action sur laquelle la pondération est appliquée
1.50	Défavorable	1.50	-	q1 ext Charge répartie 1

Sécurité

Source de coefficients : Coefficients choisis conformément à la norme NF P 04-201

Mur porteur ou sensible aux déplacements : Non

vR_{ed} : 1.0
vR_{v.ELU.Fond} : 1.4
vR_{v.ELU.Acc} : 1.2
vR_{v.ELU.Sism} : 1.2
vR_{v.ELS.OP} : 2.3
vR_{v.ELS.Cose} : 2.3
vR_A : 1.1
vR_{Ah} : 0.9

Résultats module Mur

Taux de mobilisation

Combinaison	Effet limite	Situation	Pertinence	Remplacement	Gisement
✓ 101	ELU	Fondamental	✓ 28.90 % (OK)	✓ 3.01 % (OK)	✓ 37.86 % (OK)
✓ 201	ELU	Fondamental	✓ 19.32 % (OK)	✓ 4.77 % (OK)	✓ 24.89 % (OK)
✓ 301	ELU	Fondamental	✓ 32.85 % (OK)	✓ 1.09 % (OK)	✓ 36.28 % (OK)
✓ 401	ELU	Fondamental	✓ 21.16 % (OK)	✓ 1.97 % (OK)	✓ 42.72 % (OK)
✓ F01	ELS	Caractéristique	✓ 35.88 % (OK)	✓ 5.32 % (OK)	-
✓ 801	ELS	Fréquent	✓ 35.88 % (OK)	✓ 5.32 % (OK)	-
✓ 901	ELS	Quasi-permanent	✓ 35.88 % (OK)	✓ 5.32 % (OK)	-

Combinaison 101 (ELU)

Torseur combiné résultant exact (valeur de calcul)

Valeur	Unité	Description
554.6	kNm	Effort vertical combiné
60.8	kNm	Effort horizontal combiné
0.0	kN.m/m	Moment combiné
27.187	m	Abcisse du point d'application
0.000	m	Ordonnée du point d'application

Torseur combiné résultant centre (valeur de calcul)

Valeur	Unité	Description
554.6	kNm	Effort vertical combiné au centre de la base du mur
60.8	kNm	Effort horizontal combiné au centre de la base du mur
35.0	kN.m/m	Moment combiné au centre de la base du mur
27.250	m	Abcisse du point d'application
0.000	m	Ordonnée du point d'application

Vérification de la portance

Valeur	Unité	Description
554.6	kNm	Effort vertical appliqué (pondéré)
0.0	kNm	Poids des terres après travaux (résultante)
165.3	kNm	Réaction nette du terrain sous le mur (valeur de calcul)
18.00	%	Taux de mobilisation
✓		VR - R0 < Rvd

Poids des terres après travaux (résultante)

Valeur	Unité	Description
4.500	prima	Surface de la base du mur
0.0	kN/m	Poids des terres au-dessus de la base (après travaux)
0.0	kN/m	Poids des terres après travaux (résultante)

Résistance nette pondérée (résultante)

Valeur	Unité	Description
4.500	m	Largeur de la base du mur
1.900	m	Encaissement
6.750	m	Hauteur d'intégration
5690.0	kPa	Pression limite nette équivalente
1.600	ka	Facteur de frottement équivalent
0.14	-	Facteur de portance pénalométrique (v-kc-1)
0.77	-	Coefficient réducteur lié à l'inclinaison du chargement
1.00	-	Coefficient réducteur lié à la proximité d'un talus
1.00	-	Coefficient réducteur lié à la base inclinée du mur
616.3	kN/m ²	Contrainte de rupture du terrain
0.063	m	Encroûtement
4.374	prima	Surface effective de la base du mur
1.00	-	Coefficient de modèle
2995.4	kN/m	Résistance nette du terrain sous le mur (valeur caractéristique)
1.40	-	Facteur partiel pour le calcul de la portance à l'ELU
1925.3	kN/m	Résistance nette du terrain sous le mur (valeur de calcul)

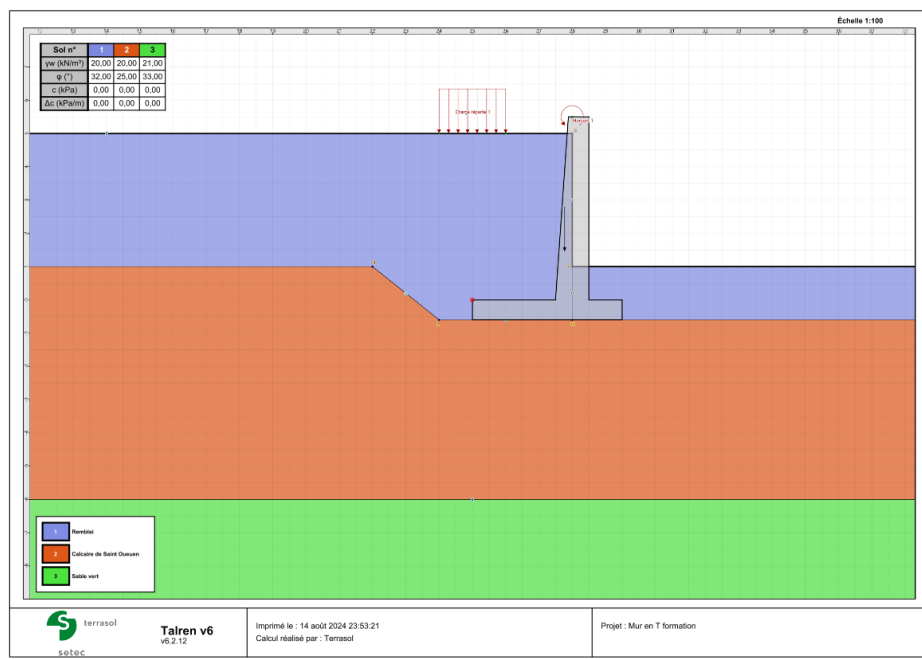


Figure 25. Exemple de rapport de synthèse à l'issue d'un calcul mur