

Sols traités à la chaux et/ou aux liants hydrauliques **Application aux ouvrages hydrauliques**

Définition des études et prescription des travaux

Guide Technique



Photo de couverture : Malaxage d'un sol argileux traité à la chaux pour la construction d'une carapace de digue existante – Chantier expérimental de Vlassenbroek (B) - Photo Michel Froumentin 2019

Sommaire

Avant -propos	1
Introduction	3
Utilisation du document	5
Mémento des opérations	8
Partie A : ETUDES	11
Chapitre A1 : Phases préparatoires à la réalisation des études	11
Article A1.1 Enquête documentaire	12
Article A1.2 Définition du cadre géotechnique	13
Article A1.3 Etude d'opportunité de la solution traitement	14
Chapitre A2 : Etude géotechnique préalable et étude de conception	15
Article A2.1 Phase Etude de Site ou Préfaisabilité	16
Article A2.2 Phase Avant-Projet	18
Article A2.3 Phase Projet	20
Partie B : CONTRAT DE TRAVAUX	23
Chapitre B1 : Prescriptions générales	23
Article B1.1 Travaux inclus / travaux associés	24
Article B1.2 Méthodologie de construction	26
Article B1.3 Documents à fournir par l'Entreprise	27
Article B1.4 Programme d'exécution	28
Chapitre B2 : Etude géotechnique de réalisation	29
Article B2.1 Caractérisation des ressources en sol naturel	30
Article B2.2 Etude de traitement	32
Chapitre B3 : Préparation et organisation des travaux	33
Article B3.1 Exploitation des ressources en sol naturel	34
Article B3.2 Fourniture des composants nécessaires au traitement	36
Article B3.3 Installations de chantier	39
Chapitre B4 : Planche d'essai et remblai d'essai	43
Article B4.1 Planche d'essai	44
Article B4.2 Remblai d'essai	46
Chapitre B5 : Exécution des travaux	49
Article B5.1 Qualification de l'Entreprise	50
Article B5.2 Matériels d'exécution	51
Article B5.3 Procédures d'exécution	54
Chapitre B6 : Contrôle – Gestion de la qualité	61
Article B6.1 Prescriptions générales	62
Article B6.2 Contrôles à réaliser	63
Article B6.3 Répartition des contrôles	68
Article B6.4 Fiches de suivi	69
Article B6.5 Points sensibles	70
Partie C : INSTRUMENTATION	71
Chapitre C1 : Instrumentation	71
Article C1.1 Instrumentation	72
Partie D : RECOLEMENT, TRACABILITE ET SUIVI DE L'OUVRAGE	75
Chapitre D1 : Récolement, traçabilité et suivi de l'ouvrage	75
Article D1.1 Définition des outils de suivi prévus au DCE	76
Article D1.2 Organisation du suivi et préparation du dossier de récolement pendant les travaux	78
Article D1.3 Suivi de l'ouvrage en phase d'exploitation	80
Documents de référence	81
Annexe	83

Liste des abréviations

BIM	Building Information Modeling
CFBR	Comité Français des Barrages et des Réservoirs
CIGB	Comité International des Grands Barrages
CSNE	Canal Seine Nord Europe
DCE	Dossier de Consultation des Entreprises
EI :	fonction Erosion Interne
ES :	fonction Erosion de Surface
EV :	fonction Evacuation
GPS :	Global Positioning System
GTR :	Guide des terrassements des remblais et des couches de forme – Fascicules 1 et 2 Cerema Editions, IDRRIM – édition 2024
GTS :	Guide technique Traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques - Application à la réalisation des remblais et des couches de forme -Sétra/Lcpc – janvier 2000 ¹
HET	Hole Erosion Test
JET :	Jet Erosion Test
M :	fonction Maniabilité
MoJET :	Mobile Erosion Test
P :	Fonction Perméabilité
P.A.Q. :	Plan d'assurance Qualité
PA :	Point d'arrêt
PC :	Point critique
RCE :	Responsable du Contrôle Externe
S :	fonction Stabilité
SYMADREM :	Syndicat Mixte Interrégional d'Aménagement des Dignes du Delta du Rhône et de la Mer

Liste des symboles

ρ_{dfc} :	masse volumique sèche en fond de couche (Mg/m^3)
ρ_{dm} :	masse volumique sèche moyenne d'une couche (Mg/m^3)
D_{max} :	dimension maximale des plus gros éléments contenus dans le sol (mm)
I_p :	indice de plasticité (%)
V_{BS} :	valeur au bleu de méthylène (g/100g)
w_n :	teneur en eau du sol naturel(%)
w_{OPN} :	teneur en eau optimale Proctor Normal (%)
$\rho_{dmax\ OPN}$:	masse volumique sèche maximale à la teneur en eau optimale dans l'essai Proctor Normal (Mg/m^3)

¹ Ce guide technique était en cours de révision lors de la rédaction du présent document (2025). Il conviendra de se référer à la version révisée lorsque celle-ci sera publiée.

Avant-propos

Le traitement des sols est une technique connue et éprouvée depuis plus de 60 ans dans les travaux d'infrastructures (routes, plates-formes, ouvrages ferroviaires et aéroportuaires). De nombreux retours d'expérience et publications en témoignent. Son succès repose sur de nombreux avantages à la fois techniques, économiques et environnementaux. Son usage dans les ouvrages hydrauliques tend à se développer. Les avantages qu'elle apporte justifient qu'elle soit envisagée, dès la phase amont des études de projet, au même titre que toute autre option.

Le présent document a pour but :

- d'assister les Maîtres d'Ouvrage, Maîtres d'Œuvre et ingénieurs de bureaux d'études lorsque la technique du traitement des sols est envisagée pour concevoir et réaliser des ouvrages hydrauliques,
- de les guider pour établir les prescriptions permettant d'atteindre l'ensemble des objectifs visés (qualité, sécurité, environnement, coûts, délais, etc.).

Il a été élaboré par les experts suivants du Groupe Miroir CFBR du Comité P " Barrages en Matériau Cimenté " de la CIGB :

- Pierre Agresti, Artelia
- Maurice Bufalo, Spie batignolles travaux publics
- Pierre Cochet, Consultant
- Michel Froumentin, Consultant
- Daniel Puiatti, DPST Consulting

Ce guide technique s'appuie sur la démarche progressive habituelle de la réalisation des études et de la rédaction des clauses techniques des travaux. Pour plus de clarté, en particulier dans la partie étude, certaines tâches non spécifiques au traitement de sol sont décrites ou rappelées. Ce document n'a pas vocation à se substituer à la démarche habituelle de conduite des études mais il permet d'intégrer le traitement des sols dans toutes les étapes d'un projet.

Il s'applique au traitement de sols fins naturels avec de la chaux et/ou un liant hydraulique, en place ou en centrale, pour la construction, le renforcement, le confortement et la réparation d'ouvrages hydrauliques tels que les bassins, les digues et les barrages de hauteur inférieure à 30 m. Son application au traitement de matériaux naturels tendres tels que les roches friables et la craie est envisageable sous réserve de la vérification de la faisabilité technique ainsi que du respect des performances visées. L'application en ouvrages maritimes est en phase de développement n'est pas abordée dans le document.

Le document constitue un complément au Bulletin 195 de la CIGB : Barrages en Sol Cimenté [1], auquel il se réfère. Il s'appuie également sur l'état actuel des connaissances en prenant en considération les principes fondamentaux et les règles de bonne pratique en matière de terrassements et de traitement des sols, et notamment celles figurant dans la série de normes européennes sur les terrassements NF EN 16907-1 [2], NF EN 16907-2 [3], NF EN 16907-3 [4], NF EN 16907-4 [5] et NF EN 16907-5 [6], les deux fascicules du Guide des Terrassements des remblais et des couches de forme (GTR) [7] [8] et le Guide technique Traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques – Application à la réalisation des remblais et des couches de forme (GTS) [9]².

² Ce guide technique était en cours de révision lors de la rédaction du présent document (2025). Il conviendra de se référer à la version révisée lorsque celle-ci sera publiée.

L'architecture du document se compose de quatre parties correspondant aux phases principales de la vie d'un projet (Figure 1) :

- une partie A consacrée aux études,
- une partie B consacrée aux travaux,
- une partie C consacrée à l'instrumentation,
- une partie D consacrée au récolement, à la traçabilité et au suivi de l'ouvrage.

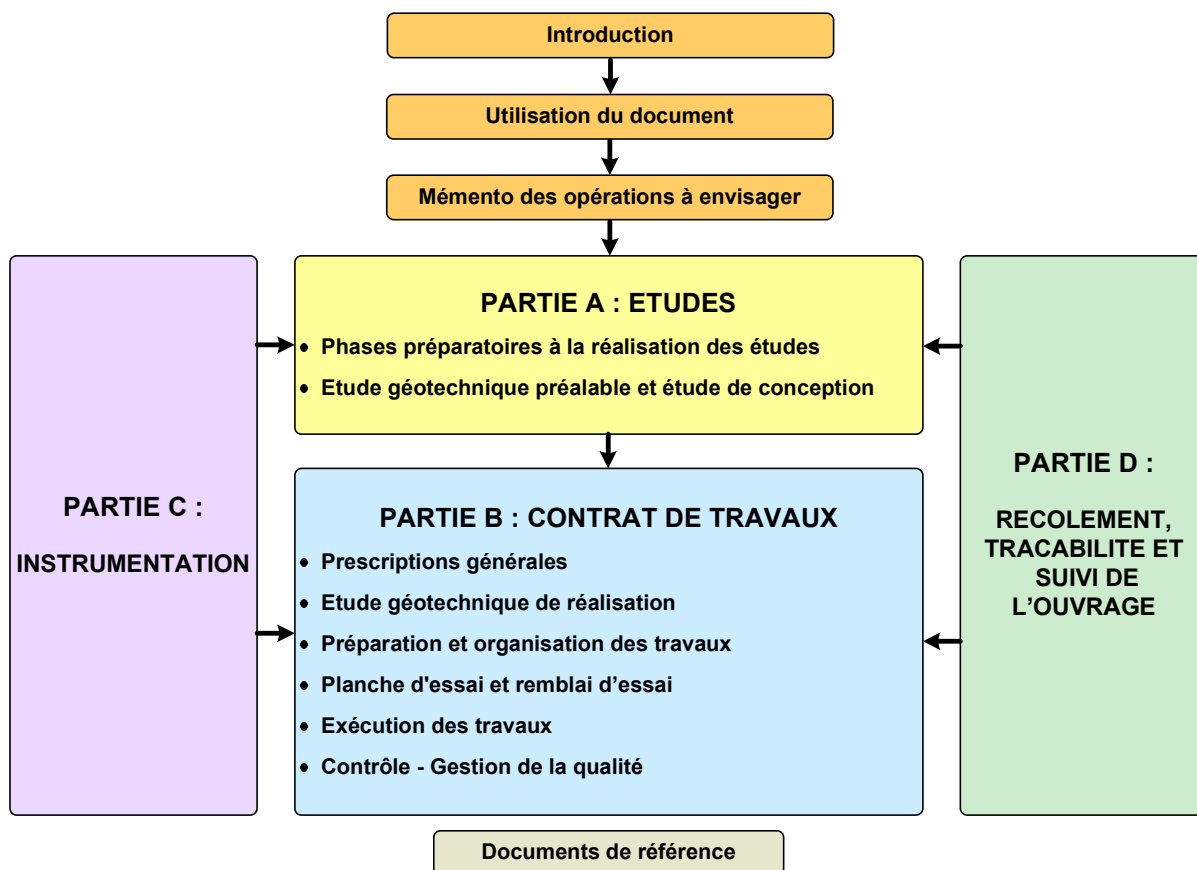


Figure 1 : Architecture du document

Des photographies ont été ajoutées pour agrémenter le document. Elles ne sont pas nécessairement en lien avec le paragraphe dans lequel elles se situent.

Introduction

Dans le présent document, le traitement d'un sol désigne l'opération qui consiste à mélanger, en place par couches horizontales ou en centrale, le sol avec de la chaux et/ou un liant hydraulique ainsi qu'avec de l'eau lorsque nécessaire. L'objectif est, soit d'améliorer les matériaux dont les caractéristiques sont médiocres afin de les utiliser dans des ouvrages en terre, soit de modifier leurs propriétés pour répondre à des besoins spécifiques tels que l'amélioration de la stabilité des ouvrages ou l'augmentation de la résistance à l'érosion.

Les produits de traitement couverts par le présent document se limitent aux produits normalisés ci-après :

- Chaux : Norme NF EN 459-1 [10]
- Liants hydrauliques routiers : Normes NF EN 13282-1 [11] et 13282-2 [12]
- Ciments : Normes NF EN 197-1 [13], NF EN 197-5 [14] et NF EN 197-6 [15]

Ces normes sont des nomenclatures de produits classés selon leurs caractéristiques. Il est indispensable de désigner précisément le produit concerné dans les prescriptions. Des précisions sur leur désignation figurent en partie B du présent document dans les fiches relatives à la fourniture des composants nécessaires au traitement (Article B3.2) et à leur contrôle (Article B6.2).

Une fois traité convenablement, le sol peut être utilisé dans tout ou partie de la structure à condition de respecter les spécifications relatives à la fonction visée ainsi que les règles de conception et de réalisation des ouvrages.

Les fonctions d'un ouvrage hydraulique, ou d'un composant de l'ouvrage, ont été développées dans le Bulletin 195 de la CIGB. Elles sont synthétisées dans le Tableau 1. Le document fait référence à ces fonctions lorsque nécessaire.



Traitement à la chaux d'un sol argileux sur plate-forme dédiée - Chantier expérimental de Vlassenbroek (B) - Photo Michel Froumentin 2019

Tableau 1 : Les différentes fonctions proposées pour le composant sol-traité et leurs particularités

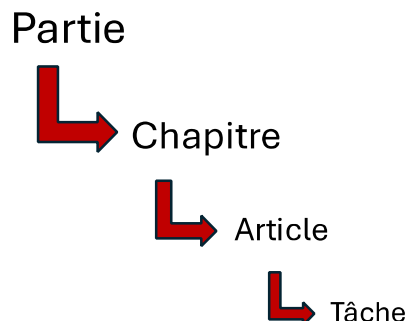
Fonction recherchée	Maniabilité (M)	Stabilité (S)	Étanchéité (P)	Protection contre l'érosion interne ⁽¹⁾ (EI)	Protection de surface ⁽²⁾ (ES)	Évacuation ⁽³⁾ (EV)
Propriétés du composant sol traité	Facilité de mise en œuvre (sols humides et/ou argileux)	Stabilité sous poids propre et éventuellement sous sollicitations sismiques	Étanchéité	Résistance à l'érosion interne	Résistance à l'érosion externe	Résistance aux écoulements à forte vitesse (chenal, etc.)
Procédé de traitement recommandé ⁽⁴⁾	En place ou en centrale	En place ou en centrale	En place avec homogénéisation ⁽⁵⁾ ou en centrale	En place avec homogénéisation ⁽⁵⁾ ou en centrale	En place avec homogénéisation ⁽⁵⁾ ou en centrale	A documenter
Paramètres étudiés	<ul style="list-style-type: none"> Portance Compacité du matériau compacté 	<ul style="list-style-type: none"> Résistance au cisaillement (cohésion) Résistance à la traction et/ou à la compression 	<ul style="list-style-type: none"> Homogénéité Perméabilité 	<ul style="list-style-type: none"> Homogénéité Résistance à l'érosion de conduit 	<ul style="list-style-type: none"> Homogénéité Résistance à l'érosion de surface dans le cas d'un écoulement de surverse 	<ul style="list-style-type: none"> Homogénéité Résistance à l'érosion de surface pour un évacuateur
Propriétés vérifiées pour le composant sol-traité	<ul style="list-style-type: none"> Pratique courante Codifié GTS (Guide traitement des sols) [9], Norme NF EN 16907-4 [5] 	<ul style="list-style-type: none"> Pratique courante Codifié GTS (Guide traitement des sols) [9], Norme NF EN 16907-4 [5], Eurocode 7 [16] 	<ul style="list-style-type: none"> Maîtrisé si préconisations de mise en œuvre respectées Vérifié sur digue de Rouen 	<ul style="list-style-type: none"> Maîtrisé si préconisations de mise en œuvre respectées Vérifié par essai HET en laboratoire, sur digue de Rouen et démonstrateur du Vidourle 	<ul style="list-style-type: none"> Maîtrisé si préconisations de mise en œuvre respectées Vérifié par essais JET, MoJET, sur démonstrateur du Vidourle et plots d'essai de Salin-de-Giraud 	<ul style="list-style-type: none"> A documenter

- (1) L'érosion de conduit est le stade ultime des mécanismes d'érosion interne et est étudiée en laboratoire à l'aide du " Hole Erosion Test " (ou HET). La contrainte critique et le coefficient d'érosion déterminés par l'essai HET sont actuellement les paramètres les plus opérationnels pour quantifier la résistance d'un matériau à l'érosion de conduit.
- (2) En l'état actuel des connaissances, la détermination des performances et spécifications relatives à la fonction protection de surface (ES) se fait, soit par analogie avec un matériau déjà testé, soit par la réalisation d'un chantier expérimental à intégrer dans la phase étude.
- (3) La fonction évacuation (EV) qui se distingue de la fonction protection de surface (ES) par l'ampleur des sollicitations, en particulier des vitesses et des charges hydrauliques, est actuellement en phase de réflexion.
- (4) Le procédé de traitement recommandé se réfère à la technologie disponible au moment de la rédaction. Comme la technologie est susceptible de progresser, les recommandations peuvent évoluer. L'objectif est d'obtenir une qualité de mélange (mouture, homogénéité) compatible avec l'obtention des performances requises. Par exemple, une mouture 0/20 mm a été obtenue avec un sol ($I_p = 7$) traité en centrale, et une mouture 0/31,5 mm a été obtenue avec un sol ($I_p = 40$) traité en place.
- (5) Lorsque cela est nécessaire, notamment en présence d'un gisement hétérogène, l'opération d'homogénéisation consiste à extraire le matériau, à le stocker en couches horizontales, puis à l'extraire du stock par couches verticales (à l'aide d'une chargeuse ou d'une excavatrice) avant de le mettre en œuvre. Pour les sols à forte argilosité et/ou fortement humides, un prétraitement à la chaux est envisageable lors de l'opération d'homogénéisation. Ce prétraitement doit être suivi par un traitement final à la chaux ou au liant hydraulique au dosage nécessaire à l'obtention des propriétés visées.

Utilisation du document

Le présent guide est un document d'assistance à la définition des études et à la prescription des travaux lorsque la technique du traitement des sols est envisagée.

Il est structuré en rubriques selon la déclinaison suivante :



Le document est structuré par les parties et les chapitres. Chaque chapitre est composé d'articles présentés sous forme de fiches dans lesquelles sont listées la ou les tâches à exécuter (Figure 2). Chaque fiche comporte :

- un titre détaillé permettant de situer l'article dans la partie et le chapitre abordés,
- une description sommaire de l'article à spécifier,
- les tâches concernées avec pour chacune d'elles les critères à spécifier ou actions à entreprendre assortis de commentaires.

Le statut des critères dépend du contexte contractuel du projet et de la répartition des responsabilités entre les intervenants. Ainsi, il peut s'agir de critères à spécifier ou d'actions à entreprendre selon la mission de l'intervenant. Des commentaires explicatifs ou des recommandations accompagnent la liste des critères à spécifier ou des actions à entreprendre. Dans certains cas, les commentaires présentent les enjeux en relation avec le critère ou l'action concernés, notamment afin d'attirer l'attention du prescripteur sur les conséquences d'une spécification imprécise, voire d'une non-spécification, sur le bon déroulement des opérations.

Certaines rubriques traitent de notions environnementales. Il s'agit essentiellement de l'environnement du projet qui doit être abordé aussi bien en phase Etudes qu'en phase Travaux. En revanche, l'analyse sous l'angle développement durable, couvrant à la fois des critères environnementaux, économiques et sociaux, n'est pas abordée. Des réflexions sont en cours au sein de comités spécifiques de la CIGB.

Les points développés dans chacune des rubriques portent exclusivement sur les opérations relatives au traitement. Il revient donc au prescripteur de les reprendre pour les insérer dans les documents contractuels généraux du projet considéré. Les articles concernant les études géotechniques s'inspirent des missions type G1, G2, G3, G4 et G5 réalisées par la Maîtrise d'Œuvre et par l'Entreprise, telles que définies dans la norme NF P94-500 : Missions d'ingénierie géotechnique – Classification et spécifications (30 novembre 2013) [17] et synthétisées dans le Tableau 2.

Le détail du contenu de ces missions figure dans l'extrait de la norme NF P94-500 du 30 novembre 2013 donné en Annexe du présent document.

Tableau 2 : Synthèse des missions d'ingénierie géotechnique de la norme NF P94-500 (30 novembre 2013)

ETAPE		PHASE
1	ETUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE (G1)	Etude de site (ES)
		Principes généraux de construction (PGC)
2	ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)	Avant-Projet (AVP)
		Projet (PRO)
		Dossier Consultation des Entreprises (DCE) / Assistance au Contrat de Travaux (ACT)
3	ETUDES GEOTECHNIQUES DE REALISATION ETUDE ET SUIVI GEOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)	Phase Etude
		Phase Suivi
	ETUDES GEOTECHNIQUES DE REALISATION SUPERVISION GEOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)	Phase supervision de l'étude d'exécution (EXE / VISA)
		Phase supervision du suivi d'exécution (DET / AOR)
DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE (G5)		(*)
		(*)
(*) Ce type de mission n'est pas abordé dans le présent document. Son exécution peut être à l'initiative du Maître d'Ouvrage, de son mandataire ou de l'Entreprise (cf. NF P94-500 – novembre 2013).		

Responsabilité de la phase	
Maître d'Ouvrage ou son mandataire	Entreprise

Pendant toute la durée du chantier, les contrôles et essais sont réalisés conformément aux procédures, aux instructions de travail et au Plan d'Assurance Qualité (P.A.Q.). Certaines phases de travaux méritent une attention particulière. Il s'agit notamment des étapes pour lesquelles la poursuite du chantier entraînerait une impossibilité de valider les travaux ou de réaliser des opérations de contrôles et essais et/ou de reprises.

Elles constituent des " points sensibles " dont certains font l'objet d'une procédure particulière et d'un contrôle systématique :

- **Point d'arrêt (PA)** : point au-delà duquel la réalisation d'un ouvrage ne doit pas se poursuivre sans l'accord écrit du Maître d'Œuvre ou de son représentant. Les demandes de levée de point d'arrêt sont transmises par l'Entreprise au Maître d'Œuvre.
- **Point critique (PC)** : point pour lequel il est nécessaire d'effectuer un contrôle sans pour autant arrêter les travaux. Le Maître d'Œuvre est formellement informé par l'Entreprise du moment de son exécution et/ou de son résultat.

La liste de ces points doit figurer dans le P.A.Q. du chantier.

Le Maître d'Œuvre prescrit la liste des points sensibles. L'Entreprise peut, avec justifications, en proposer des supplémentaires. Le Maître d'Œuvre prend en compte les Points Critiques et lève les Points d'Arrêt dans un délai compatible avec l'avancement des travaux.

A titre d'exemple, la fiche reproduite Figure 2 permet de visualiser la façon dont les critères relatifs à une tâche sont décrits, les commentaires ou enjeux sont exprimés, et les points d'arrêt et points critiques sont signalés (➔ PA et ➔ PC).

PARTIE B : CONTRAT DE TRAVAUX		
CHAPITRE B5 : EXECUTION DES TRAVAUX		
Article B5.3 : Procédures d'exécution	Rev : 10-09-2025	Page : 6/6
<i>Description sommaire de l'article à spécifier :</i>		
Dans le cadre d'un traitement de sol, chaque opération à réaliser doit faire l'objet d'une procédure écrite. L'Entreprise proposera au Maître d'Œuvre des procédures adaptées aux objectifs recherchés à chaque étape : préparation du sol, traitement du sol, transport, mise en œuvre et compactage, etc.		

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B5.3.7 Points particuliers	<ul style="list-style-type: none"> Raccordement avec un ouvrage existant. (1) Mise en œuvre et compactage dans des zones d'accès difficile ou de géométrie complexe. (2)
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) Les points particuliers doivent faire l'objet d'une réflexion spécifique en s'inspirant des pratiques en usage dans le domaine afin d'assurer une transition correcte (redans de transition, épaulement, carapace, rehausse...) entre les matériaux de natures différentes.</p> <p>(2) Dans le cas des zones d'accès difficile, le matériau traité sera approvisionné, mis en œuvre et compacté avec des matériels appropriés.</p>

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B5.3.8 Agrément des procédures d'exécution par le Maître d'Œuvre	<ul style="list-style-type: none"> Fourniture des procédures d'exécution par l'Entreprise. (1) → PC Modalités de validation des procédures d'exécution proposées par l'Entreprise. (2) → PA
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) Les procédures d'exécution proposées par l'Entreprise doivent prendre en compte les spécifications du marché et y répondre.</p> <p>(2) Les procédures seront évaluées par le Maître d'Œuvre au regard des objectifs fixés. Le Maître d'Œuvre peut demander la réalisation de planches d'essai et/ou de remblai d'essai afin de vérifier une ou plusieurs procédures d'exécution. Dans ce cas, la validation définitive de ces procédures d'exécution ne pourra être prononcée qu'après l'examen des résultats obtenus et la levée du point d'arrêt qui est associé à cette étape.</p>

Figure 2 : Exemple de fiche type relative à un article

L'enchaînement des rubriques constitue un mémento des opérations à envisager, depuis les études préliminaires jusqu'à l'achèvement des travaux, avec le suivi du comportement des ouvrages dans le temps. L'ingénieur dispose ainsi d'un aide-mémoire des actions qu'il peut engager, classées de manière chronologique. Il peut ne retenir que celles qui lui semblent appropriées au niveau d'avancement de son projet, à son importance ou aux enjeux, à condition de ne pas faire d'impasses sur les étapes essentielles au bon déroulement des opérations.

La liste des opérations à envisager est synthétisée dans le mémento suivant avec le renvoi au numéro de page considéré.

Mémento des opérations à envisager

PARTIE A : ETUDES

CHAPITRE	ARTICLE	TÂCHE	Page
A1 Phases préparatoires à la réalisation des études	A1.1 Enquête documentaire	A1.1.1 - Collecte des éléments géologiques, géotechniques, climatologiques et hydrologiques	12
		A1.1.2 - Collecte des données topographiques disponibles	12
		A1.1.3 - Collecte des éléments économiques locaux	12
	A1.2 Définition du cadre géotechnique	A1.2.1 - Visite du site ou des sites par le concepteur et le géologue	13
		A1.2.2 - Esquisses du projet	13
		A1.2.3 - Première évaluation de la faisabilité du traitement	13
	A1.3 Etude d'opportunité de la solution traitement	A1.3.1 - Premier rapport d'évaluation des alternatives possibles	14
A2 Etude géotechnique préalable et étude de conception	A2.1 Phase Etude de Site ou Préfaisabilité	A2.1.1 - Etudes géologique et géotechnique préliminaires	16
		A2.1.2 - Analyse des résultats	16
		A2.1.3 - Comparaison des solutions alternatives au traitement	17
	A2.2 Phase Avant-Projet	A2.2.1 - Campagne de reconnaissances complémentaires	18
		A2.2.2 - Analyse des résultats	18
		A2.2.3 - Rapport de synthèse géologique et géotechnique	19
	A2.3 Phase Projet	A2.3.1 - Campagne d'investigations	20
		A2.3.2 - Analyse des résultats	20
		A2.3.3 - Rapport de synthèse géologique et géotechnique	21
		A2.3.4 - Finalisation du Dossier de Consultation des Entreprises	22

PARTIE B : CONTRAT DE TRAVAUX

CHAPITRE	ARTICLE	TÂCHE	Page
B1 Prescriptions générales	B1.1 Travaux inclus / travaux associés	B1.1.1 - Contexte	24
		B1.1.2 - Conditions existantes et contraintes environnementales	24
		B1.1.3 - Type d'ouvrage, zonage, coupes types, plans	24
		B1.1.4 - Définition des travaux inclus / travaux associés	25
		B1.1.5 - Fonctions d'usage recherchées par zones	25
		B1.1.6 - Traitement des sols à la chaux et/ou au liant hydraulique	25
	B1.2 Méthodologie de construction	B1.2.1 - Contenu du mémoire technique	26
		B1.2.2 - Variantes autorisées	26
	B1.3 Documents à fournir par l'Entreprise	B1.3.1 - Spécification des éléments à fournir à l'appui des offres	27
		B1.3.2 - Spécification des éléments à fournir pendant l'exécution des travaux	27
		B1.3.3 - Calendrier de dépôt des éléments à fournir	27
	B1.4 Programme d'exécution	B1.4.1 - Phasage du projet	28
		B1.4.2 - Planning général	28
		B1.4.3 - Méthode de suivi du planning	28
B2 Etude géotechnique de réalisation	B2.1 Caractérisation des ressources en sol naturel	B2.1.1 - Synthèse des résultats des études menées dans les phases précédentes	30
		B2.1.2 - Etablissement et réalisation d'un programme d'investigation complémentaire à l'identification des ressources	30
		B2.1.3 - Fourniture d'un rapport de synthèse	31
	B2.2 Etude de traitement	B2.2.1 - Etablissement d'un programme d'essais	32
		B2.2.2 - Réalisation du programme d'essais de l'étude de traitement	32
		B2.2.3 - Synthèse et analyse des résultats	32

PARTIE B : CONTRAT DE TRAVAUX

CHAPITRE	ARTICLE	TÂCHE	Page	
B3 Préparation et organisation des travaux	B3.1 Exploitation des ressources en sol naturel	B3.1.1 - Zonage du ou des gisements	34	
		B3.1.2 - Extraction du sol naturel au gisement	34	
		B3.1.3 - Constitution d'un stock de sol naturel homogène	34	
		B3.1.4 - Mélange de sols naturels	35	
		B3.1.5 - Protection du stock de sol naturel	35	
	B3.2 Fourniture des composants nécessaires au traitement	B3.2.1 - Fourniture de la chaux	36	
		B3.2.2 - Fourniture du liant hydraulique	37	
		B3.3.3 - Fourniture de l'eau	38	
	B3.3 Installations de chantier	B3.3.1 - Aire de stockage de la chaux ou du liant hydraulique pour traitement en place	39	
		B3.3.2 - Plate-forme dédiée au traitement en place	39	
		B3.3.3 - Aires de stockage provisoire pour sols traités à la chaux	40	
		B3.3.4 - Plate-forme pour installation de la centrale de traitement	40	
		B3.3.5 - Laboratoire de chantier	41	
	B4 Planche d'essai et remblai d'essai	B4.1 Planche d'essai	B4.1.1 - Choix du ou des paramètres à étudier	44
			B4.1.2 - Rédaction des spécifications de la planche d'essai	44
B4.1.3 - Définition des contrôles à réaliser			44	
B4.1.4 - Réalisation de la planche d'essai			45	
B4.1.5 - Rapport de réalisation de la planche d'essai et agrément			45	
B4.2 Remblai d'essai		B4.2.1 - Description du remblai d'essai	46	
		B4.2.2 - Définition des contrôles à réaliser	46	
		B4.2.3 - Réalisation du remblai d'essai	47	
		B4.2.4 - Rapport de réalisation du remblai d'essai et agrément	47	
B5 Exécution des travaux	B5.1 Qualification de l'Entreprise	B5.1.1 - Références de l'Entreprise	50	
		B5.1.2 - Personnel de chantier	50	
	B5.2 Matériels d'exécution	B5.2.1 - Matériels pour le traitement en place	51	
		B5.2.2 - Matériel pour le traitement en centrale mobile	52	
		B5.2.3 - Matériels de réglage et de réglage	52	
		B5.2.4 - Matériels de compactage	53	
		B5.2.5 - Agrément des matériels d'exécution par le Maître d'Œuvre	53	
	B5.3 Procédures d'exécution	B5.3.1 - Préparation de la fondation	54	
		B5.3.2 - Homogénéisation du sol avant traitement	54	
		B5.3.3 - Traitement de sol en place	55	
		B5.3.4 - Traitement de sol en centrale	56	
		B5.3.5 - Mise en œuvre	57	
		B5.3.6 - Compactage, cure et réglage final	58	
		B5.3.7 - Points particuliers	59	
		B5.3.8 - Agrément des procédures d'exécution par le Maître d'Œuvre	59	
B6 Contrôle – Gestion de la qualité	B6.1 Prescriptions générales	B6.1.1 – Documents généraux	62	
	B6.2 Contrôles à réaliser	B6.2.1 - Contrôle du sol naturel	63	
		B6.2.2 - Contrôle de la chaux et des liants	64	
		B6.2.3 - Contrôle de l'atelier de traitement en place	65	
		B6.2.4 - Contrôle de la centrale de traitement	66	
		B6.2.5 - Contrôle de production	66	
		B6.2.6 - Contrôle de la mise en œuvre	66	
		B6.2.7 - Contrôle du compactage	67	
		B6.2.8 - Contrôle de la géométrie	67	
	B6.3 Répartition des contrôles	B6.3.1 - Contrôle interne	68	
		B6.3.2 - Contrôle externe	68	
		B6.3.3 - Contrôle extérieur	68	
	B6.4 Fiches de suivi	B6.4.1 - Suivi des opérations de traitement, de mise en œuvre et de compactage	69	
	B6.5 Points sensibles	B6.5.1 - Liste des points sensibles	70	

PARTIE C : INSTRUMENTATION

CHAPITRE	ARTICLE	TÂCHE	Page
C1 Instrumentation	C1.1 Instrumentation	C1.1.1 - Conception de l'instrumentation	72
		C1.1.2 - Pose de l'instrumentation	73

PARTIE D : RECOLEMENT, TRACABILITE ET SUIVI DE L'OUVRAGE

CHAPITRE	ARTICLE	TÂCHE	Page
D1 Récolement, traçabilité et suivi de l'ouvrage	D1.1 Définition des outils de suivi prévus au DCE	D1.1.1 - Documents concernés	76
		D1.1.2 - Instrumentation de l'ouvrage	76
		D1.1.3 - Auscultation de l'ouvrage	77
		D1.1.4 - Préparation du dossier de récolement	77
	D1.2 Organisation du suivi et préparation du dossier de récolement pendant les travaux	D1.2.1 - Documents à produire	78
		D1.2.2 - Responsabilité du suivi de l'instrumentation en phase travaux	78
		D1.2.3 - Responsabilité de l'interprétation des mesures	79
		D1.2.4 - Constitution du dossier de récolement	79
	D1.3 Suivi de l'ouvrage en phase d'exploitation	D1.3.1 - Responsabilité du suivi de l'instrumentation en phase exploitation	80
		D1.3.2 - Auscultation et maintenance de l'instrumentation en phase exploitation	80

Liste des articles et tâches à spécifier

Article A1.1

Enquête documentaire

- Tâche A1.1.1 Collecte des éléments géologiques, géotechniques, climatologiques et hydrologiques
- Tâche A1.1.2 Collecte des données topographiques disponibles
- Tâche A1.1.3 Collecte des éléments économiques locaux

Article A1.2

Définition du cadre géotechnique

- Tâche A1.2.1 Visite du site ou des sites par le concepteur et le géologue
- Tâche A1.2.2 Esquisses du projet
- Tâche A1.2.3 Première évaluation de la faisabilité du traitement

Article A1.3

Etude d'opportunité de la solution traitement

- Tâche A1.3.1 Premier rapport d'évaluation des alternatives possibles



Compactage d'une couche de sol argileux traité à la chaux lors de la construction d'une carapace d'un ouvrage existant par la technique de redans Chantier expérimental d'Hedwigepolder (NL) - Photo Michel Froumentin 2021

PARTIE A : ETUDES**CHAPITRE A1 : PHASES PREPARATOIRES A LA REALISATION DES ETUDES****Article A1.1 : Enquête documentaire**

Rev : 10-09-2025

Page : 1/1

Description sommaire de l'article à spécifier :

L'éventualité de pouvoir faire appel au traitement des sols doit être envisagée le plus tôt possible dans la démarche de conception du projet en prenant notamment en compte le contexte local.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
A1.1.1 Collecte des éléments géologiques, géotechniques, climatologiques, et hydrologiques	<ul style="list-style-type: none"> Recherche des éléments disponibles en bibliographie (cartes géologiques, rapports géotechniques, etc.). (1) Recherche des éléments disponibles sur les données climatologiques (température, pluviométrie, hygrométrie, vents...) sur le site même ou au voisinage du projet. (2) Recherche des éléments hydrologiques disponibles sur les débits du ou des cours d'eau objet du projet. A défaut, recherche de toute donnée hydrométéorologique permettant l'ébauche d'une synthèse régionale. (3)
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) Les premières évaluations géologiques et géotechniques doivent permettre d'évaluer les options de projet à développer.</p> <p>(2) Les conditions climatiques définissent dans une large mesure les bases de conception du projet : conditions d'humidité des sols, de leur mise en œuvre et de leur protection, mais aussi conditionnent le planning des opérations de traitement.</p> <p>(3) Les données hydrologiques du ou des cours d'eau permettent de définir les choix initiaux de la conception, en particulier le planning de réalisation qui dépend de la maîtrise du contrôle du cours d'eau.</p>

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
A1.1.2 Collecte des données topographiques disponibles	<ul style="list-style-type: none"> Recherche des éléments disponibles sur la topographie du site, mais aussi de l'ensemble de la cartographie disponible sur le projet lui-même (cours d'eau, accès au site, etc.). (1)
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) Les éléments topographiques du site doivent être évalués de façon critique afin de pouvoir définir les missions topographiques ultérieures qui seront nécessaires à l'établissement du projet.</p>

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
A1.1.3 Collecte des éléments économiques locaux	<ul style="list-style-type: none"> Recherche des éléments économiques locaux, y compris les possibilités de fourniture de chaux et/ou de liant, permettant l'évaluation des différentes solutions possibles pour les esquisses du projet. (1) (2)
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) Etablir une première comparaison des solutions possibles sur une base réaliste.</p> <p>(2) Le cas échéant, évaluer les obstacles à lever pour mettre en œuvre un éventuel traitement.</p>

PARTIE A : ETUDES**CHAPITRE A1 : PHASES PREPARATOIRES A LA REALISATION DES ETUDES****Article A1.2 : Définition du cadre géotechnique**

Rev : 10-09-2025

Page : 1/1

Description sommaire de l'article à spécifier :

L'exécution de cet article repose sur l'exploitation de données documentaires mais n'exclut pas le recours à des investigations de terrain, y compris des sondages.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
A1.2.1 Visite du site ou des sites par le concepteur et le géologue	<ul style="list-style-type: none"> Évaluation du contexte géologique et hydrogéologique du site : inscription du site dans un cadre régional et définition de ses caractéristiques principales. (1) Estimation de la localisation et de l'importance des emprunts potentiels en matériaux aptes au traitement. (2) Nature et conditions de la fondation. (3)
	<i>Commentaires</i>
	<p><i>(1) La conception d'un ouvrage hydraulique est éminemment dépendante de la bonne évaluation du contexte géologique et hydrogéologique. Cette évaluation doit être faite dès les reconnaissances initiales. Selon la saison, le couvert végétal est un indicateur de l'état hydrique saisonnier des sols superficiels.</i></p> <p><i>(2) Le contexte géologique doit permettre d'évaluer si la nature minéralogique des emprunts potentiels est compatible avec un traitement et si les volumes estimés pourront répondre aux besoins du projet.</i></p> <p><i>(3) Les conditions de fondation dictent, dans une large mesure, le choix du type d'ouvrage et par ailleurs, si un traitement éventuel de la fondation peut ou doit être envisagé.</i></p>

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
A1.2.2 Esquisses du projet	<ul style="list-style-type: none"> Intégration de la géométrie de l'ouvrage dans la topographie du site. (1) Conditions du choix de l'option traitement. (2)
	<i>Commentaires</i>
	<p><i>(1) La comparaison des alternatives possibles sur la base d'une topographie permet d'évaluer les quantités nécessaires pour chacune des solutions envisagées.</i></p> <p><i>(2) L'évaluation de la faisabilité d'un traitement doit s'appuyer sur les caractéristiques minéralogiques établies par la reconnaissance géologique et sur les caractéristiques géotechniques présumées des emprunts potentiels.</i></p>

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
A1.2.3 Première évaluation de la faisabilité du traitement	<ul style="list-style-type: none"> Évaluation de la possibilité de traiter les sols destinés à la réalisation de l'ouvrage et/ou du confortement de la fondation suivant la fonction retenue. (1) Choix du produit de traitement en première instance en liaison avec la fonction recherchée pour l'ouvrage et la nature des sols : traitement à la chaux, au liant hydraulique ou en combinaison chaux + liant hydraulique. (2)
	<i>Commentaires</i>
	<p><i>(1) Les améliorations attendues grâce au traitement de sol à la chaux et/ou au liant hydraulique doivent être évaluées pour chacune des fonctions envisagées.</i></p> <p><i>(2) Le choix initial du produit de traitement va orienter la suite des études en estimant le gain en performances géomécaniques et hydrauliques que le traitement est susceptible d'apporter et quel en sera l'impact économique.</i></p>

PARTIE A : ETUDES**CHAPITRE A1 : PHASES PREPARATOIRES A LA REALISATION DES ETUDES****Article A1.3 : Etude d'opportunité de la solution traitement**

Rev : 10-09-2025

Page : 1/1

Description sommaire de l'article à spécifier :

Les études préalables doivent permettre de définir les options, avec et sans traitement, pour la conception du projet et de les évaluer afin de les comparer. Le rapport concluant cette première phase d'études est destiné à synthétiser tous les éléments permettant la comparaison des solutions et d'orienter les études suivantes dans les phases d'élaboration du projet.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
A1.3.1 Premier rapport d'évaluation des alternatives possibles	<ul style="list-style-type: none">• Définition du contenu du rapport d'évaluation. (1)
	<i>Commentaires</i>
	<p><i>(1) L'objectif est de permettre, dès les études préliminaires, de définir si une alternative de traitement de sols peut et doit être considérée.</i></p> <p><i>Le rapport comportera une synthèse de l'ensemble des éléments collectés et des hypothèses considérées dans les différentes variantes possibles.</i></p> <p><i>Les comparaisons porteront sur les critères techniques, économiques et environnementaux.</i></p> <p><i>Si le traitement est envisageable, il conviendra de préserver dans la suite des études la possibilité d'étudier une alternative introduisant le traitement des sols, et en particulier de conduire les études géotechniques correspondantes.</i></p> <p><i>A contrario, si le traitement n'est pas envisageable, le rapport aura évalué correctement les difficultés avec une analyse suffisamment étayée.</i></p>

Liste des articles et tâches à spécifier

Article A2.1

Phase Etude de Site ou Préfaisabilité

- Tâche A2.1.1 Etudes géologique et géotechnique préliminaires
- Tâche A2.1.2 Analyse des résultats
- Tâche A2.1.3 Comparaison des solutions alternatives au traitement

Article A2.2

Phase Avant-Projet

- Tâche A2.2.1 Campagne de reconnaissances complémentaires
- Tâche A2.2.2 Analyse des résultats
- Tâche A2.2.3 Rapport de synthèse géologique et géotechnique

Article A2.3

Phase Projet

- Tâche A2.3.1 Campagne d'investigations
- Tâche A2.3.2 Analyse des résultats
- Tâche A2.3.3 Rapport de synthèse géologique et géotechnique
- Tâche A2.3.4 Finalisation du Dossier de Consultation des Entreprises



Centrale de traitement, mise en œuvre et compactage d'un sol argileux traité à la chaux pour la construction du démonstrateur DigueELITE - Chantier expérimental du Vidourle (F – 30) - Photo DigueELITE 2015

PARTIE A : ETUDES**CHAPITRE A2 : ETUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE ET ETUDE DE CONCEPTION****Article A2.1 : Phase Etude de Site ou Préfaisabilité**

Rev : 10-09-2025

Page : 1/2

Description sommaire de l'article à spécifier :

Cette phase correspond à l'étude de préfaisabilité permettant d'envisager de recourir au traitement de sol pour la construction de l'ouvrage. Dès ce stade il convient d'évaluer cette possibilité sur les plans techniques et économiques, ou bien de l'éliminer. Les tâches décrites dans cette fiche doivent permettre d'évaluer cette possibilité.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
A2.1.1 Etudes géologique et géotechnique préliminaires	<ul style="list-style-type: none"> • Délimitation des zones potentielles d'emprunt. (1) • Programme d'investigations géotechniques préliminaires. (2) • Définition et réalisation des essais d'identification et d'aptitude au traitement. (3) • Suivi et adaptation de la reconnaissance. (4)
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) Le terme emprunt désigne toute extraction de matériau à l'intérieur ou à l'extérieur de l'emprise du chantier. La capacité du gisement en volume de chaque zone repérée devra être estimée.</p> <p>(2) Les essais sont à réaliser en place et/ou en laboratoire sur prélèvements représentatifs pour l'identification : nature, état (hydrique, altération, etc.), minéralogie, caractéristiques géomécaniques,...</p> <p>(3) Le détail des essais est lié aux fonctions recherchées pour le sol traité. On pourra s'inspirer de ceux définis par le GTS et des données rassemblées dans le Bulletin 195.</p> <p>(4) Le suivi des opérations et leur interprétation est essentiel. Il est recommandé de confier cette tâche à un géologue géotechnicien. Il permet le cas échéant de réorienter les investigations en fonction des premières observations.</p>

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
A2.1.2 Analyse des résultats	<ul style="list-style-type: none"> • Fourniture d'un rapport synthétique de l'étude géotechnique préliminaire comprenant : <ul style="list-style-type: none"> ○ L'évaluation des volumes de sols à traiter. (1) ○ L'étude de la faisabilité du traitement. (2) ○ Le rapport de synthèse des essais préliminaires. (3) ○ La définition des hypothèses géotechniques relatives aux fonctions recherchées. (4)
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) A ce stade, les volumes d'emprunts doivent pouvoir largement satisfaire les besoins du projet pour tenir compte des difficultés d'exploitation, de l'hétérogénéité potentielle des zones et des pertes lors de la mise en œuvre. (voir GTS -Partie C1).</p> <p>(2) Cette opération est essentielle à ce stade des études car elle permet de justifier la solution du traitement. Les premiers résultats des essais sur les matériaux doivent permettre de se prononcer a priori sur la nature du traitement (chaux, liant hydraulique ou chaux + liant hydraulique).</p> <p>(3) Ce rapport doit permettre d'établir une première synthèse géotechnique permettant de concevoir l'ouvrage en totalité ou en partie avec des sols traités et les évaluations pour les hypothèses géotechniques afin d'établir la première justification de stabilité de l'ouvrage.</p> <p>(4) Le rapport devra indiquer clairement les hypothèses adoptées concernant le traitement des sols afin de permettre au Maître d'Ouvrage d'envisager ou non cette solution.</p>

PARTIE A : ETUDES**CHAPITRE A2 : ETUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE ET ETUDE DE CONCEPTION****Article A2.1 : Phase Etude de Site ou Préfaisabilité**

Rev : 10-09-2025

Page : 2/2

Description sommaire de l'article à spécifier :

Cette phase correspond à l'étude de préfaisabilité permettant d'envisager de recourir au traitement de sol pour la construction de l'ouvrage. Dès ce stade il convient d'évaluer cette possibilité sur les plans techniques et économiques, ou bien de l'éliminer. Les tâches décrites dans cette fiche doivent permettre d'évaluer cette possibilité.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
A2.1.3 Comparaison des solutions alternatives au traitement	<ul style="list-style-type: none">• Etablissement des esquisses de projets sans traitement pouvant être comparées à la solution avec traitement des sols. (1) (2)
	<i>Commentaires</i>
	<p><i>(1) A ce stade, correspondant à une phase de préfaisabilité, les avantages de la solution avec traitement doivent pouvoir être démontrés en préalable à son adoption au stade Avant-Projet.</i></p> <p><i>(2) Selon l'importance des enjeux, le recours à la réalisation de chantiers expérimentaux (démonstrateurs) peut être envisagé dans le cadre d'un marché spécifique pour vérifier des hypothèses.</i></p>

PARTIE A : ETUDES**CHAPITRE A2 : ETUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE ET ETUDE DE CONCEPTION****Article A2.2 : Phase Avant-Projet**

Rev : 10-09-2025

Page : 1/2

Description sommaire de l'article à spécifier :

En phase Avant-Projet, la faisabilité du traitement doit être confirmée avant de l'intégrer dans la conception de l'ouvrage ou d'une partie de l'ouvrage. Cette solution doit être étudiée parallèlement à d'autres alternatives avec suffisamment de données.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
A2.2.1 Campagne de reconnaissances complémentaire	<ul style="list-style-type: none"> • Définition de la campagne de reconnaissances complémentaire à la phase Etude de Site. (1) • Suivi et adaptation de la campagne. (2) • Complément éventuel d'étude de traitement
	<i>Commentaires</i>
	<p><i>(1) La campagne de reconnaissances complémentaire peut comprendre des essais géophysiques, des sondages, des prélèvements d'échantillons, des essais de laboratoire adaptés, etc. Elle doit permettre de lever les incertitudes et de préciser les caractéristiques géomécaniques et hydrauliques retenues lors des reconnaissances de la phase précédente.</i></p> <p><i>(2) Le suivi des opérations et leur dépouillement est essentiel. Il est recommandé de confier cette tâche à un géologue géotechnicien. Cela permet le cas échéant de réorienter les investigations en fonction des premières observations.</i></p>

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
A2.2.2 Analyse des résultats	<ul style="list-style-type: none"> • Pour chaque fonctionnalité : évaluation des volumes de sols disponibles pouvant être traités. (1) • Confirmation de la faisabilité du traitement. (2) • Synthèse des essais. (3) • Définition des hypothèses géotechniques relatives aux fonctions recherchées. (3)
	<i>Commentaires</i>
	<p><i>(1) L'évaluation s'appuie sur le résultat des reconnaissances. Elle doit permettre de vérifier que le volume potentiel d'emprunt est suffisant. L'expérience montre qu'une marge de sécurité de 50% à 100% du volume recherché est nécessaire. A défaut, une extension des zones définies préalablement ou la recherche de nouvelles zones d'emprunt doit être envisagée.</i></p> <p><i>(2) Les études de traitement y compris les essais d'aptitude doivent confirmer la faisabilité du traitement et justifier le choix du ou des liants et du ou des dosages. Par définition, le dosage en produit de traitement est le rapport entre la masse du produit et la masse du sol sec + la masse du produit de traitement (%).</i></p> <p><i>(3) La synthèse doit permettre d'établir le rapport géotechnique d'Avant-Projet avec la confirmation des hypothèses géotechniques établissant la justification de l'ouvrage réalisé avec des sols traités.</i></p>

PARTIE A : ETUDES**CHAPITRE A2 : ETUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE ET ETUDE DE CONCEPTION****Article A2.2 : Phase Avant-Projet**

Rev : 10-09-2025

Page : 2/2

Description sommaire de l'article à spécifier :

En phase Avant-Projet, la faisabilité du traitement doit être confirmée avant de l'intégrer dans la conception de l'ouvrage ou d'une partie de l'ouvrage. Cette solution doit être étudiée parallèlement à d'autres alternatives avec suffisamment de données.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
A2.2.3 Rapport de synthèse géologique et géotechnique	<ul style="list-style-type: none">• Calendrier du déroulement : planification et date de remise du dossier de la phase Avant-Projet. (1)• Synthèse de l'ensemble de la campagne de reconnaissance et des essais de laboratoire. (2)• Etablissement du dossier Avant-Projet. (3)
	<i>Commentaires</i>
	<p><i>(1) La réalisation de la phase Avant-projet doit être compatible avec le calendrier prévisionnel des phases suivantes du projet géotechnique (phase Projet, Dossier de Consultation des Entreprises, sélection de l'Entreprise, exécution des travaux).</i></p> <p><i>(2) Cette synthèse doit inclure les reconnaissances des différentes phases d'étude et présenter dans le rapport géologique et géotechnique la partie relative au traitement des sols de l'ouvrage.</i></p> <p><i>(3) Le dossier Avant-Projet doit être établi avec les éléments géotechniques justifiant l'apport du traitement pour l'ouvrage, éventuellement en rappelant et en confirmant les études comparatives avec d'autres solutions alternatives.</i></p>

PARTIE A : ETUDES**CHAPITRE A2 : ETUDE GEOTECHNIQUE PRELABLE ET ETUDE DE CONCEPTION****Article A2.3 : Phase Projet**

Rev : 10-09-2025

Page : 1/3

Description sommaire de l'article à spécifier :

En phase Projet, la faisabilité du traitement doit être établie et la conception de l'ouvrage est en principe définitivement orientée vers la solution traitement.

Cette phase permet de justifier la conception de l'ouvrage et de préparer le Dossier de Consultation des Entreprises.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
A2.3.1 Campagne d'investigations	<ul style="list-style-type: none"> • Définition de la campagne de reconnaissances complémentaire pour la phase Projet. (1) • Suivi et adaptation de la campagne. (2) • Réalisation des essais de laboratoire et de l'étude de traitement. (3)
	<i>Commentaires</i>
	<p><i>(1) La campagne de reconnaissances complémentaire peut comprendre des essais géophysiques, des sondages, des prélèvements d'échantillons, des essais de laboratoire adaptés, etc. Elle doit permettre de lever les incertitudes et de préciser les caractéristiques géomécaniques et hydrauliques retenues lors des reconnaissances de la phase précédente.</i></p> <p><i>(2) Le suivi des opérations et leur dépouillement est essentiel. Il est recommandé de confier cette tâche à un géologue géotechnicien. Cela permet le cas échéant de réorienter les investigations en fonction des premières observations.</i></p> <p><i>(3) Le contenu de l'étude de traitement doit être adapté à la fonction de l'ouvrage.</i></p>

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
A2.3.2 Analyse des résultats	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse des résultats des essais in situ et de laboratoire. (1) • Détermination de la capacité des emprunts avec évaluation précise des volumes de sols aptes au traitement. (2) • Analyse des résultats de l'étude de traitement. (3) • Synthèse de l'ensemble des essais. (4) • Confirmation des hypothèses géotechniques retenues pour les fonctions recherchées. (4)
	<i>Commentaires</i>
	<p><i>(1) Avec le suivi des opérations de terrain, l'analyse des résultats permet de valider les hypothèses géotechniques.</i></p> <p><i>(2) La caractérisation des gisements qui sera introduite dans le Dossier de Consultation des Entreprises doit être complètement définie et les volumes identifiés devront être largement excédentaires. L'expérience montre qu'une marge de sécurité de 50% à 100% du volume recherché est nécessaire.</i></p> <p><i>(3) Les études de traitement doivent définitivement confirmer le choix technique du traitement et justifier les dosages prévus. Le cas échéant, une étude de sensibilité aux variations de dosage, teneur en eau et masse volumique peut être envisagée. Par définition, le dosage en produit de traitement est le rapport entre la masse du produit et la masse du sol sec + la masse du produit de traitement (%).</i></p> <p><i>(4) En phase Projet, la synthèse doit permettre d'établir le rapport géotechnique final de la phase Projet, avec la confirmation des hypothèses géotechniques établissant la justification de l'ouvrage.</i></p>

PARTIE A : ETUDES**CHAPITRE A2 : ETUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE ET ETUDE DE CONCEPTION****Article A2.3 : Phase Projet**

Rev : 10-09-2025

Page : 2/3

Description sommaire de l'article à spécifier :

En phase Projet, la faisabilité du traitement doit être établie et la conception de l'ouvrage est en principe définitivement orientée vers la solution traitement.

Cette phase permet de justifier la conception de l'ouvrage et de préparer le Dossier de Consultation des Entreprises.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
A2.3.3 Rapport de synthèse géologique et géotechnique	<ul style="list-style-type: none">• Calendrier du déroulement : planification et date de remise du dossier de la phase Projet. (1)• Rédaction du rapport final de synthèse géologique et géotechnique. (2)• Rédaction de la partie spécifique relative à la prise en compte des conclusions de l'étude géologique et géotechnique dans la conception de l'ouvrage. (3)
	<i>Commentaires</i>
	<p><i>(1) La réalisation de la phase Projet doit être compatible avec le calendrier prévisionnel des phases suivantes du projet géotechnique (Dossier de Consultation des Entreprises, sélection de l'Entreprise, exécution des travaux).</i></p> <p><i>(2) Le rapport final doit faire une synthèse complète des reconnaissances des différentes phases d'étude et présenter dans le rapport géologique et géotechnique, la partie relative au traitement des sols pour l'ouvrage ou la partie d'ouvrage et/ou de la fondation.</i></p> <p><i>(3) Ce chapitre du rapport géologique et géotechnique est fondamental car il introduit des critères de conception de l'ouvrage découlant de la synthèse de l'ensemble des études précédentes. A ce stade, des spécifications sur les matériaux sélectionnés, avant et après traitement, sont attendues.</i></p>

PARTIE A : ETUDES**CHAPITRE A2 : ETUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE ET ETUDE DE CONCEPTION****Article A2.3 : Phase Projet**

Rev : 10-09-2025

Page : 3/3

Description sommaire de l'article à spécifier :

En phase Projet, la faisabilité du traitement doit être établie et la conception de l'ouvrage est en principe définitivement orientée vers la solution traitement.

Cette phase permet de justifier la conception de l'ouvrage et de préparer le Dossier de Consultation des Entreprises.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
<p style="text-align: center;">A2.3.4</p> <p>Finalisation du Dossier de Consultation des Entreprises</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Rédaction des spécifications techniques relatives au traitement. (1) • Etablissement du Bordereau des Prix. (2) • Etablissement du Détail Estimatif du projet. (3) • Etablissement du planning prévisionnel du projet. (4) • Définition des critères techniques de sélection des Entreprises relatifs au traitement. (5)
	<p><i>Commentaires</i></p>
	<p>(1) Ces spécifications techniques sont nécessaires à la rédaction du DCE. Elles doivent permettre à l'Entreprise de définir les moyens et méthodes nécessaires pour satisfaire les exigences au niveau des performances attendues suivant la fonction de l'ouvrage. Il est entendu que l'Entreprise devra démontrer avec la réalisation d'une planche d'essai ou d'un remblai d'essai sa capacité à réaliser un ouvrage conforme. Les objectifs à atteindre en termes de traitement de sol, de conditions d'extraction et de mise en œuvre et objectif de densification peuvent être spécifiés (cf. articles B4.1 et B4.2 relatifs aux planches et remblais d'essais).</p> <p>(2) Le Bordereau des Prix doit indiquer avec clarté comment sera rémunérée l'Entreprise titulaire du marché et autoriser les ajustements qui se révéleraient nécessaires sur le chantier. Il est recommandé de rétribuer :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ le traitement au mètre cube de matériau mis en place, ○ la chaux et/ou le liant à la tonne livrée sur fourniture des bons de livraison. <p>(3) Le détail estimatif est un élément important du choix de l'Entreprise. Il doit être établi avec soin et permettre facilement de comparer les différentes offres de prix en tenant compte des ajustements éventuels des quantités qui seront réellement mises en place.</p> <p>(4) En plus des moyens et méthodes envisagés pour les travaux, le planning prévisionnel doit tenir compte des conditions naturelles (conditions climatiques, hydrologiques, environnementales, etc.) du site. En outre, le planning prévisionnel doit intégrer le délai de réalisation de l'étude de traitement qui sera à mener par l'Entreprise en phase de réalisation. Il devra tenir compte des délais de cure nécessaires pour la conservation en laboratoire des éprouvettes en sols traités.</p> <p>(5) Les dossiers techniques relatifs au traitement des sols établis par les Entreprises doivent être analysés sur l'ensemble des points techniques. Ils doivent répondre aux prescriptions imposées, suggérer des variantes si elles sont autorisées et respecter le planning.</p>

Liste des articles et tâches à spécifier

Article B1.1

Travaux inclus / travaux associés

- Tâche B1.1.1 Contexte
- Tâche B1.1.2 Conditions existantes et contraintes environnementales
- Tâche B1.1.3 Type d'ouvrage, zonage, coupes types, plans
- Tâche B1.1.4 Définition des travaux inclus/ travaux associés
- Tâche B1.1.5 Fonctions d'usage recherchées par zones
- Tâche B1.1.6 Traitement des sols à la chaux et/ou au liant hydraulique

Article B1.2

Méthodologie de construction

- Tâche B1.2.1 Détail du mémoire technique à remettre par l'Entreprise
- Tâche B1.2.2 Variantes autorisées

Article B1.3

Documents à fournir par l'Entreprise

- Tâche B1.3.1 Spécification des éléments à fournir à l'appui des offres
- Tâche B1.3.2 Spécification des éléments à fournir pendant l'exécution des travaux
- Tâche B1.3.3 Calendrier de dépôt des éléments à fournir

Article B1.4

Programme d'exécution

- Tâche B1.4.1 Phasage du projet
- Tâche B1.4.2 Planning général
- Tâche B1.4.3 Méthode de suivi du planning



Centrale de traitement de capacité 270 t/h – Construction du démonstrateur d'écluse du CSNE à Marquion (F - 62) – Photo Maurice Bufalo 2021

PARTIE B : CONTRAT DE TRAVAUX**CHAPITRE B1 : PRESCRIPTIONS GENERALES****Article B1.1 : Travaux inclus / travaux associés**

Rev : 10-09-2025

Page : 1/2

Description sommaire de l'article à spécifier :

Cet article introduit les bases contractuelles définissant les obligations de l'Entreprise chargée de l'exécution des travaux. Les articles consacrés à la description des travaux de traitement, leur étendue et les opérations qui leur sont associées doivent être parfaitement décrits et définis.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B1.1.1 Contexte	<ul style="list-style-type: none"> • Présentation générale et précisions sur l'intégration du projet dans la région ou le pays. (1) • Spécificité de la typologie des ouvrages ou parties d'ouvrages traités. (2)
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) L'Entrepreneur doit prendre connaissance de ce contexte, le vérifier par ses propres moyens et doit préparer son offre avec cette pleine connaissance de son environnement.</p> <p>(2) Ces spécificités doivent être soulignées dès la présentation générale du projet. Par exemple, il sera utile de préciser quelle fonction va remplir le sol traité dans l'ouvrage ou la partie d'ouvrage concernée.</p>

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B1.1.2 Conditions existantes et contraintes environnementales	<ul style="list-style-type: none"> • Description des conditions climatiques du projet. (1) • Définition de l'hydrologie du ou des cours d'eau et de l'hydrogéologie locale. (2) • Définition des méthodes d'exécution adaptées à la protection des sites sensibles préalablement identifiés. (3)
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) Les éléments météorologiques officiels collectés vont servir de base aux hypothèses sur lesquelles l'Entrepreneur va bâtir son offre, et donc sera la référence à toute variation que pourra subir le chantier pendant l'exécution des travaux. Une attention particulière sera apportée à la disponibilité et à l'accès de la ressource en eau.</p> <p>(2) Les éléments de l'étude hydrologique et hydrogéologique du projet vont servir de base, là aussi, à l'offre de l'Entreprise. En fonction de la conception du projet et de son mode de réalisation, les hypothèses de Force Majeure seront définies à partir de cette étude.</p> <p>(3) Dans certains cas l'épandage de chaux ou de liant hydraulique pourra être restreint si l'envol de poussières est préjudiciable à l'environnement du site. Ceci peut conduire à interrompre le traitement en cas de vent excessif ou à utiliser un produit à faible émission de poussières.</p>

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B1.1.3 Type d'ouvrage, zonage, coupes types, plans	<ul style="list-style-type: none"> • Description du ou des ouvrages traités ou comportant des parties traitées. (1) • Référence aux documents techniques (plans, spécifications...). (2)
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) L'ensemble du projet doit être décrit et suffisamment détaillé afin que l'Entrepreneur puisse prévoir les études complémentaires et définir les méthodes d'exécution de la partie du projet réalisé en sol traité dans le respect des spécifications du marché.</p> <p>(2) Les spécifications techniques doivent explicitement faire référence à l'ensemble des documents techniques dont la cohérence définit complètement le projet.</p>

PARTIE B : CONTRAT DE TRAVAUX**CHAPITRE B1 : PRESCRIPTIONS GENERALES****Article B1.1 : Travaux inclus / travaux associés**

Rev : 10-09-2025

Page : 2/2

Description sommaire de l'article à spécifier :

Cet article introduit les bases contractuelles définissant les obligations de l'Entreprise chargée de l'exécution des travaux. Les articles consacrés à la description des travaux de traitement, leur étendue et les opérations qui leur sont associées doivent être parfaitement décrits et définis.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B1.1.4 Définition des travaux inclus / travaux associés	<ul style="list-style-type: none"> Définition précise des travaux de traitement zone par zone et indication de la limite des travaux inclus dans la spécification des travaux. (1)
	<i>Commentaires</i>
	<p><i>(1) Les spécifications techniques doivent précisément indiquer tout ce qui est inclus dans les travaux de traitement. Ce qui en est exclu doit être spécifié dans une autre section. En particulier la conception de la réalisation des interfaces zones traitées/zones non traitées ou encore des zones de contact avec les ouvrages béton ou avec la fondation, doivent faire l'objet de spécifications particulières.</i></p>

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B1.1.5 Fonctions d'usage recherchées par zones	<ul style="list-style-type: none"> Description des bases de conception du projet. (1) Description détaillée des fonctions d'usage par zones. (2)
	<i>Commentaires</i>
	<p><i>(1) Au-delà de la simple description du ou des ouvrages, les fonctions recherchées par le traitement doivent être explicitement définies dans les spécifications techniques car elles justifient les types et niveaux de performances qui sont attendues pour les sols traités.</i></p> <p><i>(2) Le projet peut comporter plusieurs zones différentes pour lesquelles les fonctions recherchées et donc les performances attendues seront différentes. Il est essentiel de les lister et de clairement identifier ces zones pour chacune ces fonctions spécifiques.</i></p>

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B1.1.6 Traitement des sols à la chaux et/ou au liant hydraulique	<ul style="list-style-type: none"> Méthode de traitement préconisée. (1) Objectifs à atteindre. (2)
	<i>Commentaires</i>
	<p><i>(1) Selon les conclusions des études menées dans les phases antérieures et les spécificités du projet, il est possible ou non de préconiser tout ou partie des méthodes et des moyens à mettre en œuvre pour atteindre les performances requises du sol traité pour les fonctions recherchées pour l'ouvrage.</i></p> <p><i>(2) Les objectifs à atteindre, en termes de dosage en chaux et/ou en liant hydraulique, de mouture et de teneur en eau du sol traité, sont à définir. Ils doivent permettre à l'Entreprise de proposer dans son mémoire technique les méthodologies et moyens matériels qu'elle compte mettre en œuvre pour y parvenir.</i></p>

PARTIE B : CONTRAT DE TRAVAUX**CHAPITRE B1 : PRESCRIPTIONS GENERALES****Article B1.2 : Méthodologie de construction**

Rev : 10-09-2025

Page : 1/1

Description sommaire de l'article à spécifier :

La qualité des mélanges et le niveau de performance dépendent de la méthode de traitement utilisée.

Des circonstances particulières peuvent avoir laissé subsister des incertitudes sur la solution traitement (choix et disponibilité du liant, volume insuffisant des gisements d'emprunts, études incomplètes, etc.). Dans ce cas des investigations complémentaires (sondages, complément d'étude de traitement) sont à inclure dans le cahier des charges. Cette forme de consultation suppose une étude incomplète en phase projet qui peut générer des litiges en phase travaux.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B1.2.1 Détail du mémoire technique à remettre par l'Entreprise	<ul style="list-style-type: none"> Méthode de traitement. (1) → PA Etudes ou investigations complémentaires si nécessaire. (2) → PA
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) Il est possible ou non d'imposer l'ensemble des méthodes et des moyens à mettre en œuvre pour atteindre les performances attendues du sol traité. Pour éviter les litiges, il est recommandé d'imposer simplement une obligation de résultats afin de permettre à l'Entreprise de proposer les méthodes et moyens qu'elle jugera nécessaires, et qui donneront lieu à un point d'arrêt.</p> <p>(2) Ces compléments sont à spécifier à l'Entreprise. Celle-ci soumettra dans son offre un mémoire technique qui décrira la méthodologie et les moyens matériels qu'elle compte utiliser pour ces investigations complémentaires. En phase Travaux, le rapport d'étape donnera lieu à un point d'arrêt. Il est rappelé que cette forme de consultation peut générer des litiges en phase Travaux.</p>

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B1.2.2 Variantes autorisées	<ul style="list-style-type: none"> Description des variantes qui peuvent être proposées par l'Entreprise. (1) → PA
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) Même dans le cas où la méthode et les moyens à mettre en œuvre sont préconisés, il peut être indiqué qu'une ou plusieurs variantes peuvent être proposées par l'Entreprise, dépendant des moyens et du matériel dont elle dispose, à condition que cette ou ces variantes soient accompagnées de justifications techniques détaillées et qu'elles soient soumises à l'agrément du Maître d'Œuvre.</p>

PARTIE B : CONTRAT DE TRAVAUX**CHAPITRE B1 : PRESCRIPTIONS GENERALES****Article B1.3 : Documents à fournir par l'Entreprise**

Rev : 10-09-2025

Page : 1/1

Description sommaire de l'article à spécifier :

Le mémoire technique de l'Entreprise doit reprendre les spécifications du Dossier de Consultation des Entreprises et les compléter ou les amender le cas échéant.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B1.3.1 Spécification des éléments à fournir à l'appui des offres	<ul style="list-style-type: none"> Description et liste complète des éléments techniques devant constituer l'offre. (1) Critères de sélection des Entreprises. (2)
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) Les Dossiers de Consultation des Entreprises doivent clairement définir les éléments techniques qui permettront de juger les capacités de l'Entrepreneur à réaliser les travaux de traitement : le mémoire technique comprendra la description des moyens en matériel et les ressources humaines, les méthodes ainsi que les références dans le domaine du traitement.</p> <p>(2) Le choix de la meilleure offre doit pouvoir être fait à partir de critères techniques établis d'avance, et non sur le seul critère du prix offert.</p>

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B1.3.2 Spécification des éléments à fournir pendant l'exécution des travaux	<ul style="list-style-type: none"> Liste complète résumant tous les éléments relatifs au traitement que l'Entrepreneur devra soumettre à l'agrément du Maître d'Œuvre avant tout début des travaux. (1) → PA
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) Cette liste doit comprendre toutes les tâches sensibles, les études et les contrôles.</p>

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B1.3.3 Calendrier de dépôt des éléments à fournir	<ul style="list-style-type: none"> Etablissement du calendrier des éléments à fournir et des études relatives au traitement à soumettre à l'agrément du Maître d'Œuvre. (1) → PA
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) Ces points doivent être intégrés au planning général afin de définir avec suffisamment de souplesse le début des études ou reconnaissances devant être entreprises pour ne pas ralentir le début des travaux.</p>

PARTIE B : CONTRAT DE TRAVAUX
CHAPITRE B1 : PRESCRIPTIONS GENERALES

Article B1.4 : Programme d'exécution

Rev : 10-09-2025

Page : 1/1

Description sommaire de l'article à spécifier :

Le programme d'exécution est un point fondamental du projet car il définit toutes les étapes de réalisation du projet sur un calendrier. En particulier, les conditions climatiques saisonnières sont à prendre en compte dans la programmation des opérations de traitement. Il engage les parties sur la durée des travaux.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B1.4.1 Phasage du projet	<ul style="list-style-type: none"> Définition des phases du projet tenant compte des principes essentiels ayant donné lieu à la conception de l'ouvrage. (1)
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) Pour parer aux litiges, ces principes essentiels doivent être clairement établis :</p> <ul style="list-style-type: none"> mise à disposition du ou des sites en incluant les gisements d'emprunts, études et reconnaissances complémentaires éventuelles, date de début des travaux, travaux préparatoires nécessaires, calage des travaux dans le cycle hydrologique du ou des cours d'eau, etc.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B1.4.2 Planning général	<ul style="list-style-type: none"> Etablissement du planning général avec un niveau de détail suffisant afin de caractériser les tâches critiques et le ou les chemins critiques. (1) Le cas échéant, définition du logiciel utilisé pour l'établissement du planning et indication du ou des logiciels que l'Entrepreneur doit utiliser. (2)
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) Le planning général est un élément essentiel du marché et les bases sur lesquelles il a été établi constituent un élément contractuel.</p> <p>(2) Le caractère restrictif des outils à utiliser par l'Entrepreneur doit permettre le suivi des opérations par le Maître d'Œuvre.</p>

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B1.4.3 Méthode de suivi du planning	<ul style="list-style-type: none"> Description des méthodes utilisées pour le suivi du planning. (1)
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) Il est important de fixer la fréquence à laquelle le planning doit être mis à jour, comment les écarts par rapport au planning original sont identifiés, et comment l'Entrepreneur doit apporter des solutions correctives.</p>

Liste des articles et tâches à spécifier

Article B2.1

Caractérisation des ressources en sol naturel

- Tâche B2.1.1 Synthèse des résultats des études menées dans les phases précédentes
- Tâche B2.1.2 Etablissement et réalisation d'un programme d'investigation complémentaire à l'identification des ressources
- Tâche B2.1.3 Fourniture d'un rapport de synthèse

Article B2.2

Etude de traitement

- Tâche B2.2.1 Etablissement d'un programme d'essais
- Tâche B2.2.2 Réalisation du programme d'essais de l'étude de traitement
- Tâche B2.2.3 Synthèse et analyse des résultats



Mise en œuvre et compactage d'un sol argileux traité à la chaux lors de la construction d'une carapace sur un ouvrage existant par recouvrement de talus (pente $H = 3$; $V = 1$)- Chantier expérimental de Vlassenbroek (B) - Photo Michel Froumentin 2019

PARTIE B : CONTRAT DE TRAVAUX**CHAPITRE B2 : ETUDE GEOTECHNIQUE DE REALISATION****Article B2.1 : Caractérisation des ressources en sol naturel**

Rev : 10-09-2025

Page : 1/2

Description sommaire de l'article à spécifier :

L'étude géotechnique de réalisation doit confirmer la ressource en sol naturel vis à vis de sa nature, de son état hydrique et de son homogénéité à l'aide de sondages et d'essais d'identification des matériaux. Elle doit aboutir à la localisation précise de familles de matériaux homogènes et à la définition des modalités de traitement envisageables par famille (type de liant, dosage en liant, besoins d'humidification si nécessaire, mélange de sol, etc.).

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B2.1.1 Synthèse des résultats des études menées dans les phases précédentes	<ul style="list-style-type: none"> Prise de connaissance par l'Entreprise de l'analyse des résultats et de toutes les études menées dans les phases précédentes ayant conduit à l'élaboration du Dossier de Consultation des Entreprises. (1)
	<i>Commentaires</i>
	<i>(1) L'Entrepreneur devra valider ou invalider les résultats des études précédentes à savoir : caractérisation du ou des gisements, type de traitement, aptitude au traitement et capacité à atteindre les performances du cahier des charges.</i>

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B2.1.2 Etablissement et réalisation d'un programme d'investigation complémentaire à l'identification des ressources	<ul style="list-style-type: none"> Organisation d'une mission de reconnaissance et d'identification permettant de valider, compléter ou invalider les conclusions des études dans les phases Avant-Projet et Projet comprenant : → PA <ul style="list-style-type: none"> Une cartographie du gisement ou du stock en faisant apparaître la nature et l'état hydrique de chaque formation identifiée. (1) Un maillage des sondages à réaliser. (2) Un programme de prélèvements de sol pour réaliser l'identification géotechnique et une étude de traitement de sol en laboratoire. (3) Les essais à réaliser : analyse granulométrique, V_{BS}, I_p, w_n, aptitude au traitement, etc. (4)
	<i>Commentaires</i>
	<i>(1) L'Entrepreneur pourra fournir les résultats sous la forme d'un modèle numérique de terrain (MNT) pouvant être utilisé par les engins de terrassement dans la phase travaux.</i> <i>(2) L'Entrepreneur devra s'assurer que les quantités de sol prélevées sont suffisantes pour réaliser les études en laboratoire (identification géotechnique et études de traitement).</i> <i>(3) L'Entrepreneur devra élaborer son programme sur la base des données disponibles qu'il complètera afin d'identifier finement les ressources disponibles sur gisement(s) ou sur stock(s).</i> <i>(4) L'Entrepreneur décrira dans une note les moyens matériels et modes opératoires utilisés pour réaliser ce programme, et les quantités de sol(s) qui seront prélevées. Ce programme sera soumis à l'agrément du Maître d'Œuvre.</i>

PARTIE B : CONTRAT DE TRAVAUX**CHAPITRE B2 : ETUDE GEOTECHNIQUE DE REALISATION****Article B2.1 : Caractérisation des ressources en sol naturel**

Rev : 10-09-2025

Page : 2/2

Description sommaire de l'article à spécifier :

L'étude géotechnique de réalisation doit confirmer la ressource en sol naturel vis à vis de sa nature, de son état hydrique et de son homogénéité à l'aide de sondages et d'essais d'identification des matériaux. Elle doit aboutir à la localisation précise de familles de matériaux homogènes et à la définition des modalités de traitement envisageables par famille (type de liant, dosage en liant, besoins d'humidification si nécessaire, mélange de sol, etc.).

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B2.1.3 Fourniture d'un rapport de synthèse	<ul style="list-style-type: none">• Etablir un rapport de synthèse comprenant : (1) → PA<ul style="list-style-type: none">○ La localisation des différentes natures de sols.○ Leurs caractéristiques géotechniques.○ Les cubatures disponibles.
	<i>Commentaires</i>
	<p><i>(1) Le rapport devra faire une synthèse de l'ensemble des reconnaissances et études et signaler les écarts éventuels par rapport aux études de l'Avant-Projet et du Projet.</i></p> <p><i>L'Entrepreneur pourra proposer des solutions variantes ou des adaptations pour le traitement des sols.</i></p> <p><i>Le rapport de synthèse sera soumis à l'agrément du Maître d'Œuvre.</i></p>

PARTIE B : CONTRAT DE TRAVAUX**CHAPITRE B2 : ETUDE GEOTECHNIQUE DE REALISATION**

Article B2.2 : Etude de traitement

Rev : 10-09-2025

Page : 1/1

Description sommaire de l'article à spécifier :

L'aptitude au traitement des matériaux étant confirmée sur la base des résultats de l'étude menée en phase Projet, une étude de traitement supplémentaire doit être réalisée par l'Entreprise afin d'arrêter le choix du ou des liants et des dosages à appliquer pour atteindre les performances fixées par le cahier des charges.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B2.2.1 Etablissement d'un programme d'essais	<ul style="list-style-type: none"> Etablissement par l'Entreprise d'un programme d'essais tenant compte des études réalisées et/ou de l'expérience acquise par l'Entreprise avec le ou les liant(s) retenu(s). (1)
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) Vérifier la capacité du sol traité à atteindre les performances attendues par une étude de formulation complète. Il s'agit de définir les composants du mélange (dosage du ou des liants), d'étudier son comportement (référence Proctor, etc.) et d'évaluer les caractéristiques de mise en œuvre et le délai de maniabilité.</p> <p>A ce stade, et suivant les fonctions recherchées, l'avis d'un expert dans le domaine du traitement des sols peut être envisagé.</p>

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B2.2.2 Réalisation du programme d'essais de l'étude de traitement	<ul style="list-style-type: none"> Définition par l'Entreprise d'un calendrier permettant la réalisation des études de formulation. (1) Indication du ou des points d'arrêt liés à l'agrément des études de formulation du traitement. (2) → PA
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) Ces études doivent pouvoir être terminées et approuvées avant le début des travaux ou, le cas échéant, la réalisation d'une planche d'essai ou d'un remblai d'essai.</p> <p>(2) L'agrément des études par le Maître d'Œuvre est un point d'arrêt du calendrier d'exécution des travaux.</p>

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B2.2.3 Synthèse et analyse des résultats	<ul style="list-style-type: none"> Contenu du rapport de synthèse à établir par l'Entreprise portant sur l'ensemble des études réalisées. (1) Modalités de validation des conclusions et délai de réponse du Maître d'Œuvre.
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) Ce rapport est à soumettre à l'agrément du Maître d'Œuvre avant le début des travaux sur le terrain (dans le cas d'un remblai d'essai par exemple) ou le début des travaux de traitement.</p>

Liste des articles et tâches à spécifier

Article B3.1

Exploitation des ressources en sol naturel

- Tâche B3.1.1 Zonage du ou des gisements
- Tâche B3.1.2 Extraction du sol naturel au gisement
- Tâche B3.1.3 Constitution d'un stock de sol naturel homogène
- Tâche B3.1.4 Mélange de sols naturels
- Tâche B3.1.5 Protection du stock de sol naturel

Article B3.2

Fourniture des composants nécessaires au traitement

- Tâche B3.2.1 Fourniture de la chaux
- Tâche B3.2.2 Fourniture du liant hydraulique
- Tâche B3.2.3 Fourniture de l'eau

Article B3.3

Installations de chantier

- Tâche B3.3.1 Aire de stockage de la chaux ou du liant hydraulique pour traitement en place
- Tâche B3.3.2 Plate-forme dédiée au traitement en place
- Tâche B3.3.3 Aires de stockage provisoires pour sols traités à la chaux
- Tâche B3.3.4 Plate-forme pour installation de la centrale de traitement
- Tâche B3.3.5 Laboratoire de chantier



Ajustement hydrique et malaxage d'un sol argileux traité au liant hydraulique - Chantier de la déviation de Brioude (F - 43) - Photo Maurice Bufalo 2023

PARTIE B : CONTRAT DE TRAVAUX**CHAPITRE B3 : PREPARATION ET ORGANISATION DES TRAVAUX****Article B3.1 : Exploitation des ressources en sol naturel**

Rev : 10-09-2025

Page : 1/2

Description sommaire de l'article à spécifier :

Les reconnaissances géotechniques permettent de localiser la ressource de sol naturel apte au traitement, d'évaluer les quantités disponibles et les caractéristiques géotechniques. L'ensemble de ces données va conditionner le mode d'exploitation de la ressource pour les opérations de traitement.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B3.1.1 Zonage du ou des gisements	<ul style="list-style-type: none"> • Implantation des emprises du gisement sur la base du rapport de synthèse de l'étude géotechnique. (1) • Le cas échéant, fourniture d'un modèle de terrain correspondant au zonage du gisement pour pilotage de son exploitation. (2) • Evaluation du volume à extraire du gisement. (3)
	<i>Commentaires</i>
	<p><i>(1) S'assurer que les caractéristiques des matériaux du gisement sont conformes à ceux utilisés pour l'étude de traitement.</i></p> <p><i>Extraire uniquement le ou les sol(s) naturel(s) dans les zones identifiées et repérées.</i></p> <p><i>(2) Il est possible de créer un modèle géologique numérique de terrain. Ce modèle numérique 3D peut être intégré à des systèmes de guidage GPS des machines de terrassement.</i></p> <p><i>(3) Disposer du volume de sol naturel nécessaire à la construction de l'ouvrage.</i></p>

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B3.1.2 Extraction du sol naturel au gisement	<ul style="list-style-type: none"> • Méthode d'exploitation à appliquer. (1)
	<i>Commentaires</i>
	<p><i>(1) Obtenir une bonne homogénéisation du sol naturel dans la masse.</i></p> <p><i>Sélection visuelle des sols ou, le cas échéant, recours à l'utilisation de moyens numériques intégrés aux engins d'extraction guidés par GPS.</i></p> <p><i>Lorsque l'homogénéité du gisement et la topographie le permettent, le traitement peut être réalisé à l'emprunt.</i></p> <p><i>Au cours de cette opération des dispositions doivent être prises pour assurer la traçabilité des sols extraits.</i></p>

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B3.1.3 Constitution d'un stock de sol naturel homogène	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessité de réaliser un stock provisoire de sol à traiter en spécifiant : (1) <ul style="list-style-type: none"> ○ Le volume et les dimensions du stock à réaliser. (2) ○ La méthode de constitution du stock (couches, pentes, fermeture des surfaces). (3) ○ L'emplacement du stock à réaliser et la portance de la plate-forme. (4) ○ L'origine du sol à stocker.
	<i>Commentaires</i>
	<p><i>(1) Lorsque la complexité du gisement ou l'organisation du chantier l'impose, la constitution d'un stock provisoire peut s'avérer nécessaire.</i></p> <p><i>(2) S'assurer de disposer d'une quantité suffisante de sol naturel identifié de même nature que le sol utilisé lors de l'étude géotechnique.</i></p> <p><i>(3) Conserver des conditions hydriques stables dans le temps.</i></p> <p><i>(4) Prévoir la zone de stockage dans l'emprise du chantier en tenant compte de la zone de traitement en place ou de l'implantation de la centrale de traitement.</i></p>

PARTIE B : CONTRAT DE TRAVAUX**CHAPITRE B3 : PREPARATION ET ORGANISATION DES TRAVAUX****Article B3.1 : Exploitation des ressources en sol naturel**

Rev : 10-09-2025

Page : 2/2

Description sommaire de l'article à spécifier :

Les reconnaissances géotechniques permettent de localiser la ressource de sol naturel apte au traitement, d'évaluer les quantités disponibles et les caractéristiques géotechniques. L'ensemble de ces données va conditionner le mode d'exploitation de la ressource pour les opérations de traitement.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B3.1.4 Mélange de sols naturels	<ul style="list-style-type: none">• Nécessité de réaliser un mélange homogène de sols à traiter en spécifiant : (1)<ul style="list-style-type: none">○ L'identification des provenances respectives des sols à mélanger. (2)○ L'aire de travail pour le mélange des sols. (3)○ La méthodologie d'homogénéisation. (4)
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) Lorsque l'hétérogénéité du ou des gisements l'impose, le passage par un stock provisoire pour l'obtention d'un mélange homogène de sols peut s'avérer nécessaire.</p> <p>(2) Assurer la traçabilité de l'origine des sols naturels à mélanger.</p> <p>(3) Disposer d'une aire travail dans l'emprise du chantier suffisamment dimensionnée pour procéder au mélange.</p> <p>(4) Obtenir un mélange homogène en nature et état hydrique.</p>

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B3.1.5 Protection du stock de sol naturel	<ul style="list-style-type: none">• Mise hors d'eau du stock de sol naturel en spécifiant : (1)<ul style="list-style-type: none">○ La forme du stock et les pentes pour le ruissellement des eaux.○ La fermeture des surfaces.○ Le mode d'évacuation des eaux en pied de talus du stock.
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) L'objectif est de limiter les variations hydriques dans le temps du stock et d'assurer la meilleure homogénéité possible.</p>

PARTIE B : CONTRAT DE TRAVAUX**CHAPITRE B3 : PREPARATION ET ORGANISATION DES TRAVAUX****Article B3.2 : Fourniture des composants nécessaires au traitement**

Rev : 10-09-2025

Page : 1/3

Description sommaire de l'article à spécifier :

Les composants nécessaires au traitement de sol (chaux, liant hydraulique, eau) doivent présenter des caractéristiques définies dans le Dossier de Consultation des Entreprises. Celles-ci doivent aussi correspondre à celles des composants utilisés lors de l'étude de traitement. Le suivi des caractéristiques des composants et la traçabilité des livraisons de liants doivent être organisés.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
	<ul style="list-style-type: none"> • Caractéristiques de la chaux à agréer par le Maître d'Œuvre. (1) → PA • Mode de livraison en contenants étanches (big bags ou citerne). → PC • Stockage sous abri (big bags) ou silo (vrac). → PC • Conformité de la chaux livrée sur le chantier à celle utilisées dans le cadre de l'étude de traitement validée par le Maître d'Œuvre. (2) • Caractérisation de la chaux livrée par mesure de réactivité. • Capacité d'approvisionnement et de stockage de la chaux en adéquation avec le rendement visé pour l'atelier de traitement. (3) • Organisation des livraisons et de la traçabilité. • Accessibilité des voies d'accès aux silos de stockage par les porteurs de chaux. • Délai maximal autorisé de stockage en silo. (4) • Rémunération de la chaux à la tonne sur la base de bons de livraison remis au Maître d'Œuvre à chaque livraison. (5)
<p>B3.2.1 Fourniture de la chaux</p>	<p style="text-align: center;"><i>Commentaires</i></p> <p>(1) Les études en laboratoire et les essais sur démonstrateurs ont prouvé l'efficacité, en termes de propriétés du sol traité, de la chaux calcique vive de haute pureté conforme à la norme NF EN 459-1 (Chaux de construction). Ils conduisent à préconiser une chaux de désignation NF EN459-1 CL 90-Q (R5, P2) (chaux libre ≥ 88%) :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ classe de réactivité : R5 (température supérieure à 60°C en moins de 10 min lors de l'essai de réactivité à l'eau), ○ classe granulométrique : P2 (Passant à 5 mm : 100% ; à 2 mm ≥ 95% ; à 0,2mm ≥ 70% ; à 0,09mm ≥ 50%), teneur en chaux libre (CaO) ≥ 88 %. <p>(2) Le type de chaux a un impact sur les performances. Tout changement par rapport au produit utilisé lors de l'étude devra faire l'objet d'études spécifiques validées par le Maître d'Œuvre.</p> <p>(3) Une mauvaise adéquation peut avoir des répercussions sur le planning ou la qualité de réalisation.</p> <p>(4) Un délai de stockage trop long peut engendrer une dégradation de la qualité du produit ou des difficultés d'écoulement dans le système de distribution.</p> <p>(5) Ce mode de rémunération permet de vérifier la conformité de la quantité livrée par comparaison avec les besoins réels du chantier.</p>

PARTIE B : CONTRAT DE TRAVAUX**CHAPITRE B3 : PREPARATION ET ORGANISATION DES TRAVAUX****Article B3.2 : Fourniture des composants nécessaires au traitement**

Rev : 10-09-2025

Page : 2/3

Description sommaire de l'article à spécifier :

Les composants nécessaires au traitement de sol (chaux, liant hydraulique, eau) doivent présenter des caractéristiques définies dans le Dossier de Consultation des Entreprises. Celles-ci doivent aussi correspondre à celles des composants utilisés lors de l'étude de traitement. Le suivi des caractéristiques des composants et la traçabilité des livraisons de liants doivent être organisés.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
<p>B3.2.2 Fourniture du liant hydraulique</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Caractéristiques du liant hydraulique à agréer par le Maître d'Œuvre. (1) → PA • Mode de livraison en contenants étanches (big bags ou citerne). → PC • Stockage sous abri (big bags) ou silo (vrac). → PC • Conformité du liant hydraulique livré sur le chantier à celui utilisé dans le cadre de l'étude de traitement validée par le Maître d'Œuvre. (2) • Le cas échéant, caractérisation du liant livré par des essais de laboratoire à décrire. • Capacité d'approvisionnement et de stockage du liant hydraulique en adéquation avec le rendement visé pour l'atelier de traitement de sol. (3) • Organisation des livraisons et de la traçabilité. • Accessibilité des voies d'accès aux silos de stockage par les porteurs de liant hydraulique. • Délai maximal autorisé de stockage en silo. (4) • Rémunération du liant hydraulique à la tonne sur la base de bons de livraison remis au Maître d'Œuvre à chaque livraison. (5)
	<p style="text-align: center;"><i>Commentaires</i></p> <p><i>(1) La qualité du liant hydraulique utilisé (type, composition, classe de performance) a un impact sur la performance finale des mélanges. En outre, la cinétique de prise du liant conditionne l'organisation du chantier. Il est préférable de privilégier les liants autorisant des délais de maniabilité longs, comme certains liants de la norme NF EN 13282-2 Liants hydrauliques routiers à durcissement normal [12].</i></p> <p><i>(2) Le type de liant hydraulique a un impact sur les performances. Tout changement par rapport au produit utilisé lors de l'étude devra faire l'objet d'études spécifiques validées par le Maître d'Œuvre.</i></p> <p><i>(3) Une mauvaise adéquation peut avoir des répercussions sur le planning ou la qualité de réalisation.</i></p> <p><i>(4) Un délai de stockage trop long peut engendrer une dégradation de la qualité du produit ou des difficultés d'écoulement dans le système de distribution.</i></p> <p><i>(5) Ce mode de rémunération permet de vérifier la conformité de la quantité livrée par comparaison avec les besoins réels du chantier.</i></p>

PARTIE B : CONTRAT DE TRAVAUX**CHAPITRE B3 : PREPARATION ET ORGANISATION DES TRAVAUX****Article B3.2 : Fourniture des composants nécessaires au traitement**

Rev : 10-09-2025

Page : 3/3

Description sommaire de l'article à spécifier :

Les composants nécessaires au traitement de sol (chaux, liant hydraulique, eau) doivent présenter des caractéristiques définies dans le Dossier de Consultation des Entreprises. Celles-ci doivent aussi correspondre à celles des composants utilisés lors de l'étude de traitement. Le suivi des caractéristiques des composants et la traçabilité des livraisons de liants doivent être organisés.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B3.2.3 Fourniture de l'eau	<ul style="list-style-type: none">• Respect de la réglementation : demandes des autorisations de pompage en forage, en réserve ou en cours d'eau à déposer auprès des autorités compétentes. (1)• Vérification de la quantité d'eau disponible pendant la durée des travaux. (2)• Débit d'eau nécessaire pour un traitement en centrale. (2)• Dimensionnement de la capacité des citernes dédiées à l'arrosage par rapport aux besoins du chantier. (2)• Qualité de l'eau. (3) → PC
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) Un recours des autorités compétentes peut entraîner des pénalités ou l'arrêt du chantier.</p> <p>(2) Le rendement de l'atelier de traitement peut être impacté par un manque d'eau ou un retard d'approvisionnement imputable à un mauvais dimensionnement de la taille et du nombre des citernes.</p> <p>(3) L'objectif est d'éviter qu'une eau de mauvaise qualité, comportant des éléments chimiques perturbateurs (matière organique, chlorures, sulfates, sulfures, nitrates, pH acide), entraîne des effets néfastes sur le sol traité (neutralisation partielle de l'action du liant, inhibiteur ou accélérateur de la prise hydraulique, formation d'ettringite) à court ou à long terme.</p>

PARTIE B : CONTRAT DE TRAVAUX**CHAPITRE B3 : PREPARATION ET ORGANISATION DES TRAVAUX****Article B3.3 : Installations de chantier**

Rev : 10-09-2025

Page : 1/3

Description sommaire de l'article à spécifier :

Pour mener à bien les opérations de traitement de sol, il est nécessaire de disposer d'aires de travail pour réaliser de façon dissociée les tâches élémentaires de stockage, de préparation du sol naturel, de stockage des liants et de traitement sur une plate-forme dédiée ou en centrale mobile. Afin de réaliser les différents essais et contrôles au cours de la construction de l'ouvrage, l'intervention d'un laboratoire, extérieur ou sur site, doit être prévue. Ces différents éléments doivent être répertoriés et spécifiés dans la phase organisationnelle des travaux.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B3.3.1 Aire de stockage de la chaux ou du liant hydraulique pour traitement en place	<ul style="list-style-type: none"> • Localisation dans l'emprise du chantier de l'emplacement réservé au stockage de la chaux ou du liant hydraulique. (1) • Traficabilité des voies d'accès à l'aire de stockage. (2) • Aménagement éventuel du périmètre de l'aire de stockage. (3) <p style="text-align: center;"><i>Commentaires</i></p> <p>(1) Optimiser la rotation des épandeurs pour les opérations de chargement.</p> <p>(2) Garantir une bonne accessibilité aux porteurs pour la livraison et le déchargement de la chaux ou du liant.</p> <p>(3) Eviter l'impact d'un éventuel envol de poussières ou le ruissellement d'eau chargée dans l'environnement lors des opérations de remplissage des silos et du chargement des épandeurs.</p>

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B3.3.2 Plate-forme dédiée au traitement en place	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensions de la plate-forme (longueur x largeur). (1) • Planéité de la plate-forme. (2) • Dégagement en bout de plate-forme pour l'évolution des engins. (3) • Accessibilité sur les côtés de la plate-forme pour l'évolution des engins de transport lors de l'évacuation du sol traité. (4) • Nature du sol constitutif et portance de la plate-forme. (5) • Entretien de la plate-forme (remise en état si besoin : réglage planéité, état de surface et compactage). (6) <p style="text-align: center;"><i>Commentaires</i></p> <p>(1) Dimensionner la surface utile de la plate-forme dédiée pour assurer le débit de production attendu par échelon de traitement.</p> <p>(2) Faciliter les opérations d'épandage et de malaxage, maîtriser l'épaisseur de la couche de sol naturel régalé sur la plate-forme avant traitement et contrôler l'épaisseur de sol traité à la reprise.</p> <p>(3) Permettre le traitement de tout le volume de sol naturel régalé sur la plate-forme et éviter les manœuvres des engins en sortie de plate-forme.</p> <p>(4) Permettre de charger les engins de transport sans qu'ils roulent sur la couche de sol traité.</p> <p>(5) Préparer l'arase de la plate-forme pour qu'elle soit constituée d'un sol de même nature que le sol à traiter. Le niveau de portance de la plate-forme devra permettre d'éviter l'orniérage des engins.</p> <p>(6) Eviter des dégradations de la plate-forme préjudiciables à la bonne exécution du traitement (planéité de la plate-forme, portance).</p>

PARTIE B : CONTRAT DE TRAVAUX**CHAPITRE B3 : PREPARATION ET ORGANISATION DES TRAVAUX****Article B3.3 : Installations de chantier**

Rev : 10-09-2025

Page : 2/3

Description sommaire de l'article à spécifier :

Pour mener à bien les opérations de traitement de sol, il est nécessaire de disposer d'aires de travail pour réaliser de façon dissociée les tâches élémentaires de stockage, de préparation du sol naturel, de stockage des liants et de traitement sur une plate-forme dédiée ou en centrale mobile. Afin de réaliser les différents essais et contrôles au cours de la construction de l'ouvrage, l'intervention d'un laboratoire, extérieur ou sur site, doit être prévue. Ces différents éléments doivent être répertoriés et spécifiés dans la phase organisationnelle des travaux.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B3.3.3 Aires de stockage provisoires pour sols traités à la chaux	<ul style="list-style-type: none"> • En cas de nécessité de réaliser un stock tampon de sol traité à la chaux, spécifier : (1) <ul style="list-style-type: none"> ○ Le volume prévisionnel à stocker. ○ Le nombre des aires de stockage. ○ Les dimensions (longueur x largeur) des aires de stockage. ○ L'emplacement des aires de stockage et la portance des aires de stockage.
	<i>Commentaires</i>
	(1) Le stock tampon peut s'avérer nécessaire dans les cas suivants : <ul style="list-style-type: none"> ○ attente d'un délai de maturation avant reprise pour mise en œuvre, ○ stockage après traitement à la chaux en attente d'un traitement au liant hydraulique, ○ stockage en sortie de centrale pour refroidissement.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B3.3.4 Plate-forme pour installation de la centrale de traitement	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensions (longueur x largeur) de la plate-forme pour l'implantation de la centrale de traitement. (1) • Localisation dans l'emprise du chantier. (2) • Planéité de la plate-forme pour l'implantation de la centrale de traitement. (3) • Traficabilité des voies d'accès à la centrale de traitement. (4)
	<i>Commentaires</i>
	(1) Permettre l'évolution des engins de chargement, des porteurs de chaux ou de liant, des engins d'évacuation des refus. (2) Faciliter l'alimentation la centrale de traitement à partir du stock de sol naturel. (3) Garantir le bon fonctionnement de la centrale de traitement. (4) Garantir une bonne accessibilité aux porteurs pour la livraison et le transvasement de chaux ou de liant.

PARTIE B : CONTRAT DE TRAVAUX**CHAPITRE B3 : PREPARATION ET ORGANISATION DES TRAVAUX****Article B3.3 : Installations de chantier**

Rev : 10-09-2025

Page : 3/3

Description sommaire de l'article à spécifier :

Pour mener à bien les opérations de traitement de sol, il est nécessaire de disposer d'aires de travail pour réaliser de façon dissociée les tâches élémentaires de stockage, de préparation du sol naturel, de stockage des liants et de traitement sur une plate-forme dédiée ou en centrale mobile. Afin de réaliser les différents essais et contrôles au cours de la construction de l'ouvrage, l'intervention d'un laboratoire, extérieur ou sur site, doit être prévue. Ces différents éléments doivent être répertoriés et spécifiés dans la phase organisationnelle des travaux.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B3.3.5 Laboratoire de chantier	<ul style="list-style-type: none">• Dimensionnement du laboratoire sur site lorsque celui-ci est nécessaire. (1)• Alimentation en électricité, eau, etc., et climatisation / chauffage lorsque nécessaire. (2)• Equipements nécessaires pour la réalisation des essais demandés suivant normes ou modes opératoires. (3) → PC
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) Disposer d'un local adapté permettant de réaliser les essais de laboratoire prévus au Plan Qualité de l'Entreprise.</p> <p>(2) Permettre le fonctionnement des matériels de laboratoire et l'obtention des résultats d'essais attendus dans les délais impartis.</p> <p>(3) Respecter les normes ou modes opératoires des essais.</p>

Liste des articles et tâches à spécifier

Article B4.1

Planche d'essai

- Tâche B4.1.1 Choix du ou des paramètres à étudier
- Tâche B4.1.2 Rédaction des spécifications de la planche d'essai
- Tâche B4.1.3 Définition des contrôles à réaliser
- Tâche B4.1.4 Réalisation de la planche d'essai
- Tâche B4.1.5 Rapport de réalisation de la planche d'essai et agrément

Article B4.2

Remblai d'essai

- Tâche B4.2.1 Description du remblai d'essai
- Tâche B4.2.2 Définition des contrôles à réaliser
- Tâche B4.2.3 Réalisation du remblai d'essai
- Tâche B4.2.4 Rapport de réalisation du remblai d'essai et agrément



Malaxage d'un sol très argileux humide traité à la chaux – Chantier expérimental d'Hedwigepolder (NL) - Photo Michel Froumentin 2021

PARTIE B : CONTRAT DE TRAVAUX**CHAPITRE B4 : PLANCHE D'ESSAI ET REMBLAI D'ESSAI****Article B4.1 : Planche d'essai**

Rev : 10-09-2025

Page : 1/2

Description sommaire de l'article à spécifier :

Lorsqu'une ou plusieurs conditions de réalisation de travaux ne sont pas parfaitement connues ou maîtrisées ou pour vérifier certains points techniques avant le démarrage des travaux, le recours à une ou plusieurs planches d'essai peut s'avérer nécessaire. Dans ce cas, la prestation doit être clairement définie dans le DCE. Il s'agit de la réalisation d'essais sur des quantités limitées (volume de sol, nombre de couches, etc.) avec pour objectif de mettre au point une méthodologie spécifique comme par exemple: préparation du sol naturel avant traitement, traitement de sol en place, traitement de sol en centrale, compactage du sol traité, etc.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B4.1.1 Choix du ou des paramètres à étudier	<ul style="list-style-type: none"> Le ou les paramètres à étudier. (1) Objectifs à atteindre pour chaque paramètre étudié. (2)
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) Une planche d'essai peut grouper l'étude de plusieurs paramètres.</p> <p>(2) Vérifier la bonne adéquation entre les moyens proposés et la méthodologie de mise en œuvre pour atteindre les objectifs visés.</p>

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B4.1.2 Rédaction des spécifications de la planche d'essai	<ul style="list-style-type: none"> Programmation de la planche d'essai avant le début des travaux. (1) Emplacement de la planche d'essai. (2) Dimensions et volume de la planche d'essai. (3) Pour chaque paramètre étudié, description de la méthodologie prévue et des caractéristiques recherchées. (4)
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) Respecter le planning du chantier et mobiliser les moyens nécessaires.</p> <p>(2) Rechercher des conditions identiques à celles envisagées en phase d'exécution des travaux.</p> <p>(3) Travailler sur des dimensions et volumes représentatifs.</p> <p>(4) Disposer d'une hypothèse de travail réaliste reposant sur l'expérience du Maître d'Œuvre et/ou de l'Entreprise.</p>

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B4.1.3 Définition des contrôles à réaliser	<ul style="list-style-type: none"> Plan de contrôle à appliquer, méthodes et moyens de mesure. (1) Normes et/ou méthodes d'essai à appliquer. (1) Organismes en charge des contrôles (interne, externe ou extérieur). (2) Validation du plan de contrôle de la planche d'essai par le Maître d'Œuvre. (3) → PA
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) S'assurer de la pertinence des essais et du nombre d'essais à réaliser.</p> <p>(2) Répartir les responsabilités des opérations de contrôle entre intervenants.</p> <p>(3) Valider la bonne adaptation des opérations de contrôle envisagées en termes de moyens, nombre de mesures et références normatives.</p>

PARTIE B : CONTRAT DE TRAVAUX**CHAPITRE B4 : PLANCHE D'ESSAI ET REMBLAI D'ESSAI****Article B4.1 : Planche d'essai**

Rev : 10-09-2025

Page : 2/2

Description sommaire de l'article à spécifier :

Lorsqu'une ou plusieurs conditions de réalisation de travaux ne sont pas parfaitement connues ou maîtrisées ou pour vérifier certains points techniques avant le démarrage des travaux, le recours à une ou plusieurs planches d'essai peut s'avérer nécessaire. Dans ce cas, la prestation doit être clairement définie dans le DCE. Il s'agit de la réalisation d'essais sur des quantités limitées (volume de sol, nombre de couches, etc.) avec pour objectif de mettre au point une méthodologie spécifique comme par exemple: préparation du sol naturel avant traitement, traitement de sol en place, traitement de sol en centrale, compactage du sol traité, etc.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B4.1.4 Réalisation de la planche d'essai	<ul style="list-style-type: none"> Présence du Maître d'Œuvre lors de la réalisation de la planche d'essai. (1)
	<i>Commentaires</i>
	<p><i>(1) La présence du Maître d'Œuvre sur le site est recommandée afin de vérifier que les moyens mis en œuvre, les méthodologies prévues et les moyens de contrôle sont conformes. Le Maître d'Œuvre doit être informé de toute modification de méthodologie en cours de réalisation de la planche d'essai.</i></p>

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B4.1.5 Rapport de réalisation de la planche d'essai et agrément	<ul style="list-style-type: none"> Contenu du rapport à fournir. (1) Synthèse et conclusions tirées de la planche d'essai. (2) Délai de fourniture du rapport. (3) Validation du rapport et exploitation des résultats. (4) → PA
	<i>Commentaires</i>
	<p><i>(1) Donner au Maître d'Œuvre la capacité de se prononcer sur la base de résultats complets. (2) Remettre les éléments nécessaires à la prise de décision du Maître d'Œuvre. (3) Respect du planning du chantier. (4) Fixer les règles d'exécution des travaux pour obtenir la qualité requise.</i></p>

PARTIE B : CONTRAT DE TRAVAUX**CHAPITRE B4 : PLANCHE D'ESSAI ET REMBLAI D'ESSAI****Article B4.2 : Remblai d'essai**

Rev : 10-09-2025

Page : 1/2

Description sommaire de l'article à spécifier :

Si la taille du projet ou les enjeux le justifient, un remblai d'essai peut être exécuté avant le début des travaux à la demande du Maître d'Œuvre. Dans ce cas, la prestation doit être clairement définie dans le DCE. Cette étape a pour objet de démontrer que l'ensemble des moyens et méthodes proposées par l'Entreprise permet d'atteindre chacun des objectifs retenus lors de la conception et, le cas échéant, d'évaluer les rendements des échelons de production en conditions réelles. Les dimensions du remblai d'essai doivent être d'environ 30 à 40 m de longueur, 10 à 12m de largeur et d'une hauteur minimale de 2 m. Le nombre de couches unitaires du remblai d'essai sera de l'ordre de 10 couches. La construction d'un remblai d'essai peut être réalisée à la suite de la réalisation de planches d'essai. Le remblai d'essai permet de s'assurer de la maîtrise de certains points techniques importants comme :

- l'accrochage ou le collage des couches entre elles,
- le caractère monolithique du remblai,
- la liaison entre l'ouvrage à construire et un ouvrage existant,
- la liaison entre une zone traitée et une zone non traitée,
- ou l'observation de tout autre comportement en relation avec la fonction recherchée.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B4.2.1 Description du remblai d'essai	<ul style="list-style-type: none"> • Rappel des objectifs à atteindre. (1) • Emplacement du remblai d'essai (hors emprise de l'ouvrage à construire, ou en partie intégrante de l'ouvrage à construire, ou en appui sur ouvrage existant). (2) • Description géométrique du remblai d'essai : longueur, largeur, hauteur, nombre de couches. • Description des différentes opérations à mener pour la construction du remblai d'essai et des méthodologies et matériels utilisés. (3) • Accord du Maître d'Œuvre sur les méthodologies et moyens matériels proposés par l'Entreprise. (4) → PA
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) Vérifier en grandeur réelle l'obtention des objectifs fixés en appliquant les méthodes et moyens prévus.</p> <p>(2) Etre dans les mêmes conditions que celles de l'ouvrage.</p> <p>(3) S'assurer que les propositions faites par l'Entreprise permettent, a priori, d'obtenir la qualité requise et que le débit de production est compatible avec le planning prévu d'exécution des travaux.</p> <p>(4) Pouvoir adapter éventuellement la réponse de l'Entreprise en termes de méthodologies et de moyens matériels avant l'exécution du remblai d'essai.</p>

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B4.2.2 Définition des contrôles à réaliser	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de contrôle à appliquer, méthodes et moyens de mesure. (1) • Normes et/ou méthodes d'essai à appliquer. (1) • Organismes en charge des contrôles (interne, externe ou extérieur). (2) • Validation du plan de contrôle du remblai d'essai par le Maître d'Œuvre. (3) → PA
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) S'assurer de la pertinence des essais et du nombre d'essai à réaliser.</p> <p>(2) Répartir les responsabilités des opérations de contrôle entre intervenants.</p> <p>(3) Valider la bonne adaptation des opérations de contrôle envisagées en termes de moyens, nombre de mesures et références normatives.</p>

PARTIE B : CONTRAT DE TRAVAUX**CHAPITRE B4 : PLANCHE D'ESSAI ET REMBLAI D'ESSAI****Article B4.2 : Remblai d'essai**

Rev : 10-09-2025

Page : 2/2

Description sommaire de l'article à spécifier :

Si la taille du projet ou les enjeux le justifient, un remblai d'essai peut être exécuté avant le début des travaux à la demande du Maître d'Œuvre. Dans ce cas, la prestation doit être clairement définie dans le DCE. Cette étape a pour objet de démontrer que l'ensemble des moyens et méthodes proposées par l'Entreprise permet d'atteindre chacun des objectifs retenus lors de la conception et, le cas échéant, d'évaluer les rendements des échelons de production en conditions réelles. Les dimensions du remblai d'essai doivent être d'environ 30 à 40 m de longueur, 10 à 12m de largeur et d'une hauteur minimale de 2 m. Le nombre de couches unitaires du remblai d'essai sera de l'ordre de 10 couches. La construction d'un remblai d'essai peut être réalisée à la suite de la réalisation de planches d'essai. Le remblai d'essai permet de s'assurer de la maîtrise de certains points techniques importants comme :

- l'accrochage ou le collage des couches entre elles,
- le caractère monolithique du remblai,
- la liaison entre l'ouvrage à construire et un ouvrage existant,
- la liaison entre une zone traitée et une zone non traitée,
- ou l'observation de tout autre comportement en relation avec la fonction recherchée.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B4.2.3 Réalisation du remblai d'essai	<ul style="list-style-type: none"> • Présence du Maître d'Œuvre lors de la réalisation du remblai d'essai. (1)
	<i>Commentaires</i>
	<p><i>(1) La présence du Maître d'Œuvre sur le site est recommandée afin de vérifier que les moyens mis en œuvre, les méthodologies prévues et les moyens de contrôle sont conformes. Le Maître d'Œuvre doit être informé de toute modification de méthodologie en cours de réalisation du remblai d'essai.</i></p>

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B4.2.4 Rapport de réalisation du remblai d'essai et agrément	<ul style="list-style-type: none"> • Contenu du rapport à fournir. (1) • Synthèse et conclusions tirées du remblai d'essai. (2) • Délai de fourniture du rapport. (3) • Validation du rapport et exploitation des résultats. (4) → PA
	<i>Commentaires</i>
	<p><i>(1) Donner au Maître d'Œuvre la capacité de se prononcer sur la base de résultats complets.</i></p> <p><i>(2) Remettre les éléments nécessaires à la prise de décision du Maître d'Œuvre.</i></p> <p><i>(3) Respecter le planning du chantier.</i></p> <p><i>(4) Fixer les règles d'exécution des travaux ou modifier la conception de l'ouvrage pour atteindre les objectifs.</i></p>

Liste des articles et tâches à spécifier

Article B5.1

Qualification de l'Entreprise

- Tâche B5.1.1 Références de l'Entreprise
- Tâche B5.1.2 Compétence du personnel

Article B5.2

Matériels d'exécution

- Tâche B5.2.1 Matériels pour le traitement en place
- Tâche B5.2.2 Matériel pour le traitement en centrale mobile
- Tâche B5.2.3 Matériels de réglage et de réglage
- Tâche B5.2.4 Matériels de compactage
- Tâche B5.2.5 Agrément des matériels d'exécution par le Maître d'Œuvre

Article B5.3

Procédures d'exécution

- Tâche B5.3.1 Préparation de la fondation
- Tâche B5.3.2 Homogénéisation du sol avant traitement
- Tâche B5.3.3 Traitement de sol en place
- Tâche B5.3.4 Traitement de sol en centrale
- Tâche B5.3.5 Mise en œuvre
- Tâche B5.3.6 Compactage, cure et réglage final
- Tâche B5.3.7 Points particuliers
- Tâche B5.3.8 Agrément des procédures d'exécution par le Maître d'Œuvre



Epandage de la chaux pour traitement sur plate-forme dédiée d'un sol argileux - Construction des plots expérimentaux du SYMADREM à Salin-de-Giraud (F - 13) - Photo Gontran Herrier 2017

PARTIE B : CONTRAT DE TRAVAUX**CHAPITRE B5 : EXECUTION DES TRAVAUX****Article B5.1 : Qualification de l'Entreprise**

Rev : 10-09-2025

Page : 1/1

Description sommaire de l'article à spécifier :

Les opérations de traitement des sols requièrent technicité et expérience confirmées de l'Entreprise en charge des travaux.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B5.1.1 Références de l'Entreprise	<ul style="list-style-type: none"> Expérience de l'Entreprise en charge des travaux. (1)
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) L'Entreprise retenue dans le cadre de l'appel d'offre, ou son sous-traitant, devra démontrer à l'appui de son offre qu'elle a déjà réalisé des chantiers de traitement de sols comparables en volume avec le projet concerné. Elle listera les identifications professionnelles (IP) requises pour répondre à l'appel d'offre (Nomenclature des Travaux Publics [18] : IP 2331- Remblais et Partie Supérieure des Terrassements : IP 2332 - Couche de forme traitée pour voiries à faible trafic : IP 2333 -Couche de forme traitée pour autoroutes, voies rapides, voies ferrées ou plates-formes de tout type).</p>

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B5.1.2 Compétence du personnel	<ul style="list-style-type: none"> Qualification du personnel affecté aux opérations de traitement de sol. (1) Réunion de démarrage. (2)
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) Le traitement des sols à la chaux et ou au liant hydraulique doit être réalisé par un personnel expérimenté. Le manque d'expérience de l'encadrement des travaux peut conduire à une mauvaise qualité de réalisation mettant en cause la réussite du traitement et la pérennité de l'ouvrage. L'Entreprise devra remettre à l'appui de son offre les Curriculum Vitae du personnel d'encadrement des équipes de traitement des sols, attestant de leur qualification dans le domaine.</p> <p>(2) Le cas échéant, une réunion de démarrage pourra être organisée par le Maître d'Œuvre. Elle réunira le personnel d'encadrement et d'exécution afin de préciser les objectifs et détailler les procédures d'exécution.</p>

PARTIE B : CONTRAT DE TRAVAUX**CHAPITRE B5 : EXECUTION DES TRAVAUX****Article B5.2 : Matériels d'exécution**

Rev : 10-09-2025

Page : 1/3

Description sommaire de l'article à spécifier :

Les matériels de traitement doivent être sélectionnés suivant les performances attendues pour le sol traité. Ils peuvent être imposés dans le Dossier de Consultation des Entreprises ou proposés par l'Entreprise. Dans le cas où le Maître d'Œuvre impose le type de matériel à utiliser, il peut s'appuyer pour la rédaction de ses prescriptions sur les éléments indiqués dans les tableaux ci-après. Dans le cas où il souhaite laisser à l'Entreprise le choix de tout ou partie du matériel, il peut évaluer la qualité et la pertinence de l'offre sur la base des mêmes éléments. Comme signalé en introduction du document, dans tous les cas, l'Entreprise a une obligation de résultats à atteindre fixés par le Maître d'Œuvre.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
<p>B5.2.1 Matériels pour le traitement en place</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Liste des matériels proposés par l'Entreprise ou imposés dans le DCE : <ul style="list-style-type: none"> ○ Le matériel de stockage de la chaux et/ou du liant hydraulique. (1) ○ Le matériel d'arrosage. (2) ○ Le matériel d'épandage. (3) ○ Le matériel de malaxage. (4) ○ Le matériel de reprise du sol après traitement. (5)
	<p><i>Commentaires</i></p>
	<p><i>(1) Dans le cas de la livraison du liant en juste à temps, s'assurer de la bonne adéquation entre le besoin et la fourniture pour éviter les retards d'exécution. Dans le cas d'un stockage en silos, la capacité et l'implantation des silos doivent être adaptées aux besoins du chantier. Dans les deux cas, les matériels de stockage doivent être équipés de dispositifs de protection du personnel et de l'environnement (filtration des poussières, etc.).</i></p> <p><i>(2) Pour assurer une meilleure maîtrise du dosage en eau et de sa répartition dans le sol, il convient de privilégier les arroseuses enfouisseuses ou à défaut les arroseuses à rampe de pulvérisation. Ces matériels permettent de limiter les pertes d'eau et le ruissellement en surface. Les arroseuses " à queue de carpe " ne sont pas recommandées en raison de leur manque de précision.</i></p> <p><i>(3) Privilégier un épandeur à dosage volumétrique asservi à la vitesse d'avancement avec contrôle pondéral.</i></p> <p><i>(4) Privilégier un malaxeur à arbre horizontal (matériel automoteur ou porté) avec maîtrise et contrôle de la vitesse d'avancement et de la profondeur de malaxage. Ce type de matériel permet généralement d'obtenir une mouture de 20 à 40 mm selon la plasticité et la teneur en eau du sol. La charrue et le ripper sont à proscrire en raison de leur incapacité à réaliser un mélange acceptable. Ils peuvent être tolérés pour fragmenter le matériau avant malaxage final au malaxeur à arbre horizontal.</i></p> <p><i>(5) Eviter de mélanger le sol traité et le sol non traité qui peut être présent en bordure de la zone traitée et de la couche sous-jacente. L'utilisation d'engins avec guidage GPS présente un intérêt pour maîtriser cette tâche.</i></p>

PARTIE B : CONTRAT DE TRAVAUX**CHAPITRE B5 : EXECUTION DES TRAVAUX****Article B5.2 : Matériels d'exécution**

Rev : 10-09-2025

Page : 2/3

Description sommaire de l'article à spécifier :

Les matériels de traitement doivent être sélectionnés suivant les performances attendues pour le sol traité. Ils peuvent être imposés dans le Dossier de Consultation des Entreprises ou proposés par l'Entreprise. Dans le cas où le Maître d'Œuvre impose le type de matériel à utiliser, il peut s'appuyer pour la rédaction de ses prescriptions sur les éléments indiqués dans les tableaux ci-après. Dans le cas où il souhaite laisser à l'Entreprise le choix de tout ou partie du matériel, il peut évaluer la qualité et la pertinence de l'offre sur la base des mêmes éléments. Comme signalé en introduction du document, dans tous les cas, l'Entreprise a une obligation de résultats à atteindre fixés par le Maître d'Œuvre.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B5.2.2 Matériel pour le traitement en centrale mobile	<ul style="list-style-type: none"> • Caractéristiques de la centrale : <ul style="list-style-type: none"> ○ Débit de production de la centrale. (1) ○ Type de malaxeur. (2) ○ Dispositifs annexes (scalpage, criblage, émottage, décolmatage). (3) ○ Entrants : capacité de stockage, type de dosage et précision. (4) ○ Enregistrement des données de production. (5)
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) C'est le rendement de mise en œuvre sur le chantier qui conditionne le choix du débit de production de la centrale ou des centrales.</p> <p>(2) Les malaxeurs à double arbre à pales ou les malaxeurs à rotor sont recommandés pour les sols fins limono-argileux. Les malaxeurs à vis sans fin sont plutôt adaptés aux matériaux granulaires.</p> <p>(3) Les dispositifs annexes de scalpage, criblage, émottage et de décolmatage des bandes transporteuses permettent d'assurer le bon fonctionnement de la centrale et sont indispensables dans le cas de sols fins limono-argileux.</p> <p>(4) Les débits d'alimentation des entrants de la centrale (sol, liant, eau) doivent être en adéquation avec le rendement attendu.</p> <p>(5) Un système d'enregistrement des données est recommandé pour le suivi de la qualité de la production et la traçabilité</p>

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B5.2.3 Matériels de régilage et de réglage	<ul style="list-style-type: none"> • Matériels de régilage des matériaux. (1) • Matériels de réglage fin des couches. (2)
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) D'une manière générale l'usage d'un bulldozer est suffisant. Il est recommandé d'utiliser des engins à faible pression de contact au sol pour éviter de dégrader la surface. Les matériaux sablo-limoneux sont particulièrement sensibles à ce phénomène et dans ce cas, on privilégiera l'utilisation de bulldozers à chenilles de type " marais ". Il est recommandé que les engins de régilage soient munis d'un équipement de guidage automatique en altimétrie (GPS, station totale ou autre).</p> <p>(2) Cette opération se justifie en crête d'ouvrage et doit se faire méticuleusement et avec précision. D'une manière générale l'usage d'une niveleuse est préconisé. Un équipement de guidage automatique en altimétrie est fortement recommandé (GPS, station totale ou autre).</p>

PARTIE B : CONTRAT DE TRAVAUX**CHAPITRE B5 : EXECUTION DES TRAVAUX****Article B5.2 : Matériels d'exécution**

Rev : 10-09-2025

Page : 3/3

Description sommaire de l'article à spécifier :

Les matériels de traitement doivent être sélectionnés suivant les performances attendues pour le sol traité. Ils peuvent être imposés dans le Dossier de Consultation des Entreprises ou proposés par l'Entreprise. Dans le cas où le Maître d'Œuvre impose le type de matériel à utiliser, il peut s'appuyer pour la rédaction de ses prescriptions sur les éléments indiqués dans les tableaux ci-après. Dans le cas où il souhaite laisser à l'Entreprise le choix de tout ou partie du matériel, il peut évaluer la qualité et la pertinence de l'offre sur la base des mêmes éléments. Comme signalé en introduction du document, dans tous les cas, l'Entreprise a une obligation de résultats à atteindre fixés par le Maître d'Œuvre.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
<p align="center">B5.2.4 Matériels de compactage</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Type et classe de compacteurs pour les couches de remblai. (1) • Dispositifs de contrôle embarqué et d'aide à la conduite. (2) • Matériels de compactage des zones particulières. (3)
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) Le type de compacteur doit être adapté à la nature du sol : les compacteurs à cylindre lisse sont utilisables pour le compactage de la majorité des sols, à condition de vérifier qu'ils n'engendrent pas de feuillement des couches. Pour le compactage des sols fins limono-argileux, il est recommandé d'utiliser des compacteurs vibrants à pieds dameurs car ils favorisent l'accrochage des couches entre elles. Il est déconseillé d'utiliser des compacteurs statiques à pieds dameurs sur les plates-formes exigües. La nature et l'état du matériau ainsi que l'objectif de densification fixés conditionnent le choix du compacteur. Les types de compacteurs et leur classe d'efficacité peuvent être définis suivant les indications disponibles dans le GTR.</p> <p>(2) Si la méthode de contrôle en continu du compactage (méthode e-Q/S) est spécifiée, les compacteurs doivent être équipés de chronotachygraphes. L'utilisation de systèmes embarqués d'aide à la conduite avec géo localisation (exemple GPS) peut être utilement préconisée. Ces systèmes permettent de contrôler en temps réel la bonne répartition de l'énergie de compactage et éventuellement de réaliser le contrôle en continu suivant la méthode e-Q/S.</p> <p>(3) Le compactage de ces zones doit être exécuté au moyen de matériels adaptés tels que les petits matériels de compactage (plaque vibrante, pilonneuse vibrante, petit compacteur vibrant à pieds dameurs), ou au moyen de matériels spécifiques (pelles hydrauliques équipées de plaques vibrantes).</p>

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
<p align="center">B5.2.5 Agrément des matériels d'exécution par le Maître d'Œuvre</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Fourniture des fiches techniques des matériels avec leurs caractéristiques. (1) → PC • Modalités d'agrément des matériels proposés par l'Entreprise. (2) → PA
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) La conformité et les performances des matériels proposés par l'Entreprise seront évaluées à partir de la consultation des documents techniques.</p> <p>(2) Dans le cas où le Maître d'Œuvre demande la réalisation de planches d'essai et/ou de remblais d'essai, l'agrément définitif des matériels ne pourra être prononcé qu'après l'examen des résultats obtenus et la levée du point d'arrêt correspondant.</p>

PARTIE B : CONTRAT DE TRAVAUX**CHAPITRE B5 : EXECUTION DES TRAVAUX****Article B5.3 : Procédures d'exécution**

Rev : 10-09-2025

Page : 1/6

Description sommaire de l'article à spécifier :

Dans le cadre d'un traitement de sol, chaque opération à réaliser doit faire l'objet d'une procédure écrite. L'Entreprise proposera au Maître d'Œuvre des procédures adaptées aux objectifs recherchés à chaque étape : préparation du sol, traitement du sol, transport, mise en œuvre et compactage, etc.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B5.3.1 Préparation de la fondation	<ul style="list-style-type: none"> • Vérification de la portance du sol de la fondation avant le démarrage des travaux par des moyens adaptés (essai à la plaque, essais au pénétromètre, circulation d'un engin en charge, ...). (1) • Préconisation d'un traitement ou d'un recours à une purge en cas de portance de sol de fondation trop faible. (1) • Compactage adapté du sol de fondation. (2)
	<i>Commentaires</i>
	<p><i>(1) S'assurer que le niveau de portance du sol de fondation permette la mise en œuvre et le compactage des premières couches, que ce soit celles du remblai de l'ouvrage en tant que tel, d'une clef d'ancrage ou d'une purge. En règle générale le niveau de portance minimale recommandé est de 35 MPa mesuré selon les normes NF P94-117-1 (avril 2000) ou NF P94-117-2 (octobre 2004).</i></p> <p><i>(2) Obtenir une densification du sol de fondation correspondant au niveau de qualité d'un remblai courant.</i></p>

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B5.3.2 Homogénéisation du sol avant traitement	<ul style="list-style-type: none"> • Procédure d'homogénéisation du gisement dans le cas d'un gisement hétérogène, ou en présence de sols de natures et/ou d'états hydriques différents, notamment dans le cas des fonctions d'usage P, EI et ES. (1) (2) • Conditions de réalisation d'un stock provisoire lorsque nécessaire. (3)
	<i>Commentaires</i>
	<p><i>(1) Obtenir un matériau homogène, conforme au matériau étudié en laboratoire pour garantir les performances escomptées et éviter de reproduire des hétérogénéités ou de générer des points faibles dans l'ouvrage.</i></p> <p><i>(2) La procédure d'homogénéisation est une tâche essentielle pour la réussite du chantier. Par exemple : extraction verticale au déblai pour mélanger les différents horizons, constitution d'un stock provisoire par couches horizontales superposées, reprise par couches verticales, etc. Ce type d'opération nécessite des emprises disponibles et des surcoûts éventuels.</i></p> <p><i>(3) La géométrie du stock provisoire doit être réglée afin de permettre l'évacuation des eaux météoriques et de conserver un état hydrique stable et homogène des sols. Un compactage léger de la surface et des talus du dépôt favorise son imperméabilisation.</i></p>

PARTIE B : CONTRAT DE TRAVAUX**CHAPITRE B5 : EXECUTION DES TRAVAUX****Article B5.3 : Procédures d'exécution**

Rev : 10-09-2025

Page : 2/6

Description sommaire de l'article à spécifier :

Dans le cadre d'un traitement de sol, chaque opération à réaliser doit faire l'objet d'une procédure écrite. L'Entreprise proposera au Maître d'Œuvre des procédures adaptées aux objectifs recherchés à chaque étape : préparation du sol, traitement du sol, transport, mise en œuvre et compactage, etc.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
<p align="center">B5.3.3 Traitement de sol en place</p>	<ul style="list-style-type: none"> • En fonction du contexte du chantier et/ou de la fonction d'usage recherchée, préciser le mode de traitement spécifié par le Maître d'Œuvre ou proposé par l'Entreprise : <ul style="list-style-type: none"> ○ Traitement au remblai. (1) ○ Traitement à l'emprunt. (2) ○ Traitement sur stock provisoire. ○ Traitement sur plate-forme dédiée. (3) • Dosage(s) en liant(s). (4) • Caractéristiques des mélanges après malaxage. (5) • Méthodologie de traitement dans le cas de dosages en liant élevés (> 5 % environ). (6) • Méthodologie de traitement dans le cas d'un traitement mixte (chaux puis liant hydraulique). (7)
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) <i>En l'état actuel de la technologie, le traitement au remblai est à éviter pour ne pas engendrer de pathologies liées à des défauts de réalisation (hétérogénéités aux inter-couches, défaut de traitement des bords de talus, etc.). La décision d'un traitement au remblai doit être prise après évaluation des risques.</i></p> <p>(2) <i>En présence d'un gisement hétérogène, une homogénéisation est nécessaire avant traitement pour garantir la régularité des propriétés du sol traité au sein de l'ouvrage.</i></p> <p>(3) <i>Le traitement sur plate-forme dédiée permet de mieux maîtriser et industrialiser les opérations de traitement. Ce mode de traitement est recommandé pour les fonctions P, EI et ES.</i></p> <p>(4) <i>S'assurer que le ou les dosages appliqués sont conformes aux dosages objectifs fixés par les études et approuvés par le Maître d'Œuvre.</i></p> <p>(5) <i>L'obtention des performances requises impose de fixer les caractéristiques des matériaux traités : teneur en eau, teneur en liant et mouture.</i></p> <p>(6) <i>En général, l'opération se fait en 2 temps :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>un premier traitement en appliquant la moitié du dosage en liant avec un réglage et un léger compactage de la couche fraîchement traitée,</i> ○ <i>un second traitement en appliquant la seconde moitié du dosage en liant. Un ajustement de la teneur en eau peut être nécessaire à cette étape.</i> <p>(7) <i>Dans le cas où un échauffement excessif est constaté suite à la réaction exothermique de la chaux, il peut être utile de différer le traitement au liant hydraulique, par exemple en réalisant un stock provisoire pour permettre le refroidissement du sol traité à la chaux. Ce type de stock peut aussi être envisagé lorsqu'un délai de maturation du mélange sol/chaux est nécessaire.</i></p>

PARTIE B : CONTRAT DE TRAVAUX
CHAPITRE B5 : EXECUTION DES TRAVAUX

Article B5.3 : Procédures d'exécution

Rev : 10-09-2025

Page : 3/6

Description sommaire de l'article à spécifier :

Dans le cadre d'un traitement de sol, chaque opération à réaliser doit faire l'objet d'une procédure écrite. L'Entreprise proposera au Maître d'Œuvre des procédures adaptées aux objectifs recherchés à chaque étape : préparation du sol, traitement du sol, transport, mise en œuvre et compactage, etc.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
<p>B5.3.4 Traitement de sol en centrale</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Caractéristiques de la centrale. (1) • Nature des matériaux entrants. (2) • Stockage des matériaux traités à la chaux. (3)
	<p><i>Commentaires</i></p>
	<p><i>(1) Privilégier les critères de résultats, notamment en termes de débit, caractéristiques des mélanges fabriqués et du contrôle intégré, plutôt qu'en termes de moyens.</i></p> <p><i>(2) Insister sur l'homogénéité des matériaux entrants. En l'état actuel de la technologie, le traitement en centrale est plutôt adapté aux matériaux fins sableux, sablo-graveleux ou faiblement à moyennement plastiques (type A1 ou A2) et peu humides. Il est conseillé d'éviter l'emploi de matériaux très plastiques (type A3 et A4) ou les matériaux avec des gros éléments ($D_{max} > 100$ mm environ).</i></p> <p><i>(3) Permettre le refroidissement du matériau traité à la chaux par un stockage prolongé (quelques heures à quelques jours) afin d'éviter l'apparition de fissures de retrait thermique dans l'ouvrage.</i></p>

PARTIE B : CONTRAT DE TRAVAUX**CHAPITRE B5 : EXECUTION DES TRAVAUX****Article B5.3 : Procédures d'exécution**

Rev : 10-09-2025

Page : 4/6

Description sommaire de l'article à spécifier :

Dans le cadre d'un traitement de sol, chaque opération à réaliser doit faire l'objet d'une procédure écrite. L'Entreprise proposera au Maître d'Œuvre des procédures adaptées aux objectifs recherchés à chaque étape : préparation du sol, traitement du sol, transport, mise en œuvre et compactage, etc.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
<p align="center">B5.3.5 Mise en œuvre</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Niveau de rendement souhaité pour la mise en œuvre. (1) • Méthodologie de mise en œuvre. (2) • Méthode d'approvisionnement, de régalage et de réglage du sol traité avant son compactage. (3) • Dispositions à prendre pour le collage des couches entre elles. (4) (5)
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) Ce paramètre permet à l'Entreprise de pré-dimensionner ses ateliers de traitement, de mise en œuvre, de compactage et les autres moyens nécessaires.</p> <p>(2) La méthodologie de mise en œuvre peut être proposée par le Maître d'Œuvre mais peut faire l'objet de proposition de variante par l'Entreprise. L'Entreprise doit détailler la méthodologie en incluant le cas échéant la méthode du remblai excédentaire (une valeur de 1 mètre est recommandée) ou toute autre disposition constructive (par exemple terrassement en redans, etc.).</p> <p>(3) Obtenir des précisions sur les accès à l'ouvrage et le cheminement des engins d'approvisionnement, notamment en cas d'interdiction de circuler sur le matériau mis en œuvre. Tenir compte au régalage du contre-foisonnement du sol pour obtenir l'épaisseur requise après compactage.</p> <p>(4) En pratique, le collage des couches est obtenu lorsque leur recouvrement est réalisé dans un délai court (délai de maniabilité du mélange). La vérification du collage des couches peut faire l'objet d'une planche ou d'un remblai d'essai avant le démarrage des travaux.</p> <p>(5) Suite à un arrêt prolongé de chantier (nuit, week-end, panne, intempéries) il convient de définir les modalités de reprise permettant le collage des couches. Plusieurs solutions sont envisageables, notamment :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ utilisation de compacteurs vibrants à pieds dameurs pour les sols fins, ○ humidification de la couche à recouvrir, ○ épandage en poudre ou en suspension dans l'eau de chaux, ou de liant hydraulique en surface de la couche à recouvrir, ○ etc.

PARTIE B : CONTRAT DE TRAVAUX

CHAPITRE B5 : EXECUTION DES TRAVAUX

Article B5.3 : Procédures d'exécution

Rev : 10-09-2025

Page : 5/6

Description sommaire de l'article à spécifier :

Dans le cadre d'un traitement de sol, chaque opération à réaliser doit faire l'objet d'une procédure écrite. L'Entreprise proposera au Maître d'Œuvre des procédures adaptées aux objectifs recherchés à chaque étape : préparation du sol, traitement du sol, transport, mise en œuvre et compactage, etc.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
<p>B5.3.6 Compactage, cure et réglage final</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Suivant la fonction d'usage de l'ouvrage, spécifier les critères suivants : <ul style="list-style-type: none"> ○ Le niveau de densification à atteindre. (1) ○ La teneur en eau du sol traité au moment du compactage. (2) ○ L'épaisseur maximale des couches compactées. (3) • Spécifier si les modalités de compactage sont à déterminer à partir des tableaux du GTR ou par la réalisation d'une planche d'essai. (4) • Spécifier le type de compacteur (compacteur vibrant à cylindre lisse ou à pieds dameurs, compacteur à pneus, etc.). • Protection superficielle des couches. (5) • Spécifier le réglage final après compactage. (6)
	<p><i>Commentaires</i></p>
	<p>(1) Deux objectifs de densification sont définis :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ " q4 " : $\rho_{dm} \geq 95,0 \% \rho_{dmaxOPN}$ en moyenne et $\rho_{dfc} \geq 92,0 \% \rho_{dmaxOPN}$ en fond de couche, ○ " q3 " : $\rho_{dm} \geq 98,5 \% \rho_{dmaxOPN}$ en moyenne et $\rho_{dfc} \geq 96,0 \% \rho_{dmaxOPN}$ en fond de couche. <p>Pour toutes les fonctions, les préconisations du Bulletin 195 de la CIGB [1] et du Référentiel technique digues maritimes et fluviales [19] sont $\rho_{dm} \geq 95,0 \% \rho_{dmaxOPN}$, ce qui correspond à la qualité " q4 ". Lorsque les sollicitations appliquées à l'ouvrage ou la nature du matériau (matériaux sablo-graveleux) le justifient, il pourra être recherché la qualité " q3 ".</p> <p>Les retours d'expérience des démonstrateurs réalisés ces dernières années ont montré qu'il était possible d'atteindre cet objectif. Toutefois, l'obtention de cette qualité devra être démontrée par une planche d'essai.</p> <p>(2) Pour la fonction M, l'état hydrique du sol après traitement doit permettre d'assurer un niveau de portance suffisant pour sa mise en œuvre et son compactage. Pour les autres fonctions S, P, EI et ES, un état hydrique du sol traité au moment du compactage d'environ $1,10 \times w_{OPN}$ est préconisé sous réserve de ne pas dépasser un degré de saturation moyen de 90 % avec des valeurs maximales de 95 %, notamment pour les ouvrages d'une hauteur supérieure à 15 m.</p> <p>(3) Pour les fonctions P, EI et ES, l'épaisseur maximale recommandée des couches compactées est de 0,30 m. Au-delà de cette valeur, l'objectif de densification à atteindre en fond de couche est difficile à obtenir avec des sols fins limono-argileux traités.</p> <p>(4) La réalisation d'une planche d'essai de compactage est conseillée dans les cas à fort enjeu (fonctions P, EI et ES, voire S) et nécessaire en cas d'utilisation de sols sensibles, notamment à forte argilosité.</p> <p>(5) En général la protection consiste à maintenir une humidité de surface par pulvérisation d'eau en période de forte évaporation. Cette opération doit être réalisée de façon maîtrisée pour éviter le lessivage de la couche.</p> <p>(6) Le réglage final s'applique à la géométrie globale de l'ouvrage (talus, crête, etc.). Il ne s'applique pas aux couches élémentaires. Il doit être réalisé dans un délai compatible avec le niveau de prise du sol traité et dans tous les cas avant le durcissement.</p>

PARTIE B : CONTRAT DE TRAVAUX
CHAPITRE B5 : EXECUTION DES TRAVAUX

Article B5.3 : Procédures d'exécution

Rev : 10-09-2025

Page : 6/6

Description sommaire de l'article à spécifier :

Dans le cadre d'un traitement de sol, chaque opération à réaliser doit faire l'objet d'une procédure écrite. L'Entreprise proposera au Maître d'Œuvre des procédures adaptées aux objectifs recherchés à chaque étape : préparation du sol, traitement du sol, transport, mise en œuvre et compactage, etc.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B5.3.7 Points particuliers	<ul style="list-style-type: none"> Raccordement avec un ouvrage existant. (1) Mise en œuvre et compactage dans des zones d'accès difficile ou de géométrie complexe. (2)
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) Les points particuliers doivent faire l'objet d'une réflexion spécifique en s'inspirant des pratiques en usage dans le domaine afin d'assurer une transition correcte (redans de transition, épaulement, carapace, rehausse...) entre les matériaux de natures différentes.</p> <p>(2) Dans le cas des zones d'accès difficile, le matériau traité sera approvisionné, mis en œuvre et compacté avec des matériels appropriés.</p>

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B5.3.8 Agrément des procédures d'exécution par le Maître d'Œuvre	<ul style="list-style-type: none"> Fourniture des procédures d'exécution par l'Entreprise. (1) → PC Modalités de validation des procédures d'exécution proposées par l'Entreprise. (2) → PA
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) Les procédures d'exécution proposées par l'Entreprise doivent prendre en compte les spécifications du marché et y répondre.</p> <p>(2) Les procédures seront évaluées par le Maître d'Œuvre au regard des objectifs fixés. Le Maître d'Œuvre peut demander la réalisation de planches d'essai et/ou de remblai d'essai afin de vérifier une ou plusieurs procédures d'exécution. Dans ce cas, la validation définitive de ces procédures d'exécution ne pourra être prononcée qu'après l'examen des résultats obtenus et la levée du point d'arrêt qui est associé à cette étape.</p>

Liste des articles et tâches à spécifier

Article B6.1

Prescriptions générales

- Tâche B6.1.1 Documents généraux

Article B6.2

Contrôles à réaliser

- Tâche B6.2.1 Contrôle du sol naturel
- Tâche B6.2.2 Contrôle de la chaux et des liants
- Tâche B6.2.3 Contrôle de l'atelier de traitement en place
- Tâche B6.2.4 Contrôle de la centrale de traitement
- Tâche B6.2.5 Contrôle de production
- Tâche B6.2.6 Contrôle de la mise en œuvre
- Tâche B6.2.7 Contrôle du compactage
- Tâche B6.2.8 Contrôle de la géométrie

Article B6.3

Répartition des contrôles

- Tâche B6.3.1 Contrôle interne
- Tâche B6.3.2 Contrôle externe
- Tâche B6.3.3 Contrôle extérieur

Article B6.4

Fiches de suivi

- Tâche B6.4.1 Suivi des opérations de traitement, de mise en œuvre et de compactage

Article B6.5

Points sensibles

- Tâche B6.5.1 Liste des points sensibles



Ajustement hydrique à l'arroseuse enfouisseuse d'un sol argileux traité à la chaux – Photo Maurice Bufalo

PARTIE B : CONTRAT DE TRAVAUX**CHAPITRE B6 : CONTROLE – GESTION DE LA QUALITE****Article B6.1 : Prescriptions générales**

Rev : 10-09-2025

Page : 1/1

Description sommaire de l'article à spécifier :

Généralement appliquée dans tous les domaines de travaux, la gestion des contrôles et de la qualité est nécessaire à la maîtrise des opérations de traitement des sols. Les opérations de contrôles doivent être planifiées et réalisées par l'Entreprise afin de vérifier et de garantir que les exigences spécifiées sont respectées. Les contrôles et essais requis pour l'ouvrage peuvent être définis dans :

- les normes et autres documents généraux,
- le marché,
- les procédures et instructions de travail du Plan d'Assurance Qualité.

Ces contrôles et essais sont exécutés à trois stades de la réalisation, qui sont :

- à la réception ou à la livraison des fournitures,
- en cours de réalisation des travaux,
- à la fin de la réalisation, avant réception par le client.

A chacune de ces étapes, des enregistrements de ces contrôles et essais sont établis. Ils attestent factuellement si le produit ou la prestation est conforme ou non. A certaines étapes des opérations de contrôle, le Maître d'Œuvre peut spécifier un point d'arrêt à lever en fonction des résultats obtenus. Le Maître d'Œuvre peut aussi réaliser des contrôles par des essais systématiques ou aléatoires portant sur des paramètres définis dans le cahier des charges.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B6.1.1 Documents généraux	<ul style="list-style-type: none"> • Établissement d'un Plan d'Assurance Qualité (P.A.Q.). (1) (2) → PA • Établissement du plan de contrôle consolidé. (3) → PA
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) Le Plan d'Assurance Qualité établi par l'Entreprise à partir du DCE (définition du contrôle extérieur et des points sensibles PA et PC), doit préciser :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ l'organigramme du chantier, ○ les moyens en matériel, ○ l'origine des fournitures, ○ la liste des procédures, ○ la gestion des contrôles et des non-conformités. <p>(2) Le Plan d'Assurance Qualité permet au Maître d'Œuvre d'optimiser le dimensionnement de son contrôle extérieur.</p> <p>(3) Le plan de contrôle consolidé tient à jour la liste de tous les contrôles prévus dans les procédures. Il est établi par l'Entreprise pour permettre de suivre le respect des fréquences des contrôles et la traçabilité de la conformité des travaux.</p>

PARTIE B : CONTRAT DE TRAVAUX**CHAPITRE B6 : CONTROLE – GESTION DE LA QUALITE****Article B6.2 Contrôles à réaliser**

Rev : 10-09-2025

Page : 1/5

Description sommaire de l'article à spécifier :

Le Maître d'Œuvre doit spécifier les éléments devant faire l'objet d'un contrôle aux différentes étapes du traitement de sol en tenant compte de la fonction d'usage de l'ouvrage. Il s'agit:

- des entrants (sol et produits de traitement),
- des matériels de traitement de sol,
- des opérations de traitement de sol (dosage en chaux et/ou en liant hydraulique, malaxage, ajustement hydrique, finesse de mouture),
- de la mise en œuvre et du compactage du sol traité.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B6.2.1 Contrôle du sol naturel	<ul style="list-style-type: none"> • Identification des matériaux en nature et état hydrique et évaluation de l'homogénéité du gisement. (1) • Conformité de la nature des matériaux du gisement par rapport au matériau ayant servi à réaliser l'étude de traitement des phases Avant-projet et Projet. • Test d'aptitude au traitement (NF P94-100) [20]. (2) • Elimination des gros éléments dans le sol naturel. (3)
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) <i>L'homogénéité du gisement est un paramètre essentiel pour la qualité du traitement.</i></p> <p>(2) <i>Le test d'aptitude au traitement permet de détecter les risques de défauts de prise ou de désordres imputables à la présence éventuelle d'éléments perturbateurs (matières organiques, sulfates, pyrite, micas, etc.).</i></p> <p>(3) <i>La présence de gros éléments peut gêner le malaxage ou le rendre impossible suivant le nombre, la taille et la dureté des blocs rocheux.</i></p>

PARTIE B : CONTRAT DE TRAVAUX

CHAPITRE B6 : CONTROLE – GESTION DE LA QUALITE

Article B6.2 Contrôles à réaliser

Rev : 10-09-2025

Page : 2/5

Description sommaire de l'article à spécifier :

Le Maître d'Œuvre doit spécifier les éléments devant faire l'objet d'un contrôle aux différentes étapes du traitement de sol en tenant compte de la fonction d'usage de l'ouvrage. Il s'agit:

- des entrants (sol et produits de traitement),
- des matériels de traitement de sol,
- des opérations de traitement de sol (dosage en chaux et/ou en liant hydraulique, malaxage, ajustement hydrique, finesse de mouture),
- de la mise en œuvre et du compactage du sol traité.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
<p>B6.2.2 Contrôle de la chaux et des liants</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Origine et caractéristiques des produits de traitement. (1) • Agrément des produits de traitement par le Maitre d'Œuvre. → PA • Granulométrie et test de réactivité à l'eau de la chaux vive. (2) • Conditions de stockage sur site des produits de traitement.
	<p><i>Commentaires</i></p>
	<p><i>(1) Ces indications figurent sur les fiches techniques " produits " émises par les fournisseurs et sur les bons de livraison remis par le transporteur à l'arrivée de la fourniture.</i></p> <p><i>(2) Les études en laboratoire et les essais sur démonstrateurs ont prouvé l'efficacité, en termes de propriétés du sol traité, de la chaux calcique vive de haute pureté conforme à la norme NF EN 459-1 [10](Chaux de construction). Ils conduisent à préconiser une chaux de désignation NF EN459-1 CL 90-Q (R5, P2) (chaux libre ≥ 88 %) :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>classe de réactivité : R5 (température supérieure à 60°C en moins de 10 min lors de l'essai de réactivité à l'eau),</i> ○ <i>classe granulométrique : P2 (Passant à 5 mm : 100% ; à 2 mm ≥ 95% ; à 0,2mm ≥ 70% ; à 0,09mm ≥ 50%),</i> ○ <i>teneur en chaux libre (CaO) ≥ 88 %.</i> <p><i>Les essais de caractérisation sont décrits dans la norme NF EN 459-2 [21] (Chaux de construction : Méthodes d'essai). Les contrôles de réactivité de la chaux vive à l'eau et de la granulométrie par tamisage à sec sont facilement réalisables sur le chantier. La teneur en chaux libre est mesurée chez le producteur. Elle peut l'être également dans des laboratoires disposant des équipements nécessaires.</i></p>

PARTIE B : CONTRAT DE TRAVAUX**CHAPITRE B6 : CONTROLE – GESTION DE LA QUALITE****Article B6.2 Contrôles à réaliser**

Rev : 10-09-2025

Page : 3/5

Description sommaire de l'article à spécifier :

Le Maître d'Œuvre doit spécifier les éléments devant faire l'objet d'un contrôle aux différentes étapes du traitement de sol en tenant compte de la fonction d'usage de l'ouvrage. Il s'agit:

- des entrants (sol et produits de traitement),
- des matériels de traitement de sol,
- des opérations de traitement de sol (dosage en chaux et/ou en liant hydraulique, malaxage, ajustement hydrique, finesse de mouture),
- de la mise en œuvre et du compactage du sol traité.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
<p style="text-align: center;">B6.2.3</p> <p>Contrôle de l'atelier de traitement en place</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Bon état d'entretien des matériels de traitement en place : épandeurs, arroseuses et malaxeurs. (1) • Vérification de la conformité de la masse de produit de traitement épandu par m² par rapport au dosage déterminé par l'étude de laboratoire. (2) • Le mode de calcul de la masse de produit de traitement à épandre au m². (3)
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) Cette opération peut être effectuée par examen visuel des différents matériels.</p> <p>(2) La vérification peut être effectuée par la pesée de bâches ou de bacs de surface connue posés au sol lors de l'épandage. Il est recommandé que la précision de l'épandeur exprimée par son coefficient de variation soit inférieure à 10%, et que son exactitude (écart entre la valeur moyenne de la masse épandue et la valeur visée) soit inférieure à 5% de la masse visée. Dans le cas de la fonction M, un coefficient de variation inférieur à 15% suffit.</p> <p>(3) Par définition, la masse de produit de traitement à épandre rapportée à la masse de produits secs (sol + produit de traitement) contenus dans le mélange est calculée comme suit :</p> $Q = e \times \rho_d \times \frac{d}{100 - d}$ <p>avec :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Q : masse de produit de traitement à épandre (kg/m²) - e : épaisseur de la couche de sol à traiter (m) - ρ_d : masse volumique sèche du sol en place à traiter (kg/m³)(*) - d : dosage en produit de traitement (%) (**) <p>(*) la masse volumique sèche du sol en place ρ_d à traiter peut-être estimée ou mesurée au moyen d'un nucléodensimètre.</p> <p>(**) par définition, le dosage en produit de traitement est le rapport entre la masse du produit et la masse du sol sec + la masse du produit de traitement (%).</p>

PARTIE B : CONTRAT DE TRAVAUX**CHAPITRE B6 : CONTROLE – GESTION DE LA QUALITE****Article B6.2 Contrôles à réaliser**

Rev : 10-09-2025

Page : 4/5

Description sommaire de l'article à spécifier :

Le Maître d'Œuvre doit spécifier les éléments devant faire l'objet d'un contrôle aux différentes étapes du traitement de sol en tenant compte de la fonction d'usage de l'ouvrage. Il s'agit:

- des entrants (sol et produits de traitement),
- des matériels de traitement de sol,
- des opérations de traitement de sol (dosage en chaux et/ou en liant hydraulique, malaxage, ajustement hydrique, finesse de mouture),
- de la mise en œuvre et du compactage du sol traité.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B6.2.4 Contrôle de la centrale de traitement	<ul style="list-style-type: none"> • Bon état de fonctionnement de la centrale et de ses différents éléments. (1) • Vérification du débit du sol entrant et du débit du produit de traitement. (2)
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) Cette opération peut être effectuée par examen visuel des différents dispositifs (trémie, crible, émotteur, convoyeurs, malaxeur, pompe à eau, etc.).</p> <p>(2) Cette opération est réalisée par pesée et peut nécessiter des moyens annexes (camion et accès à un pont bascule par exemple).</p>

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B6.2.5 Contrôle de production	<ul style="list-style-type: none"> • Dosage en liant. (1) • Granulométrie apparente et homogénéité de la mouture. (2) • Teneur en eau du sol traité. (3)
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) Le contrôle se fait par pesée sur bâches ou bacs dans le cas du traitement en place. En centrale, il se fait de manière automatique et dans ce cas une attention particulière doit être portée à la propreté des éléments d'alimentation et de contrôle (bandes transporteuses, pesons, etc.).</p> <p>(2) L'évaluation peut se faire par tamisage à sec ou visuellement pour la mouture et selon l'homogénéité de la couleur pour la répartition du liant.</p> <p>(3) Le respect de la teneur en eau du mélange est indispensable. Un objectif compris entre 1,05 et 1,15 x w_{OPN} pour le matériau traité est recommandé sous réserve d'une traficabilité acceptable.</p>

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B6.2.6 Contrôle de la mise en œuvre	<ul style="list-style-type: none"> • Épaisseur de la couche de matériau traité avant compactage. (1) • Teneur en eau du sol traité à la mise en œuvre. (2)
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) Une planche d'essai permet de déterminer l'épaisseur foisonnée de la couche de matériaux traités à mettre en œuvre afin d'obtenir l'épaisseur recherchée après compactage.</p> <p>(2) Ce facteur est à contrôler systématiquement.</p>

PARTIE B : CONTRAT DE TRAVAUX**CHAPITRE B6 : CONTROLE – GESTION DE LA QUALITE****Article B6.2 Contrôles à réaliser**

Rev : 10-09-2025

Page : 5/5

Description sommaire de l'article à spécifier :

Le Maître d'Œuvre doit spécifier les éléments devant faire l'objet d'un contrôle aux différentes étapes du traitement de sol en tenant compte de la fonction d'usage de l'ouvrage. Il s'agit:

- des entrants (sol et produits de traitement),
- des matériels de traitement de sol,
- des opérations de traitement de sol (dosage en chaux et/ou en liant hydraulique, malaxage, ajustement hydrique, finesse de mouture),
- de la mise en œuvre et du compactage du sol traité.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
<p style="text-align: center;">B6.2.7 Contrôle du compactage</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôle en continu selon la méthode e-Q/S. (1) • Mesure en place de la masse volumique sèche de la couche traitée compactée. (2) • Mesure indirecte de la qualité du compactage par essai pénétrométrique dynamique. (3)
	<i>Commentaires</i>
	<p><i>(1) Le contrôle du compactage par la méthode " e-Q/S " impose d'équiper les compacteurs d'un système de mesure de la vitesse de déplacement et de la surface balayée. Cela suppose l'installation d'un chronotachygraphe sur les compacteurs ou d'un système de guidage GPS beaucoup plus précis avec enregistrement permettant l'exploitation des données.</i></p> <p><i>(2) Le contrôle du compactage peut être réalisé systématiquement par des mesures ponctuelles au moyen de nucléodensimètres ou de carottages. Dans le cas d'un contrôle en continu des mesures ponctuelles de vérification peuvent être réalisées selon une fréquence à définir.</i></p> <p><i>(3) Avec cette méthode, la mesure de résistance de pointe à l'enfoncement est sensible à la prise du sol traité et doit être réalisée à très court terme dans le délai de maniabilité du liant après le compactage (une à deux heures selon le liant utilisé et la température ambiante).</i></p>

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
<p style="text-align: center;">B6.2.8 Contrôle de la géométrie</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conformité géométrique de l'ouvrage par rapport aux tolérances. (1)
	<i>Commentaires</i>
	<p><i>(1) Les vérifications doivent être faites rapidement avant le durcissement du sol traité et porter notamment sur :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ la crête de l'ouvrage, ○ les talus, ○ la largeur des plates-formes ○ etc.

PARTIE B : CONTRAT DE TRAVAUX
CHAPITRE B6 : CONTROLE – GESTION DE LA QUALITE

Article B6.3 : Répartition des contrôles

Rev : 10-09-2025

Page : 1/1

Description sommaire de l'article à spécifier :

L'organisation des contrôles sur les chantiers se décompose en contrôle intérieur réalisé par l'Entreprise, et contrôle extérieur réalisé par le Maître d'Œuvre. Le contrôle intérieur comprend un contrôle interne effectué par les équipes travaux (autocontrôle) et un contrôle externe réalisé par une personne indépendante de la chaîne de production (contrôle de conformité).

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B6.3.1 Contrôle interne	<ul style="list-style-type: none"> Définition des missions de contrôles de la qualité de réalisation affectées à l'encadrement de l'Entreprise sur le chantier. (1)
	<i>Commentaires</i>
	<i>(1) Le contrôle interne est réalisé par les exécutants eux-mêmes (personnel de travaux, laboratoire, topographie). Ils appliquent et respectent les procédures écrites dans le P.A.Q. L'organisation du contrôle interne, ou autocontrôle, est de la responsabilité de l'Entreprise.</i>

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B6.3.2 Contrôle externe	<ul style="list-style-type: none"> Si nécessaire, désignation d'un Responsable du Contrôle Externe (RCE). (1)
	<i>Commentaires</i>
	<i>(1) Le RCE est membre de l'Entreprise. Il veille au respect du système de gestion de la qualité. Sa fonction est indépendante de la chaîne de production. Il dépend du Dirigeant de l'Entreprise et sa mission consiste notamment à vérifier l'efficacité du contrôle interne et l'application du P.A.Q.</i>

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B6.3.3 Contrôle extérieur	<ul style="list-style-type: none"> Définition des missions du contrôle extérieur. (1)
	<i>Commentaires</i>
	<i>(1) Le contrôle extérieur est exercé sur l'Entreprise par le Maître d'Œuvre ou un organisme mandaté par ce dernier. Le contrôle extérieur vérifie le bon fonctionnement des contrôles interne et externe. Le Maître d'Œuvre vise les documents Qualité remis par l'Entreprise, procède ou fait procéder à des contrôles ponctuels lorsque nécessaire, et intervient dans la levée des points d'arrêt.</i>

PARTIE B : CONTRAT DE TRAVAUX**CHAPITRE B6 : CONTROLE – GESTION DE LA QUALITE****Article B6.4 : Fiches de suivi**

Rev : 10-09-2025

Page : 1/1

Description sommaire de l'article à spécifier :

Les contrôles réalisés pendant les opérations de traitement, de mise en œuvre et de compactage doivent être restitués sous forme de fiches à établir par l'entité en charge du contrôle (contrôle interne, externe ou extérieur). Une fiche peut être établie pour chaque tâche de contrôle réalisé ou par journée de production.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
B6.4.1 Suivi des opérations de traitement, de mise en œuvre et de compactage	<ul style="list-style-type: none">• Procédures de contrôle des opérations de traitement, de mise en œuvre et de compactage. (1)• Traçabilité des contrôles et essais. (2)
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) Les facteurs sur lesquels porteront les contrôles doivent être définis dans chaque procédure. Ces contrôles spécifiques et leurs fréquences seront rappelés dans le plan de contrôle consolidé du chantier.</p> <p>(2) Les contrôles et essais réalisés quotidiennement lors des opérations de traitement, de mise en œuvre et de compactage doivent être enregistrés. Ces enregistrements (Fiches de suivi, registre,...) mentionnent les conditions météorologiques, les moyens en matériel utilisés, les objectifs visés et les résultats des contrôles réalisés. Ces éléments sont versés au dossier de récolement.</p>

PARTIE B : CONTRAT DE TRAVAUX
CHAPITRE B6 : CONTROLE – GESTION DE LA QUALITE

Article B6.5 : Points sensibles

Rev : 10-09-2025

Page : 1/1

Description sommaire de l'article à spécifier :

Selon l'enjeu du chantier et la fonction de l'ouvrage, le Maître d'Œuvre établit la liste des points sensibles (points critiques et points d'arrêt) relatifs au traitement des sols. Ces points sensibles doivent figurer dans le plan de contrôle consolidé du chantier.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
<p>B6.5.1 Liste des points sensibles</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Liste des points sensibles (points critiques et points d'arrêt) relatifs aux opérations de traitement de sol, de mise en œuvre et de compactage. (1) (2)
	<p><i>Commentaires</i></p>
	<p><i>(1) Cette liste est à adapter en fonction du cas de chantier. Elle peut par exemple comporter des points d'arrêt aux principales étapes suivantes :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>agrément des produits de traitement,</i> ○ <i>agrément des procédures de traitement de sol,</i> ○ <i>agrément des procédures d'exécution,</i> ○ <i>agrément du rapport sur planche d'essai et/ou remblai d'essai,</i> ○ <i>etc.</i> <p><i>(2) Chaque point d'arrêt doit faire l'objet d'une décision du Maître d'Œuvre (levée ou non du point d'arrêt). Des points d'arrêt non levés peuvent entraîner une interruption des travaux et avoir des répercussions sur le planning.</i></p>

Liste des articles et tâches à spécifier

Article C1.1

Instrumentation

- Tâche C1.1.1 Conception de l'instrumentation
- Tâche C1.1.2 Pose de l'instrumentation



Compaction d'une couche de sol argileux traité à la chaux au compacteur vibrant à pieds dameurs et au compacteur vibrant à cylindre lisse - Construction du démonstrateur d'écluse du CSNE à Marquion (F - 62) - Photo Maurice Bufalo 2021



Contrôle du compactage au nucléodensimètre d'une couche de sol argileux traité à la chaux - Chantier expérimental d'Hedwigepolder (NL) - Photo Michel Froumentin 2021

PARTIE C : INSTRUMENTATION**CHAPITRE C1 : INSTRUMENTATION****Article C1.1 : Instrumentation**

Rev : 10-09-2025

Page : 1/2

Description sommaire de l'article à spécifier :

Lorsqu'il est prévu d'instrumenter l'ouvrage à des fins d'expérimentation ou de suivi, la mise en place des équipements dans l'ouvrage pendant sa construction doit être spécifiée. La pose de l'instrumentation est généralement confiée à un organisme ou une Entreprise spécialisée. L'Entreprise travaux doit mettre à disposition les moyens matériels et humains et intégrer le temps nécessaire à chaque étape de pose de capteurs.

L'exploitation des mesures effectuées pendant les travaux ou après la réalisation de ceux-ci est généralement réalisée par le Maître d'Œuvre. Elle est poursuivie dans le temps par le Maître d'Ouvrage. La définition des équipements et leurs spécifications techniques doit donc prendre en compte la nécessité de conserver une fiabilité durant toute la période de suivi. La redondance des équipements est recommandée pour tenir compte de la défaillance attendue d'un certain nombre des capteurs installés.

Le traitement des sols engendre des modifications de leurs caractéristiques mécaniques. Il apporte progressivement une résistance et une raideur qui les font passer d'un comportement de sol meuble à celui d'un remblai plus raide. La cinétique de prise et le durcissement est propre à chaque type de liant : celle d'un sol traité à la chaux est plus lente que celle d'un sol traité avec un liant hydraulique (liant hydraulique seul ou chaux + liant hydraulique). L'instrumentation doit apporter des éléments de réponse aux questions posées lors de la conception, que ce soit sur le comportement court terme ou sur celui à plus long terme.

Les ouvrages en sol traité à fort enjeu doivent être instrumentés et surveillés en combinant les recommandations relatives aux barrages en remblai non traité et celles relatives aux ouvrages en matériaux plus rigides. Le contrôle doit porter sur les paramètres caractéristiques des effets à la fois à court terme (température à l'intérieur du remblai, teneur en eau, développement potentiel de pressions interstitielles, etc.) et des effets à plus ou moins long terme (fissuration, mouvements différentiels, tassements, fuites, piézométrie, mouvements de pente etc.). On se reportera aux documents de la CIGB et du CFBR sur le sujet.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
	<ul style="list-style-type: none"> • Description générale de l'instrumentation à intégrer lors de la construction de l'ouvrage. (1) • Grandeurs à mesurer, liste, types de capteurs et dispositifs associés à poser. (2) • Plans d'implantation des capteurs et dispositifs associés dans l'ouvrage (vues en plan et coupe). (3) • Phasage de la pose de l'instrumentation. (4) • Implantation et caractéristiques de la ou des chambre(s) technique(s) centralisant les câbles reliés aux capteurs. • Besoins matériels et logistique spécifique pour l'Entreprise en charge de la pose de l'instrumentation à intégrer au marché travaux. (5) • Responsabilité des mesures et de leur interprétation. (6)
C1.1.1 Conception de l'instrumentation	<i>Commentaires</i>
	<p><i>(1) L'information donnée à l'Entreprise en charge des travaux doit être claire afin de lui permettre d'intégrer cet article dans sa réponse. Le Maître d'Œuvre aura préalablement défini l'instrumentation de l'ouvrage dans un cahier des charges dédié résultant des études menées pendant les phases Avant-Projet et Projet.</i></p> <p><i>(2) Certaines des grandeurs sont à mesurer en continu et d'autres ponctuellement selon une fréquence à définir.</i></p> <p><i>(3) Dans certains cas, l'utilisation de centrales d'acquisition de mesures en continu peut être envisagée.</i></p> <p><i>(4) Prendre en compte le planning et le phasage général du chantier pour la pose de l'instrumentation. Les délais d'achat et de livraison des capteurs et équipements sont également à prendre en compte.</i></p> <p><i>(5) Prévoir la location ou l'achat d'équipements spécifiques si nécessaire.</i></p> <p><i>(6) Certaines mesures se faisant durant la construction, il est possible de confier cette responsabilité à l'Entreprise. Après la fin de la construction, cette tâche peut ensuite être confiée à des intervenants spécialisés.</i></p>

PARTIE C : INSTRUMENTATION
CHAPITRE C1 : INSTRUMENTATION

Article C1.1 : Instrumentation

Rev : 10-09-2025

Page : 2/2

Description sommaire de l'article à spécifier :

Lorsqu'il est prévu d'instrumenter l'ouvrage à des fins d'expérimentation ou de suivi, la mise en place des équipements dans l'ouvrage pendant sa construction doit être spécifiée. La pose de l'instrumentation est généralement confiée à un organisme ou une Entreprise spécialisée. L'Entreprise travaux doit mettre à disposition les moyens matériels et humains et intégrer le temps nécessaire à chaque étape de pose de capteurs.

L'exploitation des mesures effectuées pendant les travaux ou après la réalisation de ceux-ci est généralement réalisée par le Maître d'Œuvre. Elle est poursuivie dans le temps par le Maître d'Ouvrage. La définition des équipements et leurs spécifications techniques doit donc prendre en compte la nécessité de conserver une fiabilité durant toute la période de suivi. La redondance des équipements est recommandée pour tenir compte de la défaillance attendue d'un certain nombre des capteurs installés.

Le traitement des sols engendre des modifications de leurs caractéristiques mécaniques. Il apporte progressivement une résistance et une raideur qui les font passer d'un comportement de sol meuble à celui d'un remblai plus raide. La cinétique de prise et le durcissement est propre à chaque type de liant : celle d'un sol traité à la chaux est plus lente que celle d'un sol traité avec un liant hydraulique (liant hydraulique seul ou chaux + liant hydraulique). L'instrumentation doit apporter des éléments de réponse aux questions posées lors de la conception, que ce soit sur le comportement court terme ou sur celui à plus long terme.

Les ouvrages en sol traité à fort enjeu doivent être instrumentés et surveillés en combinant les recommandations relatives aux barrages en remblai non traité et celles relatives aux ouvrages en matériaux plus rigides. Le contrôle doit porter sur les paramètres caractéristiques des effets à la fois à court terme (température à l'intérieur du remblai, teneur en eau, développement potentiel de pressions interstitielles, etc.) et des effets à plus ou moins long terme (fissuration, mouvements différentiels, tassements, fuites, piézométrie, mouvements de pente etc.). On se reportera aux documents de la CIGB et du CFBR sur le sujet.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
<p>C1.1.2 Pose de l'instrumentation</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de pose des capteurs (vues en plan et en coupe). → PA • Procédures de pose pour chaque type de capteur et dispositif associé. (1) • Validation de la pose des capteurs. → PA • Prise en compte du temps nécessaire à la pose des capteurs. (2) • Précautions à prendre après la pose des capteurs et avant la poursuite de la mise en œuvre. (3) • Moyens matériels et humains demandés à l'Entreprise à chaque étape de pose de capteurs. • Procédure de pose des regards techniques. (4) • Levé topographique 3D des capteurs, dispositifs associés, câbles électriques et chambres techniques à intégrer au modèle numérique de l'ouvrage tel que construit. (5) • Retailage final des talus à proximité des capteurs et des sorties de câbles électriques. (5)
	<p style="text-align: center;"><i>Commentaires</i></p> <p>(1) Le soin apporté à la pose des capteurs et à leur protection conditionne la fiabilité des mesures et la durée de vie de l'instrumentation au sein de l'ouvrage.</p> <p>(2) Intégration dans le planning du chantier.</p> <p>(3) Certaines précautions avant la reprise de la mise en œuvre des couches sus jacentes sont à prendre pour éviter tout écrasement des capteurs ou dispositifs associés.</p> <p>(4) Lorsque des regards techniques sont prévus dans le corps de l'ouvrage, le remblayage et le compactage du sol autour de ces regards doivent être réalisés avec le plus grand soin afin d'éviter tout point faible dans l'ouvrage</p> <p>(5) Dispositions à prendre pour préserver l'intégrité des capteurs et leur bon fonctionnement pendant toute la durée de vie de l'ouvrage.</p>

Liste des articles et tâches à spécifier

Article D1.1

Définition des outils de suivi prévus au DCE

- Tâche D1.1.1 Documents concernés
- Tâche D1.1.2 Instrumentation de l'ouvrage
- Tâche D1.1.3 Auscultation de l'ouvrage
- Tâche D1.1.4 Préparation du dossier de récolement

Article D1.2

Organisation du suivi et préparation du dossier de récolement pendant les travaux

- Tâche D1.2.1 Documents à produire
- Tâche D1.2.2 Responsabilité du suivi de l'instrumentation en phase travaux
- Tâche D1.2.3 Responsabilité de l'interprétation des mesures
- Tâche D1.2.4 Constitution du dossier de récolement

Article D1.3

Suivi de l'ouvrage en phase d'exploitation

- Tâche D1.3.1 Responsabilité du suivi de l'instrumentation en phase exploitation
- Tâche D1.3.2 Auscultation et maintenance de l'instrumentation en phase exploitation



Compactage à la plaque vibrante lourde d'une couche de sol argileux traité à la chaux autour d'un ouvrage - Construction du démonstrateur d'écluse du CSNE à Marquion (F - 62) - Photo Maurice Bufalo 2021

PARTIE D : RECOLEMENT, TRACABILITE ET SUIVI DE L'OUVRAGE
CHAPITRE D1 : RECOLEMENT, TRACABILITE ET SUIVI DE L'OUVRAGE

Article D1.1 Définition des outils de suivi prévus au DCE

Rev : 10-09-2025

Page : 1/2

Description sommaire de l'article à spécifier :

Les procédures relatives au récolement, à la traçabilité et au suivi de l'ouvrage s'appliquent à tout type de construction et donc aux ouvrages en sol traité. Cette partie est un simple rappel des éléments principaux de ces procédures.

Le suivi du comportement de l'ouvrage doit être défini dès sa conception. Lorsque le choix du traitement est fait dès le niveau des études préliminaires, l'accent doit être mis sur les points essentiels à suivre afin de conforter les hypothèses adoptées lors de la justification de sa stabilité et de sa pérennité. Il est nécessaire de fixer contractuellement les obligations et les responsabilités de chacune des parties afin de constituer un dossier de récolement qui va permettre ce suivi tout au long de la vie de cet ouvrage.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
D.1.1.1 Documents concernés	<ul style="list-style-type: none"> • Description générale des outils pour le suivi de l'ouvrage. (1) • Liste des documents de suivi contractuels à fournir par l'Entreprise. (2) → PA • Composition du dossier de récolement à fournir par l'Entreprise. (3) → PA
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) La conception de l'instrumentation (voir Partie C) ainsi que les mesures (point zéro, fréquence du suivi, corrélations...) se basent sur les études de conception de l'ouvrage.</p> <p>(2) Le contrat de travaux doit comporter un chapitre uniquement consacré à la liste exhaustive des documents de suivi à fournir ainsi qu'au planning de leur remise au Maître d'Œuvre. L'agrément de ces documents constitue un point d'arrêt.</p> <p>(3) La liste exhaustive des documents nécessaires au dossier de récolement doit être fixée dans le cahier des charges. Elle doit inclure les éléments et la synthèse des hypothèses ayant conduit à la conception et à la justification de l'ouvrage. La réception et l'agrément du dossier de récolement par le Maître d'Œuvre sont un préalable à la réception définitive de l'ouvrage. Si l'ensemble des données constitutives de l'ouvrage doit être référencé dans un modèle général de type BIM (Building Information Modeling), les éléments du modèle (format des données, logiciels d'exploitation, etc.) doivent être spécifiés.</p>

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
D.1.1.2 Instrumentation de l'ouvrage	<ul style="list-style-type: none"> • Description des objectifs de l'instrumentation. (1) • Responsabilité des mesures et de leur interprétation. (2)
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) Se référer à la Partie C « Instrumentation ».</p> <p>(2) Le cahier des charges doit clairement définir le niveau de responsabilité de chacune des parties, y compris dans le cadre d'une sous-traitance de la part du Maître d'Œuvre ou de l'Entreprise.</p>

PARTIE D : RECOLEMENT, TRACABILITE ET SUIVI DE L'OUVRAGE**CHAPITRE D1 : RECOLEMENT, TRACABILITE ET SUIVI DE L'OUVRAGE****Article D1.1 Définition des outils de suivi prévus au DCE**

Rev : 10-09-2025

Page : 2/2

Description sommaire de l'article à spécifier :

Les procédures relatives au récolement, à la traçabilité et au suivi de l'ouvrage s'appliquent à tout type de construction et donc aux ouvrages en sol traité. Cette partie est un simple rappel des éléments principaux de ces procédures.

Le suivi du comportement de l'ouvrage doit être défini dès sa conception. Lorsque le choix du traitement est fait dès le niveau des études préliminaires, l'accent doit être mis sur les points essentiels à suivre afin de conforter les hypothèses adoptées lors de la justification de sa stabilité et de sa pérennité. Il est nécessaire de fixer contractuellement les obligations et les responsabilités de chacune des parties afin de constituer un dossier de récolement qui va permettre ce suivi tout au long de la vie de cet ouvrage.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
D.1.1.3 Auscultation de l'ouvrage	<ul style="list-style-type: none"> Vérification de la fréquence des mesures, de leur suivi et de leur fourniture sous forme numérique. (1) Rapports à produire : fréquence et format. (2)
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) La partie B du présent document définit cette fréquence en liaison avec le suivi qui doit être assuré. Ces éléments sont à indiquer avec clarté et précision dans le cahier des charges.</p> <p>(2) Le cahier des charges doit indiquer la fréquence des rapports d'étape à fournir par l'Entreprise. Ces données permettent d'établir le suivi en continu du comportement de l'ouvrage pendant toute la durée de la phase travaux.</p>

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
D.1.1.4 Préparation du dossier de récolement	<ul style="list-style-type: none"> Contenu du dossier de récolement. (1) Date de réception de ce dossier et acceptation par le Maître d'Œuvre afin de pouvoir prononcer la réception de l'ouvrage. (2) → PA
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) Ce contenu doit être conforme à ce qui est exigé par le cahier des charges et contenir, de plus, tout document relatif aux imprévus survenant lors de la réalisation de l'ouvrage. La tenue à jour de cette liste jusqu'à la fin des travaux relève des attributions du Maître d'Œuvre.</p> <p>(2) En fonction des conditions de réalisation des ouvrages et de leur réception (qui peut être partielle), les dates de livraison, et les conditions d'acceptation de ce dossier doivent être clairement définies dans le cahier des charges.</p>

PARTIE D : RECOLEMENT, TRACABILITE ET SUIVI DE L'OUVRAGE**CHAPITRE D1 : RECOLEMENT, TRACABILITE ET SUIVI DE L'OUVRAGE****Article D1.2 : Organisation du suivi et préparation du dossier de récolement pendant les travaux**

Rev : 10-09-2025

Page : 1/2

Description sommaire de l'article à spécifier :

Les procédures relatives au récolement à la traçabilité et au suivi de l'ouvrage s'appliquent à tout type de construction et donc aux ouvrages en sol traité. Cette partie est un simple rappel des éléments principaux de ces procédures. Celles-ci doivent spécifier clairement les missions et les responsabilités de chacun des intervenants (Maître d'Œuvre et Entreprise) à chacune des étapes de la réalisation du chantier, y compris la pose de l'instrumentation, le suivi des mesures, l'interprétation des résultats et le cas échéant la mise en œuvre de mesures correctives.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
D.1.2.1 Documents à produire	<ul style="list-style-type: none"> • Liste des documents à produire suivant la liste du cahier des charges. (1) • Planning de production des documents en fonction de celui des travaux. (2) • Mode de gestion des éléments devant constituer le dossier de récolement. (3)
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) Les documents à produire contractuellement doivent être clairement identifiés. Il s'agit a minima :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ des procédures relatives à la réalisation des planches d'essais et remblais d'essais, ○ de la traçabilité de la nature des matériaux traités (agrément éventuel), ○ des études de traitement, ○ des procédures de traitement, ○ des réceptions de conformité (performances mécaniques et géométriques), ○ etc. <p>(2) La production des documents doit être réalisée dans un délai fixé avant le début des travaux correspondants. Le visa de ces documents par le Maître d'Œuvre doit aussi être réalisé dans un délai acceptable pour ne pas impacter le planning général des travaux.</p> <p>(3) Cette gestion doit être rigoureuse dès le début des travaux afin de pouvoir produire ce dossier en fin de travaux sans difficulté. Si un management de type BIM est imposé cela peut constituer un intérêt évident pour la constitution de ce dossier</p>

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
D.1.2.2 Responsabilité du suivi de l'instrumentation en phase travaux	<ul style="list-style-type: none"> • Suivi de la mise en place de l'instrumentation. (1) → PA • Procédure d'acquisition des données. (2)
	<i>Commentaires</i>
	<p>(1) Le cahier des charges est établi de façon à ce que chaque partie soit impliquée dans cette tâche. Un constat de conformité par le Maître d'Œuvre peut faire l'objet d'un point d'arrêt.</p> <p>(2) La fréquence d'acquisition et de transmission des données au responsable de leur exploitation doit être fixée afin de permettre de lancer d'éventuelles actions correctives sans retard.</p>

PARTIE D : RECOLEMENT, TRACABILITE ET SUIVI DE L'OUVRAGE**CHAPITRE D1 : RECOLEMENT, TRACABILITE ET SUIVI DE L'OUVRAGE****Article D1.2 : Organisation du suivi et préparation du dossier de récolement pendant les travaux**

Rev : 10-09-2025

Page : 2/2

Description sommaire de l'article à spécifier :

Les procédures relatives au récolement à la traçabilité et au suivi de l'ouvrage s'appliquent à tout type de construction et donc aux ouvrages en sol traité. Cette partie est un simple rappel des éléments principaux de ces procédures. Celles-ci doivent spécifier clairement les missions et les responsabilités de chacun des intervenants (Maître d'Œuvre et Entreprise) à chacune des étapes de la réalisation du chantier, y compris la pose de l'instrumentation, le suivi des mesures, l'interprétation des résultats et le cas échéant la mise en œuvre de mesures correctives.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
D.1.2.3 Responsabilité de l'interprétation des mesures	<ul style="list-style-type: none">• Interprétation des mesures et synthèse des actions entreprises. (1)
	<i>Commentaires</i>
	<i>(1) La répartition des tâches de rédaction, de vérification et de validation doit être clairement fixée. Un rapport d'auscultation doit être rédigé et approuvé avec la fréquence spécifiée au cahier des charges. Ce rapport devra décrire toutes les adaptations prises suite à une constatation d'anomalie dans les mesures réalisées.</i>

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
D.1.2.4 Constitution du dossier de récolement	<ul style="list-style-type: none">• Documents constituant le dossier de récolement. (1)
	<i>Commentaires</i>
	<i>(1) Le dossier de récolement doit être progressivement constitué tout au long de la réalisation de l'ouvrage. En complément de ceux listés dans le DCE, les documents relatifs aux travaux imprévus seront joints au dossier. Un management de type BIM peut être un instrument essentiel pour la constitution d'un tel dossier.</i>

PARTIE D : RECOLEMENT, TRACABILITE ET SUIVI DE L'OUVRAGE**CHAPITRE D1 : RECOLEMENT, TRACABILITE ET SUIVI DE L'OUVRAGE****Article D1.3 : Suivi de l'ouvrage en phase d'exploitation**

Rev : 10-09-2025

Page : 1/1

Description sommaire de l'article à spécifier :

En phase d'exploitation, le Maître d'Ouvrage s'appuie sur le dossier de récolement pour organiser le suivi de son ouvrage.

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
D.1.3.1 Responsabilité du suivi de l'instrumentation en phase exploitation	<ul style="list-style-type: none">• Dispositions réglementaires incombant au Maître d'Ouvrage définissant ses responsabilités vis à vis de son ouvrage. (1)
	<i>Commentaires</i>
	<i>(1) La réglementation impose des contraintes liées aux risques que l'ouvrage peut faire subir aux biens et aux personnes. La teneur des actions (visites, suivi d'auscultation, rapports à produire...) ainsi que les compétences des intervenants peuvent être définies par cette réglementation.</i>

Tâche	Critères à spécifier ou actions à entreprendre
D.1.3.2 Auscultation et maintenance de l'instrumentation en phase exploitation	<ul style="list-style-type: none">• Procédure de suivi de l'ouvrage. (1)• Contenu du rapport d'exploitation de l'ouvrage. (2)
	<i>Commentaires</i>
	<i>(1) La procédure de suivi est établie et appliquée par le Maître d'Ouvrage en prenant en compte la maintenance nécessaire.</i> <i>(2) Le rapport d'exploitation et de maintenance doit prendre en compte les éléments essentiels du suivi du comportement de l'ouvrage. Il présente, le cas échéant, les dispositions constructives à mettre en œuvre pour assurer la pérennité de l'instrumentation pour assurer le suivi de l'ouvrage.</i>

Documents de référence

- [1] Bulletin 195 : Barrages en Sol Cimenté - Commission Internationale des Grands Barrages (CIGB) - 2022
- [2] Norme NF EN 16907-1 Terrassement – Partie 1 : principes et règles générales – Décembre 2018
- [3] Norme NF EN 16907-2 Terrassement – Partie 2 : classification des matériaux – Décembre 2018
- [4] Norme NF EN 16907-3 Terrassement – Partie 3 : procédés de construction – Décembre 2018
- [5] Norme NF EN 16907-4 Terrassement – Partie 4 : traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques – Décembre 2018
- [6] Norme NF EN 16907-5 Terrassement – Partie 5 : contrôle de la qualité et surveillance – Décembre 2018
- [7] Guide des terrassements des remblais et des couches de forme – Fascicule 1 : Principes généraux - Cerema Editions, IDRRIM – édition 2024
- [8] Guide des terrassements des remblais et de couches de forme – Fascicule 2 : Annexes techniques - Cerema Editions, IDRRIM – édition 2024
- [9] Guide technique Traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques – Application à la réalisation des remblais et des couches de forme- LCPC, Sétra – Janvier 2000 (*)
() Ce document fait l'objet d'une révision débutée en 2023*
- [10] Norme NF EN 459-1 Chaux de construction - Partie 1 : définitions, spécifications et critères de conformité – Août 2015
- [11] Norme NF EN 13282-1 : Liants hydrauliques routiers à durcissement rapide – Composition, spécifications et critères de conformité – Mai 2014
- [12] Norme NF EN 13282-2 : Liants hydrauliques routiers à durcissement normal – Composition, spécifications et critères de conformité – Septembre 2015
- [13] Norme NF EN 197-1 Ciment – Partie 1 : composition, spécifications et critères de conformité des ciments courants – Avril 2012
- [14] NF EN 197-5 Ciment – Partie 5 : ciment Portland composé CEM II/C-M et Ciment composé CEM VI – Mai 2021
- [15] NF EN 197-6 Ciment – Partie 6 : ciment à base de matériaux de construction recyclés – Juin 2023
- [16] Eurocode 7
- [17] Norme NF P94-500 Missions d'ingénierie géotechnique – Classification et spécifications -Novembre 2013
- [18] Nomenclature des Travaux Publics – Référentiel - Fédération Nationale des Travaux Publics – Mars 2024
- [19] Référentiel technique digues maritimes et fluviales - Ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement – Janvier 2015
- [20] Norme NF P94-100 Sols : reconnaissance et essais – Matériaux traités à la chaux et/ou aux liants hydrauliques – Essai d'évaluation de l'aptitude d'un sol au traitement – Octobre 2022
- [21] Norme NF EN459-2 Chaux de construction – Partie 2 : Méthodes d'essai –Août 2012

Annexe

Norme NF P94-500 du 30 novembre 2013 (extrait)

NFP 94-500 – Novembre 2013

- 20 -

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>ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)</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"> • Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisnants avec visite du site et des alentours. • Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. • Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs. <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"> • Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. • 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).
<p>ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)</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"> • Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. • 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 avoisnants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques. <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"> • Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. • 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 avoisnants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités. <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"> • 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). • 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.

Tableau 2 – Classification des missions d'ingénierie géotechnique

<p>ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées) ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)</p> <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><i>Phase Étude</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. • 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). • Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi. <p><i>Phase Suivi</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude. • 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). • 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) <p>SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)</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><i>Phase Supervision de l'étude d'exécution</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. <p><i>Phase Supervision du suivi d'exécution</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • 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). • donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO. <p>DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)</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"> • Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. • 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. • 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).
