

**Glossaire des principaux
termes utilisés
dans le domaine des additifs pour
microtunnelage**



FSTT
Comité Français
pour les Travaux
Sans Tranchée

72 avenue Pasteur
93100 MONTREUIL
Tél. 48 70 92 32
Fax 48 70 99 79

L'OBJET DE L'ASSOCIATION

L'association FSTT de caractère scientifique et technique a pour objet la promotion, la connaissance, la formation et la pratique des méthodes sans tranchée pour les travaux relatifs aux canalisations des réseaux enterrés de toute nature.

Ces méthodes sans tranchée s'entendent en souterrain, sans creusement de tranchée pour l'entretien, la rénovation et le remplacement des ouvrages existants et la construction d'ouvrages neufs de réseaux publics, privés ou concessionnaires. Ce domaine d'activité couvre toutes les techniques de repérage ou de cartographie de ces réseaux.

Le champ d'application s'étend au domaine non visible soit tout ouvrage enterré de dimension inférieur ou égal à 1200 mm ou équivalent s'il s'agit d'un ouvrage non circulaire.

LES STATUTS DE LA FSTT

Créé le 4 Juillet 1990, le Comité Français pour les travaux sans tranchée - FSTT dans sa dénomination française et French Society for Trenchless Technology pour ses rapports internationaux est une association régie par la loi 1901 à but non lucratif. Il se compose de membres fondateurs, de membres actifs et de membres honoraires. Cette association est administrée par un conseil élu par assemblée générale ; ce même conseil d'administration élit un bureau exécutif.

LES OBJECTIFS DE L'ASSOCIATION

Les diverses actions doivent se développer selon plusieurs axes :

- La promotion des techniques sans tranchée (faire connaître ces techniques par de l'assistance, expertise en encouragement et même enseignement).
- La réglementation - normalisation (élaboration de normes, de cahiers techniques contractuels, réglementations diverses).
- La recherche (matériel, guidage, reconnaissance, matériaux, outils d'aide au diagnostic...).
- L'information, Communication (revues, brochures, livres, conférences, colloques, centre de documentation).
- Vie associative (Missions, Voyages d'études, séminaires, remises de prix).

Liste des personnes ayant participé à l'élaboration de ce document

L'animateur de l'atelier n°4

F. Homand-Etienne E.N.S.G.

et

P. Bousquet-Jacq
M. Bouhmadi
E. Morel
S. Québaud
V. Legrand
H. Cholet
A. Audibert-Hayet
J. Yvon
P. Duffaut

TERRASOL
GEODESIGN
EUDIL
EUDIL
QUILLERY
I.F.P.
I.F.P.
E.N.S.G.

PARTICIPANTS

Liste des personnes ayant participé à l'élaboration de ce document :

l'animatrice de l'atelier n°4

F. Homand-Etienne E.N.S.G.

et

A. Audibert-Hayet I.F.P.

M. Bouhmadi GEODESIGN

P. Bousquet-Jacq TERRASOL

H. Cholet I.F.P.

P. Duffaut

V. Legrand QUILLERY

E. Morel EUDIL

S. Quebaud EUDIL

J. Yvon E.N.S.G.

Glossaire des principaux termes utilisés dans le domaine des additifs pour microtunnelage

Françoise HOMAND-ETIENNE

Laboratoire de Géomécanique de l'Ecole Nationale Supérieure de Géologie-Nancy

Dans un bon nombre de chantiers de microtunnels, des substances diverses peuvent être employées de manière à améliorer les performances au cours des phases d'abattage, de soutènement, de poussage et de marinage. L'objet de ce document est de vulgariser les termes employés par les spécialistes de ces produits. Cependant, nous sommes conscients de ses limites, car, en vérité l'art du glossaire est difficile, il nous a fallu garder le juste milieu entre un langage trop scientifique et celui de l'homme de la rue.

Chaque mot (traduit en anglais), fait l'objet d'une définition et éventuellement de commentaires en italique.

Ce document reflète l'état actuel de connaissance et de développement en matière de méthodes de réalisation et de moyens de reconnaissance ; certains aspects abordés dans cette présentation sont susceptibles d'évolution et pourront nécessiter ultérieurement des adaptations.

ABSORPTION (*Absorption*)

Pénétration et fixation de molécules ou d'ions d'une substance à l'intérieur d'un solide.

ACTIVATION (*Activation*)

Opération qui consiste à traiter une bentonite (généralement à la soude ou au carbonate de sodium) en vue d'augmenter sa viscosité lors de sa mise en suspension dans l'eau.

ADHESION (*Adhesion*)

Effort d'attraction moléculaire maintenant jointes les surfaces de contact de deux matériaux (solide/solide, solide/liquide, liquide/liquide).

ADJUVANT (*Adjuvant*)

Substance dont l'incorporation à faible dose dans le mortier, le béton, le coulis ou tout autre produit, provoque les modifications recherchées de l'une ou l'autre de leurs propriétés.

ADSORPTION (*Adsorption*)

Fixation de molécules ou d'ions d'une substance à la surface d'un solide ou d'un liquide.

AÉRÉ (boue aérée) (*Aerated-aerated mud-*)

Boue contenant des quantités variables d'air (ou de gaz) injectées volontairement pour réduire la densité.

ALOURDISSANT (*Weighting material*)

Produit qui, mis en suspension dans la boue de forage, permet d'augmenter sa densité.

AMYLACÉS (*Starchy*)

Produits composés d'hydrates de carbone, préparés à partir de l'amidon contenu dans les cellules de certaines plantes.

ARGILE (*Clay*)

Famille très diversifiée (voir tableau) de silicates hydratés à structure en feuillets (phyllosilicates)

L'absorption est liée à la porosité du solide.

*Augmente le pH.
Engendre un plus grand espacement entre les feuillets et augmente le gonflement normal.*

La lubrification par des fluides de forage a pour but de réduire l'adhésion entre le microtunnelier et la formation.

Dans le cas d'un solide poreux, l'adsorption se fait sur la surface externe et interne, si celle-ci est accessible. Elle dépend de la taille de l'interface, du type d'interaction adsorbat-adsorbant et de la structure de la couche adsorbée.

Comparer avec bullage.

*Exemples : barytine, galène, chlorure de calcium.
Aussi appelé charge.*

Ils sont utilisés comme réducteurs de filtrat dans les boues de forage.

à feuillets continus ou discontinus. La structure des minéraux argileux est typiquement identifiable par diffraction aux rayons X et leurs propriétés géotechniques sont étudiées par les essais suivants : les limites d'Atterberg qui permettent de définir les limites de liquidité et de plasticité et l'essai au bleu de méthylène qui conduit à mesurer la valeur de bleu (mesure de l'activité de surface).

ARGILE ARTIFICIELLE (*Artificial clay*)

Matériau mono ou polyminéralisé constitué d'argiles commerciales (bentonite, ...) sèches en poudre, qui sont hydratées pour constituer des fluides de forage.

ATTAPULGITE (*Attapulgite clay*)

Argile microporeuse à feuillets discontinus, proche de la sépiolite, se gélifie dans l'eau salée.
 $\text{Si}_8\text{Mg}_5\text{O}_{20}(\text{OH})_2(\text{OH}^+)_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

BENTONITE (*Bentonite*)

Argile gonflante, formée essentiellement de montmorillonite, de beidellite, de stevensite, d'hectorite ou de saponite.

BIODEGRADABILITE (*Biodegradability*)

Aptitude d'une matière ou d'un produit à être décomposé sous l'action d'agents biologiques présents dans la nature.

BOUE (*Mud ; Slurry*)

Fluide de forage servant à lubrifier, à refroidir l'outil, à soutenir le terrain en place et à transporter les déblais (boue à l'eau, etc.).

BULLAGE (*Gas cutting*)

Présence accidentelle dans la boue d'air ou de gaz sous forme de bulles plus ou moins fines.

CAKE (*Cake*)

Dépôt compact de particules formé lors de la filtration de la boue à travers un milieu poreux. Il existe différents types de cake : membrane, imprégnation, mixte.

Attention à la définition granulométrique de la géotechnique (< à 2µm). Des particules d'argiles peuvent avoir des dimensions supérieures et des minéraux non argileux des dimensions inférieures.

L'attapulgite est utilisée comme argile de base dans la préparation des boues salées.

Elle est utilisée comme support de base pour la fabrication des fluides de forage à base d'eau douce. Attention : elle a des propriétés variables selon l'origine.

Attention il existe plusieurs types de biodégradabilité : normale et ultime. Les boues de forage doivent avoir une biodégradabilité élevée.

La pression dans le trou étant supérieure à celle de la formation, du liquide pénètre dans la formation (filtrat) tandis que les solides présents dans la boue sont déposés (cake).

Le bullage entraîne une diminution de la densité apparente de la boue.

La pression dans le trou étant supérieure à celle de la formation, du liquide pénètre dans la formation (filtrat) tandis que les solides présents dans la boue sont déposés (cake).

CARBOXYMETHYLCELLULOSE*(Carboxymethylcellulose)*

Polymère hydrosoluble anionique dérivé de la cellulose utilisé comme réducteur de filtrat dans les boues de forage. En abrégé : C.M.C.

COLLOÏDE*(Colloid)*

Substance fine dispersée dans un médium, se déplaçant sous l'effet du mouvement brownien.

CONTAMINATION*(Contamination)*

Présence dans la boue de substances étrangères qui altèrent ou détruisent ses propriétés (sulfates, silicates, etc.).

DENSITE*(Specific gravity)*

Rapport de la masse d'un certain volume de solide ou de liquide à celle du même volume d'eau à 4°C.

DISPERSION*(Dispersion)*

Distribution stable de particules solides finement divisées dans une phase liquide.

DURETE HYDROTOMETRIQUE*(Hardness)*

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques, à l'exception de ceux des métaux alcalins et de l'ion hydrogène. Dans la plupart des cas la dureté est surtout due aux ions calcium et magnésium auxquels s'ajoutent les ions fer et aluminium. Elle s'exprime souvent en degrés français.

ECOTOXICITE*(Ecotoxicity)*

Etude des conséquences écologiques de la pollution et de la contamination chimique.

ELECTROLYTE*(Electrolyte)*

Solution contenant des ions que l'on peut séparer par application d'une différence de potentiel

C'est un agent épaississant et colloïde protecteur utilisé dans les boues comme adjuvant.

Les argiles et polymères utilisés dans les boues se présentent sous forme colloïdale.

Les produits utilisés pour les traitements de terrains, ciment ou gel, saumures de potasse, altèrent les boues.

C'est un cas particulier de suspension stable à vitesse nulle.

Les eaux potables de bonne qualité ont un titre hydrotimétrique (calcium + magnésium) inférieur à 15 degrés. Elles sont acceptables jusqu'à 50.

Le pH d'une boue argileuse est celui de son milieu électrolytique. Les solutions d'électrolytes sont conductrices.

EMULSION*(Emulsion)*

Fluide formé par un mélange de liquides non miscibles, l'un étant finement dispersé sous forme de gouttelettes (phase dispersée) dans l'autre (phase continue). L'émulsion peut contenir une dispersion de bulles.

ENVIRONNEMENT*(Environment)*

Ensemble des conditions susceptibles d'agir sur les organismes vivants et les activités humaines.

FILTRAT*(Filter loss, Fluid loss)*

Le filtrat désigne la phase liquide séparée de la boue, qui s'infiltre dans le terrain lors de la circulation. La formation forée joue alors le rôle de filtre et les particules solides retenues sur la paroi forment le cake.

FLOCCULATION*(Flocculation)*

Précipitation de particules colloïdales sous forme de flocons par l'effet d'un flocculant ou par l'effet de la charge de surface..

FLUIDIFIANT*(Fluidizing agent)*

Substance qui, ajoutée à une suspension d'argile, diminue les caractéristiques rhéologiques (viscosité, frottement) et peut dans certains cas améliorer le filtrat.

GEL*(Gel)*

Suspension colloïdale qui acquiert une structure telle que l'application d'une contrainte inférieure à une certaine valeur n'entraîne aucune déformation.

GELIFICATION*(Gelation)*

Transformation d'une suspension colloïdale en gel.

GONFLEMENT*(Swelling)*

Augmentation de volume de minéraux argileux par absorption d'eau (gonflement macroscopique ou osmotique). L'eau écarte les feuillets et s'y fixe, c'est le gonflement normal.

exemple : mayonnaise, bitumes, latex, cosmétiques.

Les fluides de forage sont soumis à des règles environnementales.

Le filtrat est un paramètre de l'appréciation de la qualité d'une boue.

L'utilisation de polymères peut parfois provoquer la floculation. La floculation est utilisée pour le traitement des boues de marinage.

Exemples : les polyphosphates de sodium, les tanins, les lignosulfonates, les lignines, les polyacrylates de sodium, le silicate de sodium.

Lors d'un arrêt du forage, la bentonite se présente sous la forme d'un gel. La caractérisation d'un gel s'effectue au viscosimètre Fann.

Les montmorillonites sont des minéraux argileux très gonflants. Il existe un gonflement qui ne modifie pas le volume macroscopique, c'est le gonflement microscopique ou structural.

HYDRATATION (*Hydration*)

Introduction de molécules d'eau dans ou sur un corps (c'est une réaction chimique).

IMBIBITION (*Imbibition*)

Envahissement des pores d'un matériau par un fluide mouillant. Dans un sol sec, l'absorption d'eau correspond à une imbibition. Celle-ci se fait, en principe, sans changement de volume (différence avec le gonflement).

IMPREGNATION (*Impregnation*)

Pénétration du fluide de forage dans le terrain.

ION (*Ion*)

Molécule chargée, provenant de la dissolution d'un sel ou d'un acide, qui possède des électrons en excès (anion) ou qui en manque (cation) ce qui lui permet d'être attirée ou repoussée par un champ.

MICELLE (*Micelle*)

Type de colloïde en agglomérat ordonné de quelques dizaines ou centaines d'unités moléculaires ou ioniques. La plupart des agents de surface en solution aqueuse forment, à partir d'une concentration donnée, qu'on appelle Concentration Micellaire Critique, des micelles. Les extrémités hydrophiles sont vers l'extérieur (vers la solution aqueuse) et les extrémités hydrophobes sont vers l'intérieur.

MONTMORILLONITES (*Montmorillonite*)

Minéraux argileux dioctaédriques à défaut de charge octaédrique de formule structurale schématique $(Al_{2-x}M^{2+}_x)Si_4O_{10}(OH)_2Ce_x$. M^{2+} est un métal bivalent et Ce une charge échangeable.

MOUILLABILITE (*Wettability*)

Aptitude d'un liquide à s'étaler parfaitement sur un autre liquide sans s'y dissoudre ou d'un liquide à s'étaler parfaitement sur un solide en occupant la surface la plus grande possible.

Les ions sont généralement entourés de couches de molécules d'eau. L'adsorption d'eau sur les ions compensateurs entraîne le gonflement microscopique.

*Voir tableau sur les argiles.
Les montmorillonites ont un pouvoir de gonflement élevé dans l'eau.
Un constituant essentiel de la bentonite*

MOUSSE (*Foam*)

Représente un état physique dans lequel une phase gazeuse est finement dispersée dans une phase fluide ou solide. L'état de dispersion et la stabilité à long terme dépendent de la présence d'un ou plusieurs adjuvants qui modifient la tension interfaciale entre deux phases. Les différences entre les mousses sont sur la nature du ou des adjuvants, leur concentration dans la solution aqueuse.

PEPTISATION (*Peptisation*)

Processus qui aboutit à une libération des minéraux argileux du substrat auquel ils adhèrent.

PERMEABILITE (*Permeability*)

Caractéristique d'un milieu poreux définissant la facilité avec laquelle il peut être traversé par un fluide. Elle peut se déterminer au laboratoire ou in situ en utilisant la loi de Darcy.

pH (*pH*)

Nombre qui caractérise la concentration en ions H_3O^+ d'une solution. Le pH est l'opposé du logarithme décimal de la concentration en ions hydronium exprimée en $mol.l^{-1}$.

PLASTIFIANT (*Plasticizer*)

Composé augmentant le caractère plastique des boues.

PLASTIQUE (*Plasticity*)

Un corps est dit plastique s'il accuse une déformation permanente à partir d'une certaine sollicitation (seuil de plasticité).

p.p.m. (*p.p.m. -parts per million-*)

Abréviation de parties par million, ou 10^{-6} .

Une mousse est caractérisée par son coefficient d'expansion (rapport entre le volume de mousse formé et le volume initial de solution), sa durée de vie ou stabilité (liée à la taille des bulles) et sa viscosité.

Ce terme est actuellement remplacé par défloculation ou dispersion.

*Conductivité hydraulique : $L T^{-1}$
Perméabilité intrinsèque : L^2*

*$[H_3O^+] = [OH^-]$ pH = 7 neutre
 $[H_3O^+] > [OH^-]$ pH < 7 acide
 $[H_3O^+] < [OH^-]$ pH > 7 basique*

Dans le cas des propriétés physiques des argiles, on parle de plasticité dans un sens un peu différent : limite de plasticité et indice de plasticité (limites d'Atterberg).

*Nombre d'unités de poids de substance dissoute pour un million d'unités de poids de solution (soluté + solvant). Pour des teneurs en soluté assez faibles, le nombre de p.p.m. peut être confondu avec la valeur numérique :
Concentration en g/l x 1 000.*

POLYMERE (Polymer)

Molécule engendrée par la répétition d'une petite unité structurale appelée motif. Le nombre n de motifs que comporte le polymère définit son degré de polymérisation.

POROSITE (Porosity)

Rapport du volume des pores au volume total du matériau : $\frac{V_v}{V}$. S'exprime généralement en %.

REDUCTEUR DE FILTRAT (Fluid loss agent)

Substance qui, ajoutée à la boue, diminue le volume de filtrat.

RHEOLOGIE (Rheology)

Etude de la déformation et de l'écoulement des corps sous l'influence des contraintes qui leur sont appliquées. Le comportement est rhéofluidifiant lorsque la viscosité diminue avec la vitesse de cisaillement et aérofluidifiant quand la viscosité diminue avec le vieillissement. La propriété duale est l'épaississement.

SEPIOLITE (Sepiolite)

Argile microporeuse à feuillets discontinus de formule structurale $\text{Si}_{12}\text{Mg}_8\text{O}_{30}(\text{OH})_4(\text{OH}^+)_4 8\text{H}_2\text{O}$. Elle se disperse dans l'eau douce et l'eau salée et est voisine de l'attapulgate.

SOLUTION (Solution)

Mélange homogène liquide. Le composé le plus abondant porte le nom de solvant, les autres composés étant des solutés.

SURFACTIF (Surfactant)

Produit tensio-actif qui tend à se rassembler aux interfaces et qui diminue la tension superficielle interfaciale. Synonyme : Agent de surface.

SUSPENSION (Suspension)

Etat d'une substance formée de particules solides finement divisées dans un liquide ou un gaz. La taille des particules et les propriétés

de nombreux polymères sont utilisés dans les fluides de forage, ils réduisent le gonflement des argiles et améliorent la qualité du cake formé lors de la filtration. Ils sont utilisés en tant que lubrifiants, rétenteurs d'eau et agents viscosifiants pour les mousses.

Les boues bentonitiques ont un comportement rhéologique proche des fluides binghamiens (exemple sur la figure)

Exemples : terre à foulon pour dégraisser les laines et terre de Sommières pour détacher les tissus.

L'eau est un solvant. Les solutés peuvent être des composés ioniques ou moléculaires, polaires ou non.

Les surfactifs possèdent des propriétés particulières et sont classés selon leur fonction principale : détergent, dispersant, émulsionnant, mouillant, moussant (ou antimoussant) et solubilisant.

La tenue en suspension des déblais est dépendante des propriétés rhéologiques du fluide de forage.

diélectriques de l'interface influencent la stabilité de la suspension.

TOXICITE (Toxicity)

Caractère du poison. On définit des taux ou des coefficients de toxicité.

VISCOSITE (Viscosity)

Comportement mécanique impliquant une dépendance entre les contraintes et les vitesses de déformation. En particulier la viscosité caractérise la facilité avec laquelle un fluide s'écoule. Elle s'exprime par des coefficients numériques déterminés à l'aide de viscosimètres, à partir d'expériences de différents types (viscosimètres capillaires, viscosimètres à cylindres coaxiaux, viscosimètres à chute de bille, etc.).

VISCOSITE CINEMATIQUE (Kinematic viscosity)

Par définition, c'est le rapport de la viscosité dynamique à la masse spécifique :

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

avec μ = viscosité dynamique
 ρ = masse spécifique

VISCOSITE DYNAMIQUE (Dynamic viscosity)

Soit une contrainte de cisaillement τ et soit $\frac{dv}{dn}$, la variation de vitesse du fluide mesurée normalement à la surface sur laquelle s'exerce τ , on a :

$$\tau = -\mu \frac{dv}{dn}$$

μ est la viscosité dynamique.

Les boues de forage ne doivent pas dépasser un certain coefficient de toxicité (voir aussi écotoxicité).

Dans un même domaine industriel, les appareils et les méthodes de mesure sont généralement normalisés en fonction du comportement des fluides et des buts recherchés dans la mesure (étude d'une variation de la viscosité ou détermination d'une valeur absolue).

$\nu : L^2 T^{-1}$; unités : $m^2 s^{-1}$
 $1 \text{ St (Stoke)} = 10^{-4} m^2 s^{-1}$
la viscosité de l'eau à $20^\circ C$ est de 1 cSt (centistoke) soit $10^{-6} m^2 s^{-1}$

$\mu : M L^{-1} T^{-1}$; unités : $Pa.s$ (Pascal.seconde) ou Po (Poiseuille).
Unité pratique le cPo (centipoise) viscosité dynamique de l'eau à $20^\circ C$.

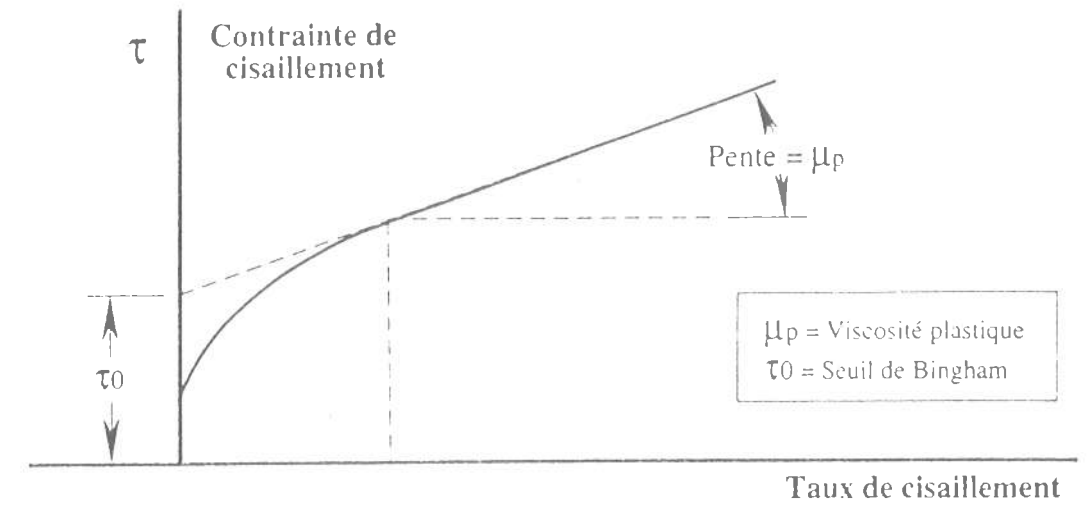
Caractéristiques	Kaolinite	Montmorillonite	Illite	Vermiculite	Attapulgite	Sépiolite
	plaquettes	voiles	plaquettes	plaquettes	fibres	fibres
Epaisseur du feuillet sec	7 Å	9,7 Å	10 Å	10 Å	10 Å*	12 Å*
Equidistance du feuillet gonflé	7 Å	10 à 18,7 Å	10 Å	10 à 18 Å	-	-
Surface spécifique "BET azote" en m ² /g	2 à 75 moyenne 20	environ 40**	20-100	très variable	environ 140	environ 400
Capacité d'échange cationique (C.E.C.) pH7 en meq/100g	3 à 20 moy. 10	60 à 110	moy. 20	100 à 150	20 à 30	20 à 30
Indice de plasticité	faible ou moyen 1 à 40 moy. 15	très élevé 300 à 600 pour Mtes Li ⁺ et Na ⁺ 75 à 125 pour Mtes Ca ²⁺	moy. 20 à 50	très variable	élevé 55 à 125	élevé 55 à 125
Gonflement normal***	non gonflante	très gonflante (forte variation suivant la nature des ions échangeables)	pas ou moyennement gonflante	gonflante	gonflante dans l'eau salée	gonflante si défibrillée
Gonflement structural	non	oui	non	oui	non	non

Caractéristiques physiques et mécaniques des principales espèces argileuses.

* équadistance d'empilement ; cette équadistance diagnostic est dans la direction perpendiculaire au feuillet donc parallèle à l'allongement de la fibre.

** dépend de l'ion compensateur

*** voir définition du gonflement normal dans le texte



Exemple de rhéogramme



FSTT

Comité Français pour les Travaux Sans Tranchée

72 avenue Pasteur - 93100 MONTREUIL

Tél. 48.70.92.32 - Fax 48.70.99.79