

Sécheresse et argiles

Problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements

Fanny Descamps

Présidente de RockEnGeo.be



Journée d'étude RockEnGeo.be & GBMS-BGGG
Les argiles gonflantes • Namur • 7 mars 2023

Quelques mots sur l'activité

- ▶ Activité conjointe RockEnGeo.be et GBMS
- ▶ Environ 115 inscrits... intérêt de la thématique
- ▶ Programme varié : contexte, bases techniques, études de cas, législation
- ▶ Merci
 - ▶ Aux organisateurs : Hughes Legrain, Noël Huybrechts, Christian Treve
 - ▶ Aux orateurs
 - ▶ A Buildwise, ABEF, FEGC et FABI pour leur collaboration



Les argiles gonflantes • Namur • 7 mars 2023

Être membre de RockEnGeo.be

- ▶ RockEnGeo.be est le groupe national belge de l'ISRM et de l'IAEG
 - ▶ ISRM : International Society for Rock Mechanics
 - ▶ IAEG : International Association of Engineering Geology and the Environment
- ▶ Plusieurs possibilités d'affiliation
 - Membre effectif national + 1 cotisation internationale :
 - à l'Association Internationale de Géologie de l'Ingénieur et de l'Environnement (AIGI) sans réception du bulletin international 90 €
 - à l'Association Internationale de Géologie de l'Ingénieur et de l'Environnement (AIGI) avec réception du bulletin international 105 €
 - à la Société Internationale de Mécanique des Roches (SIMR) 60 €
 - Membre effectif national + 2 inscriptions internationales (AIGI + SIMR) :
 - sans réception du bulletin international de l'AIGI 100 €
 - avec réception du bulletin international de l'AIGI 115 €



Les argiles gonflantes • Namur • 7 mars 2023

3

Être membre de RockEnGeo.be

- ▶ Pour vous inscrire
 - ▶ Via le site Internet : <https://rockengeo.be/>
 - ▶ Par mail : info@rockengeo.be



- ▶ De nombreux avantages

Membres ISRM

<https://isrm.net/>

- ▶ Cours
- ▶ Vidéos
- ▶ ISRM Suggested Methods
- ▶ 100 articles gratuits de conférences ISRM par an via OnePetro

Membres IAEG

<https://www.iaeg.info/>

- ▶ Newsletter
- ▶ Bulletin of Engineering Geology and the Environment
- ▶ Webinaires et conférences
- ▶ Proceedings



Les argiles gonflantes • Namur • 7 mars 2023

4

Reconnaissance des géotechniciens et experts en géotechnique



Déjà 37 ingénieurs enregistrés
Serez-vous le prochain ?



Les argiles gonflantes • Namur • 7 mars 2023

Contexte et notions de base de la problématique

Christian Schroeder



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Le Retrait/Gonflement des Argiles (RGA)

- le phénomène - comment se manifeste-t-il ?
- le mécanisme du RGA (macro)
- l'importance économique et la répartition géographique
- l'acteur principal : l'argile
 - minéralogie
 - propriétés



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Le phénomène

Le gonflement (et retrait) de certains sols ou roches est un phénomène important en géotechnique car il peut être à l'origine de maints dommages d'ouvrages, en surface et en souterrain.

- pour les ouvrages superficiels, les éléments affectés sont principalement les fondations, les murs porteurs et de remplissage mais aussi les réseaux de drainage (inversions de pente)...
- dans les ouvrages souterrains, le gonflement concerne, e.a.
 - les tunnels : soulèvement du radier, convergences...
 - les puits pétroliers (rôle des boues de forages)
 - les stockages de déchets radioactifs

L'exposé se focalise sur les ouvrages superficiels.

Le phénomène se rencontre presque exclusivement mais pas uniquement (cas, par exemple du gypse), dans les **matériaux argileux lors d'une modification de leur état hydrique**.

"Corpus delicti" : fissures dans des bâtiments (le plus souvent des maisons individuelles)





Le plus souvent, les fissures sont milli- à centimétriques mais peuvent parfois être pluricentimétriques. Les fissuromètres en permettent le suivi.



L'intérieur n'est évidemment pas épargné



L'expertise de constructions fissurées est toujours délicate car les causes possibles des fissures sont multiples et parfois simultanées. Par exemple :

- intervention d'un effet "extérieur", indépendant du couple sol/fondations : impact, séisme, tir de mines, charroi, engins de chantier...
- non adéquation des fondations aux conditions du sous-sol : type (semelle, pieux...), méthode d'amélioration des sols, dimensionnement, exécution ...
- mouvement de terrain
 - glissement ("plan" ou "rotationnel")
 - naturel (cadre géologique, précipitations, érosion...)
 - anthropique (excavation à côté de fondations existantes, creusement de tranchée, remblais inappropriés....)
 - creep (fluage, reptation)
 - effondrement
 - naturel (karst, érosion...)
 - anthropique (galeries de mines, carrières souterraines...)
 - subsidences consécutives aux captages de fluides (eau, hydrocarbures)
 - affaissements miniers

- compaction par entraînement de particules de terrain
 - suffosion
 - érosion interne par boulangage, renard, circulations préférentielles, ruptures de canalisations, dissolutions...
- **tassements consécutifs au changement du régime hydrique**
 - diminution du niveau piézométrique (rabattement ou assèchement) (Terzaghi)
- phénomène (aléa) RGA (Retrait Gonflement des Argiles)



Mécanisme du RGA

Les terrains argileux *superficiels* (sur 1 à 2 m d'épaisseur environ) peuvent voir leur volume varier à la suite d'une modification de leur teneur en eau.

Une précision : la teneur en eau est composée de la teneur en eau liée (structurale - adsorption) et de la teneur en eau libre.

Les cinétiques d'évolution de ces deux teneurs en eau ne sont pas identiques (l'adsorption de l'eau liée étant plus rapide).

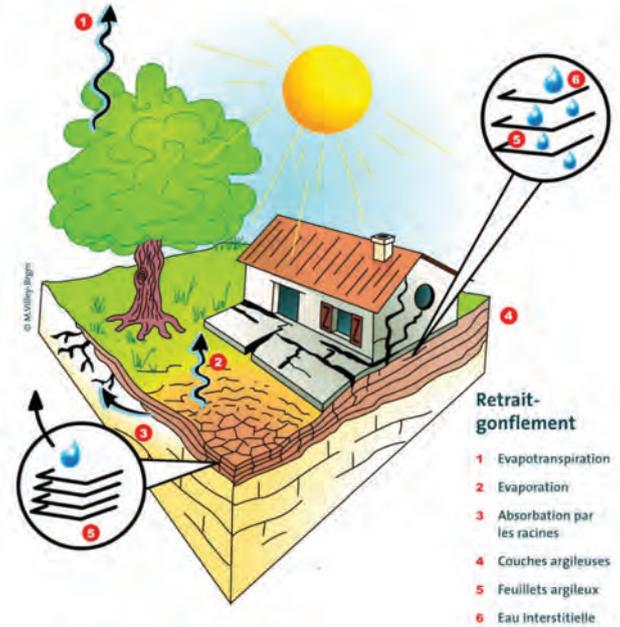
Les argiles se "rétractent" par dessiccation lors des périodes de sécheresse (ou consécutivement à diverses causes, par exemple, les drainages et pompages, les sources de chaleur, la végétation*... + effet de la succion...)

phénomène de "Retrait"

* Exposé de Noël Huybrechts



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



Mécanisme du RGA

... et gonflent lorsqu'elles sont de nouveau hydratées, au retour des pluies (ou suite à une rupture de canalisation, une infiltration d'eau pluviale ...)

phénomène de "Gonflement".

A l'échelle microscopique, ces facteurs sont complexes et dépendent principalement des propriétés minéralogiques des matériaux argileux qu'il faut donc détailler à cette échelle pour expliquer les macro-phénomènes.

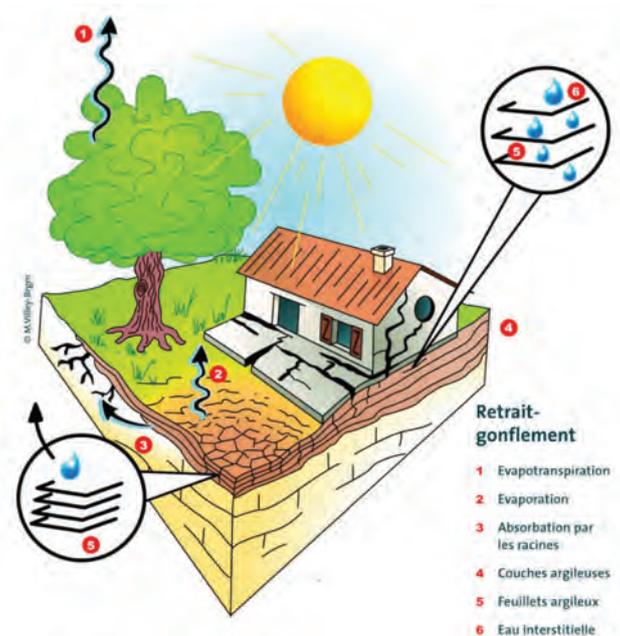
Ces phénomènes sont lents mais peuvent atteindre une amplitude suffisamment importante pour endommager les constructions.

Ils sont mis en évidence et quantifiés par différents essais spécifiques**.

** Exposé de Hughes Legrain



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



Importance économique du RGA

Les mouvements de sol induits par le retrait-gonflement des argiles ne causent pas de dommages humains.

Le RGA affecte principalement les maisons individuelles, aux structures légères particulièrement vulnérables en raison de leurs fondations généralement superficielles et de leurs structures dimensionnées sans la prise en compte de cet aléa.

Même si les désordres sont relativement limités et ne mettent qu'exceptionnellement en péril la stabilité de l'immeuble, l'aléa RGA constitue toutefois un risque majeur en raison de l'ampleur des dégâts matériels qu'il provoque.

Les méthodes de prévention et mitigations ont évidemment un coût mais elles existent *.

Le RGA engendre chaque année des dégâts considérables, indemnisables, en France, au titre des catastrophes naturelles depuis 1982.

En Belgique, les choses ont changé très récemment (loi interprétative) **.

* Exposé de Christian Treve

** Exposé de Me Alexandre Hubaux

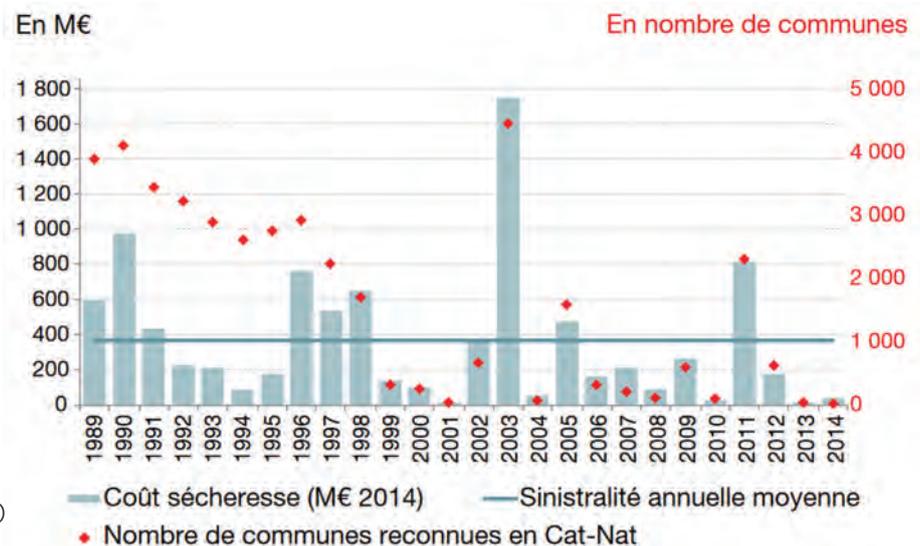


Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Le RGA, amplifié par les épisodes de sécheresse, est, en France, à l'origine de

- 20 % des arrêts de catastrophe naturelle
- > 50 % des coûts d'indemnisation comparés aux autres catastrophes naturelles.

Jusqu'en 2021, le coût des sinistres sécheresse indemnisés en France est évalué par la Caisse Centrale de Réassurance à environ **3 milliards d'euros**.

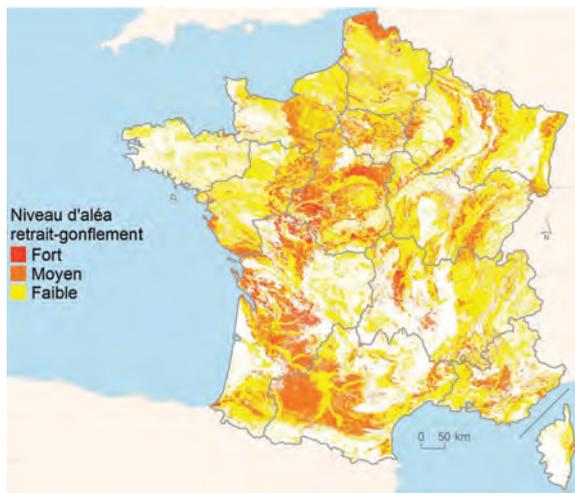


Source : Caisse centrale de réassurance 2017 (F)

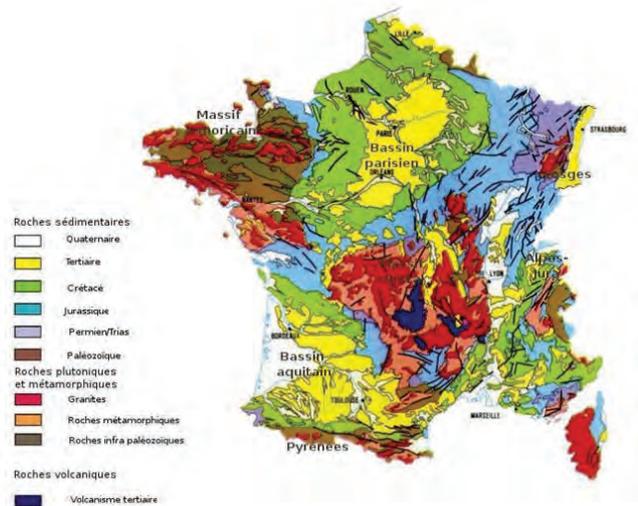


Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Les aléas, et donc les sinistres, se répartissent en fonction de la géologie.
Les sous-sols argileux "monopolisent" les désordres...



Carte montrant la répartition des susceptibilités à l'aléa RGA



Carte géologique

Les terrains les plus "argileux" se rencontrent e.a.

- dans le Tertiaire (jaune) : argile yprésienne (aussi appelée "argile des Flandres")
- dans le Crétacé (vert) : "Smectite"



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Les Argiles

Le terme "argile" a deux acceptions :

- en géotechnique (et pédologie), on parle d'argile au sens granulométrique : une argile (ou fraction argileuse) est définie comme étant le passant à 2 µm (particules < 2 µm).
- au sens minéralogique, les minéraux argileux appartiennent à la famille des *phyllosilicates* (silicates en feuillets) plus ou moins hydratés.

Ceci entraîne parfois des confusions et malentendus car

- si les argiles minéralogiques sont fortement représentées dans les particules < 2 µm, du quartz peut aussi avoir des dimensions inférieures à 2 µm.
- dans tout matériau argileux, les fractions granulométriques supérieures (de 2 à 20 µm, voire plus) peuvent également contenir des minéraux argileux (mica, chlorite, vermiculite...).

Géologiquement parlant, les argiles sont des matériaux sédimentaires résultat de la dégradation physique (gel, cristallisation de sels,..) et de l'altération par l'hydrolyse des minéraux des roches.

Les propriétés physiques et mécaniques des argiles découlent directement de la **structure des feuillet**s dont elles sont constituées qui sera présentée ici de manière très simplifiée.

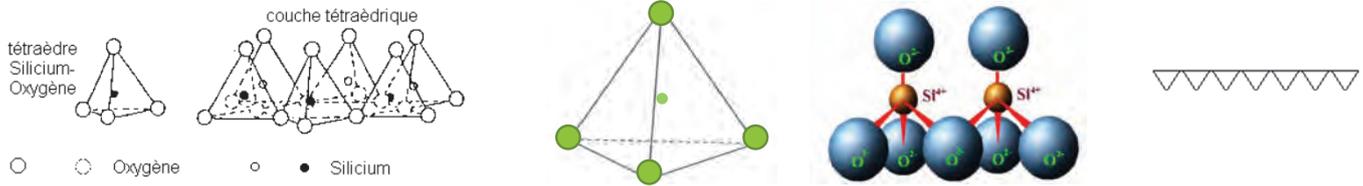
Que Jacques Thorez, Johan Yans, Nathalie Fagel et tant d'autres ne m'en tiennent pas trop rigueur ...



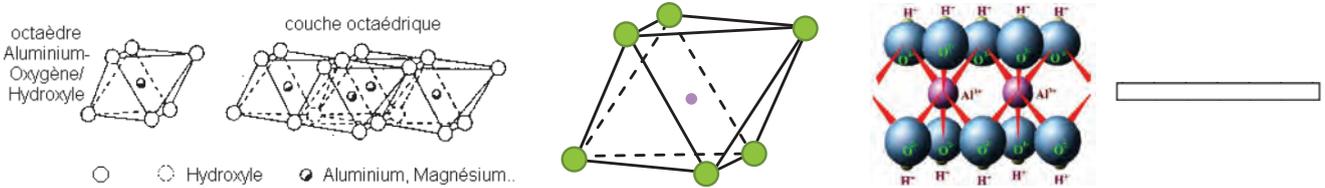
Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

La structure cristallographique de ces **feuillet**s élémentaires est caractérisée par la superposition de deux types de couches de 3 et 4 Å d'épaisseur (1 Å = 0.1 nm) : les couches **T** et les couches **O**

- couche **tétraédrique** (couche **T**), formée de tétraèdres de quatre atomes d'oxygène avec un atome de silicium au centre SiO_4 (épaisseur : 3 Å).



- couche **octaédrique** (couche **O**) à base d'octaèdres $\text{Al}(\text{OH})_6$ (épaisseur : 4 Å)

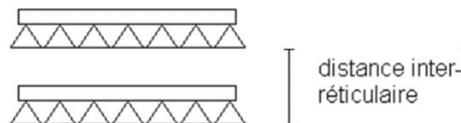


Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Les argiles (phyllites) sont donc des **phyllosilicates d'aluminium** dont les feuillet sont constitués d'une couche O et de une ou deux couches T reliées par les atomes O et OH mis en commun.



Un feuillet et son espace interfoliaire (distance inter-réticulaire) constituent l'unité structurale dont l'épaisseur est de 7 à 17 Å pour les minéraux simple, davantage pour les interstratifiés. La mesure de la distance inter-réticulaire, caractéristique du type d'argile, est en général réalisée par DRX (diffraction des rayons X).



La structure des argiles est généralement compliquée par des substitutions partielles par exemple Si^{4+} substitué par Al^{3+} dans la couche T ou Al^{3+} par Mg^{2+} ou Fe^{2+} dans la couche O. Ces substitutions entraînent un déficit de charges positives. La neutralité globale est obtenue par **l'adsorption de cations K^+ , Na^+ , Ca^{2+} et de dipôles d'eau dans l'espace interfoliaire.**

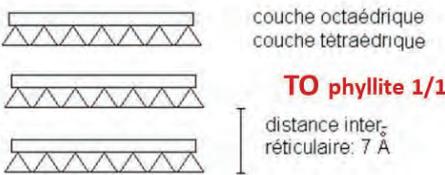
Selon leur nature et celle de l'argile, ces ions adsorbés sont plus ou moins liés et échangeables. Certaines argiles ont donc plus que d'autres la capacité de fixer et d'échanger des ions (cations), quantifiée par le paramètre CEC (Capacité d'Echange Cationique).



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Selon la nature et le nombre de couches, les argiles (phyllites) sont classées en diverses familles, qui sont plus ou moins gonflantes, principalement :

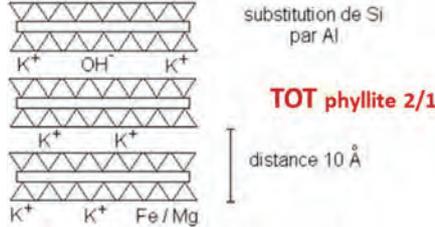
KAOLINITE $Al_2O_3 \cdot 2 SiO_2 \cdot 2 H_2O$



Pas de substitution dans les couches, feuillet neutre. Cristaux souvent grands (jusqu'à 15 µm).

Non gonflante

ILLITE $K Al_2(OH)_2 \cdot (Al Si_3(O, OH)_{10})$

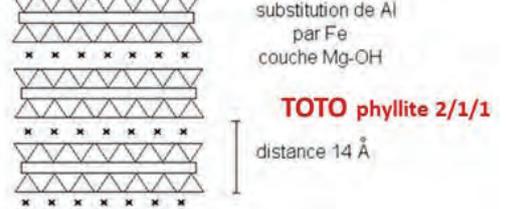


Il peut y avoir des substitutions (de Si par Al). Des cations (K+) sont adsorbés dans l'espace interfoliaire pour compenser le déséquilibre des charges.

La glauconie, minéral vert présent dans le Bruxellien, est proche de l'illite.

Non gonflante

CHLORITE $Mg_5(Al, Fe)(OH)_8(Al, Si)_4 O_{10}$



L'espace interfoliaire est garni par une couche composée de Mg et OH. L'Al est remplacé localement par le Fe

Non gonflante, sauf exceptionnellement.

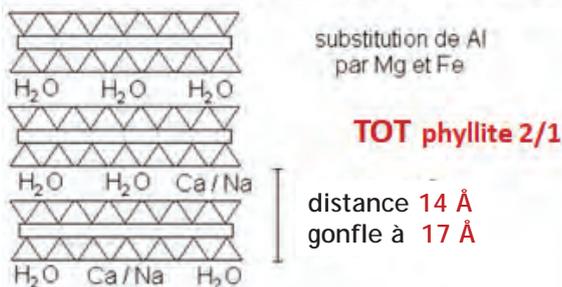
La vermiculite, proche de l'illite et des chlorites, est **gonflante**.



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Les smectites, principales argiles gonflantes

SMECTITES $2 Al_2O_3 \cdot 8 SiO_2 \cdot 2 H_2O \cdot n H_2O$
(Montmorillonite) $(Mg, Ca) O \cdot Al_2O_3 \cdot 5 SiO_2 \cdot n H_2O$



L'empilement des feuillets est désordonné, les feuillets pouvant tourner dans leur plan. Les substitutions d'atomes sont importantes.

Lorsque d'autres feuillets argileux s'intercalent, régulièrement ou non, entre les feuillets de smectites on parle alors d'"interstratifiés".

Le désordre des feuillets et leur faible charge facilitent leur écartement et l'adsorption de molécules variées (eau, cations, organiques) dans l'espace interparticulaire, causant le **gonflement**.

Le phénomène étant réversible, le **retrait** s'explique par la désorption d'eau des argiles hydratées. L'amplitude du retrait dépend de la quantité d'eau évacuée, pouvant aller jusqu'au séchage complet (limite de retrait).



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Quelques smectites :

- Bentonite (Montmorillonite)
Les bentonites Na, particulièrement gonflantes, sont des Ca "activées" au Na. L'échange est réversible et, par exemple, une barrière d'étanchéité de CET réalisée en bentonite Na pourra perdre de ses qualités de gonflement en présence d'ions Ca
- Beidelite, Nontronite, Hectorite, Saponite
- la "Smectite de Herve"*, responsable de maints RGA, en particulier dans la région de Soumagne, est une marne (craie/argile) où dominant soit des illites soit des minéraux de la famille des smectites (Beidellite, Nontronite...)

Lorsque la marne "smectite de Herve" est intacte (+/- 50% CaCO₃ et 50% smectite), elle est assez inerte (et d'ailleurs toujours à près de 100 % de saturation).

En revanche, près de la surface, le CaCO₃ est dissous et seule subsiste l'argile (smectite), avec ses propriétés RGA et les désordres consécutifs.

* Thorez & Monjoie 1973 - Lithologie et assemblages argileux de la Smectite de Herve - asgb



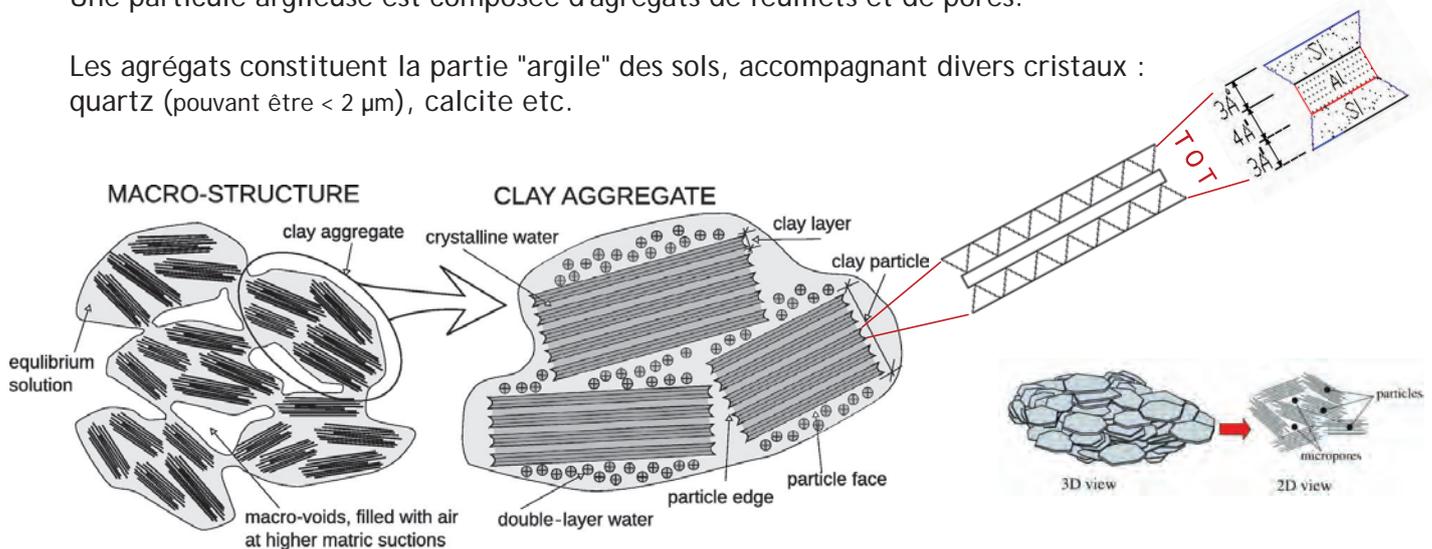
Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retrait/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Remarque :

Jusqu'ici ici, il a été question des **feuilletés** élémentaires des argiles (quelque nm).

Une particule argileuse est composée d'agrégats de feuilletés et de pores.

Les agrégats constituent la partie "argile" des sols, accompagnant divers cristaux : quartz (pouvant être < 2 µm), calcite etc.

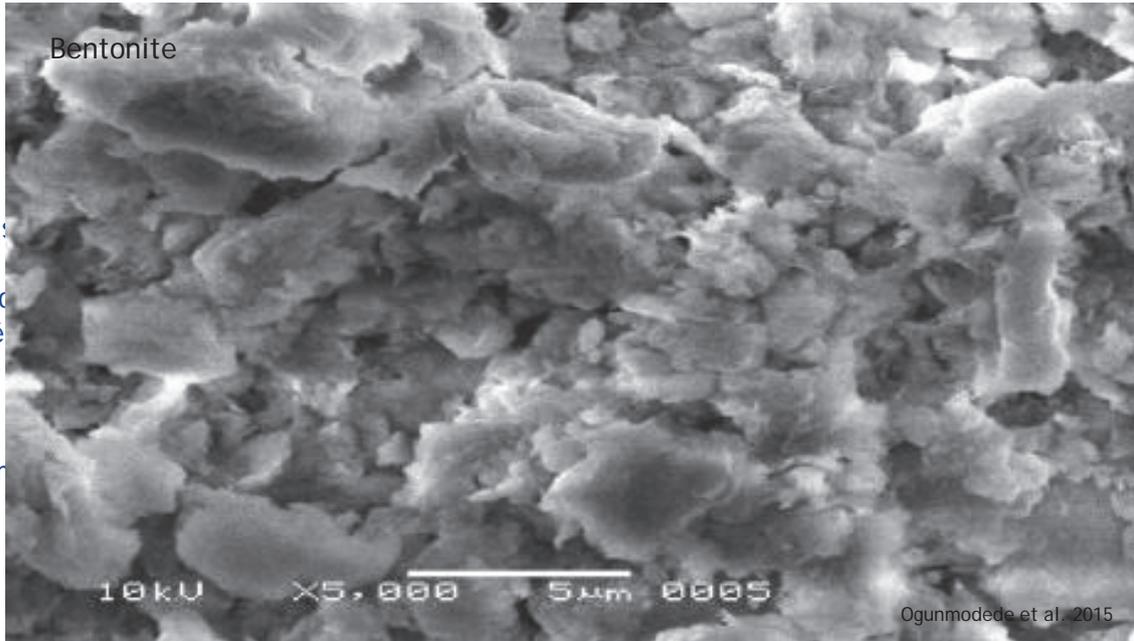


Masin & Kahlili, Yong, Wakim



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retrait/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Bentonite



Remarque bis

Les argiles gonflent
sont en générale

Dans ce cas,

Leur "gonflement"

(A ou c_g).

"Clay, like chalk, is a fascinating material, which has still not revealed all its secrets"

... d'après Rasmus Risnes (1935 - 2004)



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Cartographie de l'aléa RGA

La cartographie de l'aléa (et du risque) apporte une aide considérable dans la reconnaissance de l'existence de l'aléa (importante pour l'indemnisation) et procure l'information nécessaire pour la prévention du risque.

En France, le territoire a été couvert dès 2001 (avant la sécheresse de 2003).

Cette cartographie a été basée sur

- la présence de formations argileuses, marneuses ou tourbeuses affleurantes à sub-affleurantes (2 m maximum)
- la nature des argiles (smectite ou non)
- les caractéristiques géotechniques des formations

Elle distingue trois classes d'aléa : l'aléa faible, l'aléa moyen et l'aléa fort.

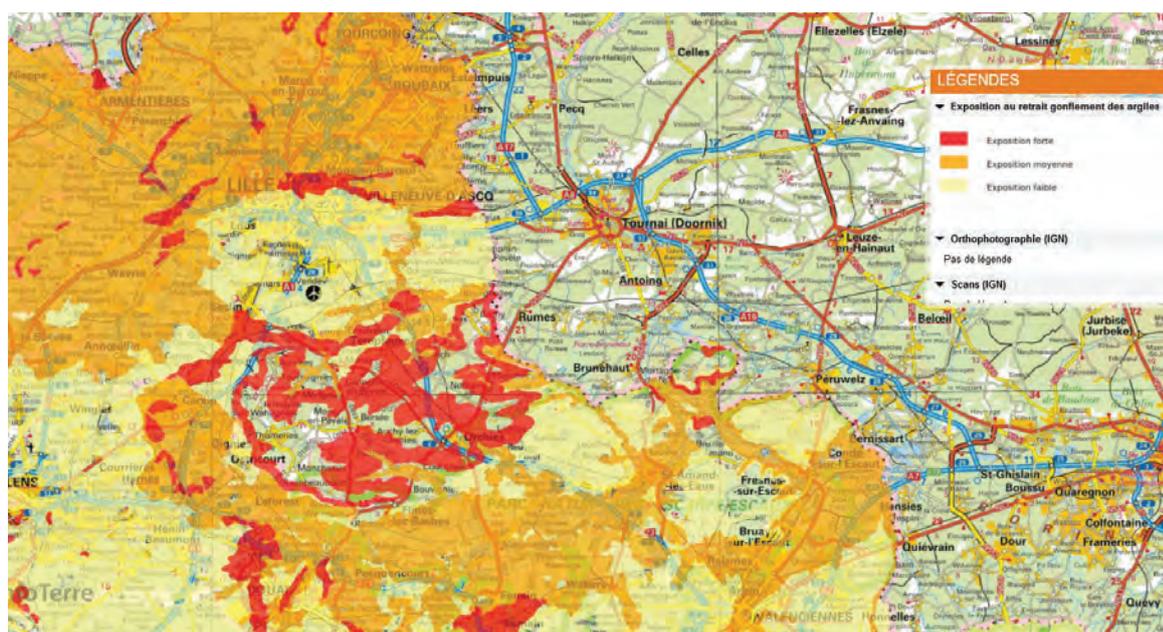
En 2019, une nouvelle carte de susceptibilité au phénomène de RGA a été mise à l'enquête publique. La carte a été réalisée par la Direction générale de la prévention des risques (DGPR) du Ministère de la Transition écologique et solidaire (MTES), avec l'appui technique du Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) et de la Mission Risques Naturels (MRN).

<https://www.mrn.asso.fr/mise-a-lenquete-publique-nouvelle-carte-de-susceptibilite-rga/>

Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



Extrait de la carte d'exposition au RGA dans le département du Nord (59) - 2003



Barchi P., Delcourt L., Ducoin C., Vincent M. (2003) - Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles dans le département du Nord. BRGM/RP-52107-FR,



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Par ailleurs, le Service de la donnée et des études statistiques (SDES) a publié en 2019 un indicateur qui rend compte de l'exposition des maisons individuelles au phénomène RGA au regard de leur localisation sur le territoire des communes en France métropolitaine.

Sa mise à jour en 2021 tient compte du nouveau zonage de l'aléa réalisé dans le cadre de la loi Elan - exposition du territoire au RGA (BRGM, 2019) et de quatre périodes de construction : avant 1921, entre 1921 et 1945, entre 1946 et 1975, après 1975.

Le tableau ci-dessous est extrait de l'indicateur 2019.

Exposition au RGA 2019		Nombre de logements				Nombre de logements construits en aléa moyen ou fort selon 4 périodes			
Département	Nom	Total	En aléa moyen ou fort	En aléa faible	En zone a priori non argileuse	Avant 1921	Entre 1921 et 1945	Entre 1946 et 1975	Après 1976
01	Ain	195 434	60 642	132 648	2 144	22 002	1 253	7 407	29 980
02	Aisne	205 236	68 195	113 136	23 905	26 552	11 038	11 025	19 580
03	Allier	148 746	133 756	0	14 990	58 437	11 336	21 657	42 326
04	Alpes-de-H-Provence	72 374	67 325	393	4 656	17 703	1 463	13 599	34 560
05	Hautes-Alpes	50 501	15 508	32 466	2 527	4 966	555	2 865	7 122
06	Alpes-Maritimes	159 189	150 800	164	8 225	22 956	12 182	36 539	79 123
07	Ardèche	144 695	77 277	13 261	54 157	25 212	2 096	11 279	38 690
08	Ardennes	102 745	24 408	71 133	7 204	9 728	2 923	4 232	7 525
09	Ariège	87 161	67 094	7 184	12 883	27 498	2 565	13 418	23 613
10	Aube	109 390	35 741	63 359	10 290	14 324	916	5 089	15 412
11	Aude	186 228	175 672	281	10 275	53 263	5 434	27 587	89 388
12	Aveyron	132 231	43 060	50 326	38 845	17 149	1 868	6 808	17 235
13	Bouches-du-Rhône	360 613	334 835	0	25 778	60 088	24 471	66 668	183 608

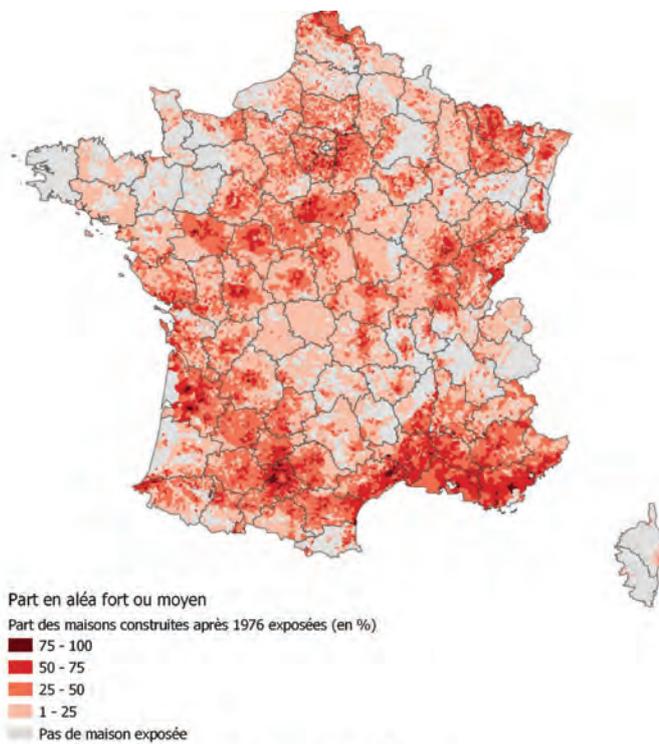
indicateurs_rga_2019_communes_departements.xlsx



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Dans une "note méthodologique", le Ministère de la transition écologique, fournit des informations multiples sur l'aléa RGA.

Par exemple, la carte ci-contre concerne la *"Part des maisons individuelles construites après 1976 exposées au retrait-gonflement d'argiles"*



Note_methodologique Cartographie de l'exposition des maisons individuelles au RGA - 2021

Sources : BRGM, 2019 ; Fideli, 2017. Traitements : SDES, 2021



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Quelques publications sur la problématique RGA

- Le retrait-gonflement de argiles - 2008 - Ministère de l'écologie du développement et de l'aménagement durables
- Note_méthodologique - Cartographie de l'exposition des maisons individuelles au RGA - 2021 Ministère de la transition écologique
- Guide technique GTI4.1 Caractériser un site pour la construction - 2017 - Ifsttar
- Guide technique GTI4.2 Protéger sa maison de la sécheresse - 2017 - Ifsttar
- Guide technique GTI4.3 Analyse et traitement des désordres créés par la sécheresse - 2017 - Ifsttar
- Audiguier, Geremew, Laribi, . Cojean 2003 - Caractérisation au laboratoire de la sensibilité au retrait gonflement des sols argileux RFG 120-121
- Yong R.N. - Soil suction and soil-water potentials in swelling clays in engineered clay barriers Canadian Geotechnical Journal Volume 53, Number 1 January 2016
- Masin &Khalili 2016 - Swelling phenomena and effective stress in compacted expansive clays Canadian Geotechnical Journal Volume 53, Number 1 January 2016
- Vincent et al 2007 - Cartographie de l'aléas RGA - RFG 120-121



Essais géotechniques sur les sols plastiques

Cécile HAVRON, Géry PUISSANT, Hughes LEGRAIN



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Plan de l'exposé

- ▶ Desk study
- ▶ Essais in situ
 - ▶ CPT
 - ▶ DPL-DPM-DPH-PANDA
 - ▶ Forages
 - ▶ Fissuromètres : ouvertures/fermetures
- ▶ Essais en labo
 - ▶ Identification visuelle
 - ▶ Teneur en eau
 - ▶ Valeur de bleu
 - ▶ Limites d'Atterberg (Indice de plasticité)
 - ▶ Granulométrie
 - ▶ DRX
 - ▶ Oedomètres

Desk Study : cas de dégâts sur bâtiment existant

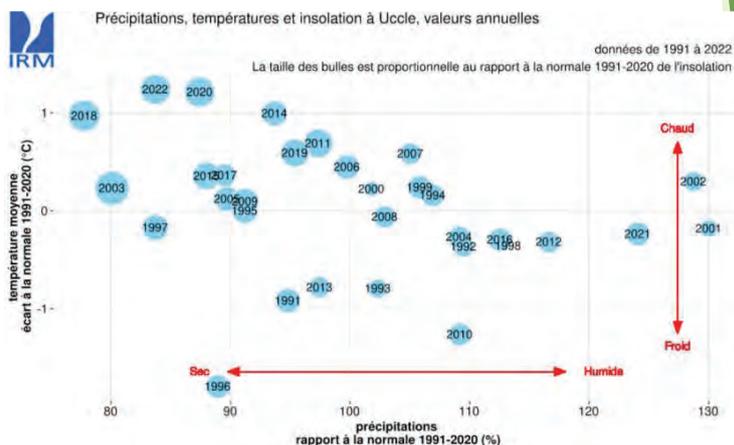
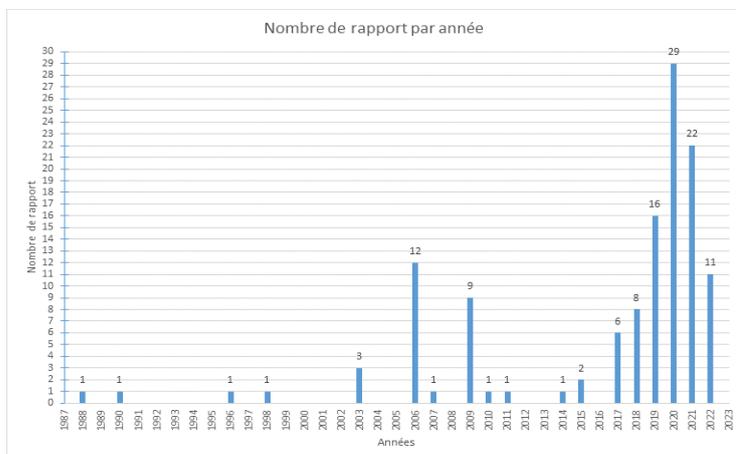
- Avant la réalisation d'essais, utile d'observer :
 - les fissures (type de mouvements observés, exclure les causes structurelles,...)
 - orientation (sud...),
 - topographie,
 - végétations,...



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Desk Study : cas de dégâts sur bâtiment existant

- Connaitre le timing :



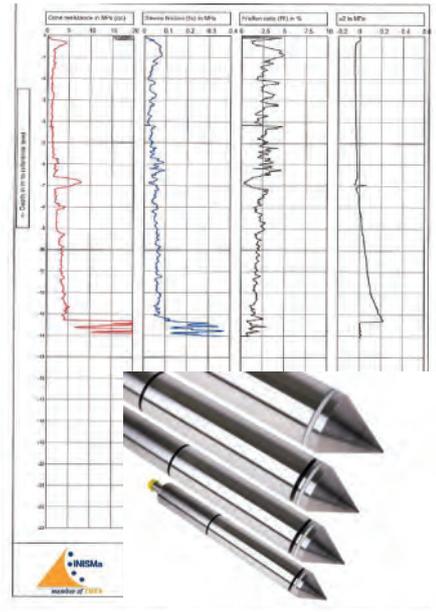
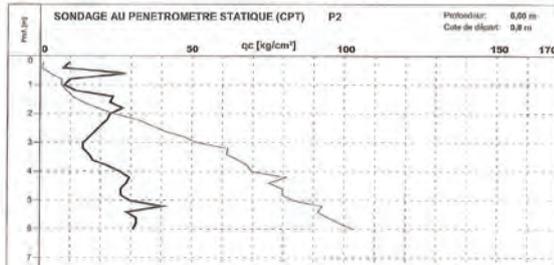
Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Les essais in situ : pénétromètre statique CPTm ou e(u)



34 34 - Fax: 32(0)8534 80 05
(Belgique) - www.rock.be

Dossier: 43131
Date: 2/2021



AVANTAGES : mesure des résistances (charges admissibles), détection de vides éventuels, « signature » argiles (dans une certaine mesure...), possibilité de petites machines ancrées, mais encore faut-il pouvoir s'ancrer...(remblais, revêtements, sols meubles,...)

Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
 Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



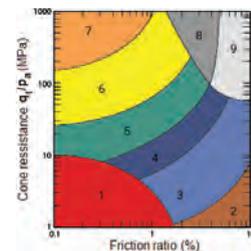
Les essais in situ : pénétromètre statique CPT

INCONVENIENTS : accessibilité en zone bâtie, « signature » argile indicative, voire absente (particulièrement pour les couches superficielles : frottement \)

→ Doit être associé à des prélèvements !



Accès parfois difficile pour 10 ou 20t en zone bâtie



Région	Type de comportement du sol (SBT)
1	Sensible, à petits grains
2	Soils organiques - Argile
3	Argile - Argile silteuse à argille
4	Mélanges de silts - Silt argileux à argille silteuse
5	Mélanges de sables - sable silteux à silt sableux
6	Sables - Sable propre à silt sableux
7	Sable graveleux à sable dense
8	Sable très raide à sable argileux *
9	Très raide, à petits grains *

Robertson...prudence !
(surtout proche de la surface)



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
 Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

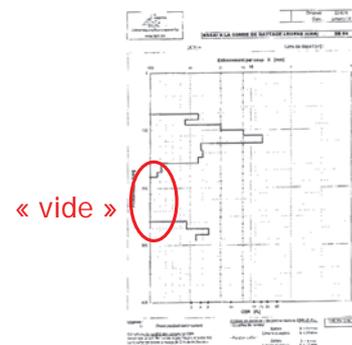
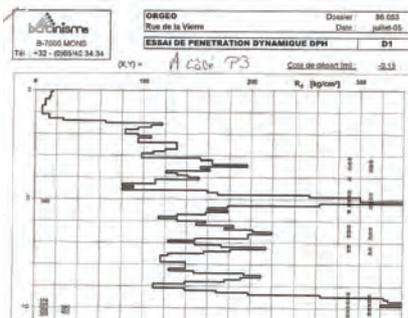
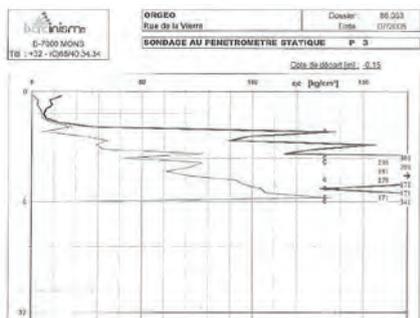
Les essais in situ : pénétromètre dynamique DP L,M,H + panda



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Les essais in situ : pénétromètre dynamique DP L,M,H

AVANTAGES : **accessibilité** (machines légères), détection de vides éventuels (ou fortes déconsolidations), sonder plus profondément en terrain très durs



INCONVENIENTS : méthodes de dimensionnement indirectes (passage par q_c ... ⚠ rapport 2 très approximatif), pas de « signature argiles » typique



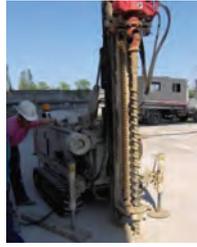
Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Les essais in situ : les forages avec prélèvements de sols

- **FONDAMENTAL** dans le cas de la problématique « argiles » !
(et en général pour une bonne reconnaissance géotechnique / « étude de sol »)
 - ▶ DES INFORMATIONS PRECIEUSES
 - ▶ PAS FORCEMENT CHER (généralement, des forages à 3 ou 5 m suffisent)
 - ▶ Détermination exacte de la nature des sols
 - ▶ (Investigations dans les couches dures)



Tarière manuelle :
- accessibilité faible,
- qc sol < 20 kg/cm²,
- profondeur < 3m



Tarière motorisée :
- accessibilité moyenne,
- qc sol 0-150 kg/cm²,
- profondeur < 30m



Gouge battue, légère ou lourde :
- accessibilité faible ou moyenne,
- qc sol 0-50 kg/cm²,
- profondeur < 3m / 30m



« Gouge avec tubage » :
- accessibilité moyenne,
- qc sol 0-50 kg/cm²,
- prof. < 30m



« Marteau / carottier » :
- Forage en roche

Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



Les essais in situ : les forages avec prélèvements de sols

AVANTAGES : échantillons (FONDAMENTAL !), non-remaniés OU remaniés !, réalisables presque partout (au moins à faible profondeur)

INCONVENIENTS : pas vraiment...

peut-être difficultés pratiques éventuelles (intérieur, revêtement béton/remblais durs avec peu ou pas d'accès machine,...)



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



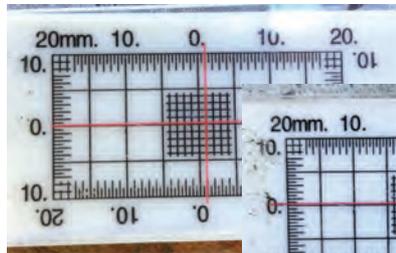
Les essais in situ : fissuromètres

Utile pour l'analyse des risques structurels, mais aussi pour le diagnostic !

(cycles ouvertures/fermetures dans le cas d'argiles)

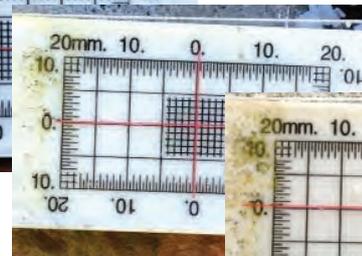


Pose le 5 septembre 2018

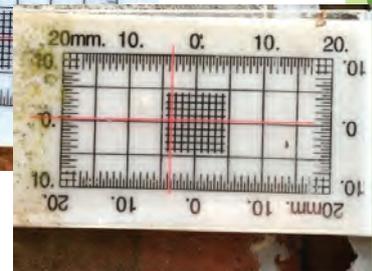


Février 2019
(fermeture à -1mm)

Octobre 2019
(ouverture à +2mm)



Mai 2020
(fermeture à 0mm)



Août 2020
(ouverture à +4mm)

AVANTAGES : simple, prix modéré

INCONVENIENTS : diagnostic sur la durée (plusieurs saisons...)



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Les essais in situ : autres ?

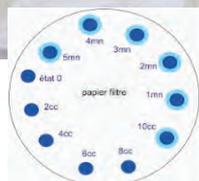
- ▶ Essais de succion in situ
- ▶ Pressiomètre : pas de réelle plus value dans le cas des argiles
- ▶ Géophysique ? Eventuellement...
- ▶ (Mesures de tassement/affaissement)
- ▶ ...



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Les essais en labo: valeur de bleu

Titration « à la tache »



Plusieurs points à ne pas négliger :

- Ne pas confondre MB, MBf, VBS,...
- Utiliser une procédure adaptée : argilosité d'un sable ou d'un empierrement très différente de celle d'un sol très argileux ! (voir VBS : NF P94-068; MB : NBN EN 933-9)
- **⚠** Réhydratation lors de la préparation : idéalement, ne pas sécher au-delà de 50°, et/ou réhydrater en 24h sous agitation (risque de sous-estimation)
- **⚠** Systèmes automatiques (peu pratiques et peu efficaces pour mesurer des gammes très différentes)
- (théoriquement recommandé pour sols peu argileux)

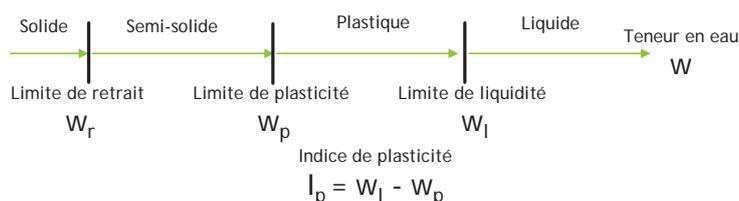
AVANTAGES : prix modéré, 1 des essais de référence, existence de normes...

INCONVENIENTS : ...les normes utilisées ne sont pas toujours adaptées aux sols très argileux, complexité/représentativité parfois sous-estimée par les laboratoires



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Les essais en labo: limites d'Atterberg (indice de plasticité)



A | Rapport entre l'indice de plasticité des sols plastiques, la fraction de particules < 2 µm et le risque de retrait ou de gonflement

Indice de plasticité i_p	Fraction de particules < 2 µm	Risque de retrait ou de gonflement
> 35	> 95 %	Très élevé
22 - 48	60 - 95 %	Elevé
12 - 32	30 - 60 %	Modéré
< 18	< 30 %	Léger

B | Rapport indicatif entre l'indice de plasticité et le type de sol

Indice de plasticité i_p	Type de sol
$i_p < 5$	• Sable peu argileux • Sable peu limoneux
$5 < i_p < 15$	• Sable argileux • Sable limoneux • Limon
$15 < i_p < 25$	• Argile sableuse • Argile limoneuse • Limon
$25 < i_p$	Argile

AVANTAGES : L'essai de référence par excellence, lien fort entre I_p et risque de retrait, en toute rigueur : est conseillé en lieu et place de la valeur de bleu dans le cas de sols très argileux (par le CRR par exemple)

INCONVENIENTS : dépendance significative à l'opérateur (précision estimée à 25-30 % de la valeur de I_p)

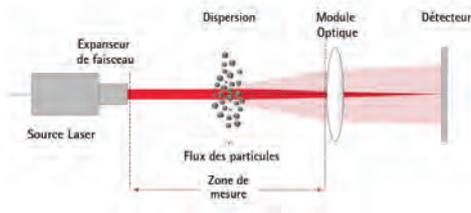
D'après « Fissuration dans les bâtiments due au retrait ou au gonflement des sols plastiques » A. Van der Auwera, N. Huybrechts, J. Maertens, les dossiers du CSTC 2021/5.10



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

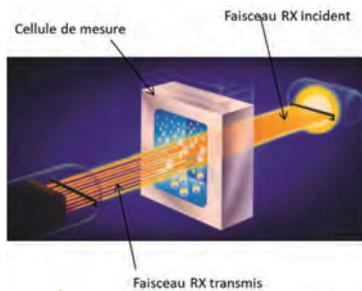
Les essais en labo: granulométrie

- Tamissage limité à 63 μm \rightarrow insuffisant pour identification des argiles ($< 2 \mu\text{m}$)
- Granulométrie laser : mesure « directe » de la taille des grains



Hypothèse = grains sphériques \neq feuillets argileux
 \rightarrow pas adapté aux argiles

- Sédigraphie : mesure de la vitesse de sédimentation ; concentration en particules = f (Transmittance aux RX)



mieux adapté mais pas toujours très précis avec des argiles



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Les essais en labo: granulométrie

- Sédimentométrie : mesure de la vitesse de sédimentation



Longs et fastidieux, de moins en moins utilisé

L'expérience montre une précision encore meilleure que la sédigraphie mais tout de même des sous-estimations fréquentes (forme particulière des feuillets d'argiles par rapport aux hypothèses de la loi de Stokes)

AVANTAGES : assez systématique, considéré comme l'un des essais de référence...

INCONVENIENTS : ...à tort (surtout pour la granulométrie laser) car sous-estimation de la quantité d'argiles



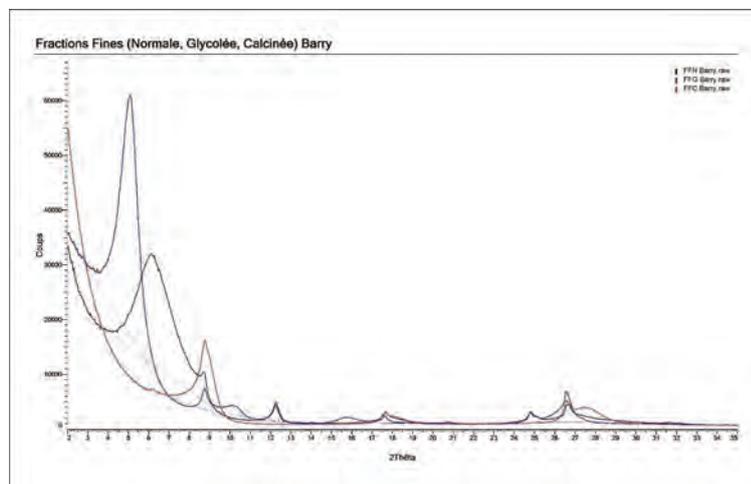
Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Les essais en labo: analyse par DRX

Identification minéralogique et analyse (semi-)quantitative par analyse du spectre de diffraction des RX



L'analyse des argiles nécessite en toute rigueur plusieurs analyses du même échantillon, à l'état naturel, avec attaque à l'eau glycolée et après calcination, afin de bien différencier les principaux types d'argiles



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Les essais en labo: analyse par DRX

AVANTAGES : la meilleure technique, la plus précise, la seule qui permet d'identifier le type d'argiles

INCONVENIENTS : - nécessite une interprétation scientifique et de l'expérience (il n'existe pas de norme, mais seulement plusieurs publications de référence)
- plus cher (surtout avec typage des argiles)
- sur une très petite quantité → plusieurs tests pour une meilleure représentativité



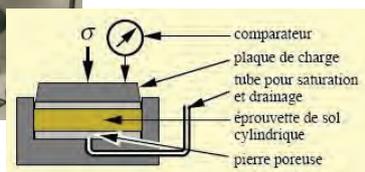
Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Les essais en labo: essais oedométriques

Permet d'évaluer le potentiel de retrait/gonflement, mais peu adapté à la problématique des argiles : plus approprié pour calcul de tassements sous charge et non des variations volumiques dues aux variations hydriques



Eventuellement utiles lorsqu'il faut estimer
des pressions de gonflement



Variante: essais de rétraction/gonflement par variation hydrique... mais reste expérimental (difficile à mettre en œuvre)



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Identification du risque/de la cause de dégâts liés aux argiles

Une reconnaissance géotechnique ('étude de sol') correcte, bien menée permet d'identifier le risque :

- ▶ Confirmation du risque potentiel sur base des cartes géologiques
- ▶ Réaliser au minimum un forage : identification des sols (CPT insuffisant)
- ▶ Essais en laboratoire : valeur de bleu, limites d'Atterberg (indice de plasticité), caractérisation minéralogiques par diffraction X (surtout pour les expertises après apparitions des problèmes...)
- ▶ Observations de terrains (végétation, topographie, orientation...)
(surtout pour les expertises après apparitions des problèmes...)
- ▶ Recommandations constructives...



Il y aurait un intérêt à :

- disposer de cartes d'aléa : prise en compte obligatoire du risque « argiles » dans certaines zones ?
(sur le modèle des études karstiques ou puits de Mines par exemple ?)
- D'une manière générale, augmenter les exigences au niveau des reconnaissances géotechniques (forages...)



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Merci de votre attention



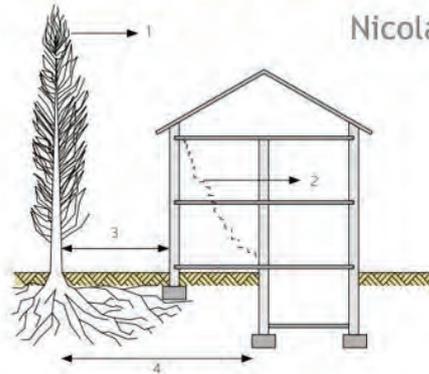
geotechnique@bcrc.be



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Prescriptions constructives et influence de la végétation pour les constructions sur sols plastiques

Nicolas Denies & Noël Huybrechts



Contenu

1. Etat des connaissances et directives pour les fondations dans l'argile et effet des arbres en Belgique (1970 – ...)
2. Directives internationales: Grande Bretagne et France
3. Conclusions et perspectives
4. Liste de références

1. Etat des connaissances et directives en Belgique

▪ 1. E. De Beer, Grondmechanica Deel II - Funderingen

Standaard Wetenschappelijke Uitgeverij, 8^e herziene druk, 1970

Geotechniek

Historiek

De geschiedenis van de geotechniek in Vlaanderen en België start met de oprichting in 1939 van het laboratorium voor Grondmechanica binnen het Ministerie van Openbare Werken, onder leiding van de jonge ingenieur E. De Beer. Het laboratorium in de St. Pietersnieuwstraat werd uitgebouwd en de eerste sonderingen in België werden uitgevoerd met het "schavot".

1939

Oprichting

Oprichting Laboratorium voor Grondmechanica van het Ministerie Openbare Werken (MOW) te Sint-Pietersnieuwstraat Gent geleid door Prof De Beer + eerste sonderingen in België



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

1. Etat des connaissances et directives en Belgique

▪ 1. E. De Beer, Grondmechanica Deel II - Funderingen

Standaard Wetenschappelijke Uitgeverij, 8^e herziene druk, 1970

p. 243-244 : problématique du séchage des sols argileux

Premiers dégâts rapportés en 1940

Een tweede belangrijke uitzondering zijn de zettingen veroorzaakt door de uitdroging van de kleilagen waarin het woonhuis is gefundeerd.

Deze uitdroging kan b.v. het gevolg zijn van de warmte welke wordt uitgestraald door den ketel ener verwarmingsinstallatie welke in den kelder is geplaatst. Indien de funderingszolen op geringe diepte onder den keldervloer zijn voorzien, wordt de onmiddellijk onder het funderingspeil gelegen klei al heel vlug in het uitdrogingsproces betrokken; de uitdroging geeft aanleiding tot een krimpen van de klei waardoor de muren, palend aan den kelder der verwarmingsinstallatie, veel meer zakken dan deze palend aan andere kelders.

De uitdroging van de klei kan ook het gevolg zijn van de seizoenvariatiën van het watergehalte, waarbij de aanwezigheid van snel-groeiende bomen en houtgewassen in de onmiddellijke nabijheid van de gebouwen een zeer schadelijke rol speelt.

Séchage de l'argile par:

- Cave chauffée (chaudière)
- **Variation saisonnière de la teneur en eau**
- **Arbres à croissance rapide: dégâts**

Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

1. Etat des connaissances et directives en Belgique

1. E. De Beer, Grondmechanica Deel II - Funderingen

Standaard Wetenschappelijke Uitgeverij, 8^e herziene druk, 1970

Sur base d'expériences dans les environs d'Ypres:

- Pas d'arbre à proximité : variation de la teneur en eau jusqu'à 1 à 2 m
 - Niveau d'assise des fondations > 2 m : pas de dégâts
 - Niveau d'assise < 1 m → quelques problèmes durant les étés très secs
- Arbres à proximité : variation de la teneur en eau jusqu'à plus de 3m de prof.
 - Tassements différentiels peuvent être catastrophiques

Wanneer de grond bestaat uit klei dienen binnen een bereik van 10 m. alle snel-groeiende boomsoorten omheen de constructies te worden verbannen, tenzij deze constructies op minstens 3,00 m. diepte onder het m.v. worden aangelegd.

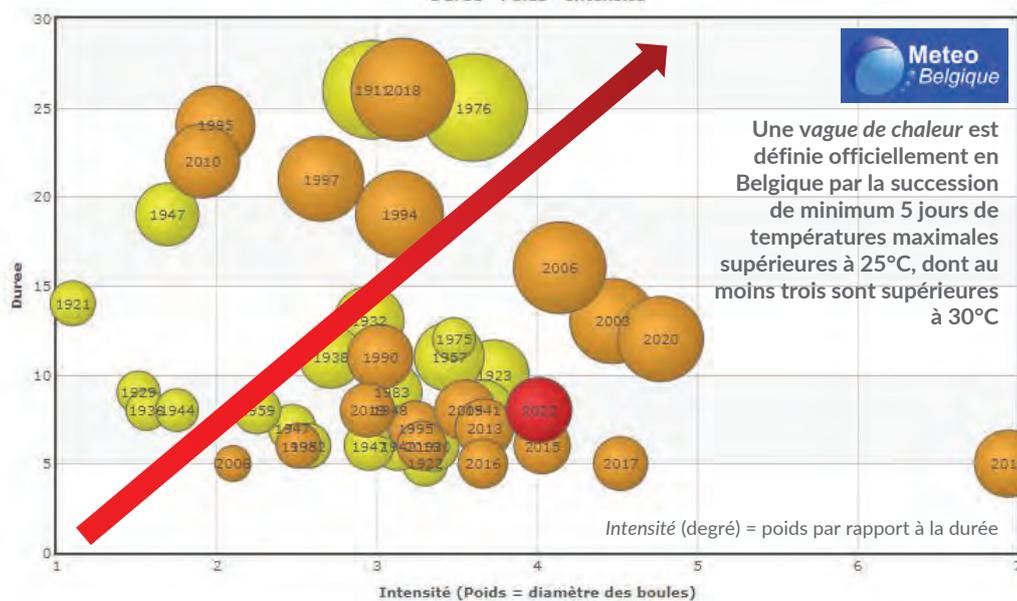
Dégâts supplémentaires pendant l'été sec de **1947**
IRM: « *Le mois d'août a cumulé les records à Uccle quatre jours de pluie seulement (normale: 16,1 jours).* »

[IRM - Contexte général \(meteo.be\)](#)

[...] exceptions remarquables : un été particulièrement chaud comme celui de **1947** avec une température qui est montée jusqu'à 38°C dans l'abri ouvert à Uccle, ou celui de **1976**, au cours duquel les températures maximales ont été supérieures à 30°C pendant seize jours consécutifs et qui ressemblait plus à un été de région tropicale.

1921, et plus récemment **1976**, ont été des années où la **sécheresse fut sévère**

Comparaison des trois paramètres des vagues de chaleur
Durée - Poids - Intensité



Une vague de chaleur est définie officiellement en Belgique par la succession de minimum 5 jours de températures maximales supérieures à 25°C, dont au moins trois sont supérieures à 30°C

Le poids : en degrés jours avec 20°C de température moyenne comme référence : une température moyenne de 22.3°C aura un poids de 2.3, une de 19.5°C un poids de -0.5

1. Etat des connaissances et directives en Belgique

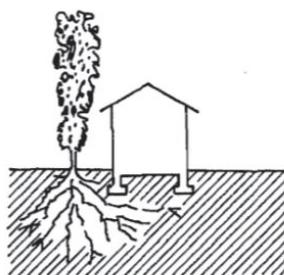
- 1. E. De Beer, Grondmechanica Deel II – Funderingen - 1970
- 2. M. Storms, Formation de fissures dans les maçonneries à imputer à *une fondation inadaptée dans un sol argileux à proximité d'arbres* et à *un été exceptionnellement sec* ➔ **Été sec de 1976: divers cas de sinistres !**
WTCB Tijdschrift Nr. 1, Maart 1977.
- 3. Guide pratique pour les fondations de constructions petites et moyennes
NIT CSTC 147 – FONDATIONS DE MAISONS, 1983
- 4. Ch. Quewet, Fondations superficielles: attention aux sols plastiques
WTCB Tijdschrift Nr. 2, 1985.
- 5. Monika De Vos : Speciale problemen bij het bouwen op tertiaire klei
TI-KVIV Studiedag "Bouwen op kleigronden = altijd problemen ?", 11 mei 2004.



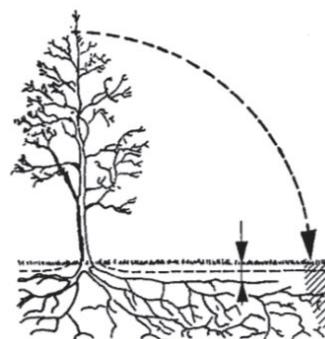
Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

	E. De Beer (1970) basé sur exp. 1940, 1947...
Sols plastiques?	ARGILE
Causes	Cave chauffée Variation saisonnnière teneur en eau : 1 à 2m Arbre à croissance rapide
Reconnaissance des sols	
Niveau d'assise des fondations et type	Pas d'arbre : > 2m OK <1m 😞 si sécheresse Arbre à – de 10m : ≥ 3m
Mesures préventives	
Remédiation	

	E. De Beer (1970) basé sur exp. 1940, 1947...	M. Storms (1977) basé sur année 1976
Sols plastiques?	ARGILE	ARGILE + LIMON
Causes	Cave chauffée	
	Variation saisonnière teneur en eau : 1 à 2m	Variation saisonnière teneur en eau : 1 à 1.5 m (+ si sécheresse)
	Arbre à croissance rapide	Influence arbres à croissance rapide : Profondeur : 4 m Distance : 12 m
Reconnaissance des sols		
Niveau d'assise des fondations et type	Pas d'arbre : > 2m OK	Pas de profondeur donnée
	<1m 😊 si sécheresse Arbre à - de 10m : ≥ 3m	! aux bâtiments sur fondations à différentes profondeurs
Mesures préventives		Pas d'arbre à - de 12 m Si arbre : agir ! coupe arbres adultes : risque de gonflement
Remédiation		



Afb. 4 — Toename van de aktiestraal van de populieren naarmate hun groei.



Afb. 5 — De aktiestraal van de wortels van de meeste bomen is groter dan hun hoogte.

se et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

	E. De Beer (1970) basé sur exp. 1940, 1947...	M. Storms (1977) basé sur année 1976	NIT CSTC (1983)
Sols plastiques?	ARGILE	ARGILE + LIMON	Basé sur I_p et $F < 2\mu m$
Causes	Cave chauffée		
	Variation saisonnière teneur en eau : 1 à 2m	Variation saisonnière teneur en eau : 1 à 1.5 m (+ si sécheresse)	Variation saisonnière teneur en eau : 1m (+ profond si arbres à racines prof. et ramifiées)
	Arbre à croissance rapide	Influence arbres à croissance rapide : Profondeur : 4 m Distance : 12 m	Arbres à racines prof. et ramifiées Influence : Distance : 1.5 x H_{ARBRE}
Reconnaissance des sols			I_p et fraction I < 2 μm risque de gonfl./retrait
Niveau d'assise des fondations et type	Pas d'arbre : > 2m OK	Pas de profondeur donnée	> 1m sol plastique >1.5m très plastique
	<1m 😊 si sécheresse Arbre à - de 10m : ≥ 3m	! aux bâtiments sur fondations à différentes profondeurs	Pas de fondations à différentes profondeurs
Mesures préventives		Pas d'arbre à - de 12 m Si arbre : agir ! coupe arbres adultes : risque de gonflement	Fonder hors zone influence des arbres ! coupe arbres adultes : risque de gonflement
Remédiation			

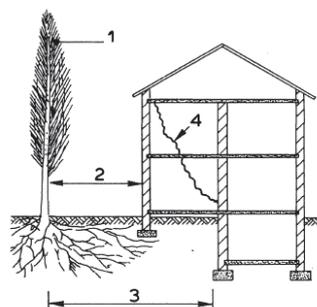


Fig. 14 — Construction établie à une profondeur insuffisante dans un sol plastique et trop rapprochée d'arbres.

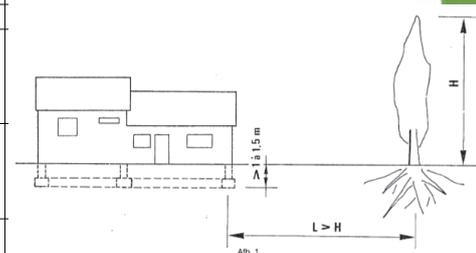
1. arbre à croissance rapide et à enracinement étendu
2. distance à la fondation la plus proche, établie dans le domaine d'influence des racines
3. distance à la fondation voisine, établie hors du domaine d'influence des racines
4. fissure

Tableau 3 (**)

Indice de plasticité I_p	Fraction I (%)	Risque de gonflement ou de retrait
> 35	> 95	très élevé
22 - 48	60 - 95	élevé
12 - 32	30 - 60	moyen
< 18	< 30	bas

ique des dégâts liés aux retraits/gonflements
à GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

	E. De Beer (1970) basé sur exp. 1940, 1947...	M. Storms (1977) basé sur année 1976	NIT CSTC (1983)	Ch. Quewet (1985) basé sur NIT+BRE (BG)
Sols plastiques?	ARGILE	ARGILE + LIMON	Basé sur Ip et F < 2µm	Basé sur Ip et F < 2µm
Causes	Cave chauffée			
	Variation saisonnière teneur en eau : 1 à 2m	Variation saisonnière teneur en eau : 1 à 1.5 m (+ si sécheresse)	Variation saisonnière teneur en eau : 1m (+ profond si arbres à racines prof. et ramifiées)	Variation saisonnière teneur en eau : 1m (+ profond si sécheresse)
Reconnaissance des sols	Arbre à croissance rapide	Influence arbres à croissance rapide : Profondeur : 4 m Distance : 12 m	Arbres à racines prof. et ramifiées Influence : Distance : 1.5 x H_{ARBRE}	Influence arbres = svt cause SINISTRE Profondeur : 3 à 4 m Distance : 1 x H_{ARBRE}
	Niveau d'assise des fondations et type	Pas de profondeur donnée	> 1m sol plastique >1.5m très plastique	> 1m sol plastique >1.5m (Ip > 35)
Mesures préventives	Pas d'arbre : > 2m OK <1m 😊 si sécheresse Arbre à – de 10m : ≥ 3m	! aux bâtiments sur fondations à différentes profondeurs	Pas de fondations à différentes profondeurs	! aux bâtiments sur fondations à différentes profondeurs !Rigidité des fondations (semelles continues armées, maçonnerie armée, charnière) – CAS PAR CAS
		Pas d'arbre à – de 12 m Si arbre : agir ! coupe arbres adultes : risque de gonflement	Fonder hors zone influence des arbres ! coupe arbres adultes : risque de gonflement	Pas d'arbre à – de 1 à 1.5 H_{ARBRE} ! coupe arbres adultes : risque de gonflement
Remédiation				ETUDE APPROFONDIE ! Approfondissement fondations Eliminer les causes



Plasticiteits-index i_p	Fraktie I (deeltjes < 0,002 mm) (%)	Gevaar van zwelling of krimp
> 35	> 95	zeer hoog
22-48	60-95	hoog
12-32	30-60	middelmatig
< 18	< 30	laag

gonflements 2023

	E. De Beer (1970) basé sur exp. 1940, 1947...	M. Storms (1977) basé sur année 1976	NIT CSTC (1983)	Ch. Quewet (1985) basé sur NIT+BRE (BG)	M. De Vos (2004)
Sols plastiques?	ARGILE	ARGILE + LIMON	Basé sur Ip et F < 2µm	Basé sur Ip et F < 2µm	Basé sur Ip et F < 2µm
Causes	Cave chauffée				
	Variation saisonnière teneur en eau : 1 à 2m	Variation saisonnière teneur en eau : 1 à 1.5 m (+ si sécheresse)	Variation saisonnière teneur en eau : 1m (+ profond si arbres à racines prof. et ramifiées)	Variation saisonnière teneur en eau : 1m (+ profond si sécheresse)	Variation saisonnière teneur en eau : 1 à 1.5 m (+ profond si arbres – voir ci-dessous)
Reconnaissance des sols	Arbre à croissance rapide	Influence arbres à croissance rapide : Profondeur : 4 m Distance : 12 m	Arbres à racines prof. et ramifiées Influence : Distance : 1.5 x H_{ARBRE}	Influence arbres = svt cause SINISTRE Profondeur : 3 à 4 m Distance : 1 x H_{ARBRE}	Arbres pompent entre 200 à 500 litres d'eau par jour dans le sol
	Niveau d'assise des fondations et type	Pas de profondeur donnée	> 1m sol plastique >1.5m très plastique	> 1m sol plastique >1.5m (Ip > 35)	> 1m sol plastique >1.5m (Ip > 35) Fct(DISTANCE+TYPE ARBRE) Allée ou groupe + 50%
Mesures préventives	Pas d'arbre : > 2m OK <1m 😊 si sécheresse Arbre à – de 10m : ≥ 3m	! aux bâtiments sur fondations à différentes profondeurs	Pas de fondations à différentes profondeurs	! aux bâtiments sur fondations à différentes profondeurs !Rigidité des fondations (semelles continues armées, maçonnerie armée, charnière) – CAS PAR CAS	Un seul niveau de fondation Si gonflement attendu : pieux, couche compressible sous la dalle de sol (valeurs données)
		Pas d'arbre à – de 12 m Si arbre : agir ! coupe arbres adultes : risque de gonflement	Fonder hors zone influence des arbres ! coupe arbres adultes : risque de gonflement	Pas d'arbre à – de 1 à 1.5 H_{ARBRE} ! coupe arbres adultes : risque de gonflement	Pas d'arbre à – de 1 à 1.5 H_{ARBRE} H_{ARBRE} pour différentes essences Elagage = gestion des racines Compenser l'eau pompée n'est pas conseillé !
Remédiation				ETUDE APPROFONDIE ! Approfondissement fondations Eliminer les causes	Détail de l'étude (sol et fissures) Approfondissement fondations Eliminer les causes - entretien

1. Etat des connaissances et directives en Belgique

- 5. Monika De Vos : Speciale problemen bij het bouwen op tertiaire klei
TI-KVIV Studiedag "Bouwen op kleigronden = altijd problemen ?", 11 mei 2004.

Mesures préventives :

Prévoir une distance suffisante entre les arbres et les bâtiments

- 1 à 1.5 x H est la règle (dépend de la source)
- Hauteur estimée pour les différentes espèces d'arbres

*Plantation de nouveaux arbres +
Implantation de la construction
par rapport à des arbres déjà présents*

Boomsort	Benaderende hoogte volwassen boom	
Olm	18 à 25 m	Orme
Eik	16 à 24 m	Chêne
Populier	24 à 28 m	Peuplier
Wilg	15 à 24 m	Saule
Es	23 m	Frêne
Acacia	18 à 20 m	Acacia
Notelaar	16 à 25 m	Noyer
Meidoorn	10 m	Aubépine
Linde	16 à 24 m	Tilleul
Beuk	20 m	Hêtre
Plataan	25 à 30 m	Platane
Appelboom, Perelaar	8 à 12 m	Pommier, poirier
Esdoorn	17 à 24 m	Erable
Kerselaar, Pruimeboom	6 à 12 m	Prunier
Berk	12 à 14 m	Bouleau
Cypres	18 à 25 m	Cyprès
Lijsterbes	8 à 12 m	Sorbier

1. Etat des connaissances et directives en Belgique

- 5. Monika De Vos : Speciale problemen bij het bouwen op tertiaire klei
TI-KVIV Studiedag "Bouwen op kleigronden = altijd problemen ?", 11 mei 2004.

Mesures préventives (suite) :

Fonder à une profondeur suffisante

- min. 1 m ou min. 1.5 m ($I_p > 35$)
- Si arbres à une distance $< H$
 - Valeurs indicatives du niveau d'assise minimal de la fondation en fonction de l'essence de l'arbre et de la distance
 - Allées ou groupes : +50%!

D = afstand tussen zijkant constructie en boom H = hoogte volwassen boom

Boomsort	D/H						
	1/16	1/4	1/3	1/2	2/3	3/4	1
Populier Olm Wilg	Niet toegelaten	2.8	2.6	2.3	2.1	1.9	1.5
Andere	Niet toegelaten	2.4	2.1	1.5	1.5	1.2	1.0

* indien het om een rij of een groep bomen gaat : diepte verhogen met 50 %

Populier = peuplier,
Olm = orme
Wilg = saule

Figuur 14 [4] : Richtlijnen uit de NHBC Standards (1974) voor minimale funderingsdiepten bij aanwezigheid van bomen

1. Etat des connaissances et directives en Belgique

6. A. Van der Auwera et al. : Fissuration dans les bâtiments due au retrait ou au gonflement des sols plastiques

Dossiers CSTC 2018/3.2 version courte et 2021/5.10 version longue

- Sécheresse 2018 : retour de la problématique sous les projecteurs
- Nouvelles références (surtout en France)
- Les principes généraux des publications passées du CSTC sont plus ou moins confirmées

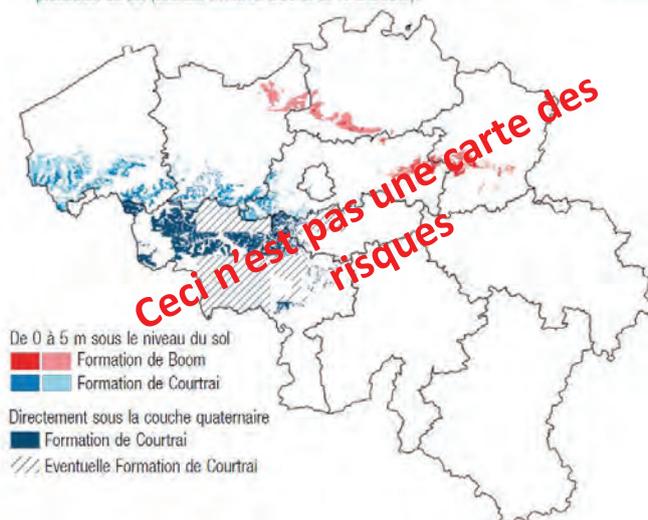
1. Etat des connaissances et directives en Belgique

6. A. Van der Auwera et al. : Fissuration dans les bâtiments due au retrait ou au gonflement des sols plastiques

Dossiers CSTC 2018/3.2 version courte et 2021/5.10 version longue

▪ Première impulsion vers une cartographie

↑ Lieux caractérisés par la présence éventuelle d'argile plastique tertiaire dans les couches peu profondes du sol (sources : G3Dv2 DOV et SPW-DGARNE).



La sensibilité au retrait ou au gonflement des sols argileux peut être déduite à l'aide de l'**indice de plasticité** : plus celui-ci est élevé, plus le sol est sensible aux mouvements. Ainsi, l'argile tertiaire, que l'on retrouve dans les Formations de Boom et de Courtrai, est très sujette aux variations volumiques. La carte ci-contre indique les zones de Belgique où les couches peu profondes sont susceptibles de contenir de l'argile tertiaire. Le risque de variations volumiques dans les sols argileux ou limoneux plus récents (quaternaire) est plus faible, mais pas inexistant.

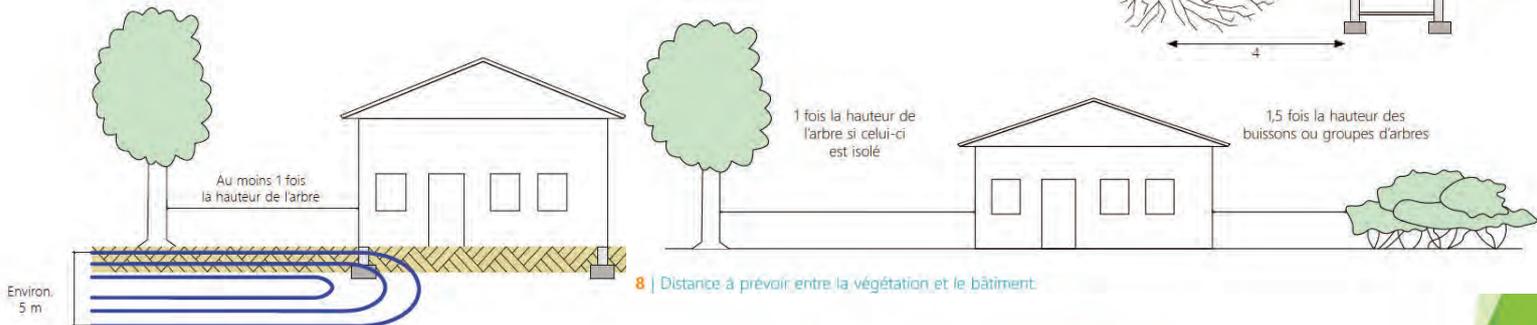
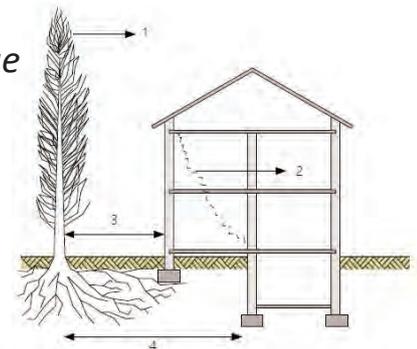
1. Etat des connaissances et directives en Belgique

6. A. Van der Auwera et al. : Fissuration dans les bâtiments due au retrait ou au gonflement des sols plastiques

Dossiers CSTC 2018/3.2 version courte et 2021/5.10 version longue

A | Rapport entre l'indice de plasticité des sols plastiques, la fraction de particules < 2 µm et le risque de retrait ou de gonflement.

Indice de plasticité i_p	Fraction de particules < 2 µm	Risque de retrait ou de gonflement
> 35	> 95 %	Très élevé
22 - 48	60 - 95 %	Elevé
12 - 32	30 - 60 %	Modéré
< 18	< 30 %	Léger



8 | Distance à prévoir entre la végétation et le bâtiment.

5 | Influence de la végétation

Prévention des dégâts liés aux retraits/gonflements
 www.vlaanderen.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

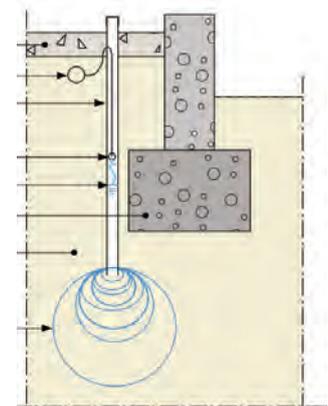
C | Aperçu des mesures à prendre pour les fondations dans des sols plastiques:

Profondeurs du niveau d'assise des fondations à respecter (§ 4, p. 6)	
En présence de végétation	Profondeur minimale : 1,5 m (*)
Dans la zone d'influence de la végétation	<ul style="list-style-type: none"> Profondeur minimale : 3,0 m (*) En cas de doute : fondations sur puits ou sur pieux
Après enlèvement de la végétation	<ul style="list-style-type: none"> Niveau d'assise des fondations sous la zone d'influence de la teneur en eau modifiée Temps d'attente pour la pose En cas de doute : fondations sur puits ou sur pieux
En cas de dégâts aux bâtiments existants (§ 6, p. 8)	
Dégâts dus à la variation naturelle de la teneur en eau	<ul style="list-style-type: none"> Approfondissement des fondations par : <ul style="list-style-type: none"> rempiètement reprise en sous-œuvre micropieux injections Mise en œuvre d'une barrière horizontale étanche à l'eau sur le périmètre du bâtiment Réhumidification par injection d'eau à l'aide d'éléments filtrants courts.
Dégâts dus à la végétation	<ul style="list-style-type: none"> Approfondissement des fondations au moyen de micropieux ou de la technique du jet grouting Pose d'une barrière anti-racines verticale Elagage régulier de la végétation Arrachage de la végétation (uniquement en cas de tassement ou de dégâts limités)
Mesures préventives pour les bâtiments existants fondés sur des sols plastiques (§ 7, p. 11)	
En présence de végétation	<ul style="list-style-type: none"> Elagage de la végétation dans la zone d'influence si un été sec est annoncé Dès l'apparition des premiers signes de dégâts : élagage ou arrachage radical de la végétation Barrière verticale anti-racines
Influence des variations saisonnières	<ul style="list-style-type: none"> Barrière horizontale sur le périmètre du bâtiment Dès l'apparition des premiers phénomènes de dégradation : réhumidification par injection d'eau à l'aide d'éléments filtrants courts

(*) Ces valeurs ne tiennent pas compte de l'impact futur du changement climatique.



10 | Mise en œuvre d'une barrière horizontale sur le périmètre d'un bâtiment aux fondations superficielles.

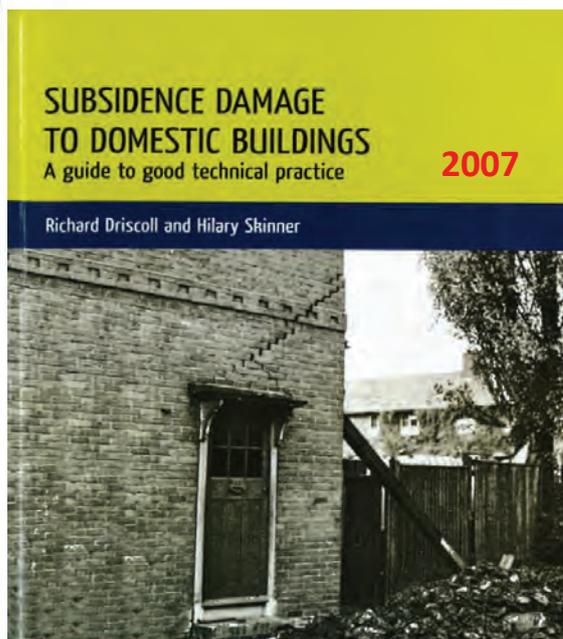


11 | Illustration d'un système de réhumidification automatique sous des fondations superficielles dans un sol plastique.

7 mars 2023

1. Etat des connaissances et directives pour les fondations dans l'argile et effet des arbres en Belgique (1970 – ...)
- 2. Directives internationales: Grande Bretagne et France**
3. Conclusions et perspectives
4. Liste de références

2. Directives internationales – Grande-Bretagne



- Résumé de plus de 25 ans d'observations expériences/recherches/publications BRE
- Guide pratique :
 - **Description de la problématique gonflement/retrait**
 - Diagnostique des dégâts
 - Reconnaissance des sols plastiques
 - Monitoring des déformations/tassements
 - **Gestion des sinistres et remédiation**
 - Cause des tassements
 - Schéma des fissures (type et taille)
 - Probabilité de résurgence
 - Type et âge du bâtiment

2. Directives internationales – Grande-Bretagne

- Variation de la teneur en eau de l'argile:
 - Profondeur sans arbre: 1 à 1.5 m
 - Avec arbres jsq. 6 m, exceptionnellement plus

- !!!! Saule pleureur (willow)
- !!! Peuplier (poplar)
- !! Chêne (oak)
- !! Orme (elm)
- !Érable (Maple)
- !Platane (plane)
- !Frêne (ash)
- !Cyprés (cypress)
- !Marronnier (horse chestnut)
- !Tilleul (lime)

Table 4 Maximum distances of influence of common tree species from buildings

Trees beyond these distances are unlikely to be a threat

Species	Distance (m)
Apple or pear	10
Ash	21
Beech	15
Birch	10
Cypress	20
Cherry or damson	11
Elm	30
Hawthorn	12
Holly	6
Horse chestnut	23
Laburnum	9
Laurel	6
Lime	20
Magnolia	5
Maple	20
Oak	30
Pine	8
Plane	22
Plum	11
Poplar	35
Spruce	7
Sycamore	17
Walnut	14
White beam or rowan	11
Willow	40
Yew	5



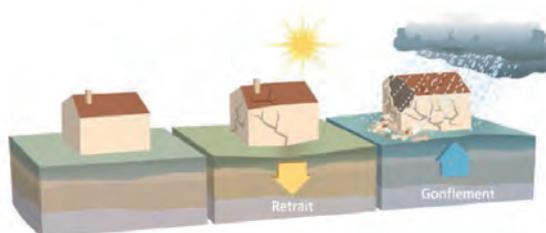
Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

2. Directives internationales – France



FRANCE

- Problématique
- Cartographie
- Fiches de prévention
- Fiches de risques par arrondissement



<https://www.georisques.gouv.fr/risques/retrait-gonflement-des-argiles>

<https://www.brgm.fr/fr/reference-projet-acheve/retrait-gonflement-argiles-accompagnement-direction-generale-prevention>

2. Directives internationales – France

Le retrait-gonflement des sols argileux dans l'arrondissement de Lille



Comment se manifeste-t-il ?

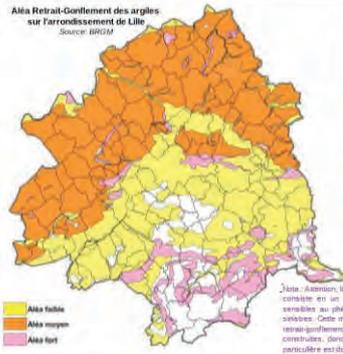
Sous ce terme, on désigne des mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols. Ce qu'on appelle aussi le risque « subsidence » touche surtout les régions d'assise argileuse. Ces sols se comportent comme une éponge en gonflant lorsqu'ils s'humidifient et en se tassant pendant une période sèche.



Le phénomène de retrait-gonflement se manifeste par des mouvements différentiels qui se concentrent à proximité des murs porteurs, tout particulièrement aux angles d'une construction. Il peut engendrer des dommages importants sur les bâtiments et même compromettre la solidité de l'ouvrage: fissures ou lézards des murs et cloisons, affaissement du dallage, ruptures de canalisation enterrées.

Quels risques sur l'arrondissement de Lille ?

Aléa Retrait-Gonflement des argiles sur l'arrondissement de Lille. Source: BRGM



Quelques chiffres concernant l'arrondissement de Lille...

- > 38 % des communes reconnues au moins une fois en état de catastrophe naturelle
- > 94 arrêtés entre 1990 et 2010
- > 11 Plans de Prévention des Risques sécheresses précités
- > 10 000 €, c'est le coût moyen de réparation d'un sinistre pouvant varier de 1 000 à 70 000 €

L'étude menée par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), dont la carte ci-dessus est extraite, démontre que la quasi totalité des communes de l'arrondissement de Lille est concernée à des degrés divers par le retrait-gonflement des argiles.

Note: Attention, la méthode employée par le BRGM pour définir les aléas consiste en un croisement des configurations géologiques les plus sensibles au phénomène de retrait-gonflement avec des données de sécheresses. Cette méthode donne raisonnablement le niveau de risque que le retrait-gonflement expose dans les zones d'alea fort, surtout dans les zones urbanisées, donc automatiquement plus sensibles. Une attention toute particulière est donc à porter à la lecture de la carte ci-dessus.



Quelles mesures préventives ?

Les mesures constructives ci-dessous sont cohérentes avec les dispositions constructives pour la réduction de vulnérabilité contre le séisme

Recommandations pour les constructions nouvelles:

Adapter les fondations
Prévoir des fondations continues – armées et bétonnées à pleine feuille - d'une profondeur d'ancrage de 0,80 à 1,20 m, dans tous les cas en fonction de la sensibilité du sol.

Assurer l'homogénéité d'ancrage de ces fondations sur les terrains en pente (ancrage soit au moins aussi important que l'ancrage amorti).
Éviter les sous-sols partiels.
Préférer les sous-sols complets, radiers ou planchers sur vide sanitaire plutôt que les dallages sur terre-plein.

Rigidifier la structure et désolidariser les bâtiments accolés

Prévoir des chaînages horizontaux (haut et bas) et verticaux (poteaux d'angle) pour les murs porteurs.
Prévoir des joints de rupture sur toute la hauteur entre les bâtiments accolés.

Recommandations pour les constructions existantes:

Éviter les variations localisées d'humidité

Éviter les infiltrations d'eau pluviale à proximité des fondations.
Assurer l'étanchéité des canalisations enterrées.
Éviter les pompages à usages domestiques.
Envisager la mise en place d'un dispositif assurant l'étanchéité autour des fondations (rotorif périphérique anti-éaporation, géomembrane...).

En cas d'implantation d'une source de chaleur en sous-sol, privilégier le positionnement de cette dernière le long des murs intérieurs.

Plantations d'arbres

Éviter de planter des arbres à feuilles caduques (saules pleureurs, peupliers...) à proximité ou prévoir la mise en place d'écrans anti-racines.
Procéder à un élagage régulier des plantations existantes.



Où s'informer:

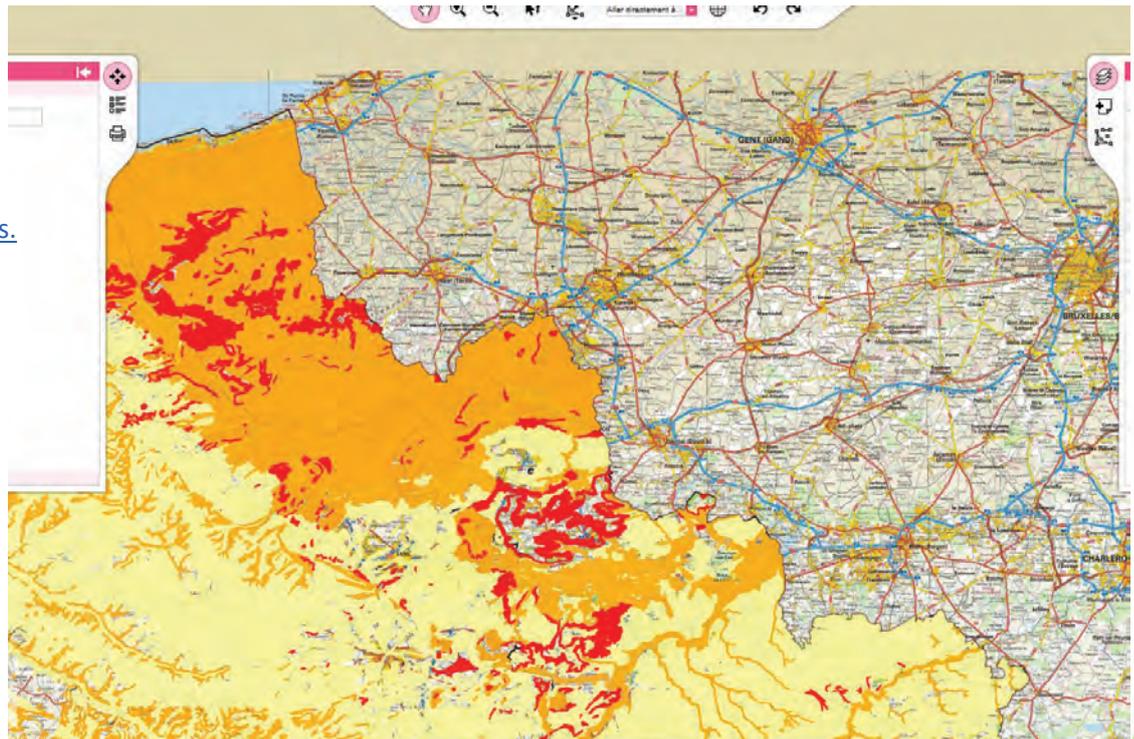
- > Maire de son domicile
- > Direction Départementale des Territoires et de la Mer du Nord (Délégation Territoriale de Lille)

Internet:
www.prim.net
www.argiles.fr
www.qualiteconstruction.com
www.nord.equipement-agriculture.gouv.fr

Conception Réalisation: DOTM du Nord - Délégation Territoriale de Lille - Août 2010

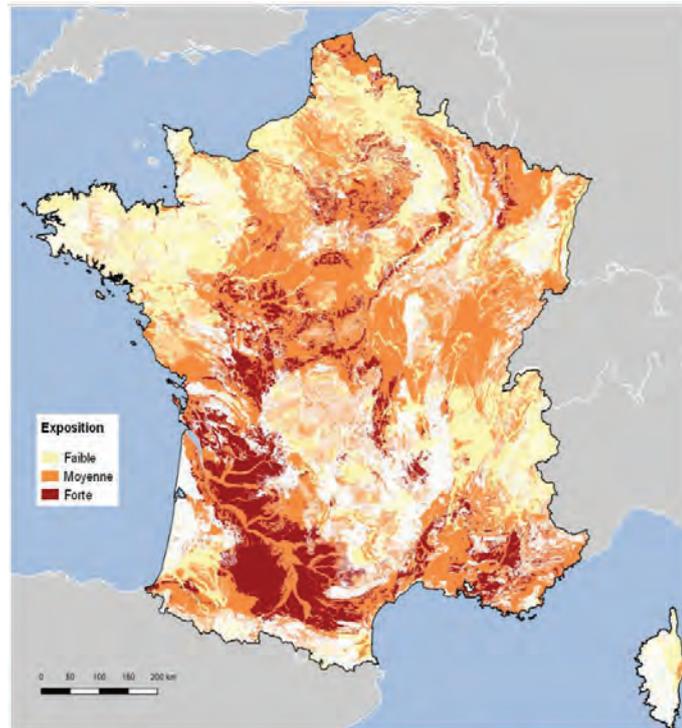
2. Directives internationales – France

<https://www.georisques.gouv.fr/retrait-gonflement-des-argiles#/>



2. Directives internationales – France

<https://www.georisques.gouv.fr/articles-risques/retrait-gonflement-des-argiles/exposition-du-territoire-au-phenomene>



S4 Cartographie de l'exposition du territoire au phénomène de retrait gonflement : 48 % du territoire est en zone d'exposition moyenne ou forte © BRGM nts



2. Directives internationales – France

- IFSTTAR 2017 : 3 guides techniques
- 1: Identification –2: Prévention – 3: Remédiation
- = directives; ≠ normatif ou réglementaire ; focus = maison unifamiliale

TECHNIQUES ET MÉTHODES

Retrait et gonflement des argiles

Caractériser un site pour la construction

Guide 1

Argile et marnes



TECHNIQUES ET MÉTHODES

Retrait et gonflement des argiles

Protéger sa maison de la sécheresse
Conseils aux constructeurs de maisons neuves

Guide 2



TECHNIQUES ET MÉTHODES

Retrait et gonflement des argiles

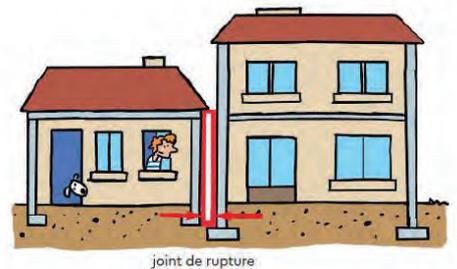
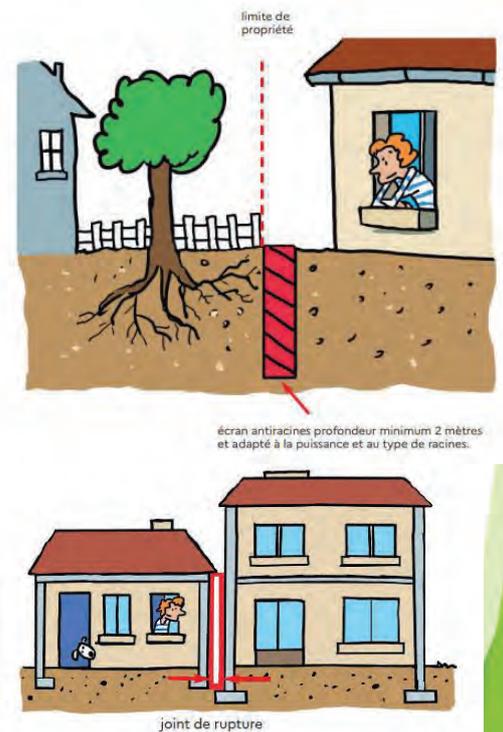
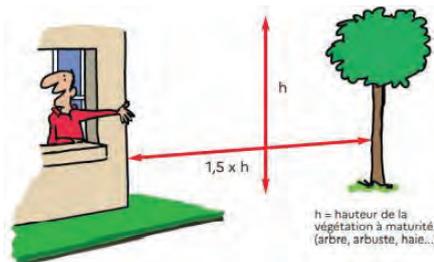
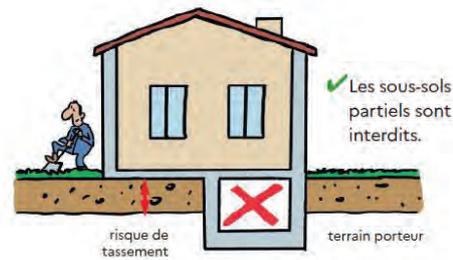
Analyse et traitement des désordres créés par la sécheresse

Guide 3



<https://www.ifsttar.fr/ressources-en-ligne/librairie/collections-ifsttar/ouvrages-edites-par-lifsttar/retrait-et-gonflement-des-argiles-caracteriser-un-site-pour-la-construction-guide-1/>

2. Directives internationales – France



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux ret
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Contenu

1. Etat des connaissances et directives pour les fondations dans l'argile et effet des arbres en Belgique (1970 – ...)
2. Directives internationales: Grande Bretagne et France
3. Conclusions et perspectives
4. Liste de références

3. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

- Les directives/publications en Belgique restent assez générales
 - Principalement basées sur la littérature internationale (GB) et sur des sinistres
 - Peu de recherche scientifiques ou de mesures en Belgique
- **Besoin de directives pragmatiques** (NIT Buildwise?)
mais fondées sur plus de mesures et sur un travail de fond
 - Reconnaissance des sols : identification du danger de retrait/gonflement
 - Fondations de nouvelles constructions dans ces sols
 - Comment gérer les sinistres? Quelles méthodes de remédiation (sol. optimale et durable)
- Pour rédiger de telles directives, on a **besoin** de:
 - Recherche/mesures sur des sols "belges"
 - Cartes de risques (géologie: DOV/WalOnMap/geodata, localisation des sinistres...)
 - Recherche: nouvelles techniques (de mesure) efficaces
 - Intégration d'effets attendus vis-à-vis du changement climatique

Contenu

1. Etat des connaissances et directives pour les fondations dans l'argile et effet des arbres en Belgique (1970 – ...)
2. Directives internationales: Grande Bretagne et France
3. Conclusions et perspectives
- 4. Liste de références**

4. Références

VK - BRE & ICE guidelines & digests

1. *Low-rise buildings on shrinkable clay soils: Part 1*. BRE Digests. Vol. 240. 1993.
2. *Assessment of damage in low-rise buildings with particular reference to progressive foundation movement*. BRE Digest. Vol. 251. 1995.
3. *Low-rise building foundations: the influence of trees in clay soils*. BRE Digest. Vol. 298. 1999: BRE-Building research establishment.
4. *Site investigation for low-rise building: desk studies*. BRE Digest. Vol. 318. 1987.
5. *Simple measuring and monitoring of movement in low-rise buildings Part 1: cracks*. BRE Digest. Vol. 343. 1989: BRE-Building Research Establishment.
6. *Simple measuring and monitoring of movement in low-rise buildings Part 2: settlement, heave and out-of-plumb*. BRE Digest. Vol. 344. 1995: BRE-Building Research Establishment.
7. *Site investigation for low-rise building: the walk-over survey*. BRE Digest. Vol. 348. 1989: BRE-Building Research Establishment.
8. *Why do buildings crack?* BRE Digest. Vol. 361. 1991: BRE-Building Research Establishment.
9. *Site investigation for low-rise building: trial pits*. BRE Digest. Vol. 381. 1993: BRE-Building Research Establishment.
10. *Monitoring building and ground movement by precise levelling*. BRE Digest. Vol. 386. 1993: BRE-Building Research Establishment.
11. *Desiccation in clay soils*. BRE Digest. Vol. 412. 1996: BRE-Building Research Establishment.
12. *Tilt of low-rise buildings with particular reference to progressive foundation movement*. BRE Digest. Vol. 475. 2003: BRE-Building Research Establishment.
13. Driscoll, R.M.C. and M.S. Crilly, *Subsidence damage to domestic buildings: lessons learned and questions remaining*. FBE Report 1, 2000.
14. Crilly, M.S. and R.J. Chandler, *A method of determining the state of desiccation in clay soils*. BRE Information Paper. Vol. 4/93. 1993: BRE-Building Research Establishment.
15. Hipps, N.H., C.J. Atkinson, and H. Griffiths, *Pruning trees to reduce water use; summaries of research; conclusions and recommendations*. BRE Information Paper. Vol. 7/06. 2006: BRE-Building Research Establishment.
16. *Damage to buildings caused by trees*. Good Repair guide. Vol. 2. 1996: BRE-Building Research Establishment.
17. Driscoll, R.M.C. and H. Skinner, *Subsidence damage to domestic buildings: a guide to good technical practice*. Vol. FB 13. 2007: BRE-Building Research Establishment.
18. Jones, L.D. and I. Jefferson, *Chapter C5 – Expansive Soils, in ICE manuals*. 2012.

4. Références

FR - IFSTTAR guidelines

19. *Retrait et gonflement des argiles-Caractériser un site pour la construction*, in *Techniques et Méthodes*, IFSTTAR, Editor. 2017.
20. *Retrait et gonflement des argiles - Protéger sa maison de la sécheresse*, in *Techniques et Méthodes*, IFSTTAR, Editor. 2017.
21. *Retrait et gonflement des argiles - Analyse et traitement des désordres créés par la sécheresse*, in *Techniques et Méthodes*, IFSTTAR, Editor. 2017.

FR - andere guidelines & riscokaarten

22. *Le Retrait-gonflement des argiles, comment prévenir les désordres dans l'habitat individuel*, Ministère de l'écologie du développement et de l'aménagement durables, France
23. *DGALN Plaquette Secheresse Construction Sols Argileux Nov 2004*, in *Qualité et Construction*, D.-d.N.-D.T.d. Flandres, Editor. 2014.
24. *Le retrait-gonflement des sols argileux dans l'arrondissement de Dunkerque*, D.-d.N.-D.T.d. Flandres, Editor. 2011.
25. *Le retrait-gonflement des sols argileux dans l'arrondissement de Lille*, D.-d.N.-D.T.d. Flandres, Editor. 2010.
26. *Le retrait-gonflement des sols argileux dans l'arrondissement de Valenciennes*, D.-d.N.-D.T.d. Flandres, Editor. 2011.

BE - WTCB publicaties

27. Storms, M., *Scheurvorming in metselwerk te wijten aan een onaangepaste fundering in een kleiachtige grond in de nabijheid van bomen en aan een uitzonderlijk droge zomer*, in *WTCB Tijdschrift/CSTC Revue*. 1977.
28. WTCB, *TV 147 Funderingen van huizen. Praktische leidraad voor de opvatting en uitvoering van funderingen van kleine en middelgrote constructies*. 1983.
29. Quewet, C., *Funderingen op staal: Oppassen voor plastische gronden*, in *WTCB Tijdschrift*. 1985.
30. De Vos, M. and C. Legrand, *Speciale problemen bij het bouwen op tertiaire klei*, in *TI-KVIV Studiedag « Bouwen op kleigronden : altijd problemen ?*, TI-KVIV, Editor. 2004.
31. Van der Auwera, A. and N. Huybrechts, *Scheurvorming in gebouwen door het krimpen of zwellen van plastische gronden*, in *WTCB Dossier*. 2018.

4. Références

Diverse andere richtlijnen-guides

32. De Beer, E.E., Grondmechanica Deel II – Funderingen Standaard Wetenschappelijke Uitgeverij, 8e herziene druk, 1970
33. Declercq, *Beoordeling van scheuren*, in *Handboek bouwgebreken*. 1999.
34. N.B.R.I., *How to Avoid Cracking in a House to be Built on Expansive Clay Soil - a Layman's Guide*. 1983: National Building Research Institute of the CSIR (South-Africa).
35. *Subsidence of low rise buildings*. 1994, Institute of Structural Engineering (UK).
36. QBCC, *A guide to preventing structural damage*, Queensland building and construction commission(Australia)

Papers

37. Discroll, R., *Influence of vegetation on the swelling and shrinking of clay soils in Britain*. Geotechnique, 1983. **33**: p. 93–105.
38. Fontana, A., *Fondations superficielles arbres et sols argileux*. IAS, 1992(21): p. 408-412.
39. Wijeyesekera, D.C., *Swelling and suction properties of six compacted European clays*, in *Clay Science for Engineering*. 2001. p. 101-107.
40. Audiguier, M., et al., *Caractérisation au laboratoire de la sensibilité au retrait-gonflement des sols argileux*. Rev. Fr. Geotech., 2007(120-121): p. 67-82.
41. Vincent, M., et al., *Suivi expérimental des profils hydriques et des déplacements verticaux dans des sols argileux sujets au phénomène de retrait-gonflement*. Rev. Fr. Geotech., 2007(120-121): p. 45-58.
42. *Une maison expérimentale 1:1 pour l'argile*, in *Qualité Construction*. 2009. p. 34-38.
43. Smith, R.E., J. Doyle L. Smith, and J.A. Griffin, *Top-Down Construction of a Bridge in Clay Shale*, in *Contemporary Topics in Ground Modification, Problem Soils, and Geo-Support*. 2009. p. 598-605.

Onderzoeksrapporten

44. Vincent, M., et al., *Étude des mécanismes de déclenchement du phénomène de retrait-gonflement des sols argileux et de ses interactions avec le bâti*, BRGM, Editor. 2006.
45. Lucian, C., *Geotechnical Aspects of Buildings on Expansive Soils in Kibaha, Tanzania : Preliminary Study*, in *Trita-JOB. LIC*. 2006, KTH: Stockholm. p. xvi, 130.
46. de Lange, G., et al., *Onderzoek naar zettingen in de gemeente Zevenaar*. 2009.

Prévention & Remédiation



Christian TREVE



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retrait/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Origine potentielle des désordres

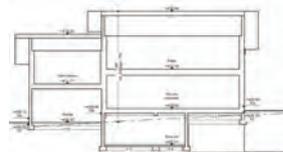
- **Comportement normal des éléments de fondation**



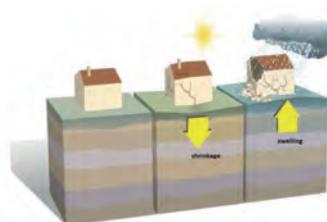
- **Hétérogénéité du sol de fondation**



- **Sous-sol partiel**



- **Retrait / Gonflement du sol de fondation**



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retrait/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



Origine potentielle des désordres

Au vu de la multitude des sources potentielles de désordres, il est donc indispensable de procéder à une analyse

- **Analyse structurelle de l'ouvrage**
- **Analyse géotechnique du sol de fondation**
- **Causes possibles des variations climatiques**

La synthèse des éléments recueillis permettra de définir l'origine des désordres et dès lors la ou les techniques de remédiation à mettre en œuvre.



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



Désordres liés au retrait / gonflement du sol de fondation

Identification du mécanisme à l'origine du désordre

- 1- Variations générées par la présence de l'ouvrage
- 2- Variation liées à la présence de la végétation
- 3- Variations liées au climat

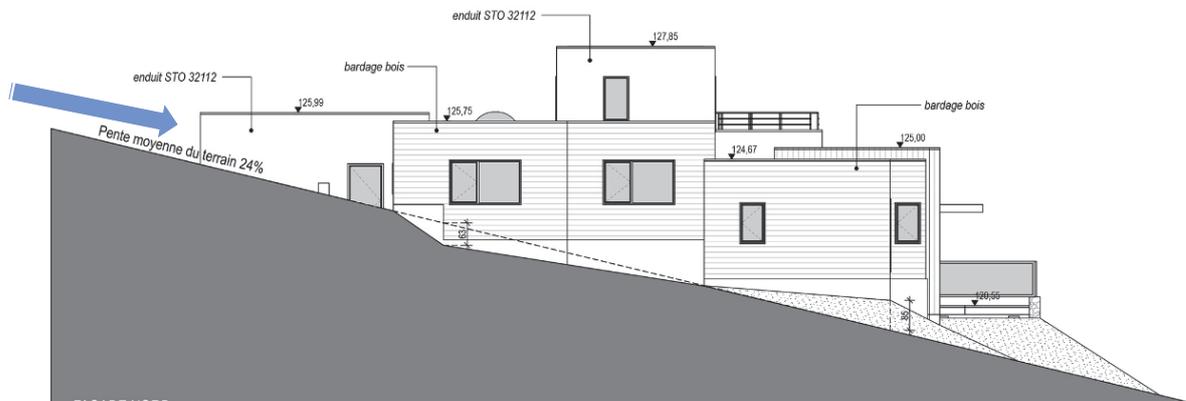


Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



1- Variations hydriques générées par l'ouvrage lui-même - Effet

➤ L'ouvrage crée un obstacle au ruissellement des eaux de surface

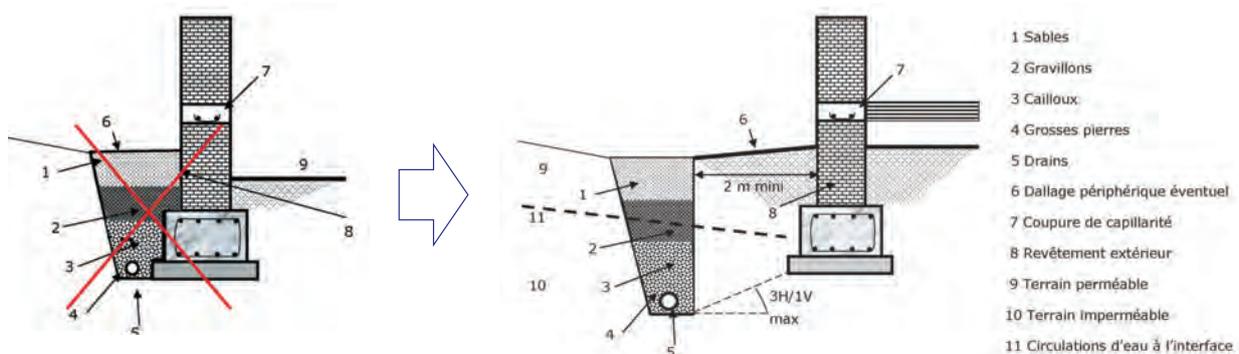


Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



1- Variations hydriques générées par l'ouvrage lui-même - Remédiation

➤ L'ouvrage crée un obstacle au ruissellement des eaux de surface



Exemple de drainage périphérique (Source DTU 20.1)

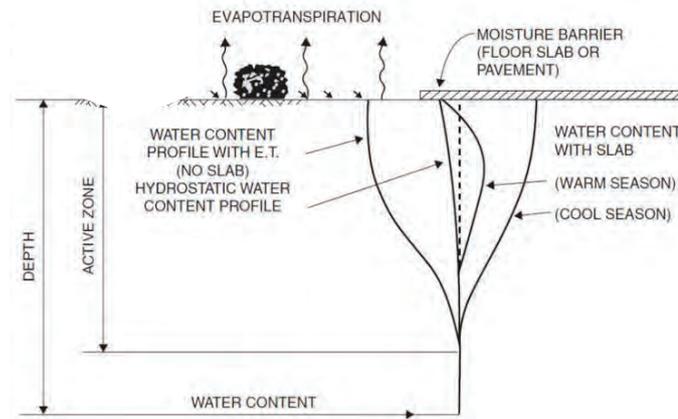


Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



1- Variations générées par l'ouvrage lui-même - Effet

- La dalle de l'ouvrage crée un obstacle à l'évaporation



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



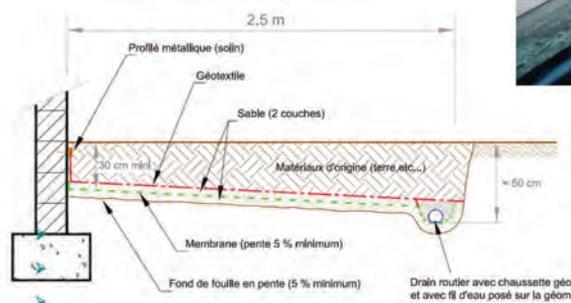
1- Variations générées par l'ouvrage lui-même - Remédiation

- La dalle de l'ouvrage crée un obstacle à l'évaporation



Dossier CSTC 2021/5,10

USG (Union Syndicale Géotechnique) et CFG (Comité français des Géosynthétiques) – Stabilisation des sols de fondation par Imperméabilisation périmétrale

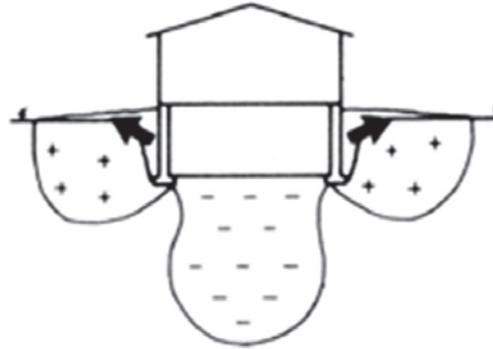


Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



1- Variations générées par l'ouvrage lui-même - Effets

- Effets combinés et opposés



1- Variations générées par l'ouvrage lui-même - Effets

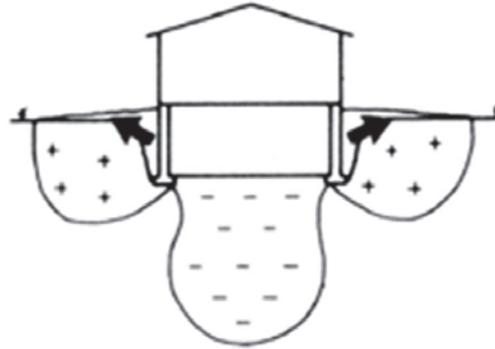
- L'ouvrage favorise la **déshydratation du sol** (vides ventilés)



Credit : Steve Gruslin -
GEOCONSEILS SA - Luxembourg

1- Variations générées par l'ouvrage lui-même - Effets

- Effets combinés et opposés



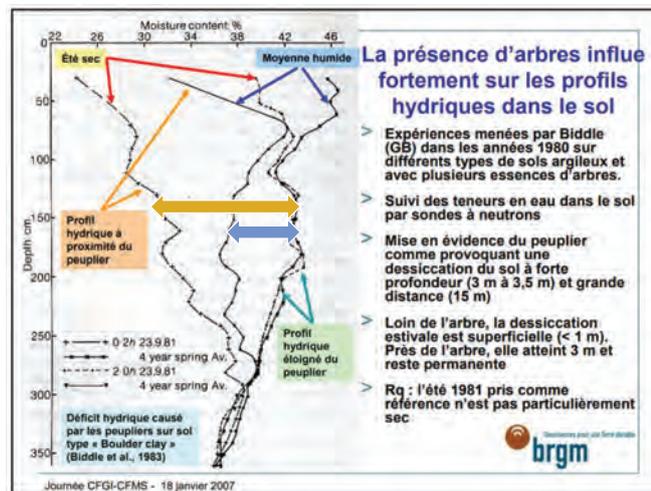
1- Variations générées par l'ouvrage lui-même - Remédiation

- L'ouvrage favorise la **déshydratation du sol** (vides ventilés)



2- Variations générées par la végétation - Effets

➤ Impact de la végétation



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



2- Variations générées par la végétation - Effet

➤ Influence des essences d'arbres

	Saule	Érable	Chêne	Marronnier	Cerisier Prunier	Orme	Frêne	Sorbier Cormier	Peuplier	Tilleul	Pommier Poirier	Aubépine	Bouleau	Hêtre	Platane
Hauteur H observée de l'arbre (m)	15	10	16	12	6	17	14	8	25	16	8	10	12	20	25
Distance D maximale des désordres (m)	40	20	30	23	11	25	21	11	30	20	10	11,5	10	15	15
Coefficient $\lambda = D/H$	2,6	2	1,9	1,9	1,8	1,5	1,5	1,4	1,2	1,2	1,2	1,1	0,8	0,7	0,6

Données issues de l'étude : Tree roots and buildings - Culter and Richardson (1989), éditeur : Longman, seconde édition

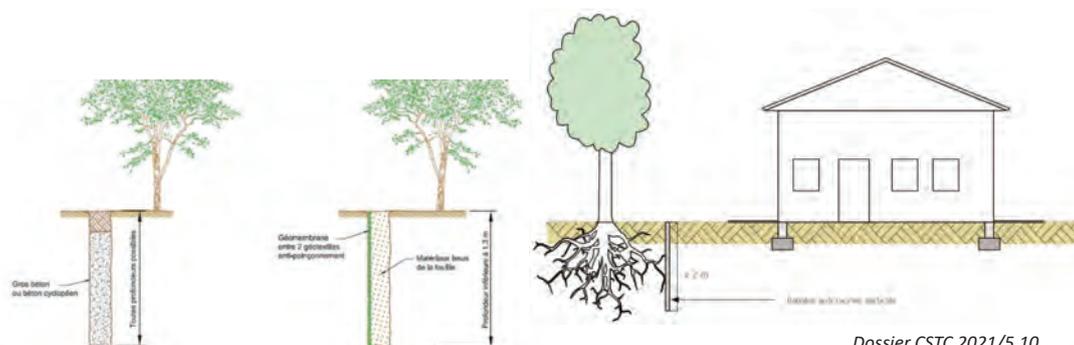


Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



2- Variations générées par la végétation - Remédiation

- Mise en place d'un écran anti-racines



Dossier CSTC 2021/5,10

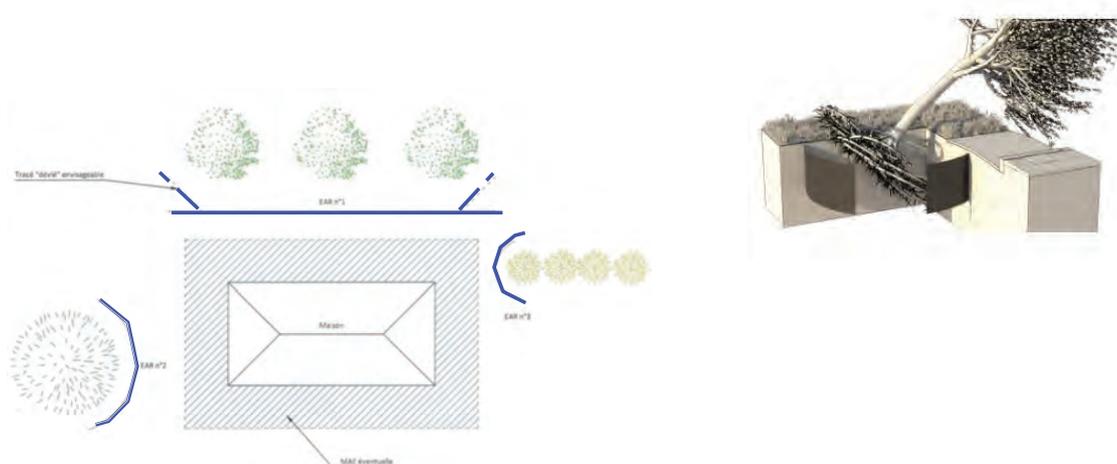


Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
 Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



2- Variations hydriques générées par la végétation - Remédiation

- Mise en place d'un écran anti-racines



Dossier CSTC 2021/5,10



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
 Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

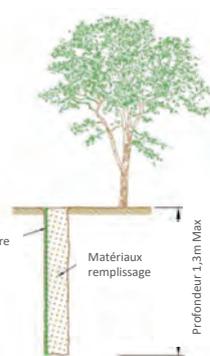


2- Variations générées par la végétation - Remédiation

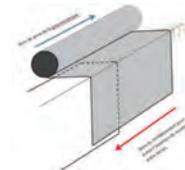
- Mise en place d'un écran anti-racines



Tranchée en béton
(maigre, cyclopéen ou mortier)



Tranchée + membrane
imperméable

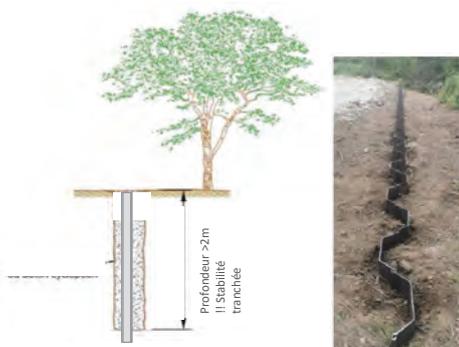


Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



2- Variations générées par la végétation - Remédiation

- Mise en place d'un écran anti-racines en palfeuilles



Palplanches - Palfeuilles

Avantages

- Rapidité d'exécution
- Etanchéité des griffes
- Recoupe les racines
- Peu ou pas de décompression
- Pas de contraintes esthétique extérieures

Inconvénients

- Limité aux terrains « mous »
→ Enfoncement statique
- Relativement coûteux (30-35 kg/m²)



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



2- Variations générées par la végétation - Remédiation

- Mise en place d'un écran anti-racines - **Stratégie**



Dispositions	Pas d'écran	Écran prof. minimale 2m	Abattage
végétaux isolés, ou en haie ou ligne approximativement perpendiculaire à la façade	$D/H > 1$	$1,5 \geq D/H > 0,2$	$D/H < 0,2$ ou $D < 3m$
végétaux en haie ou ligne approximativement parallèle à la façade	$D/H > 1,5$	$1,5 \geq D/H > 0,25$	$D/H < 0,25$ ou $D < 5m^*$

USG (Union Syndicale Géotechnique) et CFG (Comité français des Géosynthétiques) – Stabilisation des sols de fondation par Imperméabilisation périmétrale



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



2- Variations générées par la végétation - Remédiation

Attention

L'élimination de l'effet néfaste de la végétation a pour but de réduire la déshydratation

Effets secondaires

→ Pendant plusieurs années, **gonflement** des terrains en voie de réhydratation

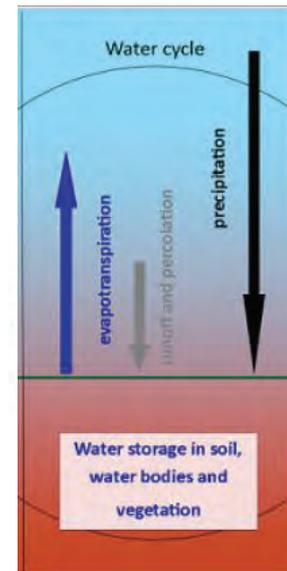
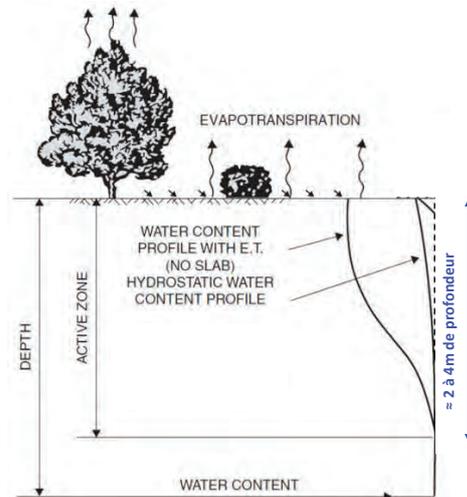


Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



3- Variations générées par le climat - Effets

➤ Bilan hydrique

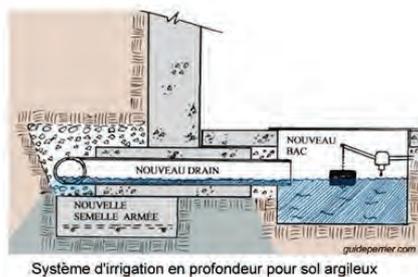
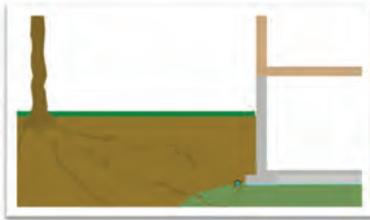


3- Variations générées par le climat - Remédiation

- Ré-hydratation
- Rempiètement (plots alternés)
- Mini-pieux ou Micropieux
- Injections

3- Variations générées par le climat

Remédiation - Ré-hydratation par drains horizontaux



Avantages

- Peu de contraintes extérieures (esthétique)
- Relativement peu coûteux

Inconvénients

- Maîtrise délicate (argile peu perméable)
- Risque d'effets hétérogènes
- Effet lent à impact retardé
- Monitoring indispensable
- Si plantations à proximité, risque d'attirer les racines



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retrait/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



3- Variations générées par le climat

remédiation - Ré-hydratation par filtres verticaux

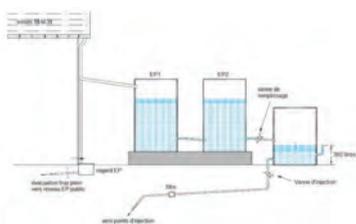
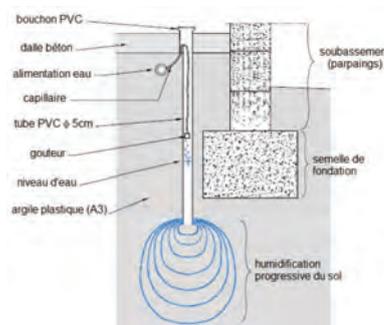


Schéma de principe de la solution MACH



→ Suivi tensiométrique

- Mesure de la succion



- Sonde tensiométrique placée à 1m de profondeur dans le sol de fondation



Avantages

- Relativement discret

Inconvénients

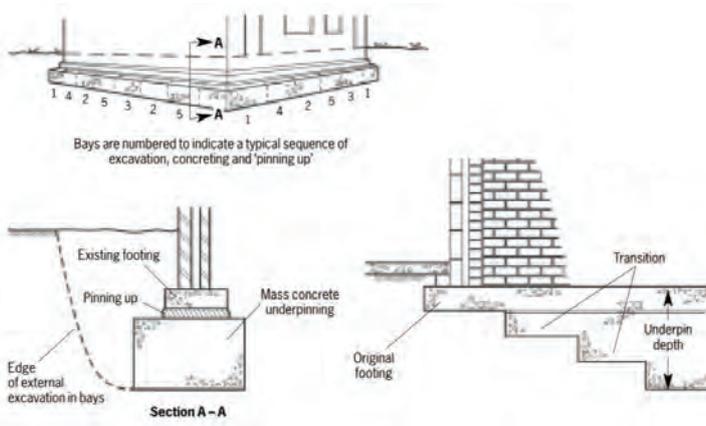
- Maîtrise délicate (argile peu perméable)
- Instrumentation importante



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retrait/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



3- Variations générées par le climat Remédiation – Rempîement sommaire



Avantages

- Simple
- Sans vibrations
- Acceptable pour approfondissement de moins de 1,20m
- Permet de bien gérer les transitions

Inconvénients

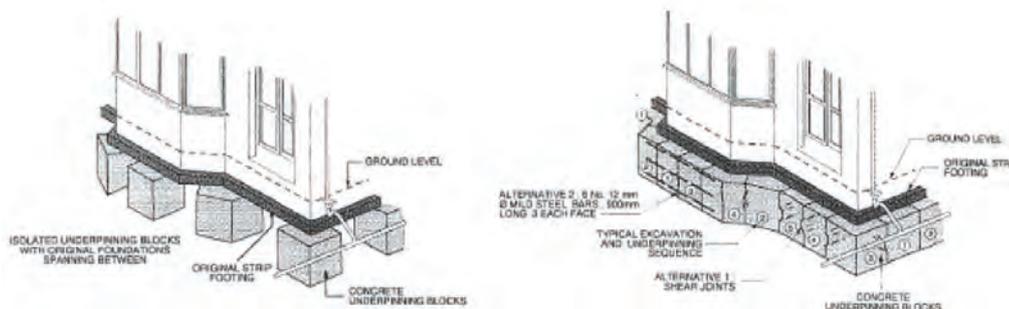
- Profondeur limitée à 1,20m sans blindage
- Pas valable pour des déformations plus profondes
- Risques de tassements



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



3- Variations générées par le climat Remédiation – Rempîement sommaire



Avec une semelle en béton
Plots indépendants

Sans semelle en béton
Voile continu

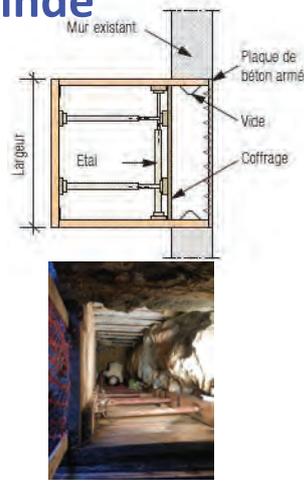
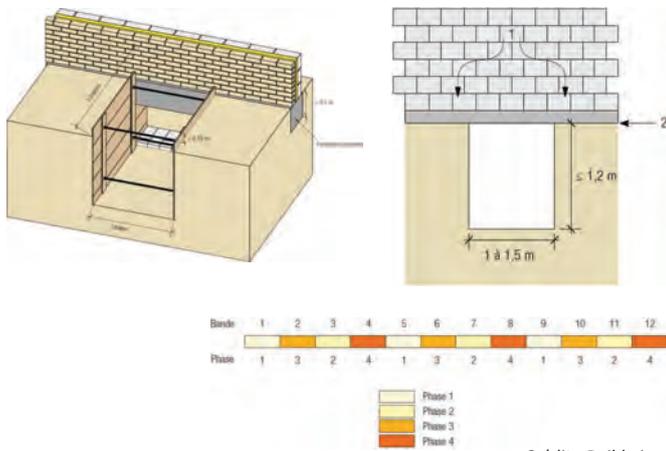
Credit : BRE – FB13



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



3- Variations générées par le climat Remédiation – Rempîement blindé



Avantages

- Pas de vibrations
- Profondeurs importantes moyennant BLINDAGE
- Réalisation d'une cave supplémentaire est possible
- Plots discontinus possibles
- Si poutre de répartition
- Examen visuel du niveau de fondation

Inconvénients

- Coût (excavation manuelle)
- Profondeur limitée à 1,20m sans blindage

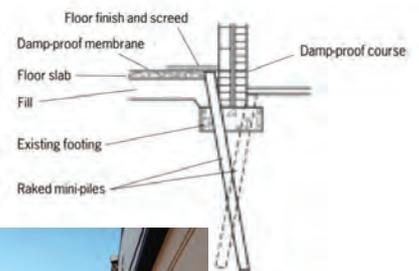
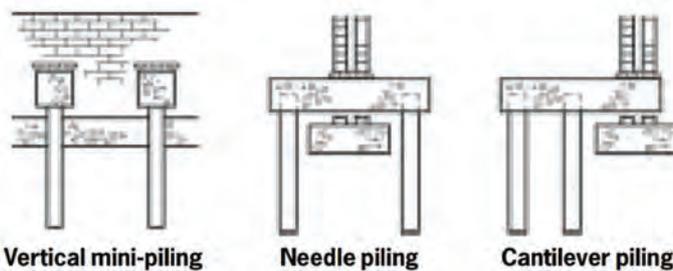
Crédit : Buildwise (CSTC) – Infofiche 72-01
Smet Foundations



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



3- Variations générées par le climat Remédiation – Pieux divers - implantations



Crédit : BRE – FB13
Smet foundations

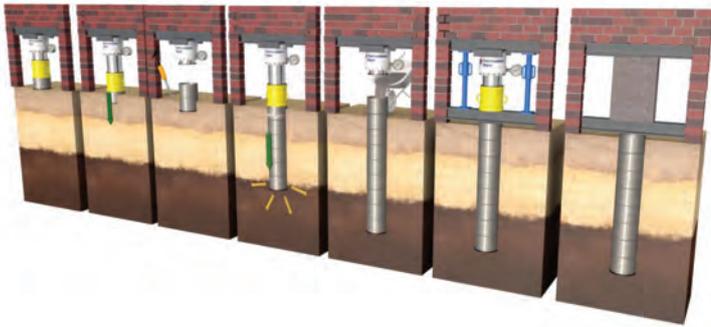


Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



3- Variations générées par le climat

Remédiation – Mini-pieux vérinés



Crédit : Franki Fondations

Avantages

- Pas de vibrations
- Profondeurs importantes possibles
- Résistance testée à l'enfoncement
- Précontraint sous charge
- Plots discontinus possibles
- Réaction dans l'axe de la charge
- Accès limité

Inconvénients

- Plutôt adapté aux charges importantes

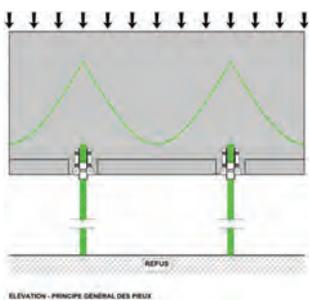


Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



3- Variations générées par le climat

Remédiation – Mini-pieux vérinés



Avantages

- Pas de vibrations
- Profondeurs importantes possibles
- Résistance testée à l'enfoncement
- Pieux précontraints
- Accès limité

Inconvénients

- Relativement lent
- Charges limitées
- Reprise du moment d'excentricité

Crédit : Fondabec,ca



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



3- Variations générées par le climat Remédiation – Micropieux vissés



Avantages

- Pas de vibrations
- Différentes profondeurs possibles
- Résistance évaluée au cours de l'enfoncement
- Travail uniquement à la pointe
- Résistance à la traction
- Accès limité
- Eventail de capacités

Inconvénients

- Technique récente
- Transfert de charge par console
- Reprise du moment d'excentricité

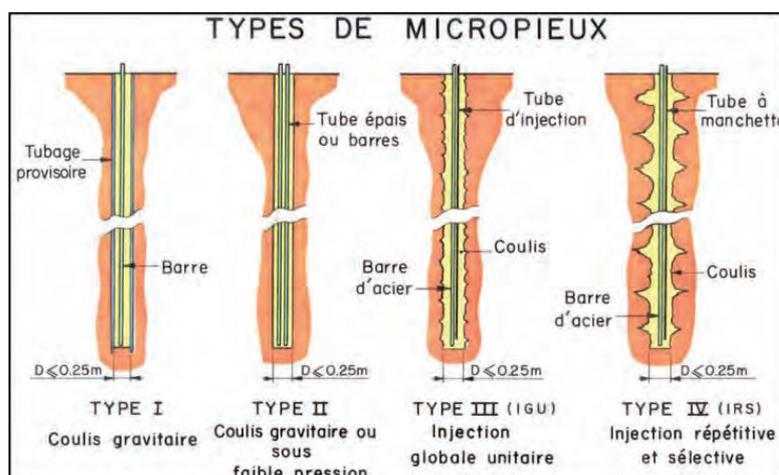


Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



Credit : technopieux

3- Variations générées par le climat Remédiation – Micropieux injectés



Design :

Voir Rapport 20 du CSTC / BuildWise



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



3- Variations générées par le climat

Remédiation – Micropieux autoforants & injectés



Crédits : Franki Foundations & Smet Foundations

Avantages

- Pas de vibrations
- Différentes profondeurs possibles
- Résistance à la traction
- Possibilité de verrinage moyennant mesures particulières

Inconvénients

- Transfert de charge par consoles
- Difficulté d'isoler le pieu du frottement dans l'argile
- Retour de la boue de forage & d'injection



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



3- Variations générées par le climat

Remédiation – Dispositions constructives - Points d'attention :

- L'argile peut présenter **RETRAIT** et **GONFLEMENT**
- Les dispositifs mis en place doivent être isolés de ces mouvements jusqu'à la profondeur où le sol ne subit plus les effets de retrait-gonflement ou doivent capable de reprendre les efforts de traction lié au frottements et gonflement
- Pour les semelles : créer un vide sous semelle autorisant le gonflement
- Pour les pieux : tubage lisse (PVC) permettant un mouvement de l'argile dans la zone critique
- Pour les plots : couche de glissement sur faces latérales

5.2.2.5 Dispositions constructives propres à limiter l'effet du retrait-gonflement sur les structures

On associe régulièrement aux techniques de reprise en sous-œuvre des dispositions visant à limiter le frottement parasite sur les faces latérales des éléments de structure en contact avec le sol, c'est-à-dire les semelles ou les longrines existantes, mais aussi les faces latérales des plots de reprise ou celles des micropieux, jusqu'à la profondeur au-delà de laquelle le sol ne subit plus les effets du retrait-gonflement (généralement 2 à 3 mètres de profondeur, quand la végétation n'impacte pas plus profondément le profil hydrique).

Crédit : Ifsstar GT 14,3

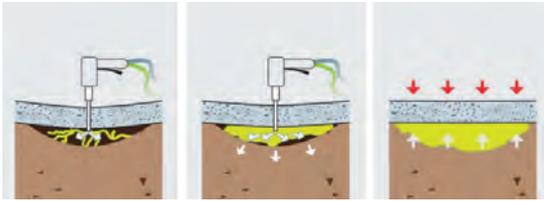


Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



3- Variations générées par le climat

Remédiation – Injections de ciment ou résine sous dalle



Avantages

- Permet de compenser le retrait de l'argile
- Pas de vibrations
- Impact limité

Inconvénients

- A recommencer si le retrait se poursuit
- Préjudiciable en cas de réhydratation (gonflement)
- Mise en œuvre délicate (pression limitée ou résine expansive)
- Empirique pas de normalisation

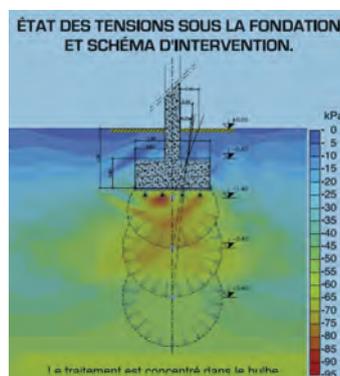
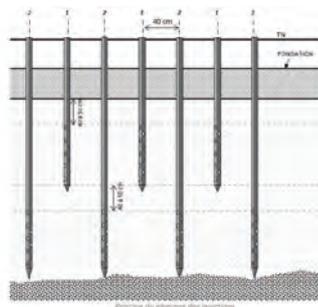


Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



3- Variations générées par le climat

Remédiation – Injections de résine



Avantages

- Pas de vibrations
- Différentes profondeurs possibles
- Accès limité
- Renforcement fondations

Inconvénients

- Technique nouvelle, peu de retour d'expérience en Belgique
- Quid en cas de gonflement ?

Crédit : URETEK

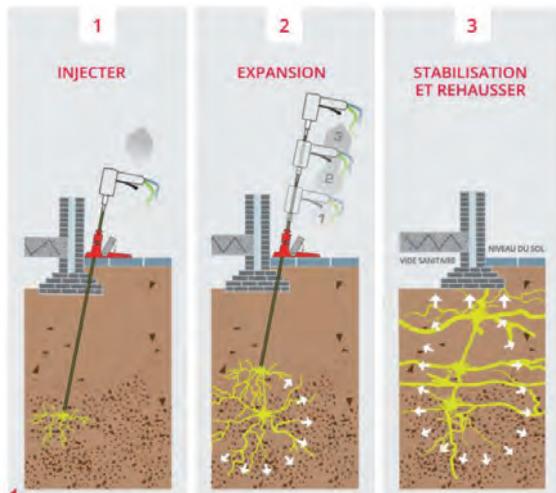


Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



3- Variations générées par le climat

Remédiation – Injections de mousse expansive



Crédit : URETEK Deepinjections

Avantages

- Pas de vibrations
- Profondeurs jusqu'à 3m
- Entredistance 50 à 70cm
- Accès limité

Inconvénients

- Réglage délicat
- Ne prévient pas des gonflements / retraits futurs
- Pas compatible avec pieux existants (mise en traction)



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



Remédiations – Coûts moyens de réparation

Source : Guide Ifsttar 2017 – Guide 3

Prix moyen 2015 pour une maison de 100m² en France

➤ Reprise en sous-œuvre des murs par micropieux et poutre de répartition	45-70 k euro
➤ Reprise en sous-œuvre par socles de faible profondeur et poutre de répartition	30-45 k euro
➤ Rigidification des fondations existantes Par poutre de ceinture complète	15 – 25 k euro
➤ Injection et brochage dallage en rive	6 – 12 k euro
➤ Imperméabilisation périphérique par géomembrane	10 – 20 k euro
➤ Chaînage intégré dans la maçonnerie	≈ 20 k euro
➤ Tranchée drainante à l'amont + exutoire	1,5 – 6 k euro
➤ Ecran anti-racines (profondeur 2m)	300 – 500 €/m
➤ Abattage, dessouchage et évacuation des arbres (10 + 60cm de diam)	1 k euro

!!! Indice construction belge - coeff 2022/2015 = 1,305



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



Principes	Techniques correspondantes	Principales limites d'utilisation
Agir sur l'environnement proche de l'habitation	Retirer / Elaguer des arbres	Problèmes environnementaux et de voisinage
	Couper des racines	Risque d'altération de la végétation Problème éventuel de stabilité des arbres
	Poser des barrières anti-racines	Risque de contournement des barrières et de retournement
	Collecter et évacuer les eaux de toiture	Aucune Evacuation des eaux à plus de 10m de l'habitation
	Vérifier l'étanchéité des réseaux	Aucune
	Poser un écran horizontal imperméable en périphérie des murs extérieurs	Aucune sauf mitoyenneté
Agir sur les fondations	Réaliser un drainage périphérique	Eloigner le drainage de 2m des fondations Difficulté possible de mitoyenneté
	Réaliser une reprise en sous-œuvre pour approfondir le niveau de fondation par des : - plots jointifs réalisés par phases alternées - plots discontinus reliés ou non par une semelle armée - minipieux ou micropieux - injections sous fondations	Dépend de la technicité de l'entreprise Nécessite une étude puis une mise en œuvre très soignée par une entreprise spécialisée
	Dispositions constructives propres à limiter l'effet de retrait-gonflement sur les structures	Modification esthétique
	Reprise en sous-œuvre partielle	Assez délicat Etude approfondie nécessaire
	Travaux spécifiques aux dallages	Inadapté aux sols gonflants
	Renforcement par chaînage	Modification esthétique
Agir sur la structure de l'habitation	Rigidifier la structure	Délicat à réaliser
	Réaliser des joints de rupture	Délicat à réaliser Modification esthétique
	Réparer les fissures	A n'entreprendre qu'après stabilisation de la structure

Source : Ifstar et Ineris - Retrait et gonflement des argiles - Analyse et traitement des désordres créés par la sécheresse, guide 3. Marne-la-Vallée : Ifstar, 2017. Techniques et méthodes, GT1-4-3

Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retrait/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



Merci pour votre attention



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retrait/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



Sécheresse et argiles

Problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements

Reprise en sous-oeuvre par fouilles blindées



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



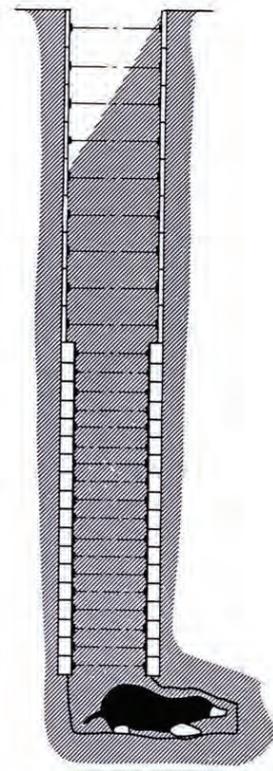
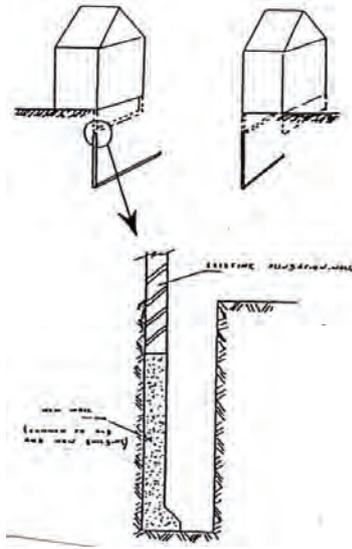
Reprise en sous-oeuvre par fouilles blindées

Sujets:

- ▶ Les rempiètements - principe
- ▶ Matériaux utilisés
- ▶ Matériel utilisé
- ▶ Combinaison avec micro-pieux
- ▶ PRO's & Con's
- ▶ Questions?



Les rempiètements - principe



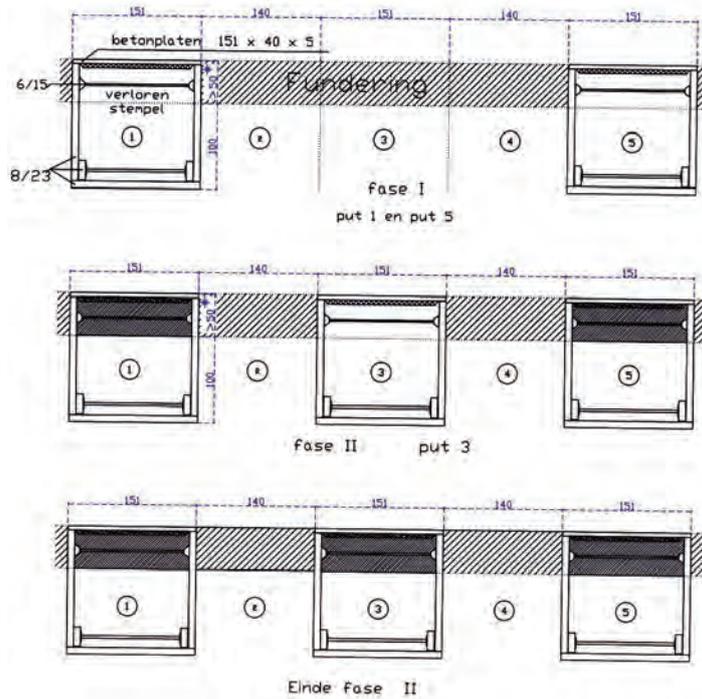
Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



A 2FUND company



Les rempiètements - principe



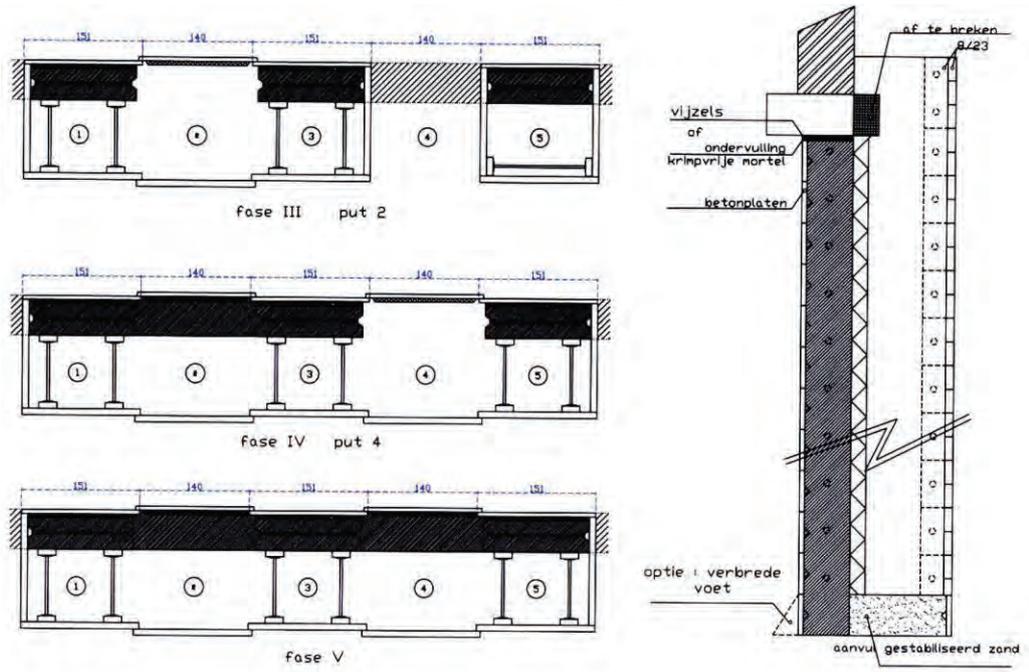
Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



A 2FUND company



Les rempiètements - principe



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

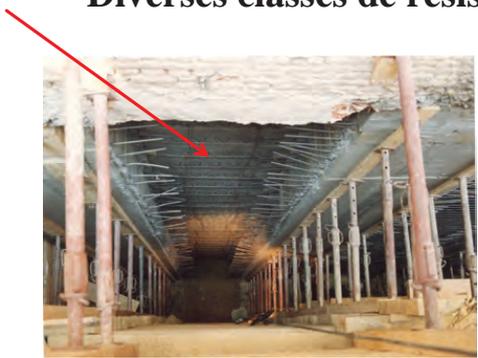


Matériaux utilisés

Dallettes de blindage en béton armé

Dimensions : L x 40 x 5 cm

Diverses classes de résistance



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Matériaux utilisés

Blindage en bois (récupérable) : 8/23



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



A 2FUND company



Matériaux utilisés

Etaçons de coffrage

Dimensions diverses



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



A 2FUND company



Matériaux utilisés

Etançons de blindage perdus (facultatif)



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



A 2FUND company



Matériaux utilisés

- Acier :**
- pour le ferrailage des plots
 - pour la liaison entre les plots



A 2FUND company



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Matériaux utilisés

Béton
Coffrage
Mortier de mâtage



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



A 2FUND company



Matériel utilisé

Grue de terrassement en grapin



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



A 2FUND company



Matériel utilisé

Treuil de fouille blindée



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



A 2FUND company



Matériel utilisé

Treuil de fouille blindée



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

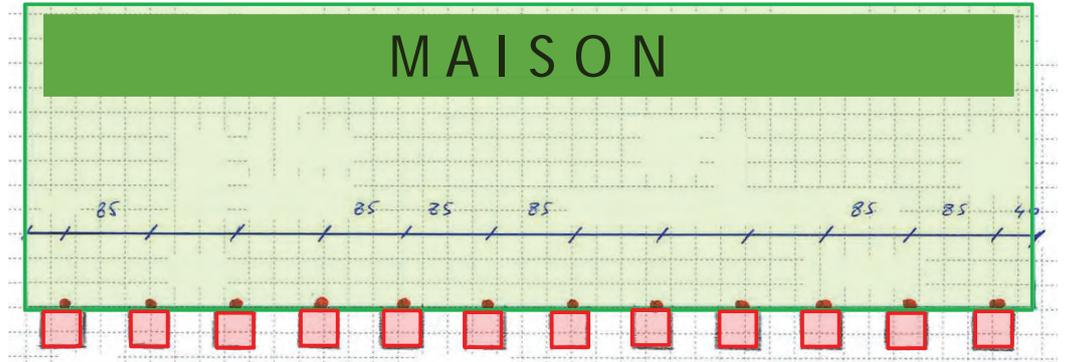


A 2FUND company



Combinaison avec micro-pieux

• Micro Pieux
 [] : Poutre 40cm x 4 cm
 tot op de funderingsplaat
 (normaal 40 cm diep)
 zie Detail

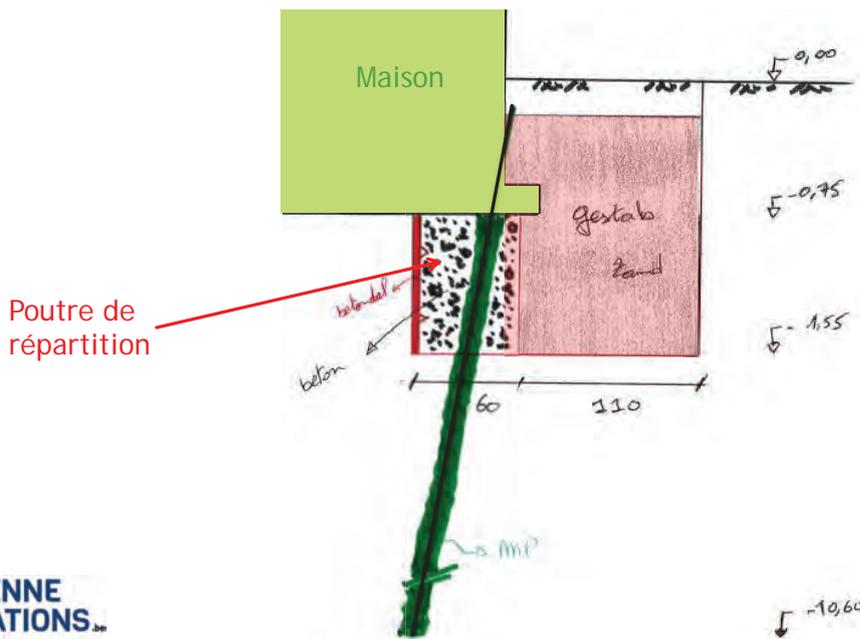


A 2FUND company



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
 Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Combinaison avec micro-pieux



A 2FUND company



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
 Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Combinaison avec micro-pieux



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



A 2FUND company



Combinaison avec micro-pieux



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



A 2FUND company



Combinaison avec micro-pieux



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



A 2FUND company



Combinaison avec micro-pieux



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



A 2FUND company



Combinaison avec micro-pieux



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



A 2FUND company



Reprise en sous-oeuvre par fouilles blindées

PRO

- ▶ Technique peu impactant sur l'environnement
- ▶ Possible en combinaison avec des micro-pieux
- ▶ Technique très propre
- ▶ Contrôle bas de la fondation existante à l'oeil

CON

- ▶ Pas possible dans l'eau



A 2FUND company



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

QUESTIONS?

ir. Bart Cloet | Représentant permanent Gomaar bv
Administrateur délégué nv Fondations Votquenne
Vice-président ABEF
Président BVBB
Registered Geotechnical Expert

M +32 (0)475 47 77 25

T +32 (0)56 50 55 60



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Case study - retour d'expérience

Grégory LAURENT, Franki Foundations



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Case : Villa ter Claere (Sint-Denijs-Kortrijk)



- ▶ Construction de 1960
- ▶ Villa indépendante avec fissures apparentes sur la façade avant
- ▶ En été : portes coulissantes et fenêtres non ouvrables.
- ▶ Garage (extension) décroché de la maison.
- ▶ Premiers dégâts visibles : 2013



Villa ter Claere - Aperçu de la situation

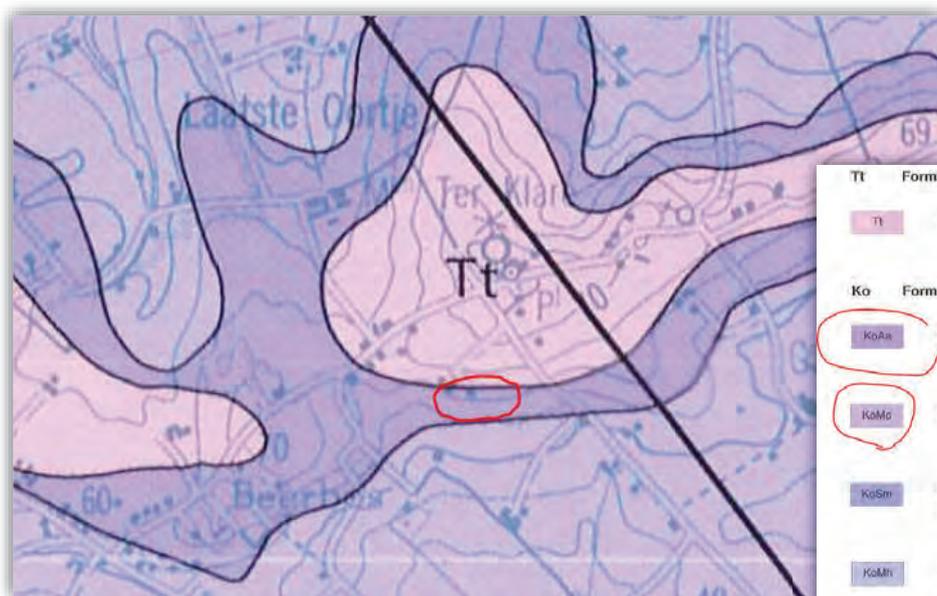


- ▶ Au centre : la maison
- ▶ Extension de garage
- ▶ Grand saule pleureur
- ▶ Voie d'accès en pente
- ▶ Jardin en pente



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Villa ter Claere - Carte géologique

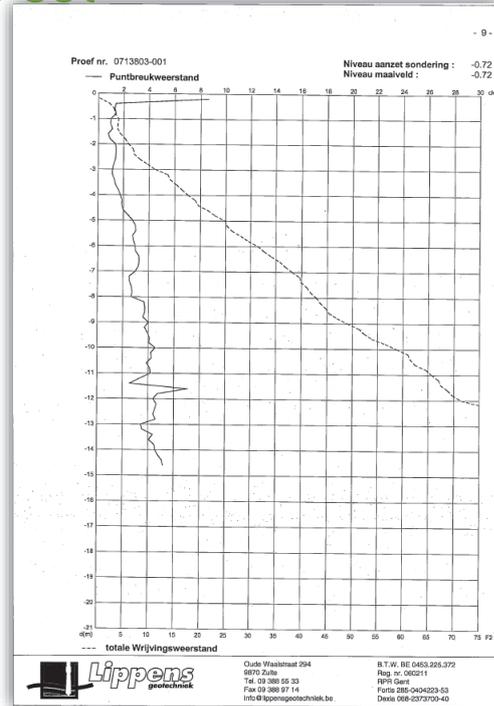
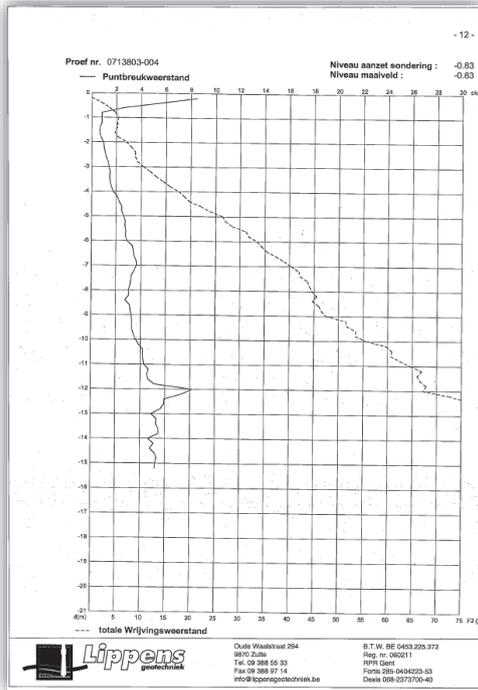


Tt	Formatie van Tielts (Onder Eoceen)
Tt	Glimmer- en glauconiethoudend kleig zand tot zandhoudende klei; afgewisseld met kleilagen; bevat zeer veel zandsteenbanken; 20 tot 30 m dik.
Ko	Formatie van Kortrijk (Onder Eoceen)
KoAa	Lid van Aalbeke Homogeen blauwe zware klei; gemiddeld 10 m dik.
KoMo	Lid van Moen Grijze kleiige grove silt; met kleilagen; bevat <i>Mammifera planolites</i> ; gemiddeld 45 m dik.
KoSr	Lid van Saint-Maur Zeer fijnsiltige klei met dunne intercalaties van grofsiltige klei of kleiige silt; soms met graafsporen; gemiddeld 10 m dik. Aan de basis geoxideerd en verhard kleig zand met lensen zuiver zand.
KoMn	Lid van Mont-Héribu Glauconiethoudende kleiige zanden of zandige kleien en compacte siltige kleien of kleiige silt; soms met graafsporen; gemiddeld 10 m dik. Aan de basis geoxideerd en verhard kleig zand met lensen zuiver zand.



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

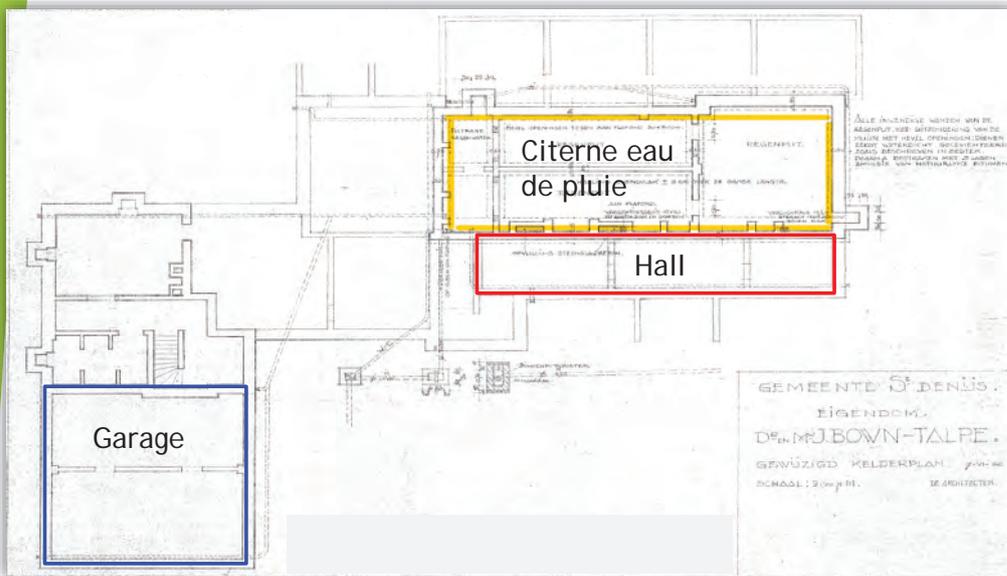
Villa ter Claere - Etude de sol



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
 Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



Villa ter Claere - Fondations de la maison



- ▶ Cavé partiellement (récupération des eaux de pluie)
- ▶ Hall : dalle sur sol
- ▶ Ailleurs : vide sanitaire
- ▶ Garage : pas de vide sanitaire

Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
 Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



Villa ter Claere - Dommages

Façade avec fissure horizontale continue sur toute la longueur



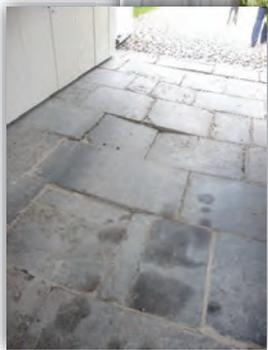
Fissures verticales dans le garage jusqu'aux fondations



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

9

Villa ter Claere - Dommages



Resserrement autour des fenêtres et fissures importantes

Fissures sur le côté du garage et affaissement des carrelages



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

10

Villa ter Claere - Les causes (multiples) probables ?

- ▶ Lors de fortes pluies, l'eau s'écoulant via l'allée principe (voie d'accès) en pente donnait souvent lieu à des « inondations »
→ Drain placé parallèlement à la façade de la maison, juste devant la cour pavée (avant 2013)
- ▶ Présence d'un grand saule (à 30 m de la maison)
- ▶ Terrain en pente → glissement occasionné lors des « petits » travaux de terrassement d'aménagement du parking extérieur?
- ▶ Partiellement cavé VS non cavé
- ▶ Profondeur d'assise insuffisante des semelles filantes ?
- ▶ Fuite au niveau des descentes d'eau pluviale ?
 - ▶ Toutes les conduites sont intacts sauf une dans le coin entre les garages et la maison.



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

11

Villa ter Claere - Remédiations / Réparations

Attentes du client : traiter uniquement la zone endommagée

- ▶ Proposer une solution permanente (= uniquement façade avant + garage)
- ▶ Volonté d'approfondir les fondations
- ▶ Retrouver l'esthétisme de la façade et joints entre briques parfaitement rectilignes et uniformes

Méthodes de réparations (2014)

- ▶ Différentes méthodologies de fondation étudiées : pieux tubés, micropieux, colonnes de jet-grouting,...
- ▶ Vérinage de la façade pour refermer la fissure horizontale continue
 - ▶ Pour vériner : réaction d'appui nécessaire → colonnes de jet Ø 800 mm
- ▶ Au niveau de la façade : combinaison de colonnes de jet, de vérins et de poutre de fondation.



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

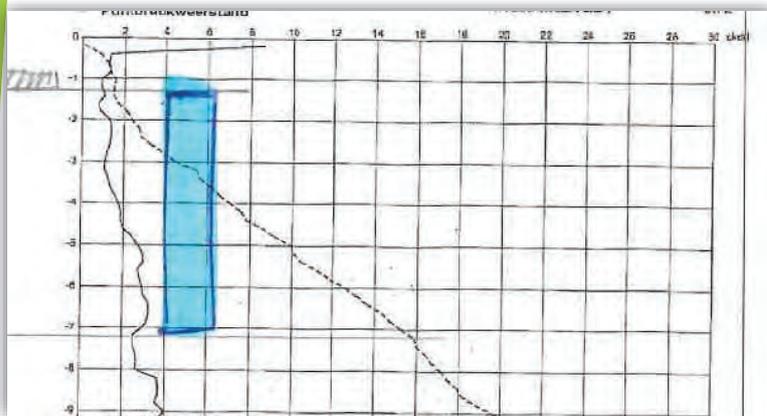
12

Villa ter Claere - Colonnes de jet



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Villa ter Claere - Colonnes de jet

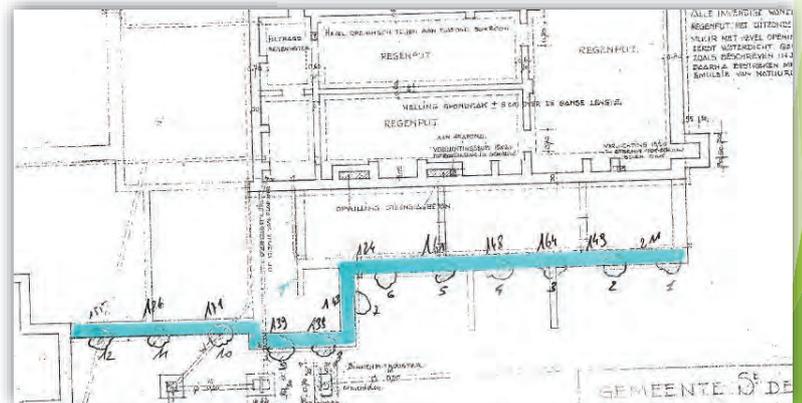
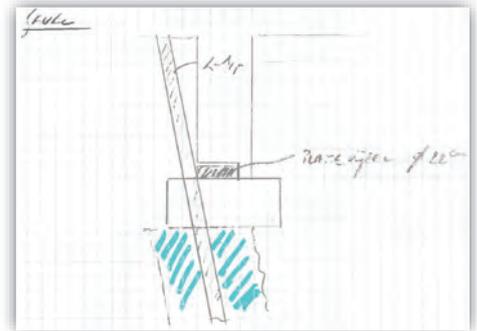
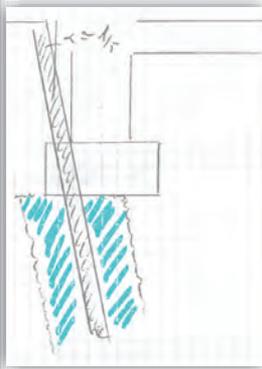
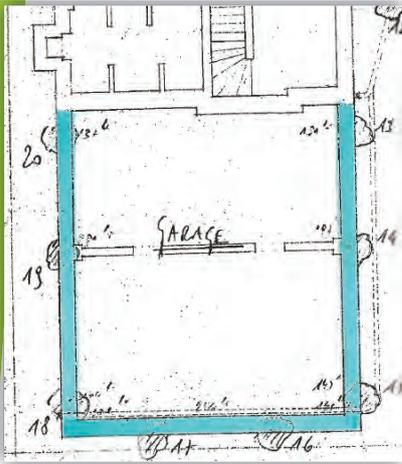


- ▶ Détermination du nombre de colonnes et de leur position :
 - ▶ Espacement dû à l'effet voûte dans la maçonnerie
 - ▶ Tenir compte de la position des fenêtres et des portes
- ▶ Déterminer la profondeur de la colonne :
 - ▶ le pontage de l'argile plastique
 - ▶ 7,50 m sous le niveau des sondages effectués



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Villa ter Claere - Colonnes de jet



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retrait/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



Villa ter Claere - Colonnes de jet



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retrait/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



Villa ter Claere - Colonnes de jet



- Fenêtres et portes étançonnées durant le vérinage



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Villa ter Claere - Exécution



1. Poutre réalisée par « tronçons »
2. Les vérins plats sont positionnés au droit d'une colonne de jet entre la nouvelle poutre et des plats métalliques de répartition
3. Vérinage sous la supervision d'un géomètre qui surveille le mouvement au niveau des fissures.
4. Epaisseur du nouveau joint fixé à 2 cm (esthétisme)



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Villa ter Claere - Résultat



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Villa ter Claere - Résultat

Garantie sur les fondations de Franki Foundations :

- ▶ Garantie à 100 % des désordres liés au tassement dû à l'assèchement de l'argile pour la partie renforcée
- ▶ Aspect visuel de la façade (joints)
- ▶ La partie traitée n'est pas sujette au retrait ou au gonflement après la finition



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Villa ter Claere - Suite

Pourtant, nous avons été recontactés 5 ans après les travaux (fin 2019)



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

21

Villa ter Claere - Suite (5 ans plus tard)

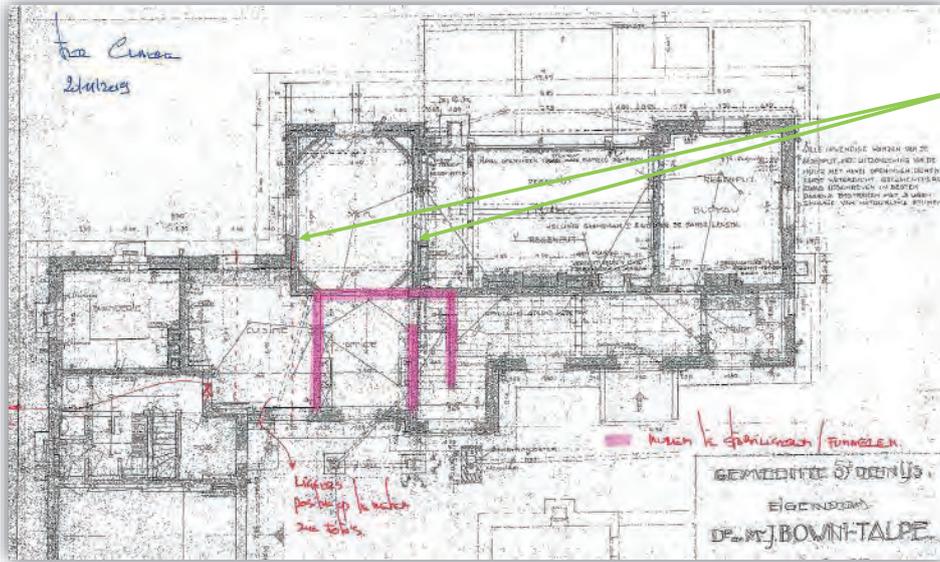
- ▶ Apparition de nouvelles fissures
 - ▶ Côté intérieur de la maison, à proximité de la zone cavée
 - ▶ Mur arrière côté jardin
- ▶ Cause possible : sécheresse persistante, changement climatique ?
- ▶ Constatation : présence d'un renforcement « maison »
 - ▶ Afin de stabiliser les nouvelles fissures, mise en place d'un système de poutraison s'appuyant sur la partie fixe traitée au préalable
 - ▶ Effet de basculement entraînant une fissuration accélérée



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

22

Villa ter Claere - Suite (5 ans plus tard)



Nouvelles fissures mur intérieur et mur latéral



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Villa ter Claere - (suite) fissures latérales

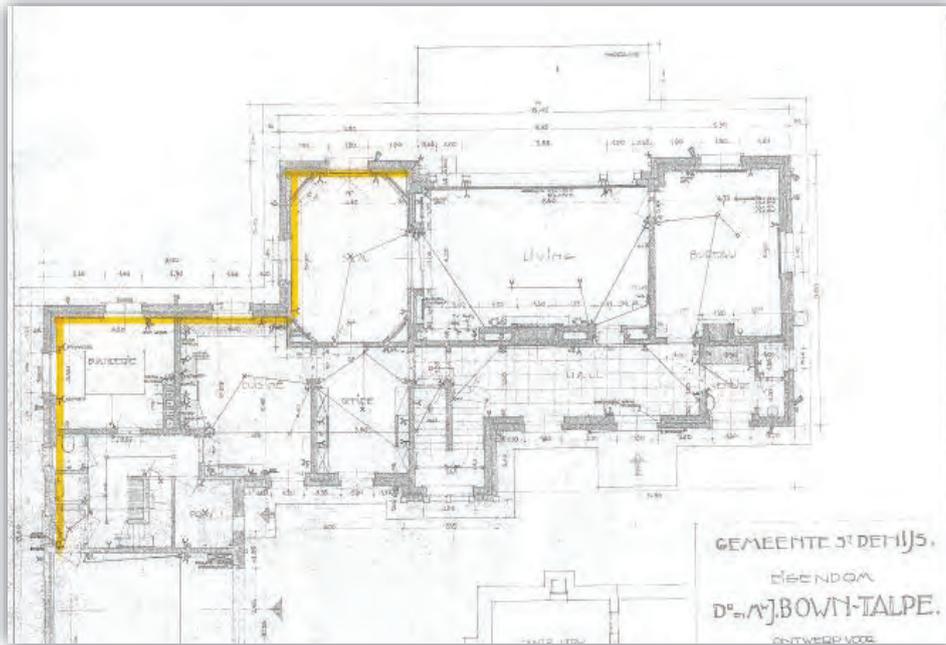


- ▶ Fissures latérales augmentées puisque des profils ont été placés entre la façade et le mur intérieur en question.



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Villa ter Claere - (suite) actions à entreprendre



Proposition :

Micropieux à travers des fondations existantes

- ▶ Fissures <2cm
- ▶ Impact réduit sur le jardin



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Thank you!

Grégory LAURENT – Engineering Manager

Contact Us



gregory.laurent@ffqb.be



+32 470 33 35 91



Avenue Edgard Frankignoul, 2 1480 Saintes



www.ffqb.be

A large, white, curved sign with a blue and red wave logo at the top. The text 'Franki Foundations Belgium' is printed in blue on the sign. The background of the sign is a blue sky with white clouds.

**Franki
Foundations
Belgium**

Gestion du retrait/gonflement par maintien de la teneur en eau

Steve Gruslin / Tiffany Hennebaut / Mattia Tirone



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



Sommaire

- ▶ Problématique
- ▶ Situation géologique
- ▶ Données géotechniques
- ▶ Cas d'étude
- ▶ Travaux de remédiation
- ▶ Conclusions et perspectives

Problématique



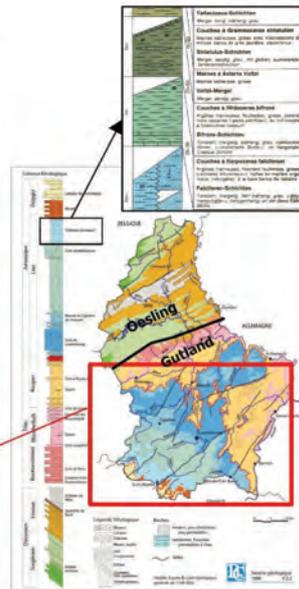
- ▶ Fissures dans une maison unifamiliale à Esch/Alzette (sud du G-D de Luxembourg)
- ▶ Principe: collecte et stockage des eaux pendant les périodes pluvieuses et réinjection lors de périodes de déficit hydrique



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Géologie du Luxembourg

© Service géologique de l'Etat, Administration des ponts et chaussées
(Version du 03/09/2018) – COPIE ET REPRODUCTION INTERDITES

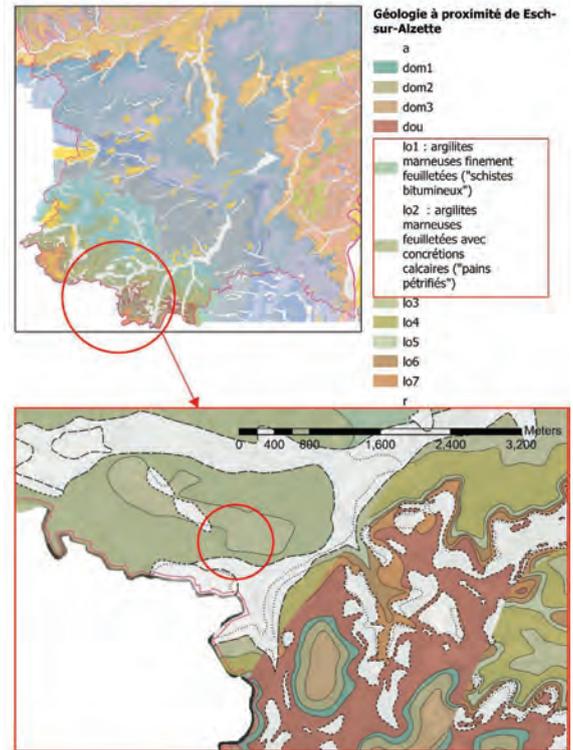


- ▶ Le Luxembourg est divisé en deux régions: la région de l'Oesling (Nord), et la région du Gutland (Sud).
- ▶ Au nord : vallées profondes incisées dans des roches du Dévonien inférieur (âge Praguien et Emsien) plissées au cours de l'orogénèse hercynienne.
- ▶ Au Sud : roches liées aux transgressions marines à partir du Trias inférieur (Buntsandstein) et jusqu'au Dogger → recouvrement du socle Dévonien érodé.
- ▶ L'orogénèse alpine a entraîné un soulèvement et l'érosion de ces sédiments, laissant à nu les roches du Dévonien dans le nord de pays. En revanche, une partie de ces sédiments sont restés au Sud du Luxembourg dans la région du Gutland.
- ▶ Le Gutland se caractérise par une succession de roches sédimentaires consolidées dures et tendres (grès, marnes et calcaires).
- ▶ C'est dans le Gutland que l'on rencontre principalement les argiles sensibles au phénomène de retrait/gonflement (essentiellement Lias, aussi présent en Lorraine belge).

Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Contexte géologique du projet

- ▶ La maison unifamiliale du cas d'étude est construite sur les argilites marneuses feuilletées à concrétion calcaires du lo2 (Lias supérieur: Toarcien),
- ▶ Les argilites du lo1 et lo2 ("schistes bitumineux", équivalents de la "formation de Grandcourt") sont principalement composées de minéraux argileux (kaolinite, illite, chlorites, smectites, etc.), de calcaire, de kérogène et de pyrite.
- ▶ L'oxydation de la pyrite dans les argilites en plaquettes entraîne une réaction secondaire de cristallisation de gypse, ce qui engendre un phénomène de gonflement.
- ▶ Les produits d'altération des argilites marneuses sont composés d'argiles moyennement à hautement plastiques.

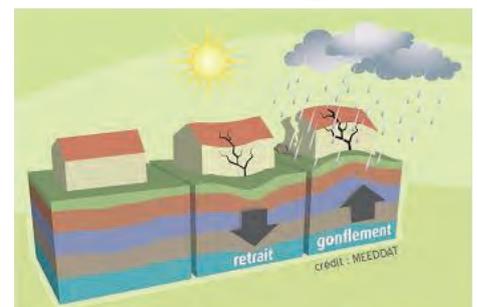
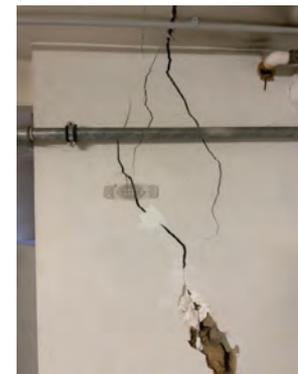


Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

5

Phénomène de retrait/gonflement des argiles

- ▶ En plus du phénomène d'altération chimique des argilites provoquant le gonflement, les argiles d'altération de part leurs composants minéralogiques, sont très sensibles au phénomène de retrait/gonflement.
- ▶ Phénomène de retrait/gonflement des argiles → provoqué par la variation de teneur en eau.
- ▶ Phénomène aggravé par la végétation et le type de fondations des bâtiments. Les semelles isolées ou filantes sont les plus touchées, ainsi que les annexes des bâtiments qui ont en général des fondations plus superficielles que les fondations du bâtiment principal.
- ▶ Conséquences → tassements/ soulèvements/ fissures

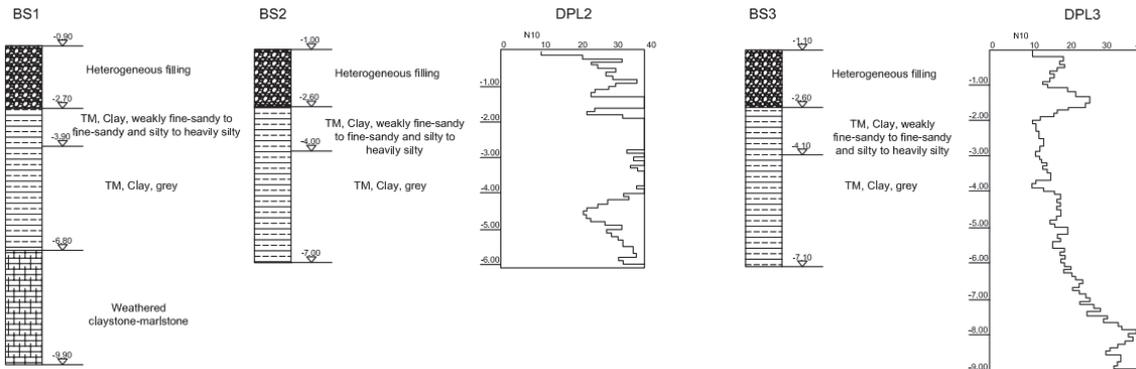


Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

6

Données géotechniques

- ▶ 3 sondages carottés + 2 pénétrations dynamiques légères
- ▶ BS1 au sud-ouest, BS2 au sud, BS3 à l'est
- ▶ Remblais, argiles d'altération, argilites marneuses altérées
- ▶ Différence de compacité entre DPL2 et DPL3 due à la teneur en eau
- ▶ Teneurs en eau des argiles : BS1 = 14,1 %, BS2 = 14,5 %, BS3 = 26 %

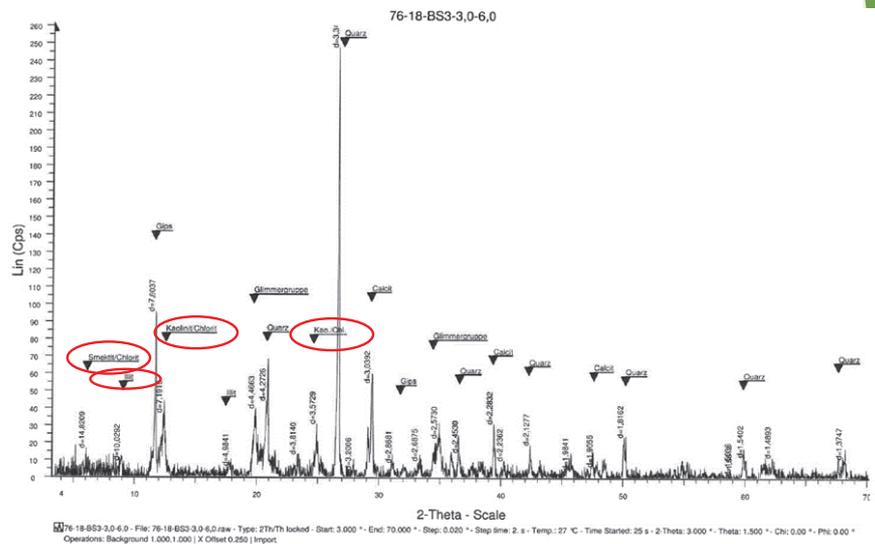


Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



Données géotechniques

- ▶ Groupes de sols (DIN 18196):
TM (argile de plasticité moyenne) et TA (argile de forte plasticité)
- ▶ $I_p = 37,4 \%$ (BS3)
- ▶ Diffraction rayons-X: minéraux argileux = smectite, chlorite, illite, kaolinite
- ▶ → sols susceptibles d'engendrer un phénomène de retrait/gonflement en fonction de la teneur en eau



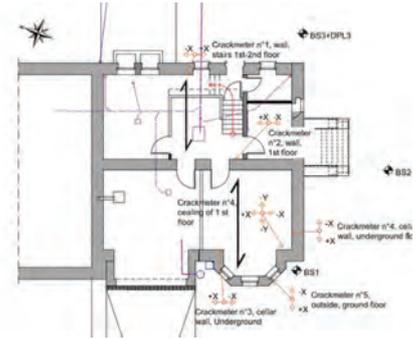
Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



Cas d'étude

- ▶ Maison en maçonnerie endommagée par des tassements différentiels suite aux périodes de sécheresse
- ▶ Facteurs déclenchants :
 - ▶ Sol argileux (avec présence de smectite et chlorite)
 - ▶ Forte densité de végétation à proximité de la maison
 - ▶ Mauvais fonctionnement des descentes d'eau
 - ▶ Exposition sud

Façade Sud-Ouest



Façade Sud-entrée

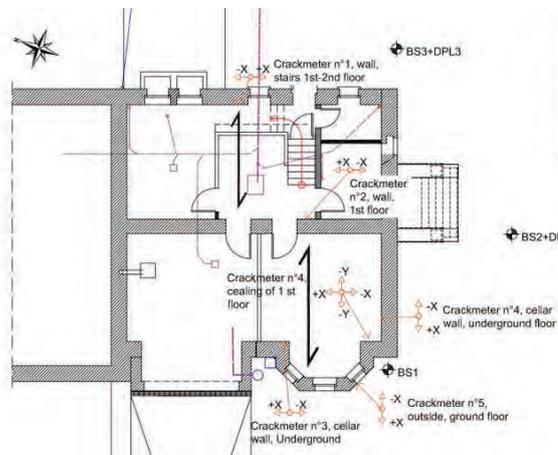
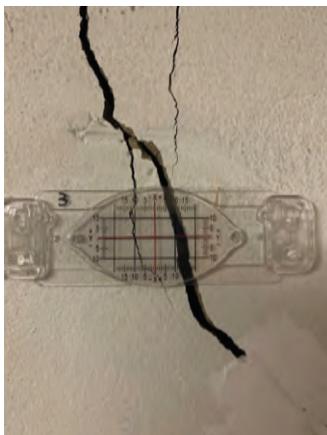


Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
 Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



Cas d'étude

- ▶ Suivi des déformations avec 6 fissuromètres



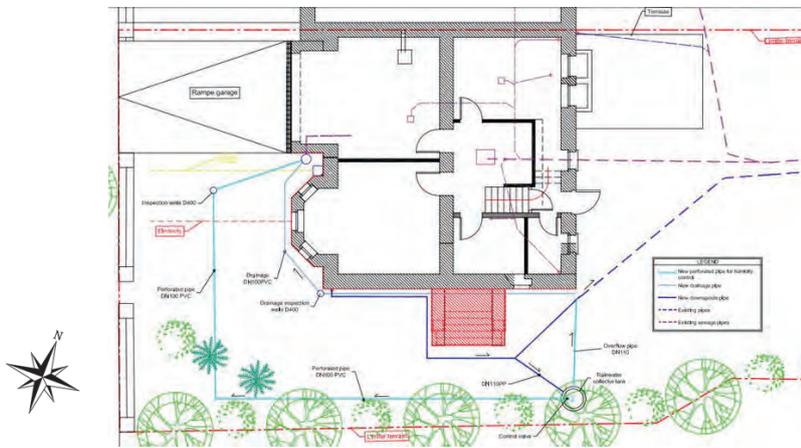
LEGEND	
	Borehole (DPL: Light dynamic probing)
	Principal direction of crackmeter measurement (vertical crack)
	Principal direction of crackmeter measurement (horizontal crack)

Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
 Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023



Travaux de remédiation

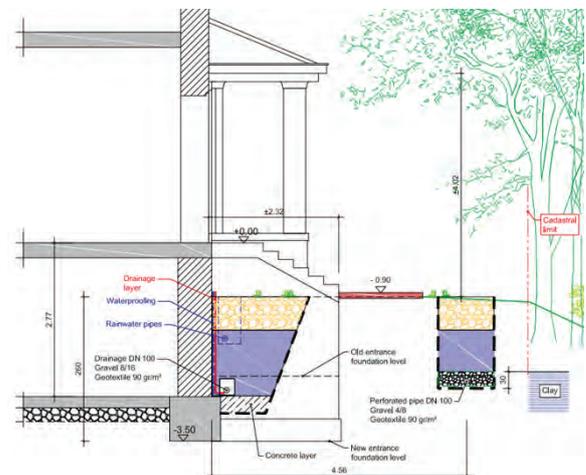
- ▶ Récupération des eaux de pluie avec une cuve en béton armé connectée aux descentes d'eau pluviales
- ▶ Tube perforé pour la gestion de la teneur en eau du sol



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Travaux de remédiation

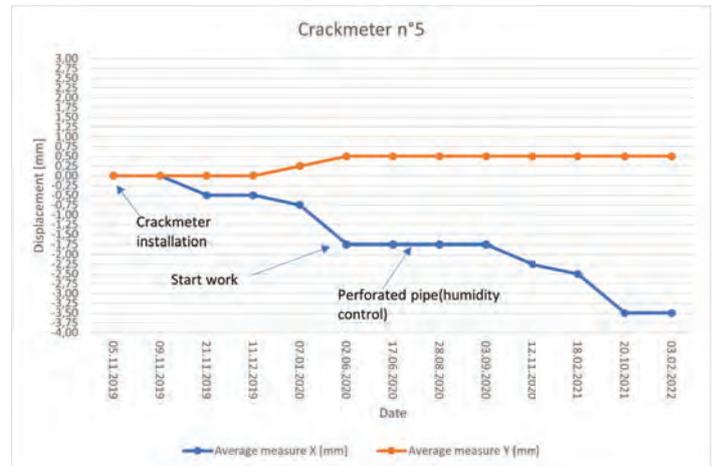
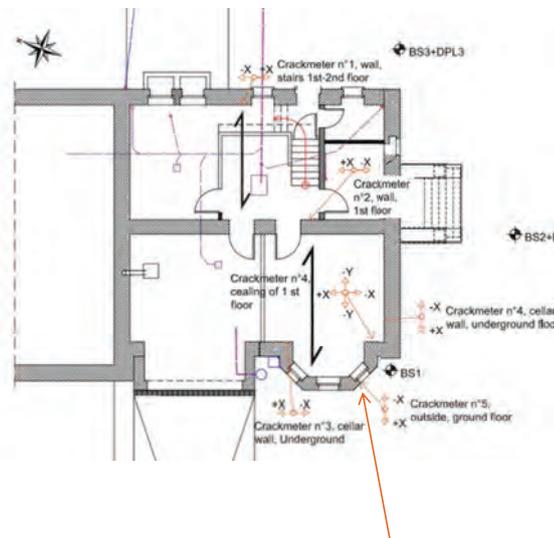
- ▶ Reconstruction d'un nouvel escalier déconnecté de la maison et fondé au même niveau
- ▶ Mise en place d'une étanchéité des murs de la cave et d'un nouveau drainage
- ▶ Réhabilitation des descentes d'eau pluviales



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Monitoring après travaux

- ▶ Le monitoring du fissuromètre n°5 (coin sud-ouest, extérieur) montre que la fissure se referme:



Conclusions et perspectives

- ▶ Pendant les périodes de sécheresse et/ou en présence de végétation, il est possible d'éviter le retrait excessif des sols argileux par le maintien de la teneur en eau
- ▶ La mesure de confortement est moins chère et moins invasive que d'autres méthodes classiques (p.ex. reprise en sous-œuvre, écrans barrières, micropieux)
- ▶ La méthode peut être améliorée avec une automatisation du système (p.ex. installation de jauges de mesure dans les piézomètres et forages de reconnaissance de l'étude géotechnique)

Merci pour votre attention!

Gruslin Steve, Hennebaut Tiffany, & Tirone Mattia. (2022). How to ensure better consideration and mitigation of the shrinkage-swelling risk of clays?. European Geologist, 53, 20-28. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6882354>



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

techno **PIEUX** MD

**SÉCHERESSE ET ARGILES PROBLÉMATIQUE DES
DÉGÂTS LIÉS AUX RETRAITS/GONFLEMENTS**

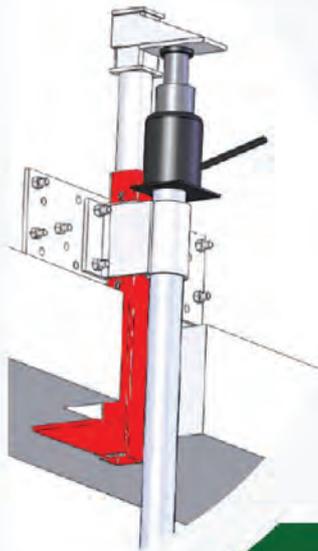
7 MARS 2023

Pierre Lecocq, Leader national Techno Pieux Belux
Sébastien Planquart, Ingénieur Techno Pieux Europe
Benoit Pelletier, Export Techno Pieux Inc.



techno **PIEUX** MD

QUI SOMMES-NOUS ?



Pierre Lecocq, Leader national
Techno Pieux Belux



Sébastien Planquart,
Ingénieur Techno Pieux Europe



Benoit Pelletier,
Export Techno Pieux Inc.



techno **PIEUX** HD

- 01 1993-2023 : 30 ans cette année
- 02 Technique certifiée sur chaque continent
- 03 Un réseau mondial de techniciens certifiés
- 04 Machines de pose spécifiques
- 05 Plus de 3 millions de pieux installés



LE DISPOSITIF TECHNO PIEUX RSO

techno **PIEUX**

Le techno Pieux

Le Techno Pieux se compose d'un fût métallique creux avec une hélice en pieds permettant la reprise des efforts verticaux.

Le Techno Pieux est installée par vissage en utilisant un équipement spécialisé.

La console

Plaque d'acier permettant de créer un support de fixation pour le Techno Pieux. Cette plaque étant fixée à l'existant.

Le sabot

Élément métallique venant créer un point de reprise sous la fondation existante.

L'ENSEMBLE CONSOLE/SABOT VIENT CRÉER UNE LIAISON ENCASTRÉE ENTRE LE TECHNO PIEUX ET L'EXISTANT.

EQUIPEMENT D'INSTALLATION

techno **PIEUX**



R2D

La plus petite machine de pose de la gamme. Un peu moins puissante que les modèles de type EM, elle surprend par sa maniabilité et sa capacité à installer des pieux dans toutes les configurations. Ses dimensions réduites lui permettent de visser les Techno Pieux malgré les conditions et les accès les plus difficiles : traversée de maisons, dénivellements, escaliers, plateforme flottante ...



EM1/EM2

Le modèle milieu de gamme se distingue par sa souplesse d'utilisation, sa précision dans l'installation et sa rapidité de vissage.

Dernière née des machines, la EM2 est la version la plus aboutie de notre série EM.



ET1

Le modèle le plus puissant et aussi le plus lourd. La particularité de cet équipement d'installation est de développer un couple de vissage beaucoup plus élevé et ainsi permettre d'obtenir des capacités portantes de Techno Pieux supérieures à 20 t à l'ELS.

TECHNO PIEUX ET L'ARGILE

- ➔ **RISQUE**
Mouvement superficiel du sol engendrant des désordres structurels aux constructions.
- ➔ **SOLUTION**
Descendre les fondations hors zone de dessiccation des argiles.



SOLUTION TECHNO PIEUX

- **Longueur d'un pieux = minimum 2,0 m**
- **Capacité portante délivré uniquement par l'hélice**
- **Frottement sol/acier négligeable**

REPRISE EN SOUS-OEUVRE

techno **PIEUX** MD

EN SITUATION

SITUATION AVANT REPRISE EN SOUS-ŒUVRE

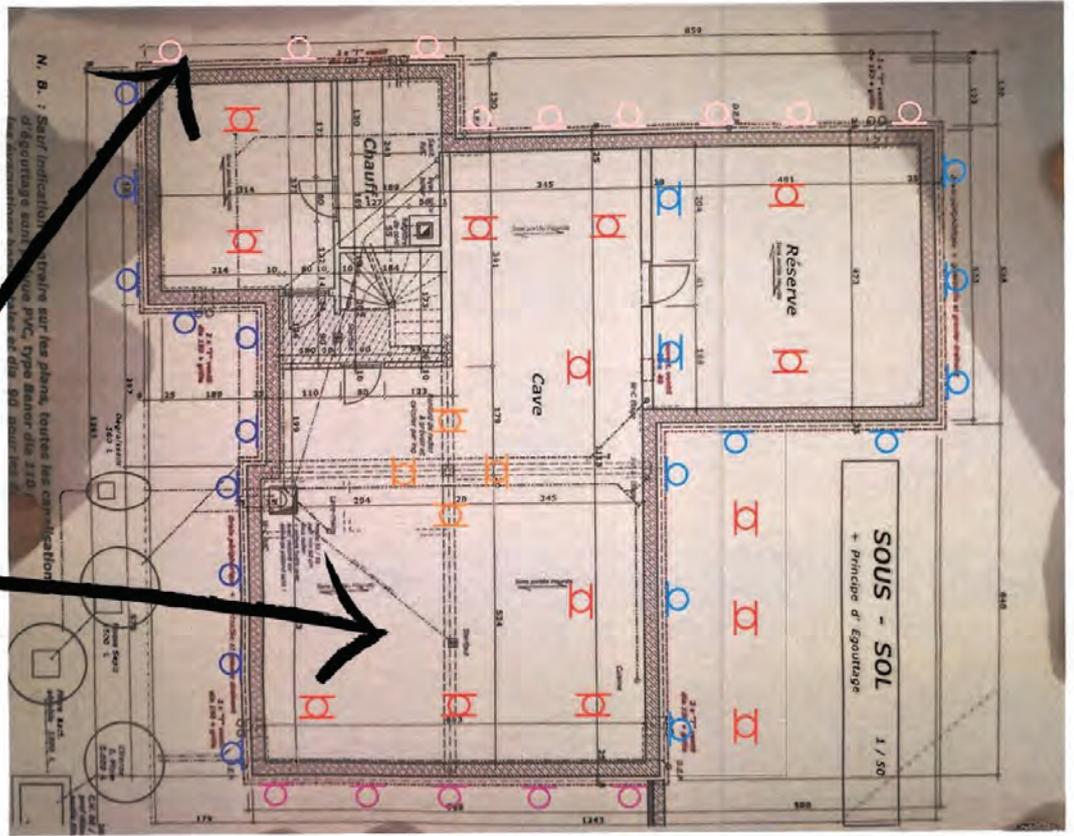


IMPLANTATION

INTERVENTION

- EXTÉRIEURS
- 32 TECHNO PIEUX
- INTÉRIEUR
- 20 TECHNO PIEUX

techno **PIEUX**



PHASE EXTÉRIEURE

1. TERRASSEMENT



2. BLINDAGE



3. POSE DES TECHNO PIEUX



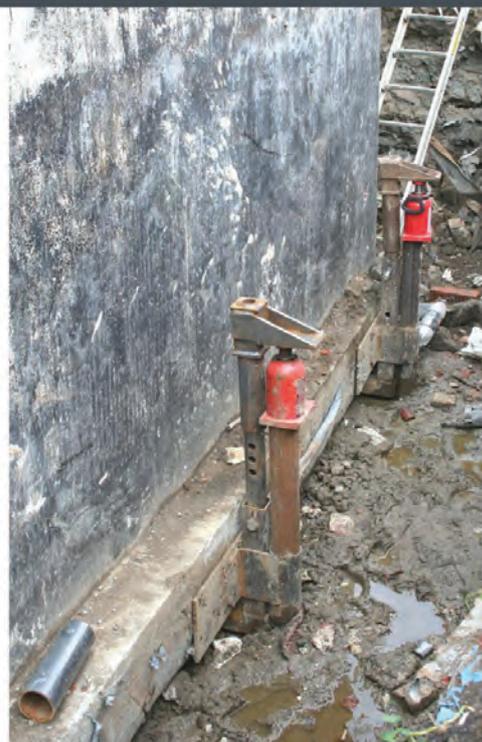
4. SOUDURE ENTRE LONGUEURS

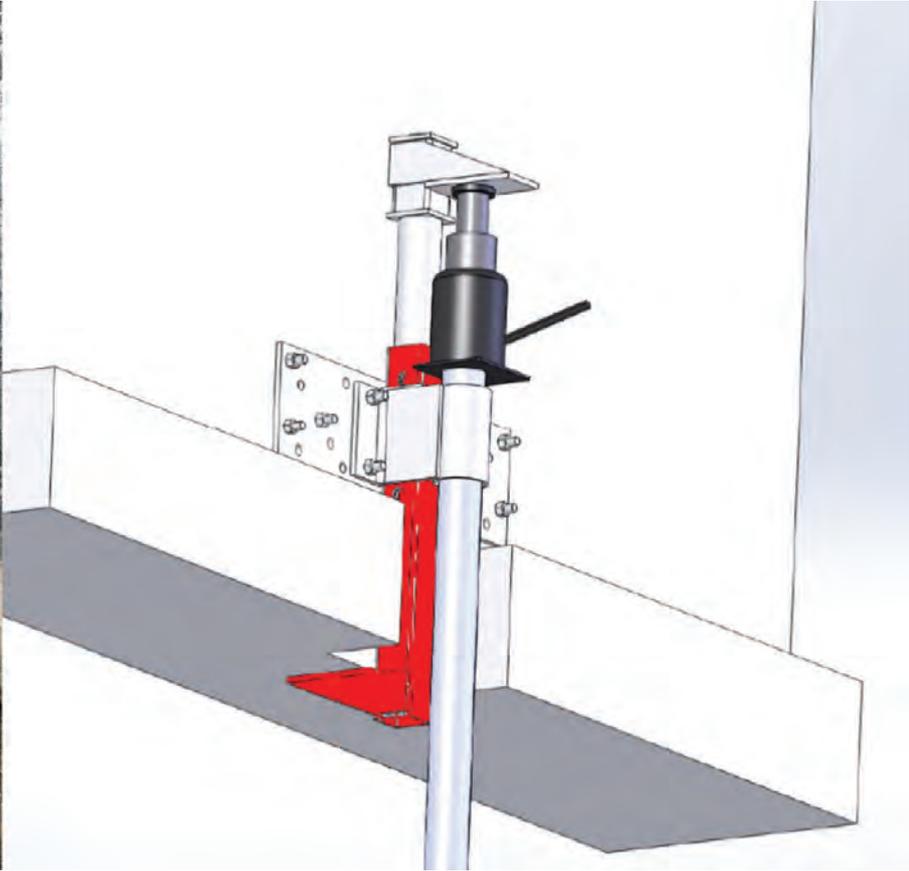


5. POSE DES RALLONGES



6. INSTALLATION DES DISPOSITIFS





PHASE INTÉRIEURE

INTERVENTION PAR LE GARAGE

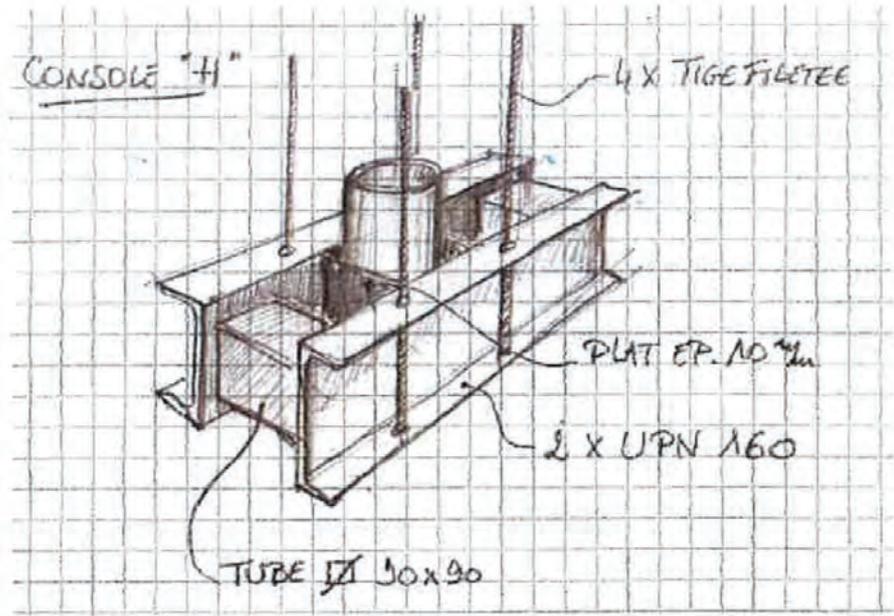


1. LUMIERES

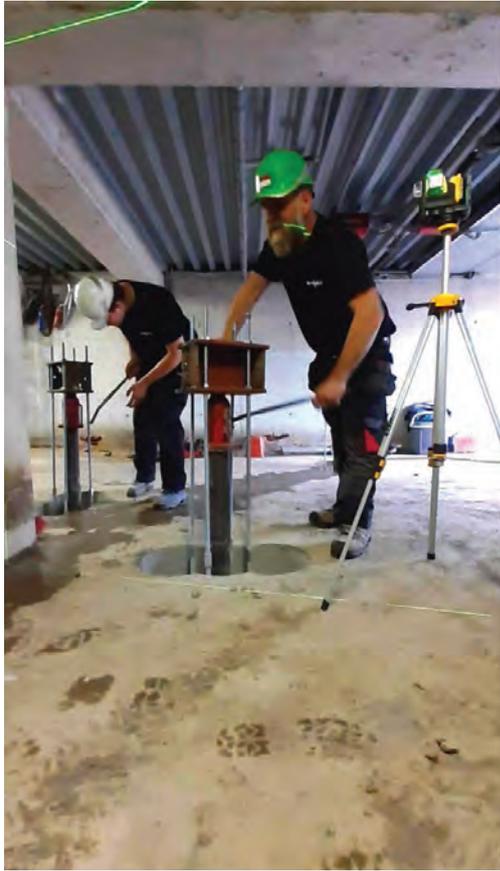
2. POSE DES TECHNO PIEUX

3. INSTALLATION DES DISPOSITIFS





PHASE DE REDRESSEMENT



RÉSULTAT

SOUS LE BÂTIMENT



techno **PIEUX** MD



*Merci pour votre
attention*

Sécheresse et argiles

Problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements

Monika De Vos
Présidente du GBMS

Questions ?



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Sécheresse et argiles

Problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements

Monika De Vos
Présidente du GBMS

Conclusions



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

Le Groupement Belge de Mécanique des Sols et de la Géotechnique



Activités :

- ▶ l'organisation de soirées de formations, sessions d'information, journées d'études,...
- ▶ la coordination de la participation belge aux activités de la société internationale et de sa section européenne,
- ▶ la présence de spécialistes belges au sein de comités techniques internationaux et européens (normes de l'ISO, du CEN et de l'EUROCODE,...)
- ▶ la présence de jeunes géotechniciens aux 'Young Geotechnical Engineers Conferences'
- ▶ ...



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

3

Le Groupement Belge de Mécanique des Sols et de la Géotechnique



- ▶ Session d'information "ATG pour pieux de fondation" : 24 ou 25 mai ?
- ▶ Assemblée Générale : le 14 juin au Faculty Club, Leuven



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

4

Le Groupement Belge de Mécanique des Sols et de la Géotechnique



Devenir membre ?

- ▶ Membre étudiant (gratuit), individuel (75 €), collectif (400 €) ou sponsor (1 500 €)
- ▶ Accès au centre de connaissances, réservé aux membres
- ▶ Prix réduit pour les activités organisées par le GBMS
- ▶ Utilisation gratuite de CPTEx Lite (calcul De Beer)
- ▶ Inscrivez-vous : www.bggg-gbms.be



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023

5

Sécheresse et argiles

Problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements

Merci !



Sécheresse et argiles : problématique des dégâts liés aux retraits/gonflements
Workshop RockEnGeo.be & GBMS/BGGG • Namur • 7 mars 2023