

Sécheresse géotechnique et construction,

retours d'expérience

CFMS, CFGI 18 janvier 2007

Catherine Jacquard

Sommaire

- pathologie des constructions:
 - Méthodologie d'étude
 - Etude statistique de la pathologie:études menées par SORES sur maisons sinistrées (cadre CAT NAT) en Région Midi- Pyrénées
- dispositions constructives et reprises en sous-œuvre



Méthodologie d'étude

- Description du bâtiment, de son environnement;
- Historique de la construction
- Reconnaissance de géométrie de la fondation
- Reconnaissance de la structure du dallage
- Investigations géotechniques



Fiche guide

NOM DU PROPRIETAIRE ADRESSE				
berrande in				
DEMANDEUR				
REDACTEUR DE LA FICHE DE VISITE		NOM	DATE VISITE	SIGNATURE
			A1201	100000000000000000000000000000000000000
1 DESCRIPTION DU TERRAIN				2
SITUATION GEOGRAPHIQUE	1			
CADRE GEOLOGIQUE				
CADRE GEOLOGICOE				
Carte géologique				
TOROGRAPHIE				
TOPOGRAPHIE	and the same of th			
Terrain plat	en plaine			
	en fond de vallée		3	
Terrain plat	en fond de vallée en sommet de coteau			
	en fond de vallée en sommet de coteau naturel			
Terrain plat	en fond de vallée en sommet de coteau naturel déblairemblai			
Terrain plat	en fond de vallée en sommet de cotéau naturel déblai/remblai Remblai			
Terrain plat	en fond de vallée en sommet de coteau naturel déblairemblai			
Terrain plat Replat sur flanc de coteau	en fond de vallée en sommet de cotéau naturel déblai/remblai Remblai Déblai			
Terrain plat Replat sur flanc de coteau	en fond de vallée en sammet de cotéau naturell déblairemblai Remblai Déblai douce moyenne forte			
Terrain plat Replat sur flanc de coteau	en fond de vallée en sommet de coteau naturel déblairemblai Flemblai Déblai douce moyenne			
Terrain plat Replat sur flanc de coteau	en fond de vallée en sammet de cotéau naturell déblairemblai Remblai Déblai douce moyenne forte	profendaur		
Terrain plat Replat sur flanc de coteau	en fond de valiée en sommet de cotéau naturel déblairemblai Hemblai Déblai douce moyenne forte crienté	profondeur		
Terrain plat Replat sur flanc de coteau Terrain en pente	en fond de valiée en sommet de cotéau naturel déblairemblai Hemblai Déblai douce moyenne forte crienté	profondaur		
Terrain plat Fleplat sur flanc de coteau Terrain en pente Fossés	en fond de valiée en sommet de cotéau naturel déblairemblai Hemblai Déblai douce moyenne forte crienté	lprofonde ur		
Terrain plat Replat sur flanc de coteau Terrain en penta Fossés Talus Puits	en fond de valiée en sommet de cotéau naturel déblairemblai Hemblai Déblai douce moyenne forte crienté	torofonde yr		
Terrain plat Fleplat sur flanc de coteau Terrain en pente Fossés Talus	en fond de valiée en sommet de cotéau naturel déblairemblai Hemblai Déblai douce moyenne forte crienté	profondaur		
Terrain plat Replat sur flanc de coteau Terrain en penta Fossés Talus Puits	en fond de valiée en sommet de cotéau naturel déblairemblai Hemblai Déblai douce moyenne forte crienté	profondeur		To Branch
Terrain plat Replat sur flanc de coteau Terrain en pente Fossés Talus Puits	en fond de valiée en sommet de cotéau naturel déblairemblai Hemblai Déblai douce moyenne forte crienté		Taille	Situation
Terrain plat Replat sur flanc de coteau Terrain en pente Fossés Talus Puits	en fond de valiée en sommet de cotéau naturel déblairemblai Hemblai Déblai douce moyenne forte crienté	profonde ur Espèces	Taille	Age Constr

• Description du terrain:

SITUATION GEOGRAPHIQUE

GEOLOGIE

TOPOGRAPHIE

VEGETATION

- Protection contre les eaux
 - chéneaux
 - drainage
 - Trottoir périphérique
 - Évacuation des eaux



Fiche guide

Description du bâtiment

- Age, époque de construction
- Type de construction
 - Plain-pied
 - Un étage
 - Deux étages
 - Sous-sol
 - Dallage sur terre-plein
 - Plancher sur vide sanitaire
 - Dalle portée
 - Radier
- Type de fondation
 - Semelles filantes
 - Massifs isolés
 - Fondations profondes

Structure

- Murs extérieurs
- Refends
- Cloisons
- Plancher
- Plafond
- Charpente
- ■toiture
- chainages verticaux
- chainages horizontaux



Fiche guide

Description sommaire des désordres

- Historique d'apparition
 - Date,
 - Phénomène cyclique
- Relevé des désordres
 - forme
 - Position
 - Ouverture
 - Désaffleure
 - Poinçonnement des plafonds
 - Fermeture des huisseries

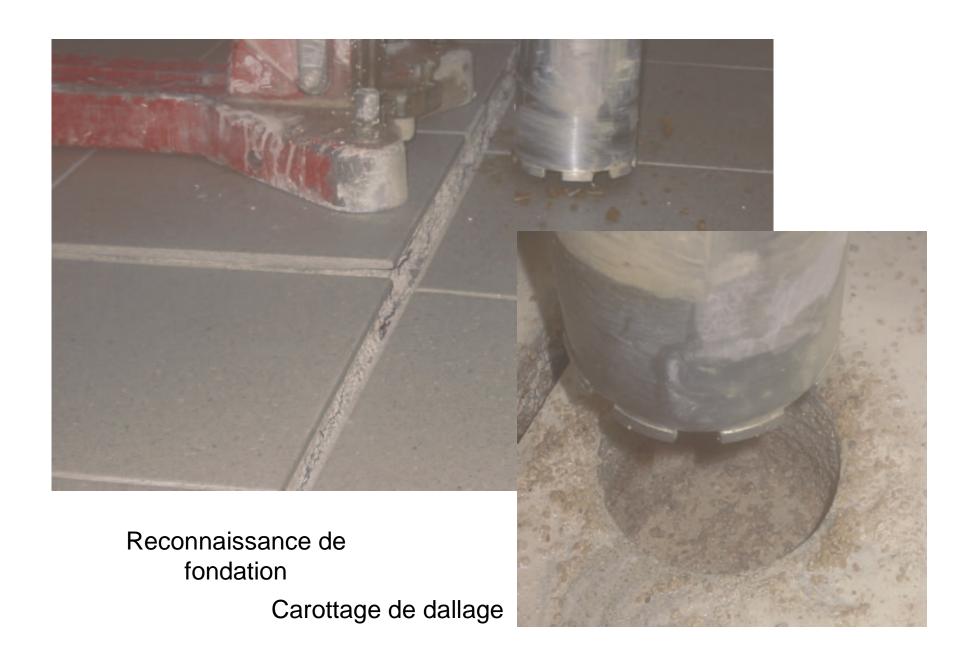




Reconnaissance de fondation



Sondage manuel



Méthodologie d'étude

investigations géotechniques

Prélèvement d'échantillon intact au carottier poinçonneur

Sondage destructif avec essais pressiométriques

Essais de pénétration dynamique

Essais au laboratoire:

- Granulométrie et sédimentométrie :proportion d'argile(C2:passant à 2 μm)
- Valeur au bleu VBs
- Limites d'Atterberg WL, WP, IP
- Teneur en eau W,
- Poids volumique du sol sec γd et degré de saturation Sr
- Essai de retrait linéaire RI, WRe
- Essai de gonflement à l'oedomètre: Cg, $\sigma'p$, $\sigma'g$,

Essais pressiométriques:

- Problème: mesure variable selon l'état hydrique du sol

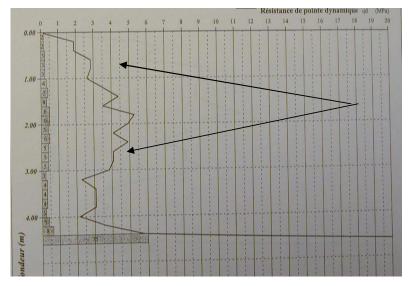
Ex: APT (argile de l'Oligocène)

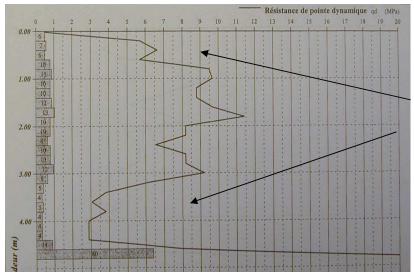
0	Essais en hiver:	Essais en été :
0m — 2,5m —	$3.4 \le E_{M} \le 9 \text{ MPa } (EM/PI* = 12)$ $0.26 \le PI* \le 0.8 \text{ MPa}$	6.8 ≤ E _M ≤ 16 MPa (EM/PI* =20)
prof	16 <u>≤</u> E _M <u>≤</u> 50 MPa 1.2 MPa <u><</u> PI*	18 ≤ E _M ≤ 60 MPa

- Permet de repérer la frange de sol surconsolidé, potentiellement desséché
- Permet de dimensionner la reprise en sous-œuvre (portance; micropieux :qs)

Essais in situ

Essai de pénétration dynamique: essai indicatif de l'état de dessiccation





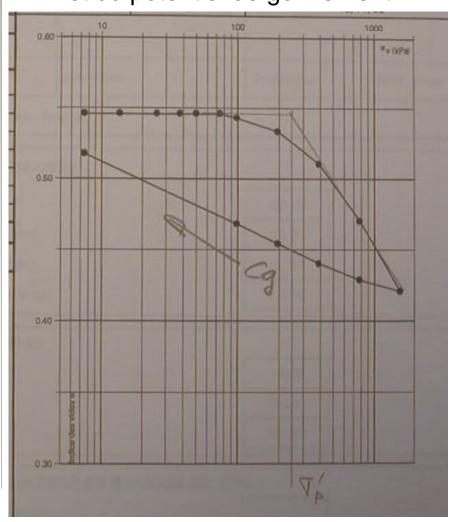
Faible dessiccation entre 1 et 3m

Forte dessiccation entre 0,5 et 3,5m



Essais de laboratoire

Essai oedométrique: essai indicatif de l'état de surconsolidation et du potentiel de gonflement



Risque	Cg
Certain	> 0,05
Très grand	0,04 - 0,05
Grand	0,03-0,04
Probable	> 0,02

Degré de saturation Sr:

Valeurs normales entre 50 et 70cm: Sr= 92 à 98%

➤ Dessiccation importante: Sr = 80%

ESSAI DE DESSICCATION SUR ECHANTILLON NON REMANIE (XP P 94-060-2) Nature: Argile, brune, 25.5 Facteur de retrait effectif RL: 0.615 W nat (%): 17.5 Limite de retrait effectif Wre (%): 17.3 W sat (%): 26.3 Nº dossier: 35EMO532B0P Sondage: SC1 S, (%): 97.1 0.696 pho (kg/m3): Date essai: 14/11/03 1961 de dessiccation (gonflement libre) ΔΗ/Η RETRAIT LINEAIRE Wsat WRe

Essais de laboratoire

Pente RI: facteur de retrait linéaire

 $\Delta H/H=RI \Delta W$

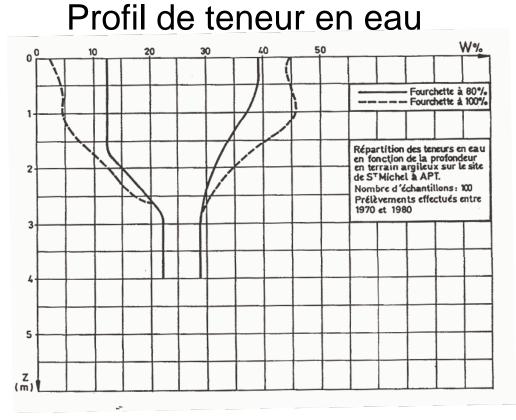
ΔHmax/H= RI (Wsat - WRe)

=0,615. (26,3 - 17,3)= 5,5% =0,615. 5 = 3%

Risque important si RI >0,3 et si (Wsat- WRe) > 10%

Essai de retrait linéaire sur échantillon intact





Variations constatées selon le lieu:

Région parisienne, Est : 1,5m-2m

Sud de la France : 3m

Tunisie: 5 à 7m



Etude statistique de la pathologie:

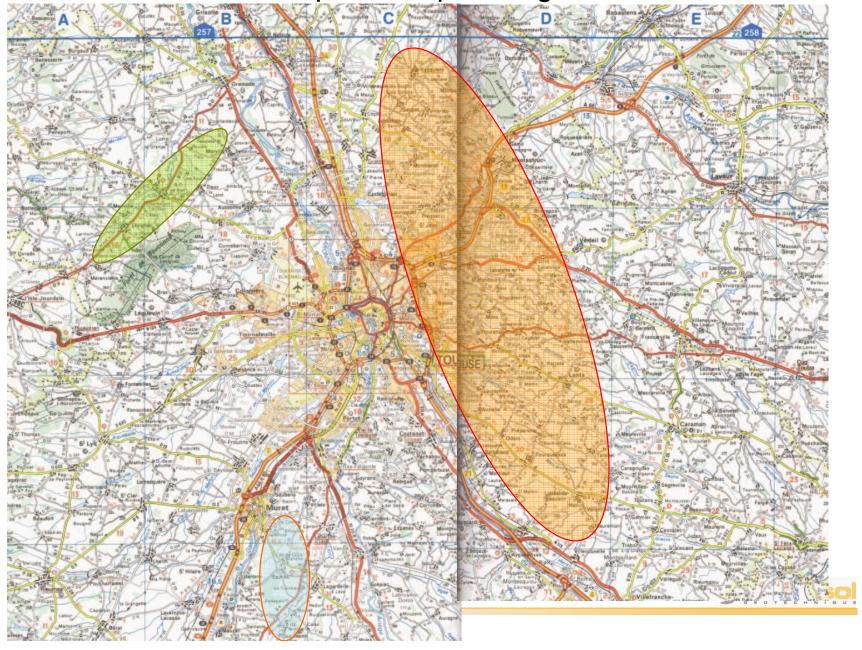
Etude statistique de la pathologie:

études menées par SORES sur maisons sinistrées (cadre CAT NAT) en Région Midi-Pyrénées :

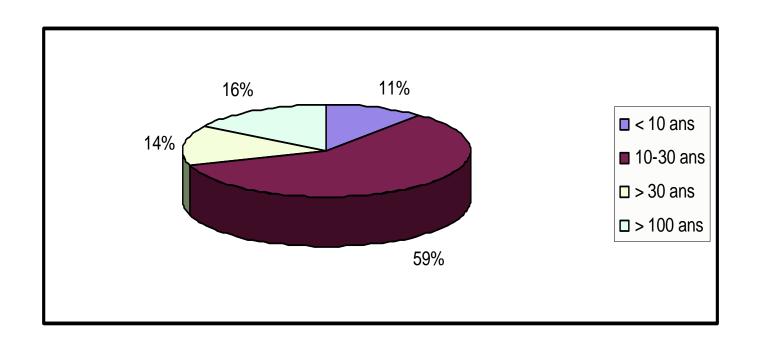
- >739 études de 1992 à 1996
- ≥389 études entre 1997 et 1999



Etude statistique de la pathologie de 1992 à 1996:

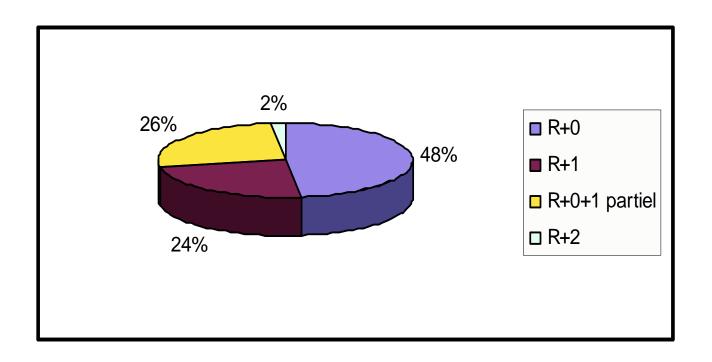


Région Midi-Pyrénées entre 1997 et 1999



Répartition de l'âge des constructions affectées



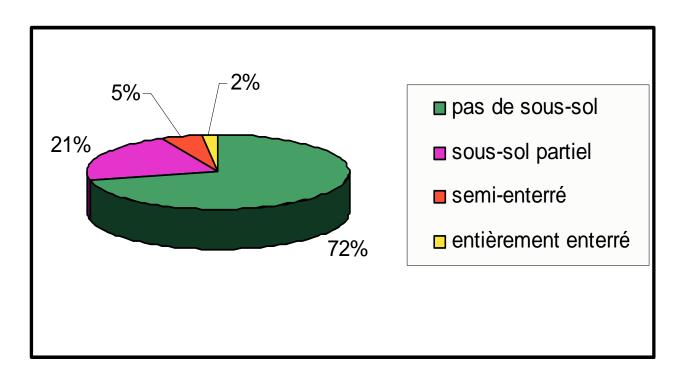


Types de bâtiments concernés par la pathologie:

- -Faibles contraintes au sol
- -Faible rigidité de la construction

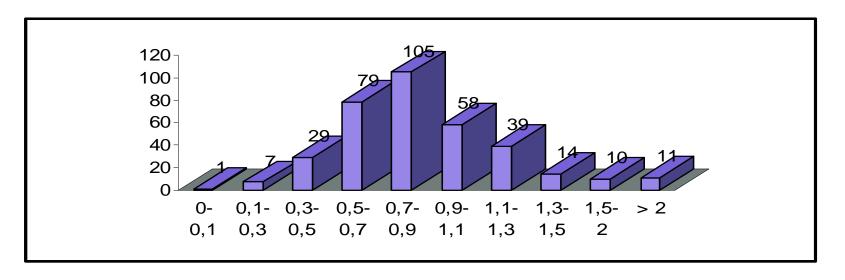


Région Midi-Pyrénées entre 1997 et 1999



Types de bâtiments concernés par la pathologie





Profondeur des fondations des maisons sinistrées:

■ 50%: entre 0,5 et 0,9m

■10%:< 0,5m: hors gel non respecté (malfaçon)

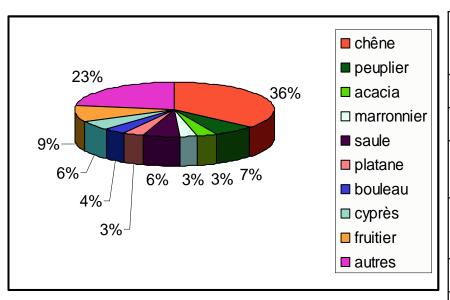
➤ Approfondissement graduel de la dessiccation:

•1989/1991: 0,8m

•2003: 1,3m



Région Midi-Pyrénées entre 1997 et 1999



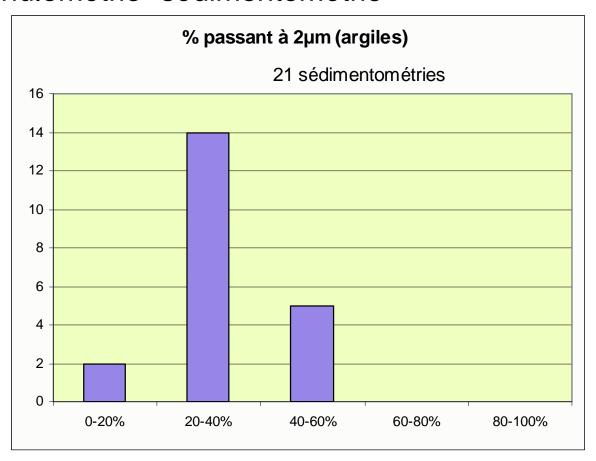
Espèce	Hauteur moyenne (m)	Distance des désordres	Coefficient d'agressivité
Chêne	20	30	5,5
Peuplier et frêne	18 à 25	20 à 30	2,7
Acacia,marronnier , tilleul, saule	20	20	1,4
Aubépine, hêtre, platane	10 à 25	15	1,0
Pommier, poirier	10	10	0,8
Cerisier, prunier, bouleau, cyprès, orne	10 à 20	10 à 20	0 4

Répartition des espèces végétales causes de pathologie

➤ L'ancrage doit être plus important en présence d'arbres



Granulométrie- sédimentométrie

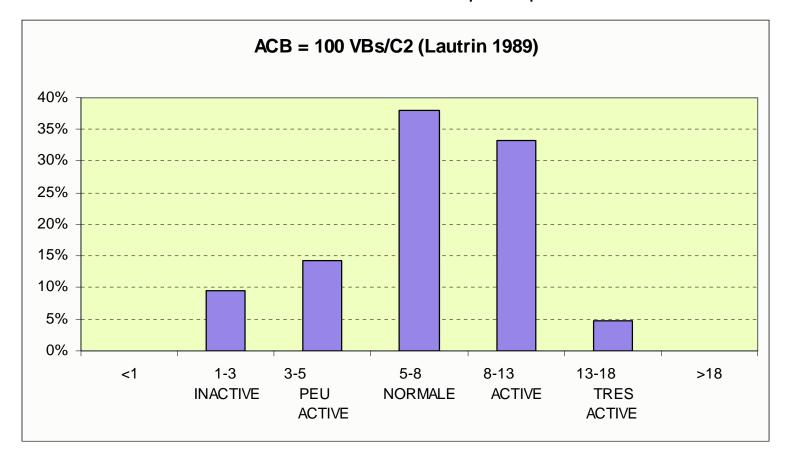


les sols molassiques sont essentiellement des limons argileux



Activité de l'argile:

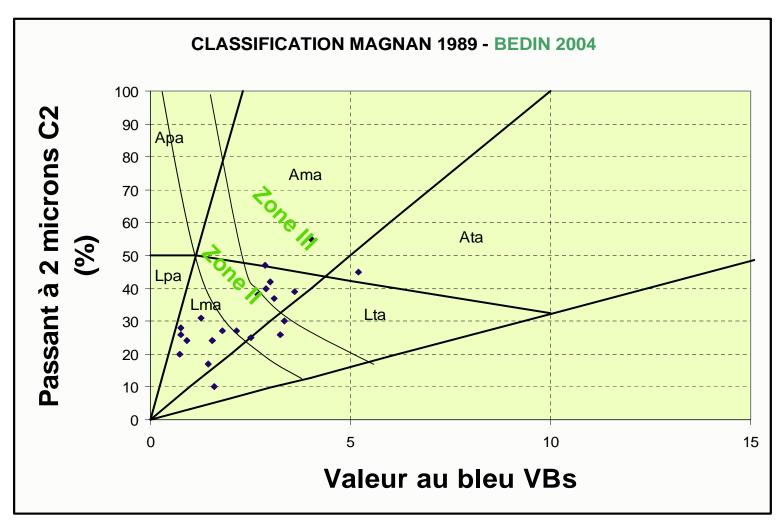
Valeur de bleu fonction de la surface spécifique



les sols molassiques sont essentiellement des argiles normales à actives



Région Midi-Pyrénées entre 1997 et 1999



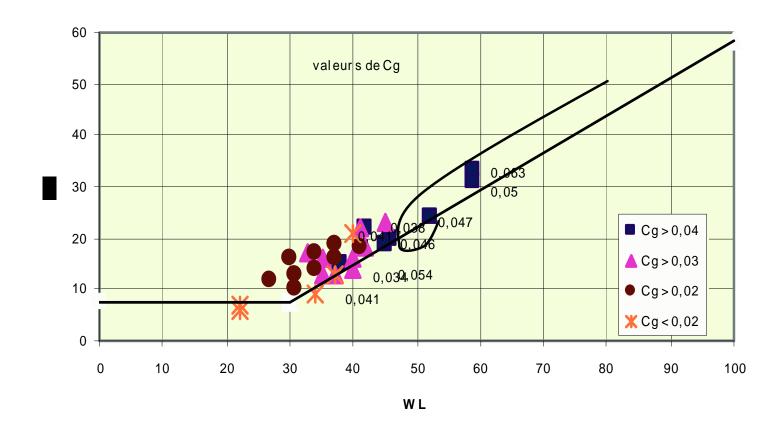
les sols molassiques sont essentiellement des limons argileux moyennement actifs



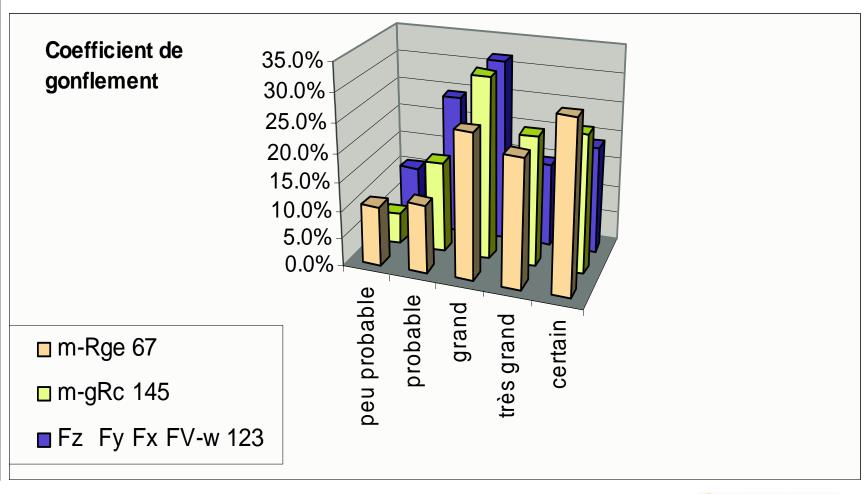
Région Midi-Pyrénées entre 1997 et 1999

Limites d'Atterberg

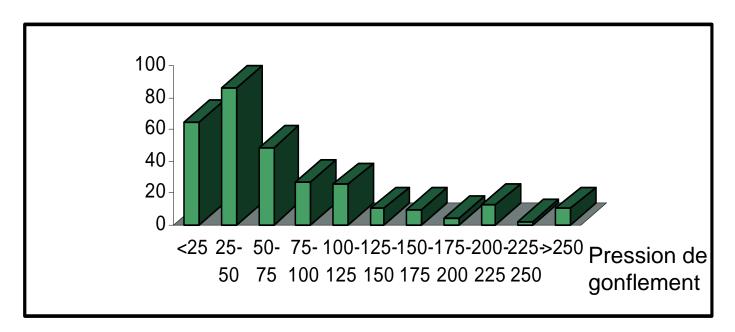
Diagramme de Casagrande









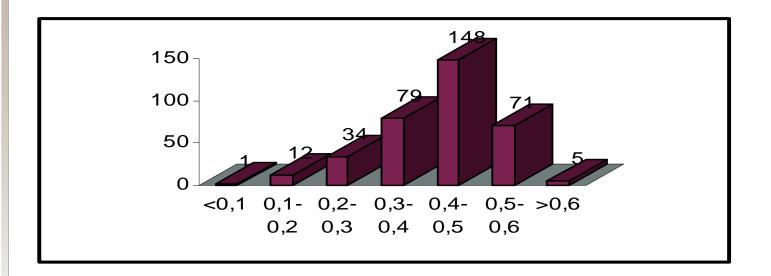


Sols molassiques:

Faible pression de gonflement:

➤Si Pg< q_{ELS}:Phénomène de retrait non réversible: oriente méthode de réparation



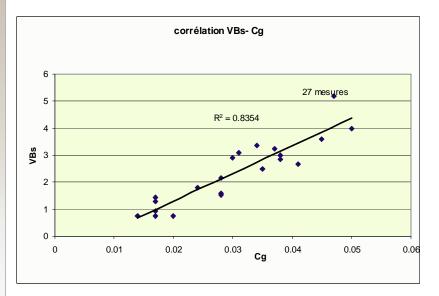


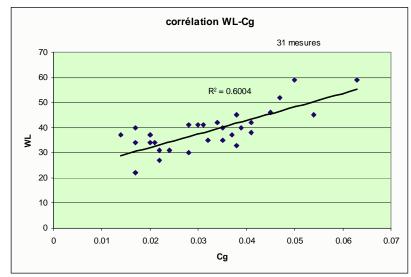
Retrait linéaire mesuré:

RI > 0,4: + de 60% des cas



Corrélations

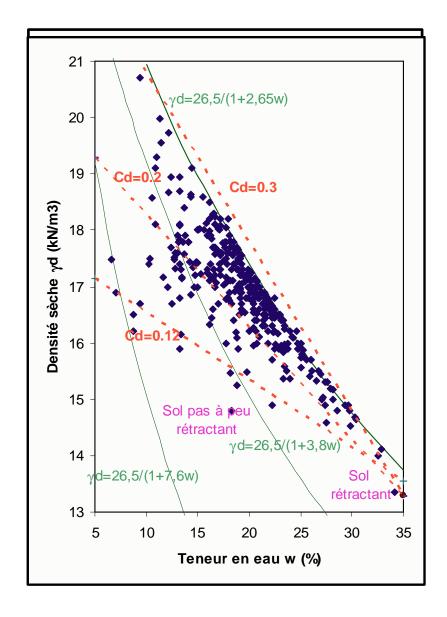




Corrélation VBs-Cg

Corrélation WL-Cg





Coefficient de dessiccation:

 $Cd = \Delta \gamma d / \Delta W$

sensibilité à la dessiccation:

Sols molassiques de la région toulousaine:

Cd> 0,2: sols sensibles à très sensibles

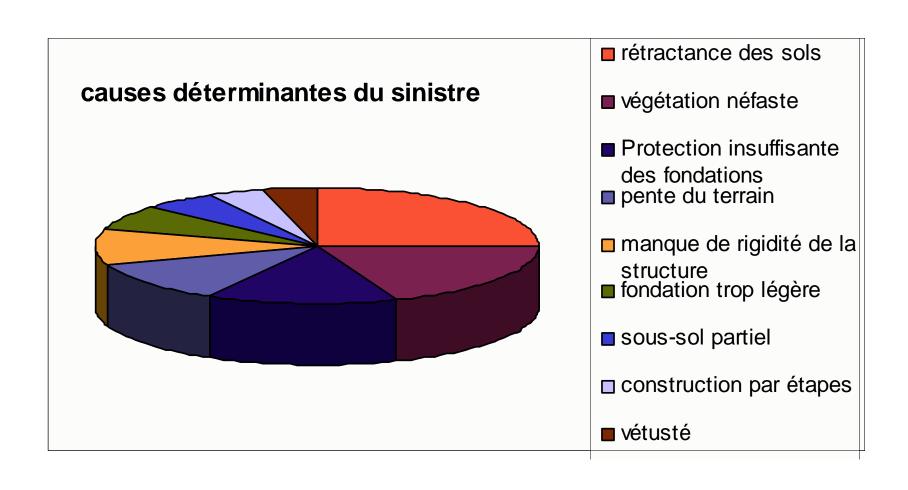
0,12 < Cd < 0,2: sols faiblement sensibles

Cd < 0,12 : sols non sensibles

Teneur en eau W- poids volumique sec γ d

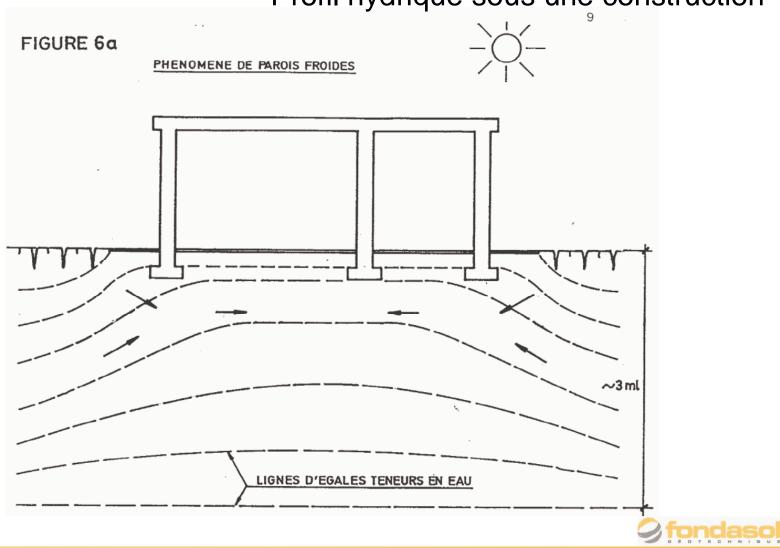


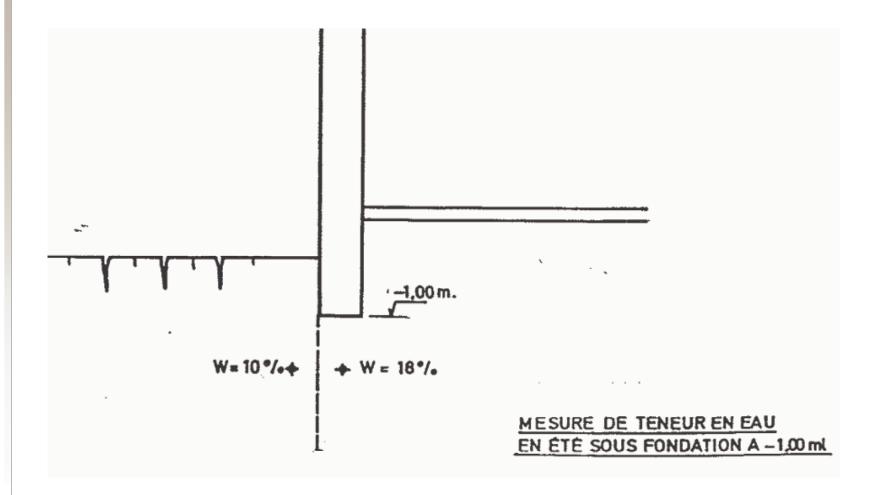
Récapitulatif étude de 389 cas pathologiques de 1997 à 1999 en région toulousaine



Mécanisme des désordres

Profil hydrique sous une construction







Profil hydrique sous une construction

Situation à moyen terme (5 à 7 ans):

- un maximum de gonflement au centre (mouvement lent et continu),
- un gonflement minimum dans les angles,
- un gonflement intermédiaire le long des murs

Mais en fonction de l'époque de construction, la situation peut être inverse:

-si construction en saison sèche:

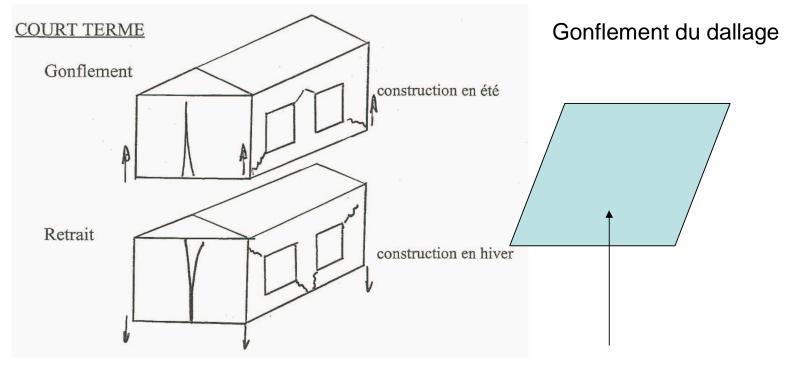
la périphérie gonflera au maximum (alors que le centre ne bougera pas)



Typologie des désordres

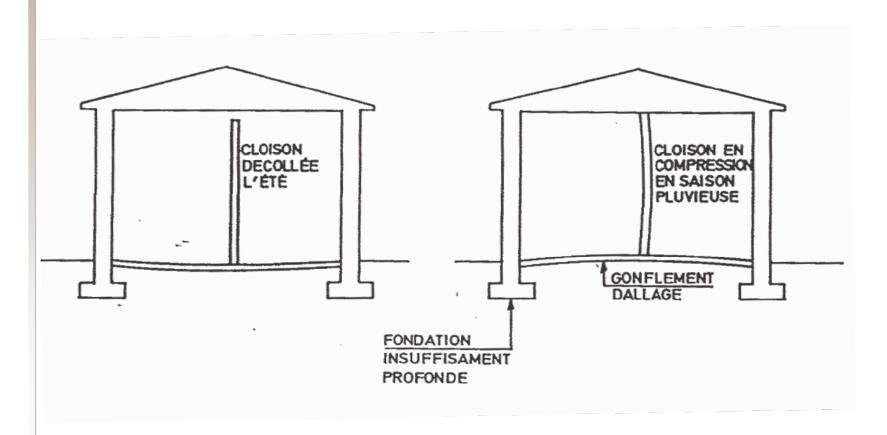
Court terme

long terme





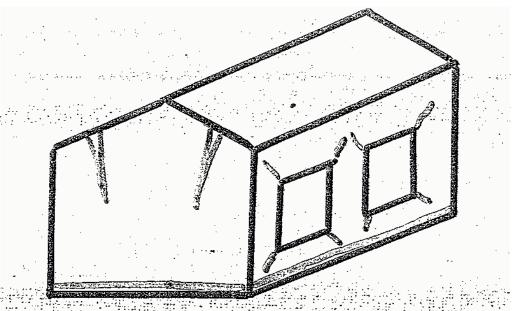
Effets du gonflement sous la maison

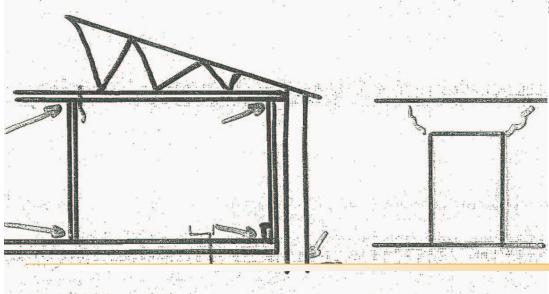




Typologie des désordres

Semelles filantes

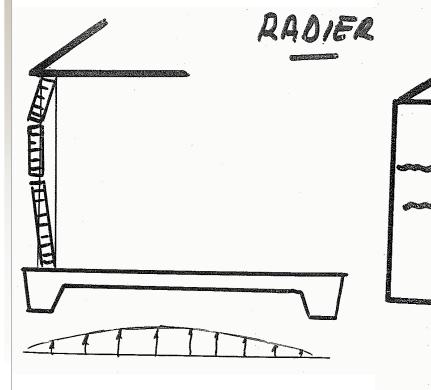


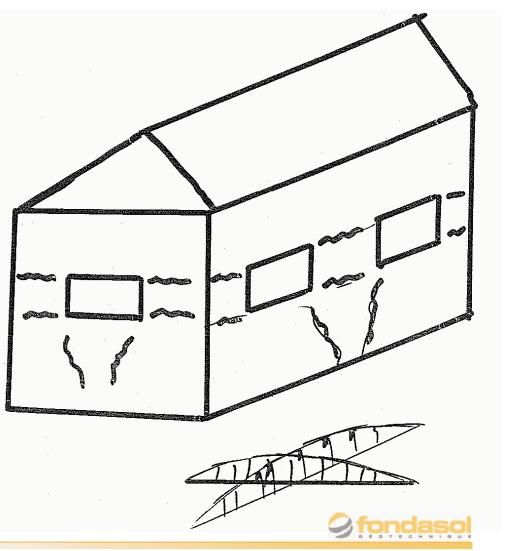




Typologie des désordres

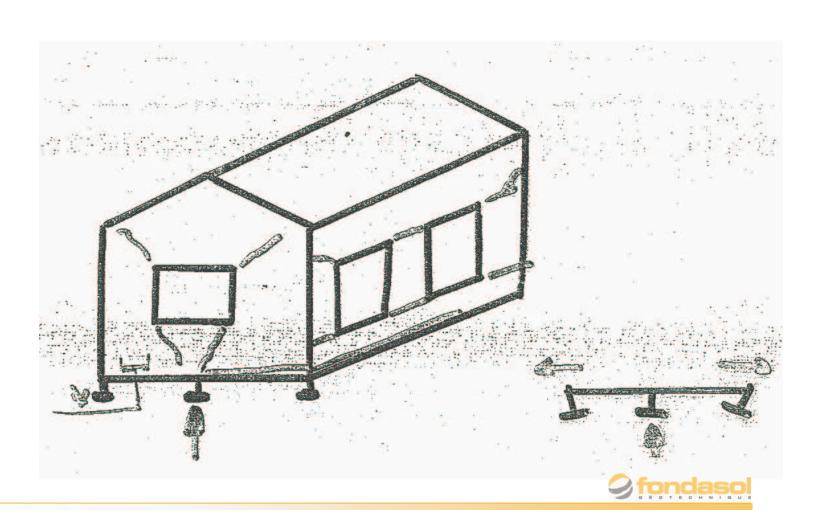
Radier



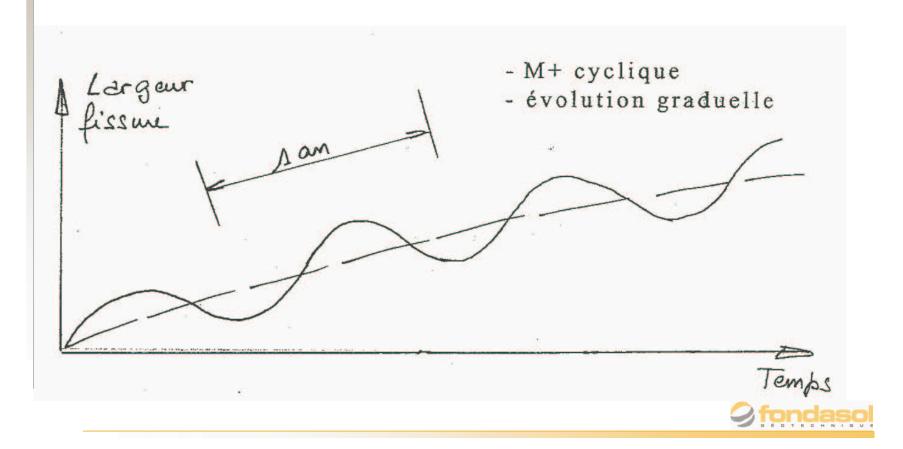


Typologie des désordres

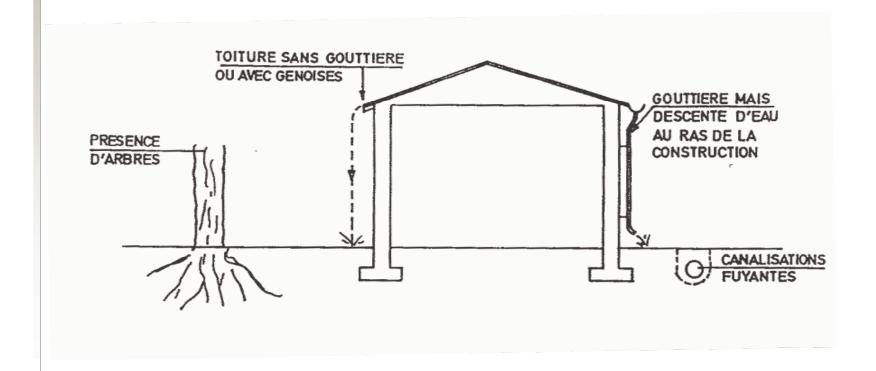
• Refends + vide sanitaire



• Evolution des fissures



Causes courantes d'aggravation des désordres





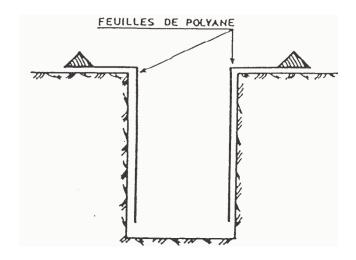
Méthodes de réparation

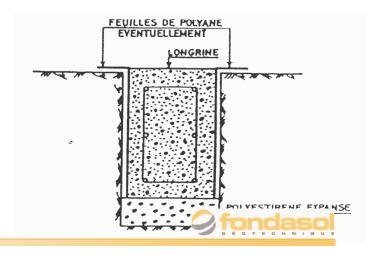
- Reporter les fondations dans une formation non sensible:
 - Reprise en sous-œuvre complète
- Eviter les variations de teneur en eau
 - Création de trottoirs étanches autour de la maison (Augmenter l'impact de la paroi froide autour de la maison)
 - Création d'un drainage périphérique au large des fondations
 - Ecarter les eaux d'infiltration
 - Eloigner les arbres de 1,5 à 2 fois leur hauteur
- Protéger les canalisations des effets du retraitgonflement: joints souples



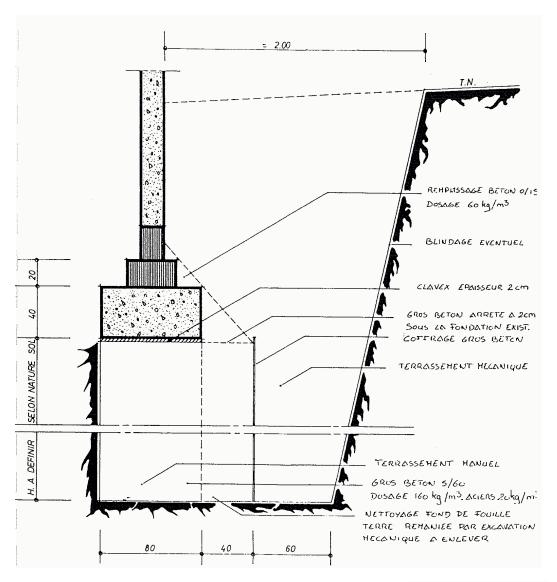
Reprise en sous-œuvre complète par plots alternés

- Coulage du béton immédiatement après l'ouverture des fouilles
- Fouilles à parois verticales pour limiter l'effet du gonflement (poussée verticale)
- Parfois, interposition d'un polyane pour limiter le frottement sur les parois
- Longrines coulées sur polystyrène expansé



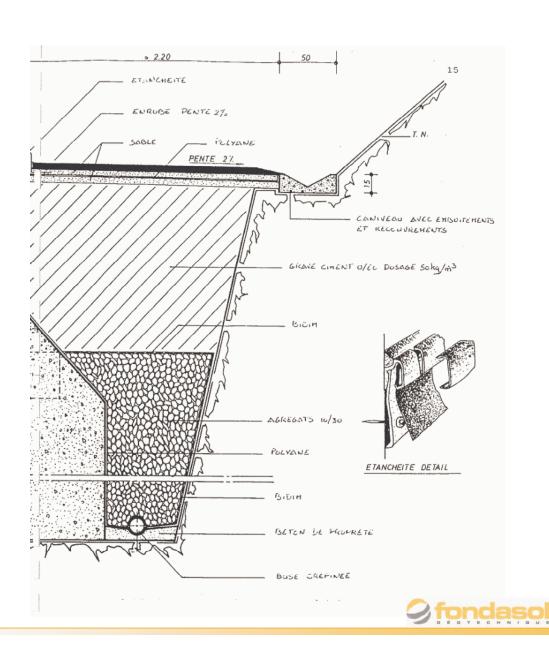


Plots alternés





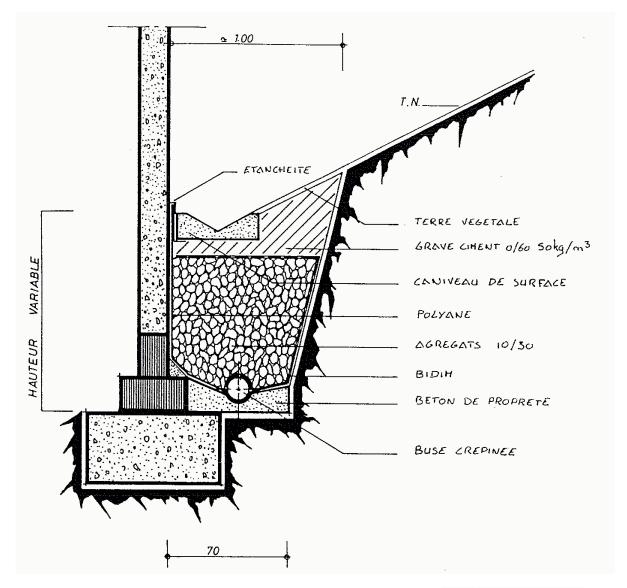
Drainage et étanchéité



Drainage et **≈** 1.20 étanchéité ETANCHEITE. ENROBE. SABLE POLYANE. CANIVEAU T. N. _ HAUTEUR VARIABLE POLYANE. GRAVE CIMENT 0/60 _50 kg lm³ AGREGATS 10/30 BIDIM BUSE CREPINEE BETON DE PROPRETE. 1.50



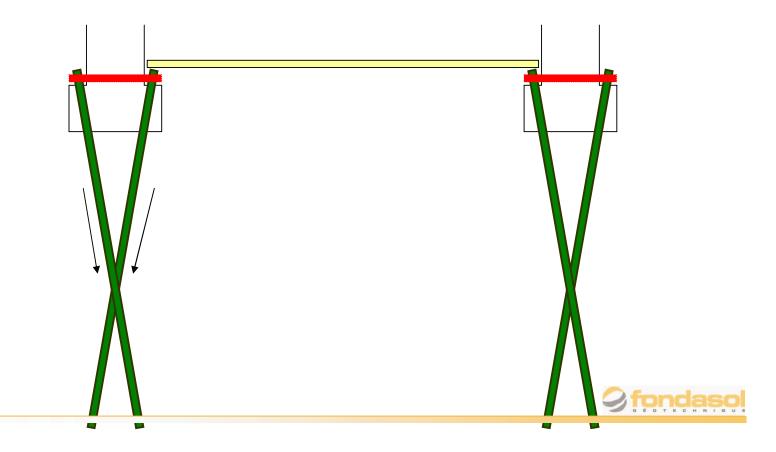
Drainage et étanchéité



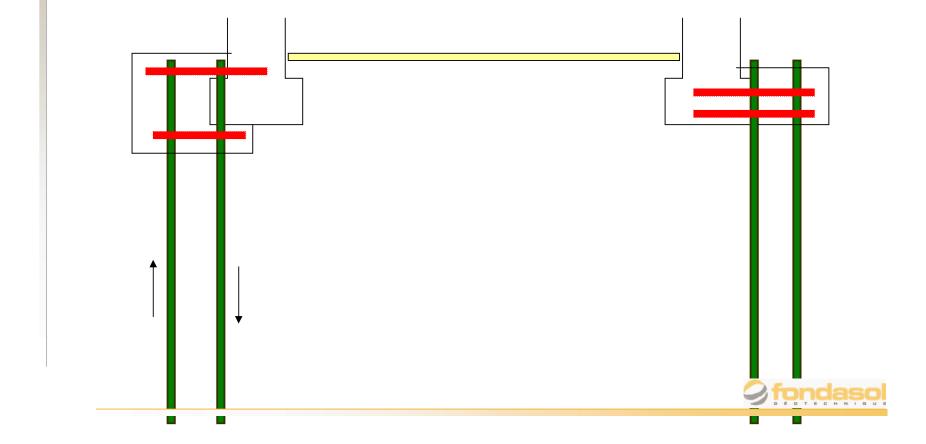


Micropieux Sol d'ancrage

Micropieux

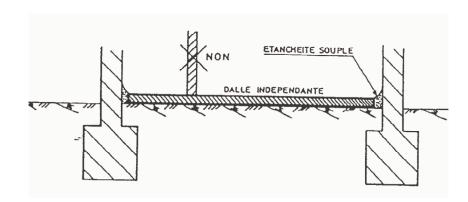


Micropieux



Dallages sur terre-plein à proscrire:

- Dalle flottante désolidarisée des murs:
 - Eviter les cloisons sur dalle ou
 - Laisser un jeu en partie haute (couvre-joint)
- Plancher portée sur vide sanitaire
 - Protection du sol du vide sanitaire par polyane





Désordres de seconde génération

- Mauvaise conception
 - Pas de neutralisation du frottement lié au gonflement sur les éléments de reprise
 - Pas de prise en compte du frottement parasite sur les éléments de reprise et les fondations existantes
 - Mauvaise liaison structure/ éléments de reprise
 - Reprise en sous-œuvre partielle
- Malfaçons



 Exemple de plot isolé, hors de l'emprise de la semelle

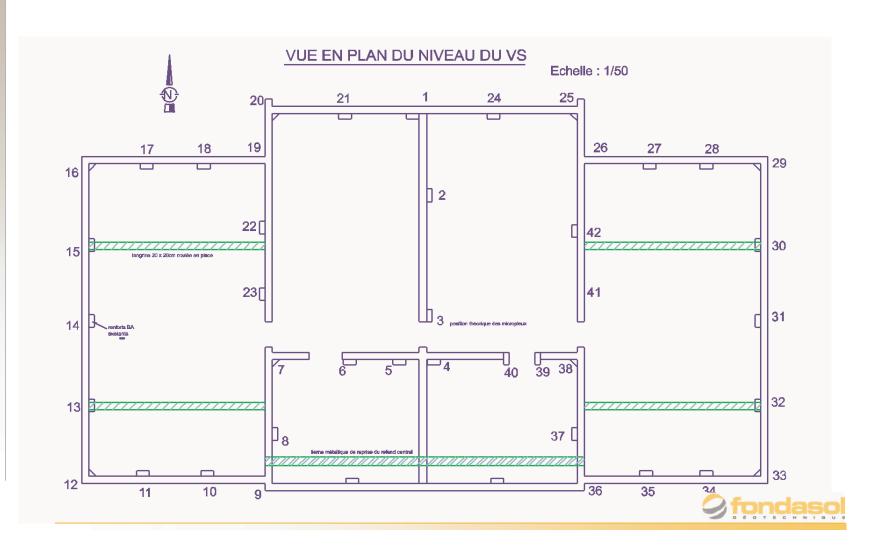


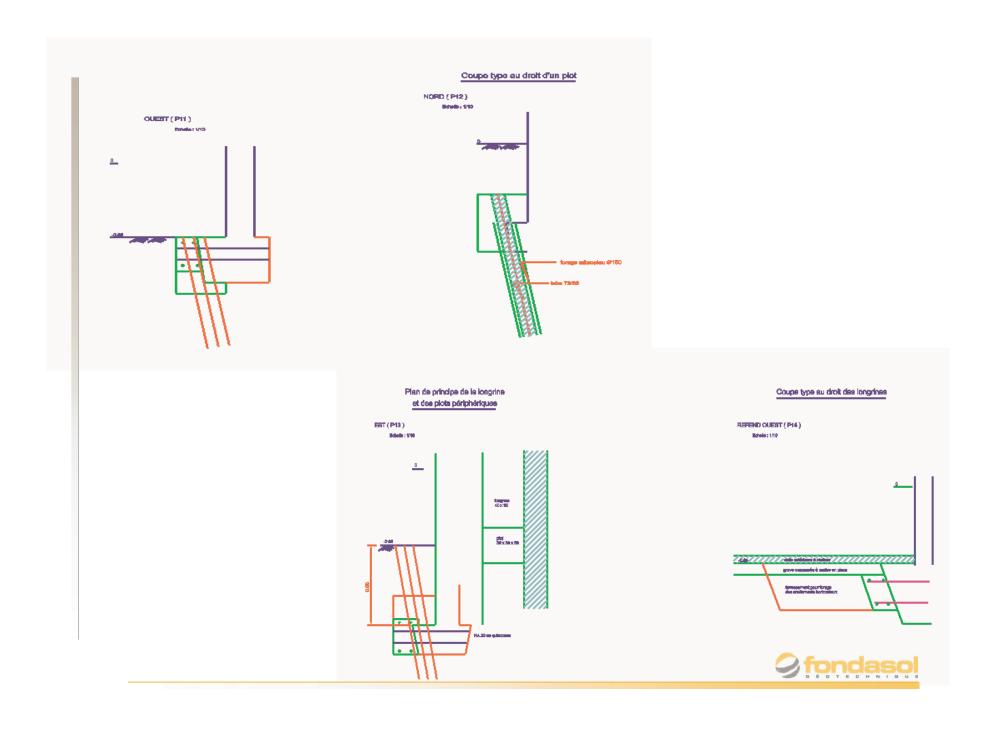
Exemple de reprise de désordre Maison sur micropieux

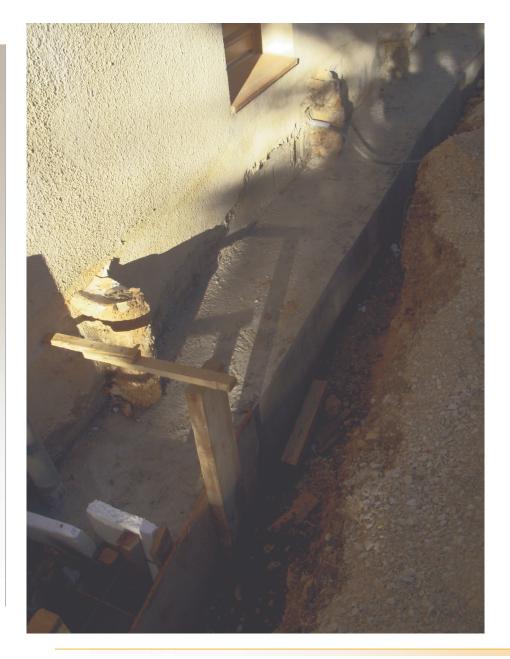












Réalisation d'une longrine solidarisant les micropieux à la maison

