



cfms

COMITÉ FRANÇAIS DE MÉCANIQUE
DES SOLS ET DE GÉOTECHNIQUE

RGA : Comprendre, Anticiper, Prévenir

JST DU 03/11/2025

IDENTIFICATION ET QUANTIFICATION

DU RETRAIT/GONFLEMENT DES ARGILES AU LABORATOIRE

Pierre Delage, ENPC



ÉCOLE NATIONALE DES
PONTS
ET CHAUSSEES

 **IP PARIS**

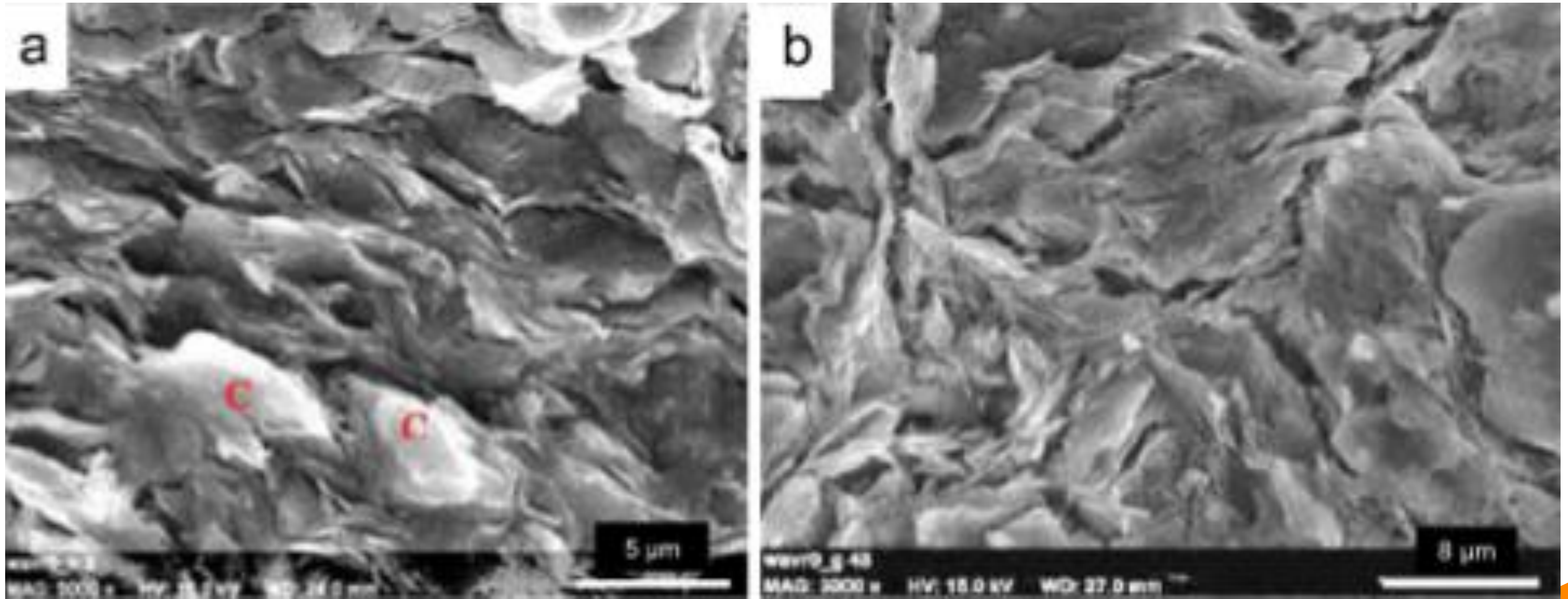
Gonflement/rétraction des sols argileux

A partir de l'état initial, c'est la rétraction qui se manifeste d'abord aux premières grandes sécheresses
Des pavillons (1930) longtemps stables ont fini par subir des dommages

Le gonflement intervient en fin de sécheresse sous apport d'eau dus :

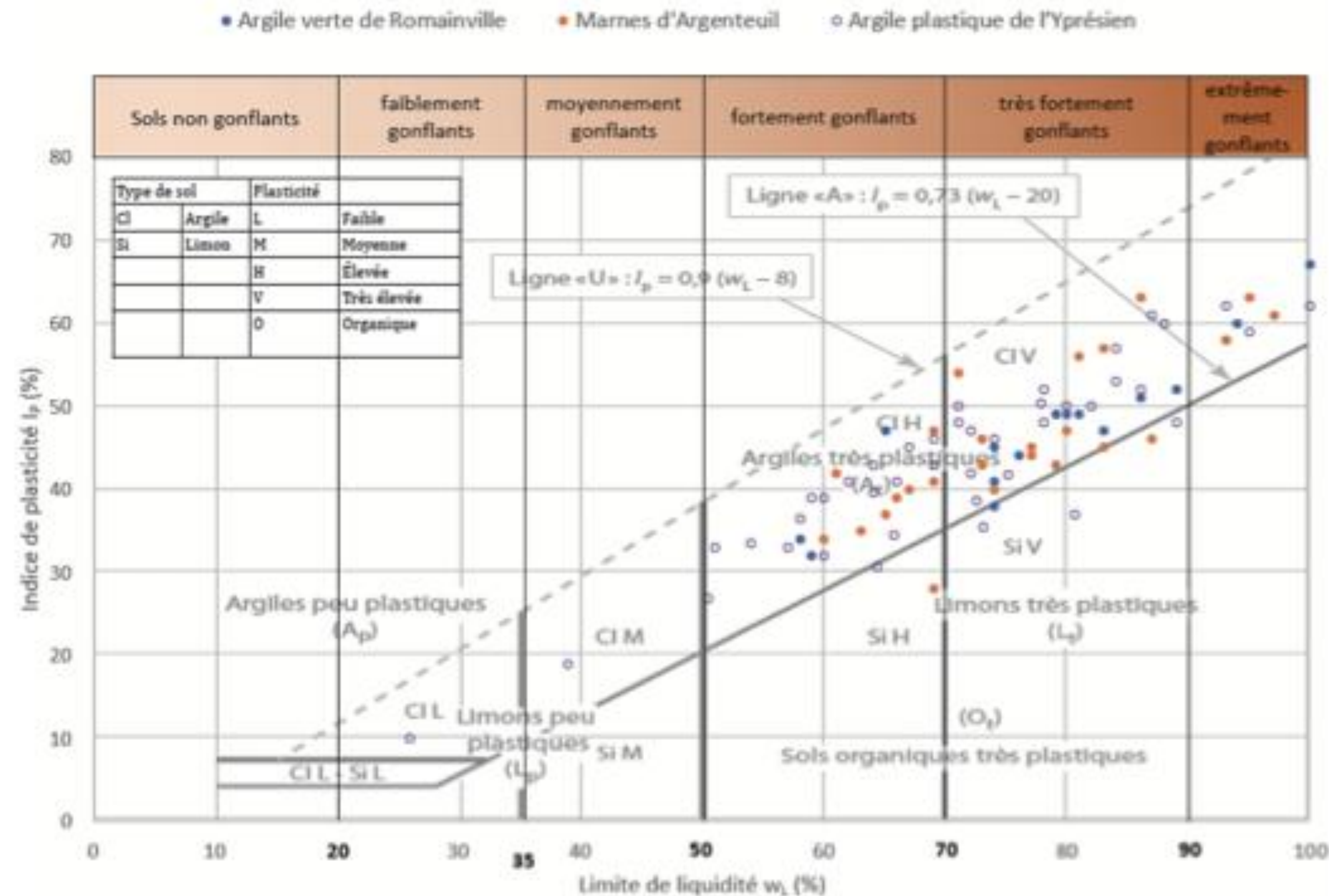
- A la pluie
- Aux infiltrations depuis la nappe

Gonflement/ - Argile verte de Romainville



Les sols gonflants sont plastiques, souvent surconsolidés

Exemples en région parisienne



Recommandations CFMS Sols gonflants – infrastructures profondes

RGA : COMPRENDRE, ANTICIPER, PRÉVENIR – JST DU 03/11/2025
IDENTIFICATION ET QUANTIFICATION DU RETRAIT GONFLEMENT DES ARGILES
AU LABORATOIRE – P. DELAGE

Carte des aléas RGA – BRGM (Essonne)

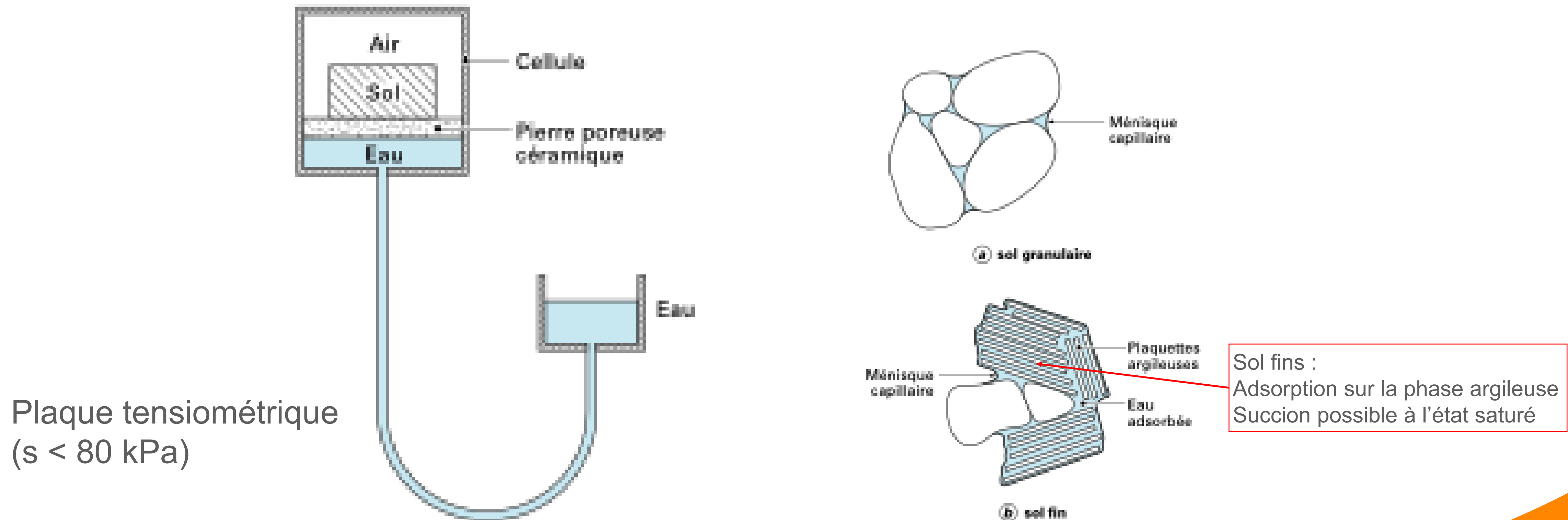
N° ordre	Notation	Nom de la formation lithologique	Note lithologique	Note minéralogique	Note géotechnique	Note finale	Degré de susceptibilité
1	C/g1SF	Colluvions sur Sables de Fontainebleau	2	-	2	2,00	Faible
2	CF	Colluvions de versants et de fonds de vallons	2	-	3	2,50	Moyen
3	CE	Colluvions polygéniques	3	-	3	3,00	Moyen
4	LP	Limons des plateaux	2	2	2	2,00	Faible
5	Rfv/g1CB	Argiles à meulière de Brie	3	3	3	3,00	Moyen
6	p-IVMM	Argiles à meulière de Montmorency	3	2	3	2,67	Moyen
7	T	Dépôts tourbeux	3	-	2	2,50	Moyen
8	Fz	Alluvions récentes	2	1	2	1,67	Faible
9	Fv-w-x-y	Alluvions anciennes	1	1	1	1,00	Faible
10	PL	Sable de Lozère	2	2	3	2,33	Moyen
11	m1MG	Molasse du Gâtinais	3	3	3	3,00	Moyen
12	g1MH	Marnes à huîtres	4	3	3	3,33	Fort
13	g1CB	Calcaire de Brie et Argiles à meulière de Brie	2	2	2	2,00	Faible
14	g1AR	Glaises à Cyrènes et Argile verte de Romainville	4	4	4	4,00	Fort
15	e7MC	Marnes ludiennes (faciès de transition)	4	3	3	3,33	Fort
16	e7MS	Marnes supragypseuses	4	3	3	3,33	Fort
17	e7G	Marnes associées aux masses du gypse et Calcaire de Champigny	2	3	3	2,67	Moyen
18	e4SG	Sables et grès de Breuillet	3	2	3	2,67	Moyen
19	e4APS	Argile plastique et argiles sableuses de l'Yprésien	4	4	4	4,00	Fort
20	e2CrBE	Marnes de Meudon	1	3	2	2,00	Faible
21	RC	Argile à silex et craie blanche à silex	3	3	3	3,00	Moyen

Actualisation de la carte de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux dans le département de l'Essonne

RGA : COMPRENDRE, ANTICIPER, PRÉVENIR – JST DU 03/11/2025
IDENTIFICATION ET QUANTIFICATION DU RETRAIT GONFLEMENT DES ARGILES
AU LABORATOIRE – P. DELAGE

La succion dans les sols argileux - 1

Courbe de rétention d'eau : variation de w ou S_r / « pression négative – succion »

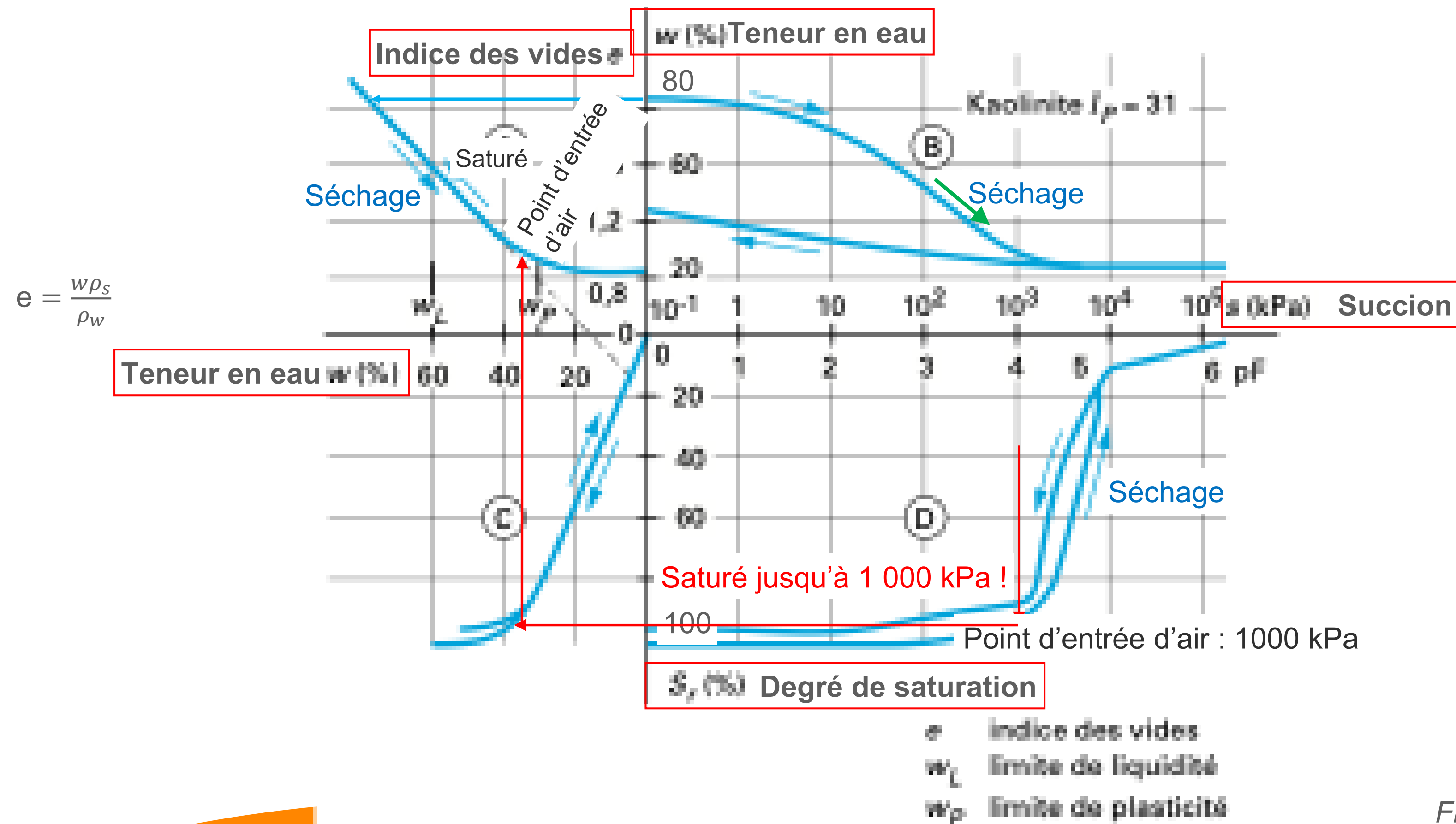


Delage & Cui 2000

La succion dans les sols argileux – 2

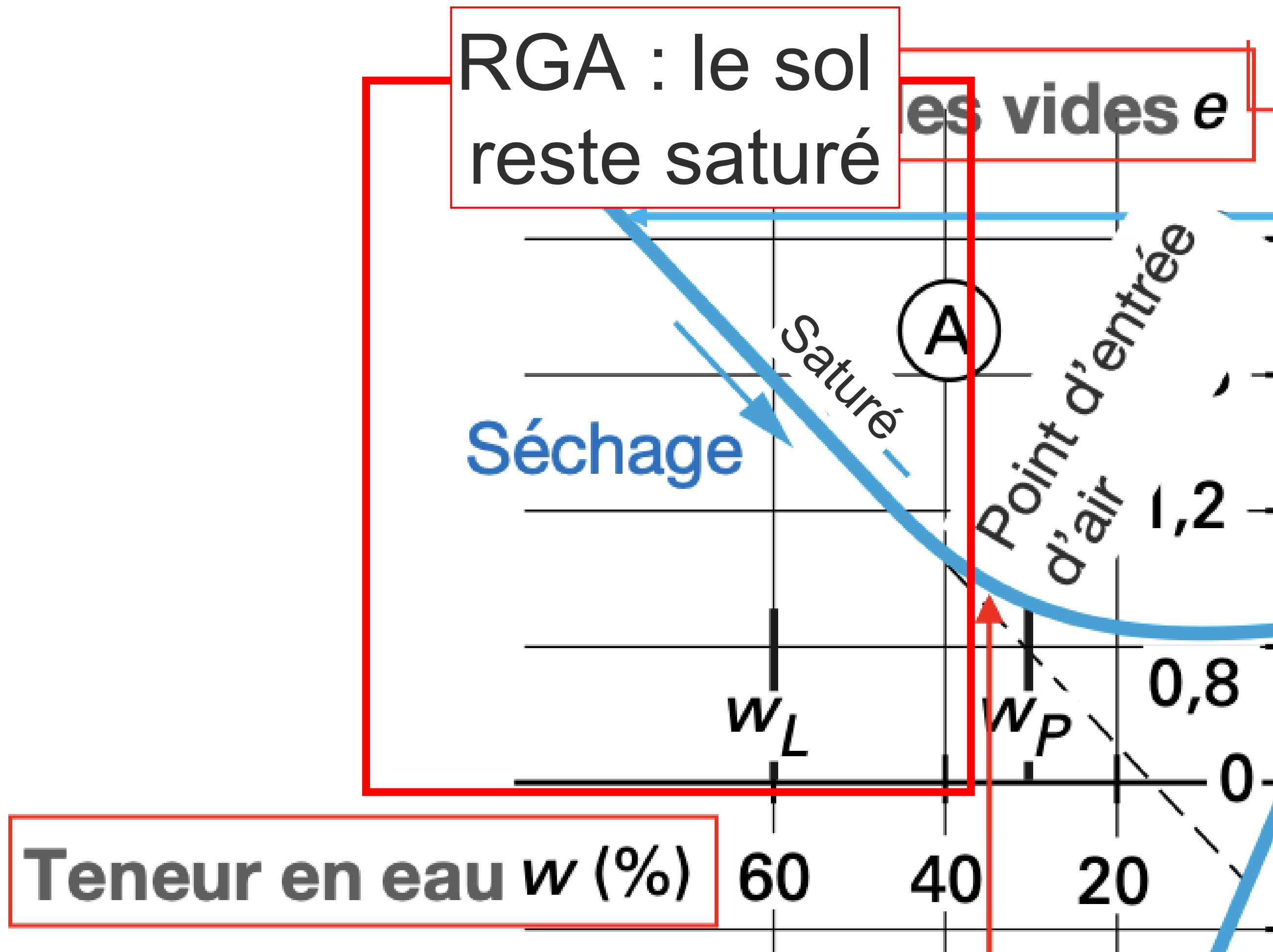
Kaolinite remaniée

Courbe de rétention d'eau : variation de w ou S_r / « pression négative – succion »

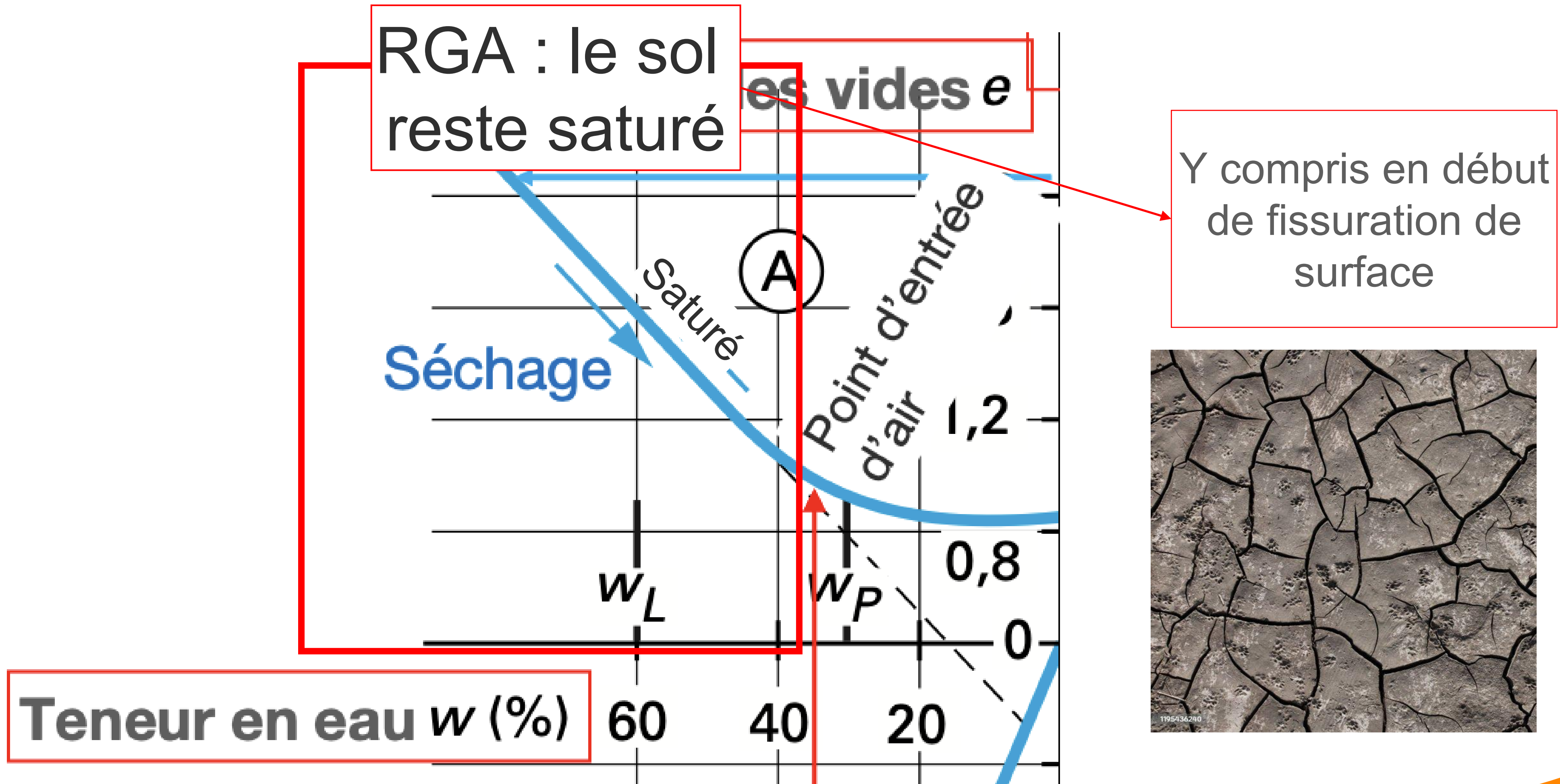


Fleureau et al. 1993

Rétraction

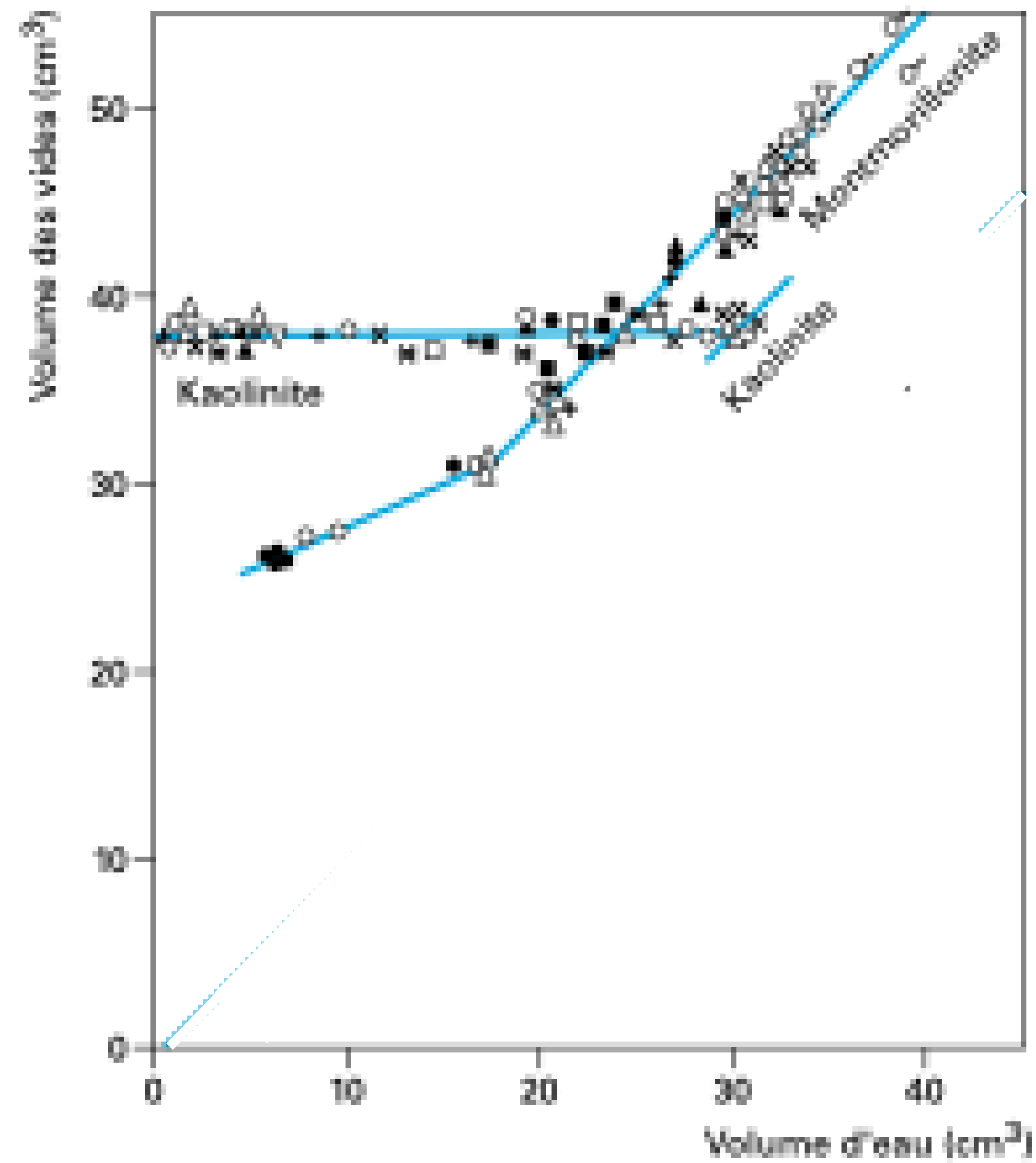


Rétraction - 1



Rétraction – 2

un sol plus plastique se rétracte davantage



Extraction soigneuse d'une éprouvette intacte (carottage ou prélèvement en bloc)

Il n'y a (idéalement) pas de relâchement de contrainte effective
Skempton & Sowa (1963), Delage et al. (2007)

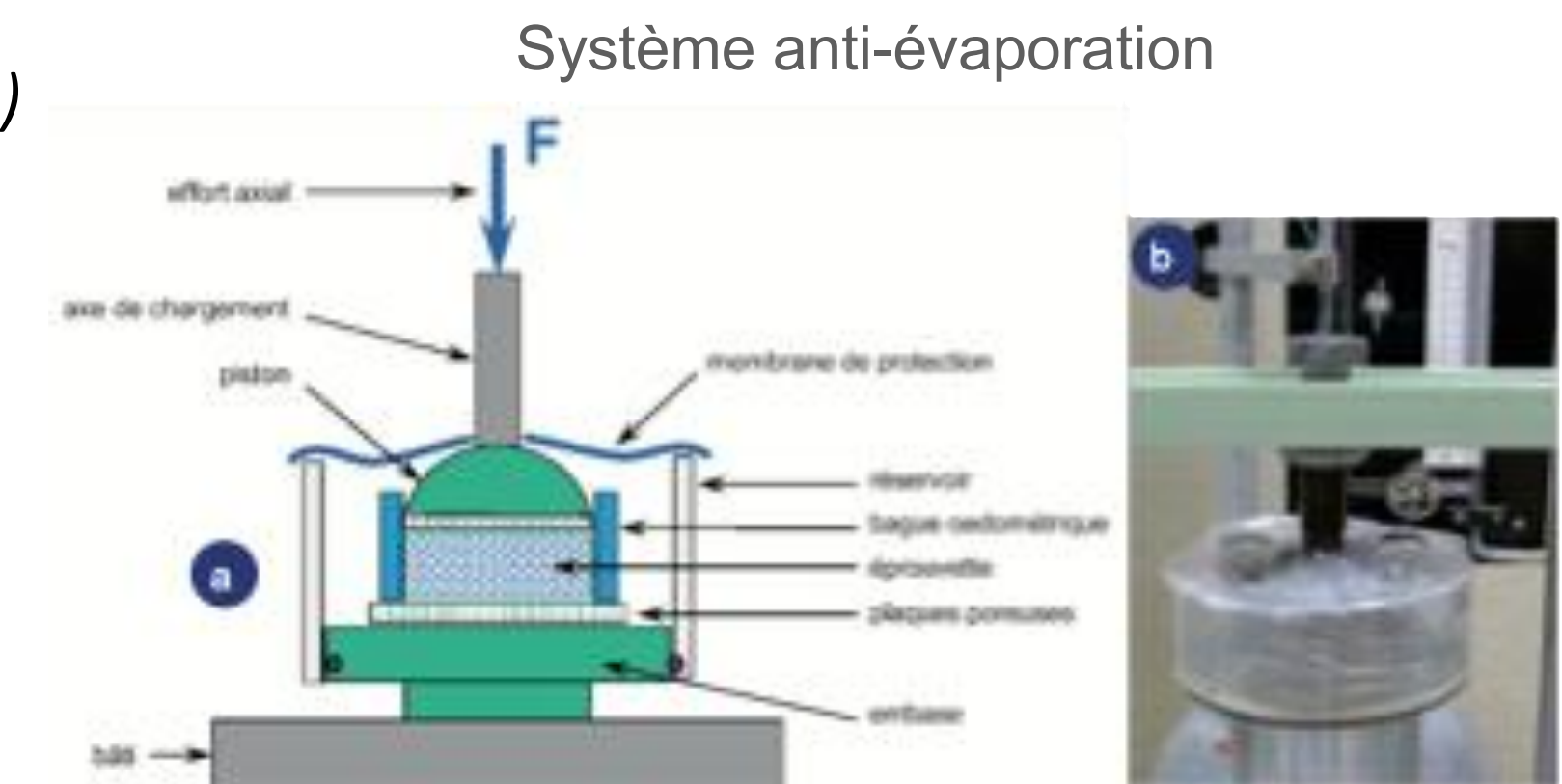
- On prélève sans apport d'eau
- L'eau interstitielle se met sous une tension proche de la contrainte effective relâchée
- L'éprouvette ne peut gonfler
- Elle reste saturée
- **Elle se retrouve dans un état de succion**

Eviter toute évaporation après extraction (isoler l'éprouvette de l'atmosphère dès que possible)

Précautions à prendre pour les essais œdométriques

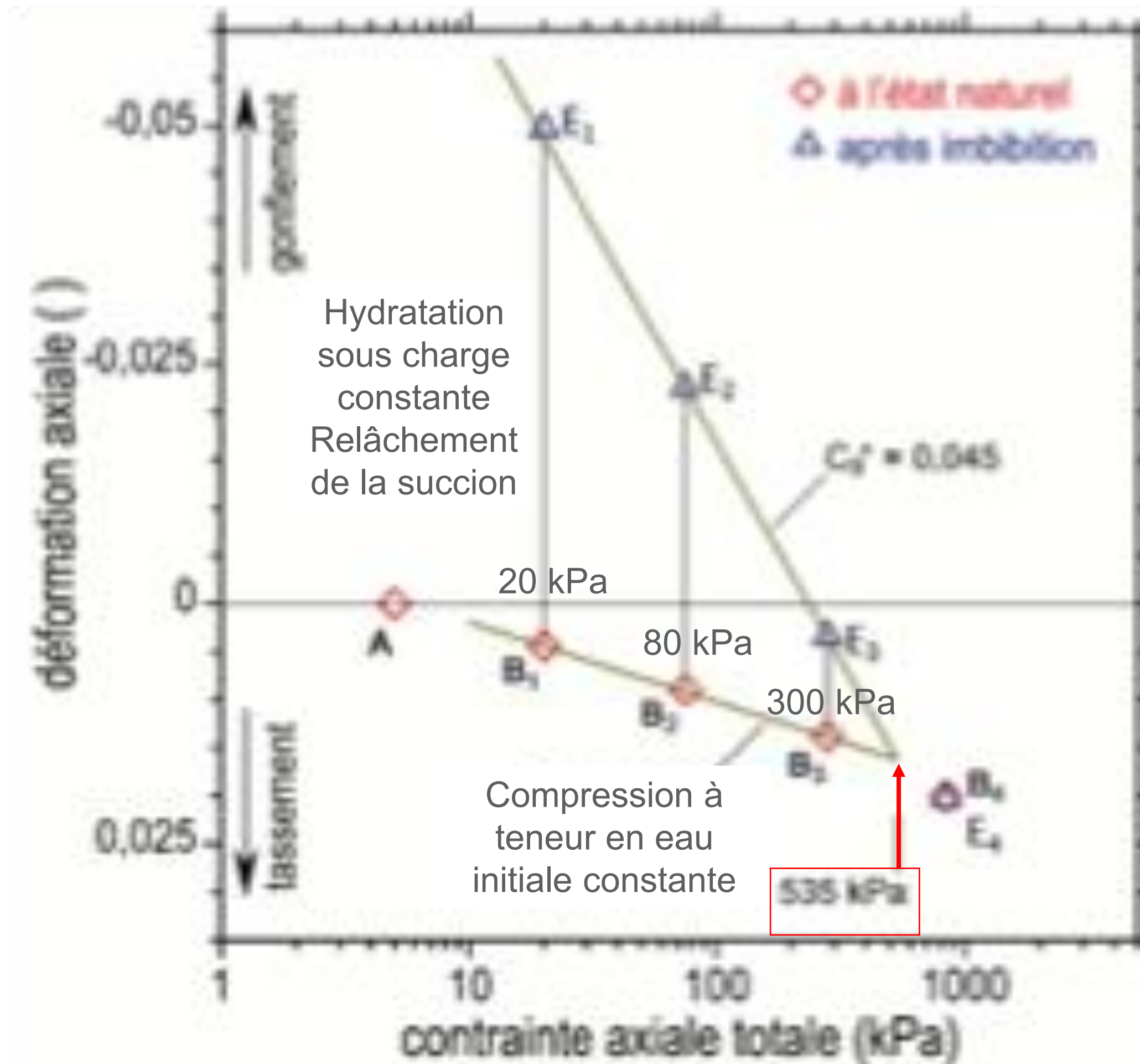
- Garder les pierres poreuses sèches
- Placer l'échantillon
- Se protéger de l'évaporation
- Ne saturer qu'en connaissance de cause
 - Saturation en dessous de la contrainte effective en place : gonflement
 - Saturation au-dessus de la contrainte effective en place : tassement

Plus de détails dans *Recommandations CFMS Sols gonflants – infrastructures profondes*



Essais de gonflement en parallèle (XP P94-091)

Argile de l'Yprésien



Recommandations CFMS Sols gonflants – infrastructures profondes



ÉCOLE NATIONALE DES
PONTS
ET CHAUSSÉES

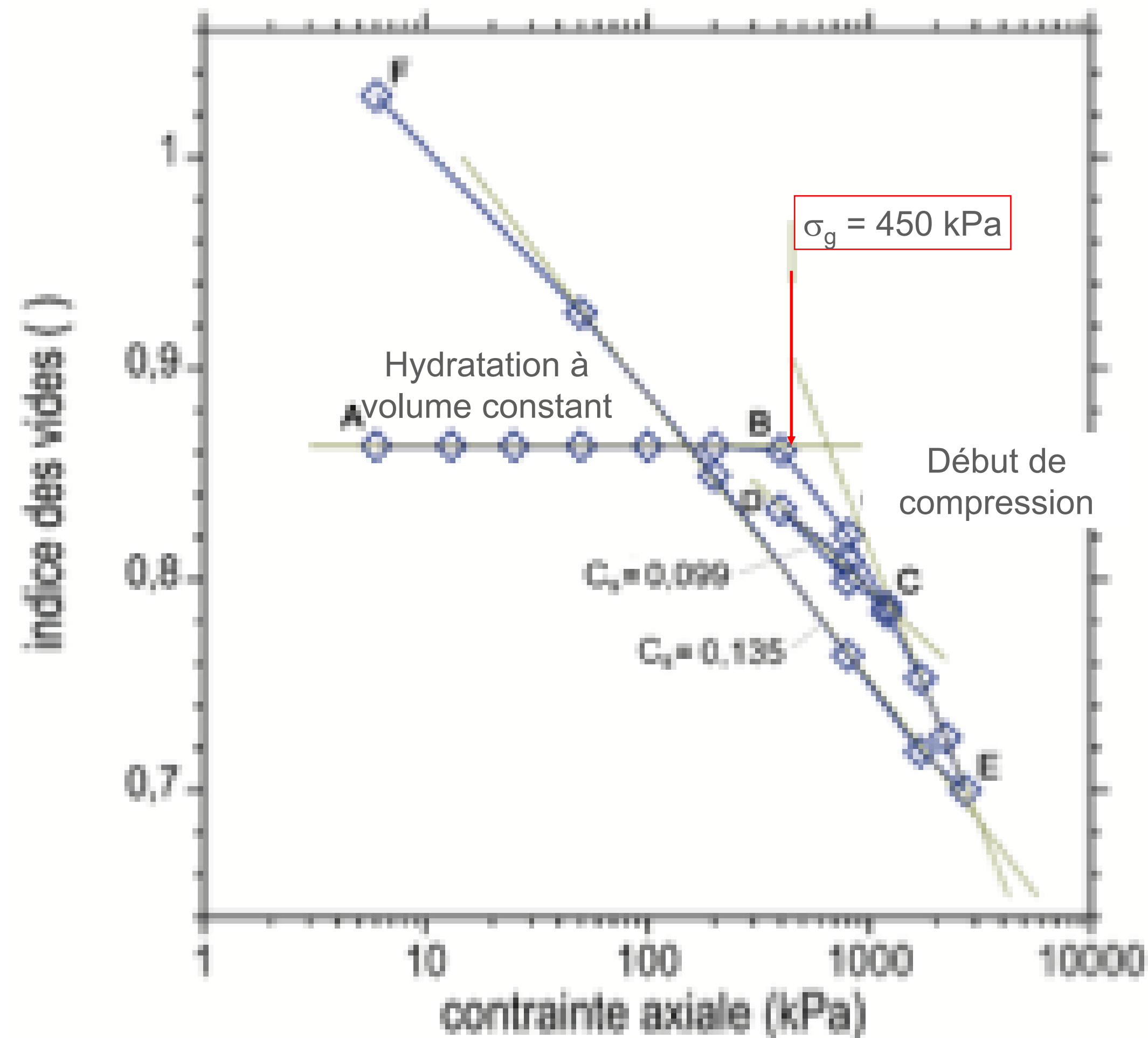


RGA : COMPRENDRE, ANTICIPER, PRÉVENIR – JST DU 03/11/2025
IDENTIFICATION ET QUANTIFICATION DU RETRAIT GONFLEMENT DES ARGILES
AU LABORATOIRE – P. DELAGE



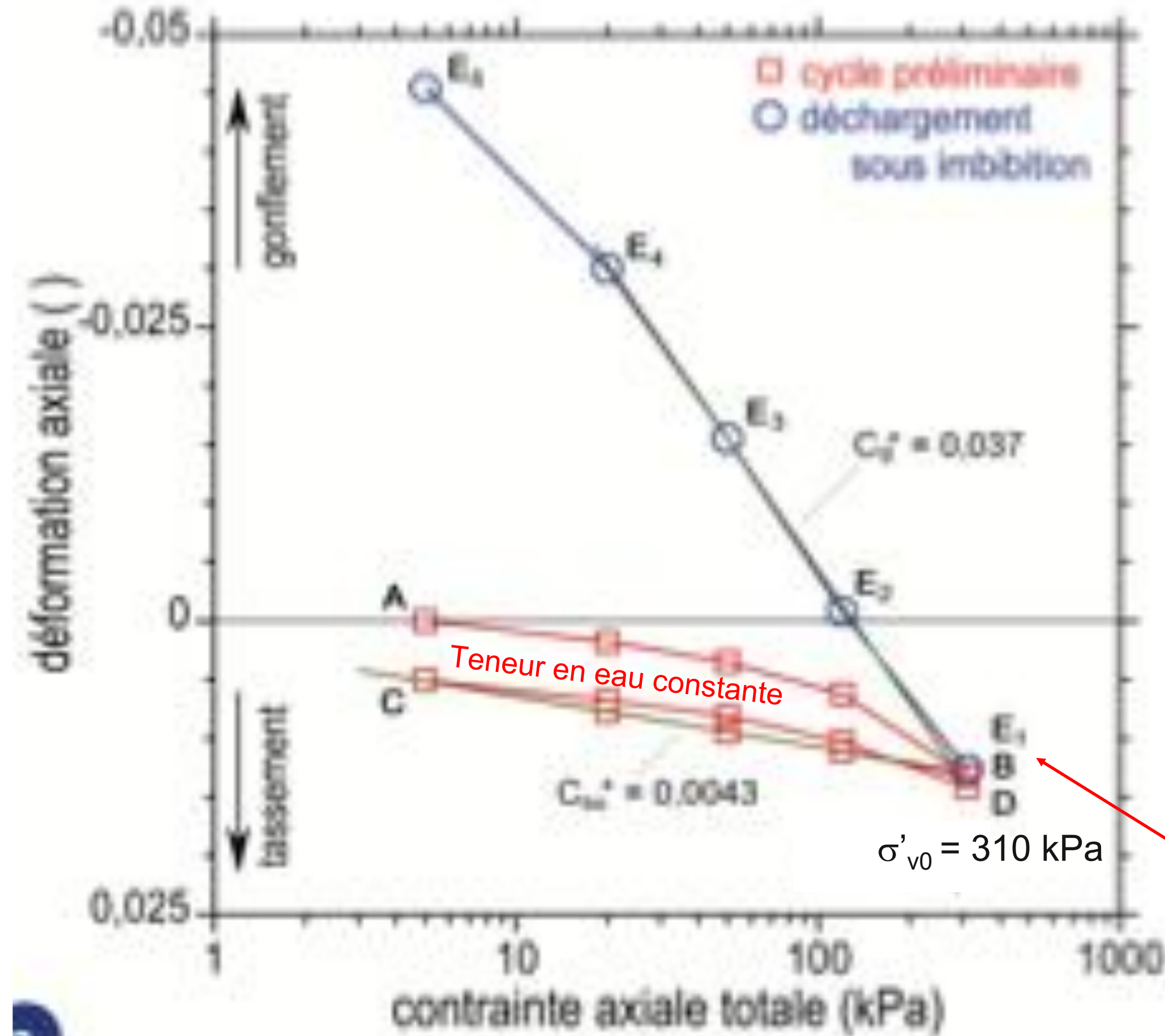
Essais de gonflement à volume constant

Argile de l'Yprésien



Recommandations CFMS Sols gonflants – infrastructures profondes

Essais de gonflement par paliers successifs Marne d'Argenteuil



Cycle A B C
 B : contrainte effective en place $\sigma'_{v0} = 310$ kPa
 Teneur en eau constante
 Réduction des perturbations du prélèvement

E₁
 Hydratation sous contrainte en place (pas de gonflement)
 E₂ à E₅ : déchargement drainé

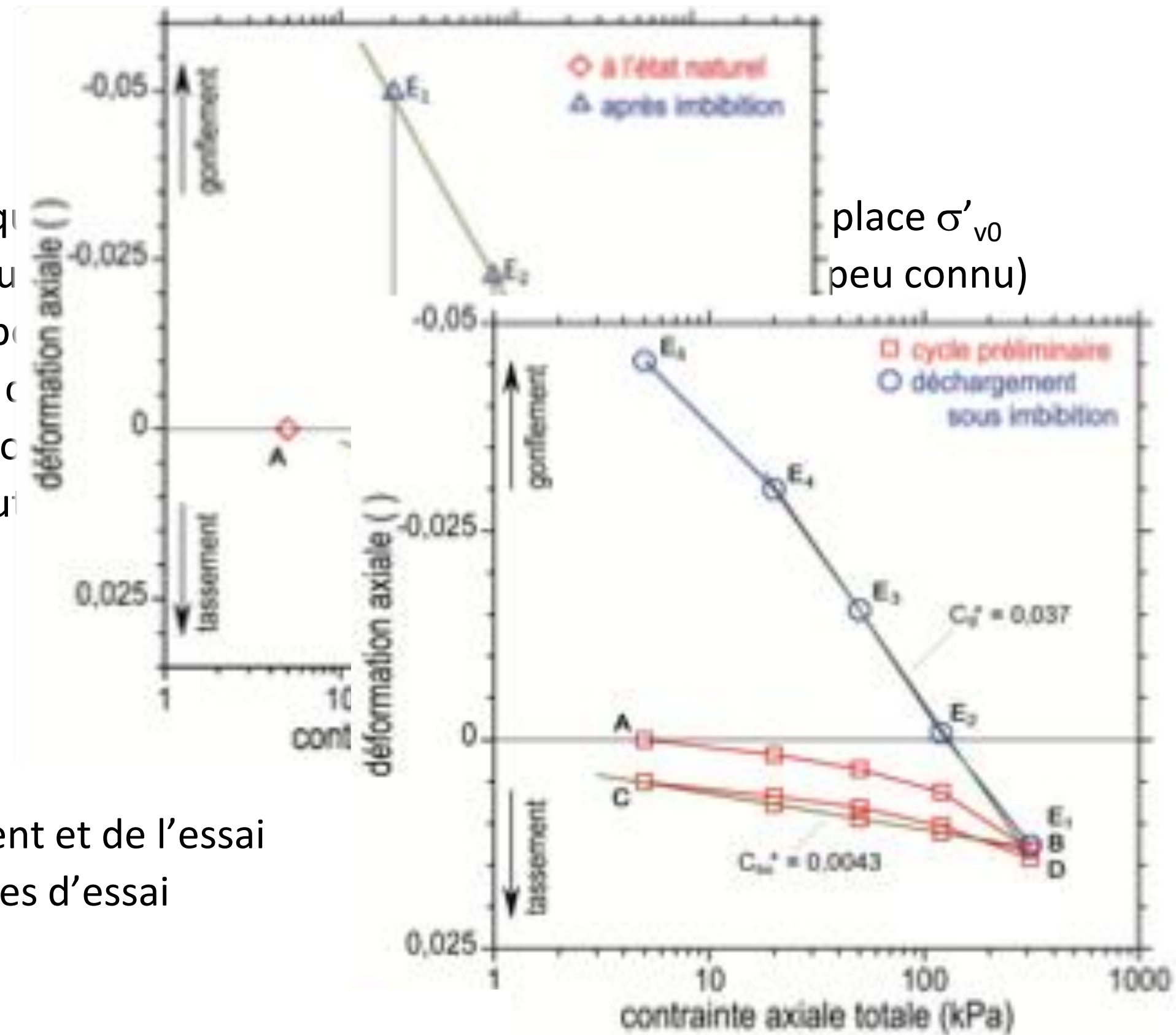
Paramètres de gonflement

Contrainte de gonflement

- Dépend du type d'essai
- Si pas de séchage en place : théorique
- Après sécheresse et rétraction : peu connu
- Risque de surestimation dû à l'évaporation
 - Après prélèvement et stockage
 - Pendant la durée de stockage
 - Pendant l'essai (précaution)

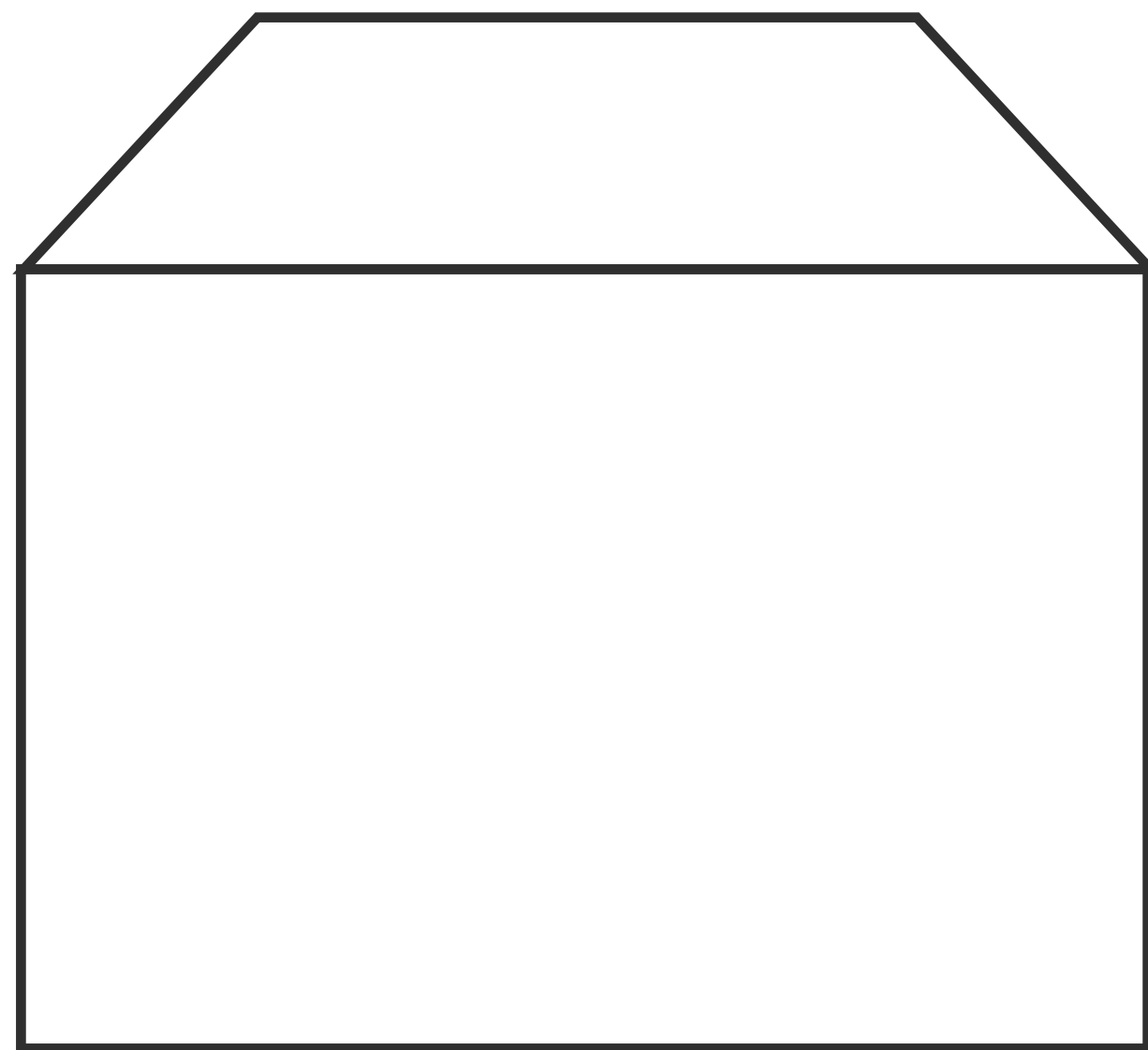
Estimation du gonflement

- Difficile
- Dépend de la qualité du prélèvement et de l'essai
- Peut-être déduit des différents types d'essai



Quelle est la contrainte à prendre en compte ?

Problème complexe



Protégé

Soumis à l'évaporation

Gradients de

- contrainte
- teneur en eau et succion
- Retrait

Tassement différentiel

Détermination de la succion initiale

Méthode du papier filtre

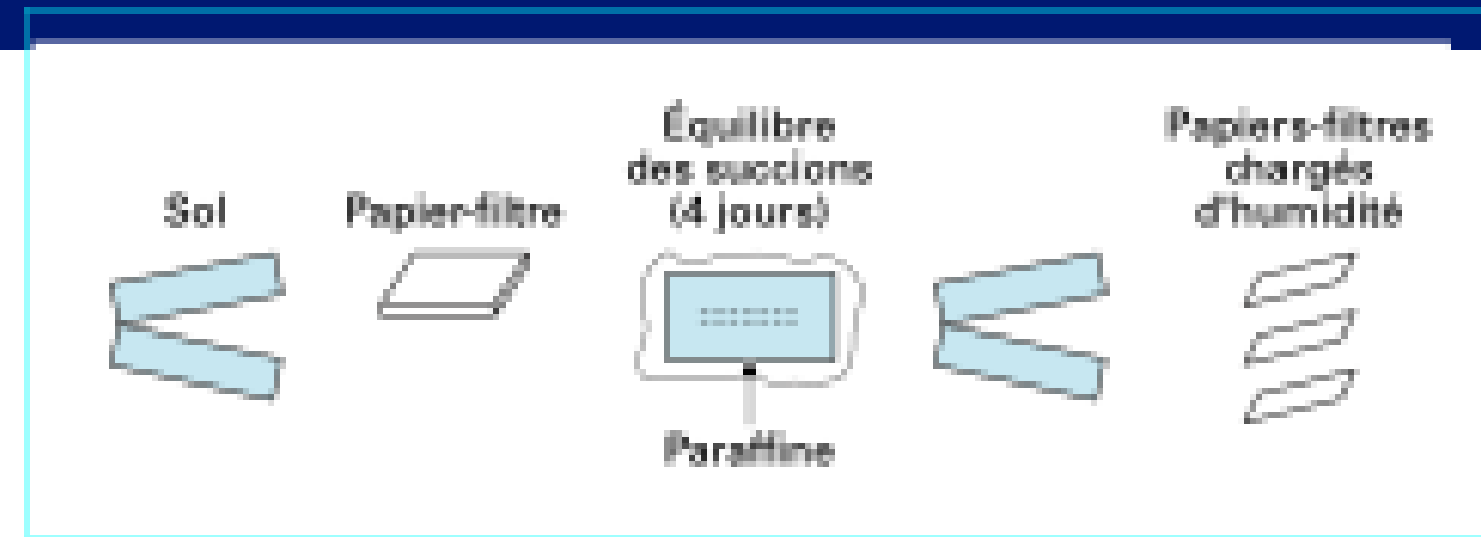
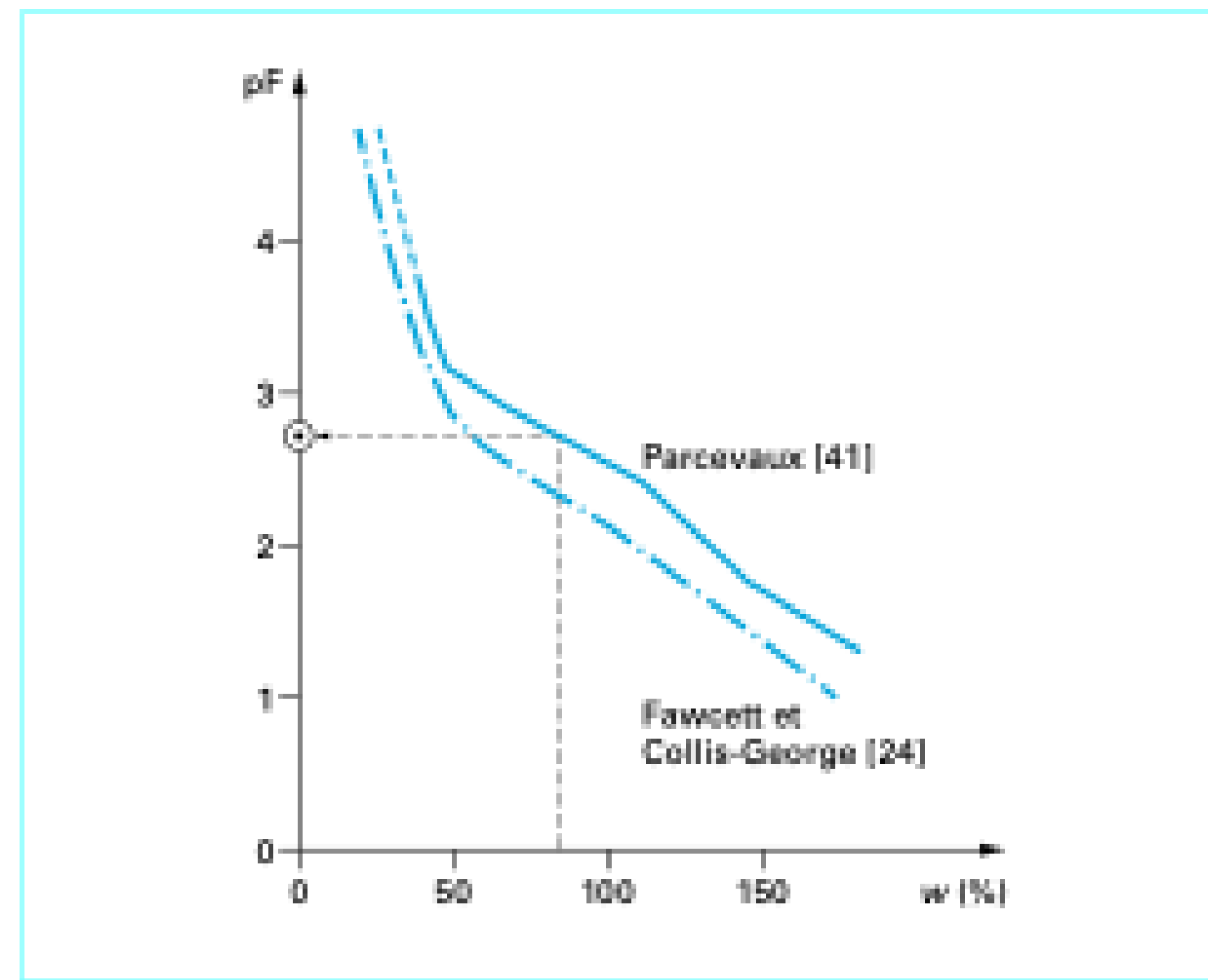


Figure 18 - Méthode du papier-filtre



Références

- BRGM 2007 : Actualisation de la carte de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux dans le département de l'Essonne. Rapport final *RP-55526-FR*, téléchargeable sur le site du BRGM.
- CFMS 2024 : Recommandations sur la prise en compte du gonflement des terrains argileux pour la conception des infrastructures profondes, téléchargeable sur le site du CFMS.
- Delage P. & Cui Y. J. 2000. L'eau dans les sols non saturés. *Techniques de l'Ingénieur*, art. C 301
- Delage P., Le T.T., Tang A.M., Cui Y.J., Li X.L. 2007. Suction effects in deep Boom clay block samples. *Géotechnique* 57, 239-244.
- Delage P. 2020. Mécanismes de gonflement dans les sols fins ; application aux sols gonflants de la région parisienne. *Revue Française de Géotechnique*, doi : 10.1051/geotech/2020026.
- Fleureau JM, Kheirbek-Saoud S, Soemitro R, Taibi S. 1993. Behavior of clayey soils on drying-wetting paths. *Can Geotech J.* <https://doi.org/10.1139/t93-024>.
- Skempton AW, Sowa VA. 1963. The behaviour of saturated clays during sampling and testing. *Géotechnique*. <https://doi.org/10.1680/geot.1963.13.4.269>.
- Meyer G., H. Le Bissonnais, M. Cahn, P. Delage, J.-P. Magnan, J.-F. Serratrice, A.-M. Tang, P. Vidil 2025. Synthèse des recommandations du CFMS sur la prise en compte du gonflement des terrains argileux pour la conception des infrastructures profondes. *Revue Française de Géotechnique*, à paraître
- Yigzaw ZG. 2009. Analyse des processus de retrait-gonflement de sols argileux en réponse à des sollicitations hydriques cycliques : rôle de la microstructure. Thèse de l'École des Mines de Paris.