



# JOURNÉE CFMS DU 6 FÉVRIER 2020 TIRANTS D'ANCRAGE – RECOMMANDATIONS TA2020

Travaux récents sur les **abaques de  
prédimensionnement de la  
résistance** des tirants d'ancrage scellés

*Julien Habert, Terrasol*

---

---

## 0. Sommaire

1. Contexte et objectifs

2. Construction de la base de données

3. Résultats et analyse

4. Conclusions

# 1. Contexte



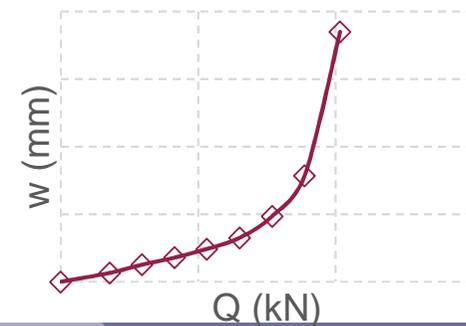
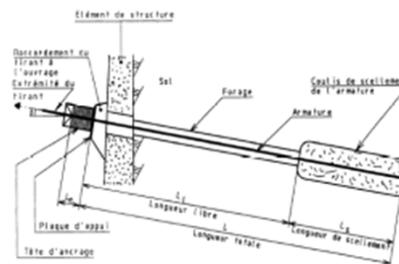
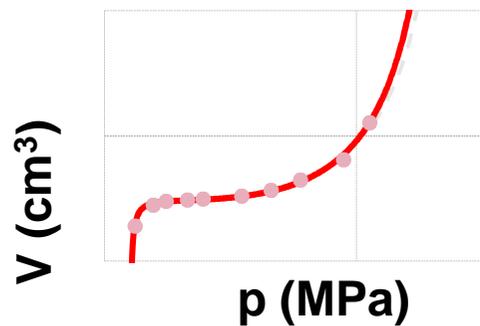
Projet national ARSCOP (Nouvelles Approches de Reconnaissance des Sols et de Conception des Ouvrages à partir du Pressiomètre)

Valoriser les règles pressiométriques semi-empiriques

Travail initié pour les micropieux...

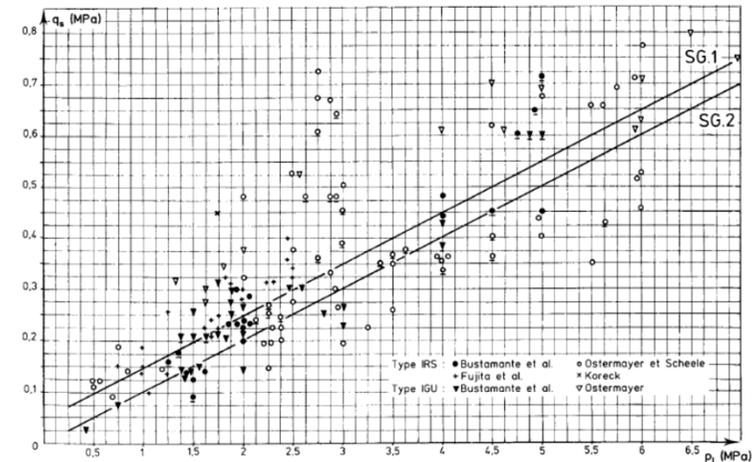
Estimations du comportement axial des ouvrages en traction (résistance/ charge critique de fluage/ déplacements)

...finalement étendu également aux tirants d'ancrage scellés



# 1. Contexte : rappels des règles pressiométriques

		IGU		IRS		
		$\alpha$	$q_s$ (MPa)	$\alpha$	$q_s$ (MPa)	
Sols fins		Argile	1,2	0,06 $p_{IM}+0,04$	1,8 à 2,0	0,08 $p_{IM}+0,10$
		Limon	1,1 à 1,2	0,10 $p_{IM}$	1,4 à 1,6	0,10 $p_{IM}+0,05$
Sols grenus		Sable	1,4 à 1,5			
		Sable graveleux	1,2 à 1,3		1,5 à 1,6	
		Grave sableuse	1,2 à 1,4		1,6 à 1,8	
		Grave	1,3 à 1,4	1,8		
Marne et craie		1,1 à 1,2	0,05 $p_{IM}+0,10$		0,07 $p_{IM}+0,13$	
Rocher altéré ou fragmenté		1,1	0,10 $p_{IM}+0,06$	1,2	0,12 $p_{IM}+0,08$	



$$R_S = \pi L_S (\alpha B) q_s,$$

Bustamante et Doix, 1985, BLPC, Une méthode pour le calcul des **tirants** et des micropieux injectés

## Des règles semi-empiriques

Nécessité de confirmer leur validité

Quantifier leur dispersion conformément aux prescriptions des eurocodes

Valeur caractéristique de la résistance (probabilité fixée de mise en défaut)

$$R_{S,k} = \frac{R_S}{\gamma_{R,d}}$$

←  $R_{S,k}$       ←  $R_S$       ← Valeur issue du calcul (ie des abaques)  
←  $\gamma_{R,d}$       ← Facteur de modèle

(En phase de prédimensionnement uniquement car tous les tirants d'ancrage sont réceptionnés)

# 1. Contexte : rappels des règles pressiométriques

Différentes règles en vigueur pour des ouvrages « relativement similaires »

Micropieux  
NF P94-262:2012

$$q_s = \alpha_{\text{pieu-sol}} f_{\text{sol}}$$

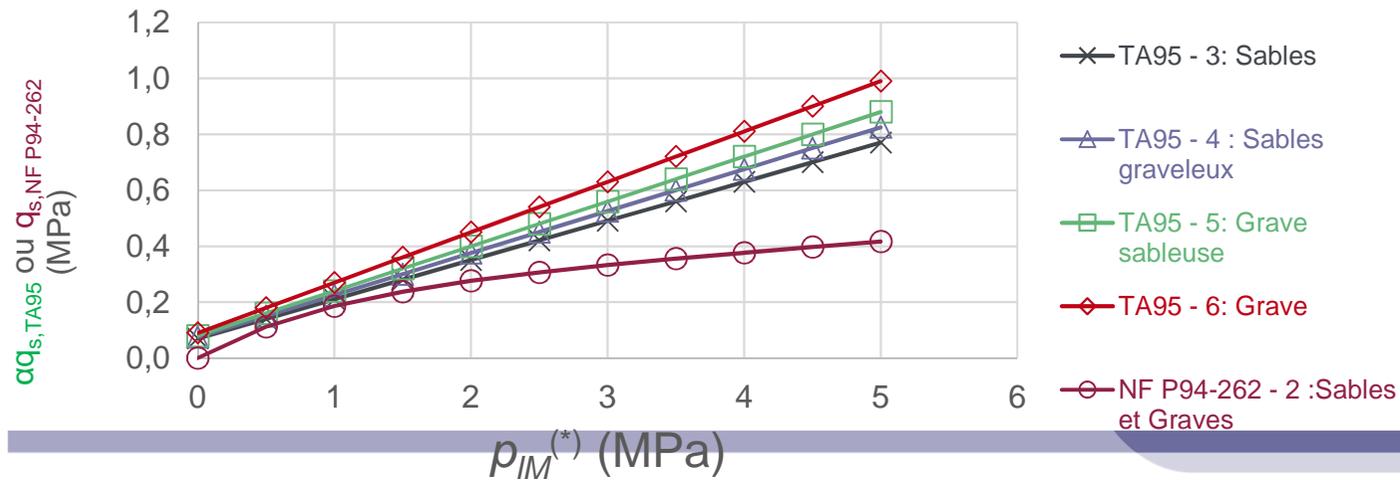
	Micropieu type III	Micropieu type IV
<b>Argile et limon</b>	2,7	3,4
<b>Sable et grave</b>	2,9	3,8
<b>Craie</b>	2,4	3,1
<b>Marne</b>	3,1	3,1

$$R_s = \pi L_s B q_s$$

Tirants d'ancrages scellés  
Règles TA95

		IGU		IRS		
		$\alpha$	$q_s$ (MPa)	$\alpha$	$q_s$ (MPa)	
Sols fins	Argile	1,2	0,06 $p_{IM}+0,04$	1,8 à 2,0	0,08 $p_{IM}+0,10$	
	Limon	1,1 à 1,2		1,4 à 1,6		
Sols grenus	Sable	Sable	0,10 $p_{IM}$	1,4 à 1,5	0,10 $p_{IM}+0,05$	
		Sable graveleux		1,2 à 1,3		1,5 à 1,6
	Grave	Grave sableuse		1,2 à 1,4		1,6 à 1,8
		Grave		1,3 à 1,4		1,8
Marne et craie		1,1 à 1,2	0,05 $p_{IM}+0,10$		0,07 $p_{IM}+0,13$	
Rocher altéré ou fragmenté		1,1	0,10 $p_{IM}+0,06$	1,2	0,12 $p_{IM}+0,08$	

$$R_s = \pi L_s (\alpha B) q_s$$



## 2. Constitution de la base d'essais

Analyse des essais à la rupture (préalables et de conformité) disponibles à la SNCF, à RTE et au Cerema

350 essais analysés... mais seulement une cinquantaine d'essais conservée

Conditions géotechniques complexes, conditions d'injection difficilement renseignées, charge maximale d'essai insuffisante, etc.

Ajout des essais utilisés pour établir les abaques TA95

Analyse statistique globale



## 2. Constitution de la base d'essais

Classement des conditions d'exécution?

=> classement des tirants d'ancrage scellés (différents des micropieux type III et IV)

IGU

IRS

Pression d'injection

Entre  $0,5 p_{IM}$  et  $p_{IM}$

Supérieur à  $p_{IM}$

Faible débit d'injection

Volumes d'injection en accord avec valeurs de l'augmentation de diamètre  $\alpha$

Diamètre de forage entre 90 et 250 mm

Longueurs scellées entre 4,75 et 18 m

## 2. Constitution de la base d'essais

Nombre de mesures	Gravitaire	Autoforé	IGU	IRS	Sous-total
Argiles & limons	21	11	39	56	<u>127</u>
Sables & graves	1	4	42	114	<u>161</u>
Craies	2	0	1	3	<u>6</u>
Marnes	0	0	5	19	<u>24</u>
Roches altérées	2	0	10	20	<u>32</u>
Diverses	2	4	2	0	<u>8</u>
<b>Sous-total</b>	<b><u>28</u></b>	<b><u>19</u></b>	<b><u>99</u></b>	<b><u>212</u></b>	<b><u>358</u></b>

Certaines mesures sont des mesures globales (scellement dans terrains différent / caractéristiques mécaniques différentes)

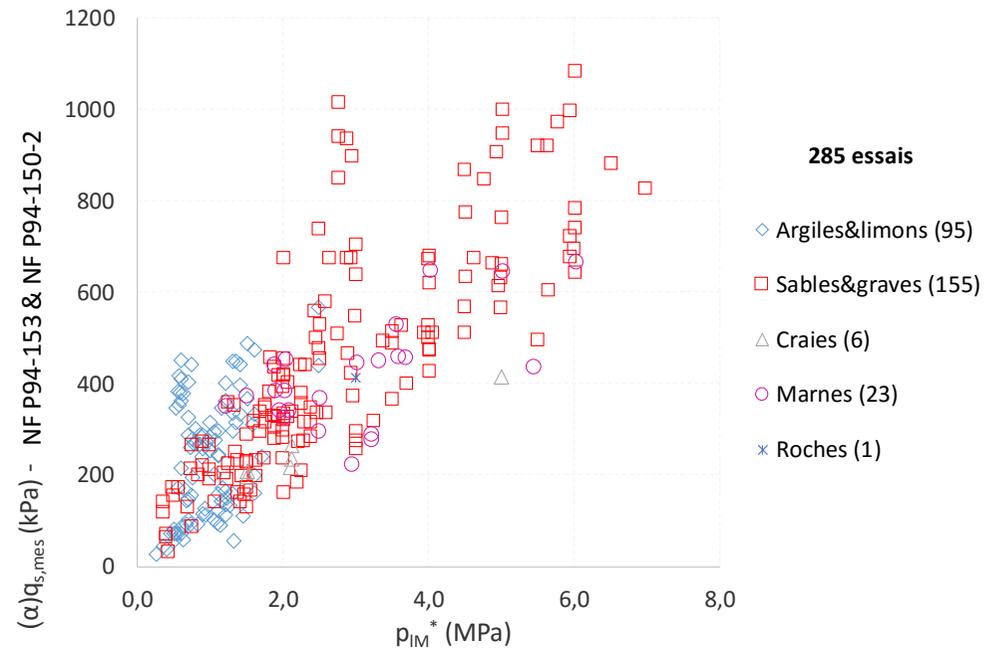
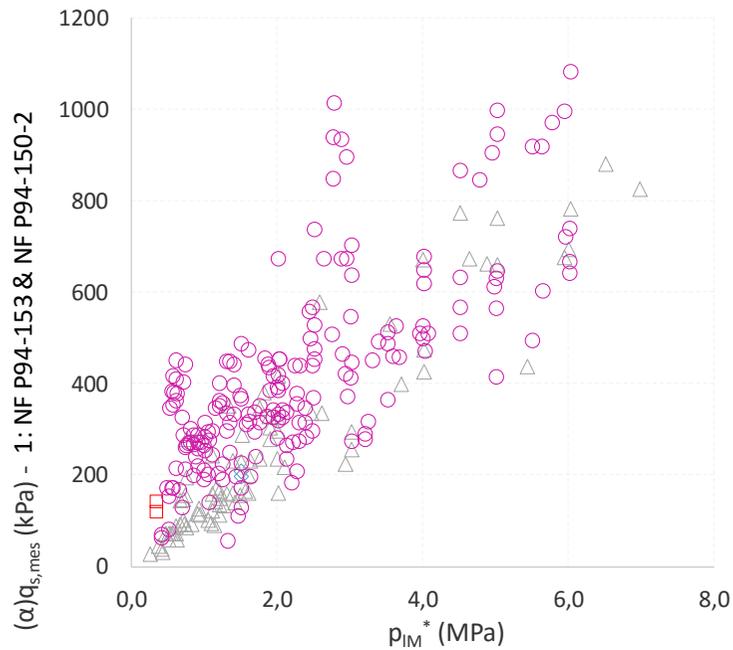
*Micropieux  
uniquement*

*14 tirants instrumentés*

### 3. Résultats obtenus

Variation du frottement axial unitaire mesuré :

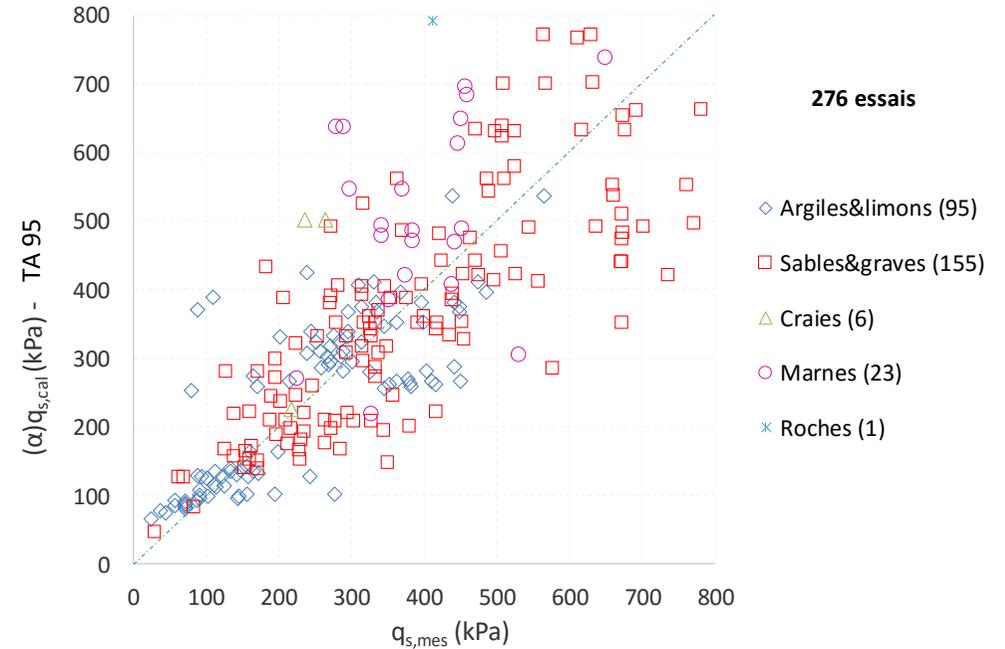
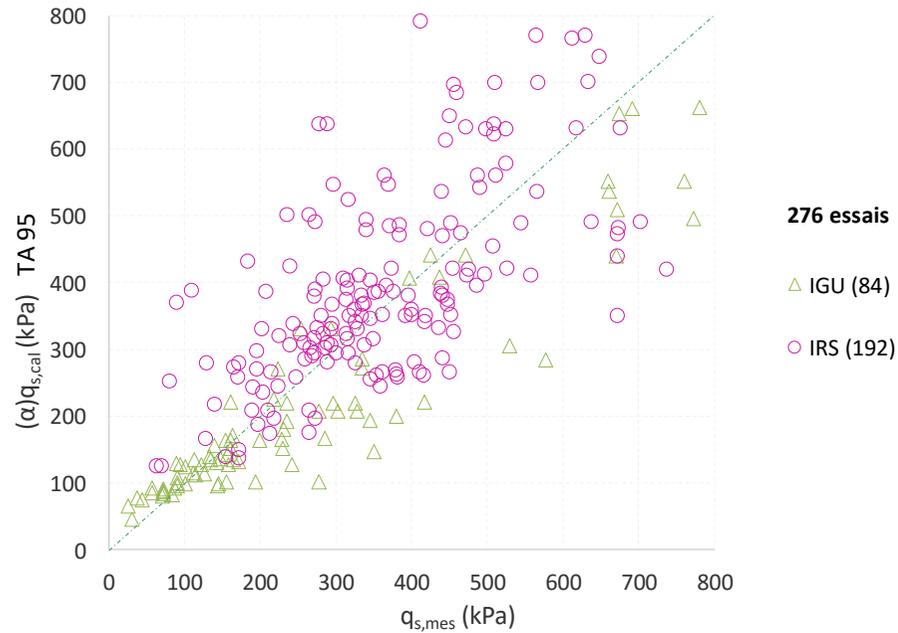
- par technique d'exécution
- par type de terrain



### 3. Résultats obtenus

Comparaison des mesures ( $q_{s,mes}$ ) aux valeurs calculées avec les abaques ( $q_{s,cal}$ ):

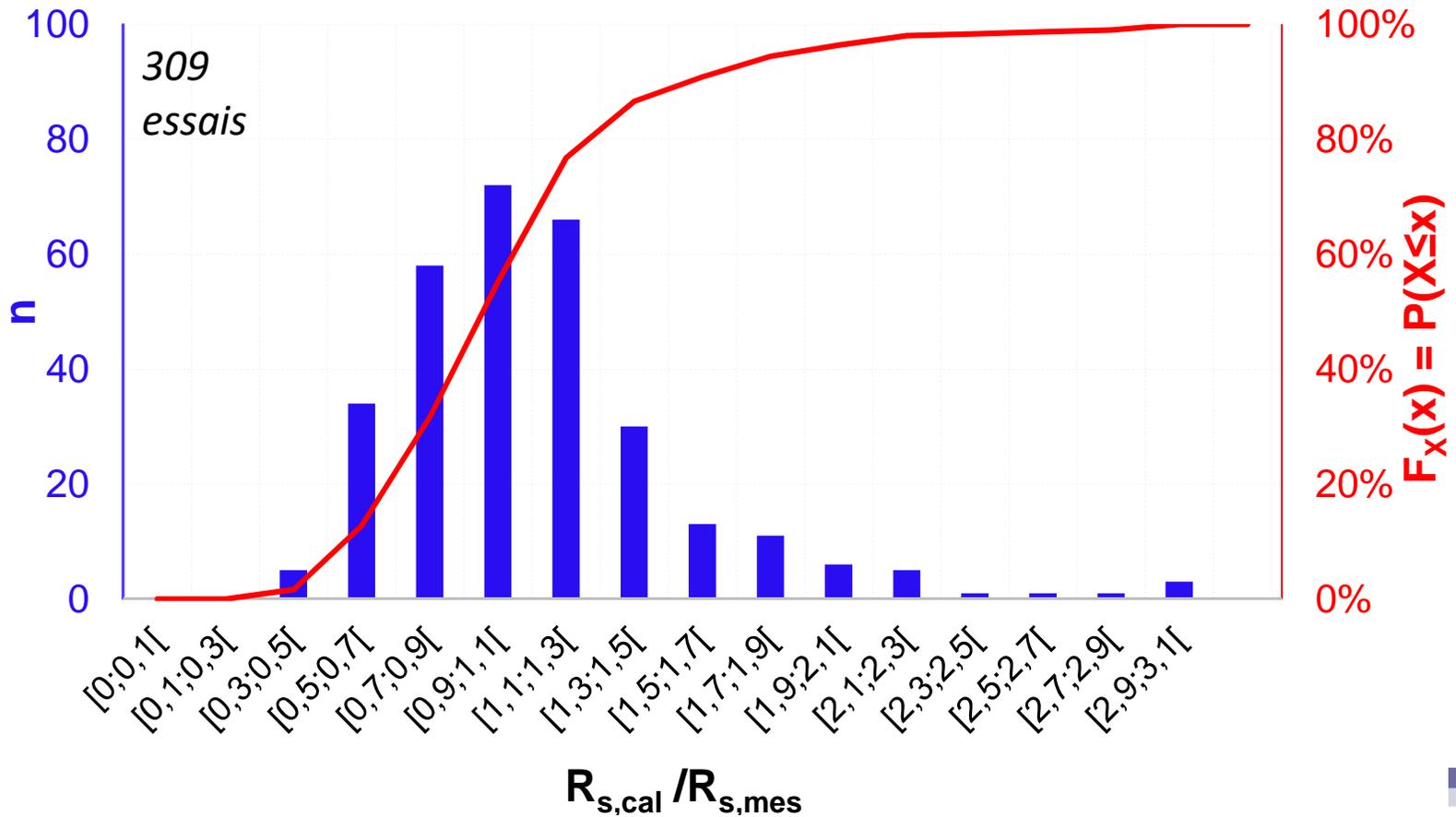
- par technique d'exécution
- par type de terrain



### 3. Analyse statistique

Rapport entre les résistances calculées et mesurées ( $R_{s,cal}/R_{s,mes}$ )

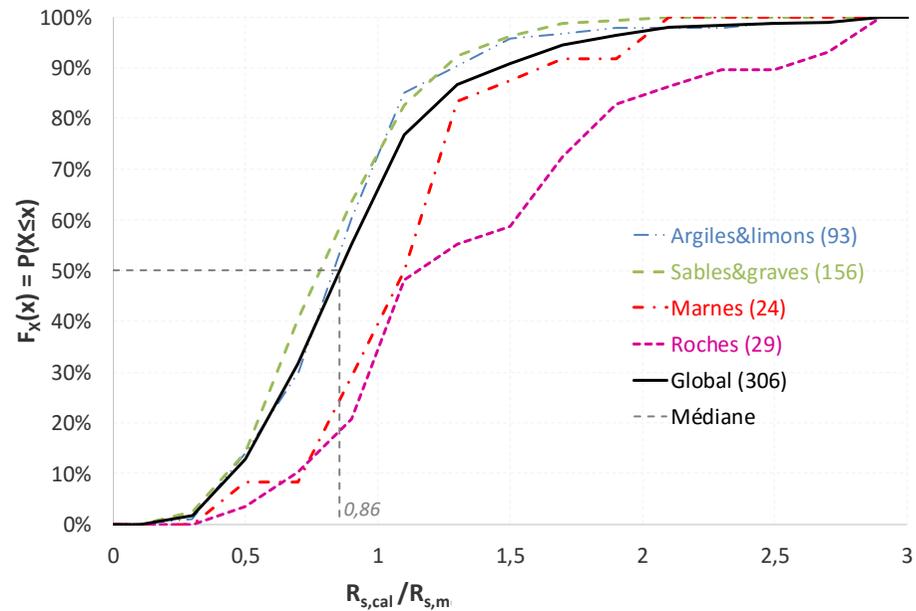
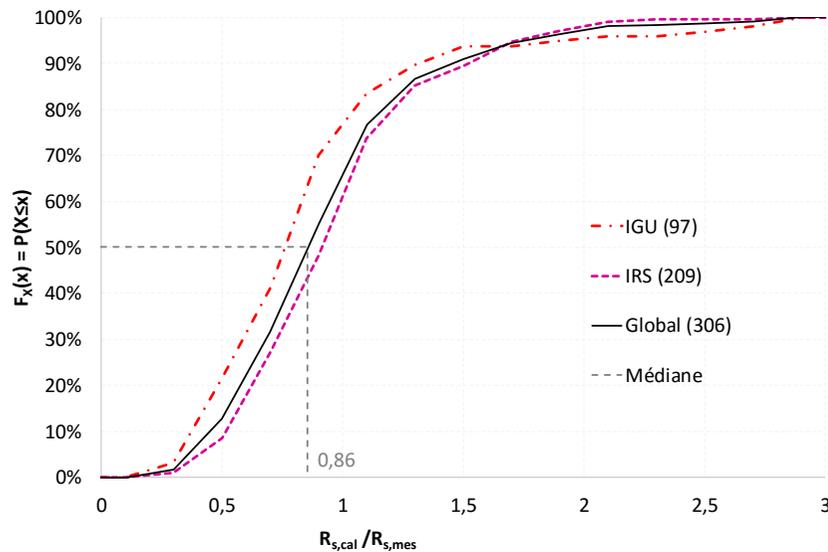
- Histogramme des effectifs
- Fonction de répartition



### 3. Analyse statistique

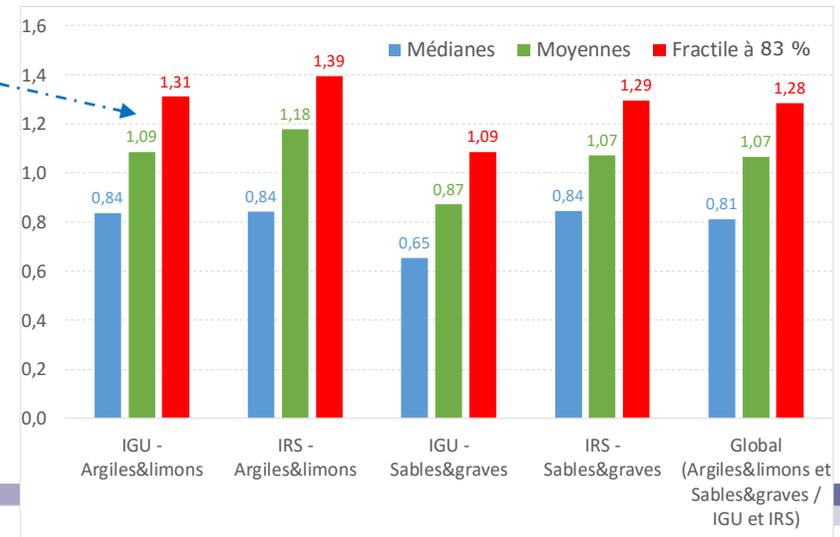
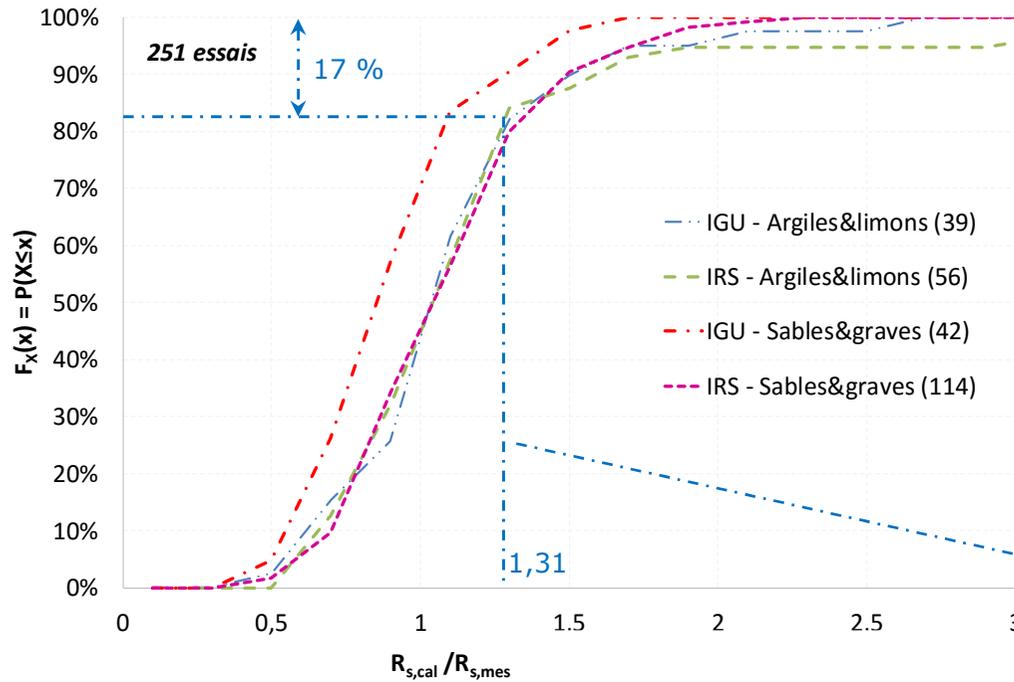
Fonction de répartition du rapport entre les résistances calculées et mesurées ( $R_{s,cal}/R_{s,mes}$ ):

- par technique d'exécution
- par type de terrain



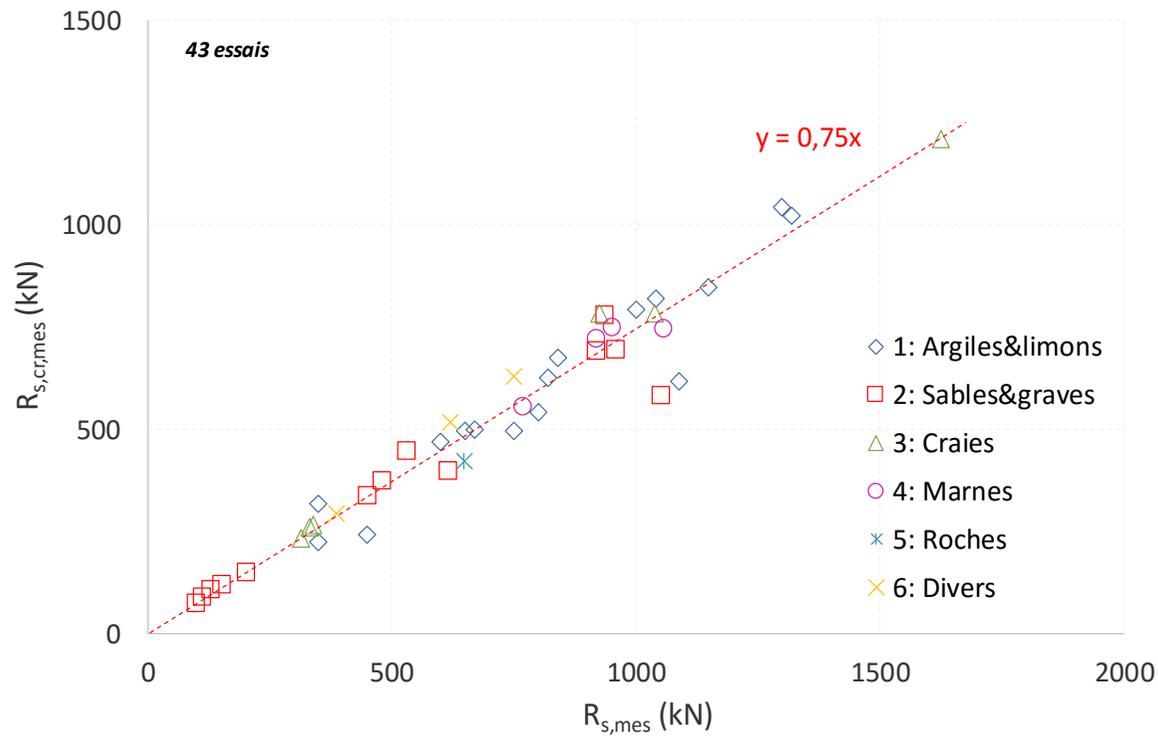
# 3. Analyse statistique

## IGU et IRS, dans les sols fins et grossiers



### 3. Charge critique de fluage

Rapport entre la charge critique de fluage  $R_{s,cr}$  et la résistance  $R_s$



$\Rightarrow R_{s,cr}/R_s = 0,75$  (proche de 0,7 retenu pour les fondations profondes)

## 4. Conclusions

Sous réserve des conditions d'exécution « strictes » associées aux tirants IGU et IRS (pressions, volumes et débits d'injection), les abaques de prédimensionnement sont bien calées.

La dispersion est quantifiée et est limitée.

Pour les sols fins et grossiers, quel que soit le type d'injection sous-pression (IRS et IGU), une mise en défaut similaire à celle des fondations profondes (83 %) peut être couverte par un facteur de modèle entre 1,3 à 1,4.

La charge critique de fluage représente en moyenne 75 % de la résistance (ultime / limite).

---

**Merci de votre attention**



terrasol

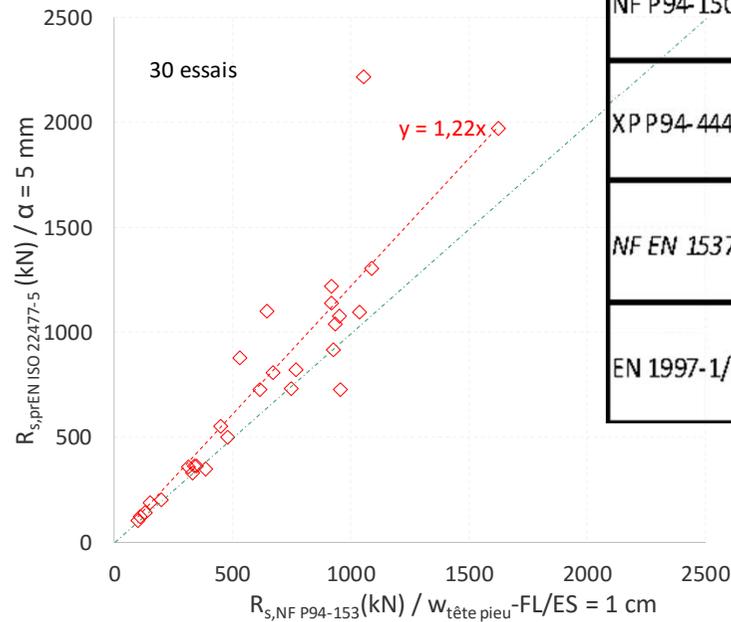
07/02/2020

Abaques ancrages scellés

16

---

# X. Annexe 1 : critères pour déterminer la résistance à partir des essais



Norme	Année	Intitulé	Critère résistance
NF P94-153	1993	Essai statique de tirant d'ancrage	$R=Q (w=\Delta l_{es})$ $\Delta l_{es} = \Delta l_g + \frac{0,9 T_p}{AE} (L_e + L)$ <p style="text-align: center;">  10 mm</p>
NF P94-150-2	1999	Essai statique de pieu en traction	
XPP94-444	2002	Essai statique par paliers ancrage scellé dans un massif rocheux	
NF EN 1537	2000	Exécution des ancrages	$R=Q (\alpha=\alpha_3)$ <p style="text-align: center;">  5 mm</p>
EN 1997-1/A1	2014	Amendement EC7 Section 8	

## X. Annexe 2 : comparaison aux règles pour les fondations profondes (NF P94-262)

