Analyse Pressiometrique (Menard)

Feuille : Profil pressiométrique-Feuilles N°=1-

- **Essais :** 10 (profondeur 1,00 à 10,00 m)

1. Profil du sol — Menard / Cassan (par Pl et Em)

- **z = 1,00 m:** E_m = 7,32 MPa, P_l = 0,58 MPa, p_l^* = 0,57 MPa -> Argile plastique | $E_m/(P_l - P_0)$ = 12,9 -> argile legerement surconsolidee
- **z = 2,00 m:** E_m = 11,89 MPa, P_l = 1,10 MPa, p_l^* = 1,09 MPa -> Argile raide / limon | $E_m/(P_l - P_0)$ = 11,0 -> argile normalement consolidee
- **z = 3,00 m:** E_m = 10,26 MPa, P_l = 0,94 MPa, p_l^* = 0,91 MPa -> Argile raide / limon | $E_m/(P_l - P_0)$ = 11,2 -> argile normalement consolidee
- **z = 4,00 m:** E_m = 15,47 MPa, P_l = 1,47 MPa, p_l^* = 1,43 MPa -> Argile raide / limon | $E_m/(P_l - P_0)$ = 10,8 -> argile normalement consolidee
- **z = 5,00 m:** E_m = 21,58 MPa, P_l = 2,17 MPa, p_l^* = 2,12 MPa -> Marne / sable et gravier / sable sedimentaire | $E_m/(P_l - P_0)$ = 10,2 -> argile normalement consolidee
- **z = 6,00 m:** E_m = 28,05 MPa, P_l = 3,50 MPa, p_l^* = 3,44 MPa -> Marne / sable et gravier / sable sedimentaire | $E_m/(P_l - P_0)$ = 8,2 -> argile normalement consolidee
- **z = 7,00 m:** E_m = 14,39 MPa, P_l = 1,76 MPa, p_l^* = 1,68 MPa -> Argile raide / limon | $E_m/(P_l - P_0)$ = 8,6 -> argile normalement consolidee
- **z = 8,00 m:** E_m = 24,49 MPa, P_l = 3,08 MPa, p_l^* = 2,99 MPa -> Marne / sable et gravier / sable sedimentaire | $E_m/(P_l - P_0)$ = 8,2 -> argile normalement consolidee
- **z = 9,00 m:** E_m = 38,66 MPa, P_l = 4,85 MPa, p_l^* = 4,75 MPa -> Marne / sable et gravier / sable sedimentaire | $E_m/(P_l - P_0)$ = 8,1 -> argile normalement consolidee
- **z = 10,00 m:** E_m = 31,69 MPa, P_l = 3,98 MPa, p_l^* = 3,86 MPa -> Marne / sable et gravier / sable sedimentaire | $E_m/(P_l - P_0)$ = 8,2 -> argile normalement consolidee

2. Cohésion non drainée cu (Clarke 1995)

Corrélations cu = f(Pl*) — tableau Clarke (1995). Applicable aux argiles et marnes ; les sables et graves sont écartés. Plusieurs corrélations sont présentées pour permettre comparaison et choix selon la nature exacte du sol.

z = 1,00 m — Argile plastique

Pl* = 0,568 MPa | Em/Pl* = 12,9

Référence	Formule	cu (kPa)	Domaine d'application
Ménard (1976)	Pl*/K, K=2..5	114 — 284	Plage large
Cassan (1988) / Amar & Jézéquel (1972)	Pl*/5,5	103	Argiles molles à fermes
Amar & Jézéquel (1972)	Pl*/8	71	Argiles fermes à raides
Amar & Jézéquel (1972)	Pl*/15	38	Argiles raides à très raides
Marsland & Randolph (1977)	Pl*/6,8	84	Argiles raides
Lukas & Leclerc de Bussy (1976)	Pl*/5,1	111	Toutes les argiles
Amar & Jézéquel (1972)	Pl*/10 + 25	82	—
Martin & Drabo (1986)	Pl*/10	57	Argiles raides à très raides
Johnson (1986)	Plm/10 + 25	83	Argiles tendres à raides

Suggestion Nourin selon Em/Pl* : argile raide à très raide → privilégier Amar & Jézéquel (Pl*/15).

z = 2,00 m — Argile raide / limon

Pl* = 1,085 MPa | Em/Pl* = 11,0

Référence	Formule	cu (kPa)	Domaine d'application
Ménard (1976)	Pl*/K, K=2..5	217 — 543	Plage large
Cassan (1988) / Amar & Jézéquel (1972)	Pl*/5,5	197	Argiles molles à fermes
Amar & Jézéquel (1972)	Pl*/8	136	Argiles fermes à raides
Amar & Jézéquel (1972)	Pl*/15	72	Argiles raides à très raides
Marsland & Randolph (1977)	Pl*/6,8	160	Argiles raides
Lukas & Leclerc de Bussy (1976)	Pl*/5,1	213	Toutes les argiles
Amar & Jézéquel (1972)	Pl*/10 + 25	134	—
Martin & Drabo (1986)	Pl*/10	109	Argiles raides à très raides
Johnson (1986)	Plm/10 + 25	135	Argiles tendres à raides

Suggestion Nourin selon Em/Pl* : argile ferme à raide → privilégier Amar & Jézéquel (Pl*/8).

z = 3,00 m — Argile raide / limon

Pl* = 0,914 MPa | Em/Pl* = 11,2

Référence	Formule	cu (kPa)	Domaine d'application
Ménard (1976)	Pl*/K, K=2..5	183 — 457	Plage large
Cassan (1988) / Amar & Jézéquel (1972)	Pl*/5,5	166	Argiles molles à fermes
Amar & Jézéquel (1972)	Pl*/8	114	Argiles fermes à raides
Amar & Jézéquel (1972)	Pl*/15	61	Argiles raides à très raides
Marsland & Randolph (1977)	Pl*/6,8	134	Argiles raides
Lukas & Leclerc de Bussy (1976)	Pl*/5,1	179	Toutes les argiles
Amar & Jézéquel (1972)	Pl*/10 + 25	116	—
Martin & Drabo (1986)	Pl*/10	91	Argiles raides à très raides
Johnson (1986)	Plm/10 + 25	119	Argiles tendres à raides

Suggestion Nourin selon Em/Pl* : argile ferme à raide → privilégier Amar & Jézéquel (Pl*/8).

z = 4,00 m — Argile raide / limon

Pl* = 1,430 MPa | Em/Pl* = 10,8

Référence	Formule	cu (kPa)	Domaine d'application
Ménard (1976)	Pl*/K, K=2..5	286 — 715	Plage large
Cassan (1988) / Amar & Jézéquel (1972)	Pl*/5,5	260	Argiles molles à fermes
Amar & Jézéquel (1972)	Pl*/8	179	Argiles fermes à raides
Amar & Jézéquel (1972)	Pl*/15	95	Argiles raides à très raides
Marsland & Randolph (1977)	Pl*/6,8	210	Argiles raides
Lukas & Leclerc de Bussy (1976)	Pl*/5,1	280	Toutes les argiles
Amar & Jézéquel (1972)	Pl*/10 + 25	168	—
Martin & Drabo (1986)	Pl*/10	143	Argiles raides à très raides
Johnson (1986)	Plm/10 + 25	172	Argiles tendres à raides

Suggestion Nourin selon Em/Pl* : argile ferme à raide → privilégier Amar & Jézéquel (Pl*/8).

z = 5,00 m — Marne / sable et gravier / sable sedimentaire

> ⚠️ Profondeur classée par Ménard-Cassan dans une catégorie mixte (marne / sable / gravier). Le tableau Clarke s'applique uniquement aux argiles et marnes. Si le sol réel est sableux, ignorer cu.

Pl* = 2,118 MPa | Em/Pl* = 10,2

Référence	Formule	cu (kPa)	Domaine d'application
Ménard (1976)	Pl*/K, K=2..5	424 — 1059	Plage large
Cassan (1988) / Amar & Jézéquel (1972)	Pl*/5,5	385	Argiles molles à fermes
Amar & Jézéquel (1972)	Pl*/8	265	Argiles fermes à raides
Amar & Jézéquel (1972)	Pl*/15	141	Argiles raides à très raides
Marsland & Randolph (1977)	Pl*/6,8	312	Argiles raides
Lukas & Leclerc de Bussy (1976)	Pl*/5,1	415	Toutes les argiles
Amar & Jézéquel (1972)	Pl*/10 + 25	237	—
Martin & Drabo (1986)	Pl*/10	212	Argiles raides à très raides
Johnson (1986)	Plm/10 + 25	242	Argiles tendres à raides

Suggestion Nourin selon Em/Pl* : argile ferme à raide → privilégier Amar & Jézéquel (Pl*/8).

z = 6,00 m — Marne / sable et gravier / sable sedimentaire

> ⚠️ Profondeur classée par Ménard-Cassan dans une catégorie mixte (marne / sable / gravier). Le tableau Clarke s'applique uniquement aux argiles et marnes. Si le sol réel est sableux, ignorer cu.

Pl* = 3,436 MPa | Em/Pl* = 8,2

Référence	Formule	cu (kPa)	Domaine d'application
Ménard (1976)	Pl*/K, K=2..5	687 — 1718	Plage large
Cassan (1988) / Amar & Jézéquel (1972)	Pl*/5,5	625	Argiles molles à fermes
Amar & Jézéquel (1972)	Pl*/8	429	Argiles fermes à raides
Amar & Jézéquel (1972)	Pl*/15	229	Argiles raides à très raides
Marsland & Randolph (1977)	Pl*/6,8	505	Argiles raides
Lukas & Leclerc de Bussy (1976)	Pl*/5,1	674	Toutes les argiles
Amar & Jézéquel (1972)	Pl*/10 + 25	369	—
Martin & Drabo (1986)	Pl*/10	344	Argiles raides à très raides
Johnson (1986)	Plm/10 + 25	375	Argiles tendres à raides

Suggestion Nourin selon Em/Pl* : argile ferme à raide → privilégier Amar & Jézéquel (Pl*/8).

z = 7,00 m — Argile raide / limon

Pl* = 1,677 MPa | Em/Pl* = 8,6

Référence	Formule	cu (kPa)	Domaine d'application
Ménard (1976)	Pl*/K, K=2..5	335 — 839	Plage large
Cassan (1988) / Amar & Jézéquel (1972)	Pl*/5,5	305	Argiles molles à fermes
Amar & Jézéquel (1972)	Pl*/8	210	Argiles fermes à raides
Amar & Jézéquel (1972)	Pl*/15	112	Argiles raides à très raides
Marsland & Randolph (1977)	Pl*/6,8	247	Argiles raides
Lukas & Leclerc de Bussy (1976)	Pl*/5,1	329	Toutes les argiles
Amar & Jézéquel (1972)	Pl*/10 + 25	193	—
Martin & Drabo (1986)	Pl*/10	168	Argiles raides à très raides
Johnson (1986)	Plm/10 + 25	201	Argiles tendres à raides

Suggestion Nourin selon Em/Pl* : argile ferme à raide → privilégier Amar & Jézéquel (Pl*/8).

z = 8,00 m — Marne / sable et gravier / sable sedimentaire

> ⚠️ Profondeur classée par Ménard-Cassan dans une catégorie mixte (marne / sable / gravier). Le tableau Clarke s'applique uniquement aux argiles et marnes. Si le sol réel est sableux, ignorer cu.

Pl* = 2,988 MPa | Em/Pl* = 8,2

Référence	Formule	cu (kPa)	Domaine d'application
Ménard (1976)	Pl*/K, K=2..5	598 — 1494	Plage large
Cassan (1988) / Amar & Jézéquel (1972)	Pl*/5,5	543	Argiles molles à fermes
Amar & Jézéquel (1972)	Pl*/8	374	Argiles fermes à raides
Amar & Jézéquel (1972)	Pl*/15	199	Argiles raides à très raides
Marsland & Randolph (1977)	Pl*/6,8	439	Argiles raides
Lukas & Leclerc de Bussy (1976)	Pl*/5,1	586	Toutes les argiles
Amar & Jézéquel (1972)	Pl*/10 + 25	324	—
Martin & Drabo (1986)	Pl*/10	299	Argiles raides à très raides
Johnson (1986)	Plm/10 + 25	333	Argiles tendres à raides

Suggestion Nourin selon Em/Pl* : argile ferme à raide → privilégier Amar & Jézéquel (Pl*/8).

z = 9,00 m — Marne / sable et gravier / sable sedimentaire

> ⚠️ Profondeur classée par Ménard-Cassan dans une catégorie mixte (marne / sable / gravier). Le tableau Clarke s'applique uniquement aux argiles et marnes. Si le sol réel est sableux, ignorer cu.

Pl* = 4,746 MPa | Em/Pl* = 8,1

Référence	Formule	cu (kPa)	Domaine d'application
Ménard (1976)	Pl*/K, K=2..5	949 — 2373	Plage large
Cassan (1988) / Amar & Jézéquel (1972)	Pl*/5,5	863	Argiles molles à fermes
Amar & Jézéquel (1972)	Pl*/8	593	Argiles fermes à raides
Amar & Jézéquel (1972)	Pl*/15	316	Argiles raides à très raides
Marsland & Randolph (1977)	Pl*/6,8	698	Argiles raides
Lukas & Leclerc de Bussy (1976)	Pl*/5,1	931	Toutes les argiles
Amar & Jézéquel (1972)	Pl*/10 + 25	500	—
Martin & Drabo (1986)	Pl*/10	475	Argiles raides à très raides
Johnson (1986)	Plm/10 + 25	510	Argiles tendres à raides

Suggestion Nourin selon Em/Pl* : argile ferme à raide → privilégier Amar & Jézéquel (Pl*/8).

z = 10,00 m — Marne / sable et gravier / sable sedimentaire

> ⚠️ Profondeur classée par Ménard-Cassan dans une catégorie mixte (marne / sable / gravier). Le tableau Clarke s'applique uniquement aux argiles et marnes. Si le sol réel est sableux, ignorer cu.

Pl* = 3,860 MPa | Em/Pl* = 8,2

Référence	Formule	cu (kPa)	Domaine d'application
Ménard (1976)	Pl*/K, K=2..5	772 — 1930	Plage large
Cassan (1988) / Amar & Jézéquel (1972)	Pl*/5,5	702	Argiles molles à fermes
Amar & Jézéquel (1972)	Pl*/8	482	Argiles fermes à raides
Amar & Jézéquel (1972)	Pl*/15	257	Argiles raides à très raides

Référence	Formule	cu (kPa)	Domaine d'application
Marsland & Randolph (1977)	Pl*/6,8	568	Argiles raides
Lukas & Leclerc de Bussy (1976)	Pl*/5,1	757	Toutes les argiles
Amar & Jézéquel (1972)	Pl*/10 + 25	411	—
Martin & Drabo (1986)	Pl*/10	386	Argiles raides à très raides
Johnson (1986)	Plm/10 + 25	423	Argiles tendres à raides

Suggestion Nourin selon Em/Pl* : argile ferme à raide → privilégier Amar & Jézéquel (Pl*/8).

> ⚠️ **Interprétation Nourin — à confirmer par l'ingénieur.** Les valeurs de cu ci-dessus proviennent du **tableau Clarke (1995)** qui rassemble les corrélations classiques de la littérature pressiométrique (Ménard 1976, Amar & Jézéquel 1972, Cassan 1988, Marsland & Randolph 1977, Lukas & Leclerc de Bussy 1976, Martin & Drabo 1986, Johnson 1986). La **dispersion entre corrélations est normale** : chaque formule a son domaine de validité (raideur, plasticité, surconsolidation). Le **choix de la valeur retenue** reste de la responsabilité de l'ingénieur, à valider par recoupement avec d'autres essais (œdomètre, triaxial, scissomètre) et le jugement de terrain.

3. Capacite portante vs profondeur (B = 1,50 m, L = 2,00 m, pas 0.5 m, D_min = 2,00 m, D_max = 7,75 m)

- **Categorie Kp :** inconnue -> argiles/limons | F (DTU) = 3,0

D (m)	n	De (m)	p_le* DTU (MPa)	p_le* EC7 (MPa)	Kp DTU	Kp EC7	q_adm DTU (kPa)	σ ELU (kPa)	σ ELS (kPa)	Vérif DTU/DTR	Vérif EC7 ELU	Vérif EC7 ELS
2,00	3	1,47	1,123	1,123	1,070	1,024	437	721	453	KO	OK	OK
2,50	2	1,45	1,142	1,143	1,076	1,022	455	741	468	OK	OK	OK
3,00	3	1,83	1,218	1,404	1,076	1,049	491	930	588	OK	OK	OK
3,50	2	1,47	1,774	1,740	1,076	1,025	699	1124	709	OK	OK	OK
4,00	3	1,83	1,898	2,183	1,076	1,049	752	1435	902	OK	OK	OK
4,50	2	1,48	2,648	2,698	1,076	1,025	1030	1727	1083	OK	OK	OK
5,00	3	2,66	2,104	2,303	1,076	1,087	844	1580	997	OK	OK	OK
5,50	2	2,55	2,096	2,400	1,076	1,083	851	1646	1041	OK	OK	OK
6,00	3	3,70	2,236	2,582	1,076	1,098	910	1795	1135	OK	OK	OK
6,50	2	4,27	2,096	2,239	1,076	1,098	869	1580	1008	OK	OK	OK
7,00	3	3,90	2,236	2,876	1,076	1,098	928	2005	1270	OK	OK	OK
7,50	2	2,98	3,735	3,766	1,076	1,097	1474	2595	1632	OK	OK	OK
7,75	3	2,96	3,777	3,797	1,076	1,097	1494	2618	1648	OK	OK	OK

Formules :

3a. DTU 13.12 / DTR BC 2.331

$$q_u = K_p \, q_{le}^{*} \, i_\delta + \gamma \, D$$

$$q_{adm} = \frac{q_u - \gamma_1 D}{F} + \gamma_1 D$$

3b. Eurocode 7 — NF P 94-261

$$q_{net} = K_p \, q_{le}^{*} \, i_\delta \, i_\beta$$

$$\sigma_{V;d} \leq \frac{q_{net}}{\gamma_{R;V} \, \gamma_{R;d;V}} + q_0$$

$\gamma_{R;d;V} = 1.2$; $\gamma_{R;V} = 1.4$ (ELU) ; $\gamma_{R;V} = 2.3$ (ELS) ; $q_0 = \gamma \, D$

$p^*_{le} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^{n} p^*_{l;k;i}}$ p^*_{le} DTU : moyenne des p^*_l ecretes a $1.5\,p^*_{l,\min}$; p^*_{le} EC7 : moyenne geometrique.

4. Tassement Menard vs profondeur (production CiviLab)

- **q appliquee :** 450 kPa | **alpha:** 0,500 | **lambda_c:** 1,10 | **lambda_d:** 1,12 | B0 = 0.6 m | TypeSol = heterogene

D (m)	sigma_v0 (kPa)	Ec=E1 (MPa)	Ed (MPa)	Sc (cm)	Sd (cm)	S (cm)
2,00	36	11,9	8,4	0,32	1,10	**1,42**
2,50	46	10,3	8,6	0,36	1,05	**1,41**
3,00	56	10,3	10,0	0,35	0,88	**1,23**
3,50	66	15,5	11,2	0,23	0,77	**0,99**
4,00	75	15,5	10,7	0,22	0,78	**1,00**
4,50	82	21,6	13,3	0,16	0,62	**0,77**
5,00	90	21,6	11,1	0,15	0,73	**0,88**
5,50	100	28,0	11,0	0,11	0,71	**0,83**
6,00	110	28,0	14,0	0,11	0,54	**0,65**
6,50	120	14,4	13,5	0,21	0,54	**0,75**
7,00	130	14,4	14,4	0,20	0,50	**0,70**
7,50	138	—	—	—	—	—
7,75	141	—	—	—	—	—

Formules :

$$S = S_s + S_d$$

$$S_s = \frac{\alpha}{9 E_{ms}} (q - \sigma_{v0})\, \lambda_c\, B$$

$$S_d = \frac{2}{9 E_{md}} (q - \sigma_{v0})\, B_0 \left[\lambda_d \frac{B}{B_0}\right]^{\alpha}$$

Chaine production : ModulesEiList (16 tranches B/2, interpolation de secours) -> CalculerEd (Ed pondere Fascicule 62 + replis) -> TassementPREClass.Sf (Sc + Sd). S net via (q - σ_v0). Tassement en cm. Hypothese a confirmer : ModuleEi (combinaison des Em d'une tranche) = moyenne harmonique.

5. Donnees manquantes / supposees

- Categorie de sol — argiles/limons suppose pour Kp et α