

Les dépôts quaternaires

Tourbe, limons, alluvions de la Senne



(Photo: Ch. Trève, CFE)

Fouille pour RTL TVI, Ch. de Louvain

Bertrand FRANCOIS, ULB (bertrand.francois@ulb.ac.be)

Journée d'étude SBGIMR – 22/02/2013
Les pièges de la géologie de l'ingénieur à Bruxelles



Les dépôts quaternaires à Bxl – Etat des lieux

De **quoi** parle-t-on ?

Argiles alluviales:

Argiles fines incluant des passes sableuses et tourbeuses

Limons alluviaux:

Sous les argiles alluviales, origine probablement éolienne remaniés par les eaux courantes

Sables et graviers alluviaux:

Sables très grossiers et graviers avec des lentilles de matériaux fins incluant (rarement) de la tourbe

Limons de plateaux et versants:

Loess, Limon sableux d'origine éolienne



Les dépôts quaternaires à Bxl – Etat des lieux

Où les retrouve-t-on?

Argiles alluviales:

- ° Couche superficielles dans la **vallée de la Senne**, sur une largeur de 1500 m, pouvant atteindre 10 m d'épaisseur
- ° **Vallée du Molembeek** sur une épaisseur de 6 m

Limons alluviaux:

- ° Présence sporadique sous les argiles alluviales de la Senne
- ° **Vallée du Maelbeek** (limons argileux), jusqu'à 18 m d'épaisseur

Sables et graviers alluviaux:

- ° Bandes continues sous les argiles (et limons) alluviaux en **vallée de Senne**, pouvant atteindre 10 m d'ép.
- ° **Vallée du Maelbeek**, jusqu'à 8 m d'épaisseur (sous les limons alluviaux)

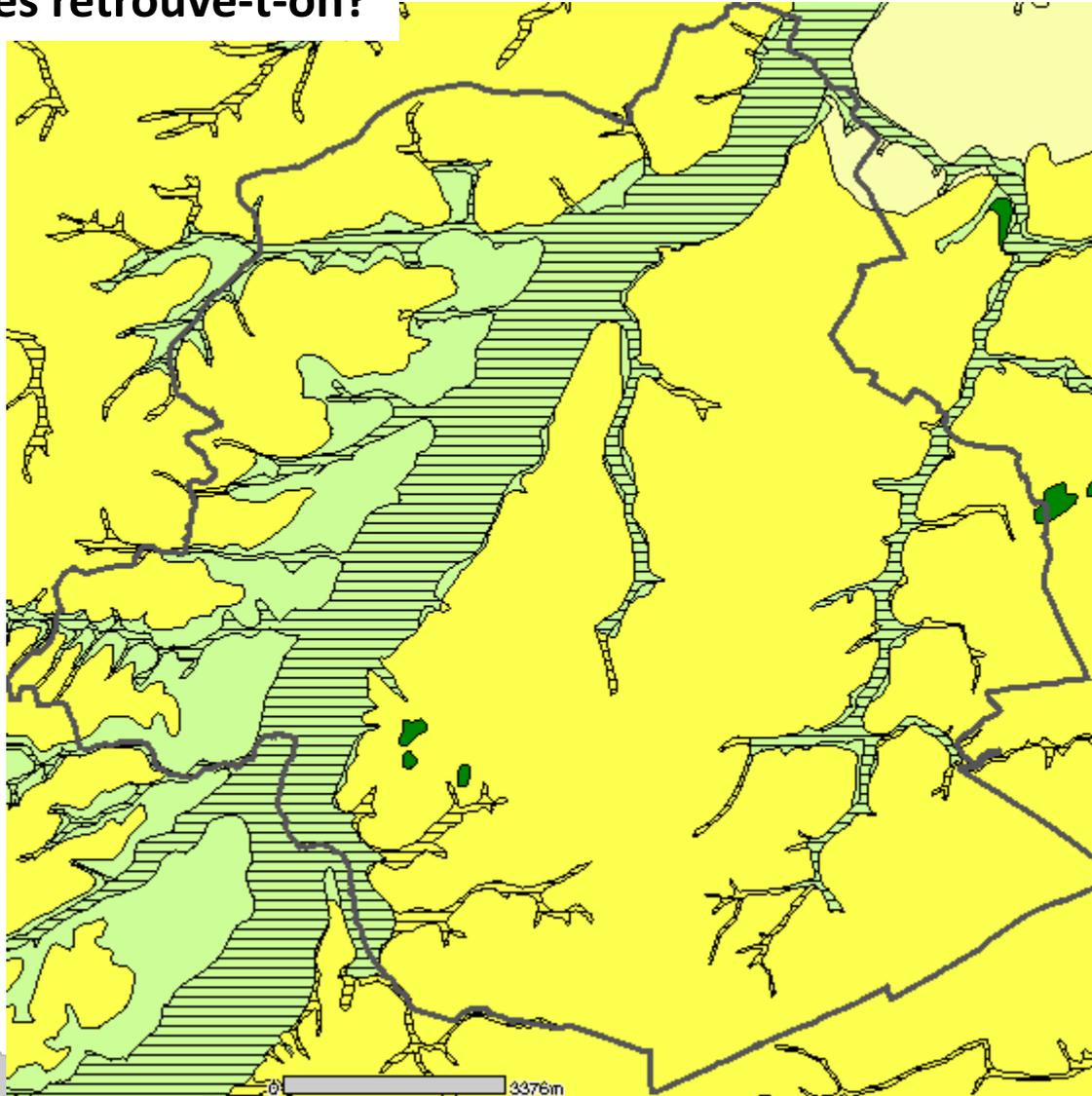
Limons de plateaux et versants:

- ° **Recouvre** et « adoucit » **tout le relief tertiaire** (sauf en vallée de Senne) avec une épaisseur plus importante sur le versant occidental (jusqu'à 16 m)
- ° Sur le plateau, présence plus sporadique (0 à 6 m)



Les dépôts quaternaires à Bxl – Etat des lieux

Où les retrouve-t-on?

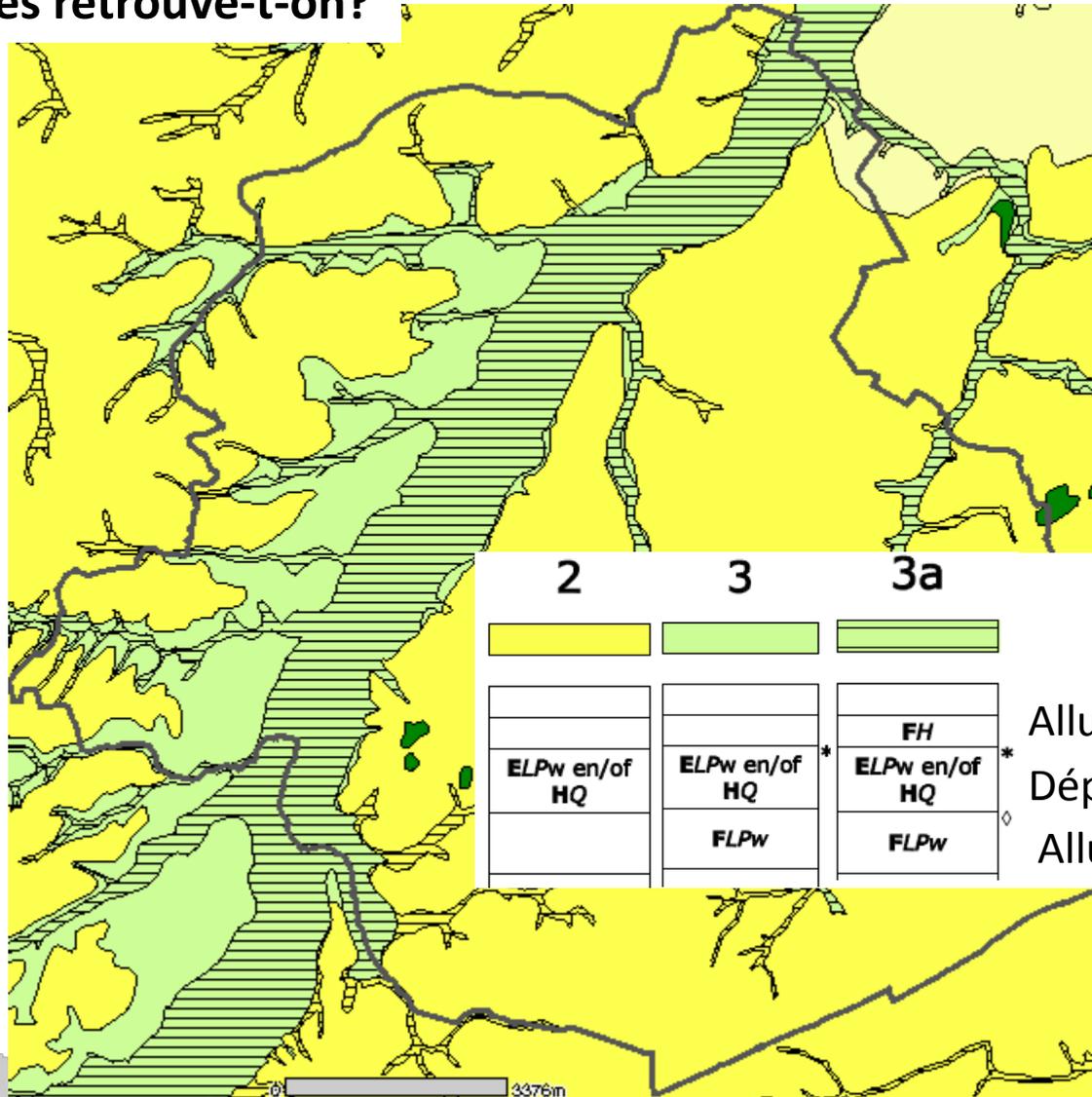


Source: DOV



Les dépôts quaternaires à Bxl – Etat des lieux

Où les retrouve-t-on?

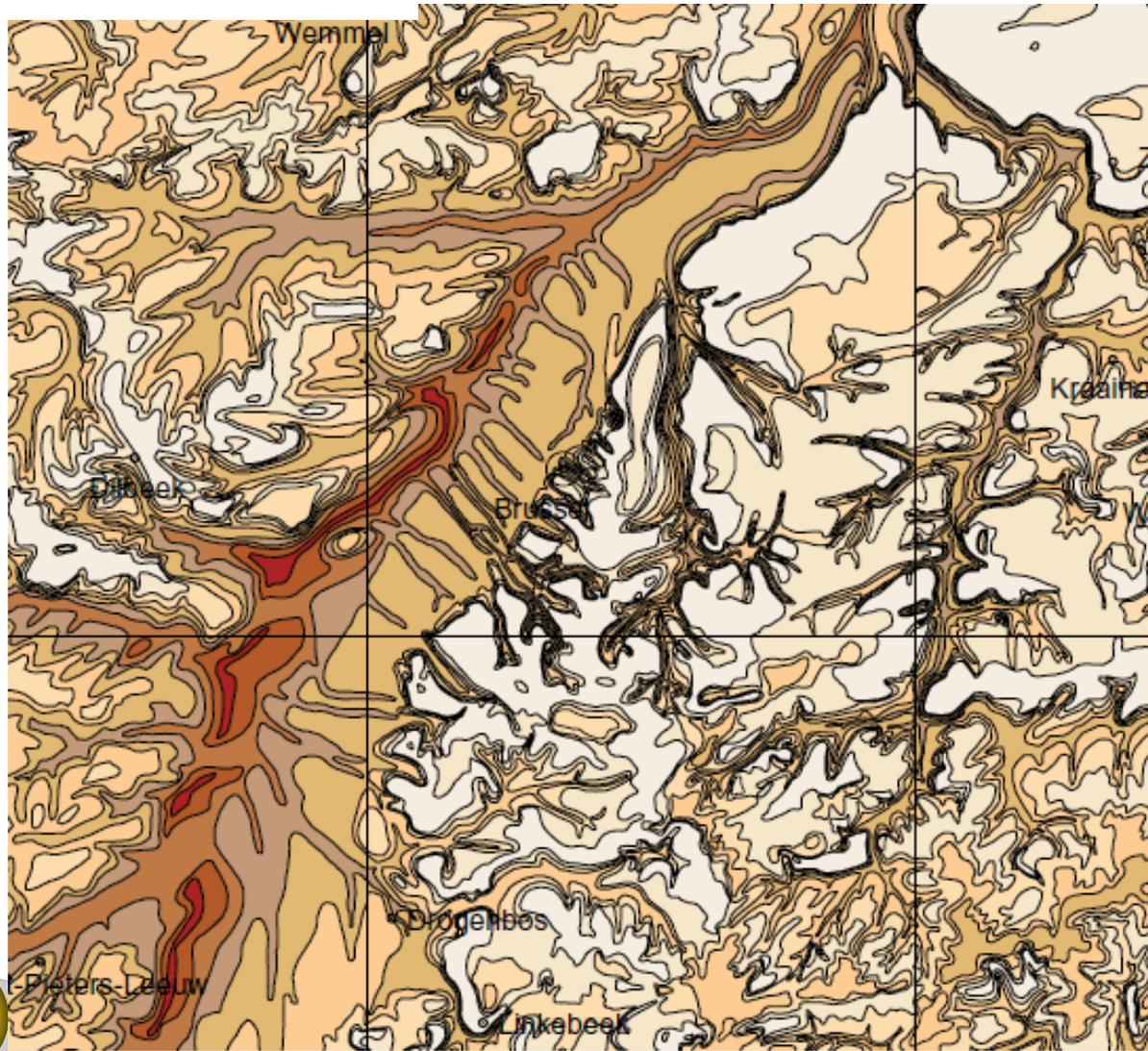


Source: DOV



Les dépôts quaternaires à Bxl – Etat des lieux

Où les retrouve-t-on?

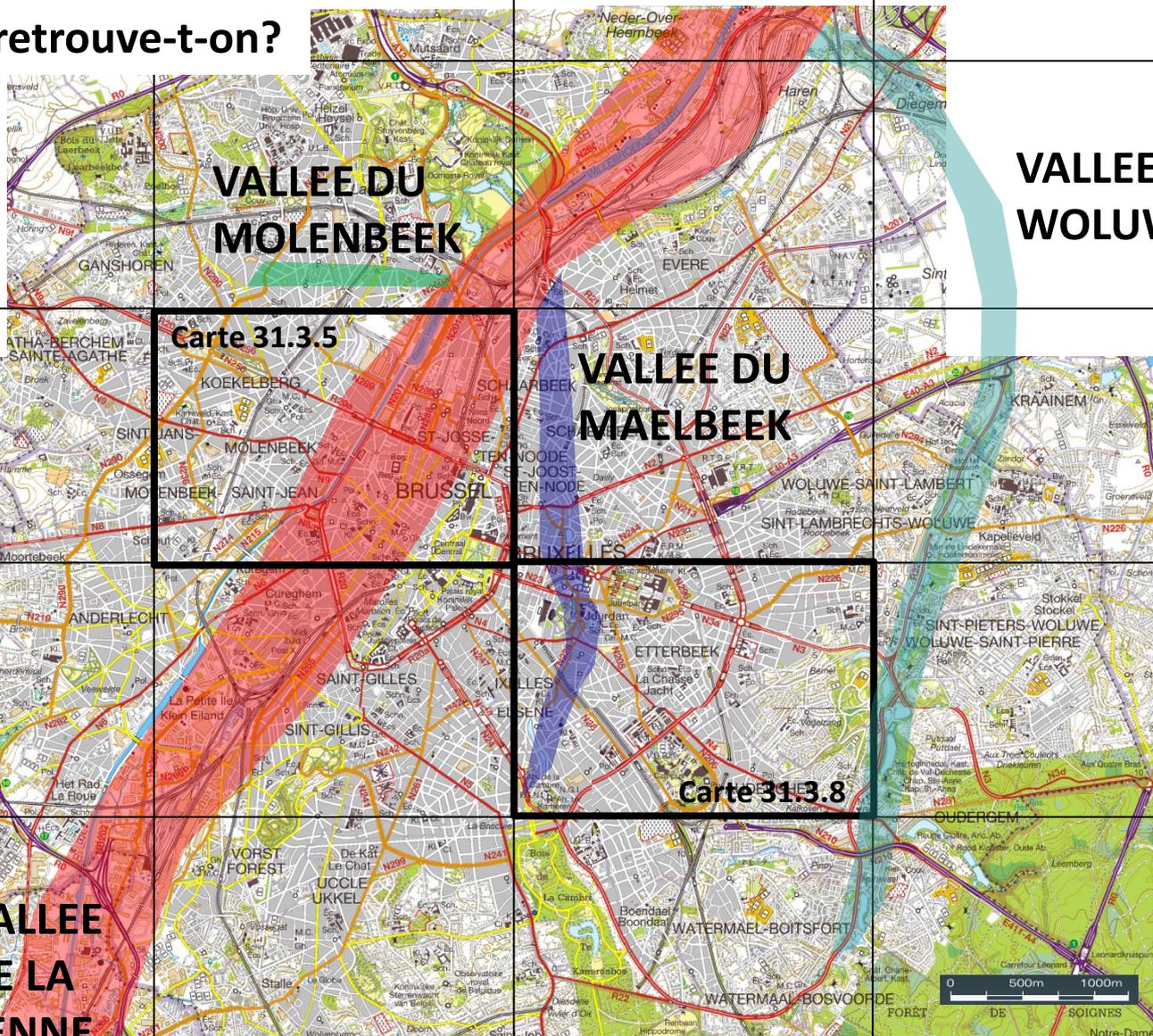


Source: DOV



Les dépôts quaternaires à Bxl – Etat des lieux

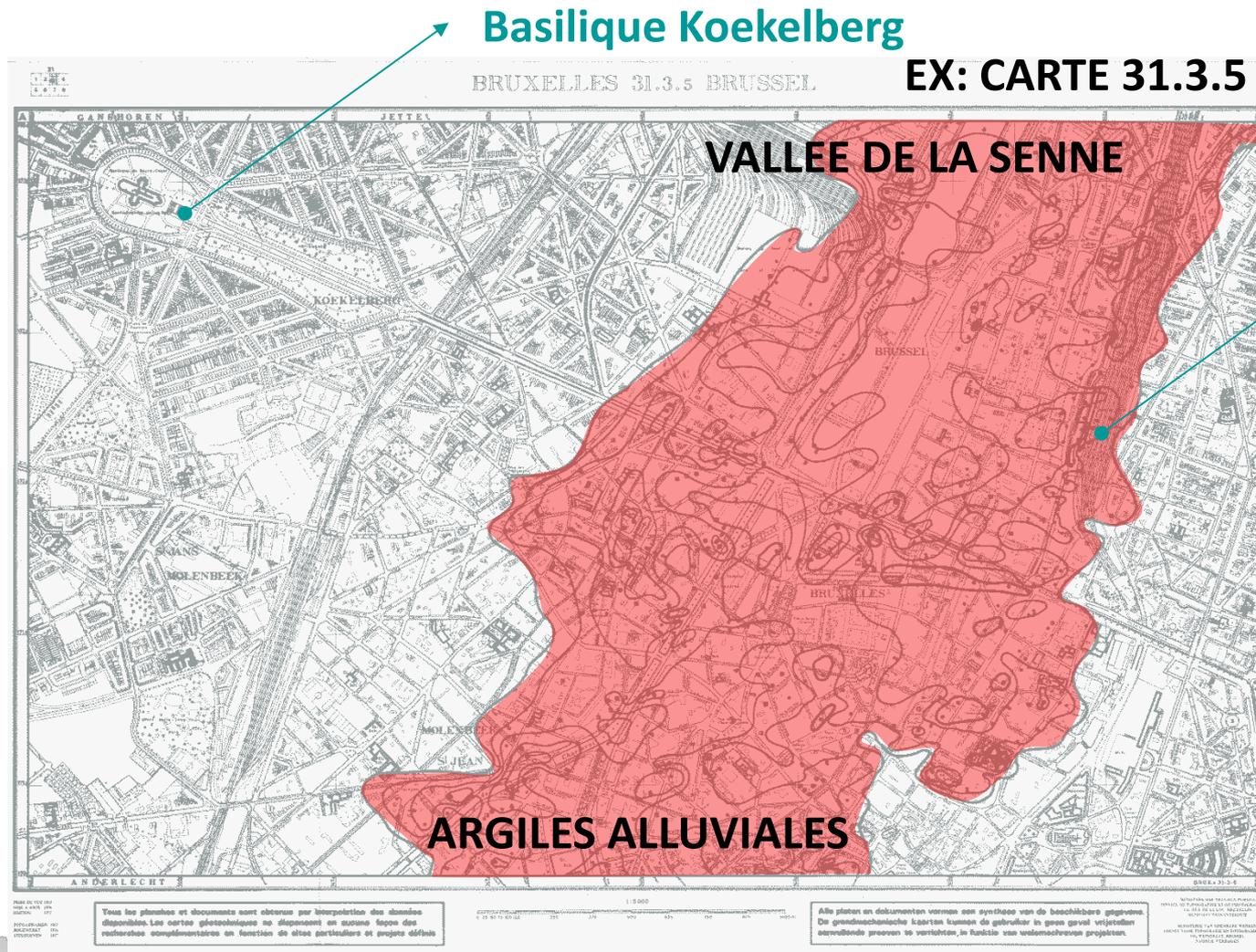
Où les retrouve-t-on?



**VALLEE
DE LA
SENNE**

Les dépôts quaternaires à Bxl – Etat des lieux

Où les retrouve-t-on? - VALLEE DE LA SENNE



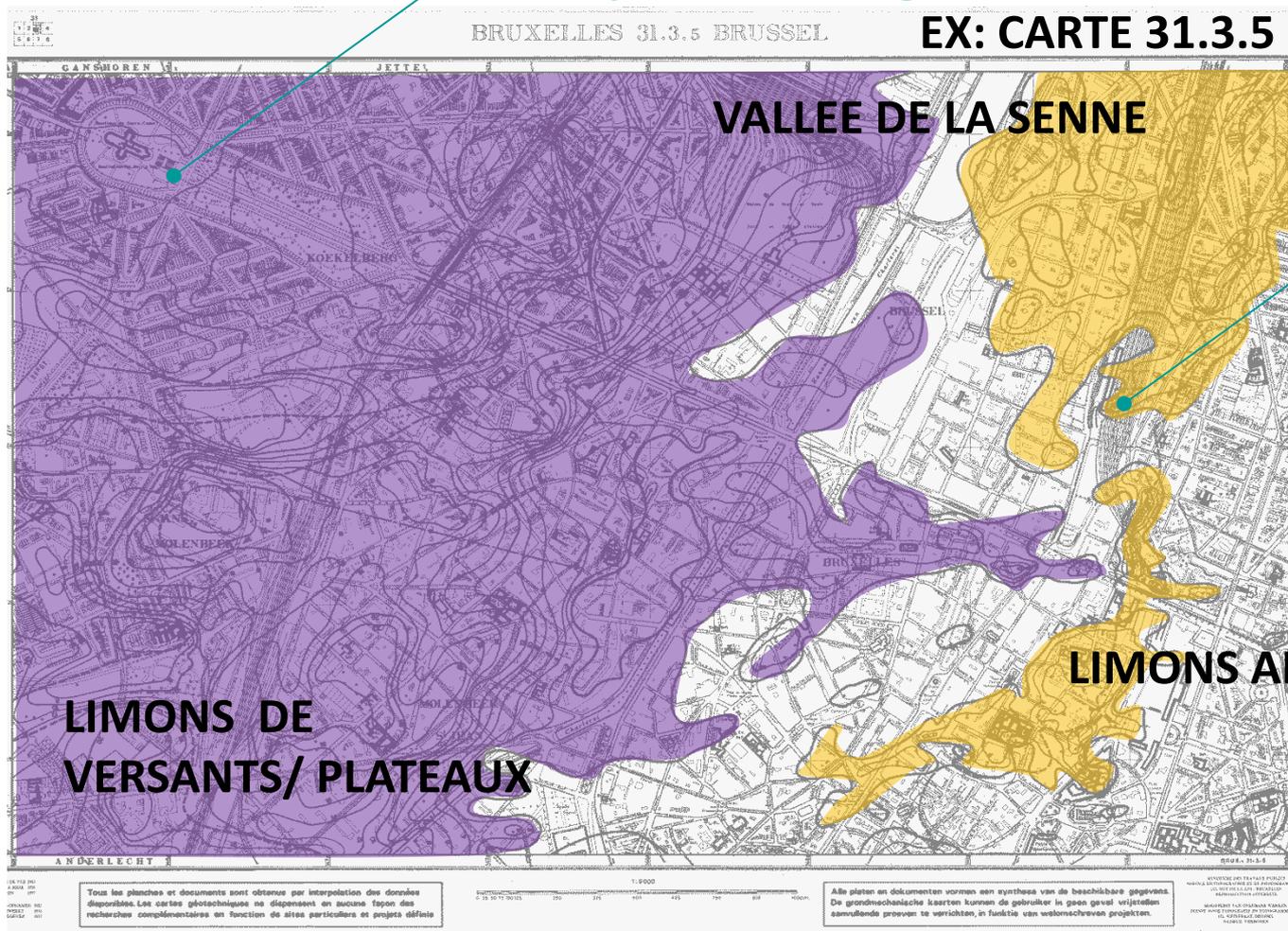
Source: Carte géotechnique Bxl



Les dépôts quaternaires à Bxl – Etat des lieux

Où les retrouve-t-on? - VALLEE DE LA SENNE

Basilique Koekelberg



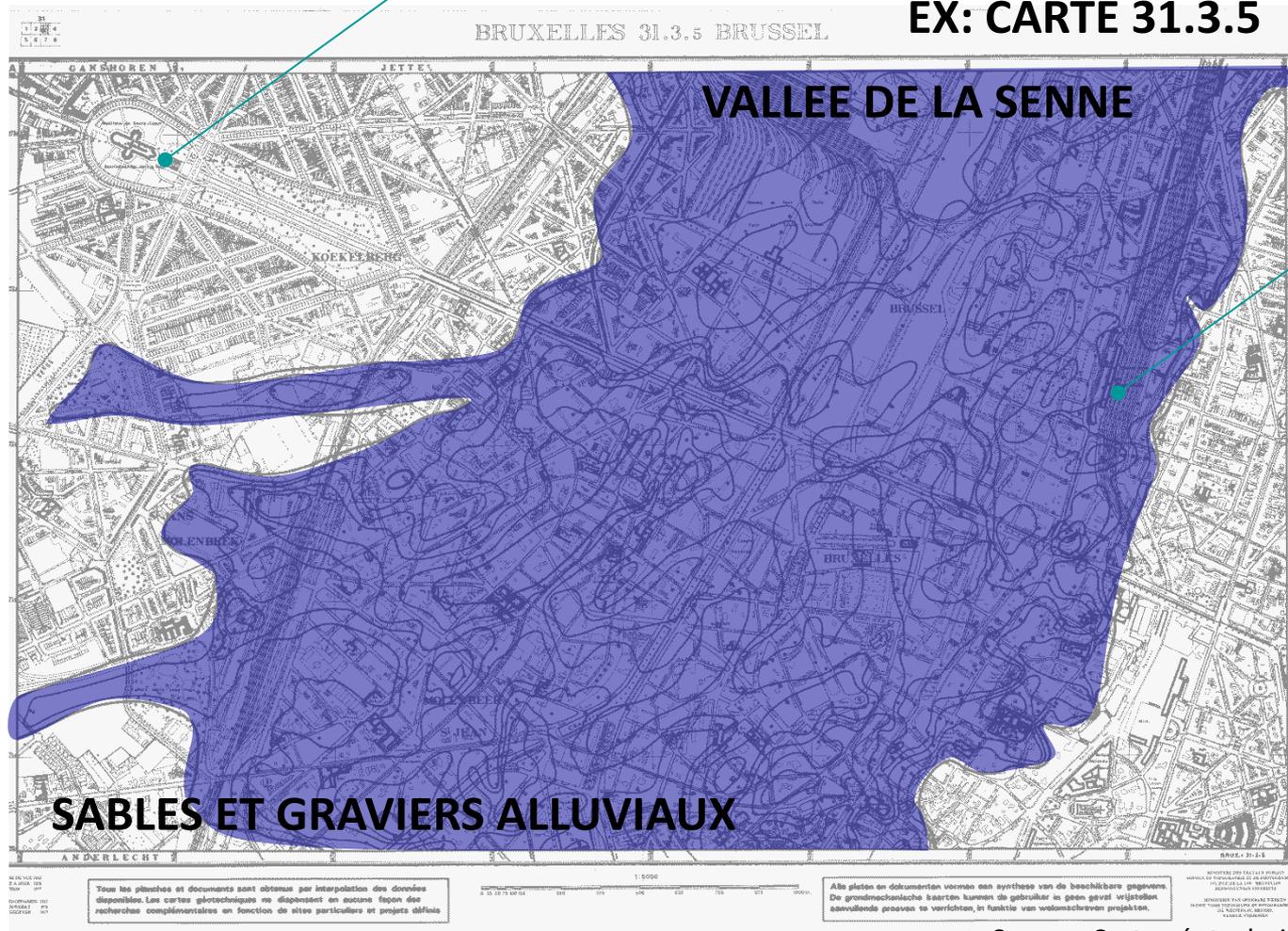
Source: Carte géotechnique Bxl

Les dépôts quaternaires à Bxl – Etat des lieux

Où les retrouve-t-on? - VALLEE DE LA SENNE

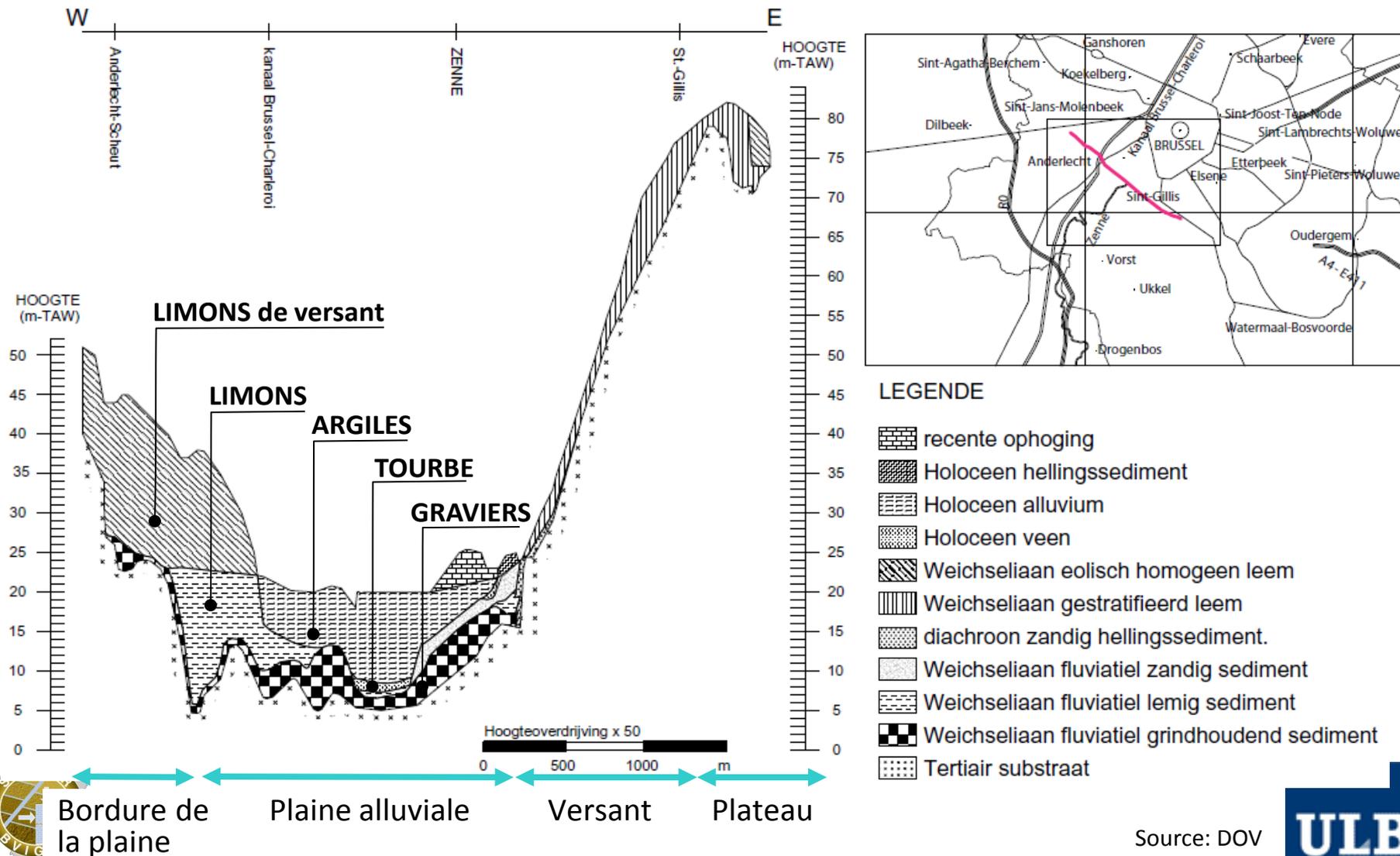
Basilique Koekelberg

EX: CARTE 31.3.5



Les dépôts quaternaires à Bxl – Etat des lieux

Où les retrouve-t-on? - VALLEE DE LA SENNE



Source: DOV

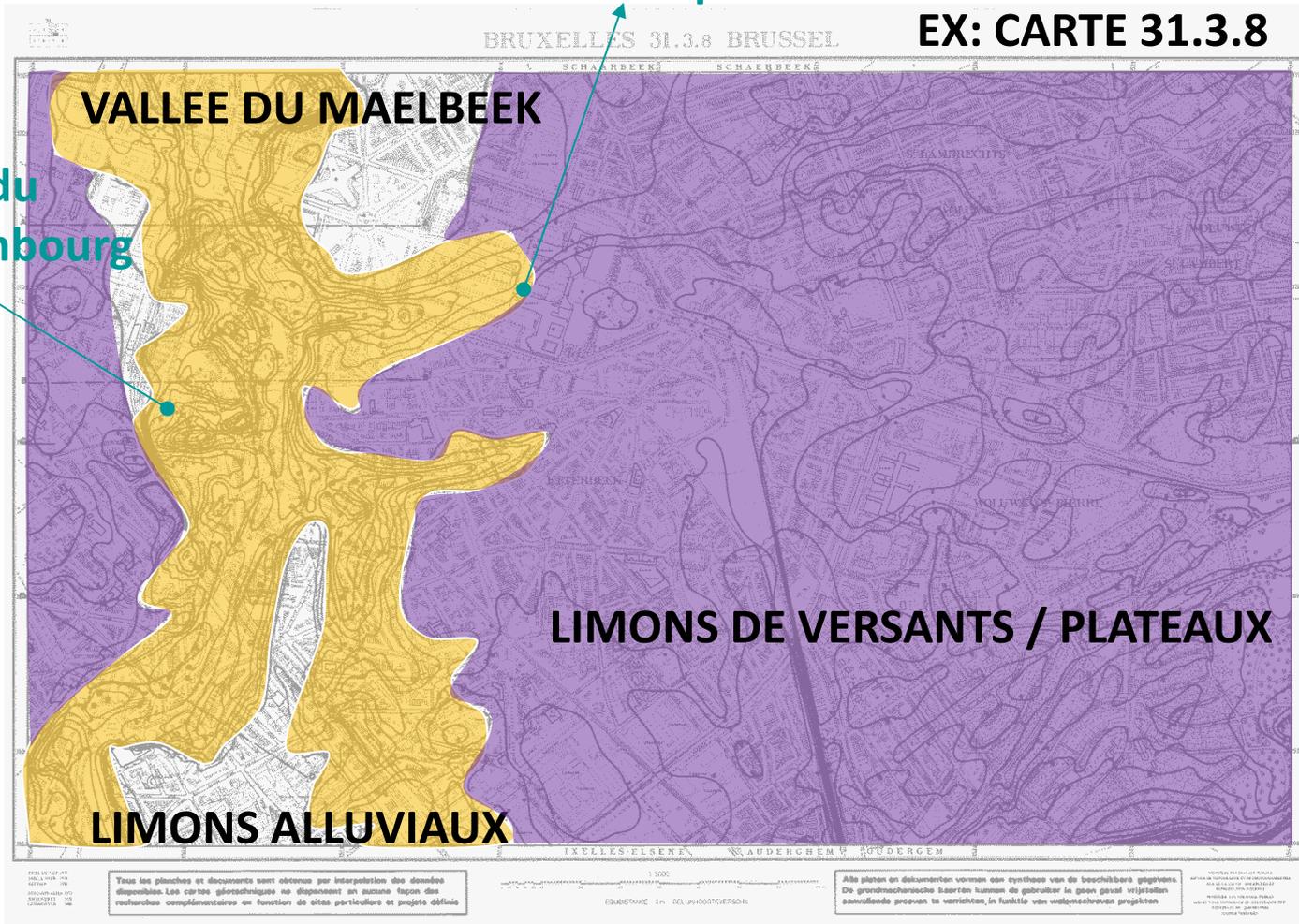
Les dépôts quaternaires à Bxl – Etat des lieux

Où les retrouve-t-on? - VALLEE DU MAELBEEK

Cinquantenaire

EX: CARTE 31.3.8

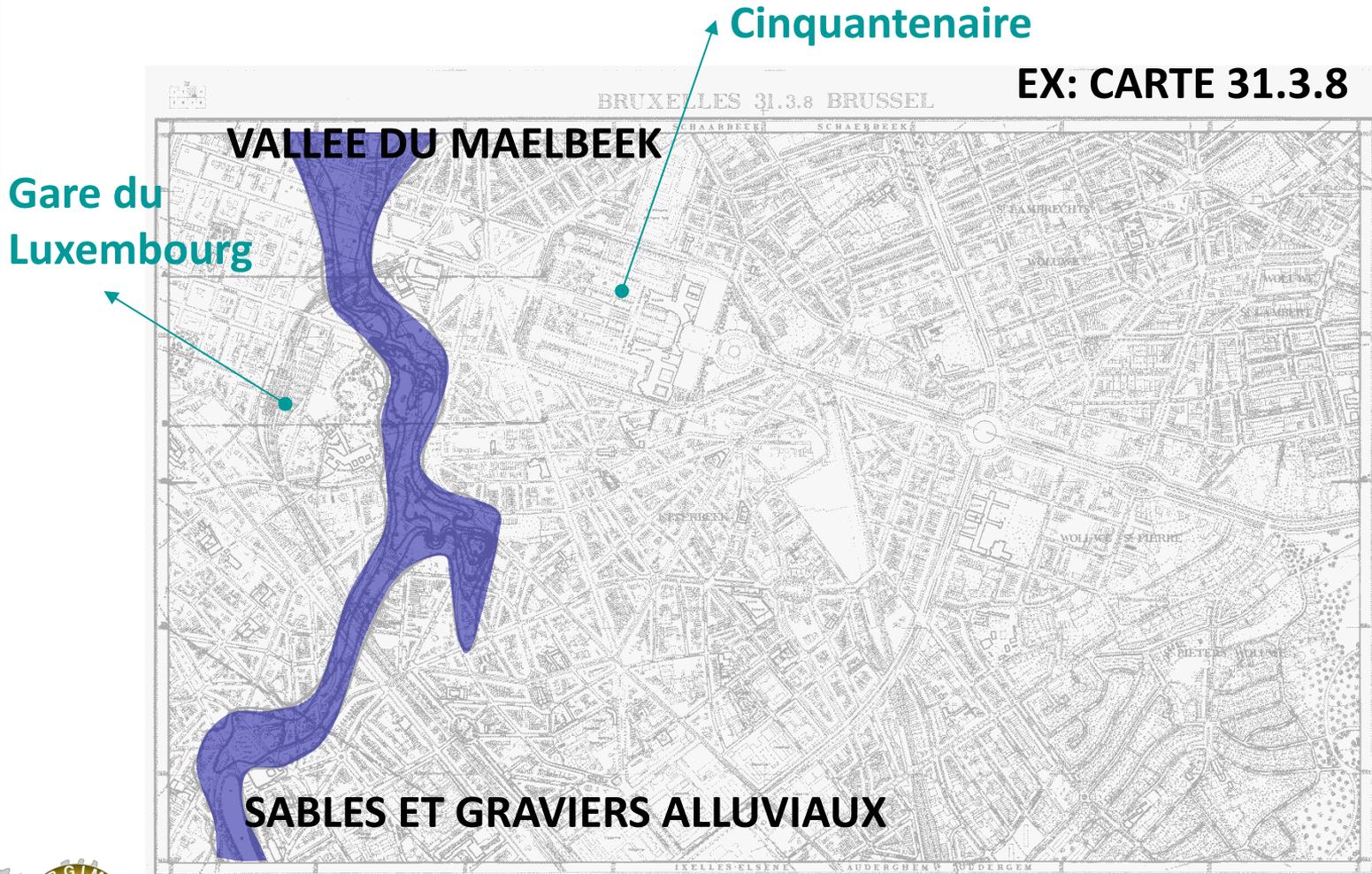
Gare du Luxembourg



Source: Carte géotechnique Bxl

Les dépôts quaternaires à Bxl – Etat des lieux

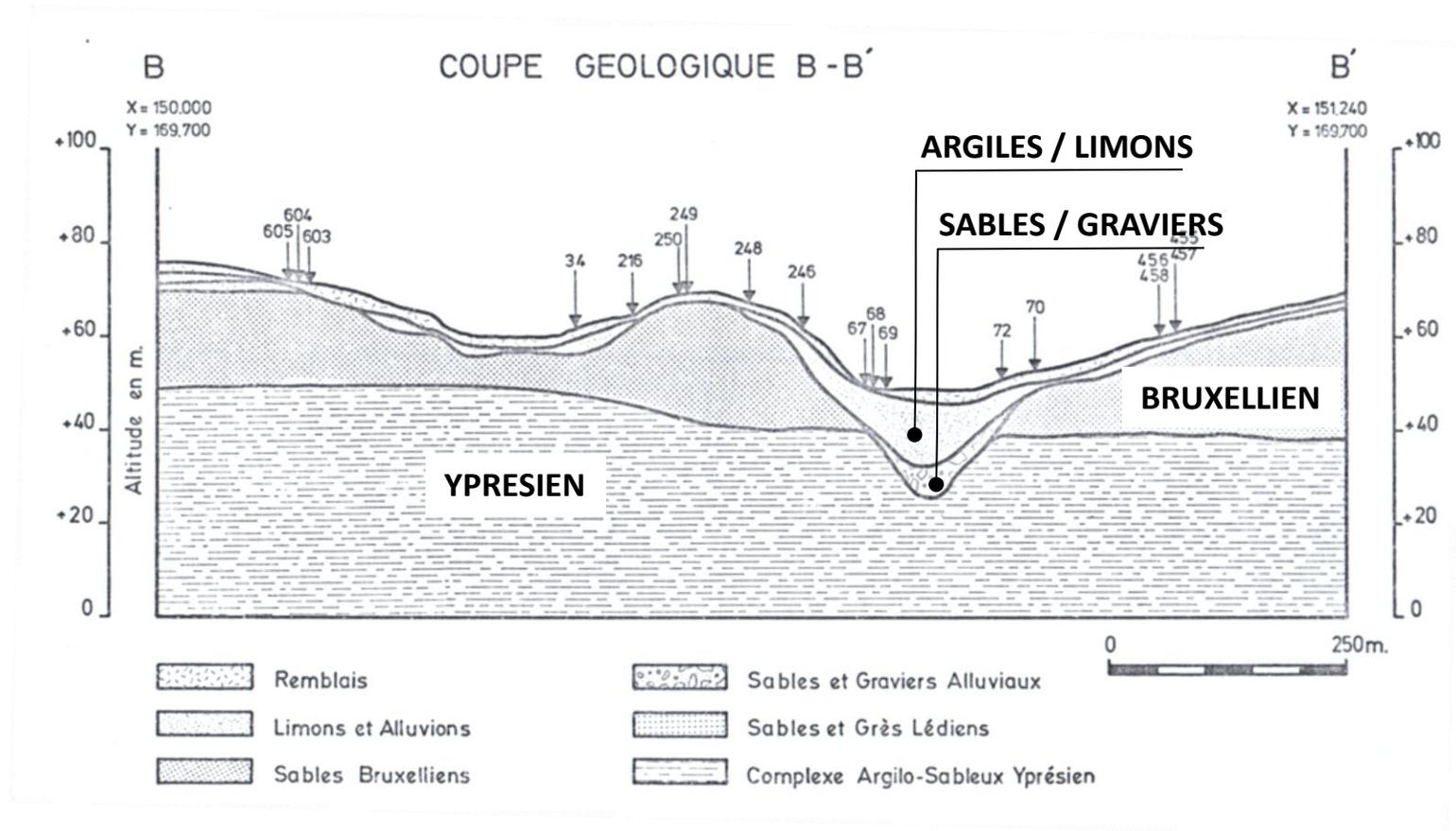
Où les retrouve-t-on? - VALLEE DU MAELBEEK



Source: Carte géotechnique Bxl

Les dépôts quaternaires à Bxl – Etat des lieux

Où les retrouve-t-on? - VALLEE DU MAELBEEK

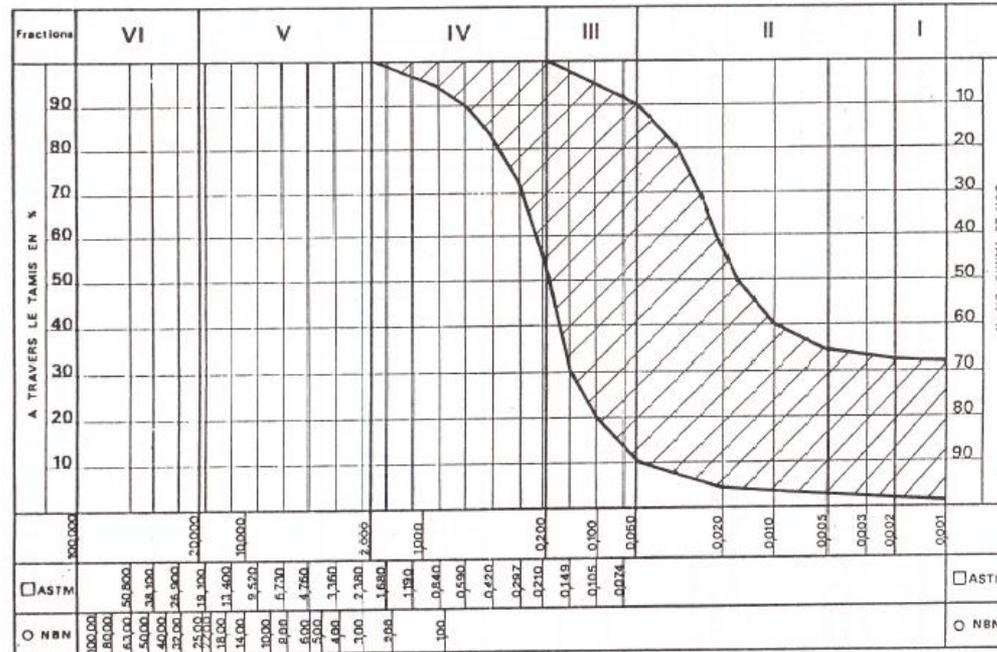


Argiles alluviales de la Senne

COURBES GRANULOMETRIQUES

ARGILES ALLUVIALES

31, 3, 5, (30 échantillons)



$c' : 0 \text{ à } 34 \text{ kPa}$
 $\phi' : 20 \text{ à } 36^\circ$

Class. : CH, CL

Caractéristiques géomécaniques

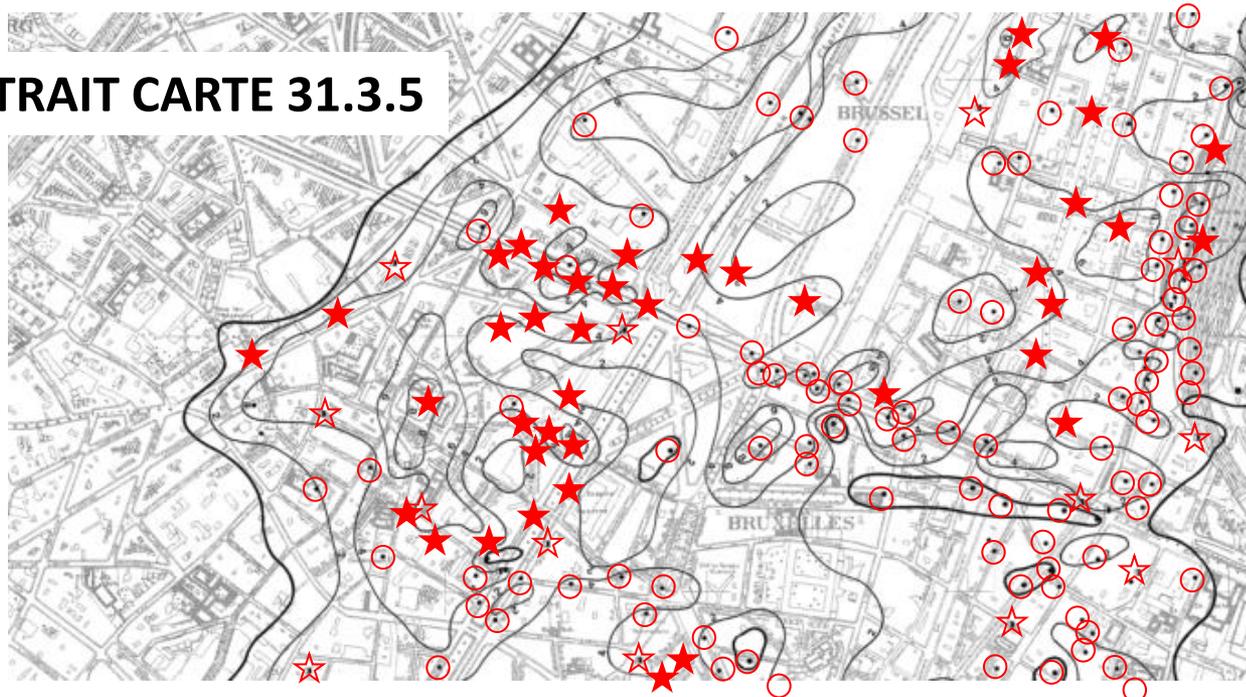
	w (%)	n (%)	w _L (%)	I _p (%)	M.O. (%)	γ (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	k (m/s)
Max	58.6	51.5	96.2	69	14.4	19.6	16.25	6.8 10⁻⁸
Min	20.3	37.5	18.3	3.6	0.2	14.9	9.41	7.5 10⁻¹⁰



Source: Carte géotechnique Bxl

Argiles alluviales tourbeuses de la Senne

EXTRAIT CARTE 31.3.5



- ★ Poches de tourbe
- ☆ Poches d'argile tourbeuse
- Pas de traces de tourbe

Caractéristiques géomécaniques

	w (%)	n (%)	w _L (%)	I _p (%)	M.O. (%)	γ (kN/m ³)	γ _d (kN/m ³)	k (m/s)
Max	323.4	87	308	129.3	77.5	14.41	7.75	1.0 10 ⁻⁸
Min	85.3	70	159.5	71.8	18.8	8.83	2.06	6.0 10 ⁻¹⁰

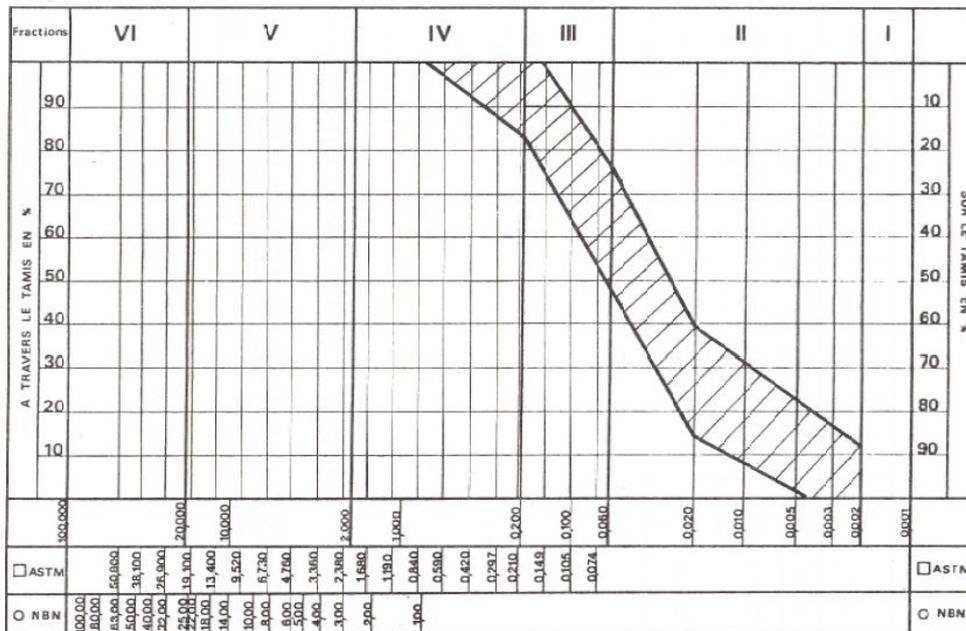


Source: Carte géotechnique Bxl

Limons alluviaux

COURBES GRANULOMETRIQUES

LIMONS ALLUVIAUX
(31.3.7 et 31.3.5 - 8 échantillons)



$c' \approx 22 \text{ kPa}$

$\phi' \approx 33^\circ$

Class. : CL, ML-OL, CL-OL

Caractéristiques géométriques

	w (%)	n (%)	w _L (%)	I _p (%)	M.O. (%)	γ (kN/m ³)	γ _d (kN/m ³)	k (m/s)
Max	29	44	62	31	4.7	20.6	17.1	1.9 10 ⁻⁷
Min	20	35	23	5	0.1	19.1	14.8	5.7 10⁻¹⁰



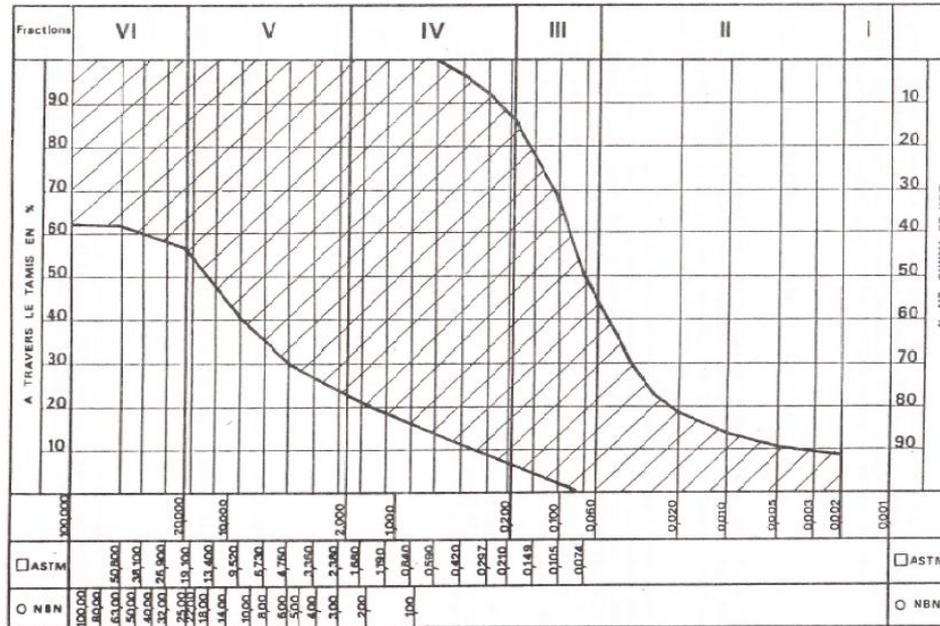
Source: Carte géotechnique Bxl

Sables et graviers alluviaux

COURBES GRANULOMETRIQUES

SABLES ET GRAVIERS ALLUVIAUX

(31.37 et 31.35 : 77 échantillons)



$c' : 4 \text{ à } 39 \text{ kPa}$

$\phi' : 29^\circ \text{ à } 36^\circ$

Class. : SF, SC/SF, CL, ML

Caractéristiques géomécaniques

	w (%)	n (%)	w _L (%)	I _p (%)	M.O. (%)	γ (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	k (m/s)
Max	40.6	53	44	17.4	2.7	21.35	18.4	8 10⁻⁴
Min	14	30.5	10	0.5	0.1	17.5	12.45	9 10⁻⁸



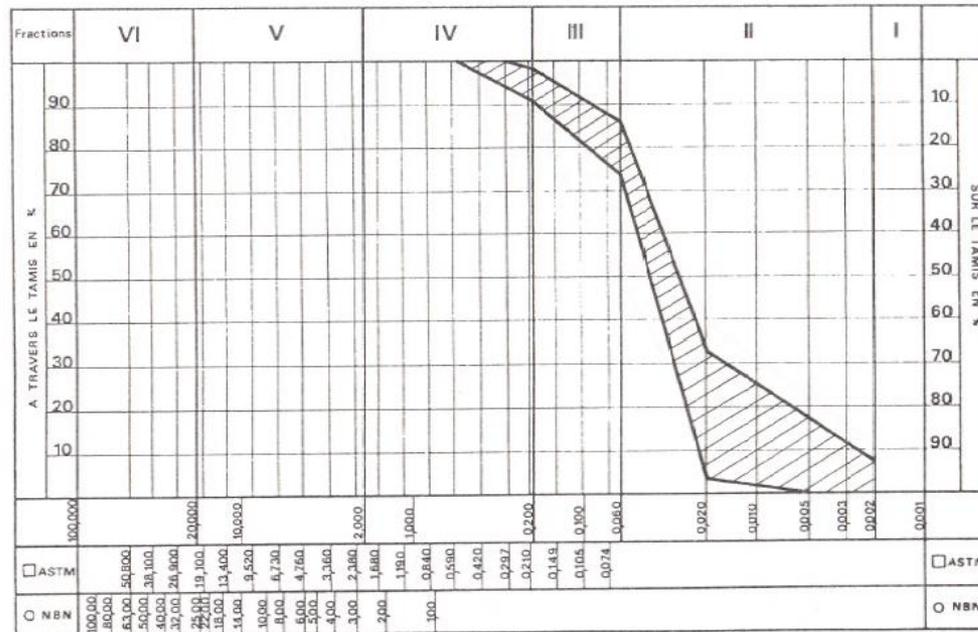
Source: Carte géotechnique Bxl

Limons de plateau et versants

COURBES GRANULOMETRIQUES

LIMONS DE PLATEAUX ET DE VERSANTS

(4 échantillons)



$c' : 0 \text{ à } 35 \text{ kPa}$
 $\phi' : 31^\circ \text{ à } 38^\circ$

Class. : CL, ML, SF

Caractéristiques géomécaniques

	w (%)	n (%)	w _L (%)	I _p (%)	M.O. (%)	γ (kN/m ³)	γ _d (kN/m ³)	k (m/s)
Max	21	49.1	28	11	0.2	20.8	18.7	1.6 10⁻¹⁰
Min	11	29.3	15	4.8	0.1	15.3	13.5	



Source: Carte géotechnique Bxl

Profil CPT type

VALLEE DE LA SENNE GARE DU NORD

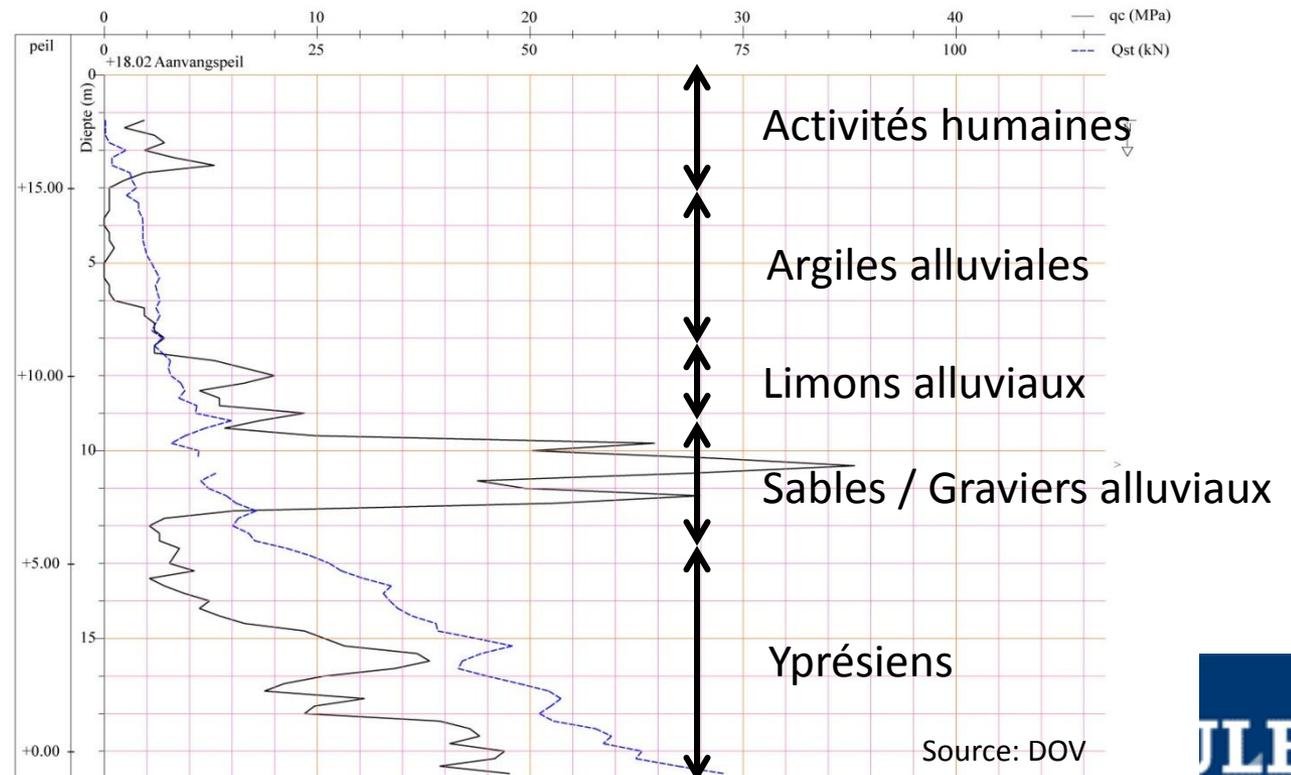


Sondering GEO-44/360-SVI (N)

Sondering

Proefnummer: GEO-44/360-SVI (N)
X (mLambert): 149430.0 (van topokaart)
Y (mLambert): 172241.0 (van topokaart)
Z (mTAW): 18.02 (methode onbekend)
Gemeente: SCHAARBEEK
Uitvoerder: Rijksinstituut voor Grondmechanica

Aanvangsdatum: 15/01/1945
Uitvoeringsmethode: discontinu mechanisch
Sondeerapparaat: 100KN
Conus: M4 (1000 mm²)
Diepte (m): 1.20 tot 18.60
Water op (m): 3.04 (14.98 mTAW)



Quelques pièges ...



Talus provisoires dans les limons de plateau



Etonnamment stable ...

mais ...

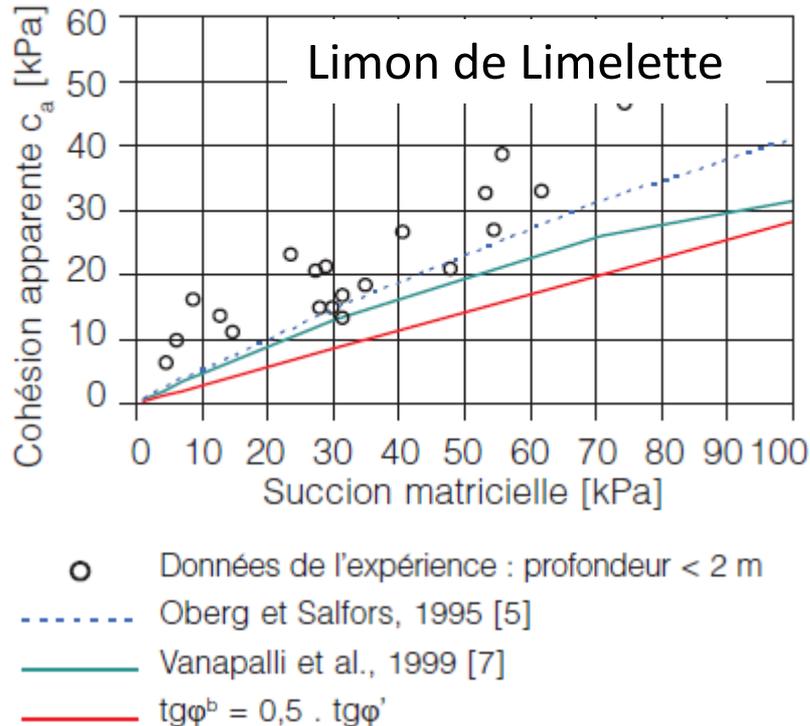


Source: Dossiers du CSTC, N°2/2010, Whenham et al.

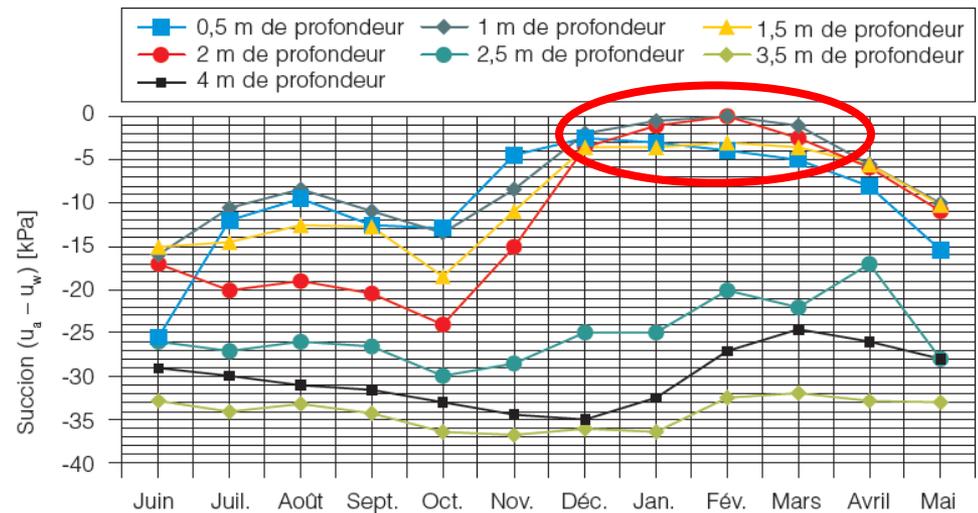


Talus provisoires dans les limons

Merci à la cohésion capillaire ...



... qui peut disparaître suite aux précipitations



Précautions:

Bâches, suivi de l'évolution de la succion, drainage

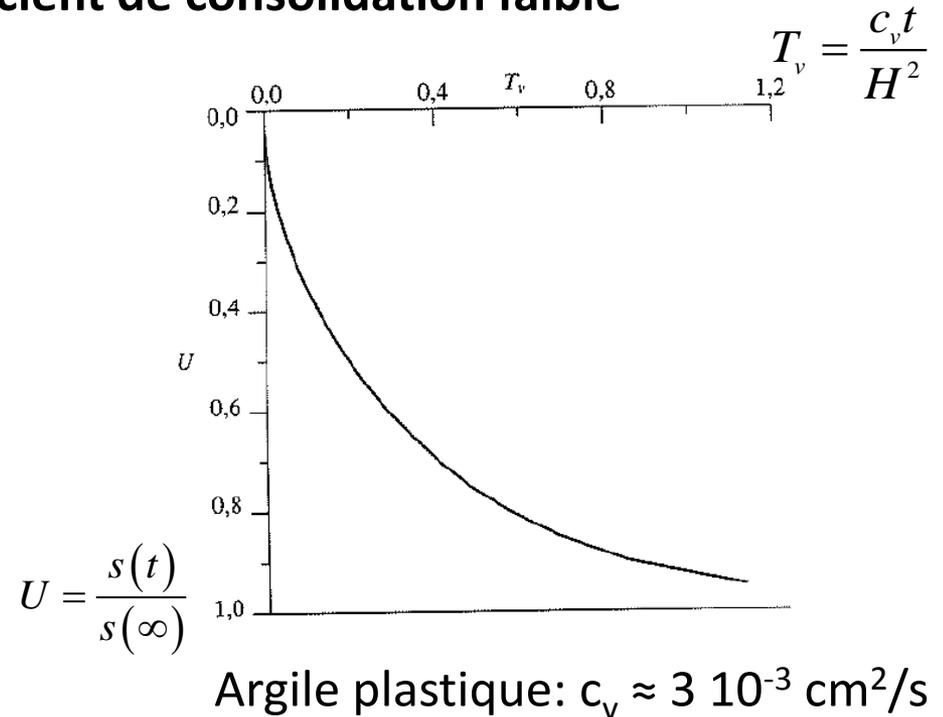
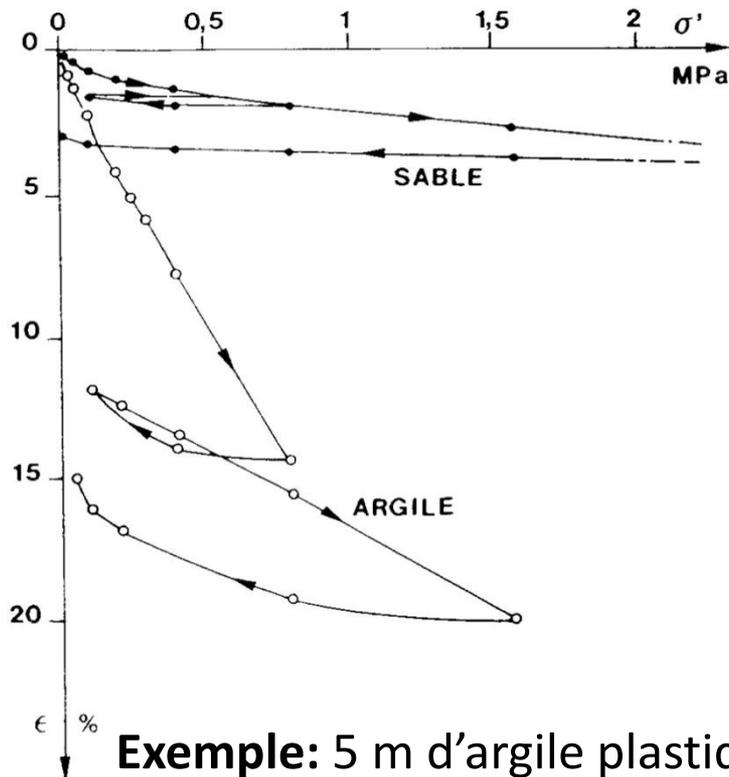
Source: Dossiers du CSTC, N°2/2010, Whenham et al.



Déformations différées

Consolidation primaire

Argile: Compressible élevée et coefficient de consolidation faible



Exemple: 5 m d'argile plastique drainé haut et bas avec $\sigma_v = 500 \text{ kPa}$

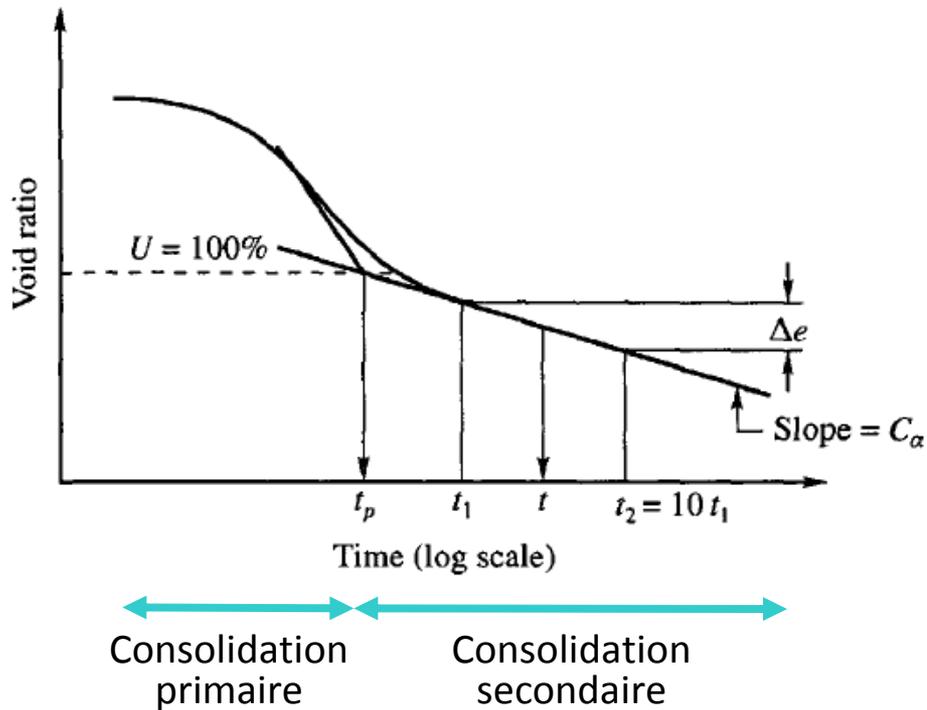
→ **Tassement ≈ 10 à 50 cm**

→ Temps de consolidation : **90% du tassement ≈ 9 mois**
99% du tassement ≈ 1.5 an



Déformations différées

Consolidation secondaire (fluage)



Values of secondary consolidation coefficient for various soils (after Mesri and Godlewski, 1977).

Type of soil	C_α/C_c
Whangamarino clay	0.03–0.04
Norfolk organic silts	0.03
Calcareous organic silt	0.035–0.06
Amorphous and fibrous peat	0.035–0.083
Canadian Muskeg	0.09–0.10
Leda clay (Canada)	0.03–0.06
Peat	0.075–0.085
Post glacial organic clay	0.05–0.07
Soft blue clay	0.026
Organic clays and silts	0.04–0.06
Sensitive clay, Portland	0.025–0.055
San Francisco Bay Mud	0.04–0.06
New Liskeard varved clay (Canada)	0.03–0.06
Mexico City clay	0.03–0.035
Hudson River silt	0.03–0.06
New Haven organic clay silt	0.04–0.075

$$\frac{\Delta h_{\text{sec}}}{h} = C_\alpha \log \left(\frac{t_2}{t_1} \right)$$

Exemple: 5 mètres d'argile tourbeuse
 $C_\alpha \approx 0.015$; de 1 an à 1 siècle
Tassement secondaire ≈ 15 cm



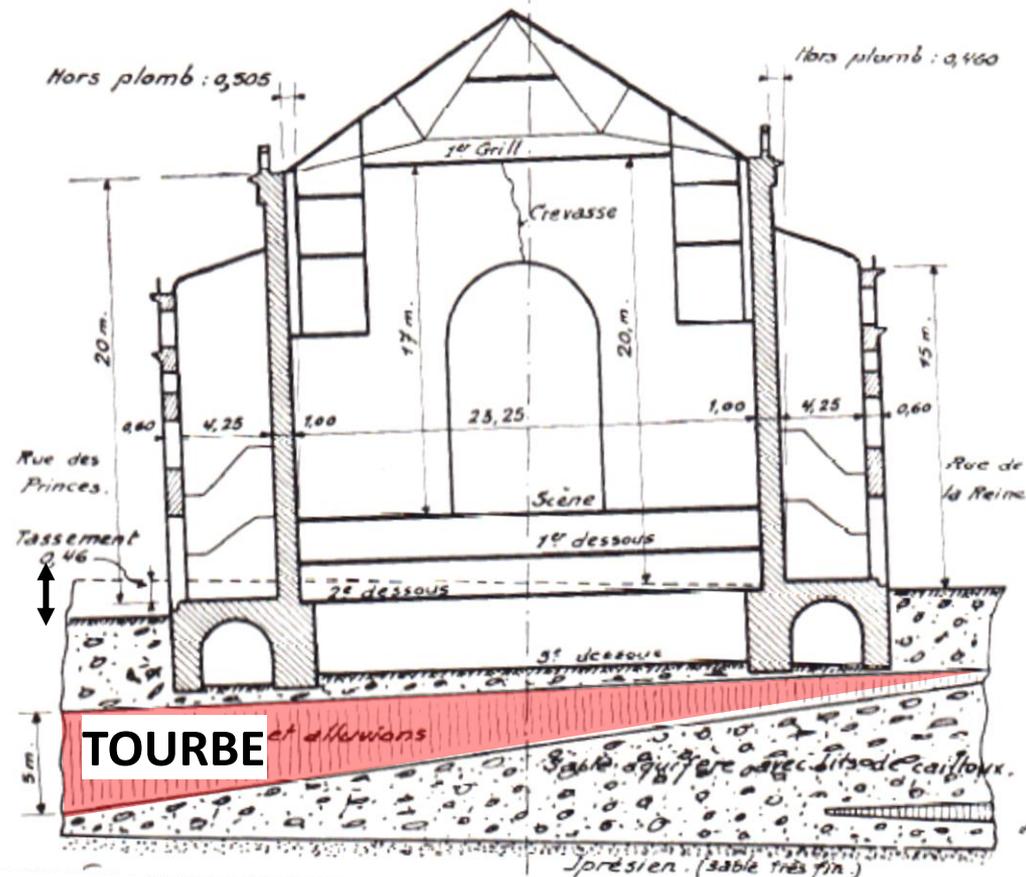
Déformations différées

Consolidation secondaire (fluage)

Théâtre Royal de la Monnaie à Bruxelles

Coupe transversale dans la scène.

Situation actuelle.



46 cm de tassement différentiel



Dépôts quaternaires - Conclusions

1. **Les matériaux meubles de fond de vallée (alluvions)** ont des caractéristiques géotechniques très variables:

- **Argiles / limons saturés en eau**

- Perméabilité très faible → Difficulté de rabattement
- Résistance mécanique faible → Très faible portance
- Coefficient de consolidation faible → Déformations différées
- Présence de tourbe → Fluage

- **Sables / graviers**

- Meilleures portances
- Rabattement plus aisé
- Epaisseur souvent plus limitée

2. Les propriétés des **limons de plateaux** dépendent fortement de la présence d'eau.

- **Sec:** très bonne résistance
- **Saturé en eau:** Très difficile à travailler

