

Le Lédien et le Bruxellien



Yves RAMMER, ULB

yrammer@ulb.ac.be

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



PLAN

1. Introduction
2. Géotechnique
3. Le bâtiment « C »
4. Carte géotechnique
5. Les problèmes
6. Conclusions

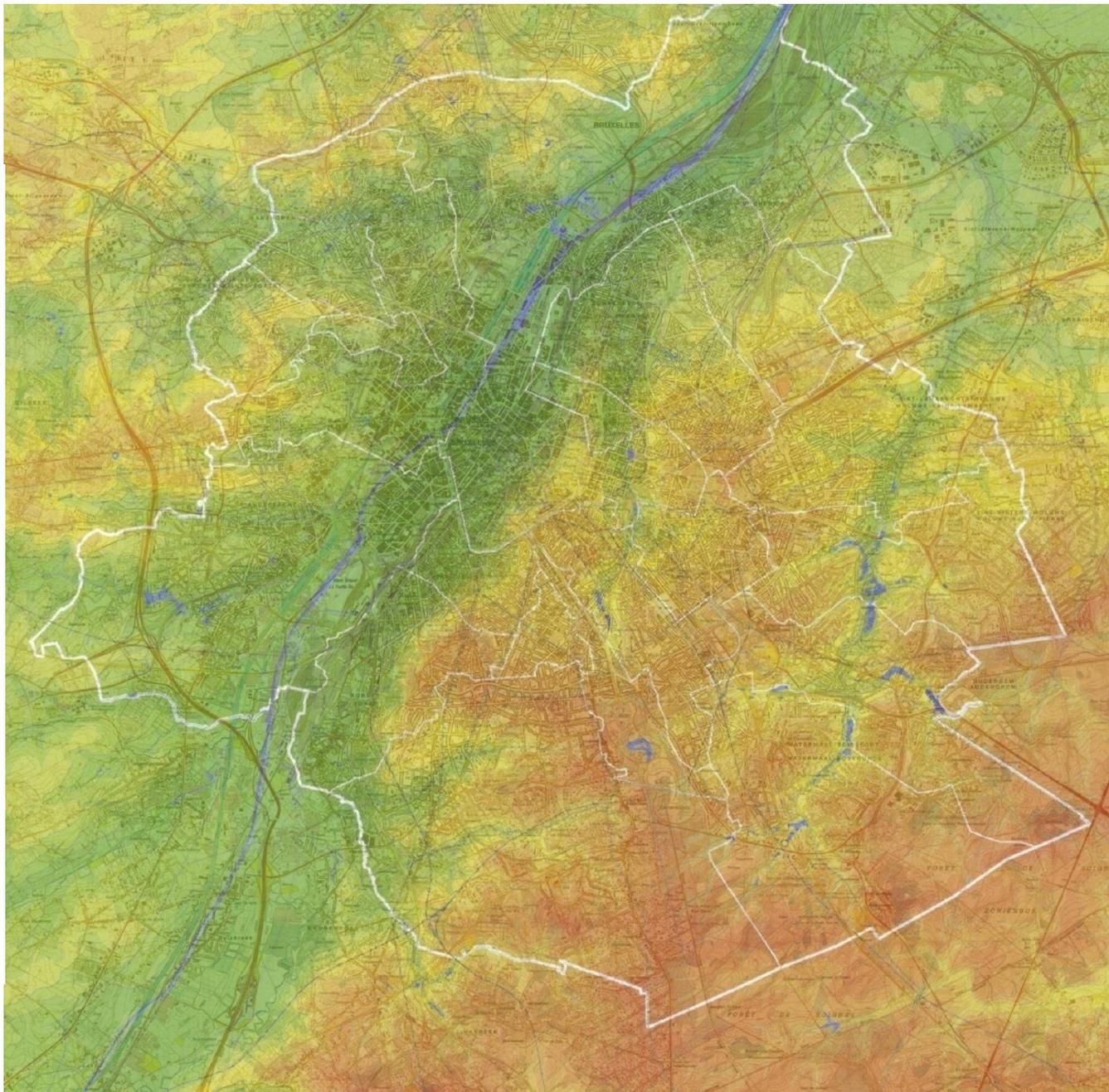
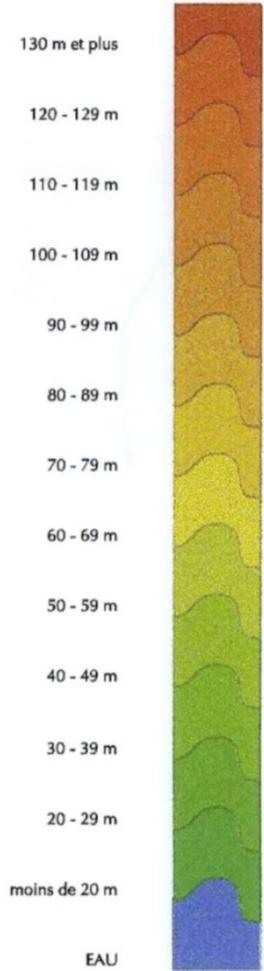


1. Introduction

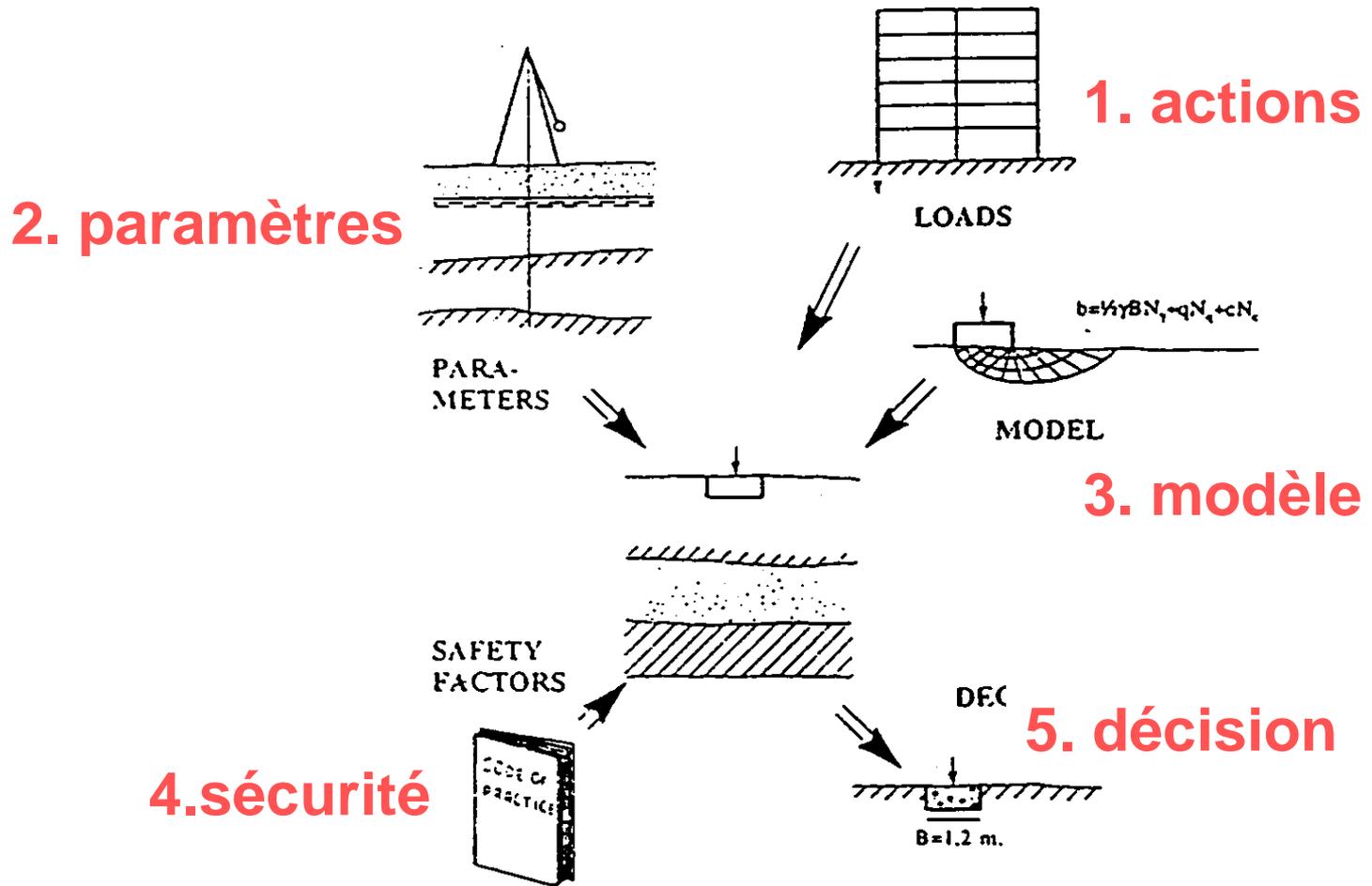
AGE (MA)	ERE Tertiaire	systèmes, périodes	séries, sous-systèmes, époques	ETAGES	Sous-étages et autres dénominations			
					autres noms			anciens noms
->28		Paléogène	Oligocène	Chattien				
				Rupélien R	Stampien	Stampien s.str.		
->33.7						Sannoisien		
				Eocène	sup.	Priabonien	Ludien	Lattorfien
->37								
			Bartonien			Marinésien		(Wemmélien) We
->40							(Auversien)	(Lédien) Le
			Lutétien				(Laekenien) Lk	
->46								Bruxellien B
->53			inf.	Yprésien Y	Cuisien	Sparnacien	Llierdien	
	Paléocène		Thanétien			Landénien L		
			Sélanien	Montien	Vitrollien	(Garumnien)	(Heersien) Hs	
->65.5			Danien				Montien Mn	

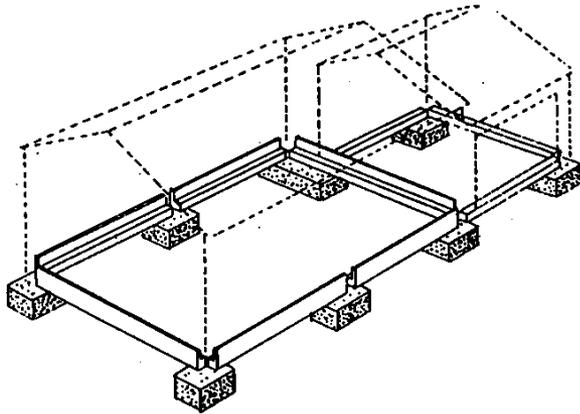


**Bruxellien
Lédien**

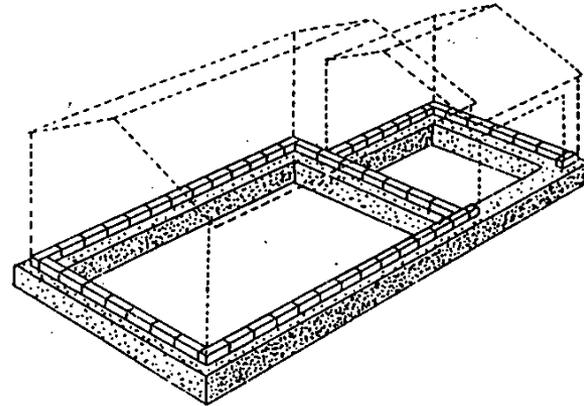


2. Géotechnique

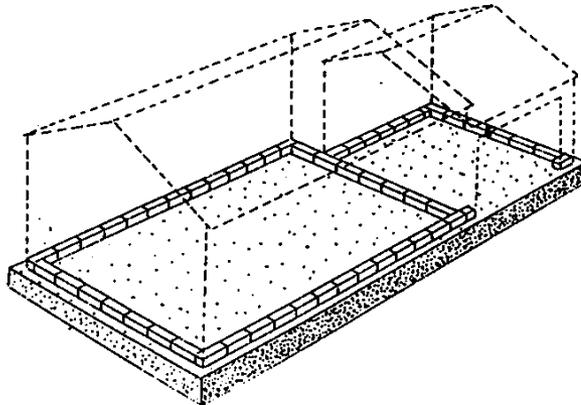




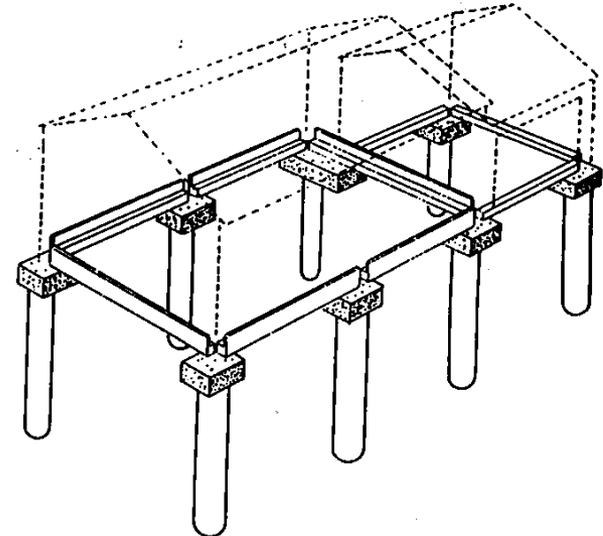
Semelles de fondation isolées ou plots.



Semelles de fondation continues.



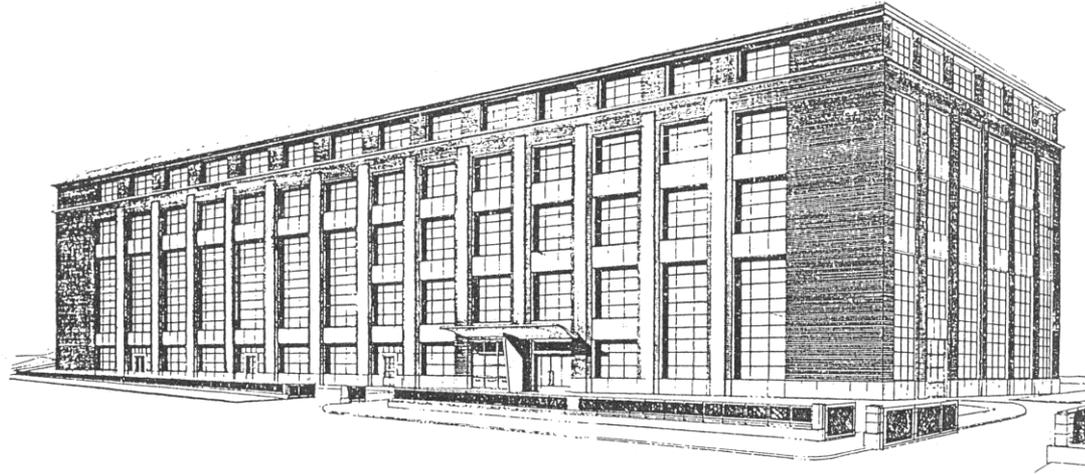
- Radier général.



- Pieux ou puits de fondation.



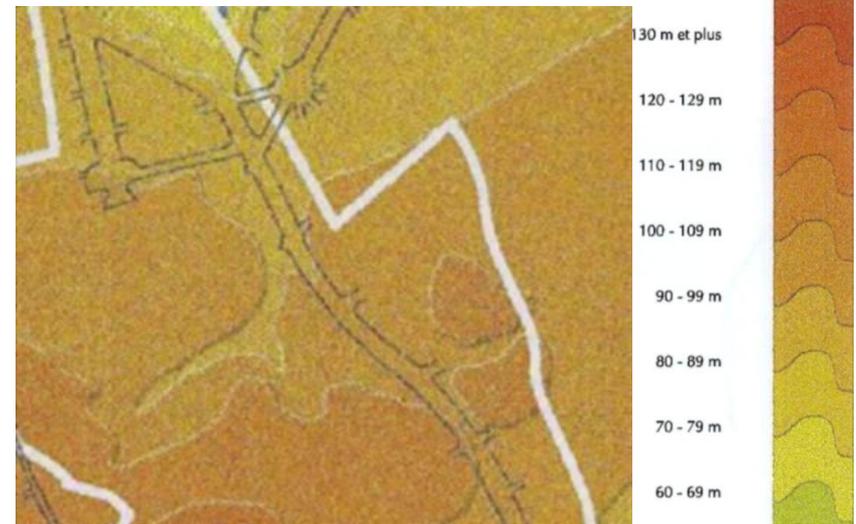
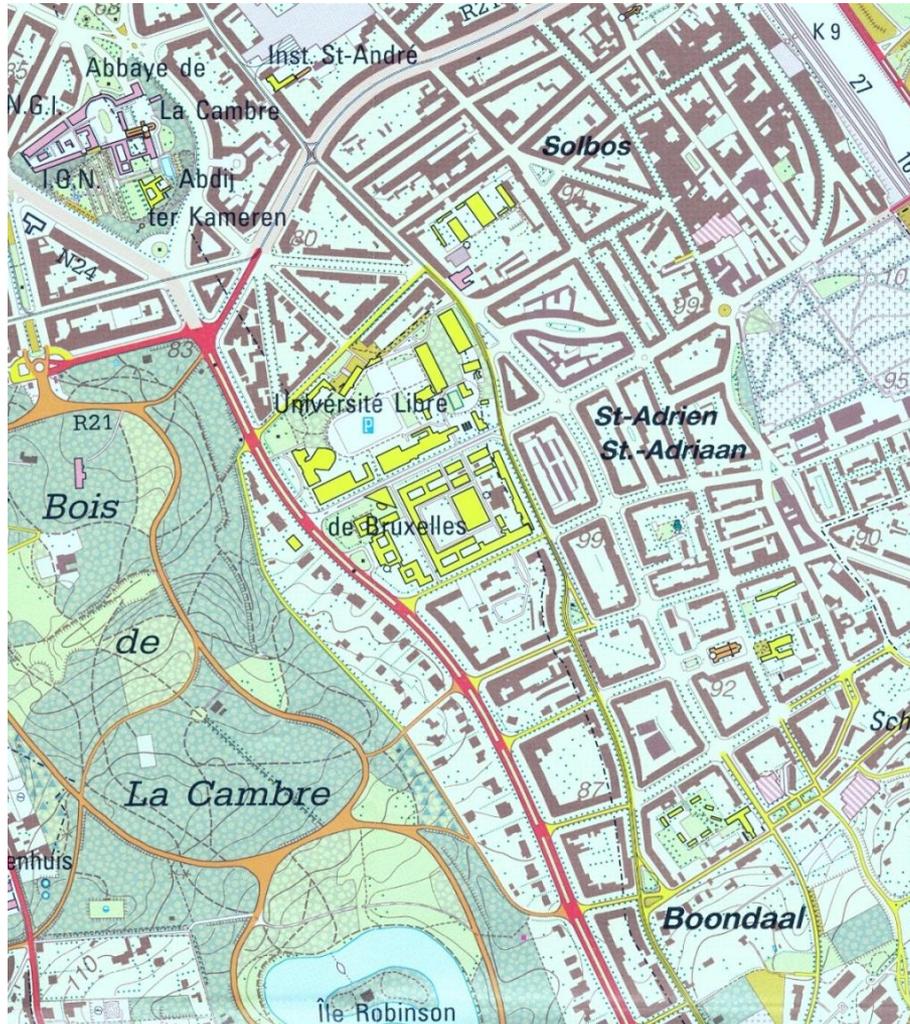
3. Bâtiment C (ULB)

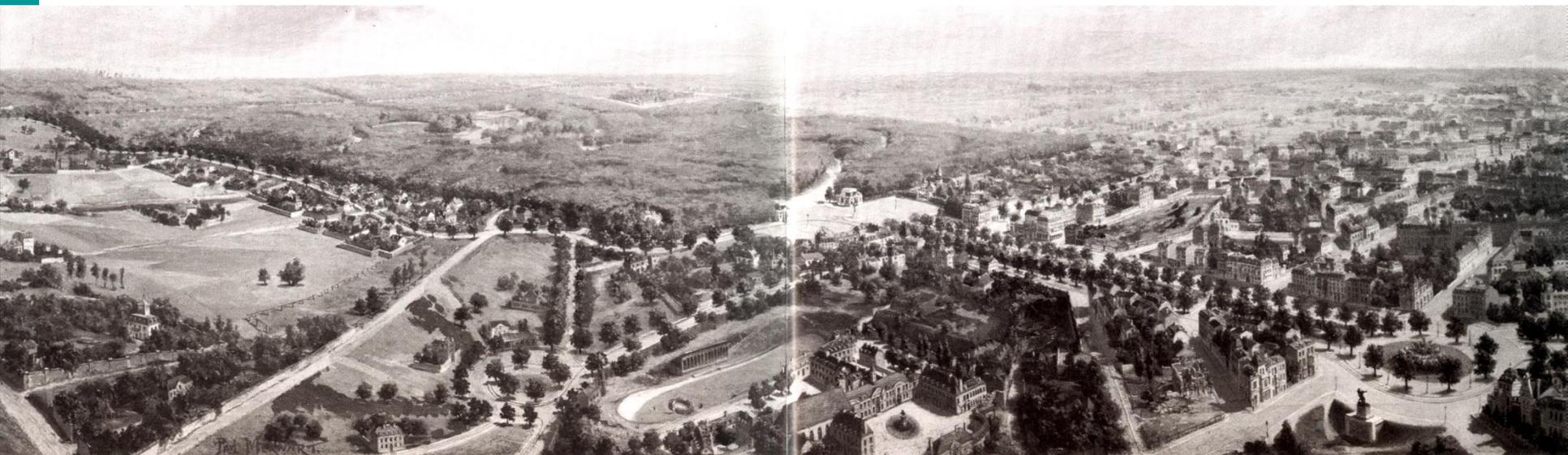


- Construit entre 1955 et 1958 en partie grâce à une souscription de l'A.Ir.Br.



Bruxellien
Lédien





Carl CAMERMAN, Ingénieur Civil des Mines (A. Ir. Br.), chargé de mission au Service Géologique.

Les pierres de taille calcaires. Leur comportement sous l'action des fumées. Fascicule n°5 Juin 1951, Annales des T.P.B.

Le sous-sol de Bruxelles et ses anciennes carrières souterraines. Fascicule n°2 Avril 1955, Annales des T.P.B.

Le sous-sol de Bruxelles et ses anciennes carrières souterraines, (suite et fin). Fascicule n°3 Juin 1955, Annales des T.P.B.



Lédien (CC). Gisements.

Le Lédien affleure largement entre les vallées de l'Escaut et de la Dyle, en Flandre Orientale et dans le Nord du Brabant. Il s'enfonce en pente douce vers le N.-N.-O. et est recouvert par les sables et les argiles du Bartonien. Il se compose de sables micacés, calcarifères, devenant glauconifères à l'ouest de la Dendre.

Dans ces sables se trouvent généralement 3 à 4 bancs de **sable fortement aggloméré par du carbonate calcique** généralement dénommés **grès lédiens**, mais que CC préfère l'appeler **calcaire sableux**.



Dans le facies occidental, glauconifère, les bancs se trouvent dans la partie supérieure de la formation, tandis que dans le facies brabançon, ils se situent dans la partie inférieure.

Dans le facies glauconifère flandrien, le calcaire porte le nom de « **pierre de Baeleghem** ». **On y trouve généralement 3 bancs réguliers de 40 à 50 cm d'épaisseur.** Ces exploitations sont maintenant abandonnées.



Lédien (CC). Bancs de Pierres.

Hauteurs fréquentes: Généralement 15 à 25 cm de hauteur hauteurs de 30 à 40 cm s'observent souvent.

Composition chimique :

Insoluble dans HCl : 30 à 45 %

$Al_2O_3 + Fe_2O_3$: 1 à 2 %

$CaCO_3$: 50 à 70 %



Bruxellien (CC). Gisements.

Sur une étendue estimée à environ 2.500 hectares, ayant comme centre Gobertange, hameau de Jodoigne, et répartie sur les territoires des communes de Lathuy, Mélin et Saint-Remy-Geest, les sables bruxelliens sont inter stratifiés à leur partie supérieure par 8 à 10 bancs cohérents de calcaire nommé « **Pierre de Gobertange** ».



Ces bancs **ne sont pas continus**; ils s'amincissent et se relayent; souvent les bancs supérieurs sont ravinés par les limons quaternaires ou décomposés par les eaux d'infiltration.

Un ou deux bancs inférieurs sont généralement mauvais. Il en résulte qu'en un même point on ne rencontre habituellement que trois à cinq bancs exploitables distants d'un mètre environ.

Entre les bancs se trouvent des couches de sable calcaireux et glauconifères entremêlés de petits **lits marneux inconsistants**.



Bruxellien (CC). Bancs de Pierres.

Hauteurs fréquentes: Dans une fourniture quelque peu conséquente on ne peut garantir plus de 12 cm d'épaisseur. Les dimensions supérieures sont exceptionnelles.

Composition chimique :

Insoluble dans HCl : 18 à 25 %

$Al_2O_3 + Fe_2O_3$: 0,5 à 1 %

$CaCO_3$: 75 à 85 % (lit sableux)



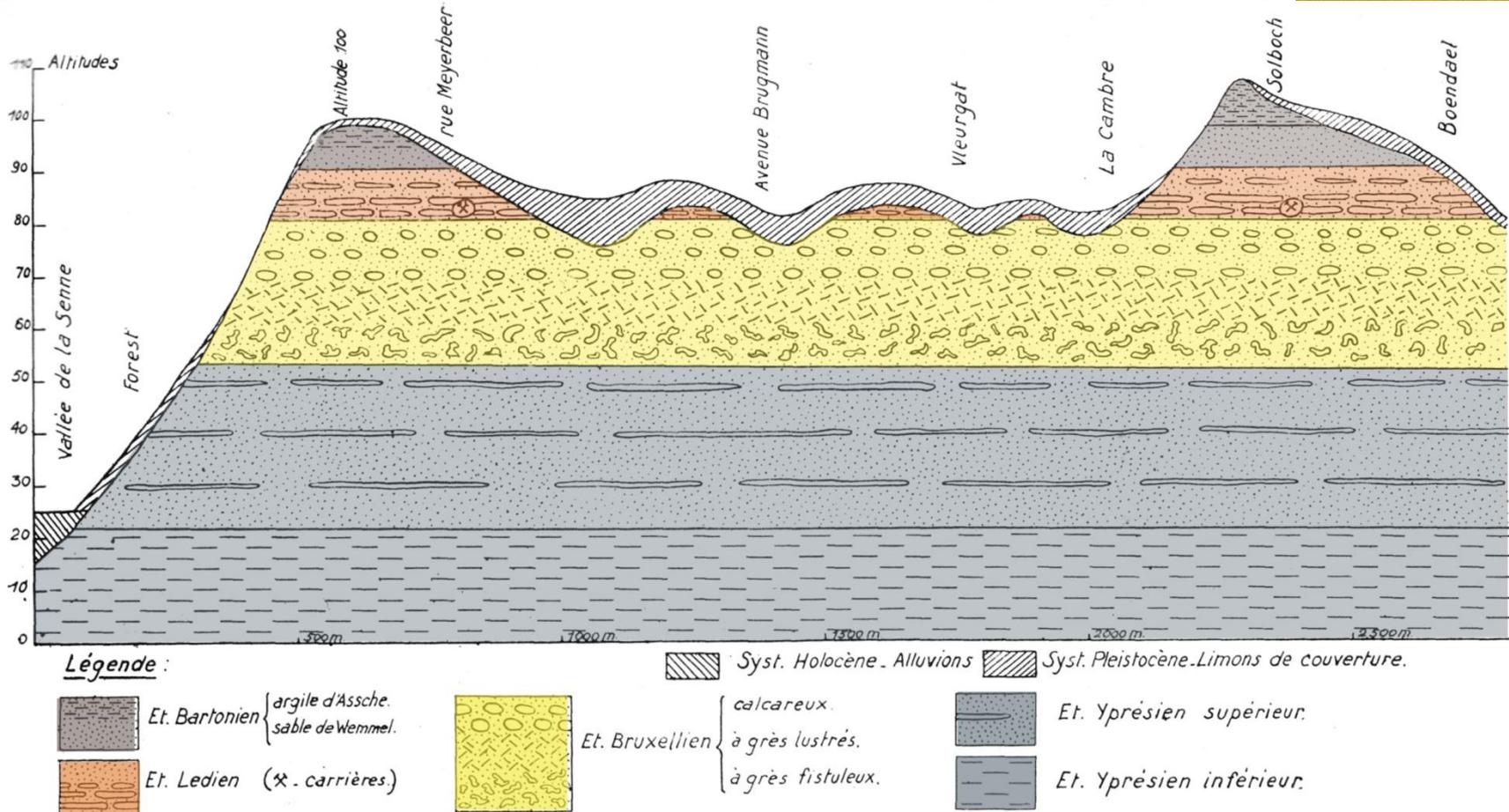


Fig. 1. — Coupe diagramme O-E passant par l'Altitude 100 et le Solbosch.



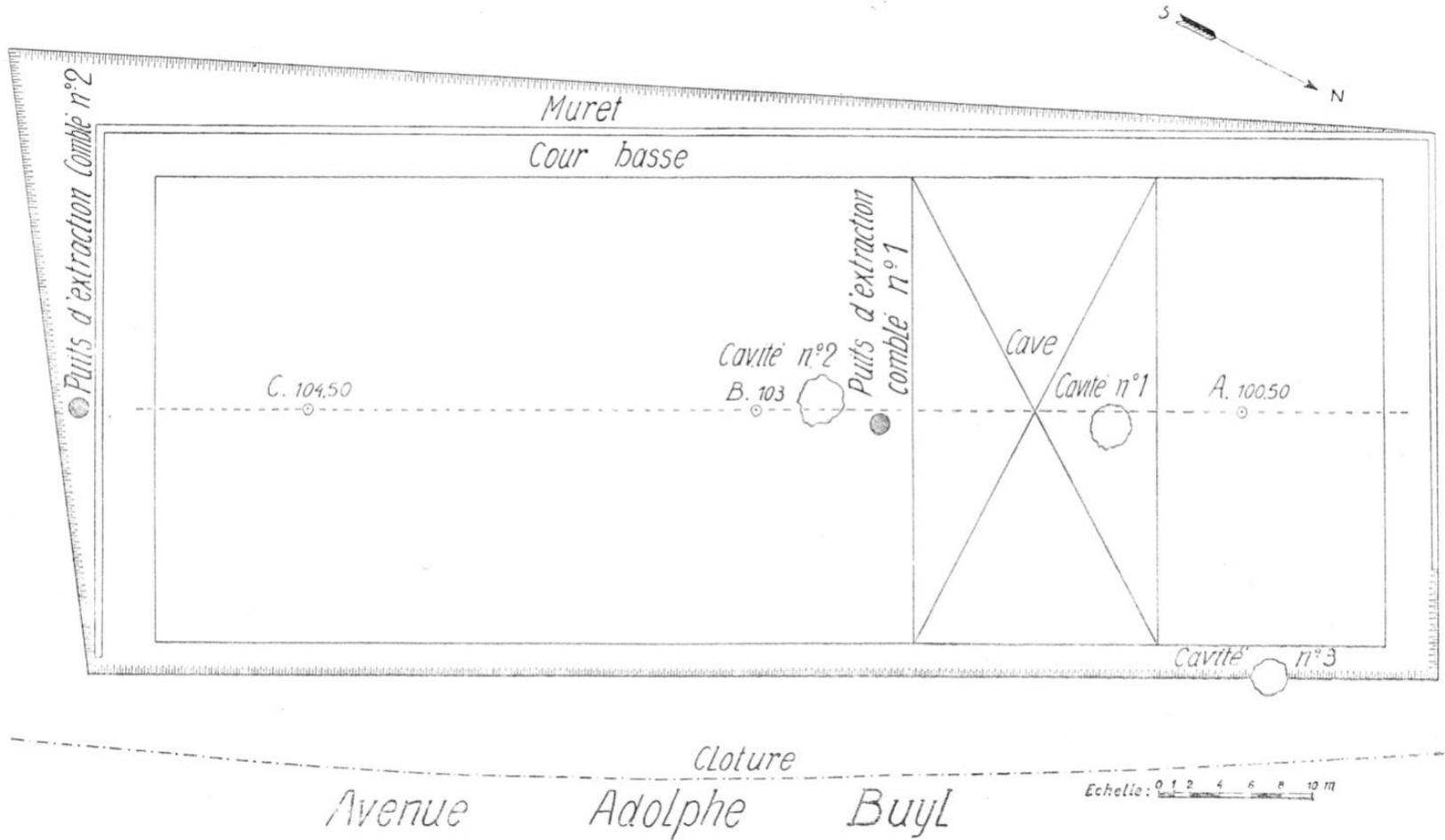


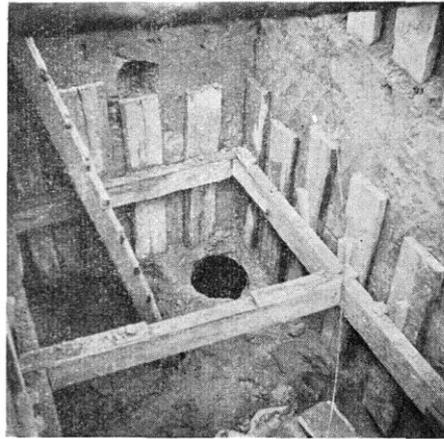
Fig. 9. — Plan de l'Institut des Constructions Civiles de l'U.L.B.





(Photo Goes)

Fig. 17. — Cavité dans le faux-puits n° 19 - I.C.C.



(Photo Goes)

Fig. 11. — Orifice de la cavité n° 2 à l'Institut des Constructions Civiles.

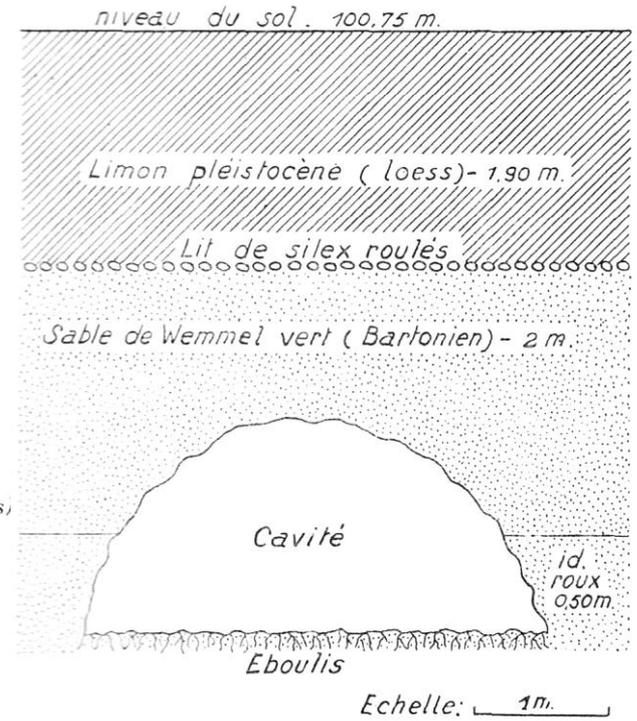


Fig. 12. — Cavité n° 2.

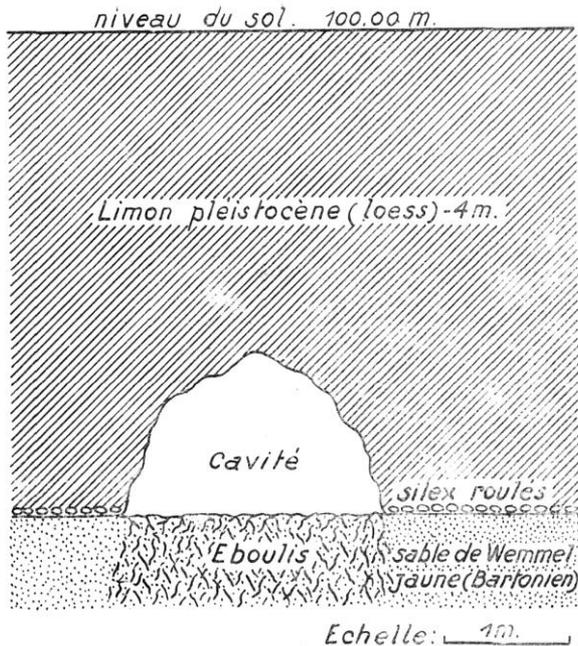
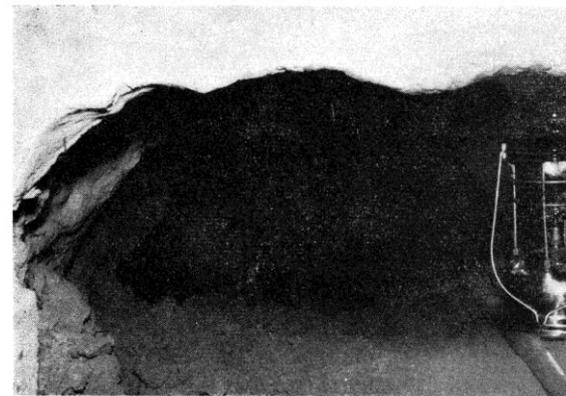


Fig. 13. — Cavité n° 3.



(Photo Mortelmans)

Fig. 16. — Cavité dans le puits d'exploration B. - I.C.C.



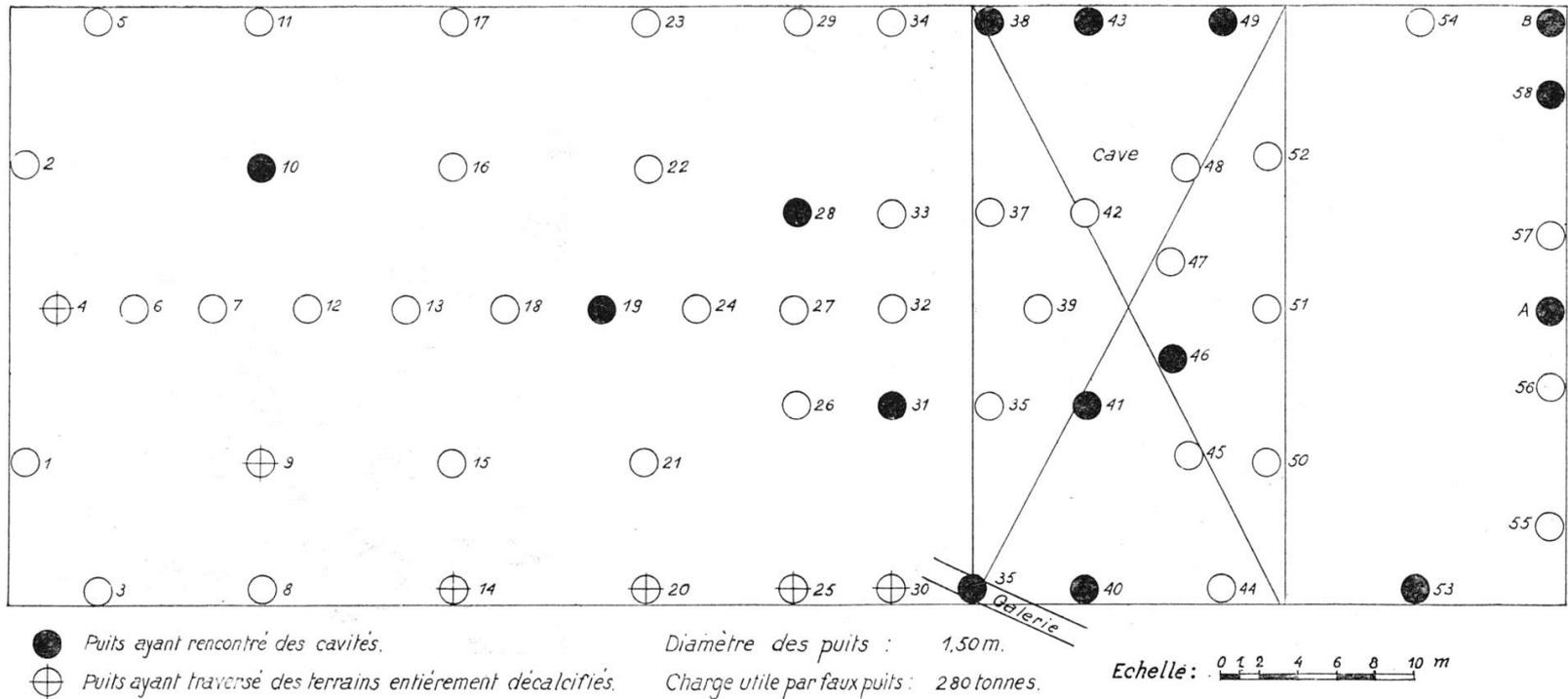


Fig. 15. — U.L.B. Institut des Constructions Civiles. Fondations. Implantation des faux puits.



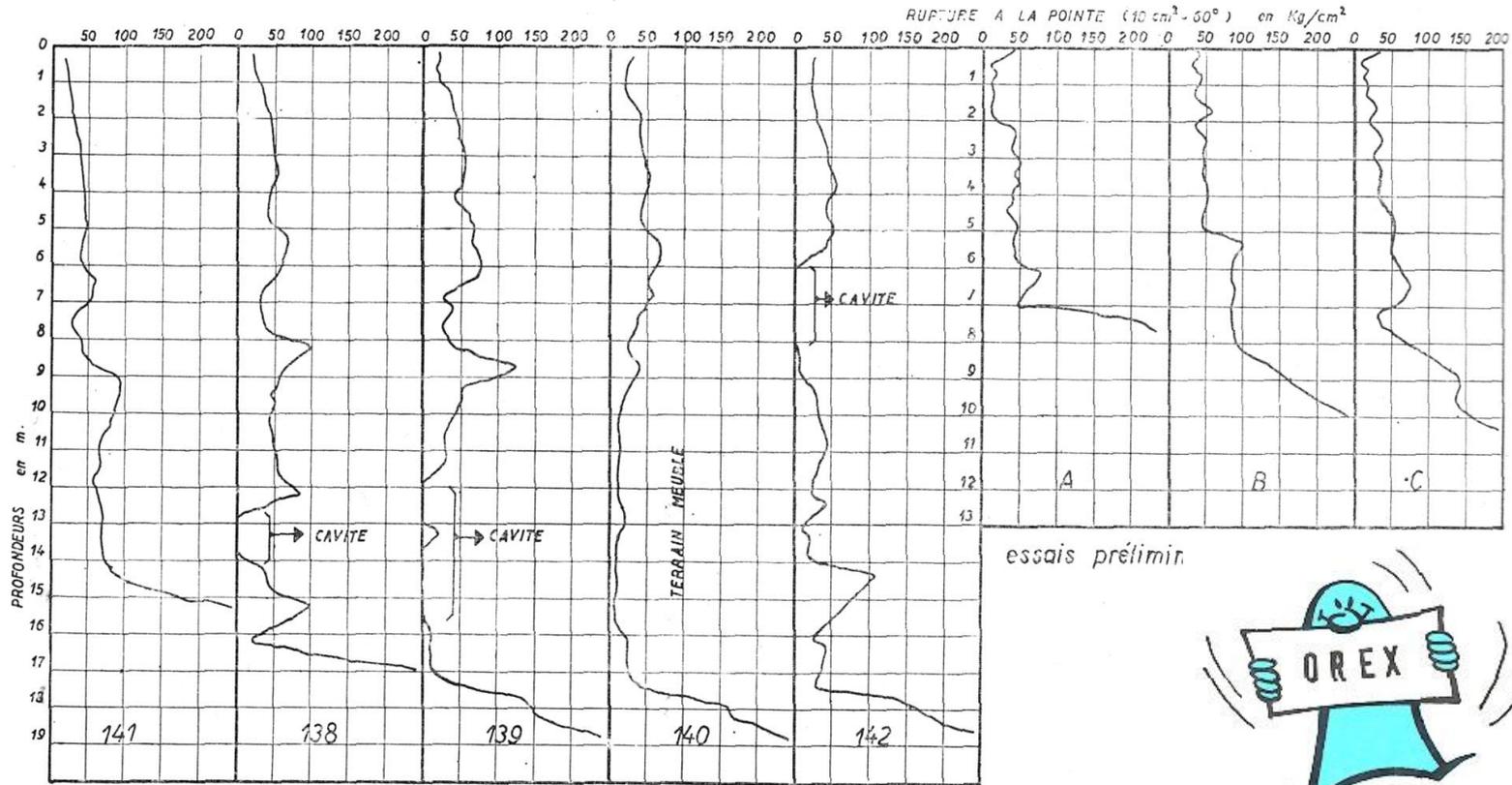


Fig. 10. — Exemples de diagrammes (schématisés) consécutifs aux essais de penetration en profondeur.



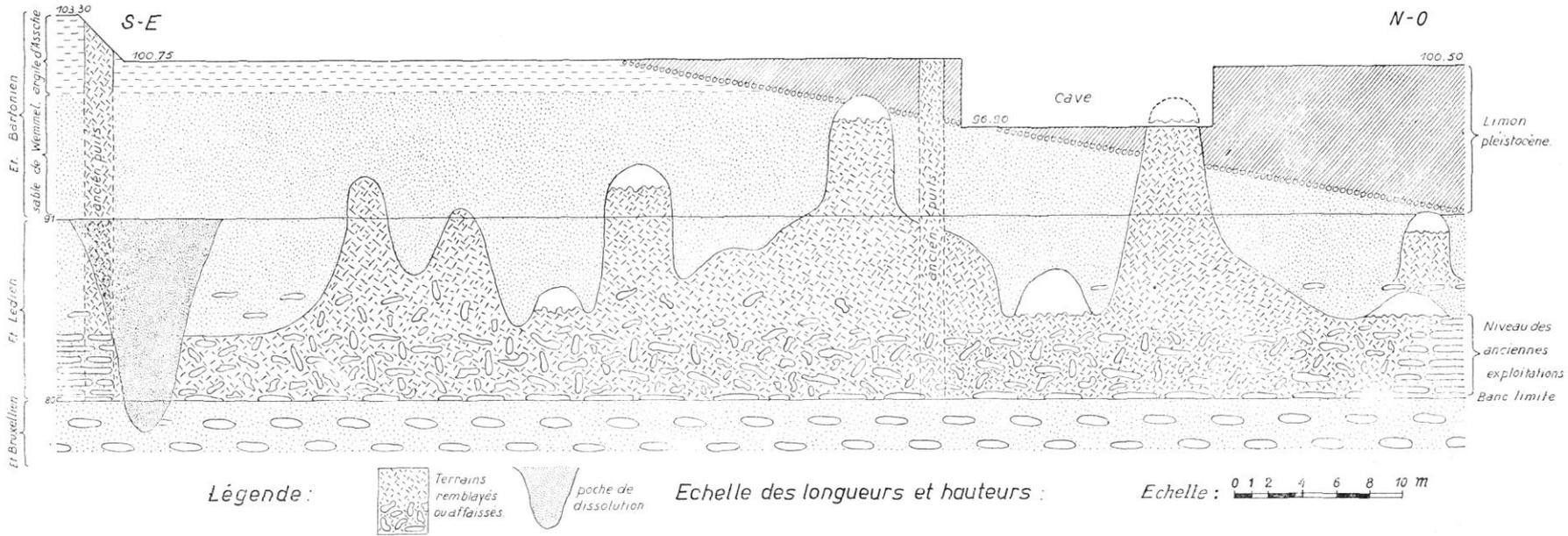


Fig. 19. — Institut des Constructions Civiles. Coupe schématique du terrain.



(Photo Goes)

Fig. 18. — Moellons de calcaire lédien - extraits des faux-puits - I.C.C.

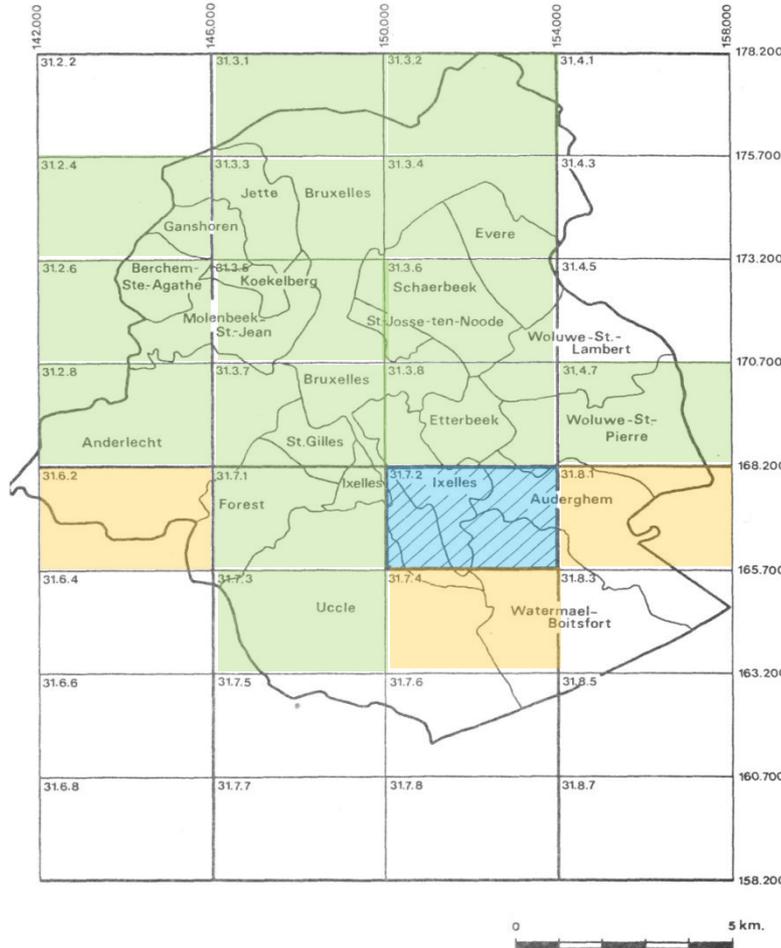


(Photo Goes)

Fig. 14. — Trace du puits d'extraction n° 2 à l'I.C.C.



4. Cartographie géotechnique



Institut Géotechnique
de l'Etat

Centre National de Recherches
des Constructions Civiles

Commission de Cartographie Géotechnique

Centre de Cartographie Géotechnique
Interuniversitaire de Bruxelles

(Responsable : J.Nuyens)

Carte Géotechnique 31.7.2 Bruxelles

Elaborée par J.P. Dam sous la direction de
J.Nuyens, V.Roisin et R.Thonnard de
l'Université Libre de Bruxelles et de la
Vrije Universiteit Brussel



Edité sous les auspices de l'Institut Géotechnique de l'Etat au moyen des subsides
accordés par le Ministère des Travaux Publics pour la Cartographie Géotechnique

1983



Planche 1 : Documentation et Topo

Légende :

----- +32 ----- +50 -----	courbes de niveau (équidistance 2m.)
225	numéro du point de données
□	forage simple
▣	forage simple avec mesure du niveau d'eau
⊙	forage équipé de piézomètre(s)
▣	forage avec essais au laboratoire
▣	forage avec essais in situ
▣	forage avec essais au laboratoire et in situ
▽	essai de pénétration statique avec mesure de la résistance à la pointe
▽	essai de pénétration statique avec mesure de la résistance à la pointe et du frottement latéral
◇	affleurements (fouilles)
○	piézomètre foncé
<u> </u> <u> </u> A A'	tracé des coupes géologiques (annexée à la notice explicative)



Planche 1 : Documentation et Topo

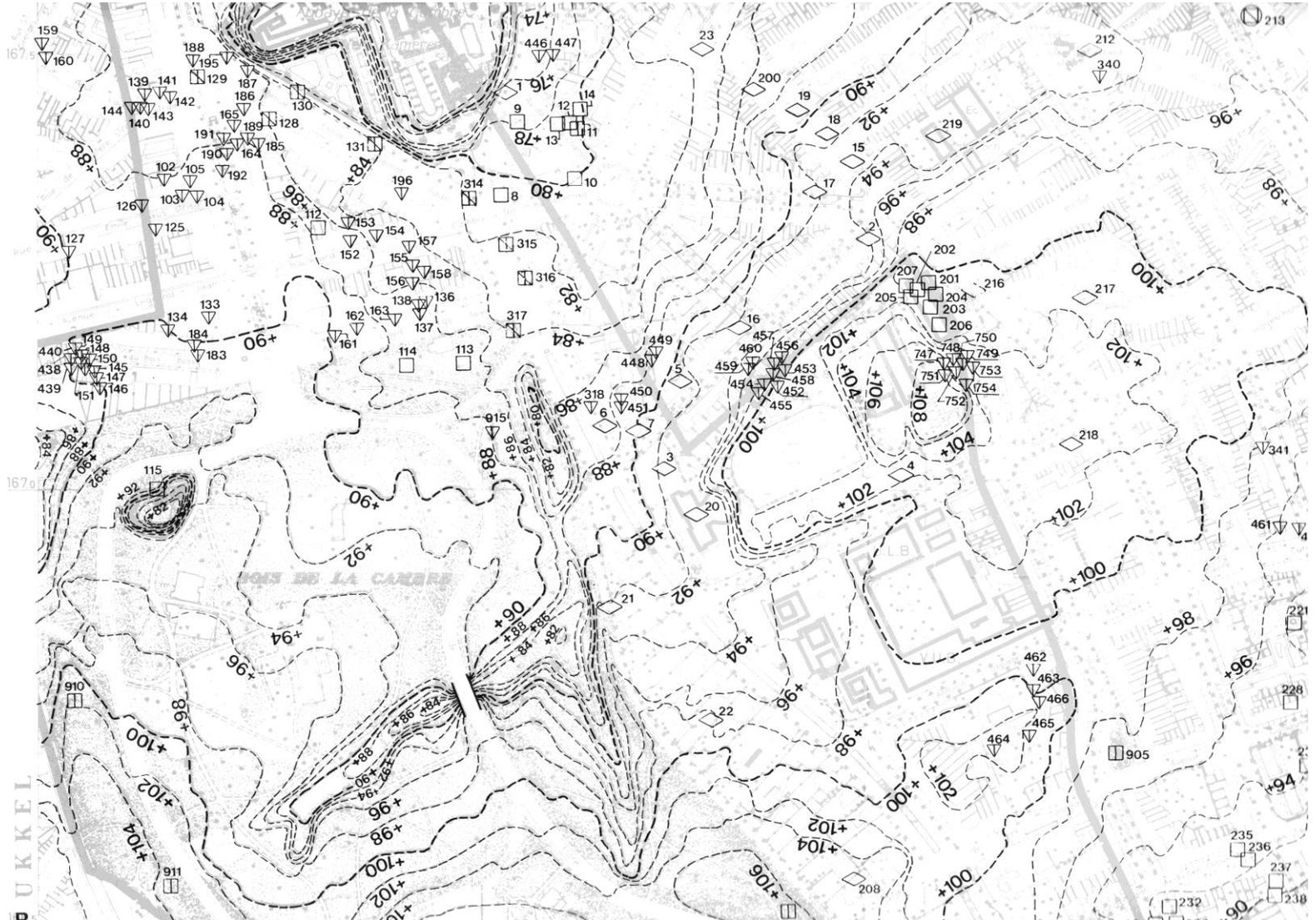


Planche X : ZONAGE

Legende :

- +46 — Courbe de niveau de la surface de séparation entre les formations de la couverture (Quaternaire) et celles du substratum
- Point de documentation où la base du Quaternaire a été traversée
- A — A' Tracé des coupes géologiques (annexées à la notice explicative)

FORMATION	Planche	UNITE									
		Ib	V	VII	VIII	X	XI	XIV	XV	XVI	XVII
1. Remblais	II	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2. Argiles alluviales	III	(X)						(X)	(X)		
3. Tourbes alluviales	III	(X)						(X)	(X)		
4. Limons	III	X	X	X	X			X	X	X	
5. Sables et Gravier Alluviaux	IV	X							X		
6. Argiles Asschiennes	V									X	X
7. Sables et Grès Lédiens	VI				X		X			X	X
8. Sables Bruxelliens	VII			X	X	X	X	X	X	X	X
9. Complexes Yprésien	VIII	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
10. Complexes sablo-argileux et argileux Yprésiens	VIII	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
11. Complexe Argilo - Sableux Landénien	VIII	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
12. 13. Craies et Socle Primaire	VIII	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

- Remarques : _ les unités géotechniques sont définies quelles que soit l'épaisseur des remblais
- X indique la présence de la formation quelle que soit son épaisseur
 - (X) indique que la formation peut être absente



Planche II : Activités Humaines

Légende :

2

Courbe isopaque des remblais en m.

0-2

Zone d'épaisseur des remblais variant de 0 à 2 m.



Point de documentation où l'entièreté de la formation concernée a été traversée

A

A'

Tracé des coupes géologiques (annexées à la notice explicative)

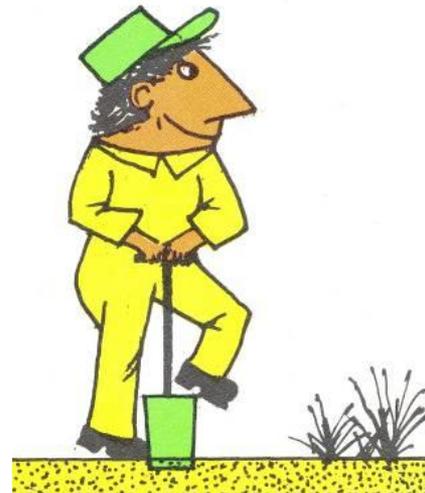


Planche II : Activités Humaines



Planche III : Limons et dépôts Alluviaux

Légende :

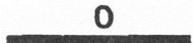
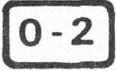
-  Courbe isopaque des Limons en m
-  Limite d'extension des Limons
-  Limite des „Sables et Gravieres Alluviales“
-  Limite d'extension probable de la vallée alluviale
-  Zone d'épaisseur des Limons variant de 0 à 2 m
-  Point de documentation où des poches de tourbe ont été rencontrées
-  Point de documentation où l'entièreté de la formation concernée a été traversée
-   Tracé des coupes géologiques (annexées à la notice explicative)



Planche III : Limons et dépôts Alluviaux

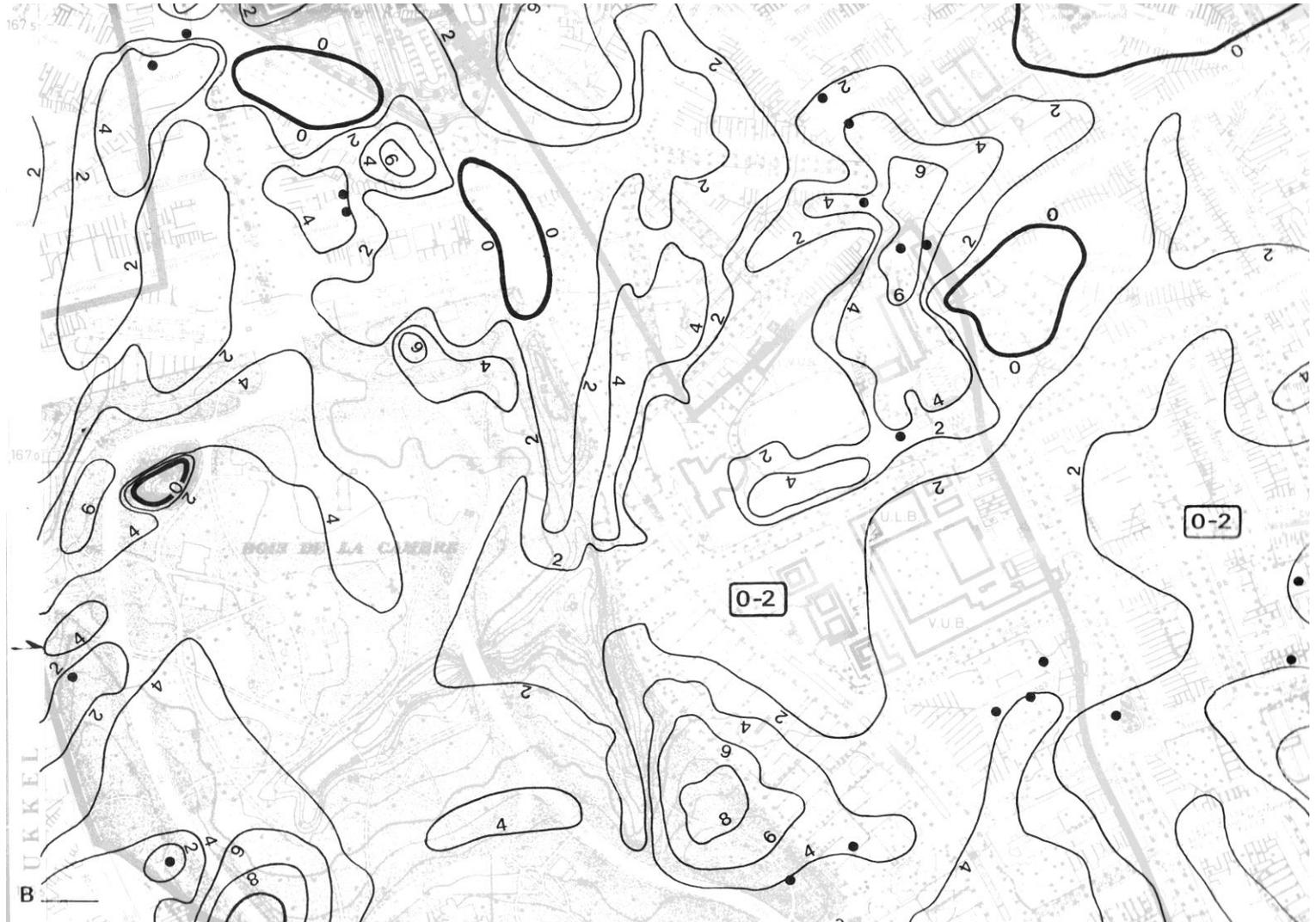


Planche V : Argiles Asschiennes

Légende :

- 2 Courbe isopaque des Argiles Asschiennes en m.
- 0 Limite d'extension des Argiles Asschiennes en m.
- Point de documentation où l'entièreté de la formation concernée a été traversée
- A A' Tracé des coupes géologiques (annexées à la notice explicative)



Planche V : Argiles Asschiennes



Planche VI : Sables et Grès Lédiens

Légende :

-  Courbe isopaque des Sables et Grès Lédiens en m.
-  Limite d'extension des Sables et Grès Lédiens
-  Limite d'extension des Argiles Asschiennes
-  Point de documentation où l'entièreté de la formation concernée a été traversée
-  Galeries souterraines
-  Zones susceptibles de renfermer des carrières souterraines (selon C. Camerman et les interprétations recents)
-  Tracé des coupes géologiques (annexées à la notice explicative)



Planche VI : Sables et Grès Lédiens



Planche VII : Sables Bruxelliens

Légende :

- 2 Courbe isopaque des Sables Bruxelliens en m
- 0 Limite d'extension des Sables Bruxelliens
- - - - Limite d'extension des Sables et Grès Lédiens
- Point de documentation où l'entièreté de la formation a été traversée
- A A' Tracé des coupes géologiques (annexées à la notice explicative)



Planche VII : Sables Bruxelliens



Lédien.

Caractéristiques géotechniques.

(*)	w	n	w	I	M.O.	CaO	γ	γ'_d	k
(**)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(kN/m)	(kN/m)	(m/s)
Max.	16.0	48.2	32.0	7.0	0.90	34.50	16.79	14.35	$4,0 \cdot 10^{-5}$
Moy.	9.2	46.0	21.0	3.4	0.15	15.00	15.60	15.39	-
Min.	8.1	41.8	14.0	0.3	0.0	0.60	14.80	12.80	$2,3 \cdot 10^{-7}$

- CLAS : SF, SP, SC

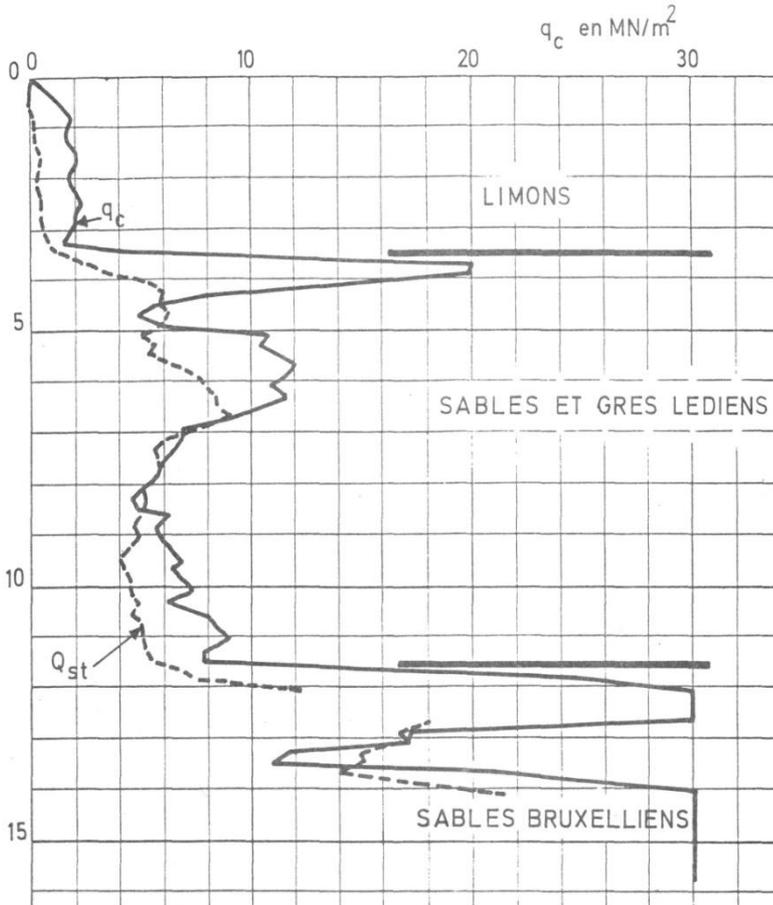
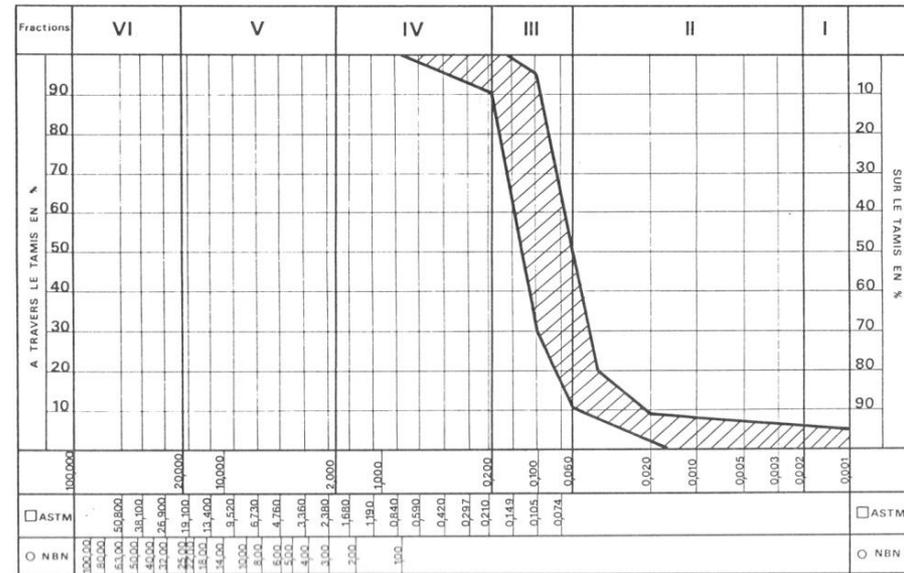
- 4 essais triaxiaux consolidés non drainés (CU).

c' : de 0 kPa à 36 kPa

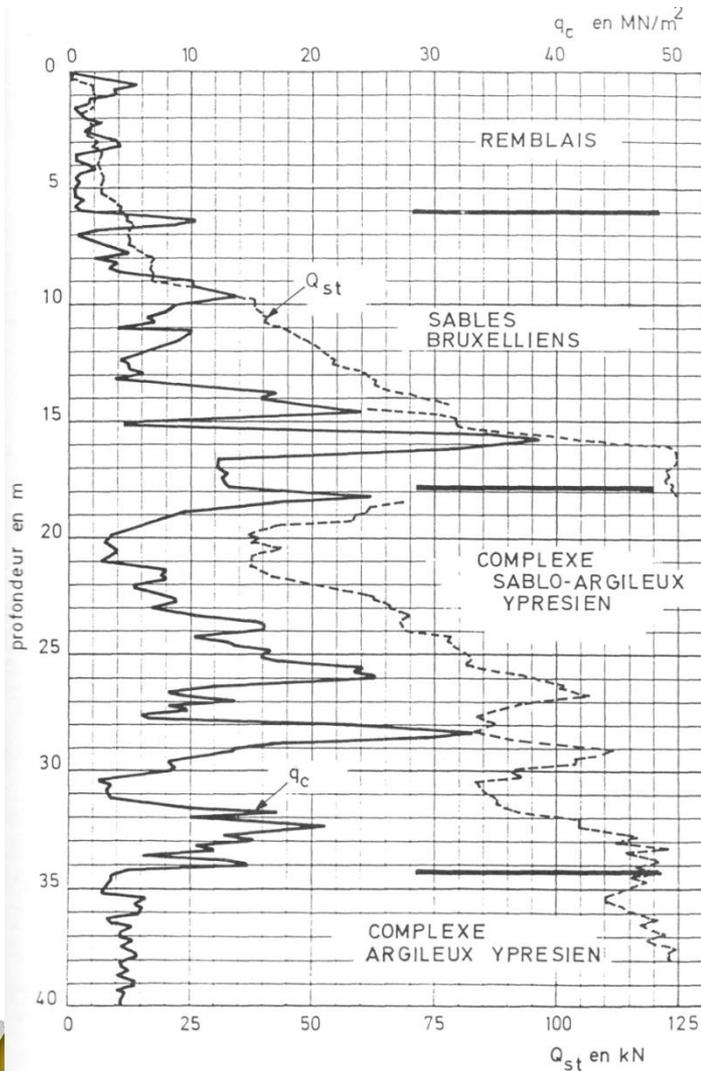
ϕ' : de 30° à 37°.

COURBES GRANULOMETRIQUES

SABLES LEDIENS
(9 échantillons)



Bruxellien.



Essai de pénétration 200 kN - Point de Documentation 933

Caractéristiques géotechniques.

(*)	w	n	w _L	I _p	M.O.	CaO	γ	γ _d	k
(**)	(21)	(21)	(21)	(21)	(27)	(21)	(21)	(21)	(11)
	%	%	%		%	%	kN/m^3	kN/m^3	m/s
Max.	33.0	52.3	31.4	17.4	1.2	36.4	21.2	17.3	$1,9 \cdot 10^{-4}$
Moy.	14.1	39.7	24.1	7.4	0.31	12.3	15.2	14.2	-
Min.	2.1	19.2	14.7	0.3	0.00	0.2	12.00	12.30	$2,4 \cdot 10^{-7}$

- CLAS : SP, SF, SF/ML.

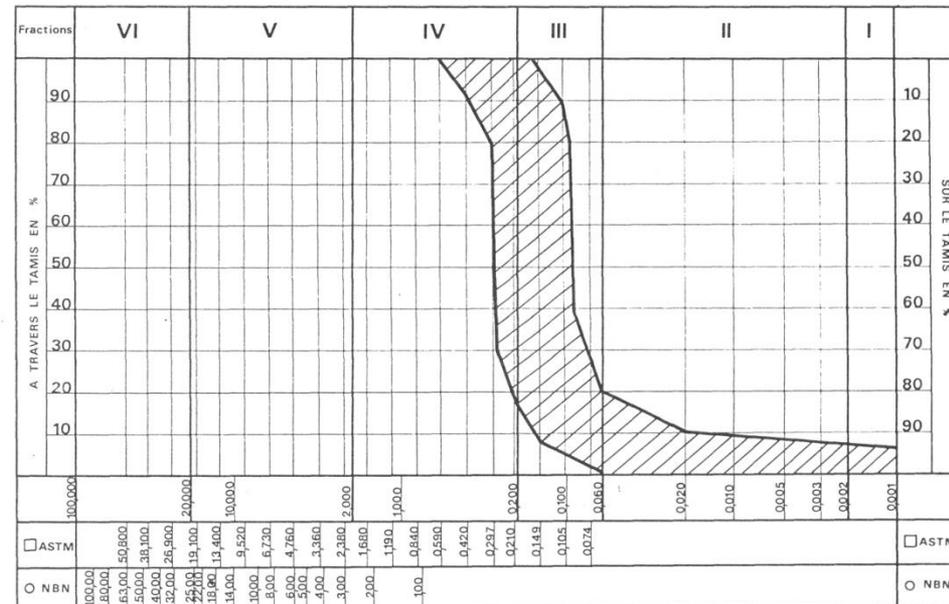
- 6 essais traixiaux consolidés-drainés (CD).

c' : de 0 kPa à 55 kPa

φ' : de $28^\circ 30'$ à 37° .

COURBES GRANULOMETRIQUES

SABLES BRUXELLIENS (21 échantillons)



Argiles asschiennes 31.7.2.

Lithologie.

Cette formation est constituée par une alternance de niveaux d'argile et d'argile sableuse. Elle peut être très sableuse à la base. La teinte de ces dépôts est verdâtre par suite de la présence abondante de glauconie.

Distribution.

Localisée de façon sporadique dans la zone cartographiée. Son épaisseur varie de 0 à 6 m. Au Nord-Ouest elle peut atteindre 10 m d'épaisseur.

La cote de la base de cette formation varie de +84.00 m au Nord à +102.00 m au Sud-Ouest de la zone cartographiée.



Sables et grès lédiens 31.7.2. Lithologie.

Les sables wemmeliens sont très fins, calcaireux, gris légèrement verdâtres du à la présence d'un peu de glauconie. A la base, on y retrouve localement un niveau peu épais de sable grossier et, ou de gravier.

Les sables et grès lédiens sont composés essentiellement de sables fins calcaireux grisâtres, parfois décalcifiés au sommet, surmontant un ensemble de plusieurs mètres d'épaisseur, composé de ces mêmes sables interstratifiés avec des bancs de grès calcaireux réguliers.

Ces grès constituent un horizon repère très important, car ils marquent la base de la formation. Il faut noter, toutefois, que ce niveau présent parfois sous forme de concrétions, ou absent, est difficile de déceler au moyen d'essais ponctuels.



La dissolution du ciment calcaire ne laisse sur place, lorsqu'elle se produit, qu'un sable quartzeux : dans ce cas le passage des sables et grès lédiens aux sables bruxelliens sous-jacents est très difficile à fixer avec précision. Ces dissolutions locales diminuent la compacité de la formation.

Ces grès ont été abondamment exploités sous le nom de "pierre de Baeleghem". Comme on peut le constater, la zone cartographiée a fait l'objet de nombreuses exploitations souterraines. La présence de ces galeries a notamment été mise en évidence aux campus de l'U.L.B. du Solbosch et de la Plaine.



Sables et grès lédiens 31.7.2. Distribution.

La formation est bien représentée dans la zone cartographiée et en couvre une grande portion sauf dans les vallées.

Les sables et grès lédiens sont représentés dans leur entièreté et la présence de grès à la base est fréquente.

Comme on peut le constater, le tracé de la limite d'extension est influencé par la découpe des différentes vallées le Maelbeek au Nord-Ouest, le Veeweydebeek, le Watermaelbeek et la Woluwe.

L'épaisseur de la formation varie de 0 à 18 m. La cote de la base de la formation varie de +90.0 m au sud-ouest, à +70.0 m au Nord-Est.



Sables bruxelliens 31.7.2. Lithologie.

Les sables bruxelliens sont composés en principe du sommet à la base :

- d'un niveau de grès calcaireux perforé avec de nombreuses coquilles ;
- de sables fins très calcaireux, sans stratification apparente avec des bancs de grès calcaireux relativement réguliers ;
- de sables assez fins un peu calcaireux à stratification relativement régulière avec des "moëllons" de "grès lustrés" dispersés ;
- de sables quartzeux, assez grossiers, à stratification entrecroisée avec des "grès fistuleux" ;
- des sables grossiers, siliceux blancs ou rougeâtres.



Il y a lieu de noter que :

ces différenciations lithologiques sont parfois difficiles à établir avec précision ;

la formation est souvent décalcifiée par les circulations d'eaux souterraines.

Le niveau de la nappe phréatique est donc déterminant dans l'étude géotechnique de ces terrains.



Sables Bruxelliens 31.7.2

Distribution (allure générale)

Les sables bruxelliens sont normalement représentés dans toute la zone couverte par la carte 31.7.2.

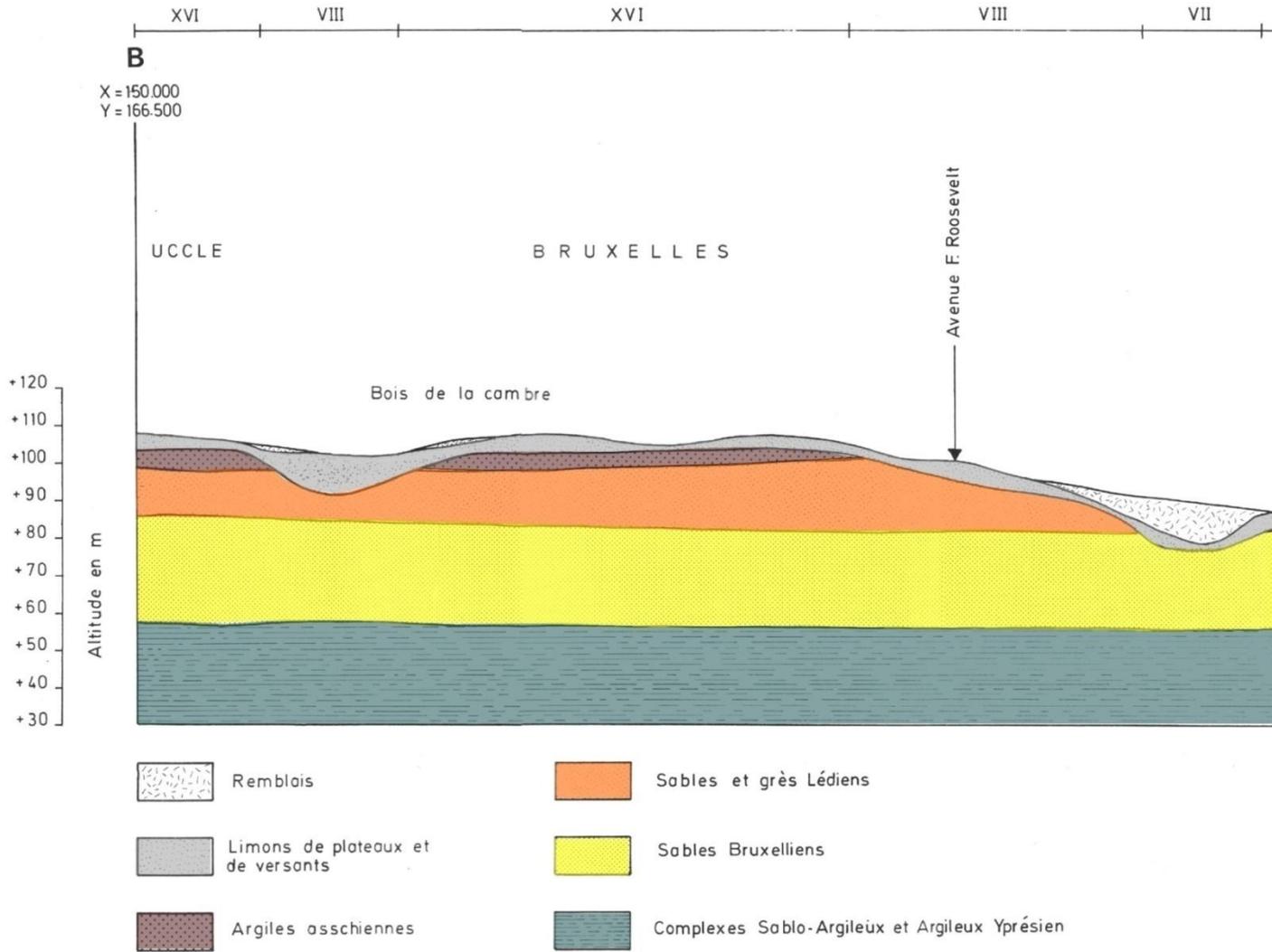
Comme pour la formation des sables et grès lédiens, cette formations peut être entaillée jusqu'à sa base par les vallées du Maelbeek, du Veeweydebeek, du Watermaelbeek, et de la Woluwe.

L'épaisseur de cette formation varie de 0 à 44 m. Elle n'existe dans son entièreté que sous les sables et grès lédiens où son épaisseur atteint 44 m.

Les cotes de la base de cette formation varient de +58 au Sud à +38 au Nord.



Coupe B-B



5. Les problèmes

... et les
ennuis...



Poches de dissolution.

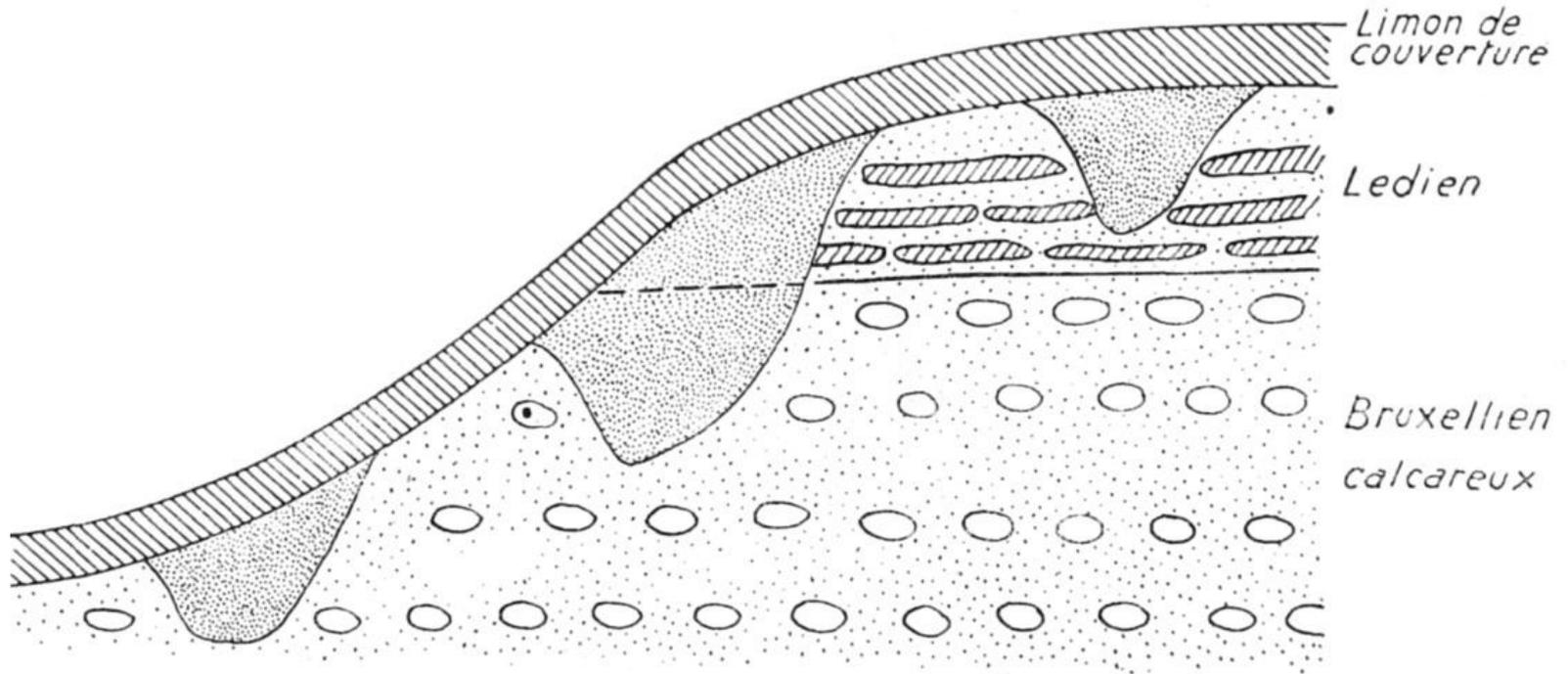
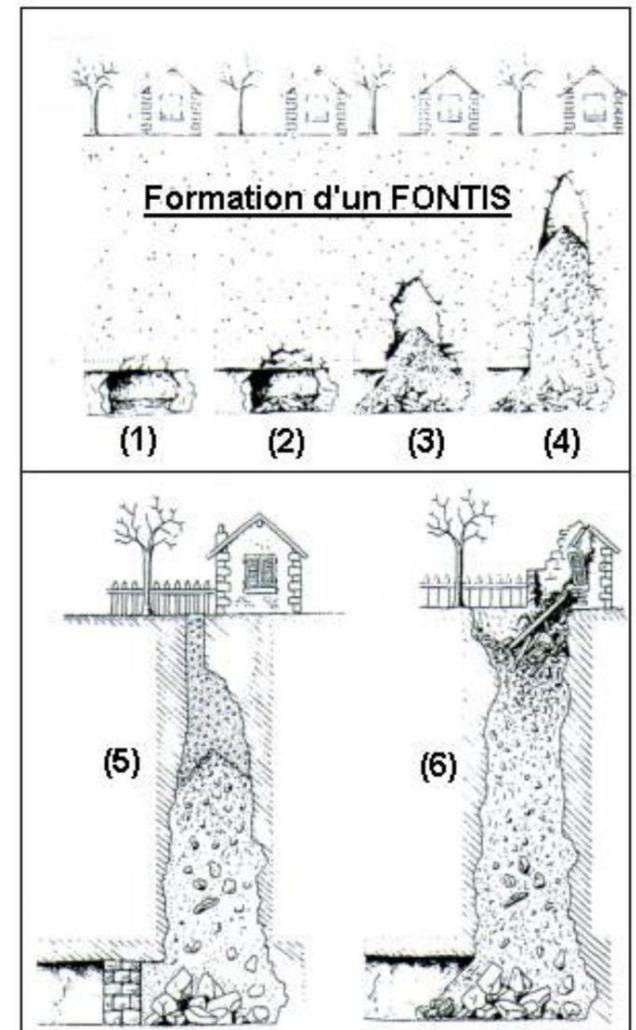
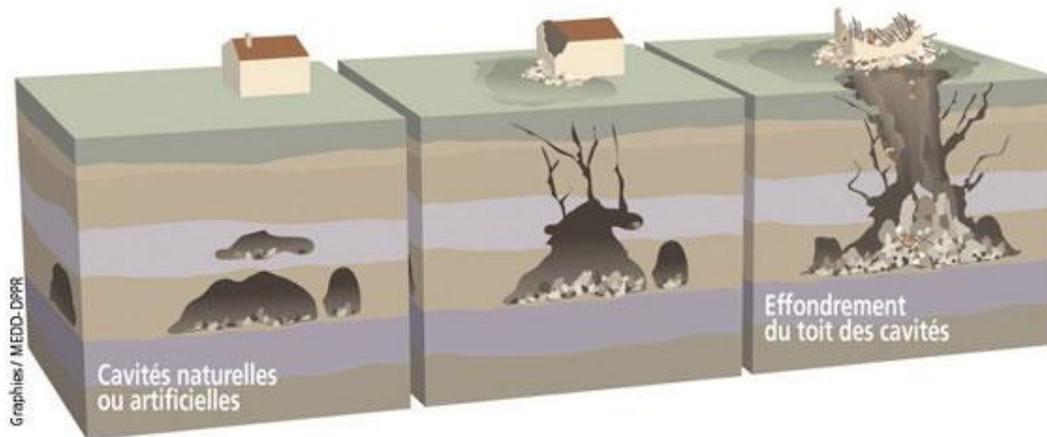


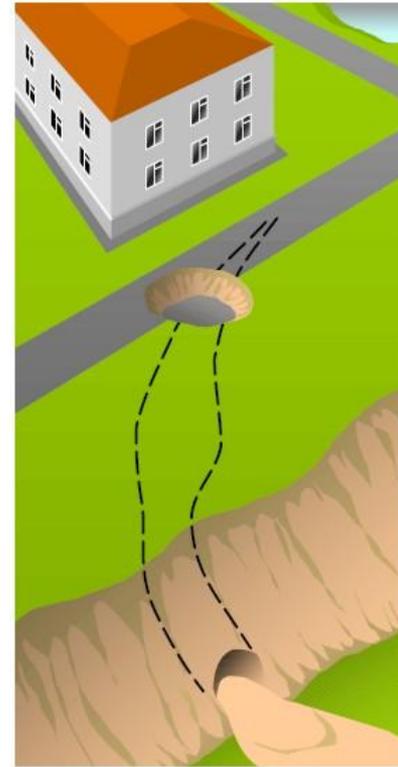
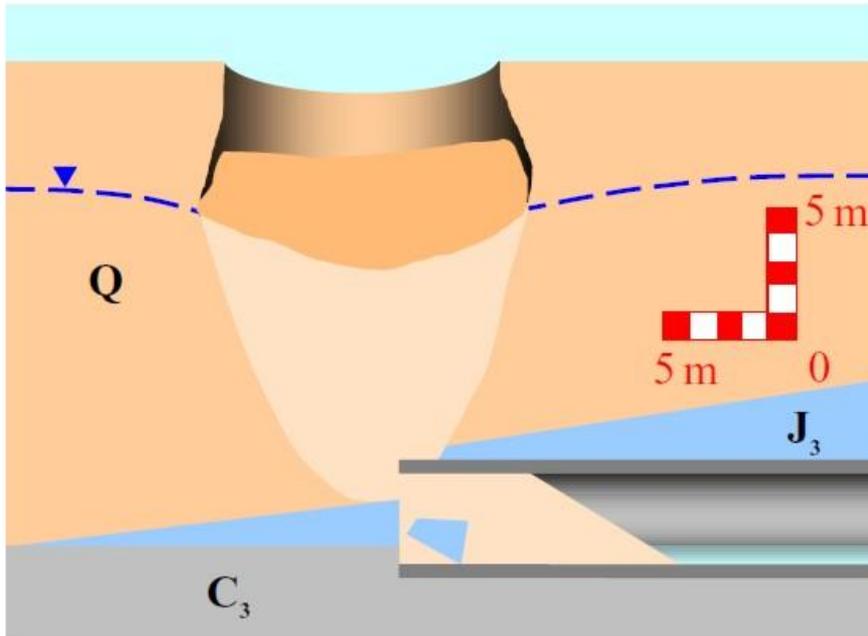
Fig. 2. — Poches de dissolution dans le Lédien et le Bruxellien.



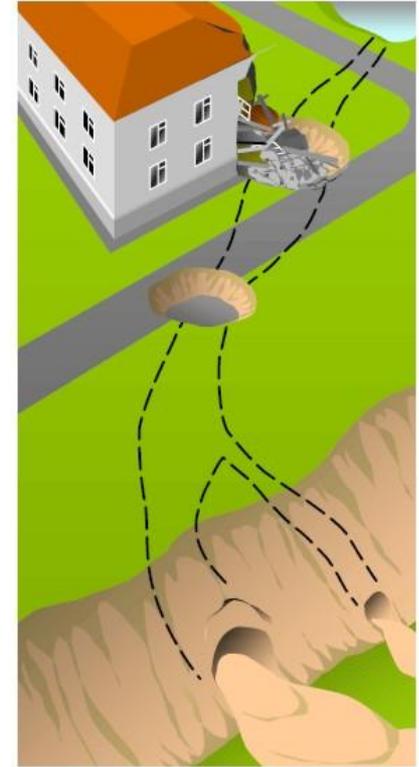
Fontis



Suffosion.



a



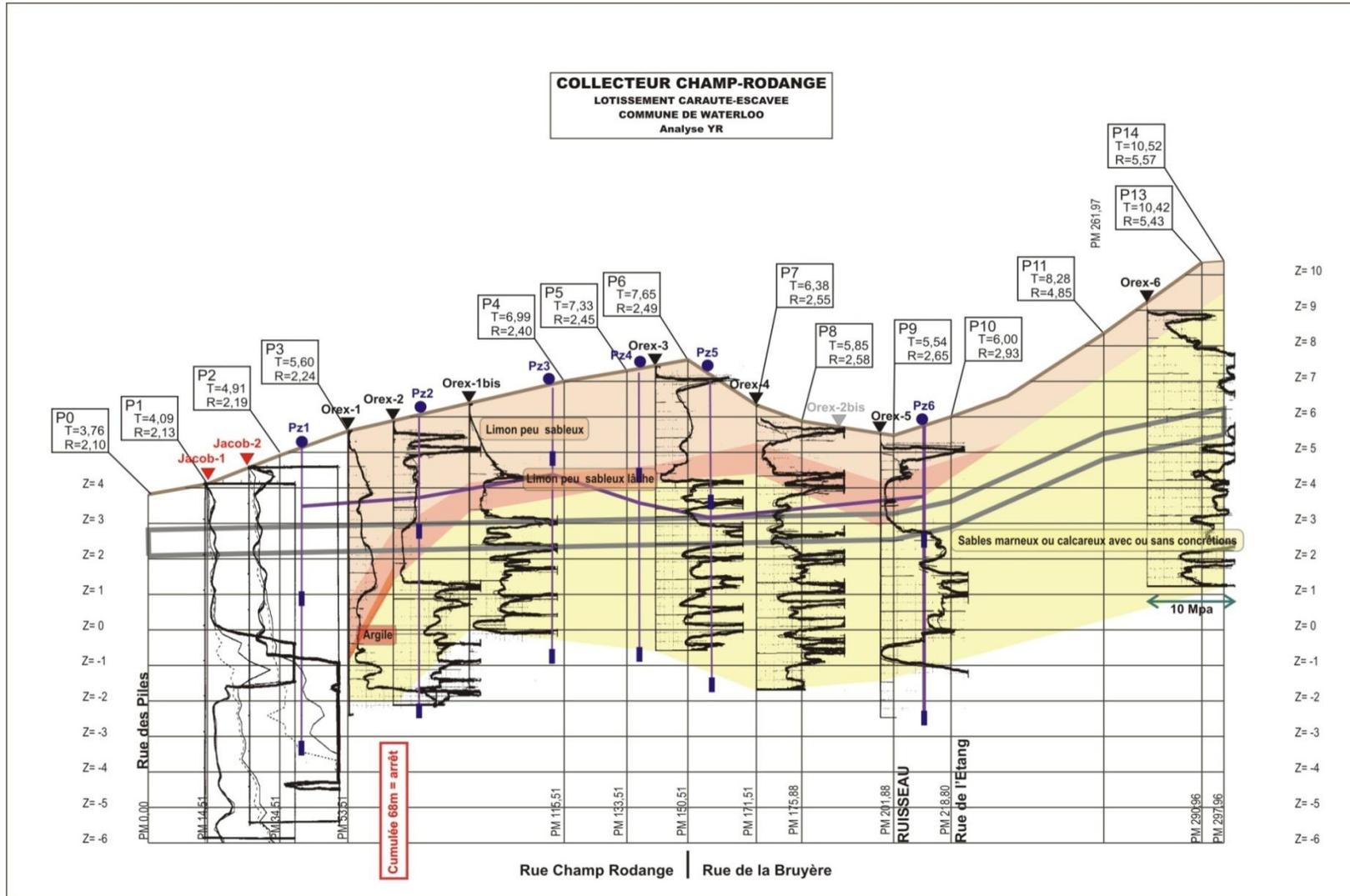
b

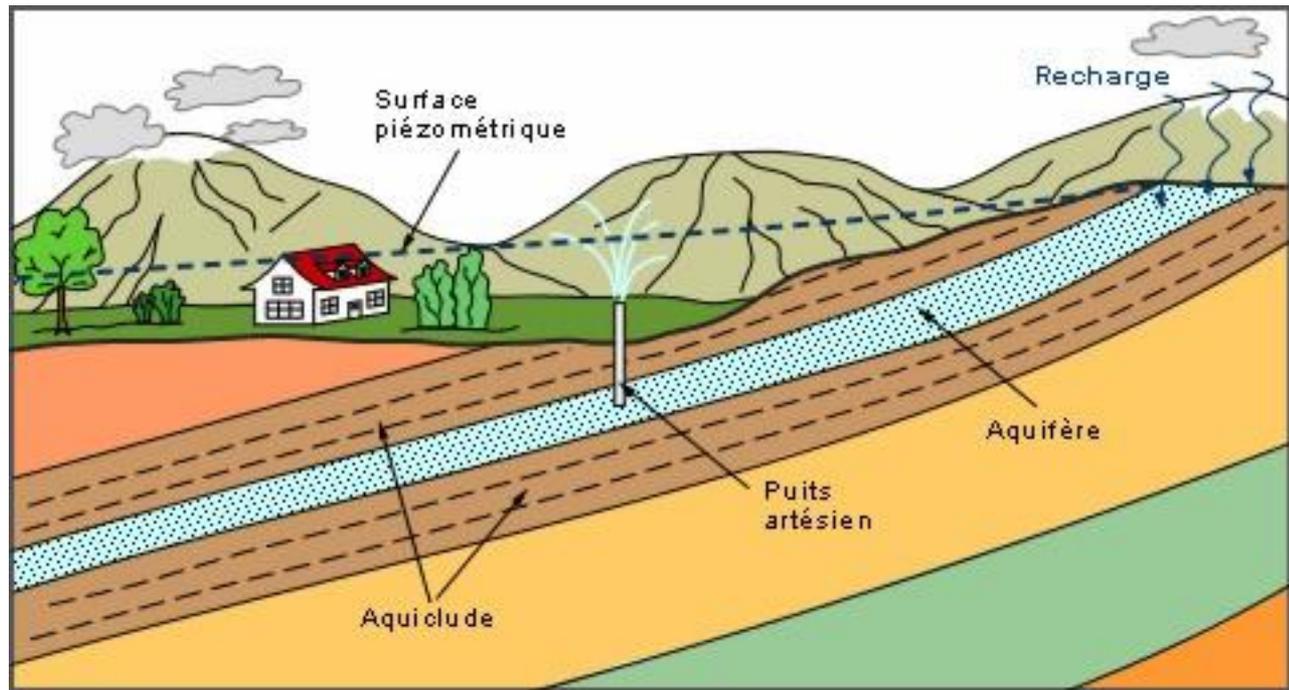


Entraînement de sable par les égouts.



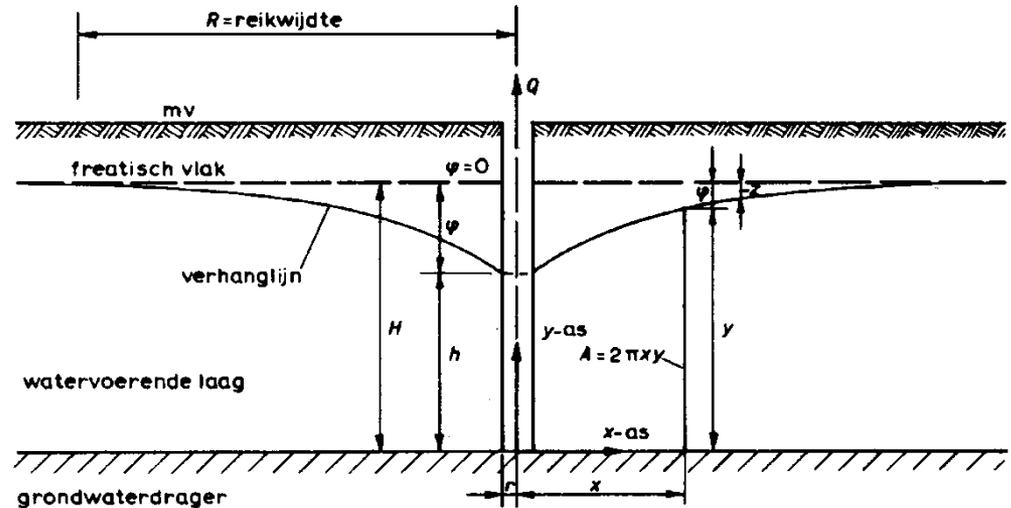
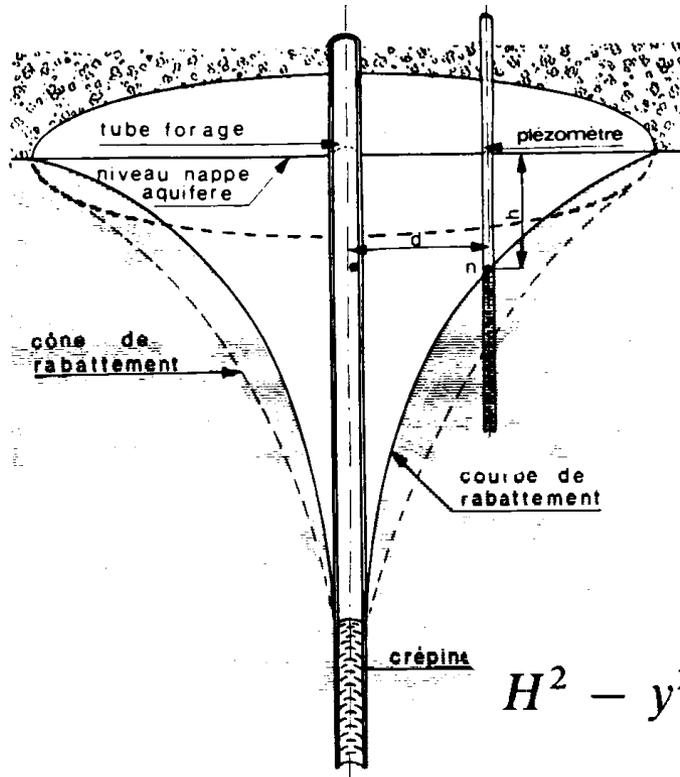
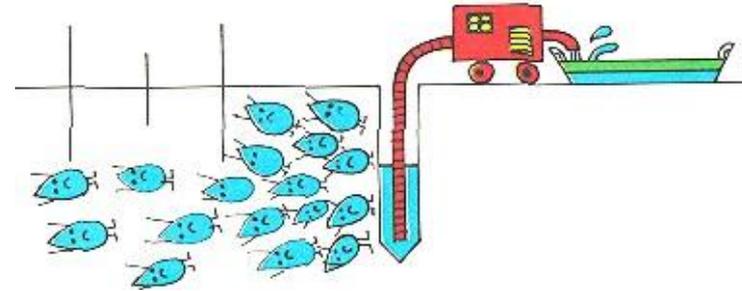
Nappe sous pression







Rabatement



$$H^2 - y^2 = \frac{Q}{\pi k} (\ln R - \ln x)$$

$$Q = \frac{\pi k (H^2 - h^2)}{\ln R - \ln r}$$

$$R = 1500 - 2000 \varphi \sqrt{k}$$

$$v_{\max} = \frac{\sqrt{k}}{15}$$



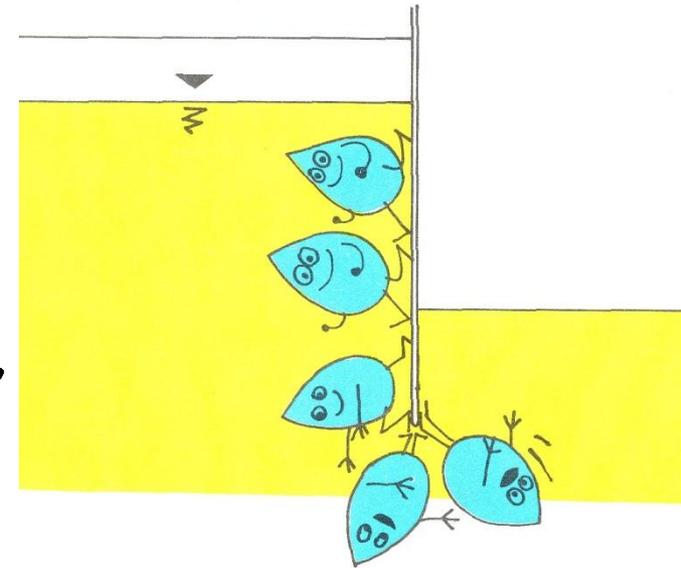
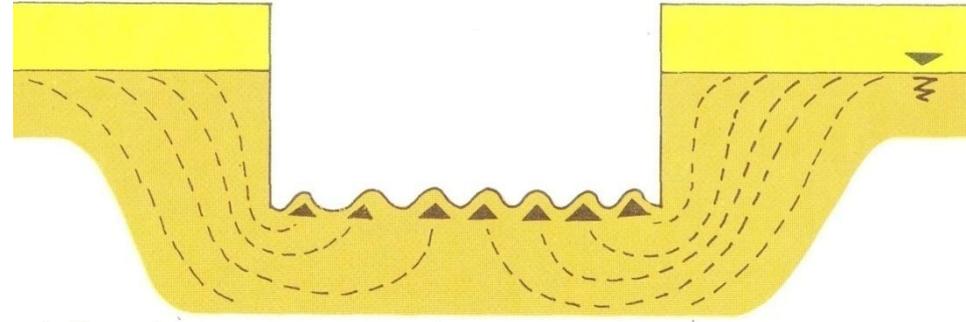
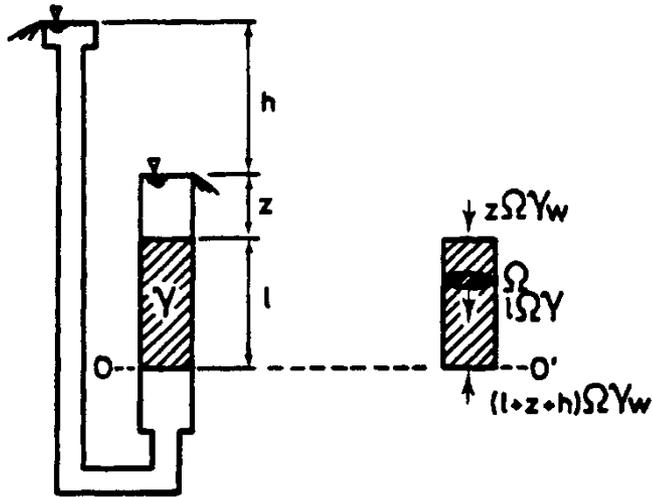
Pompe aspirante / Cannes filtrantes



Rabatement intérieur / extérieur



Condition de boulangance / renard



Condition de boulangance

$$z \cdot \Omega \cdot \gamma_w + l \cdot \Omega \cdot \gamma = (l + z + h) \cdot \Omega \cdot \gamma_w$$

$$l \cdot \Omega \cdot (\gamma - \gamma_w) = h \cdot \Omega \cdot \gamma_w$$

$$i_{crit} = \frac{h}{l} = \frac{\gamma - \gamma_w}{\gamma_w}$$



6. Conclusions

- 6.1. bancs « durs »
- 6.2. anciennes exploitations profondes
- 6.3. carrières de sable (poubellien supérieur)
- 6.4. poches de dissolution (décalcification)
- 6.5. transports solides
- 6.6. rabattements
- 6.7. nappes captives
- 6.8. instabilités hydrauliques



BATir



Bonne continuation !



**AFTER ALL... WHAT COULD
POSSIBLY GO WRONG !**

G



ULB

yrammer@ulb.ac.be