

**Projet d'assainissement des eaux usées
de la Commune d'ESCALLES - Pas-de-Calais**

**Recherche par traçage de l'existence possible d'une relation
hydraulique souterraine entre le secteur prévu pour le site
d'épuration (Hameau de Tappecul) et le captage communal
d'alimentation en eau potable .**

LABORATOIRE D'HYDROGEOLOGIE
Batiment des Sciences de la Terre-SN5
Université des Sciences et Techniques
de Lille-Flandres-Artois
59655 Villeneuve d'Ascq Cedex - France
Télex USTL : 136339F / Télécopie USTL : 20 43 49 95
Tel : 20 43 41 51

Février 1990

Origine de l'étude .

Le projet d'assainissement des eaux usées d'Escalles a fait l'objet d'une consultation réglementaire d'un Hydrogéologue Agréé en Matière d'Hygiène Publique . Compte tenu des informations qui lui paraissaient insuffisantes dans le domaine hydrogéologique, notamment en ce qui concerne les risques éventuels de contamination du captage d'alimentation en eau potable de la même commune, situé en aval hydrogéologiquement parlant du site prévu pour l'implantation des installations d'épuration (lagunage et infiltration contrôlée), cet expert a demandé un complément d'informations par traçage entre la zone du site (puisard situé à faible distance) et le captage, pour déterminer l'existence ou non d'une relation par écoulement souterrain et les éventuels temps de transports .

Cette étude complémentaire a été confiée au Laboratoire d'Hydrogéologie de l'Université de Lille-Flandres-Artois par délibération du Conseil Municipal d'Escalles en date du 21 Septembre 1989 (lettre recommandé du 3 Octobre 1989) .

I- Situation géographique

La commune d'Escalles est située au Sud-Ouest de Calais et comporte trois agglomérations; Escalles, Haute-Escalles et Tappecul . Les deux premières étant localisées dans l'axe principal du bassin versant qui débouche sur le littoral au lieu dit " Le Cran d'Escalles ", la dernière prend place dans un vallon adjacent au SSW de Haute-Escalles (fig 1) .

II- Le contexte géologique .

Dans le Bassin Versant d'Escalles, l'aquifère est constitué de craie plus ou moins marneuse, noduleuse ou blanche selon les niveaux, s'étalant de la fin du Cénomaniens moyen au Turonien supérieur-Sénonien.

Malgré la présence de quelques passées plus ou moins marneuses à la fin du Cénomaniens et au sein du Turonien moyen, l'existence de fractures nombreuses permet de considérer l'aquifère comme globalement monocouche (forage A.E.P drainant le Cénomaniens supérieur, infiltration au Hameau de Tappecul dans le Turonien moyen) .

L'existence de cette fracturation ressort en particulier de l'analyse morphostructurale détaillée du Bassin Versant d'Escalles et des relevés cartographiques qui ont permis de mettre en évidence de nombreux accidents d'orientation N 10° et N 40-50° au sein des différents vallons secs (fig 3) qui, encaissés et étroits représentent avec les orientations N 10° et N 40-50° des axes de drainage évidents pour le ruissellement mais vraisemblablement aussi pour les eaux souterraines .

L'analyse statistique de la fracturation en falaise (Cran d'Escalles) permet d'observer une direction majeure d'orientation N 130-150° (fig 4) . Bien que n'apparaissant pas distinctement dans cette analyse, les directions N 10° et N 40-50° correspondent tout de même à des axes de rupture principaux à l'intérieur des terres (lèvres des fractures écartées de 1 à 2 cm et remplies soit de calcite soit de pyrite : cela traduit un phénomène de distension favorisant les écoulements souterrains suivant ces directions) .

III- Aspect hydrogéologique de la région d'Escalles .

L'aquifère crayeux étant donc considéré comme unique, à l'échelle du secteur littoral, son exploitation est favorisée par une forte densité de fracturation . Les réseaux de fractures d'orientation N 10°; N 40-50° et N 130-150° induisent un écoulement fissural des eaux souterraines vers le littoral, bien que l'écoulement général de la nappe soit dirigé vers le Nord dans ce secteur (carte piézométrique réalisée en 1974 dans le cadre du projet du Tunnel sous la Manche) .

Ceci est confirmé par le relevé des cotes piézométriques, qui montre une décroissance progressive d'Est en Ouest (du Hameau de Tappecul au forage A.E.P. tableau n° 1) .

Localisation des ouvrages	Profondeur du niveau d'eau	Cote N.G.F	coordonnées Lambert		
			X	Y	Z
Puits domestique n°52	60,35	29,65	556,42	356,60	90,00
Puisard d'injection			556,44	350,93	82,41
Puits domestique n°43	36,27	19,73	557,00	357,47	56,00
Puits domestique n°42	26,24	15,18	556,50	357,75	41,42
Forage A.E.P.	15,57	12,43	555,625	358,26	28,00

Tableau n° 1 : Localisation et niveaux piézométriques

L'estimation des gradients (tableau 2), malgré une certaine approximation sur les cotes topographiques du sol ou des repères, met en évidence l'existence de gradients :

- relativement moyen pour la région (de l'ordre de 1/300) dans l'axe du vallon principal .

- mais beaucoup plus fort (de l'ordre de 4 fois) dans le sens transversal (N 10°) correspondant au vallons de Tappecul .

	vallon du Tappecul	vallon sec principal		
Debut ↓ Fin	puits n°52 vallon principal	puits n°43 puits n°42	puits n°42 forage A.E.P	puits n°43 forage A.E.P
distance (m)	1100	700	1000	1700
différence de charge (m)	14,20	2,55	2,75	5,30
gradient	1/77,5	1/274,5	1/363,5	1/321

Tableau 2 : Estimation des gradients hydrauliques .

Les principales venues d'eau mesurées au Cran d'Escalles suivent également la direction principale E-W . Ce qui est bien en faveur du drainage de la nappe vers l'Ouest dans ce secteur .

IV- Etude des relations hydrogéologiques par traçage .

A- Conditions expérimentales .

- Mode d'injection : Injection brève avec chasse .
- Solution injectée : Solution aqueuse très concentrée de 70 L contenant 10 kg d'Uranine (fluorescéine sodique), préparée en laboratoire par homogénéisation .
- Chasse d'eau : Approximativement 1030 L d'eau amenée et déversée par une tonne à eau de type agricole (contenance 1100 L), perte par ruissellement estimée à 70 L.
- Date et durée de l'injection : 11 Octobre 1989.
 - * 14h28 début du déversement des 70 L de solution concentrée et début du déversement de l'eau pour chasse .
 - * 15h15 (environs) fin de la chasse .
- Condition d'infiltration : Infiltration suivie pendant 2 heures en mesurant la baisse de niveau dans le puisard :
 - * Pendant la première heure (de 14h28 à 15h28) : il s'est infiltré à peu près 427 L de solution .

* Pendant la deuxième heure (de 15h28 à 16h28) : il ne s'est plus infiltré que 39,3 L.

On peut donc supposer que l'infiltration d'une solution injectée de façon brève s'effectue dans le terrain non saturé en suivant, selon toute vraisemblance, une loi de type exponentielle décroissante .

- Lieu d'injection : (X = 556.44 , Y = 350.93 , Z = 82.41)

Puisard de recueil des eaux pluviales, en bas de l'unique rue de Tappecul.

Le puisard (1 m de diamètre, 2,20 m de profondeur), permet la percolation des eaux pluviales (et dans le cas présent de la solution injectée), directement dans le terrain sous jacent, non visible dans l'ouvrage qui comporte un fond de galets rapportés .

- Distance de parcours : ne connaissant que les points d'entrée et de sortie ou de contrôle, il n'est évidemment pas possible de déterminer les trajets réels (au reste vraisemblablement multiples, comme vont le montrer les résultats du traçage), mais seulement les distances apparentes :

soit en ligne droite entre deux points, soit en ligne brisée en suivant approximativement les fractures ou alignements reconnus, depuis le point d'injection jusqu'au point suivant :

	Forage A.E.P.		Puits n°42		Sources (A et B)	
	L.D	L.B	L.D	L.B	L.D	L.B
distance à partir du puisard (m)	1600	2100	875	1050	1750	2250

Tableau n°3 : Distances entre les différents points . .

L.D. : en ligne droite , L.B. : en ligne brisée (fond du vallon)-

Echantillonnage : Quasi quotidien dans le forage d'alimentation en eau potable (voir date et heure dans le tableau 4) .

Les prélèvements ont été assuré par le personnel de la Société des Eaux de Calais en général hors de la période de pompage (voir tableau 5 en annexe).

- Prélèvements complémentaires

* Il a paru intéressant de surveiller également un point supposé intermédiaire sur le trajet théorique puisard de Tappecul-forage A.E.P : c'est le cas du puits n°42 où il a été possible d'effectuer des prélèvements grâce à l'amabilité du propriétaire de l'ouvrage .

* En fin de parcours, sur la falaise, donc à l'aval du captage, 2 sources importantes repérées le 11/10/1989 ont fait l'objet de prélèvements .

Cet échantillonnage complémentaire a été assuré bénévolement par les étudiants en D.E.U.S.T de technicien de la Mer et du Littoral de l' U.E. de Calais (Université des Sciences et Techniques de Lille-Flandres-Artois) .

Il n'a évidemment pas pu être aussi fréquent que celui réalisé sur le captage (voir tableau n°4) .

B- Résultats .

La détermination de la concentration en Uranine des échantillons a été faite à l'aide du fluorimètre 111 du Laboratoire d'Hydrogéologie .

Toutes les données concernant cette expérience sont reportées sur le tableau n° 4 (Résultats du traçage d'Escalles) .

Les courbes de restitution sont données sur les figures 5, 6, 7 et 8 .

C- Analyse des résultats :

1- Résultats au forage A.E.P. d'Escalles :

- Ces résultats reportés graphiquement sur la figure 5 (valeurs numériques : voir tableau 4), s'expriment par une courbe très multimodale comme c'est souvent le cas en milieu fracturé : chaque fracture ou famille de fractures permet un parcours différent avec sa propre vitesse (ces vitesses sont liées, en régime laminaire au carré de l'ouverture d'une fissure unique à bords parallèles ou au cube des ouvertures dans le cas de familles de fractures multiples) ;

- Le transport de soluté vers le captage s'effectue donc avec des vitesses différentes selon l'importance et la date des réponses :

* Premier échantillon le 13/10/1989 à 8h30mn

concentration faible (2,74 $\mu\text{g/l}$) mais néanmoins significative, soit un temps de 41h40 mn correspondant à une vitesse de l'ordre de 922 m/j (trajet apparent en ligne droite) ou de 1210 m/j (trajet supposé par fond de vallon) .

Dilution : $3 \cdot 10^{-7}$.

N.B : Il est regrettable à ce propos qu'aucun échantillon n'ait été fourni avant le 13/10/1989 .

- Premier pic (18,9 $\mu\text{g/l}$) : le 22/10/1989 à 11h :

soit un temps de transport de 10 j 20h30 mn (260h30 mn) correspondant à une vitesse de l'ordre de 147,4 m/j (en ligne droite) ou de 193,5 m/j (fond de vallon) .

Dilution : $2,08 \cdot 10^{-6}$.

- Pic principal (58,6 $\mu\text{g/l}$) : le 27/12/1989 à 17h15,

soit 76 j 20h30mn (1844h30mn) correspondant à une vitesse de l'ordre de 20,8 m/j (en ligne droite) ou de 27,3 m/j (par fond de vallon) .

Dilution : $6,45 \cdot 10^{-6}$.

2- Résultats en falaise du Cran d'Escalles .

a- Pour la source B (la plus au Nord)

Le premier pic (14,34 $\mu\text{g/l}$), correspond au premier échantillon prélevé, 42h après l'injection, soit une vitesse de l'ordre de 1000 m/j (en ligne droite) ou de 1285,7 m/j (par fond de vallon) .

Dilution : $1,58 \cdot 10^{-6}$.

b- Concentration maximale obtenue en falaise (32,51 $\mu\text{g/l}$), source A le 02/11/1989 à 15h10, soit 22 j 40mn (528h40mn), correspondant à une vitesse de l'ordre de 79,4 m/j (en ligne droite) ou de 102,1 m/j (par fond de vallon) .

Dilution : $3,58 \cdot 10^{-6}$.

Ce résultat en falaise confirme l'arrivée rapide au captage A.E.P (de l'ordre de 42h) où la concentration relativement faible aurait pu faire douter de la réalité d'un transfert rapide

3- Résultat au puits domestique (n°42) situé dans le village .

Le parcours semble moins direct , puisque le premier transport significatif mesuré (début d'échantillonnage plus tardif), n'apparaît qu'au delà de 20 jours (fig 7) mais c'est cependant l'endroit où la concentration atteint sa valeur maximale, $64,9 \mu\text{g/l}$ (au bout de 69 jours) contre $58,63 \mu\text{g/l}$ au forage A.E.P (à près de 77 jours) .

Dilution : $7,14 \cdot 10^{-6}$.

4- Taux de restitution

Il est de : - 0,35% au forage A.E.P.
- 0,635% au sources (A et B).

Le taux de restitution total est de 0,985%.

Bien que le taux de restitution soit relativement faible , il faut considérer qu'une partie du produit retenue dans le terrain pourrait être remise en mouvement par des précipitations ultérieures . Etant donné que l'échantillonnage a été arrêté au 101^{ème} jour rien ne prouve qu'on n' aurait plus observé de pics s'il avait été poursuivi .

5- Eventualité de fermentation .

Plusieurs flacons d'échantillon ont montré à leur arrivée au laboratoire (après plusieurs jours de confinement) un gonflement du bouchon métallique vissé, qui pourrait traduire une activité ou fermentation, il s'agit des échantillons suivant :

* Puits domestique n°42 :
- le 13/11/1989 .
- le 11/01/1990 .
- le 15/01/1990 .

* En falaise : source B :
- le 13/11/1989 .

V- Conclusion

Les résultats du traçage réalisé depuis le point de percolation des eaux pluviales de Tappecul soulignent :

1- La réalité d'un transport des eaux souterraines de façon convective à la faveur de fractures multiples : écoulement fissural rapide par chenaux diversifiés, mais relativement peu nombreux, en opposition avec le type habituel d'écoulement en milieu poreux ou finement fissuré de la nappe de la craie (vitesse relativement lente et courbe de restitution unimodale) .

2- L'existence indéniable d'une relation de transport des eaux souterraines entre :

- Le point d'injection et le captage A.E.P
- Le point d'injection et le puits domestique n°42 au sein du village d'Escalles .
- Le point d'injection et les sources de la falaise du Cran d'Escalles .

3- Des vitesses maximales (correspondant aux premières vagues observées du transport) de l'ordre de 1000 m/j (900 à près de 1300 m/j) .

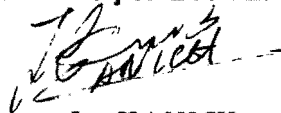
4- Des dilutions de l'ordre de quelques ppm (0,3 à $0,7 \cdot 10^{-6}$) .

5- Des taux de restitution de l'ordre de 1% à la date de l'arrêt de l'échantillonnage .



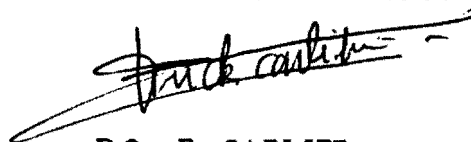
P . BRACQ
Chercheur 3^{ème}Cycle

A Villeneuve d'Ascq le 28/02/1990



L . HANICH
Chercheur 3^{ème}Cycle

Vu le Directeur du Laboratoire



P.O. E . CARLIER
Maître de Conférences .

--- LIMITE DE BASSIN VERSANT

--- LINEAMENT OU FRACTURE

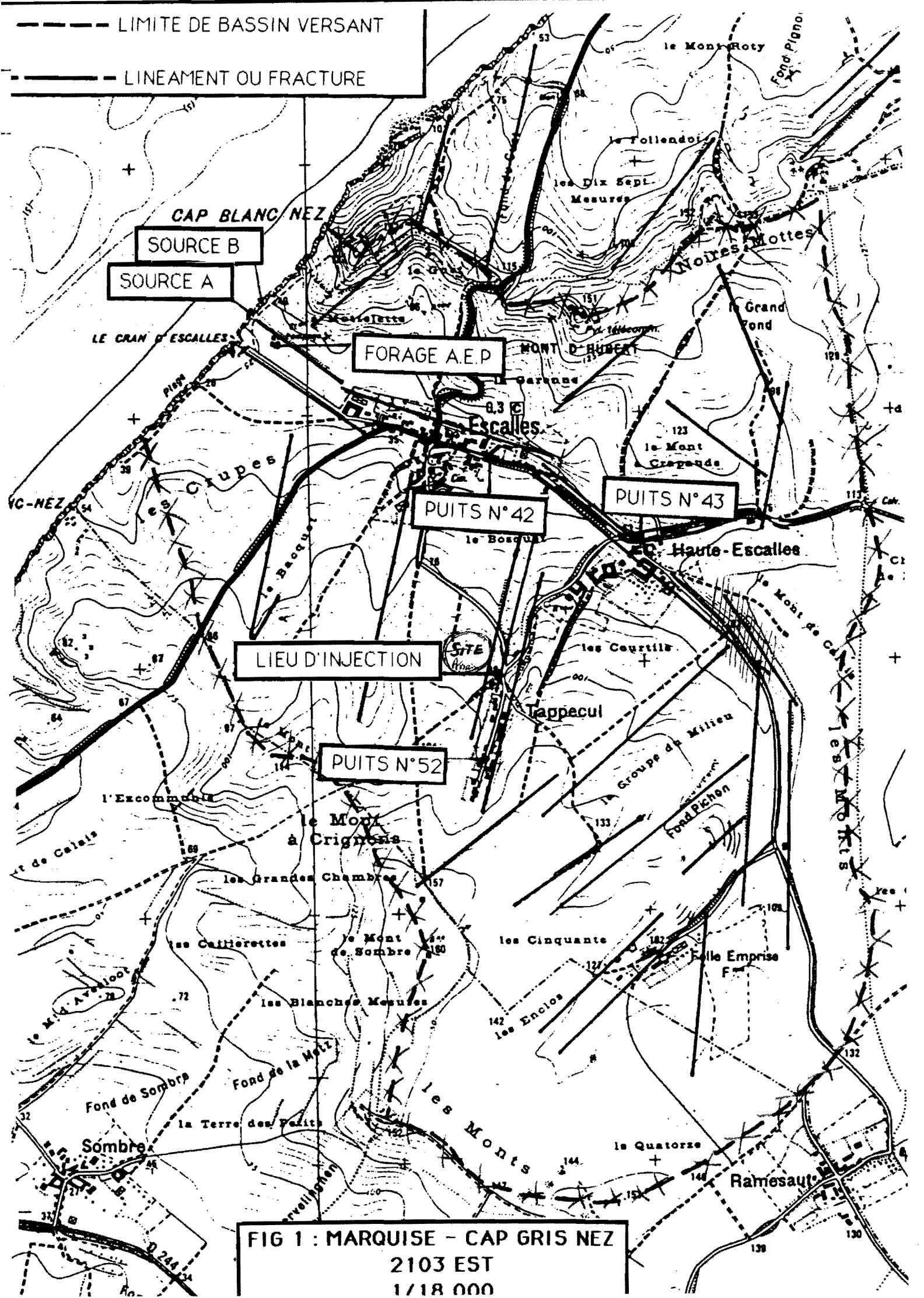


FIG 1 : MARQUISE - CAP GRIS NEZ
2103 EST
1/18 000

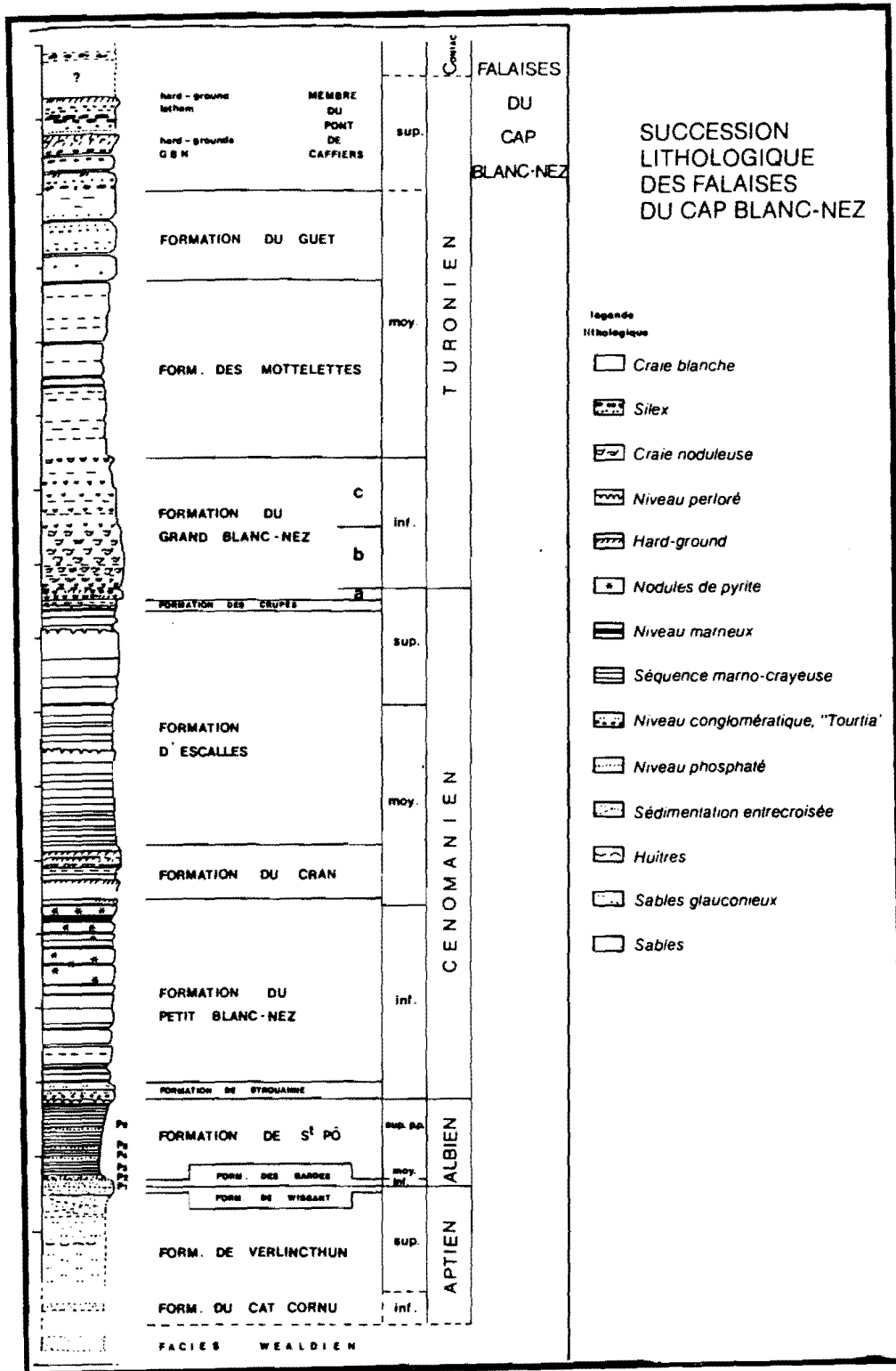
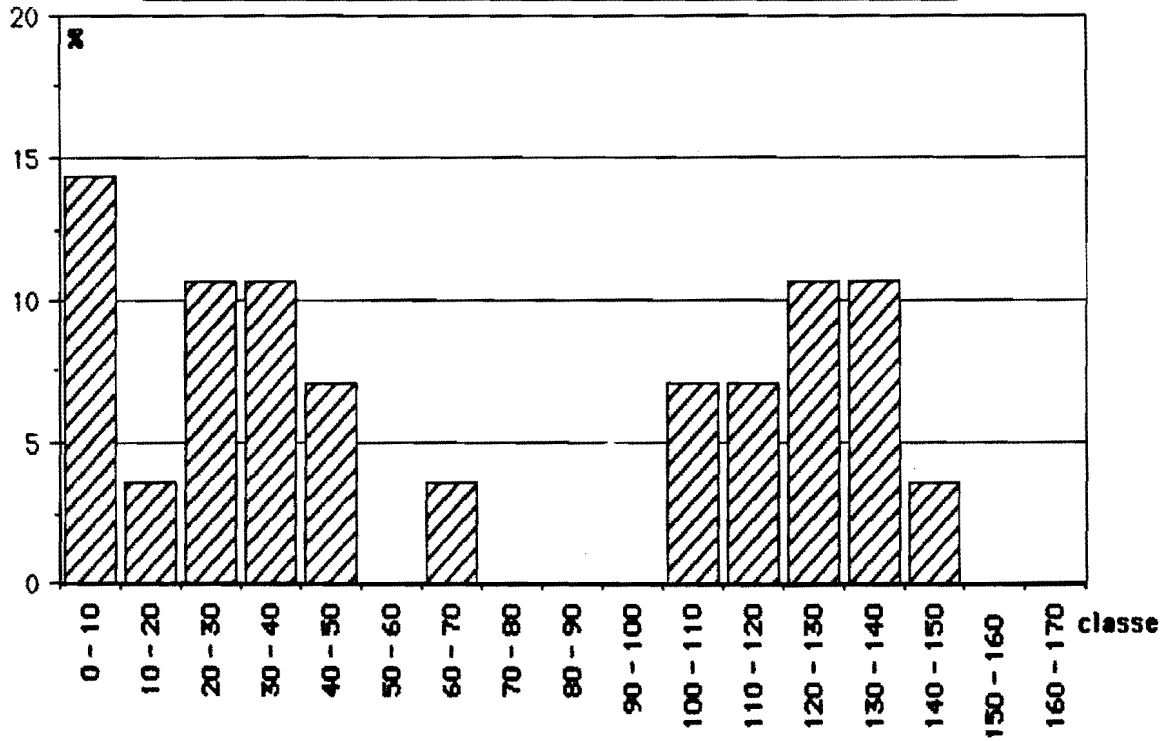


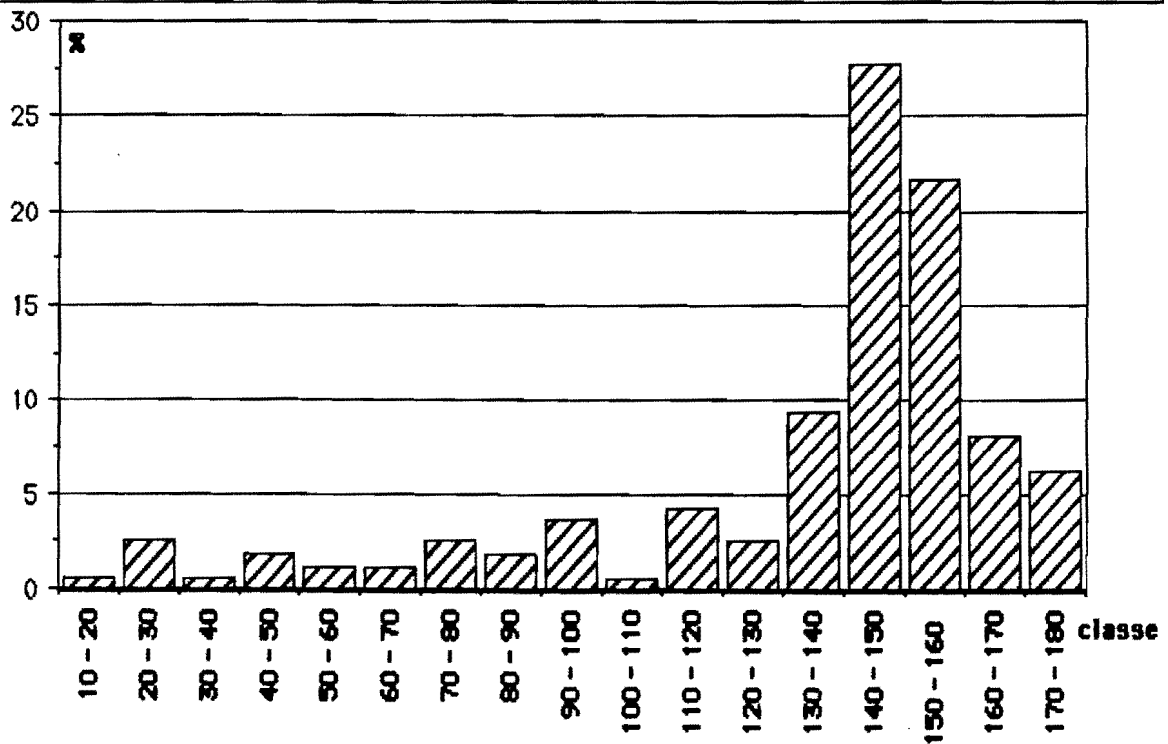
FIG 2 : SUCCESSION LITHOLOGIQUE DES FALAISES DU CAP BLANC - NEZ
(in Géologie du Boulonnais)

fig n°3 : Orientation des talus par classe de 10°(secteur d'Escalles)



(fig 3 et 4 : BRACQ.P 1989 Mémoire de D.E.A . Université des Sciences et Techniques de Lille-Flandres-Artois)

fig n°4 : Orientation de la fracturation par classe de 10° (en falaise au Grand'Escalles)



Courbe de restitution du traçage d'Escalles au forage A.E.P

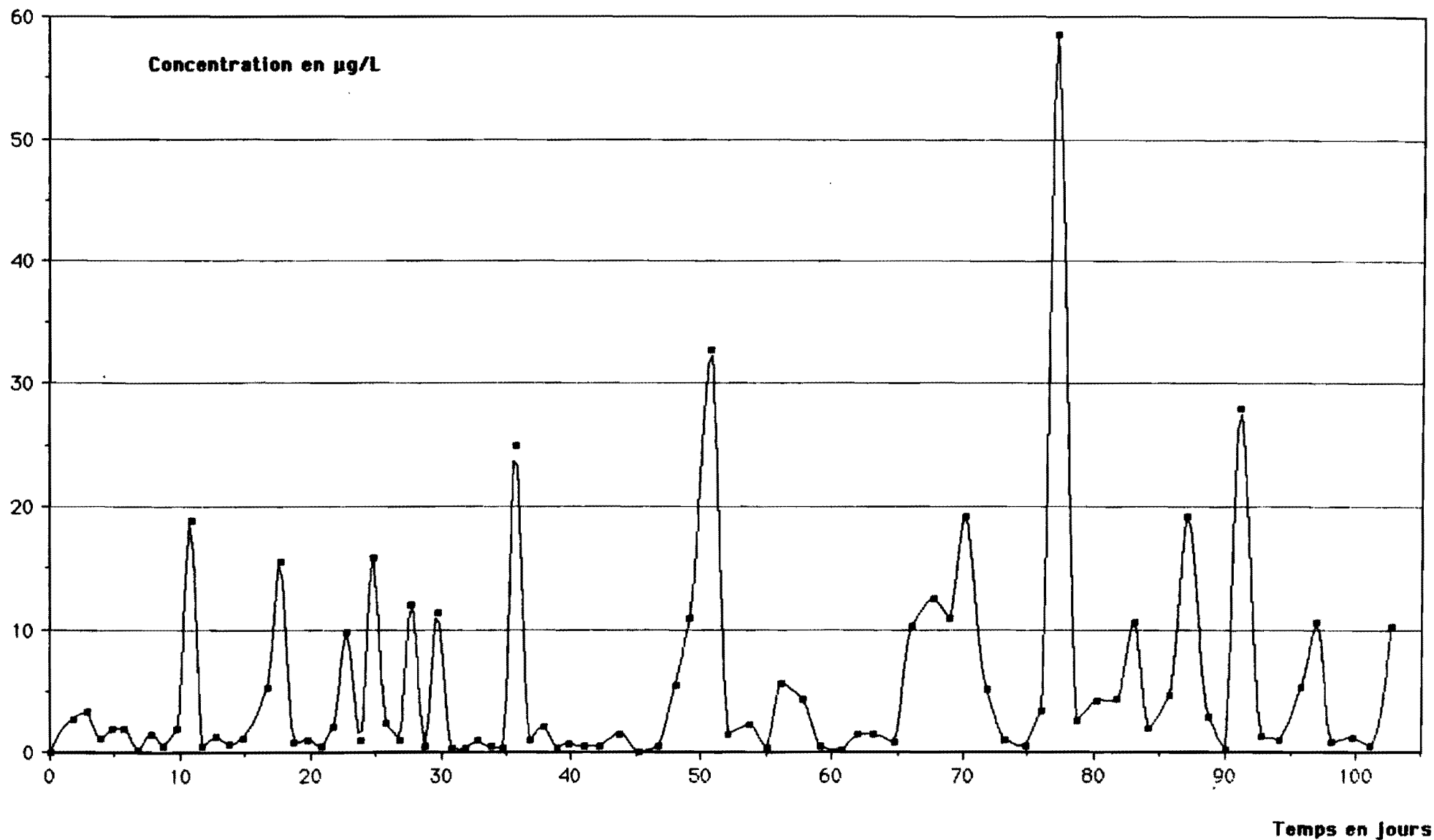


fig n°5 : Origine des temps : injection du traceur (11/10/89 à 14h30) .

Fig 6 : Courbe de restitution au puits n°42

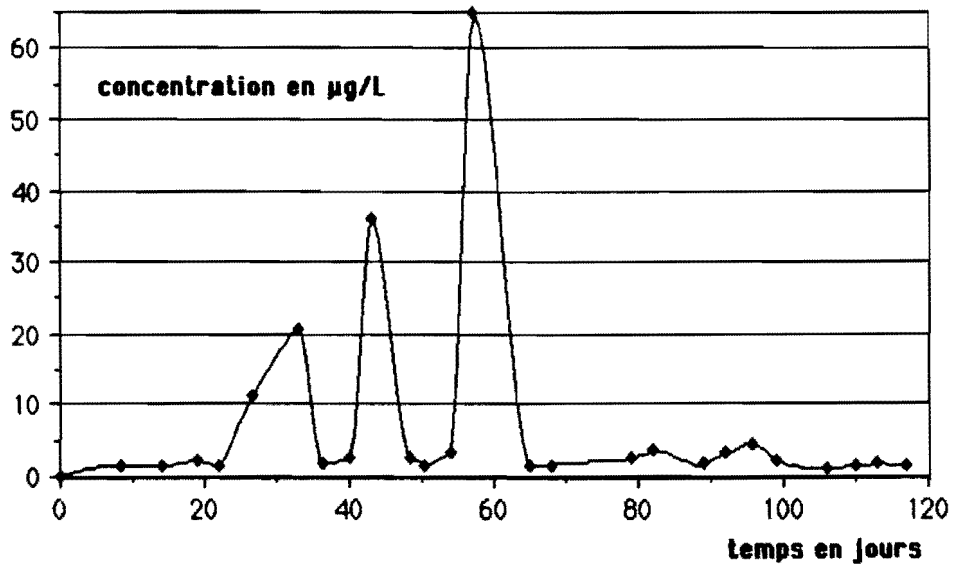


Fig 7 : courbe de restitution à la source A (Falaise)

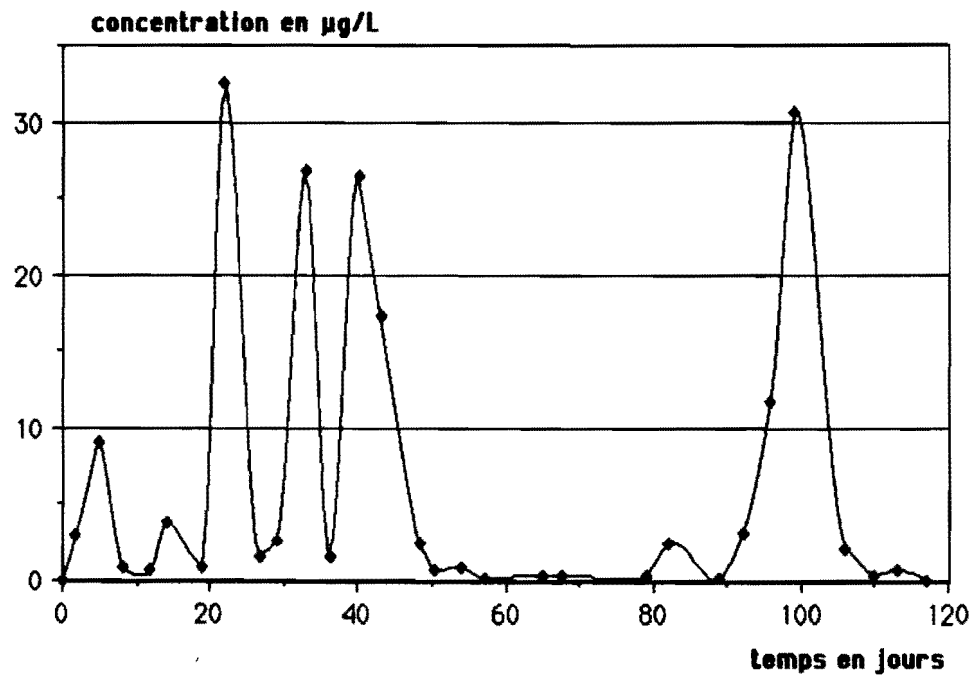


Fig 8 : courbe de restitution à la source B (Falaise)

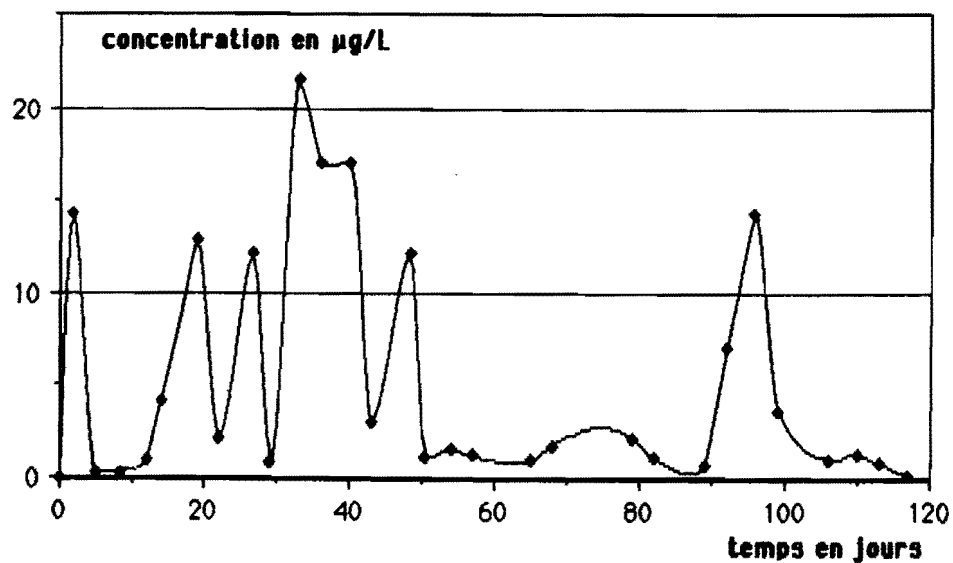


Tableau n°4 : Résultats du traçage d'Escalles

Injection effectuée le 11/10/89 à 14h30.
Lieu : sortie aval du Hameau du Tappe-Cul

Date	Temps en jours	Puits domestique n° 42		Forage A.E.P d'Escalles		falaise	Source A	Source B
		Heure	Conc en µg/L	Heure	Conc en µg/L	Heure	Conc en µg/L	Conc en µg/L
11/10/89	0	blanc	0	blanc	0	blanc	0	0
12/10/89	1			absent				
13/10/89	2			8h10	2,74	8h30	2,94	14,34
14/10/89	3			9h	3,29			
15/10/89	4			11h	1,09			
16/10/89	5			8h10	1,85	10h40	9,03	0,34
17/10/89	6			8h10	1,85			
18/10/89	7			8h10	,13			
19/10/89	8	18h30	1,64	8h10	1,50	18h45	0,88	0,34
20/10/89	9			8h10	,48			
21/10/89	10			9h	1,98			
22/10/89	11			11h	18,88			
23/10/89	12			8h10	,41	12h07	0,61	0,95
24/10/89	13			8h10	1,30			
25/10/89	14	15h10	1,43	8h10	,61	14h45	3,9	4,24
26/10/89	15			8h10	1,09			
27/10/89	16			8h10				
28/10/89	17			9h	5,34			
29/10/89	18			8h	15,48			
30/10/89	19	14h20	2,18	8h10	,75	13h50	0,88	12,82
31/10/89	20			8h10	1,02			
1/11/89	21			11h	,48			
2/11/89	22	15h10	1,5	8h10	2,12	15h	32,51	2,19
3/11/89	23			8h10	9,80			
4/11/89	24			9h	1,02			
5/11/89	25			9h30	15,85			
6/11/89	26			8h10	2,39			
7/11/89	27	10h	11,3	8h10	1,02	9h45	1,57	12,06
8/11/89	28			8h10	12,07			
9/11/89	29			8h10	,48	18h	2,66	0,82
10/11/89	30			8h10	11,31			
11/11/89	31			9h	,27			
12/11/89	32			11h	,27			
13/11/89	33	14h35	20,77	8h10	,89	14h20	26,83	21,48
14/11/89	34			8h10	,41			
15/11/89	35			8h10	,34			
16/11/89	36	19h	1,77	8h10	24,94	18h20	1,57	16,99
17/11/89	37			8h10	,89			
18/11/89	38			9h	2,12			
19/11/89	39			11h	,34			
20/11/89	40	17h20	2,53	8h10	,68	17h20	26,45	16,99
21/11/89	41			14h	,41			
22/11/89	42			17h15	,55			
23/11/89	43	15h	36,01			14h45	17,36	3,01
24/11/89	44			8h	1,50			

25/11/89	45			17h	,07			
26/11/89	46							
27/11/89	47			8h10	,55			
28/11/89	48	22h55	2,6	14h	5,41	22h45	2,46	12,067
29/11/89	49			17h15	10,93			
30/11/89	50							
1/12/89	51	0h20	1,64	8h	32,78	0h05	0,75	1,16
2/12/89	52			17h	1,50			
3/12/89	53							
4/12/89	54	12h40	3,42	8h10	2,26	12h30	0,88	1,64
5/12/89	55			14h	,34			
6/12/89	56			17hh15	5,61			
7/12/89	57	17h05	64,9			17h15	0,2	1,23
8/12/89	58			8h	4,24			
9/12/89	59			17h	,48			
10/12/89	60							
11/12/89	61			8h10	,20			
12/12/89	62			14h	1,37			
13/12/89	63			17h15	1,44			
14/12/89	64							
15/12/89	65	17h45	1,36	8h	,82	17h55	0,4	0,95
16/12/89	66			17h	10,17			
17/12/89	67							
18/12/89	68	10h50	1,64	8h10	12,45	10h40	0,34	1,78
19/12/89	69			14h	10,93			
20/12/89	70			17h15	19,26			
21/12/89	71							
22/12/89	72			8h	5,13			
23/12/89	73			17h	1,02			
24/12/89	74							
25/12/89	75			8h10	,41			
26/12/89	76			14h	3,42			
27/12/89	77			17h15	58,63			
28/12/89	78							
29/12/89	79	16h40	2,6	8h	2,53	16h30	0,34	2,18
30/12/89	80			17h	4,18			
31/12/89	81							
1/1/90	82	13h20	3,55	8h10	4,24	13h10	2,46	1,16
2/1/90	83			14h	10,55			
3/1/90	84			17h15	1,85			
4/1/90	85							
5/1/90	86			8h	4,65			
6/1/90	87			17h	19,26			
7/1/90	88							
8/1/90	89	16h35	1,7	8h10	2,81	16h45	0,13	0,75
9/1/90	90			14h	,13			
10/1/90	91			17h15	27,97			
11/1/90	92	17h	3,21			17h15	3,14	7,2
12/1/90	93			8h	1,23			
13/1/90	94			17h	1,02			
14/1/90	95							
15/1/90	96	9h50	4,65	8h10	5,20	9h35	11,68	14,33
16/1/90	97			14h	10,55			
17/1/90	98			17h15	,82			
18/1/90	99	18h25	2,25			18h	30,62	3,55
19/1/90	100			8h	1,09			
20/1/90	101			17h	,55			
21/1/90	102							

23/1/90	104						
24/1/90	105						
25/1/90	106	16h	1,09			16h10	2,12
26/1/90	107						
27/1/90	108						
28/1/90	109						
29/1/90	110	13h15	1,5			13h30	0,4
30/1/90	111						
31/1/90	112						
1/2/90	113	17h45	1,7			17h55	0,75
2/2/90	114						
3/2/90	115						
4/2/90	116						
5/2/90	117	13h	1,5			13h10	0,06

Date	Volume journalier m ³ /j	Programme de Pompage
Décembre 1989	68	11H.00 - 14H.00 - 22H.00 - 4H.00
Novembre 1989	60*	11H.00 - 14H.00 - 22H.00 - 4H.00
Octobre 1989	58	11H.00 - 14H.00 - 22H.00 - 4H.00
Septembre 1989	72	11H.00 - 14H.00 - 22H.00 - 4H.00

SOCIETE GENERALE DES EAUX DE CALAIS

Tableau n°5 : station de pompage d'Escalles

* : changement de compteur (valeur estimée)