

Intersol'2012, 27-30 mars 2012, Paris

Considérations sur l' utilisation des roches endogènes fissurés comme réacteurs naturels pour éliminer les excédents azotés agricoles

Utilization of fissured endogenic rocks as natural reactors to eliminate nitrogen excesses

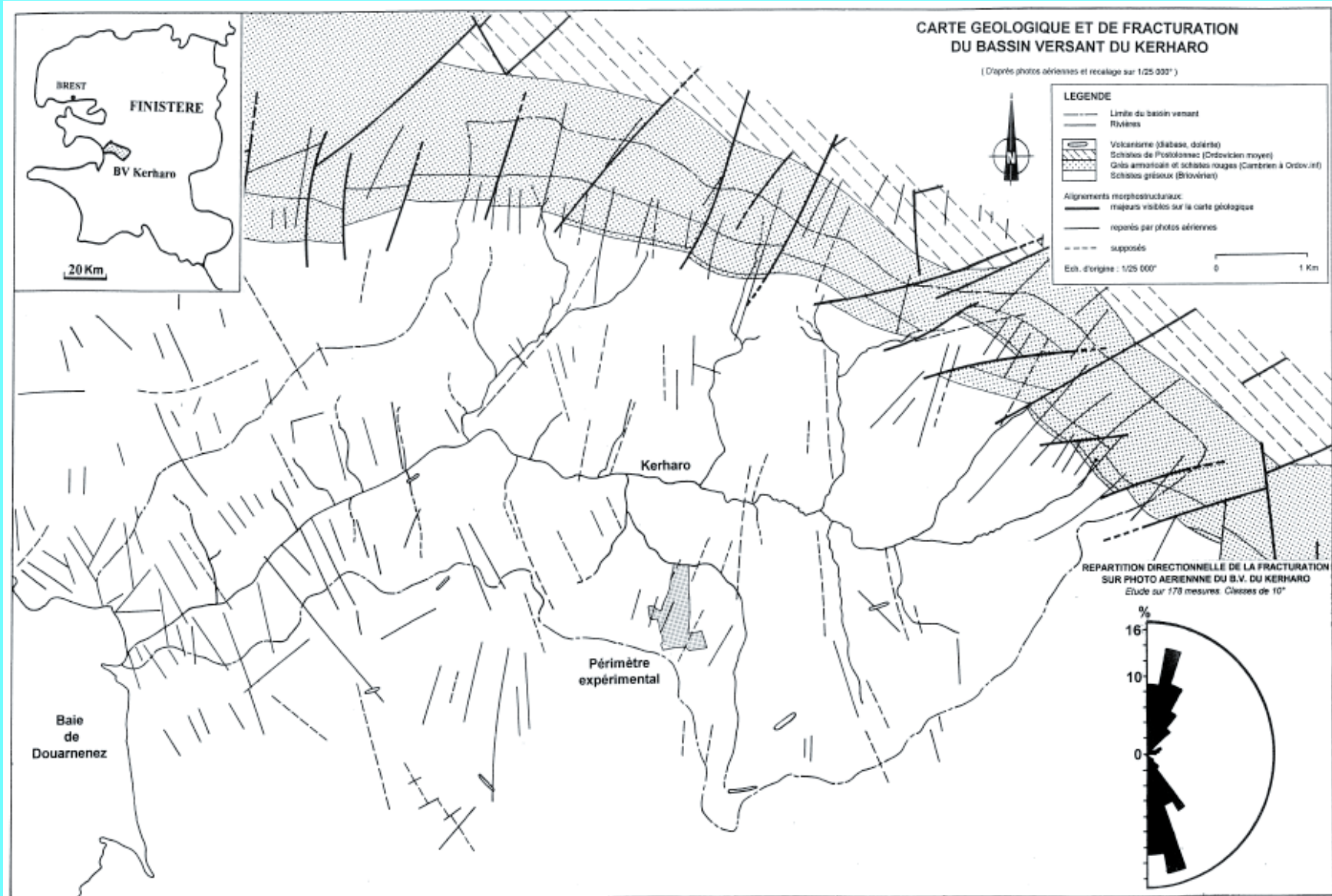
Par J.P. FAILLAT

Laboratoire d ' Hydrogéologie
Département des Sciences de la Terre
UFR des Sciences et Techniques
Université de Bretagne Occidentale

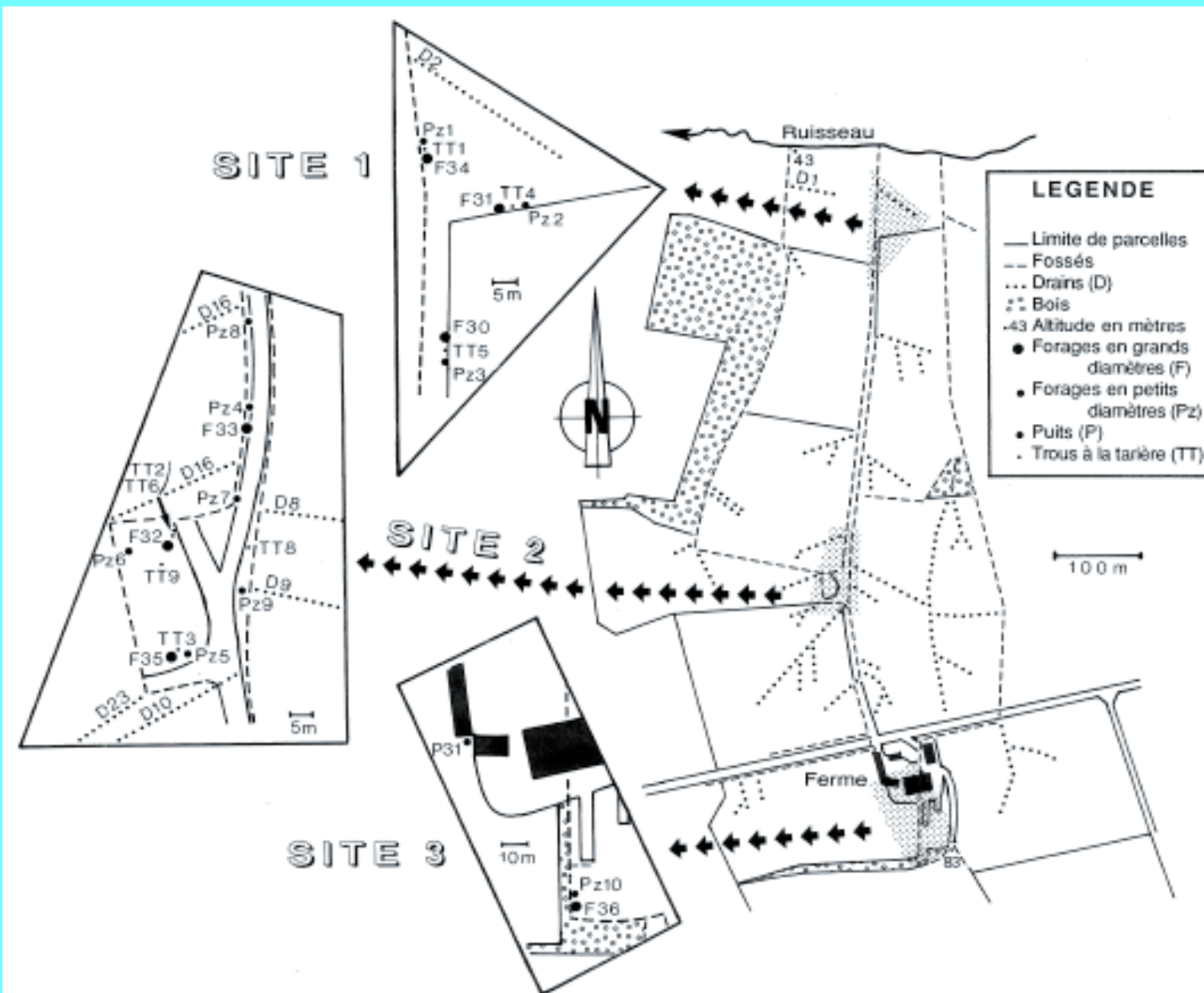
Introduction

- The features of organization and functioning of the fissured hydrogeosystems, as well as the nature of the rocks of the Armorican Paleozoic basement, created of the physicochemical conditions which can contribute to resolution, at least partially, problems of nitrogenous surpluses.
- These features and these conditions were studied in Brittany by a plurimethodological approach, from 1995, in 2 experimental perimeters devoted exclusively to research, the one on schists, in Finistère, other one on granite, in Côtes d'Armor.
- This communication displays knowledges of these studies, and left that they can draw as regards the resolution of the problem of pollution by nitrates, using fissured water-bearing as reactors of denitrification.

Localisation of the experimental perimeter of Kerveldréach (Finistère), geological and fracturation map (Somlette L., 1998)



The experimental perimeter of Kerveldréach (PEK) corresponds to a farm (0,35 km²) with 3 sites (18 boreholes). About 50 water points are available on the whole

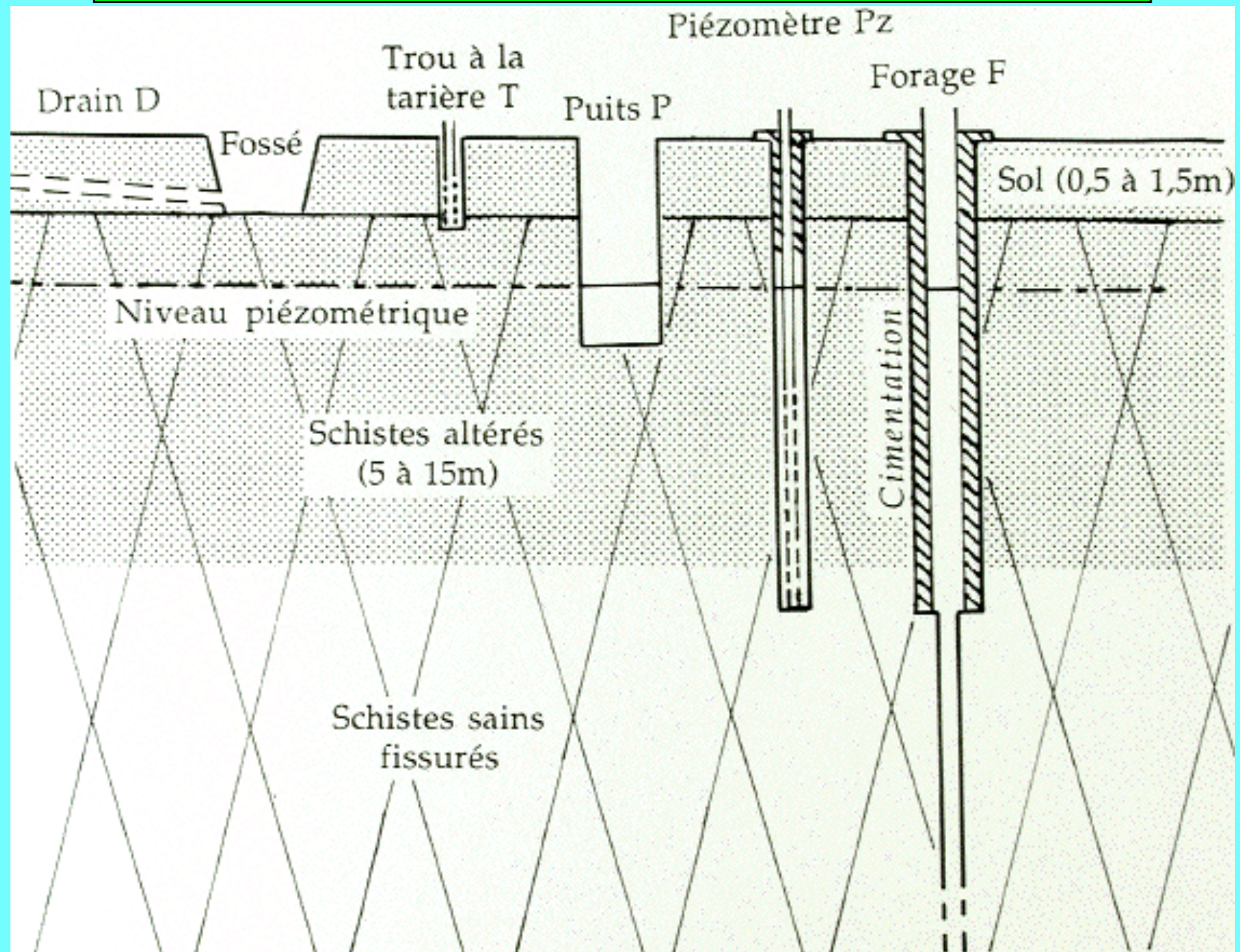


View of the PEK from the North



22.09.2004 17:33

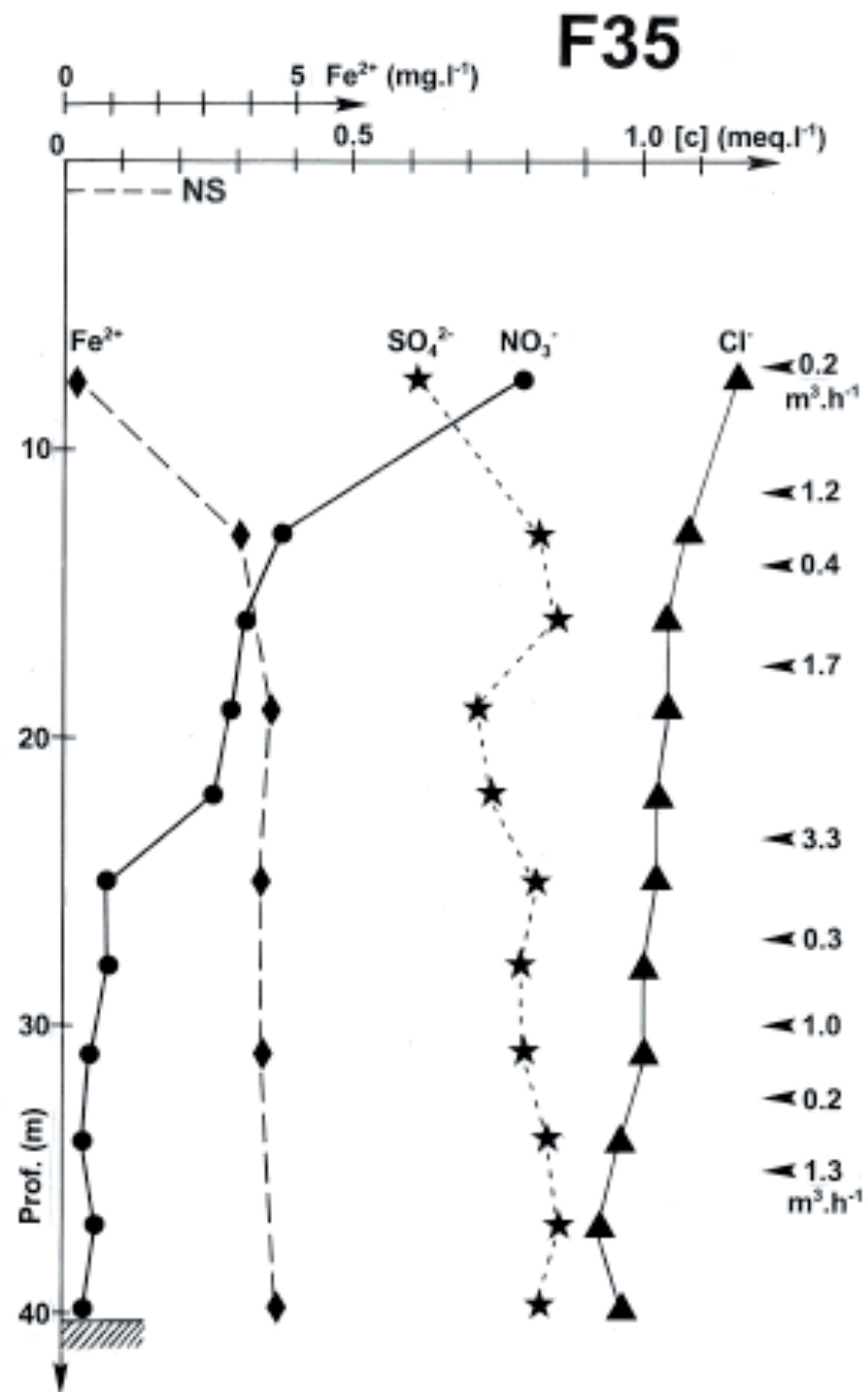
Different sorts of water points in the P.E.K.



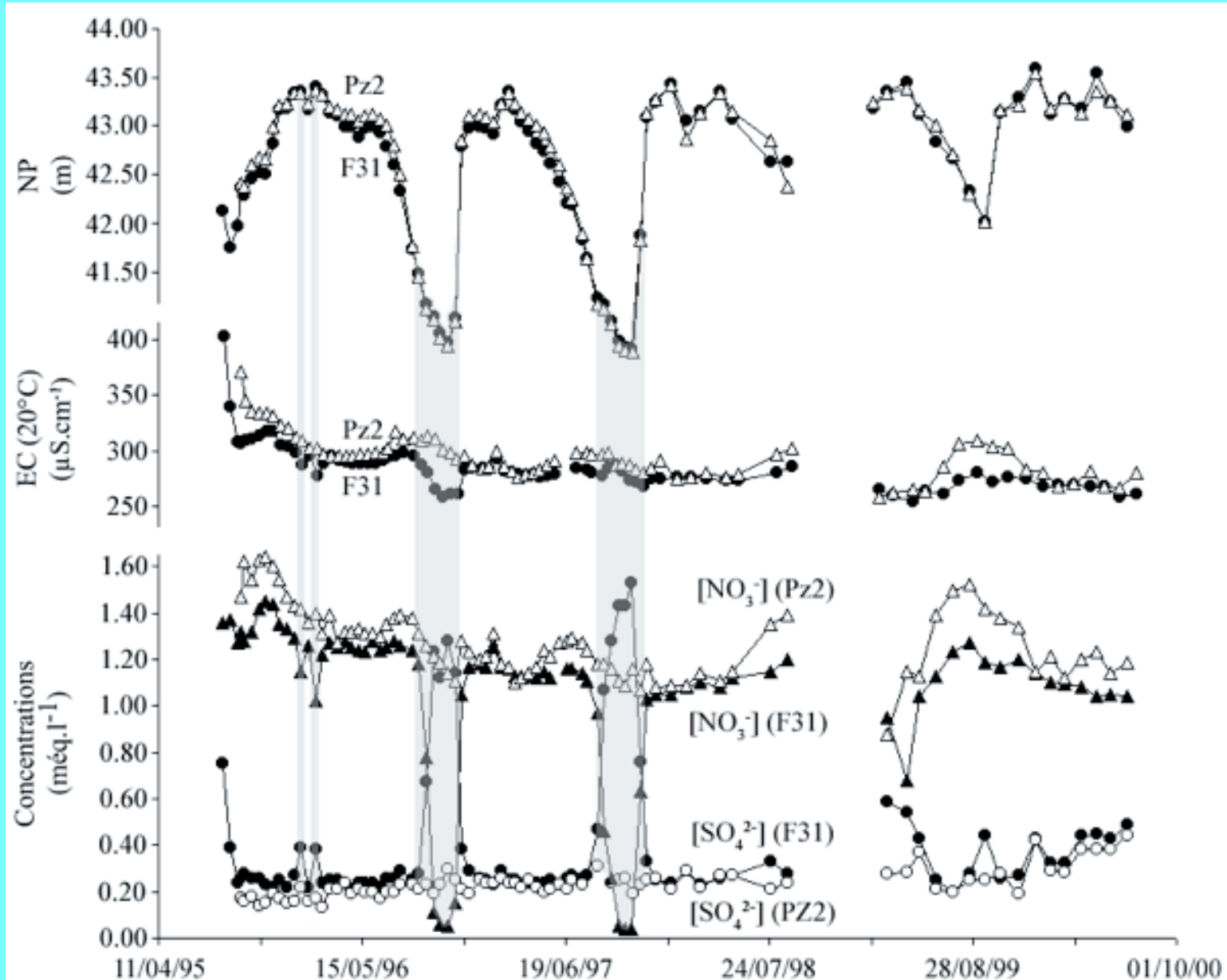
View of water-points at the bottom of hillside



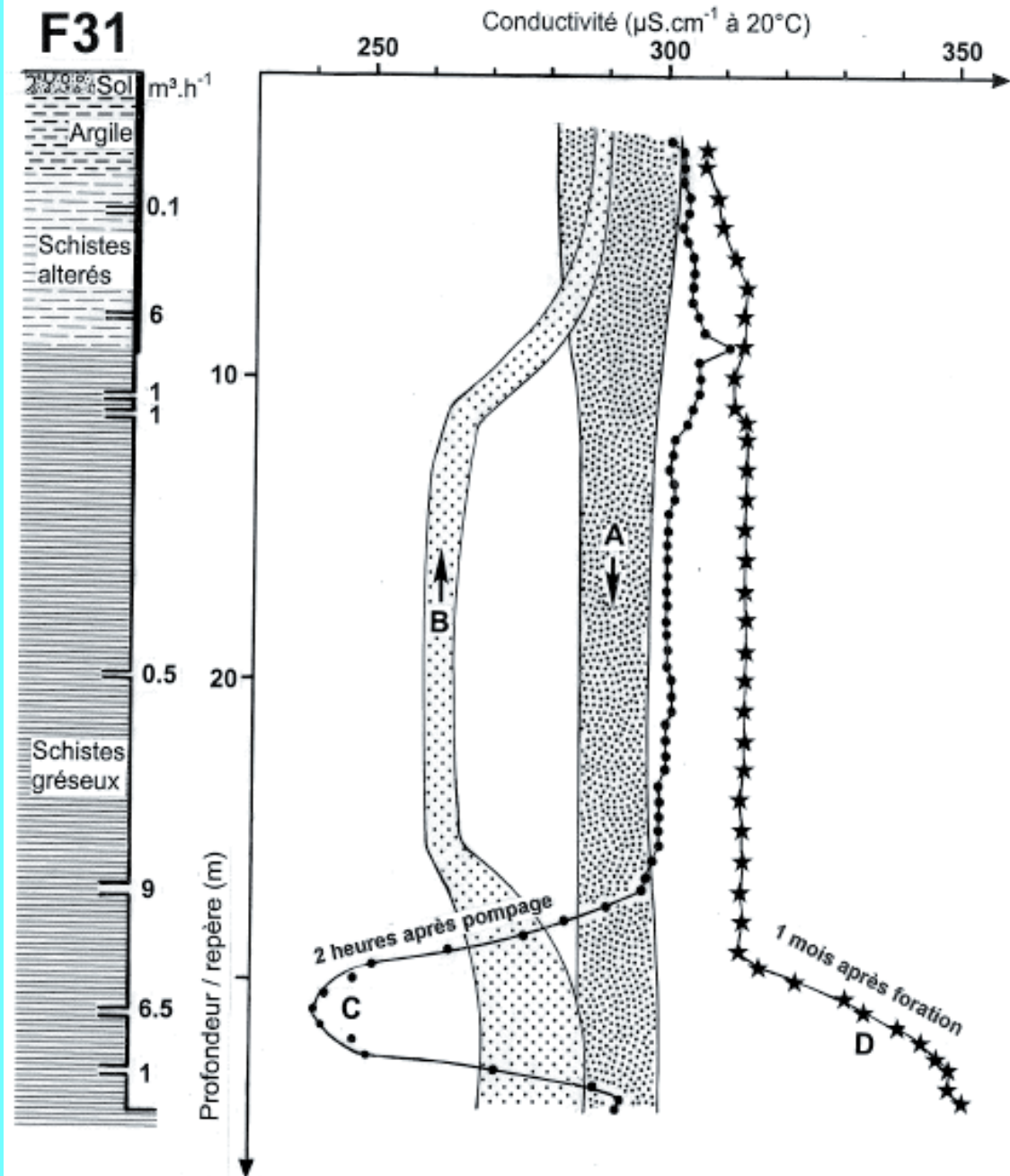
Hydrochemical logs
obtained during drilling



Some parameters according to time in a borehole (F31) and a piezometer (Pz 2) (Somlette & Sicard, 2000)



Electro-conductivity logs in a borehole (F31)

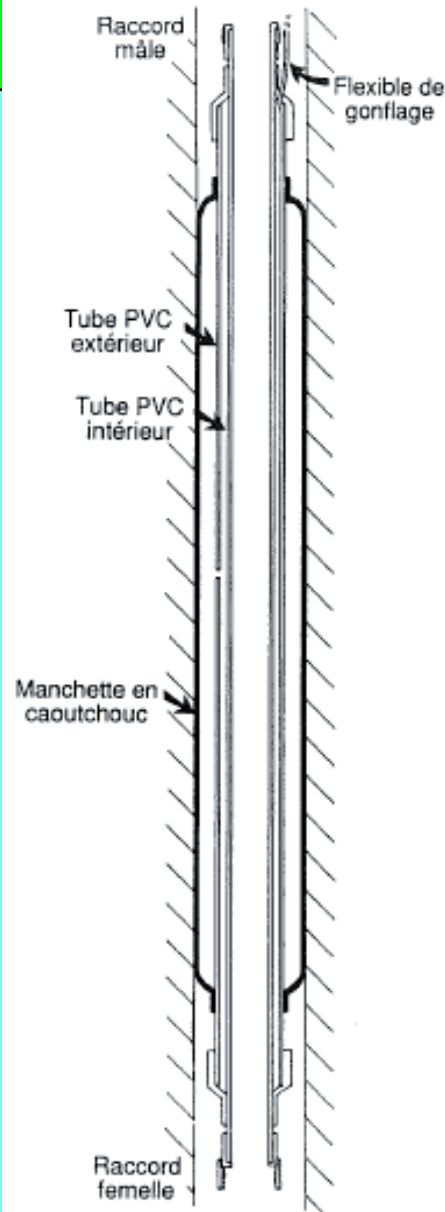


A : Ecoulement descendant : 1.2 à 1.3 $\text{m} \cdot \text{l}^{-1}$ de NO_3^- (8 courbes de diagraphie).
 B : Ecoulement ascendant : 0.05 à 0.15 $\text{m} \cdot \text{l}^{-1}$ de NO_3^- (3 courbes de diagraphie).
 (Prélèvements d'eau pour analyse à -12 m par minipompe à poste fixe).

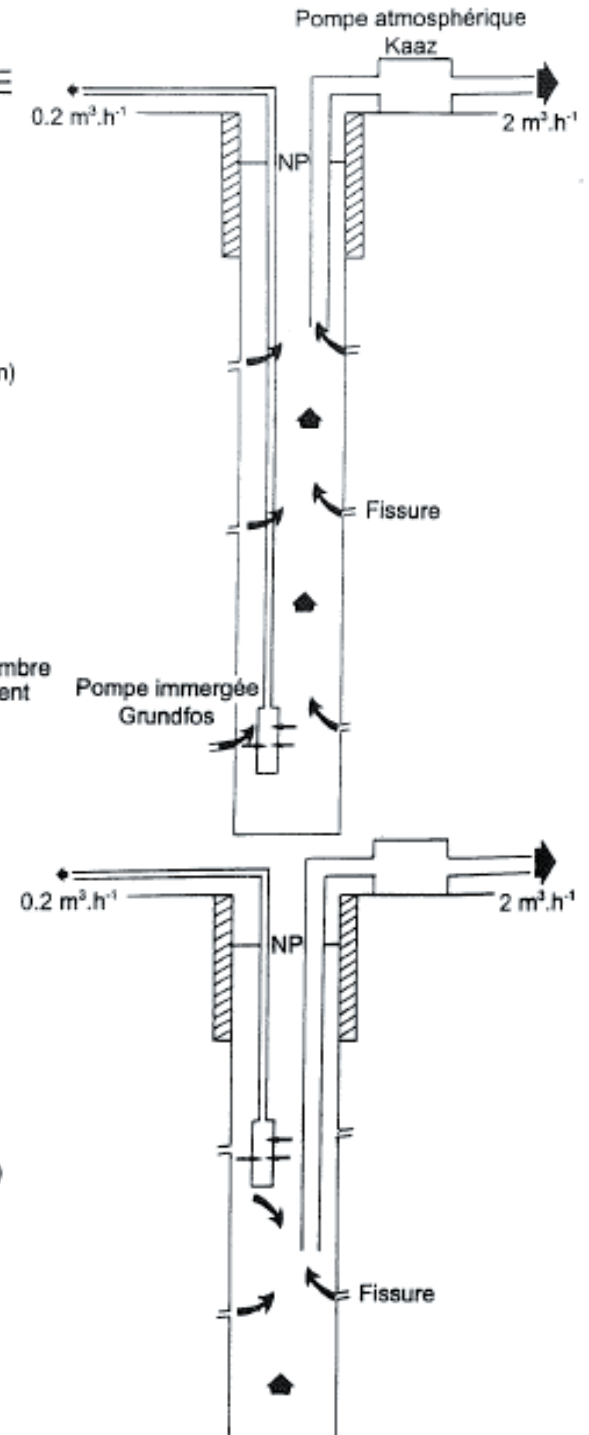
Description of a double PVC paker and set of pumps



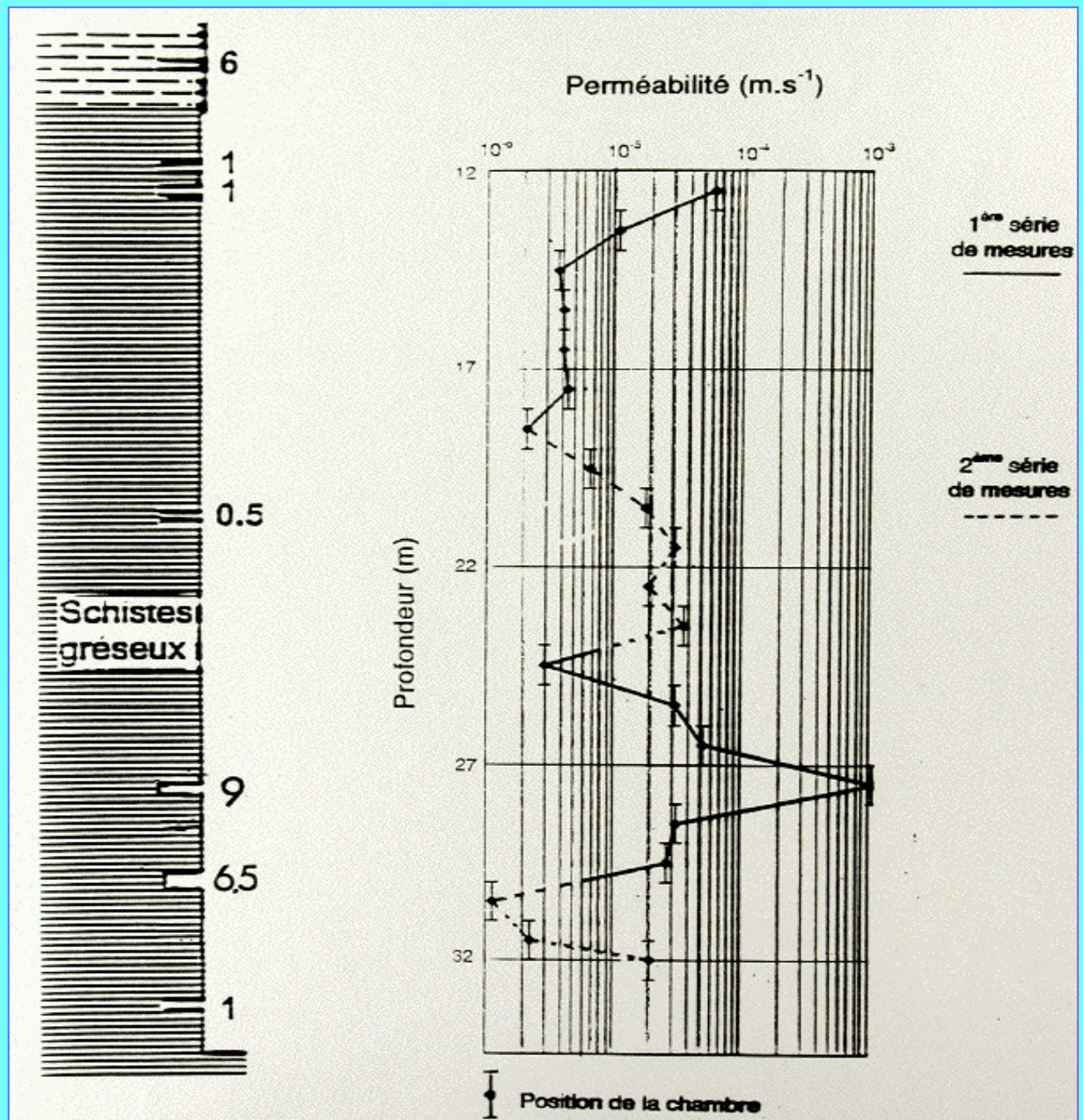
DÉTAILS D'UN OBTURATEUR
EN P.V.C.
(Longueur : 1,6 m)



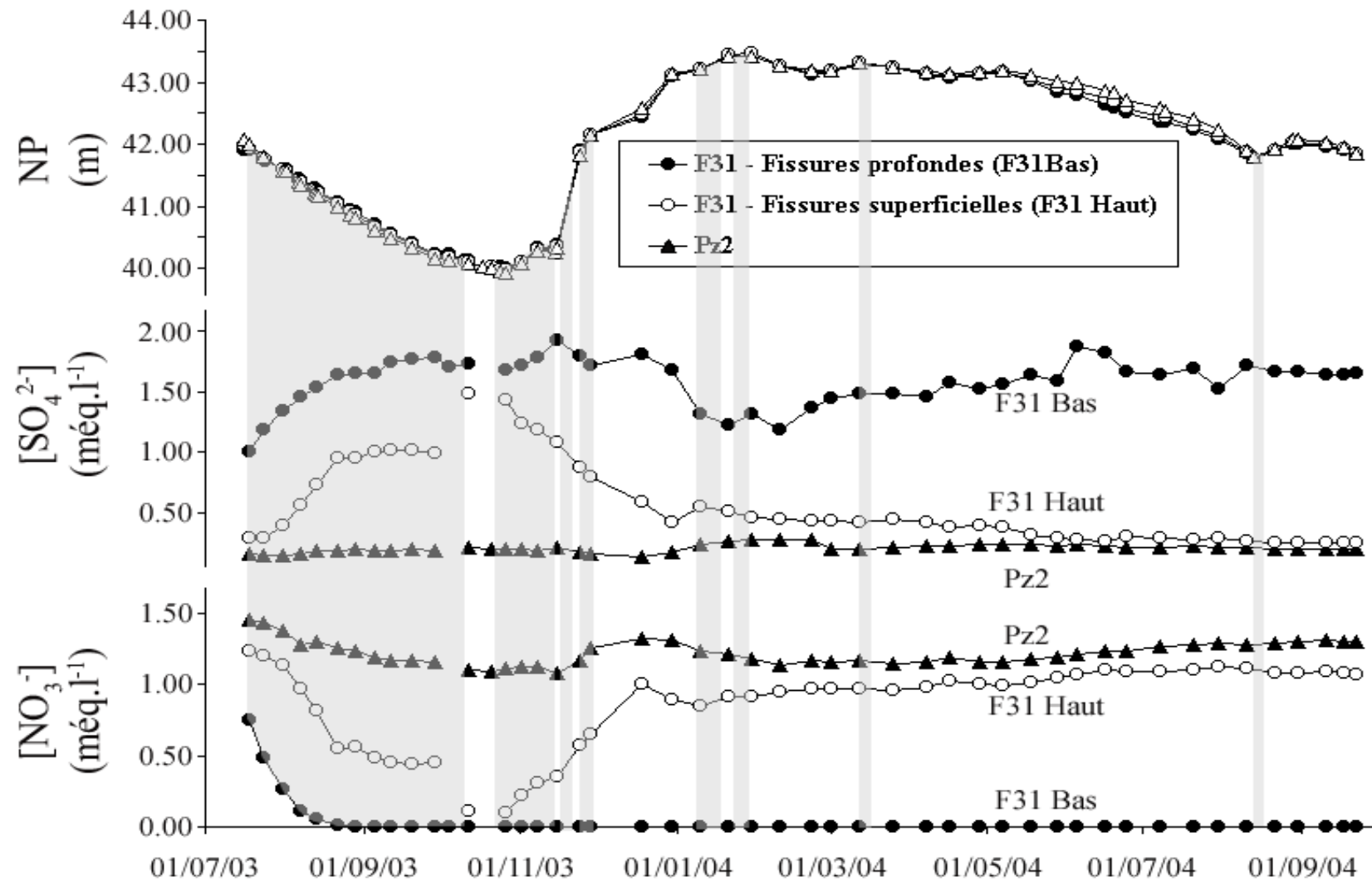
OBTURATEUR DOUBLE
EN P.V.C. EN PLACE
(Longueur : 5,6 m)



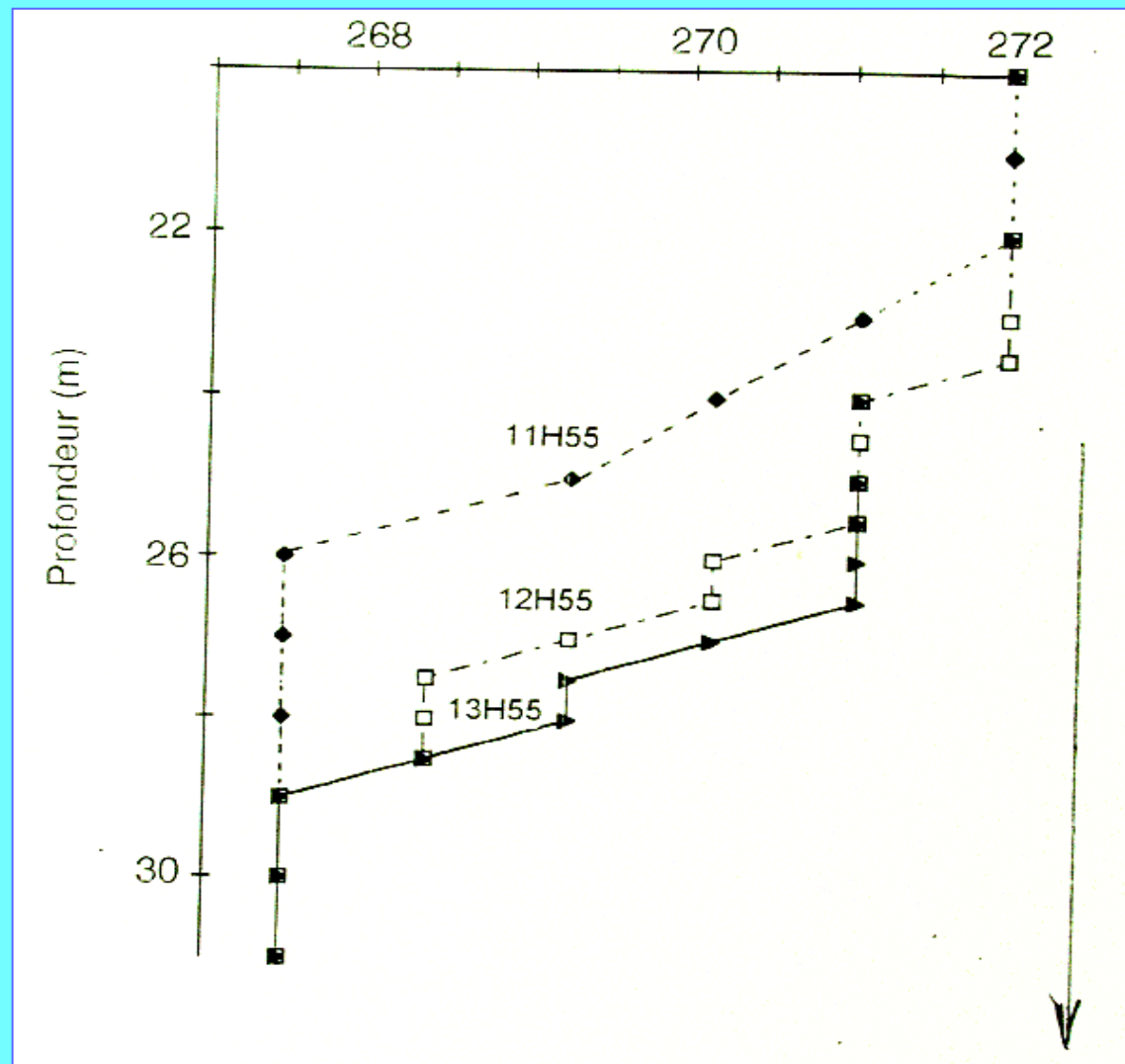
Permeability log
realised with a
double P.V.C. paker
(F31)



Parameters evolution according to time after setting of a paker in a borehole (F31)



Movement of one interface in the column of water of a borehole (F30) after removing of a paker



Cross-section of a schematic organization and functioning model of the aquifer under a slope, showing a superficial oxidizing level above a denitrifying one.

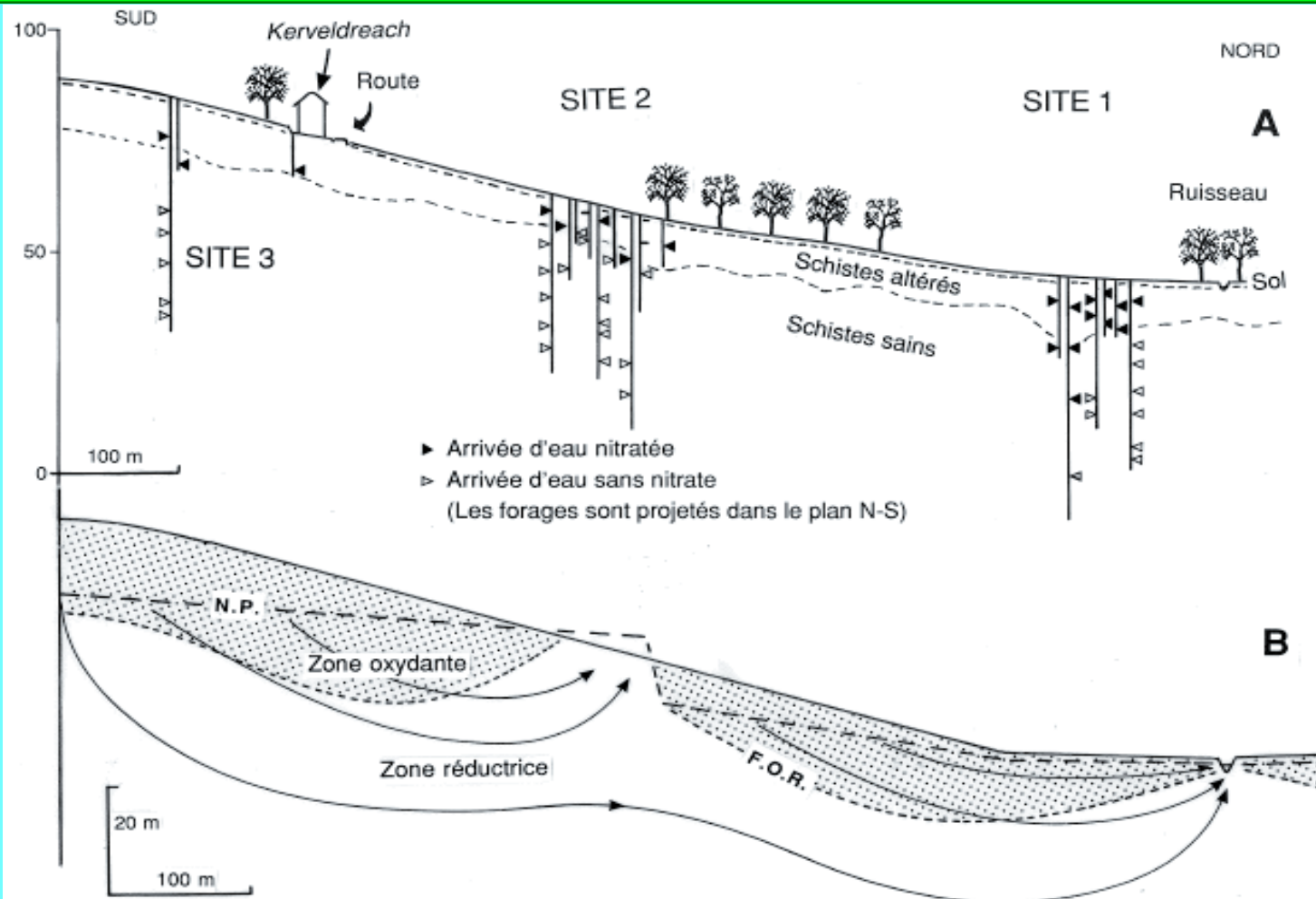
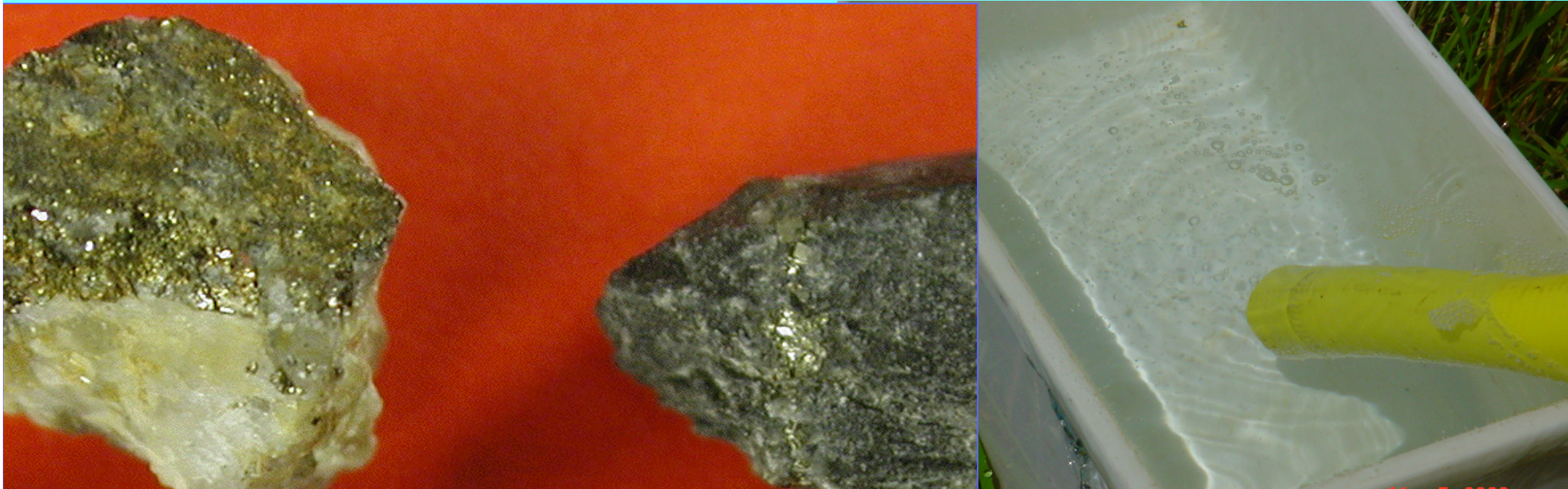


Schéma interprétatif de la disposition des zones oxydante et réductrice suivant un profil Nord-Sud passant par les 3 sites.

Main chemical processus in a deep natural biological denitrification in fissured aquifer under weathered rock. Left photography : cuttings with pyrite.

Right photography : water degassing during sampling (N_2 , CO_2 ?)

- $5/14 \text{FeS}_2 + \text{NO}_3^- + 2/7 \text{H}^+ \rightarrow 5/7 \text{SO}_4^{2-} + 1/2 \text{N}_2 + 5/14 \text{Fe}^{2+} + 1/7 \text{H}_2\text{O}$ (1)
- $5/4 \text{CH}_2\text{O} + \text{NO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow 5/4 \text{CO}_2 + 1/2 \text{N}_2 + 7/4 \text{H}_2\text{O}$ (2)
- $5 \text{Fe}^{2+} + \text{NO}_3^- + 12 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 5 \text{Fe}(\text{OH})_3 + 1/2 \text{N}_2 + 9\text{H}^+$ (3)



Bacteria of the natural
Denitrification (right).
Artesian borehole
with $\text{Fe}(\text{OH})_3$ precipitate (under)

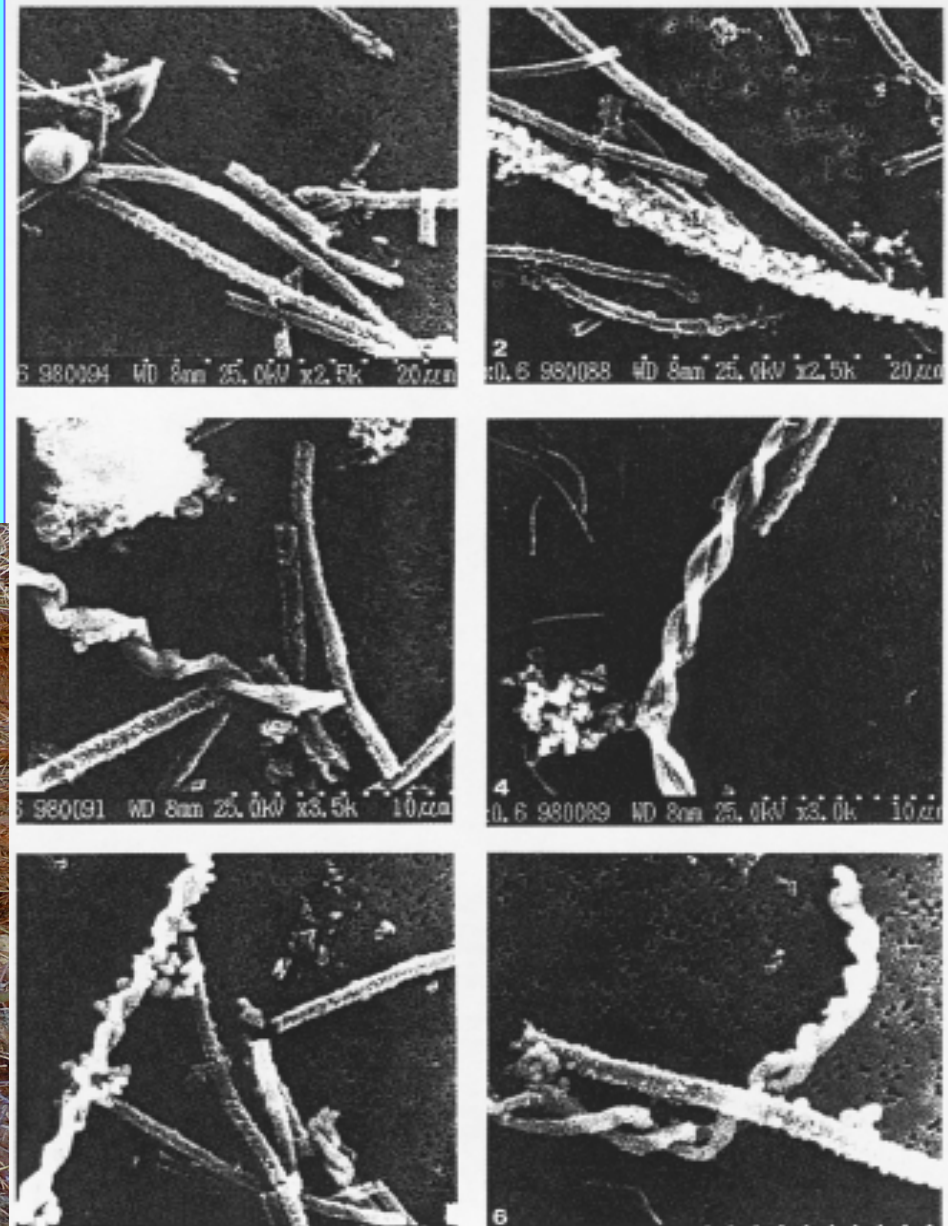
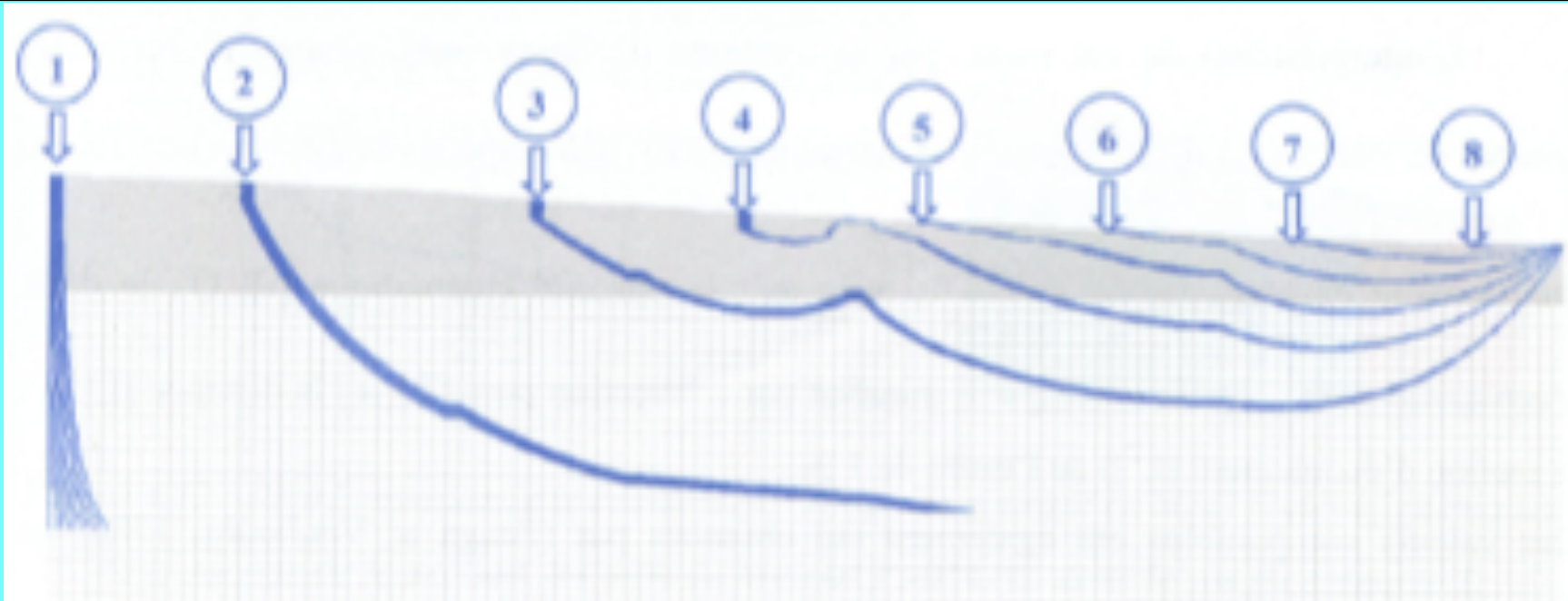


Planche 1 - Recherche de *Gaïlonella* sur des échantillons prélevés au niveau des eaux souterraines du bassin versant du Kerharo.
Photo 1 (x 2 500) - Fragments de formes filamenteuses. La gaine entourant ces formes ne permet pas de visualiser les cellules bactériennes.
Photo 2 (x 2 500) - Certaines de ces formes présentent des incrustations d'oxyde de fer et/ou de manganèse et pourraient appartenir au genre *Leptothrix*.
Photo 3 (x 3 500) - Photo 4 (x 3 000) - Photo 5 (x 2 500) - Photo 6 (x 4 000) - La forme tordue très caractéristique de ces sécrétions d'hydroxydes ferriques permettrait de rattacher présumivement ces bactéries au genre *Gaïlonella*.

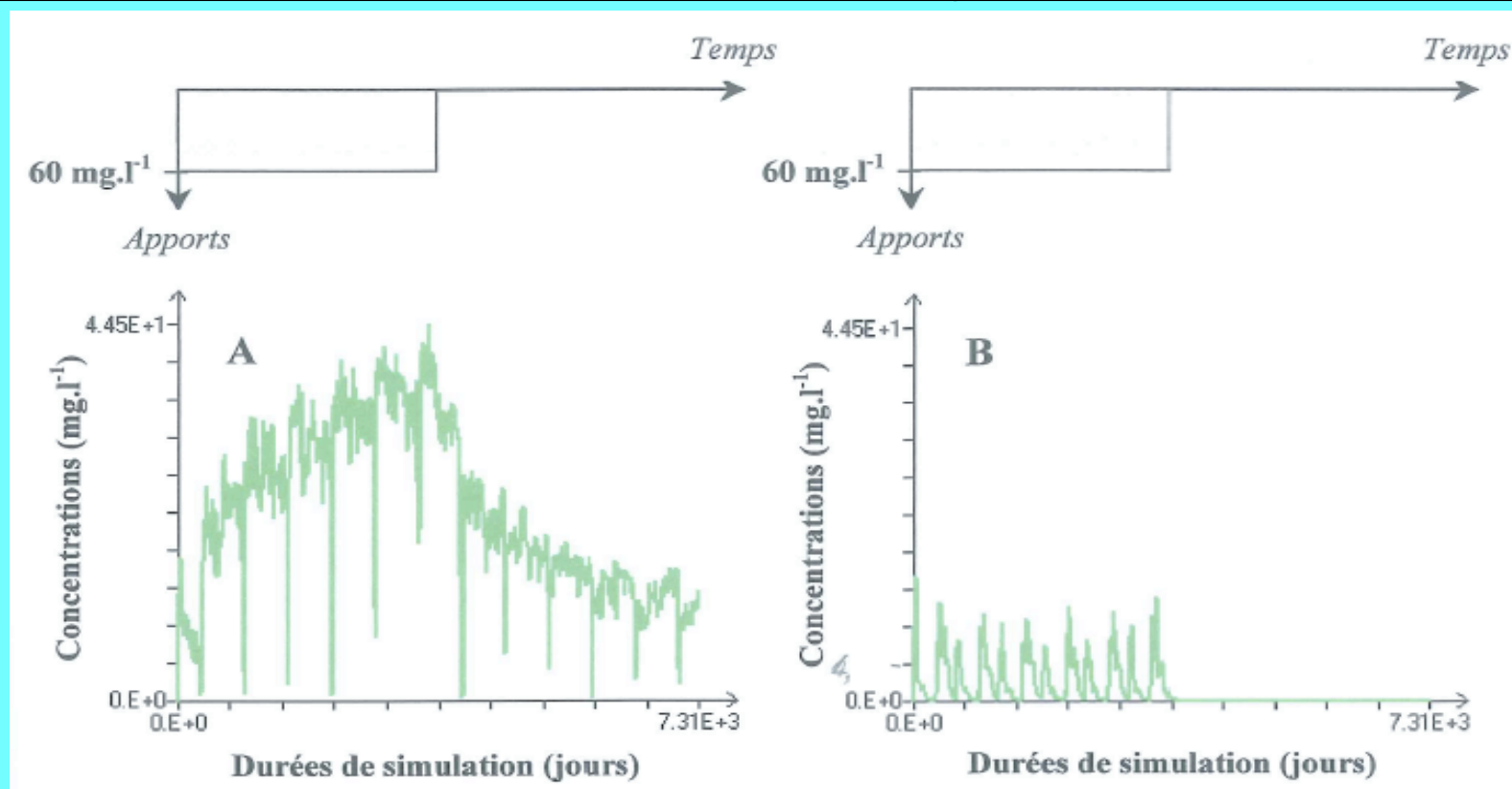
18 12 21

Simulation of the time of transfer according to the porosity between points of injection in surface and the stream, on a section of the hillside (Goujon M., 2005)



Temps de transfert pour des porosités efficaces de :					
	$\alpha = 0,1 \%$	$\alpha = 0,5 \%$	$\alpha = 1 \%$	$\alpha = 5 \%$	$\alpha = 10 \%$
1	7 ans	36 ans	72 ans	359 ans	717 ans
2	3 ans	15 ans	41 ans	145 ans	287 ans
3	550 jours	7 ans	14 ans	70 ans	139 ans
4	240 jours	3 ans	7 ans	33 ans	65 ans
5	130 jours	610 jours	3 ans	17 ans	34 ans
6	55 jours	270 jours	540 jours	8 ans	15 ans
7	30 jours	150 jours	290 jours	4 ans	8 ans
8	3 jours	15 jours	30 jours	150 jours	290 jours

Simulation de courbes de restitution au ruisseau avec ou sans zone dénitrifiante (Goujon M., 2005)



Durées de simulation (années)	Type	Apports (kg de NO ₃)	Sorties du système (%)	Dénitrification (%)
1	Sans FOR	18.7	8.9	-
	Avec FOR	18.7	2.5	74.4
20	Sans FOR	220.3	73.9	-
	Avec FOR	220.3	4.0	90.6

Diagram of the optimal zones of manuring.

Les nitrates des lisiers introduits en surface dans les zones d'épandage optimales sont éliminés dans la zone réductrice de la nappe. Ailleurs, les apports en composés azotés doivent être réduits au stricte minimum, sinon supprimés. Les premiers effets d'une telle pratique devraient se manifester en 2 années au plus.

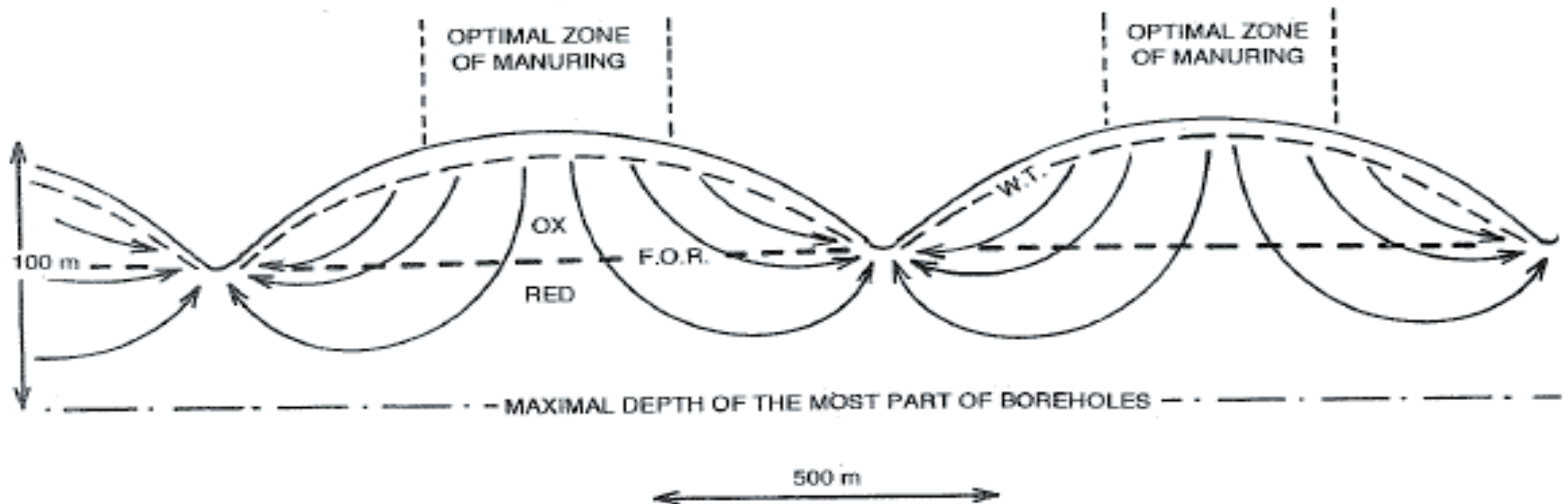
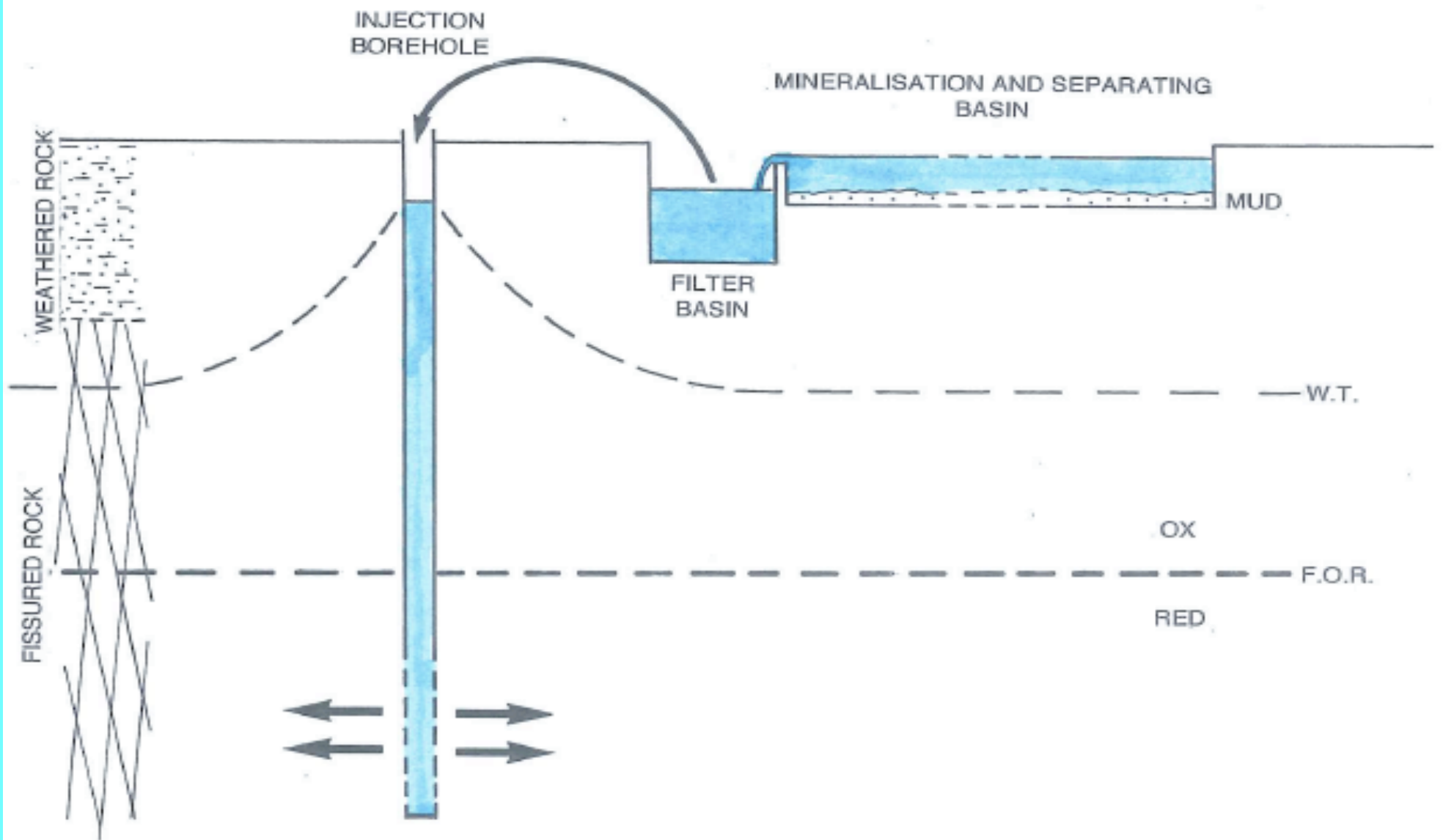


Diagram of a device of injection by a borehole of nitrogenous effluents.
En dehors des zones favorables à l'épandage en surface, des forages injectant les effluents directement dans la zone réductrice pourraient fournir des solutions ponctuelles.



Conclusion

- The natural biological denitrification in aquifers is responsible for the destruction of a party of nitrates of anthropic origin.
- It follows from it a vertical organization of groundwater, which makes rest an oxidizing zone of 50 m of thickness in most, on a reducing zone.
- This organization is probably meet in the magmatic or metamorphic fissured rocks with low permeability, in Armorican massif or by any similar regions everywhere.
- This phenomenon can have numerous consequences: on the hydrodynamic properties of the water-bearing (clogging?), on the balance of nitrates in the watershed, in the valuation of the role of the humid zones in the denitrification, and especially, with her systematic utilization, in the decrease of the quantities of nitrates which reach rivers and the coast-line.
- The simulation, to refine, of flow and transport in the weathered and fissured aquifers, when they take into account the denitrifying zone, makes hope for rather quick answers to measurements likely to be set up, such the definition of optimal zones of manuring and injection boreholes.

Bibliography

- SOMLETTE L. (1998) : Contribution à l' étude hydrogéologique de la distribution et du devenir des nitrates dans les nappes de fissures, de l' échelle du périmètre expérimental à celle du bassin versant côtier. Conséquences sur les ressources en eaux et la protection du littoral en Bretagne. Thèse, U. de Bretagne Occidentale-ISAMOR, 22/10/1998, 308 p.
- FAILLAT JP., SOMLETTE L. et SICARD T. (1999) : Controles redox et hydrodynamique des nitrates et zonation hydrochimique verticale des nappes de fissures du socle. Possibilité de généralisation. *Bull. Soc. géol. Fr.*, t. 170, n° 2, 229-240.
- SICARD T. et FAILLAT JP. (1999-2000) : Suivi du transit des nitrates dans les eaux souterraines. Périmètre expérimental de Maupertuis (Côtes d'Armor). Phase 1 à 6, rapports d' étapes, contrat CG22-UBO.
- MARJOLET G., FAILLAT JP. et SICARD T. (2000) : Contribution des eaux souterraines au débit et aux teneurs en nitrates des eaux dans un bassin versant breton (Côte d'Armor). Colloque interceltique, Aberystwyth, 3-7 juillet, 303-309.
- FAILLAT JP., DUBEARNES, B. et SQUARCIONI P. (2002) : Représentativité des données obtenues dans les forages en milieu fissuré et erreurs d'interprétation. 1^{er} Colloque sur les Sites et Sols Pollués, Bilan et Perspectives. ADEME, Paris, 12-13 décembre 2002, présentation orale et actes sur disque compact, 6 p.
- GOUJON M. (2005) : Quantification du devenir des nitrates dans les hydrogéosystèmes hétérogènes fissurés - Périmètre expérimental de Kerveldréach (Finistère)". Thèse, université de Poitiers, 10 juin 2005, 231 p.