

## GEOLOGIE ET HYDROGEOLOGIE DU PLATEAU DU GERNY PROTECTION DE LA SOURCE TRIDAINE A ROCHEFORT

par

Jacques PEL<sup>1</sup> & Fernand DERYCKE<sup>2</sup>

(4 figures)

**RESUME.** - Le substratum du Plateau du Gerny est constitué par des formations récifales (biohermes et biostromes) d'âge frasnien et intensivement exploitées. Plissés en un anticlinal affecté d'une courbure anticlinale transverse, les calcaires contiennent de nombreux joints transversaux et diagonaux favorisant la karstification et les circulations d'eaux.

L'analyse hydrogéologique conduit à définir le bassin versant de la source Tridaine alimentant la Ville de Rochefort et les activités industrielles de l'Abbaye de Saint-Remy et à préciser les circulations d'eaux alimentant la source.

Il sera discuté des précautions à prendre dans le cadre de l'exploitation des calcaires situés dans le bassin versant et à proximité de la source, de manière à éviter toute modification du régime des eaux, en débit et en qualité.

Le plateau du Gerny à Rochefort contient dans son substratum deux ressources naturelles intensivement exploitées : les **calcaires** frasniens à haute teneur en carbonate de calcium et de ce fait calcinables et l'eau de la source Tridaine, dont une partie du débit est destinée à la Ville de Rochefort, le reste alimentant l'Abbaye Saint-Remy de Rochefort, dont les activités industrielles requièrent une eau particulièrement pure.

Le développement des deux industries a atteint un point tel qu'il devenait impératif que fussent définies les précautions permettant à l'industrie extractive de se développer encore sans nuire pour autant au régime des eaux de la source, tant en qualité qu'en débit.

Le précédent colloque de Karstologie nous a donné l'occasion de traiter le problème du Trou Manto à Ben Ahin (C. Popescu, J. Pel, 1979) où un compromis devait être trouvé entre des intérêts scientifiques incontestables et des intérêts économiques. Ici, il s'agit d'un compromis entre deux pôles économiques, dont l'un, la source en l'occurrence, présente un équilibre naturel fragile dont la protection doit être d'autant plus sévère.

### 1. - APERÇU GEOLOGIQUE

Le plateau du Gerny situé entre Havrenne-Humain-Hargimont et Marloie est constitué dans sa partie orientale et sur une très large superficie par les calcaires du Givétien et du Frasnien inférieur (F1) (fig. 1).

En direction N-W, l'orientation générale des couches étant NE-SW, nous rencontrons les formations suivantes (fig. 2) :

1. Une formation de **schistes**, schistes à nodules calcaires, calcaires argileux et calcaires noduleux en minces bancs, correspondant au F2a-b-c de Maillieux et Lecompte (Zones des Monstres, à *Receptaculites neptuni*, *Spirifer bisinus* et *Gypidula brevisrostris*).
2. Une formation **calcaire** (calcaires construits) correspondant au F2 d à h et constituée à la base par des calcaires construits (biostrome F2d), surmontés par une formation de schistes, schistes noduleux avec minces bancs calcaires intercalaires (F2e-f) puis par des calcaires gris-clair, stratifiés en bancs épais à Stromatoporoïdes et Tabulés, base d'un récif gris-clair très épais, lenticulaire en direction de Rochefort. Ce bioherme est construit par des Tabulés, Stromatopores rameux et massifs, *Acervularia* et *Hexagonaria* (F2g.h).  
Du fait de leur faible teneur en impuretés, ces calcaires construits sont calcinables et intensément exploités en carrières vastes et profondes à proximité de la Source Tridaine.
3. Une formation **schisteuse** (F2i) contenant dans la région d'Humain quelques récifs lenticulaires à *Stromatactis* et *Acervularia* (biohermes, F2j), autrefois exploités pour le marbre rouge dit de Saint Remy.
4. Au delà se développent les formations **schisteuses** du Frasnien supérieur (F3) et du Famennien inférieur.

1 Université de Liège, Service de Géologie, 4000 Sart-Tilman par Liège 1.

2. Service géologique de Belgique, rue Jenner, 12, 1040 Bruxelles.

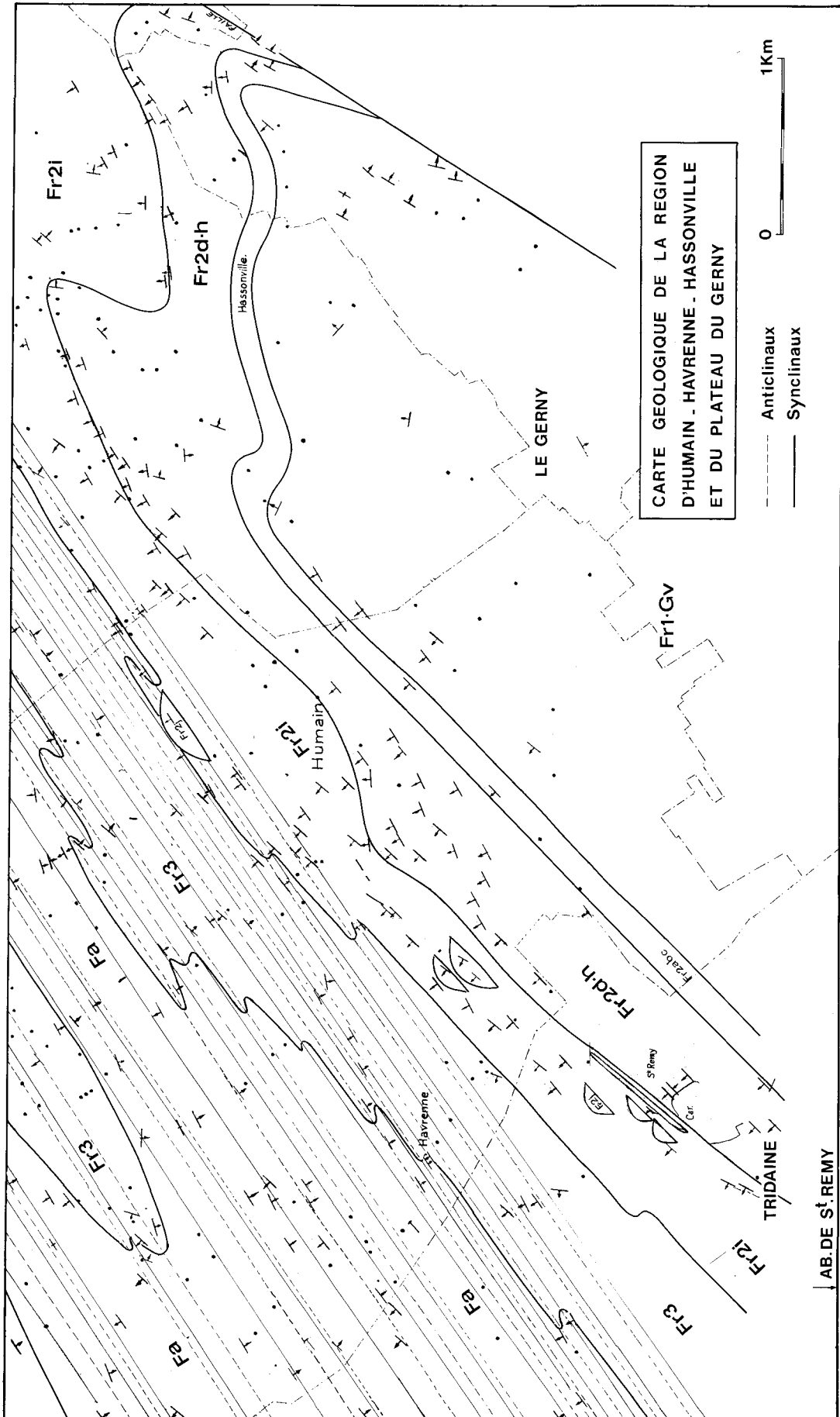


Figure 1

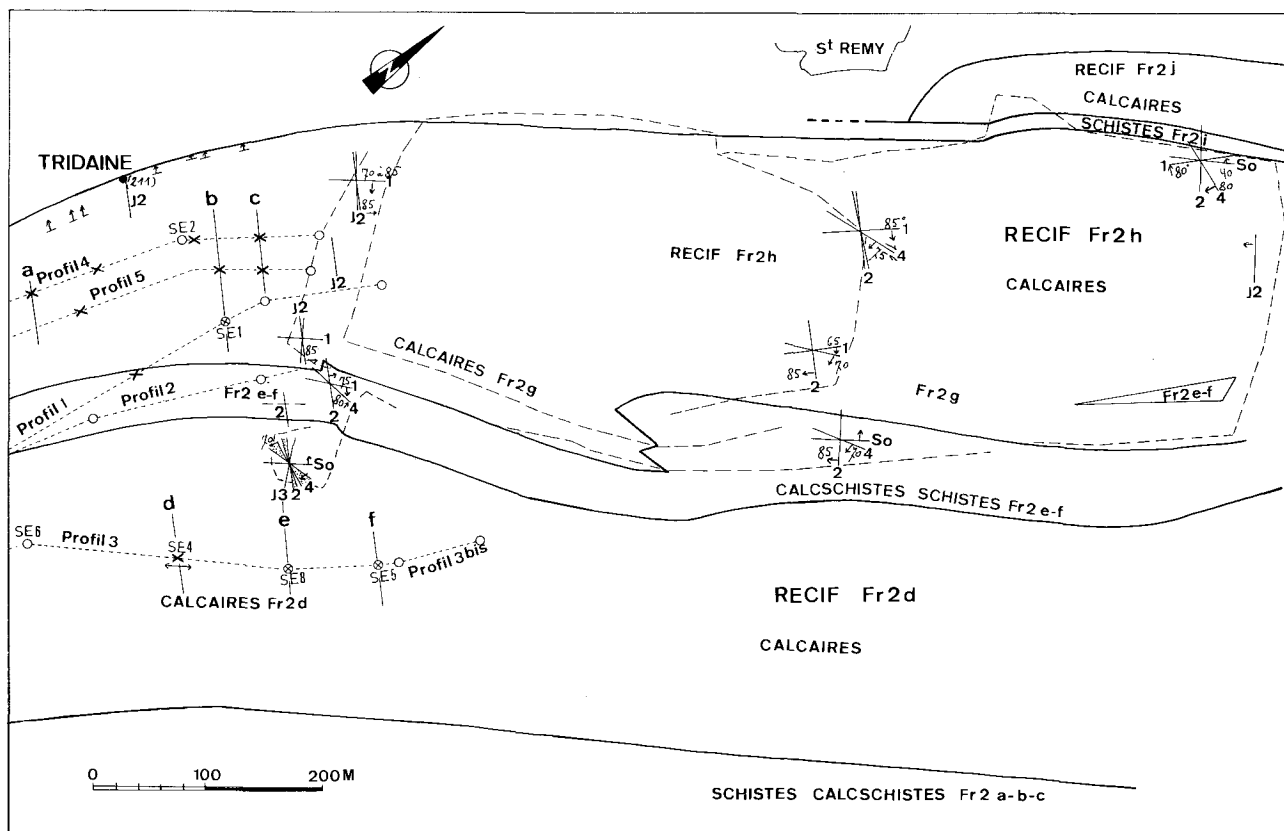


Figure 2

A Humain, comme à Frasnès d'ailleurs, on peut donc observer les récifs F2h et F2j sous forme de biohermes édiflés sur le récif F2d servant de soubassement.

## 2. - STRUCTURE TECTONIQUE

A. Les formations givéliennes et frasnienues sont plissées en un vaste anticlinal d'orientation générale NE-SW et affecté d'un pli secondaire.

Toutefois, ce pli s'ennoie en directions NE et SW en raison d'un bombement transversal dont l'axe se situe à hauteur d'Humain, de sorte que les formations calcaires disparaissent dans ces directions d'envoyage sous les schistes du Frasnien supérieur et du Famennien. Ainsi s'explique le vaste massif calcaire qui constitue le "plateau calcaireux du Gerny" de forme largement elliptique et s'étendant entre Rochefort - Humain et Hargimont - Jemelle.

Par ailleurs, les formations schisteuses du F3 et du Fa sont intensément plissées dans la région située au NW et à l'W d'Humain, où l'on peut dénombrer une trentaine de plis anticlinaux et synclinaux (fig. 1).

B. Une analyse **microtectonique** détaillée ayant pour objectif les différents joints s.l. a été réalisée dans la perspective d'aider à la compréhension du cheminement des eaux souterraines (fig. 2).

On y distingue trois types principaux de joints :

- Les joints **longitudinaux**, subparallèles à la surface axiale des plis et dont les stries verticales témoignent de l'action de la gravité. Leur orientation est  $N40^{\circ}$  à  $50^{\circ}E$ /subverticaux.
- Les joints **transversaux**, parallèles à la direction de la poussée tectonique, sont des fissures de **tension**, approximativement perpendiculaires à l'axe b des plis, subverticales, sans stries et orientées  $N52^{\circ}W$ .
- Les joints **diagonaux**, obliques à la direction générale du plissement sont des fissures de cisaillement ainsi qu'en attestent les stries horizontales. Leurs orientations sont respectivement  $N30^{\circ}$  à  $40^{\circ}W$ /vert. à  $80^{\circ}S$  et  $N74^{\circ}$  à  $80^{\circ}E/75$  à  $80^{\circ}S$ .

Dans l'ensemble, deux traits essentiels doivent être soulignés :

- Les joints longitudinaux et diagonaux sont serrés tandis que les joints transversaux sont de type ouvert, souvent avec remplissage de calcite et de galène.
- Les joints transversaux sont, dans la région étudiée, de loin les plus fréquents : leur fréquence est métrique, voire décimétrique notamment à Havrenne, dans le Frasnien supérieur.

Ces traits sont le reflet du plissement anticlinal transverse affectant la série sédimentaire carbonatée à

hauteur d'Humain et créant, dans la zone d'extrados (zone en extension) une grande quantité de joints transversaux orientés NW-SE. Les circulations d'eaux peuvent donc être favorisées par ces joints, en raison de leur ouverture et de leur fréquence, rendant même possibles les communications entre les biostromes F2d et F2h.

### 3. - HYDROGEOLOGIE DU SITE

#### 3.1. - INTRODUCTION

Le but de l'étude hydrologique était de définir la relation liant le débit de la source aux précipitations pluviométriques afin de déterminer l'aire d'alimentation de la source de Tridaine correspondant à la zone où des précautions particulières devaient être prises lors de l'exploitation de carrières sur le Plateau du Gerny.

Sur base des rapports Lecompte (1955) et Loy (1975), quelques données historiques étaient connues au sujet de la source de Tridaine :

- ancien exutoire au niveau de la galerie supérieure à + 225,0 m;
- creusement de la galerie d'araine à la cote + 209,85 m;
- la source a subi une double migration, d'une part naturelle en raison de l'évolution du karst induisant une baisse du niveau d'érosion, d'autre part artificielle par le creusement de l'araine avec rabattement conséquent de la nappe aquifère;
- actuellement, la cote du point d'émergence se situe à + 211,45 m;
- quelques rares niveaux piézométriques étaient connus : apparemment le niveau de l'eau de la nappe reste toujours inférieur à la cote + 220 m.

#### 3.2. - METHODOLOGIE

Le bilan du Plateau du Gerny a été effectué par la méthode de Thornthwaite (Bonnet *et al.*, 1970) appliquée sur ordinateur à partir de programmes automatiques de résolution. L'alimentation de la nappe est déterminée par la recherche d'une hauteur d'eau disponible pour l'infiltration :

- en calculant l'évapo-transpiration potentielle mensuelle à l'aide de la formule de Thornthwaite, nécessitant la connaissance de la température de l'air;
- en déterminant l'évapo-transpiration réelle mensuelle par comparaison de la hauteur des précipitations et de l'évapo-transpiration potentielle et l'intervention d'un concept appelé "réserve facilement utilisable" (notée RFU).

Cette réserve peut fournir de l'eau pour l'évapo-transpiration tant qu'elle n'est pas asséchée; elle laisse passer l'eau excédentaire, disponible pour la nappe dès qu'elle est saturée. Son rôle peut être comparé

à celui d'une éponge-tampon. La valeur de RFU varie généralement entre 0 et 100 mm suivant les types de terrain et de roches.

L'institut Royal Météorologique nous a fourni les hauteurs des précipitations et les températures sur une période d'observation s'échelonnant de 1960 à 1977 pour la station de Rochefort.

#### 3.3. - RESULTATS DU BILAN DU PLATEAU DU GERNY

La comparaison des débits de la source de Tridaine et de l'alimentation naturelle de la nappe aquifère du Plateau du Gerny n'a pu s'effectuer que durant les seules années 1976 et 1977 où des mesures régulières de l'exutoire avaient été effectuées :

##### Année 1976

Débit moyen de la source Tridaine : 47,098 m<sup>3</sup>/h  
 Débit total annuel de la source de Tridaine : 412.578 m<sup>3</sup>.  
 Bilan de Thornthwaite (avec RFU = 5 mm) :  
 Excédent disponible pour l'alimentation de la nappe :  
 - sur l'année : 207 mm  
 - par mois : 17,25 mm.

En comparant l'alimentation par l'excédent et les débits mesurés, on obtient une surface d'alimentation de 412.578/0,207 = 199 hectares.

##### Année 1977

Débit moyen de la source de Tridaine : 87,826 m<sup>3</sup>/h  
 Débit total annuel de la source de Tridaine : 758.816 m<sup>3</sup>  
 Bilan de Thornthwaite (avec RFU = 5 mm)  
 Excédent disponible pour l'alimentation de la nappe :  
 - sur l'année : 364 mm  
 - par mois : 30,33 mm

En comparant l'alimentation par l'excédent et les débits mesurés, on obtient une surface d'alimentation de 758.816/0,364 = 208 hectares.

La comparaison des résultats obtenus en 1976 et 1977 conduit à une surface d'alimentation de l'ordre de 200 hectares (les deux résultats sont concordants à moins de 5 % près, ce qui est parfait compte tenu de l'imprécision issue des mesures de débit).

La concordance des résultats est d'autant plus valable que les années 76 et 77 sont très différentes au point de vue de leur régime, 1976 particulièrement sèche et 1977 relativement pluvieuse.

L'ajustement du modèle de l'alimentation a conduit à une valeur de 5 mm pour la zone intermédiaire RFU; celle-ci est tout à fait justifiée étant donné le recouvrement de cailloux roulés et d'un peu de limon quaternaire.

La comparaison des débits moyens mensuels de la source de Tridaine et des excédents mensuels du bilan de Thornthwaite sont en parfaite concordance :

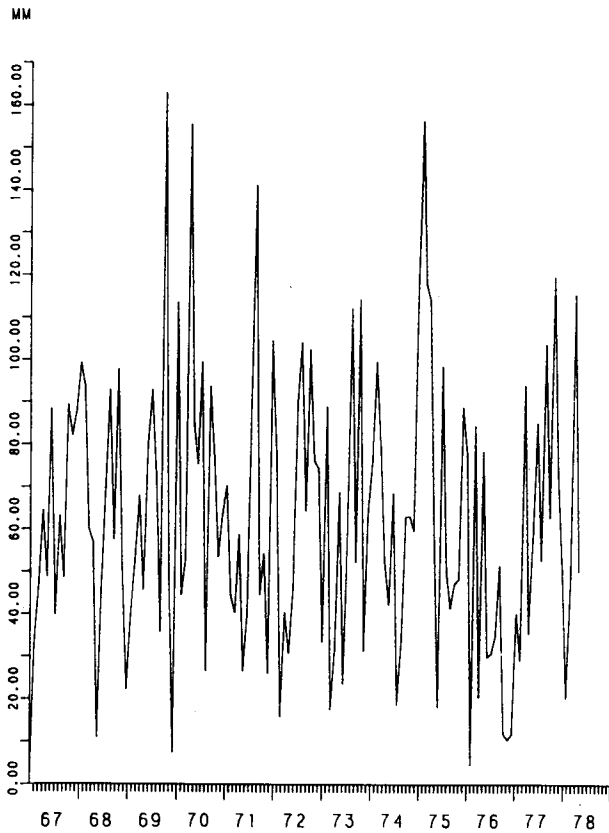


Figure 3. - Excédents d'alimentation  
calculés par la méthode de Thornthwaite

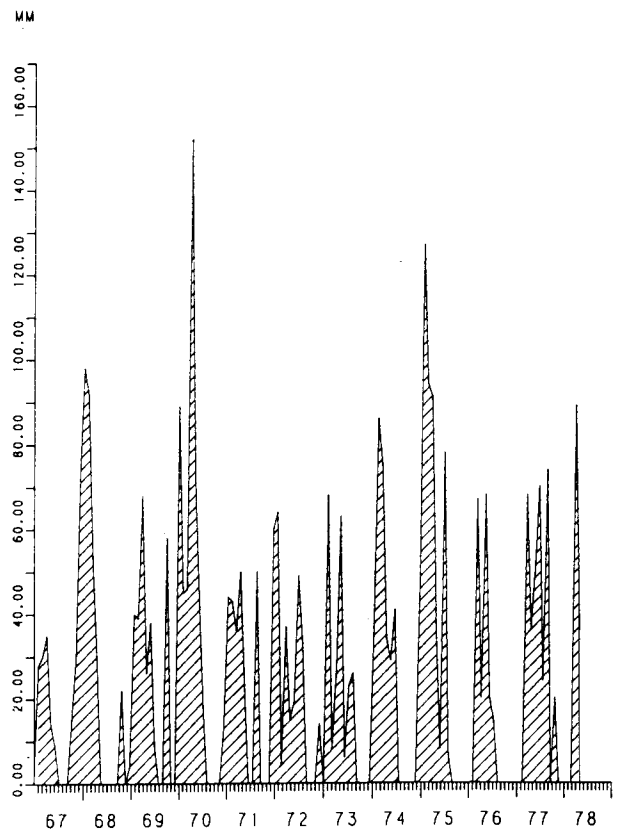


Figure 4. - Pluviométrie de la station  
de l'Institut Royal Météorologique à Rochefort.

- en 1976 :
  - excédents positifs et croissance du débit de la source en janvier et février.
  - excédents nuls d'avril à octobre avec baisse continue du débit de la source,
  - excédents positifs en novembre et décembre avec remontée du débit;
- en 1977 :
  - excédents positifs de janvier à avril de même que le débit de la source avec, pour les deux, maximum en avril,
  - excédents nuls jusqu'à octobre avec décroissance régulière des débits,
  - excédents positifs en novembre et décembre avec remontée du débit.

Pour l'ensemble des années 1967 à 1977, le modèle d'alimentation conduit à une valeur moyenne de la lame d'eau infiltrée de 26,50 mm/mois c'est-à-dire à un débit total moyen annuel de 636.000 m<sup>3</sup> (figs. 3 et 4).

### 3.4. - CONCLUSION

L'analyse hydrologique conduit à un bassin d'alimentation de la source de Tridaïne de 200 hectares. Il paraît donc évident qu'il existe une liaison hydrologique entre les récifs F2d et F2h, les couches de schistes intermédiaires F2e et f ne constituant pas un écran im-

perméable.

Cette conclusion est d'ailleurs corroborée par les résultats acquis par J. Pel, qui signale l'existence de joints et de diaclases ouvertes dans la même zone.

La zone d'alimentation calculée d'après l'analyse hydrologique correspond topographiquement à une zone triangulaire dont le sommet est situé en bordure ouest de la station de radio-astronomie et dont la base est parallèle au Biran et passe par l'exutoire de la source de Tridaïne; la structure géologique conduit à une absence totale d'axe de drainage vers le Biran entre le village de Humain et la source de Tridaïne.

La zone d'alimentation atteint la bordure du village de Humain où elle est limitée par le bassin versant du Ruisseau "Entre deux Falleux". A l'Est, les eaux souterraines de la nappe des calcaires sont tout à fait indépendantes de la Source de Tridaïne et s'écoulent en direction de la Lomme.

D'une manière générale, l'exploitation des carrières sur le Plateau du Gerny doit obéir à certaines règles afin d'éviter toute modification du régime des eaux de la source de Tridaïne.

1. dans un rayon de 250 mètres autour de la source de Tridaïne, aucune activité ne peut être tolérée;
2. dans toute la zone correspondant au bassin d'alimentation de la source de Tridaïne, l'exploitation

devra rester à un niveau supérieur à celui de la nappe et donc ne descendra en aucun cas au-dessous de la cote + 220 m;

3. des précautions particulières (notamment au point de vue pollution par les engins de carrière et dans le domaine des explosifs afin de conserver la fissuration dans son état actuel) devaient être observées principalement dans les deux massifs récifaux F2h et F2d.

Ces règles paraissent à première vue logiques mais il ne faut pas oublier que la nappe aquifère souterraine ne s'écoule pas dans un milieu homogène et isotope : en effet les circulations d'eau souterraine en terrain calcaire obéissent à une distribution de micro- et macro fissures, c'est-à-dire du karst, qui, à l'échelle du kilomètre, peut paraître homogène mais qui se présente de manière tout à fait différente à échelle plus réduite, à l'échelle de l'exploitation d'une carrière.

De même, s'il semble acquis que les schistes F2e et F2f ne constituent pas une barrière imperméable, rien ne permet d'affirmer que le passage de l'eau souterraine s'effectue régulièrement au travers de ces schistes tout au long des deux récifs F2d et F2h : leur liaison hydraulique peut être concentrée en quelques zones bien précises, limitées en extension.

L'étude hydrologique a donc été complétée par une campagne de prospection géoélectrique (sondages et profils, fig. 2) qui ont permis de mettre en évidence les zones de circulations d'eau souterraine préférentielles dans le massif calcaire : c'est bien sûr à ces endroits précis que des précautions accrues doivent être prises par les exploitants de carrières afin d'éviter de perturber, en qualité et en quantité, le régime aquifère de la nappe souterraine et de son exutoire constitué par la source de Tridaine.

#### 4. - LA PROTECTION DE LA SOURCE TRIDAINE

Sur base des conclusions acquises dans les études géologiques et hydrogéologiques, nous avons suggéré aux Autorités Provinciales, outre les précautions élémentaires relatives aux dépôts d'immondices clandestins et aux produits d'exploitations agricoles, quelques recommandations spécifiques aux exploitations de calcaires à chaux.

A. Pour protéger le **débit** de la Source Tridaine, les exploitations ne devront pas descendre sous la cote 225 m, la Source Tridaine étant située à la cote 220 m; tout en respectant évidemment les prescriptions du Corps des Mines interdisant toute activité dans le site même de la Source, dans un rayon de 250 m.

Dans la même optique, tout pompage ou toute exhaure seront interdits dans les exploitations à l'intérieur du bassin d'alimentation de la source défini ci-avant. Tout pompage dans les bassins voisins sera soumis à étude préalable de manière à ne pas créer de déséquilibre entre bassins.

Enfin, la fissuration naturelle du massif devant être conservée dans son état actuel, les tirs en masse seront calculés de sorte que les sismographes scellés dans les parois de la source n'enregistrent pas de vibrations supérieures à 50 mm/sec.

B. Du point de vue de la **qualité des eaux**, les exploitations seront réalisées sans contamination de la nappe par les huiles, mazout et eaux usées des engins, ateliers et bâtiments d'exploitation, les circulations du charroi lourd étant préconisées sur les schistes F2abc. à la limite du bassin d'alimentation. Des modalités d'exploitations particulières ont été suggérées pour la mise à fruit des calcaires F2d dans une zone située à 400 m environ de la source, où des eaux souterraines cheminent directement vers celle-ci. L'exploitation de ces calcaires calcinables, amorcée depuis plusieurs années n'était possible que moyennant l'acceptation d'un front de taille d'un seul étage de 15 m de haut, donc de tirs en masse limités, une imperméabilisation des aires dégagées par une couche filtre de 50 cm d'épaisseur de matériaux silto-argileux déposée en synchronisation avec l'avancement du front de taille et à 50 m en arrière de celui-ci pour permettre les manoeuvres des engins et l'épandage des produits de tirs, avec une approche très prudente de l'étage le plus profond à proximité de la cote 225 m.

L'expérience a montré depuis plus d'un an que moyennant ces sujétions, les exploitations voisines se développent harmonieusement.

#### BIBLIOGRAPHIE

- BONNET, DELAROZIERE-BOUILLIN, JUSSEURAND & ROUX 1970. Calcul automatique des "bilans d'eau" mensuels et annuels par les méthodes de Thornthwaite et de Ture. Rapport interne B.R.G.M., 70, SGN 107 HYDR.
- LECOMPTE, 1955. Rapport non publié sur la source de Tridaine.
- LOY, W., 1975. Rapport non publié sur la source de Tridaine.
- POPESCU, C & PEL, J., 1979. Etude structurale du site karstique du Trou Manto (Ben Ahin). Incidence sur un projet d'exploitation des calcaires viséens. Ann. Soc. Géol. Belg. 102 : 117-123.
- VIALON, P., RUHLAND, M. & GROLIER, J., 1976. Eléments de tectonique analytique, Ed. Masson, Paris.