

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

SERVICE RÉGIONAL DE L'AMÉNAGEMENT DES EAUX DE LORRAINE
2, en Bonne Ruelle - 57000 - METZ



Etude Géochimique et Hydrodynamique des Systèmes Karstiques de l'Aroffe et de l'Aar (MEURTHE & MOSELLE)

R A P P O R T

par

Michelle THILLAY

Ayant fait l'objet d'une Thèse de 3e cycle, soutenue publiquement le 6 avril 1979
devant l'Institut National Polytechnique de Lorraine (ENSG)
et l'Université de Nancy I (UER Sciences de la Terre, Métallurgie, Chimie Minérale)

J U R Y

B. HAGUENAUER, Président

J. AUROUZE
A. BERNARD
J. HILLY

J. LE ROUX
A. MANGIN
J. SALADO

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS

INTRODUCTION	1
I - LE BASSIN VERSANT	
1.1. - Définition, présentation, contexte	3
1.2. - Présentation des points d'eau	10
1.3. - Les traçages	13
1.4. - Conclusion	19
II - GEOCHIMIE	
2.1. - Présentation de l'étude	20
2.2. - Résultats	24
2.3. - Acquisition du chimisme	55
III - HYDRODYNAMIQUE	
3.1. - Etude des courbes de distribution de la conductivité	68
3.2. - Etude des débits classés	74
3.3. - Etude d'une courbe de décrue et de tarissement	81
IV - CONCLUSION	93
ANNEXES	95
BIBLIOGRAPHIE	134
TABLES DES MATIERES	138
LISTE DES FIGURES	140

INTRODUCTION

HISTORIQUE -

L'Aroffe, petite rivière se perdant à Gémonville, à la limite de la Meurthe et Moselle et des Vosges, possède une particularité qui, depuis Olry (1876) et Obelliane (1937) intéresse de nombreux observateurs. Cette rivière possède en effet un cours aérien dirigé S.E.-N.W. vers la Meuse (en période de hautes eaux uniquement) et un cours souterrain (permanent) supposé depuis Gémonville dirigé S.-N. suivant le plateau calcaire de Colombey-lès-Belles et dont la résurgence supposée se trouverait à quelques 30 kms en aval dans la région de Toul. Les premières études effectuées sur ce cours d'eau (mise en évidence des communications surface - exutoires, vitesse de transit des eaux, phénomènes de dilutions, effectués par le Service Régional d'Aménagement des eaux de Lorraine depuis 1972, étude structurale du plateau calcaire de Colombey, effectuée par l'Université de Nancy I et le S.R.A.E.L. depuis 1975) ont non seulement permis de démontrer l'existence et l'étendue des écoulements souterrains de l'Aroffe, mais également permis de se rendre compte que ces écoulements souterrains faisaient de l'unité de drainage de l'Aroffe l'un des systèmes karstiques les plus importants et les plus développés de l'Est de la France.

Le projet autoroutier Lorraine - Bourgogne (1975) a ensuite incité le S.R.A.E.L. à entreprendre en collaboration avec le Laboratoire de l'Équipement (C.E.T.E. de l'Est) une nouvelle étude concernant la vulnérabilité de cet aquifère, en vue de sa protection contre les pollutions chroniques ou accidentelles susceptibles d'être engendrées par la future autoroute. Et dans ce but, il fut d'une part décidé de tester les possibilités de rétention de produits polluants par le sol (mise en évidence de l'importance de ce dernier dans la protection de l'aquifère) et d'autre part d'établir avec précision la limite Sud du système karstique de l'Aroffe (mise en évidence d'une zone de drainage Sud par les sources d'Attignéville et de Rémoville se jetant dans le Vair, voir fig. n° 10).

PRESENTATION DE L'ETUDE -

Il eût évidemment été dommage de s'en tenir là et c'est pourquoi le S.R.A.E.L. en collaboration avec l'Université de Nancy I décida, en vue de mieux connaître le fonctionnement, la complexité et le degré de karstification de ce système, d'affiner et de compléter les résultats déjà obtenus par des méthodes plus élaborées (étude géochimique, étude des débits) qui font l'objet de ce travail. Notons ici qu'une étude hydrogéologique complète aurait nécessité des moyens très importants et notamment l'installation de nombreuses stations de jaugeage. La méconnaissance de la plupart des débits d'entrée et de sortie du système, et l'imprécision des limites exactes du bassin versant (§ 1.1.1.) nous a pratiquement interdit tout essai convaincant de bilan hydrologique. C'est pourquoi ce travail sera volontairement limité à l'étude géochimique et hydrodynamique. Nous avons cependant jugé utile de donner en annexes un certain nombre de renseignements utiles à l'élaboration d'un tel bilan.

Notons enfin que malgré le grand nombre de traçages déjà réalisés sur le système de l'Aroffe et de l'Aar, il nous a semblé utile, au vu de certains résultats (étude des débits classés en particulier) d'effectuer deux expériences supplémentaires afin de confirmer certaines hypothèses. Ces deux traçages, bien qu'ils aient été réalisés tardivement, seront relatés dans le premier chapitre de ce travail, en même temps que les autres, par souci d'homogénéité et parce qu'ils permettent de confirmer le bien-fondé de certaines conclusions tirées au cours de cette étude.

IV - CONCLUSION GÉNÉRALE

L'étude géochimique et hydrodynamique des aquifères de l'Aroffe et de l'Aar nous a permis d'entrevoir un certain nombre de problèmes relatifs au karst.

L'optique principale de ce travail a été de déterminer le mode d'alimentation, le fonctionnement, le degré de karstification et les relations eau-réservoir, en vue surtout de lutter le plus efficacement possible contre les risques de pollution particulièrement importants du fait de la nature même de l'aquifère.

Le temps consacré à ce travail ne nous a pas permis d'aborder tous les aspects du problème.

Cependant, un certain nombre de résultats sont acquis et fournirons, nous l'espérons, une base solide pour une étude plus approfondie.

Les traçages ont permis de mettre en évidence aux exutoires une alimentation complexe, fonction du régime hydrologique et de l'exutoire considéré. Ainsi, en période d'étiage, l'alimentation unique imprime aux sources une évolution chimique simple, alors qu'en période de hautes eaux, l'alimentation double (Pierre-la-Treiche, Bicqueley) ou triple (la Rochotte) provoque à la sortie des phénomènes d'interférence.

L'étude géochimique et en particulier l'étude des variations chimiques en période de crue a permis d'affiner les données obtenues par les traçages. Ainsi par exemple, le décalage entre l'arrivée de pertes proches (Aar) et l'arrivée de pertes éloignées (Aroffe) peut se traduire à l'exutoire par deux signaux distincts (pics de concentration en éléments lessivés).

L'étude hydrodynamique enfin a surtout permis de mettre en évidence la complexité du système. L'étude des conductivités nous a amené à mieux visualiser le problème "d'interférences" dû à la multiple alimentation. L'étude des débits classés nous a permis de préciser l'importance de certains trop pleins (deuille de Crézilles) susceptibles, lorsqu'ils fonctionnent, de limiter singulièrement les risques de pollution à l'aval en cas de déversement accidentel de produits toxiques à l'amont. L'étude d'une courbe

de décrue et de tarissement nous a permis enfin d'établir des comparaisons avec un certain nombre de systèmes karstiques connus (A. Mangin). C'est un des points importants de ce travail puisqu'il peut permettre, dans une certaine mesure, d'orienter d'éventuelles recherches futures.

TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS

INTRODUCTION	1
--------------------	---

I - LE BASSIN VERSANT

1.1. - Définition, présentation, contexte	3
1.1.1. Situation au sein du plateau de Colombey ...	3
1.1.2. Contexte géographique	4
1.1.3. Contexte géologique	5
1.1.3.1. Le Bajocien inférieur.....	5
1.1.3.2. Le Bajocien moyen	5
1.1.3.3. Le Bajocien supérieur	5
1.1.3.4. Le Bathonien	7
1.1.4. Fracturation et structures	7
1.2. - Présentation des points d'eau	10
1.2.1. Les pertes	10
1.2.2. Les trop-pleins	10
1.2.3. Les exutoires aval	12
1.2.4. Autres points d'eau étudiés	13
1.3. - Les traçages	13
1.3.1. Etudes antérieures	13
1.3.2. Etudes nouvelles	14
1.4. - Conclusion	19

II - GEOCHIMIE

2.1. - Présentation de l'étude	20
2.1.1. Conditions de prélèvements des eaux	20
2.1.2. Méthodes d'analyses des éléments en solution	21
2.1.3. Problème de la conservation des échantillons	22

2.2. - Résultats	24
2.2.1. Evolution du chimisme lors de la période étudiée	25
2.2.2. Evolution du chimisme lors des crues	38
2.2.3. Distribution et variabilité des éléments ..	42
2.2.4. Corrélations entre éléments	48
2.2.5. Etude de deux éléments mineurs : la silice et le fer	51
2.2.6. Résultats obtenus sur les autres points d'eau	53
2.2.7. Conclusion	54
2.3. - Acquisition du chimisme	55
2.3.1. L'eau de pluie	55
2.3.2. Percolation à travers les sols	57
2.3.3. Les terrains traversés	58
2.3.4. Essais de lixiviation	60
2.3.5. Conclusion	66
III - HYDRODYNAMIQUE	
3.1. - Etude des courbes de distribution de la conductivité	68
3.1.1. Principe et but	68
3.1.2. Application au système de l'Aroffe et de l'Aar	69
3.2. - Etude des débits classés	74
3.2.1. Principe et but	74
3.2.2. Application à la source de la Rochotte	75
3.3. - Etude d'une courbe de décrue et de tarissement ...	81
3.3.1. Principe de la méthode	81
3.3.2. Application à la source de la Rochotte	82
3.4. - Conclusion	91
IV - CONCLUSION GENERALE	93
ANNEXES	95
BIBLIOGRAPHIE	134

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

Fig. 10	: Le bassin versant	4
Fig. 11	: Coupe géologique synthétique	6
Fig. 12	: Carte structurale	8
Fig. 13	: Localisation des points d'eau	11
Fig. 14	: Communications souterraines	16
Fig. 14 b	: Vitesse des eaux	18
Fig. 14 c	: Evolution du Tac en fonction du temps	24
Fig. 15	: Evolution de la température aux sources	26
Fig. 16	: Evolution de la conductivité et des débits à La Rochotte	26
Fig. 17	: Evolution de la conductivité aux sources	27
Fig. 18	: Evolution de la conductivité dans les ruisseaux	27
Fig. 19	: Evolution du calcium aux sources	28
Fig. 20	: Evolution du calcium dans les ruisseaux	28
Fig. 21	: Evolution du magnésium aux sources	29
Fig. 22	: Evolution du magnésium dans les ruisseaux	29
Fig. 23	: Evolution du Tac aux sources	30
Fig. 24	: Evolution du Tac dans les ruisseaux	30
Fig. 25	: Evolution des chlorures aux sources	31
Fig. 26	: Evolution des chlorures dans les ruisseaux	31
Fig. 27	: Evolution des sulfates aux sources	32
Fig. 28	: Evolutions des sulfates dans les ruisseaux	32
Fig. 29	: Evolution du sodium aux sources	33
Fig. 30	: Evolution du sodium dans les ruisseaux	33
Fig. 31	: Evolution du potassium aux sources	34
Fig. 32	: Evolution du potassium dans les ruisseaux	34
Fig. 33	: Evolution des nitrates aux sources	35
Fig. 34	: Evolution des nitrates dans les ruisseaux	35
Fig. 35	: Evolution du chimisme à La Rochotte lors des crues .	39
Fig. 36	: Distribution des éléments par classes	43
Fig. 37	: Distribution des éléments par classes	44
Fig. 38	: Distribution des éléments par classes	45

Fig. 39	: Matrice des corrélations	49
Fig. 39 b	: Analyse factorielle	50
Fig. 40	: Essais de lixiviation	61
Fig. 41	: Essais de lixiviation	62
Fig. 42	: Essais de lixiviation	63
Fig. 43	: Essais de lixiviation	64
Fig. 44	: Essais de lixiviation	65
Fig. 45	: Distribution des conductivités	70
Fig. 46	: Caractérisation chimique des pertes	71
Fig. 47	: Caractérisation chimique des exutoires	72
Fig. 48	: Débits classés à La Rochotte	80
Fig. 49	: Décru et tarissement à La Rochotte	83
Fig. 50	: Hydrogramme des débits liés aux eaux d'infiltration	85
Fig. 51	: Linéarisation des débits liés aux eaux d'infiltration	87
Fig. 52	: Caractérisation de La Rochotte par sa courbe y ...	88
Fig. 53	: Essai de classification des systèmes karstiques	90
Tab. 1 a	: Relations pertes-résurgences	15
Tab. 2 a	: Dosage au spectrophotomètre par colorimétrie	23
Tab. 2 b	: Position des maxima et des minima de concentration	36
Tab. 2 c	: Variabilité des éléments	47
Tab. 2 d	: Matrice des corrélations	50
Tab. 2 e	: Silice et fer	52
Tab. 2 g	: Analyses d'eau de pluie	56
Tab. 2 h	: Analyses chimiques de roches	59
Tab. 3 a	: Débits moyens journaliers à La Rochotte	76
Tab. 3 b	: Evolution du volume dynamique	86