

Étude hydrogéologique préliminaire de la plaine de Marsens

Autor(en): **Lateltin, Olivier / Thierrin, Joseph**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles =
Bulletin der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg**

Band (Jahr): **73 (1984)**

Heft 1-2

PDF erstellt am: **30.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-308637>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Etude hydrogéologique préliminaire de la plaine de Marsens

par OLIVIER LATELTIN ^{1,2} et JOSEPH THIERRIN ^{1,3}

¹Centre d'Hydrogéologie de l'Université de Neuchâtel

²Institut de Géologie de l'Université de Fribourg

³Institut de Minéralogie de l'Université de Fribourg

Cette étude est le résumé d'un travail de certificat en hydrogéologie, mené à bien par LATELTIN et THIERRIN (1983) à l'Université de Neuchâtel. Les détails des observations et des mesures peuvent être obtenus auprès des auteurs.

1. Introduction

Le thème de cette recherche consiste à améliorer la connaissance hydrogéologique de la plaine de Marsens sur les plans de la géométrie des terrains aquifères, des flux d'eau souterraine et des caractéristiques chimiques de l'eau.

Le terrain étudié se situe au nord de Bulle (canton de Fribourg). Ses limites naturelles sont: au nord, le ruisseau du Gérignoz, à l'est, le lac de la Gruyère et son affluent la Sionge, au sud, le village de Riaz, et à l'ouest, le pied du Mont-Gibloux (cf. plan de situation sur fig. 3).

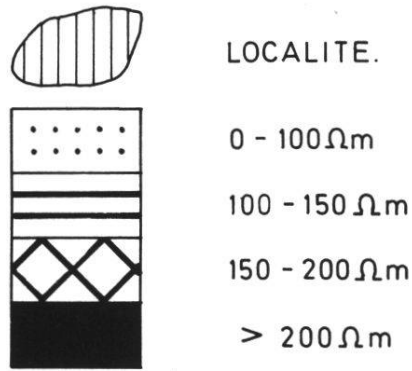
Les travaux exécutés lors de la construction de l'autoroute N12 qui traverse cette plaine de part en part dans une direction SSO-NNE, ont constitué le matériel de base pour cette étude.

Au point de vue géologique, cette plaine est constituée de matériel quaternaire, remplissant un surcreusement dans le substratum de Molasse Subalpine. Les sédiments quaternaires résultent d'une imbrication des formations glaciaires rhodaniennes et sariniennes et d'alluvions fluviales.

L'exploitation des ressources hydrologiques de cette région se concrétise par plusieurs ouvrages de captage: l'Hôpital psychiatrique possède deux puits sous l'asile, la commune de Vuippens prélève ses eaux dans un captage au bord de la route cantonale, près de l'église. L'ancien moulin des Trois-

PLAINE DE MARSENS

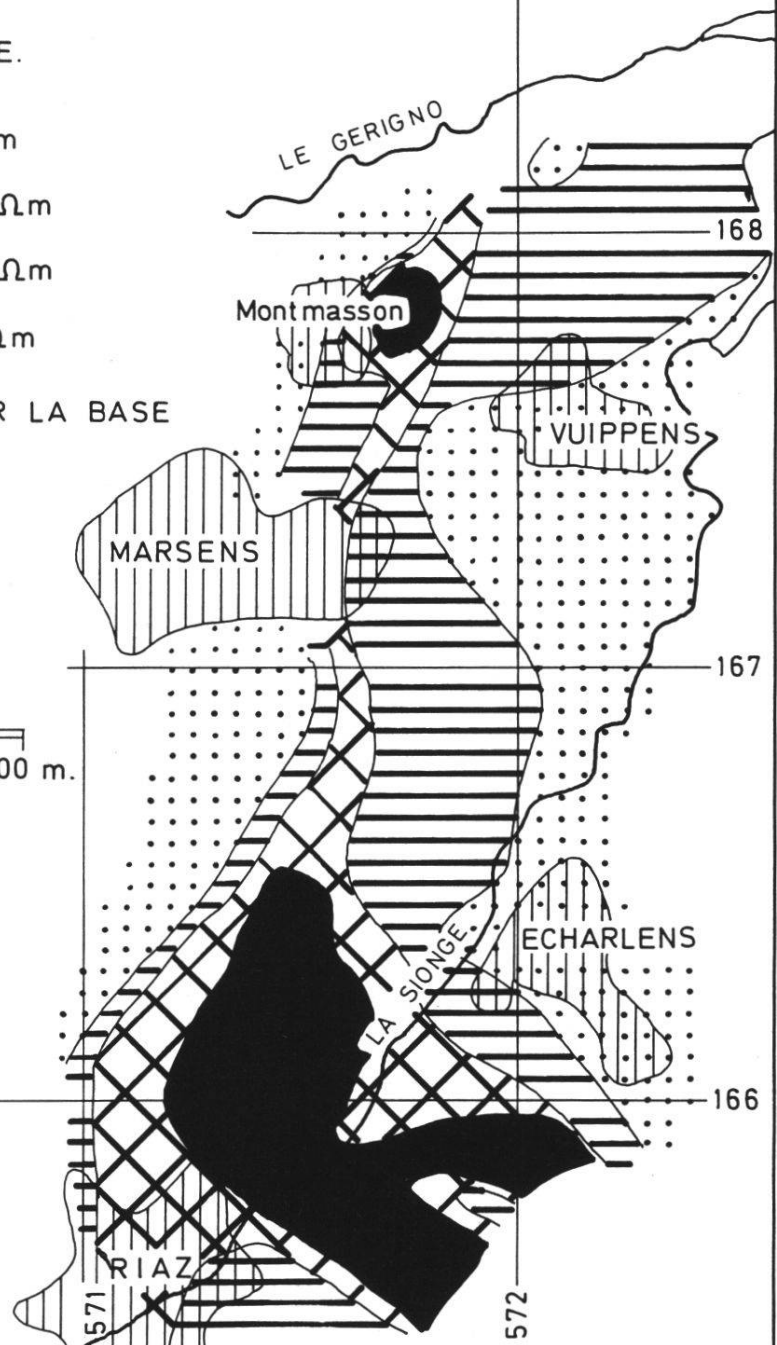
GÉOPHYSIQUE VLF 15-25 KHz.
CARTE DES RESISTIVITES APPARENTES



CARTE ETABLIE SUR LA BASE
DE 239 MESURES.

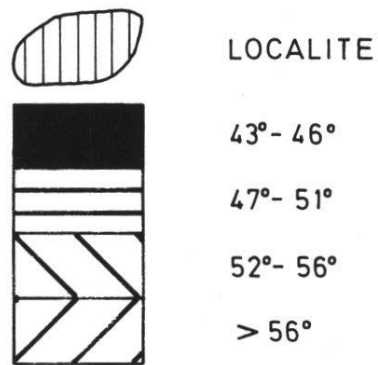


FIG. 1



PLAINE DE MARSENS

GEOPHYSIQUE VLF 15-25 KHz.
CARTE DES PHASES



CARTE ETABLIE SUR LA BASE
DE 239 MESURES.

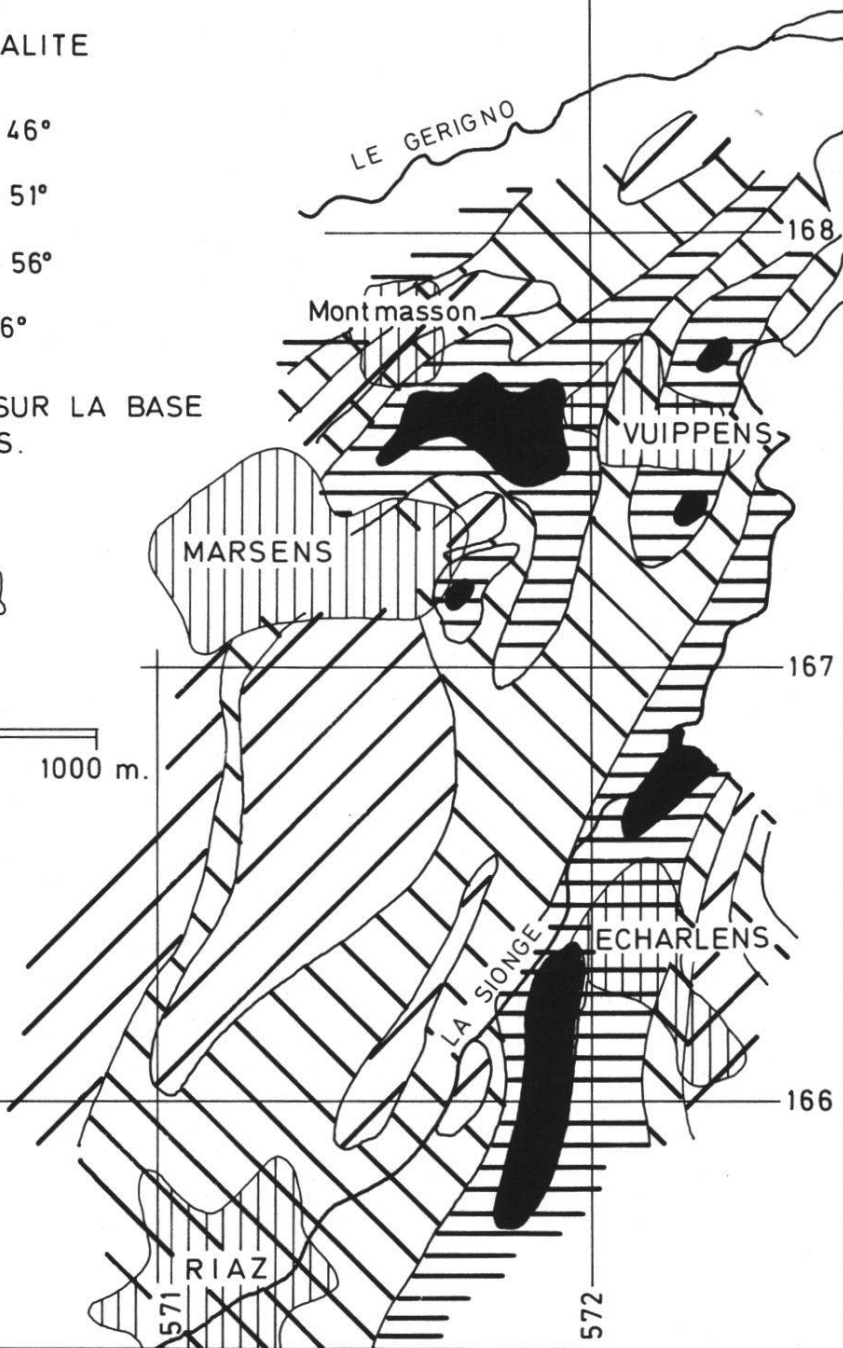


FIG. 2

Moulins possédait son propre puits. En ces quatre lieux, les eaux d'un aquifère superficiel sont exploitées. Un dernier puits, mis en exploitation en septembre 1980 sur la commune d'Echarlens, au lieu dit Pra-Raboud, prélève, par drains rayonnants, les eaux de deux niveaux d'un aquifère profond (à 16 et 24 m de la surface).

Les méthodes de travail utilisées lors de cette étude furent la géophysique (méthode électromagnétique VLF), la géologie, l'hydrochimie, la piézométrie et l'interprétation d'essais de pompages.

2. Structure du quaternaire

Trois ensembles d'informations ont permis de représenter la structure interne de la plaine de Marsens. Ce sont les logs lithologiques des forages exécutés dans le cadre des travaux de l'autoroute (COLOMBI, SCHMUTZ et DORTHE, 1972; GIANOLINI, 1981; SCHOEPFER et KARAKAS, 1975), la géophysique et les relevés de terrain.

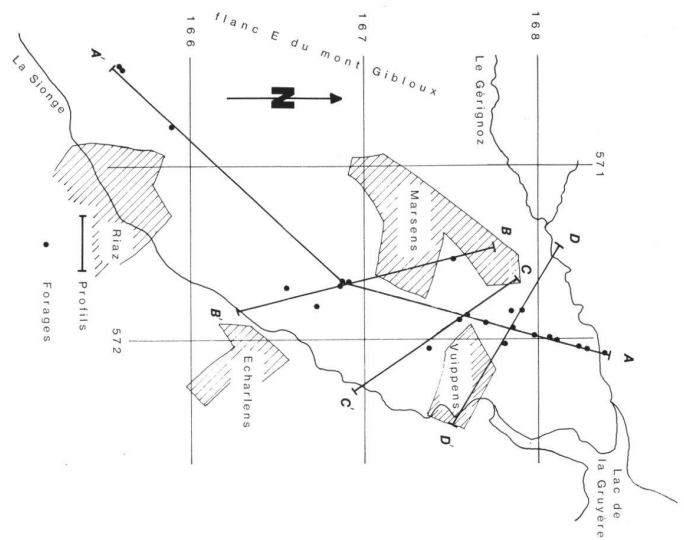
2.1. Prospection géophysique

Une campagne géophysique VLF fut entreprise dans le but d'interpréter, entre les sondages mécaniques, la structure en profondeur de la plaine. La méthode développée par I. Müller du Centre d'Hydrogéologie de Neuchâtel consiste à utiliser des ondes radio à très basse fréquence, entre 15 et 25 kHz, qui servent au radioguidage des navires et des sous-marins, et entre 160 et 230 kHz, ondes longues radio (MÜLLER, 1982). Grâce à la mesure du champ magnétique direct, et à celle du champ électrique induit dans le sol, ces ondes permettent de mesurer la résistivité apparente du sous-sol. Le décalage de phase mesuré entre ces deux champs renseigne sur la distribution verticale des résistivités. Si la phase est inférieure à 45° , nous sommes en présence d'un terrain électriquement conducteur, qui surmonte un autre terrain résistant dans la profondeur d'investigation, et inversement si la phase est supérieure à 45° . Lorsque la phase est voisine de 45° , on peut considérer le sous-sol comme homogène dans la profondeur d'investigation. Sur la base des mesures faites au droit des sondages mécaniques, l'échelle des résistivités suivante a été adoptée:

- Molasse subalpine: en général 20–50 ohm-m (exceptionnellement jusqu'à 400 ohm-m, suivant sa lithologie et sa structure),
- Moraine argileuse indifférenciée: 30–100 ohm-m,
- Moraine graveleuse: 80–150 ohm-m,
- Limons lacustres: 70–140 ohm-m,
- Graviers: 150–300 ohm-m et plus, suivant la composition et la teneur en eau.

STRUCTURE SCHEMATIQUE DU QUATERNAIRE PLAINE DE MARSENS

PLAN DE SITUATION



LEGENDE

Lithologies (forages)

	gravelleux sableux		limoneux argileux
	sables		limons
	argilles		

Formations

	terrasses alluviales récentes
	cônes de déflexion
	moraine sarinienne
	gravieres supérieures
	moraine rhodanienne supérieure
	formation lacustre
	gravieres inférieures
	complexe morainique inférieur
	molasse subalpine indifférenciée

3F31 numéro des forages

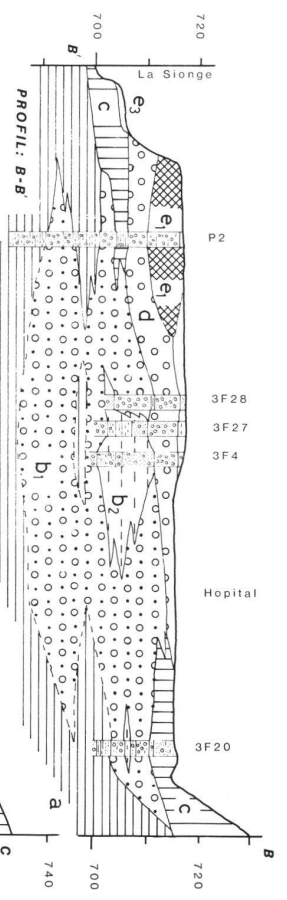
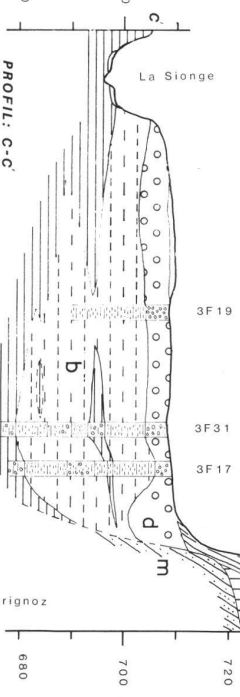
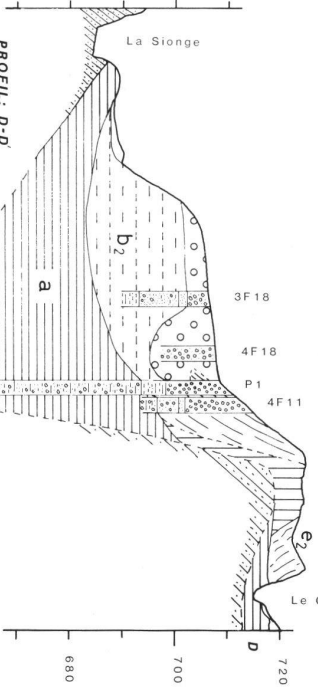
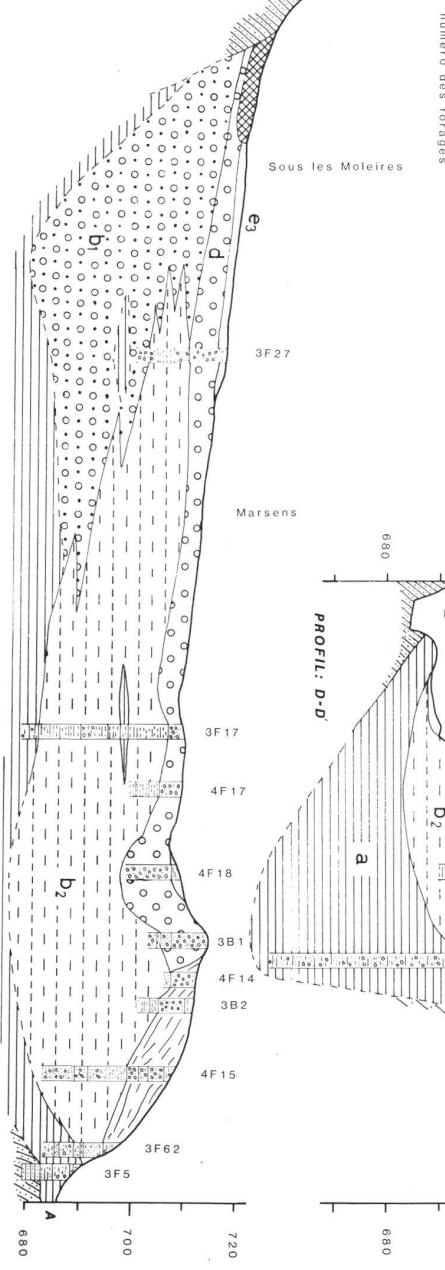
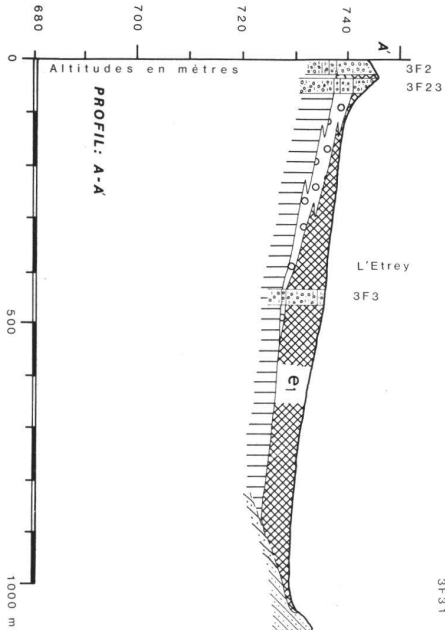


FIG. 3

Les mesures effectuées à l'aide d'un appareil travaillant dans la plage des 160 à 230 kHz ont permis de représenter la structure superficielle de la plaine (la profondeur d'investigation optimale qui dépend de la résistivité apparente, varie entre 6 et 20 m). Ces mesures ont principalement donné des informations sur l'épaisseur de l'aquifère supérieur et sur une éventuelle couverture électriquement conductrice de celui-ci.

Les figures 1 et 2 présentent les résultats obtenus au moyen d'un appareil VLF dont la plage de travail est de 15 à 25 kHz, permettant une profondeur d'investigation optimale variant entre 20 et 55 m, selon la valeur de la résistivité apparente. Nous observons un alignement N-S des hautes résistivités dans le centre de la plaine, s'élargissant et s'intensifiant vers le sud. De chaque côté de cette zone, de très faibles valeurs apparaissent. En général, les phases (fig. 2) sont hautes, sauf dans le lit de la Sionge et à quelques autres endroits isolés.

Nous interprétons les hautes valeurs de résistivité détectées entre Echarlens et Riaz, associées à de fortes phases en rive gauche de la Sionge, comme étant provoquées par des graviers d'une épaisseur maximale de 50 m, qui surmontent une formation conductrice (moraine inférieure ou molasse). En rive droite de la Sionge, la moraine supérieure qui recouvre ces mêmes graviers étant plus épaisse, engendre une baisse de la phase. La partie est de la butte de Montmasson présente un îlot de fortes résistivités. Selon toute vraisemblance, ces fortes valeurs ne correspondent pas à des graviers mais à un socle molassique électriquement résistant. Trois arguments parlent en faveur d'un socle rocheux :

- passage très rapide vers l'W à de très faibles résistivités,
- forte anisotropie de la phase lors de mesures pluridirectionnelles en un même point à l'intérieur du champ résistant, ce qui est révélateur d'un milieu discontinu,
- présence de valeurs isolées très faibles à l'intérieur du champ résistant.

Les résistivités, comprises entre 100 et 150 ohm-m, correspondent aux formations lacustres, et celles inférieures à 100 ohm-m, associées à de fortes phases, révèlent généralement de la molasse surmontée de moraine ou de limons.

2.2. Synthèse géologique

La figure 3 est une compilation des informations géologiques et géophysiques recueillies. Les différentes lithologies décrites sur les logs de forages et observées en surface, puis ensuite extrapolées dans l'espace grâce aux mesures géophysiques, ont permis de différencier plusieurs formations. Celles-ci reposent sur un socle surcreusé de Molasse Subalpine à alternances gréseuses et marneuses. De bas en haut, on peut observer :

- a) *Le complexe morainique inférieur.* Il est composé principalement de moraine argileuse à blocs, compacte, avec de rares passées limoneuses ou sableuses. Dans sa partie supérieure, ce complexe paraît imbriqué dans la formation b qui le surmonte. Son origine est rhodanienne.
- b) *Les graviers inférieurs et la formation lacustre.* Repérés dans la partie amont de la plaine, les graviers, composés d'une épaisse alternance de bancs métriques, à granulométrie tantôt fine, tantôt grossière, se biseau-tent sous la formation lacustre. Ils sont interprétés comme étant d'origine fluvio-glaciaire deltaïque, sédimentés à l'amont d'un lac. Ils constituent l'aquifère inférieur de la plaine de Marsens, décrit plus bas. La formation lacustre représentée à l'aval de la plaine, se compose principalement de limons et sables généralement varvés, parfois de graviers fins. Elle occupe toute la largeur de la plaine au nord de la diagonale Vuippens-Marsens.
- c) *La moraine rhodanienne supérieure.* Effacée du centre de la plaine, elle n'est présente qu'en bordure de celle-ci, surmontant les formations a et b, et recouverte par les graviers supérieurs. Les pentes du Mont-Gibloux sont constituées presque essentiellement d'une carapace morainique de ce type.
- d) *Les graviers supérieurs.* Ils recouvrent toute la plaine et remplissent des petits chenaux d'une épaisseur maximale de 15 m, creusés dans les alluvions des formations b et c. Ces graviers constituent l'aquifère supérieur, décrit plus bas.
- e) *Les formations tardives superficielles.* Elles sont représentées par la moraine sarinienne, les cônes de déjection latéraux et les terrasses alluviales récentes.

La suite simplifiée des différents termes lithologiques décrits ci-dessus correspond, dans ses grandes lignes, aux successions de faciès décrits par Mornod (1949) dans le bassin de la Sarine en Basse-Gruyère. Aucun de ces dépôts n'a été daté avec précision.

3. Description des aquifères

L'aquifère le plus important (exploité notamment par le puits d'Echarlens) est constitué par les graviers inférieurs, présents en amont de Marsens, limités au Nord par l'étendue des formations lacustres, et montrant leur plus grand développement entre Echarlens et Riaz. On peut supposer que cet aquifère profond se prolonge vers le SE, constituant des réserves potentielles en eau importantes. Cet aquifère peut être partiellement subdivisé verticalement par des intercalations limoneuses ou des récurrences morainiques,

qui ne sont pas continues latéralement. Les limons lacustres, formant un barrage devant et dessus les graviers de l'aquifère inférieur, peuvent provoquer une mise en charge de celui-ci. Ces mêmes limons ne sont pas homogènes et imperméables. Ils contiennent des niveaux graveleux de faibles épaisseurs qui peuvent être des aquifères mineurs.

Le second aquifère, superficiel, est situé dans les graviers supérieurs. Il s'agit d'une nappe libre, exploitée par des puits peu profonds. Au nord de la ligne Echarlens-Sous-les-Moleires, son plancher est constitué de limons lacustres, tandis que plus au sud, elle est en contact direct avec l'aquifère inférieur. Elle récupère les eaux du versant du Gibloux, spécialement dans la région du village de Marsens. Elle s'écoule principalement dans des sillons de graviers surcreusés et est alimentée par débordement de l'aquifère inférieur. Les logs de forage et les mesures géophysiques (VLF 160–230 kHz) démontrent que cette nappe n'est pas du tout protégée par un niveau peu perméable en surface, ce qui la rend très vulnérable.

4. Hydrogéologie

Dans ce chapitre, nous discuterons des modalités de transfert de l'eau dans la plaine sur la base des paramètres physico-chimiques mesurés et des données de la piézométrie.

4.1. Etude physico-chimique des eaux

Mensuellement, 13 points d'eau de la plaine ont été échantillonnés durant la période de janvier à septembre 1983. Les teneurs moyennes en dureté permanente, dureté totale, Na^+ et K^+ sont représentées à la figure 4. L'analyse des mesures physico-chimiques des différents types d'eau aboutit aux trois principaux résultats suivants :

- Les eaux des deux exutoires principaux de la nappe superficielle (centre du village de Vuippens et région au sud du château de Vuippens) ont des caractéristiques physico-chimiques et une évolution temporelle tout à fait semblables concernant les paramètres suivants : température (minimum de 7°C entre février et avril, et maximum de 11°C en septembre), conductibilité (625-675 μS), dureté totale stable (380 mg/l CaCO_3), dureté passagère (min. en mai et juin à 350 mg/l CaCO_3 , et max. en janvier et août à 363 mg/l CaCO_3), dureté permanente augmentant progressivement de 20 à 30 mg/l CaCO_3 de janvier à septembre, Ca^{++} (130 mg/l), Cl^- (12–18 mg/l), Na^+ (5–7 mg/l) et K^+ (1–2 mg/l).

Ces caractéristiques démontrent que les eaux des deux exutoires ont une origine semblable ou unique.

- Les eaux de l'aquifère inférieur ont une parenté avec celles des exutoires de l'aquifère superficiel. Dans le temps, leurs caractéristiques physico-chimiques évoluent de manière synchrone à ces dernières, mais avec des amplitudes de variation plus restreintes. En valeur absolue, la température varie de 8°C en janvier à 9°C en septembre ; les valeurs de conductibilité (600–628 μS), dureté totale (358–376 mg/l CaCO_3), dureté permanente (8–30 mg/l CaCO_3), Cl^- (5–10 mg/l) et Na^+ (4 mg/l) sont un peu plus faibles dans l'aquifère inférieur, tandis que les teneurs en dureté passagère, Ca^{++} et K^+ sont semblables à celles des eaux aux exutoires de la nappe superficielle. Ces considérations nous mènent à penser que les eaux, prélevées aux exutoires de Vuippens, transitent pour une part importante par l'aquifère inférieur.
- Les eaux d'origine morainique du bord ouest de la plaine ainsi que les petites sources situées dans sa partie nord ont individuellement des caractéristiques physico-chimiques très variables, dépendant des fluctuations des précipitations, de la température de l'air et des apports chimiques artificiels. En général, les premières sont moins minéralisées et les secondes plus minéralisées que les eaux des deux aquifères décrites ci-dessus.

4.2. Piézométrie et direction d'écoulement

Nous avons également reporté les niveaux piézométriques de l'aquifère superficiel en période de hautes eaux (juillet 1973, mesures faites par l'Office cantonal de la protection des eaux de Fribourg), sur la figure 4. Perpendiculairement aux lignes isopièzes, nous pouvons tracer des directions d'écoulement. Les deux zones de sources les plus importantes sont les exutoires de l'aquifère superficiel (se situant d'une part au sud du château de Vuippens et d'autre part au centre de ce même village). Dans cet aquifère, les directions d'écoulement s'orientent dans l'axe de la plaine du SO au NE vers les deux zones de sources (fig. 4). De plus, dans la région de l'Hôpital psychiatrique de Marsens, nous observons une morphologie convexe de la surface piézométrique (à l'W de Vuippens), suggérant un apport de direction O–E en provenance des pentes du Gibloux, à l'ouest de Marsens. D'autre part, au nord du village de Vuippens, un flux de direction SO-NE semble se dessiner vers le lac de la Gruyère ; il manque un réseau d'observations dans cette région-là. Enfin, au SO et au NE de Marsens, un apport éventuel d'eaux morainiques du pied de versant n'a pas pu être mis en évidence.

Un gradient hydraulique moyen de 6–8‰ a été calculé au sud du village de Vuippens, alors qu'au nord de ce même village, il peut atteindre 25‰, caractérisant une zone moins perméable.

PLAINE DE MARSENS

PIEZOMETRIE

CHIMIE DES EAUX

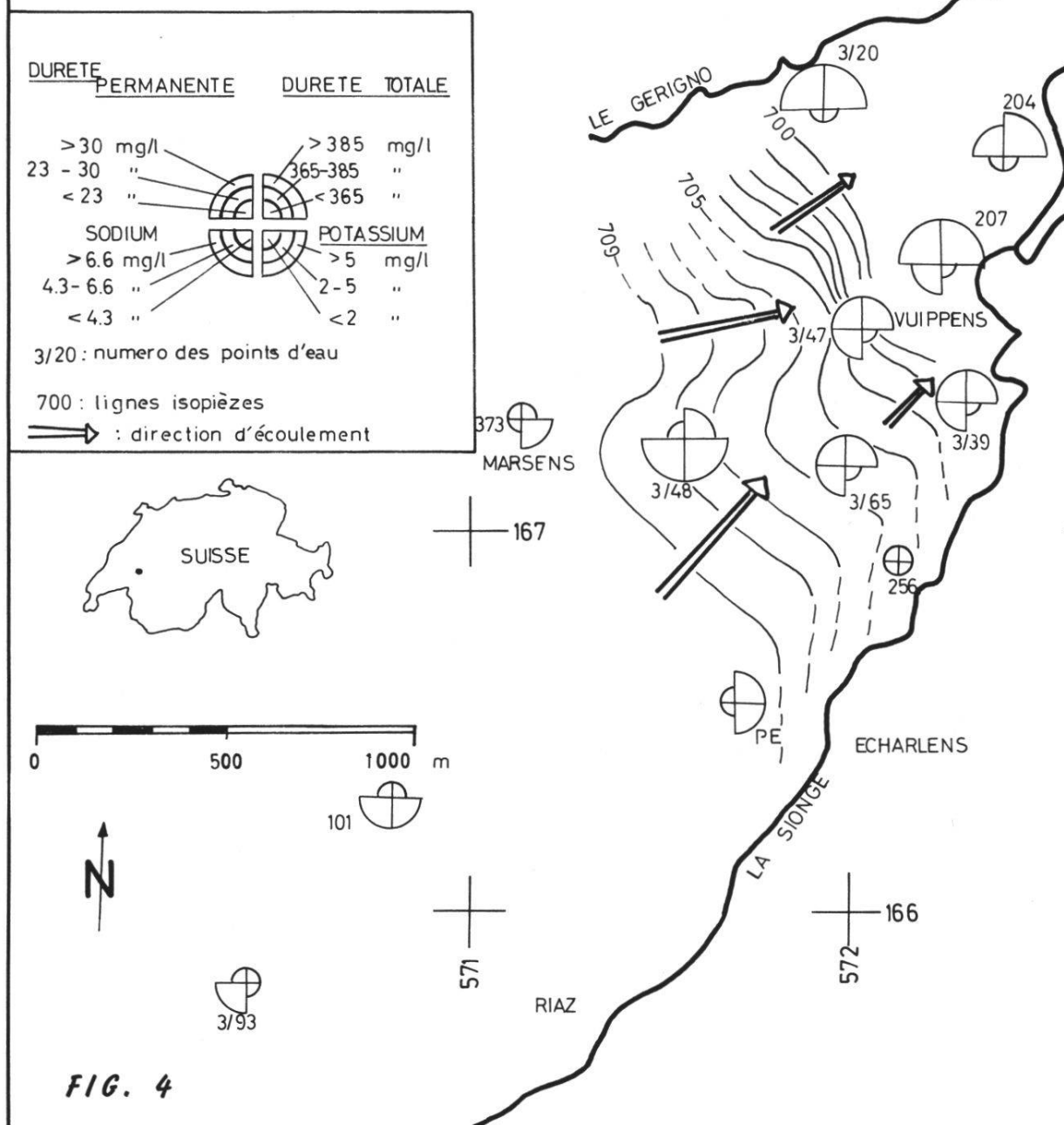


Fig. 4: Représentation pour 13 points d'eau caractéristiques des valeurs moyennes en dureté totale, dureté permanente (reflet des minéralisations en Cl , SO_4 et NO_3 principalement), sodium et potassium de 9 prélèvements échelonnés entre les mois de janvier et septembre 1983. D'une manière générale, la dureté totale augmente du sud au nord et d'ouest en est. La dureté permanente est plus forte dans les points d'exutoire de l'aquifère superficiel (au nord et à l'est), tandis qu'elle apparaît plus faible dans l'aquifère inférieur (puits à drains rayonnants d'Echarlens, PE) et au pied du Gibloux (Ouest de la plaine); les teneurs en potassium ont un comportement inverse. Cette figure montre aussi les lignes isopièzes et les directions d'écoulements déduites de mesures faites par l'Office cantonal de la protection des eaux de Fribourg (OCPE) en hautes eaux sur 12 piézomètres le 20.7.73. La numérotation des points d'eau est celle utilisée par l'OCPE.

4.3. Essais de pompage dans le puits d'Echarlens

Une première série de mesures a été exécutée entre février et octobre 1977, dans le puits d'essais, crépiné seulement en face de quatre niveaux aquifères (Office cantonal de la protection des eaux de Fribourg). Bien que les conditions ne satisfassent pas tout à fait la loi de Dupuits (RECORDON, 1979, écoulement permanent vers un puits), en appliquant celle-ci, nous obtenons une indication grossière mais néanmoins plausible de la perméabilité moyenne pour ces 4 niveaux, à savoir $2 \cdot 10^{-4}$ m/s. Par la formule de Thiem, nous calculons des perméabilités un peu plus élevées et constatons une anisotropie de celles-ci, selon les quatre points cardinaux, à savoir $3 \cdot 10^{-4}$ m/s au nord et à l'ouest, $6 \cdot 10^{-4}$ m/s à l'est et de $1,2 \cdot 10^{-3}$ m/s au sud. Ce phénomène a pu être corrélé avec la répartition spatiale des transmissivités déduites des mesures géophysiques (LATELTIN et THIERRIN, 1983).

Lors d'un essai de pompage dans le puits définitif, un débit prélevé de 1600 l/min. mettait en évidence le lien qui existe entre le puits d'Echarlens et les sources des exutoires de Vuippens. En effet, le débit de celles-ci a chuté anormalement ; les sources au sud du château ont même tari 36 jours après le début de l'essai. 19 jours après l'arrêt du pompage ont été nécessaires pour rétablir un débit à ces dernières et 39 jours pour retrouver un débit normal aux deux zones d'exutoire. Connaissant la distance séparant le puits des sources, et considérant que l'aquifère supérieur avait été presque asséché, on a pu calculer les vitesses de transfert minimale et maximale de l'eau dans l'aquifère superficiel, à savoir 3 et $6 \cdot 10^{-4}$ m/s.

5. Conclusion

Cette étude nous a permis de préciser quelques traits caractéristiques de l'hydrogéologie dans la plaine de Marsens. Grâce aux forages effectués pour l'autoroute N 12 et à la géophysique, nous avons pu préciser la structure du Quaternaire et l'extension de ses formations. Au centre de la plaine, nous avons estimé que le remplissage quaternaire complet doit atteindre environ 50 mètres.

Les deux formations graveleuses constituent les deux aquifères de cette région. Les graviers inférieurs sont localisés au sud de l'Hôpital psychiatrique de Marsens et le mieux développés entre les villages de Riaz et d'Echarlens. Ils forment l'aquifère inférieur duquel le puits d'Echarlens prélève ses eaux. Cet aquifère possède certainement une extension vers le sud qui mérite d'être étudiée.

L'aquifère superficiel est formé par les graviers supérieurs. Son alimentation est essentiellement constituée par les apports des précipitations, de la

vidange de l'aquifère inférieur avec lequel il est en contact au sud de la ligne Echarlens-Sous les Moleires, et des apports de versant du pied du Gibloux. Il se décharge en deux zones d'émergence à Vuippens, dont le chimisme des eaux est semblable. Les vitesses réelles d'écoulement dans cet aquifère superficiel se situent entre 3 et $6 \cdot 10^{-4}$ m/s.

Durant nos investigations, nous avons constaté que l'aquifère superficiel est très vulnérable sur une grande partie de son étendue, à cause du manque de couverture peu perméable. Concernant l'exploitation d'autres ressources, nous avons déjà mentionné l'extension probable vers le sud de l'aquifère inférieur. Dans le même ordre d'idées, nous estimons qu'il devrait exister des niveaux graveleux aquifères sous et dans les moraines du pied du Gibloux, spécialement dans la région des anciens cônes de déjection.

Remerciements

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué par leur aide ou leurs conseils à la réalisation de cette étude. Nous pensons tout particulièrement à MM. les professeurs Burger et Müller (Université de Neuchâtel), MM. Sieber et Becker (Office cantonal de la protection des eaux), M. Macheret (intendant à l'Hôpital psychiatrique de Marsens), et M. Gianolini (géologue du Bureau des autoroutes du canton de Fribourg).

Résumé

Cette étude concerne les sources de la plaine de Marsens, au nord de Bulle (Basse-Gruyère), et leur contexte hydrogéologique. Le sous-sol de cette plaine est constitué d'un sillon surcreusé dans la molasse subalpine, comblé par des formations quaternaires. Des méthodes géophysiques, hydrochimiques et géologiques ont permis d'individualiser deux aquifères. L'un, superficiel, s'étend sur la majeure partie de la plaine et se décharge dans la région de Vuippens; l'autre, plus profond et épais, se développe au sud de l'Hôpital psychiatrique de Marsens. Les conditions d'écoulement au sein de l'aquifère superficiel ont été quantifiées et les différents types d'eau de la plaine ont été définis au point de vue chimique.

Zusammenfassung

Diese Arbeit behandelt die Quellen der Ebene von Marsens (unteres Greyerzerland, nördlich von Bulle) und ihren hydrogeologischen Zusammenhang. Wir lokalisierten einen bedeutenden Graben in der subalpinen Molasse, gefüllt mit quartären Bildungen. Geophysikalische, hydrochemische und geologische Methoden führten zur Identifizierung von zwei Grundwasserhorizonten. Der eine dehnt sich oberflächlich auf

dem größten Teil der Ebene aus und tritt in der Region von Vuippens aus dem Boden aus. Der zweite ist tiefer gelegen, mächtiger und befindet sich südlich des psychiatrischen Spitals von Marsens. Die Fließbedingungen des oberflächlichen Grundwasserhorizontes wurden gemessen und die verschiedenen Wassertypen der Ebene chemisch bestimmt.

Abstract

This study deals with the springs of the Marsens plain, north of Bulle (Lower Gruyère) and their hydrogeological context. The substratum of this plain consists of a furrow eroded in the Subalpine Molasse, filled up by quaternary formations. Some geophysical, hydrochemical and geological methods were applied and two aquifers were recognized. The first one, superficial, spread on the major part of the plain, has its discharge in the surroundings of Vuippens. The second one, thicker and deeper, is located in the south of the Psychiatric Hospital of Marsens. The flow condition of the superficial aquifer has been quantified and the different types of the plain's water characterized from the chemical point of view.

Bibliographie

- COLOMBI, SCHMUTZ, DORTHE SA: Etude géotechnique, Route nationale N12 Vevey-Berne, Section 3 Bulle-Gérignoz, non publié (1972).
- GIANOLINI, R.: Le captage d'Echarlens. *Route et trafic* 10, 333-342 (1981).
- LATELTIN, O., et THIERRIN, J.: Etude hydrogéologique de la plaine de Marsens, Basse-Gruyère. Travail 3^e cycle d'hydrogéologie, Univ. Neuchâtel 1983.
- MORNOD, L.: Géologie de la région de Bulle (Basse-Gruyère). Molasse et bord alpin. *Matér. Carte géol. suisse, N.S. 91*, 1-100 (1949).
- MÜLLER, I.: Rôle de la prospection électro-magnétique VLF (Very Low Frequency) pour la mise en valeur et la protection des aquifères calcaires. *Ann. Scient. Univ. Besançon, Géol. Mém. 1*, 3^e Coll. hydrogéol. en Pays calcaire, 219-226 (1982).
- OFFICE CANTONAL DE LA PROTECTION DES EAUX: Mesures relatives aux essais de pompage dans le puits d'Echarlens, mesures piézométriques dans la région Marsens-Vuippens, période 1977-79 (non publié).
- RECORDON, E.: Dynamique des eaux souterraines. Cours postgrade, Univ. Neuchâtel 1979.
- SCHOEPFER, J. P., et KARAKAS, I. K.: Etude géotechnique sur le pont du Gérignoz, Route nationale N12, Section 3 Bulle-Avry-devant-Pont, non publié (1975).