

Publié dans Archives des sciences Genève, 51, fasc.2, 153-170, 1998
qui doit être utilisé pour toute référence à ce travail

ELÉMENTS HYDROGÉOLOGIQUES DANS L'ÉTUDE DE L'INFLUENCE DE
DEUX DÉCHARGES SUR LE SYSTÈME AQUIFÈRE DE LA PLAINE DU RHÔNE
(VALAIS CENTRAL*, SUISSE)

PAR

Steeve EBENER**, Mahmoud BOUZELBOUDJEN***, Walter WILDI**

ABSTRACT

Hydrogeological elements in the study of the influence of two landfills on the Rhône plain aquifer system (central Valais, Switzerland). - The aim of this publication is to contribute to the knowledge of a part of the Rhône plain alluvial system under the influence of two landfills.

The hydrogeological environment of this zone is described using topographic, geologic, climatic and hydrologic information, allowing a 3D approach.

This analysis confirms the complexity of the ground water flows of the aquifer between Sierre and Granges. The great diversity of the anthropogenic or natural element sources are responsible for the 3D heterogeneity of the water quality observed in this aquifer.

Key-words: Alluvial complex, Ground water flow systems, Landfill, Rhône river, Switzerland, Valais.

INTRODUCTION

La vallée du Rhône en Valais est marquée par une forte activité anthropogène qui engendre un impact important sur les ressources naturelles de la vallée et notamment sur les ressources en eau.

C'est dans ce contexte qu'une recherche a été entreprise dès 1991 afin d'étudier l'influence d'un site d'entreposage de déchets sur la qualité des eaux de la nappe phréatique (EBENER, 1994). Ce site se situe en aval de Sierre, à Pramont où existent deux décharges en rive gauche du Rhône (Fig. 1). Il s'agit de la décharge industrielle de l'entreprise Alusuisse et de la décharge communale de la ville de Sierre, implantées respectivement en 1969 et 1975.

* Publication élaborée dans le cadre du projet FNRS n° 5001-40013.

** Institut F.A. Forel, Université de Genève, 10, route de Suisse, CH-1290 Versoix.

*** Institut de Géologie, Centre d'Hydrogéologie, Université de Neuchâtel, 11, rue Emile-Argand, CH-2007 Neuchâtel.

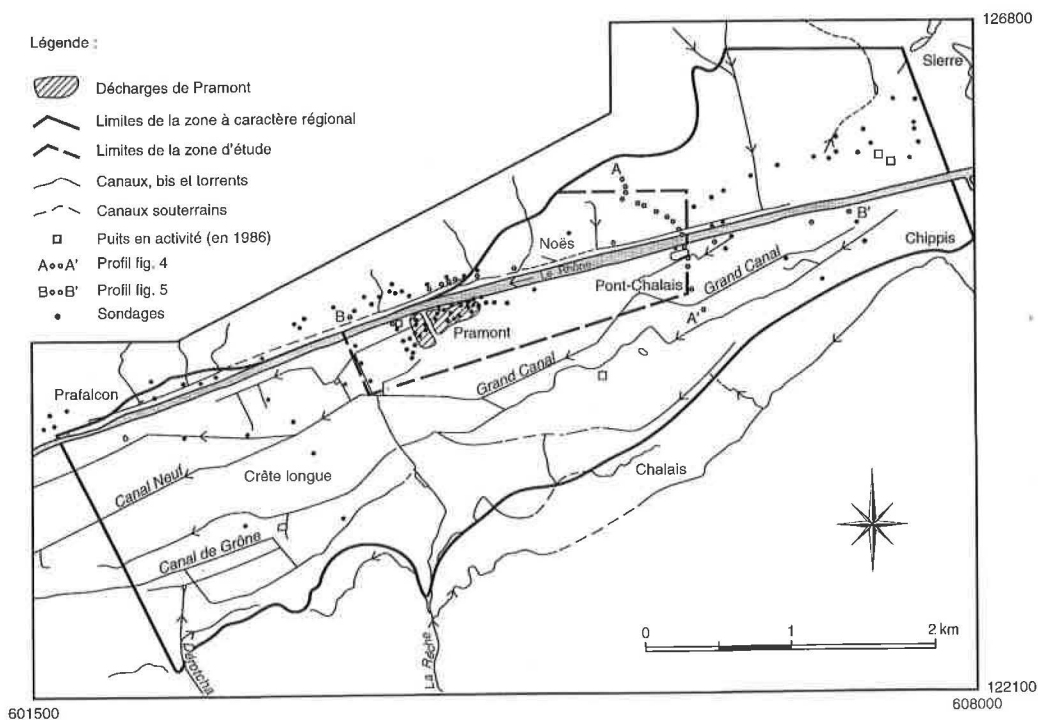


FIG. 1.

Tracé des limites des deux zones étudiées et localisation de certains éléments utilisés dans le cadre de cette étude.

DÉLIMITATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Afin d'obtenir des documents représentatifs, il était nécessaire de définir des limites pour lesquelles les conditions géologiques et hydrauliques pouvaient être connues. La région de Pramont ne constitue qu'une petite partie d'un sous-bassin du bassin versant du Rhône; c'est pourquoi nous avons défini deux zones (Fig. 1):

- la première permet d'apprécier le contexte général. Cette surface ($\approx 10 \text{ km}^2$) a été étudiée à l'échelle 1/25 000.
- la deuxième constitue la région d'étude proprement dite. Elle est de caractère local et nous permet une plus grande finesse dans l'analyse des paramètres. L'échelle de travail choisie est le 1/10 000 ($\approx 1,5 \text{ km}^2$).

Au cours des étapes successives de cette recherche, la priorité a toujours été donnée au contexte régional avant de passer à l'étude locale de la région de Pramont.

L'ENVIRONNEMENT HYDROGÉOLOGIQUE DE LA RÉGION DE PRAMONT

Définition

Les données de base nécessaires à l'étude hydrogéologique sont regroupées en deux ensembles:

- les données relatives à l'environnement hydrogéologique, comprenant tous les paramètres caractérisant le milieu dans lequel la nappe va évoluer (TOTH, 1970),
- les paramètres physico-chimiques qui caractérisent les eaux de la nappe (CASTANY, 1982; TOTH, 1970).

Les paramètres de l'environnement hydrogéologique vont directement influencer la dynamique de la nappe et donc indirectement la direction et l'intensité de ses paramètres physico-chimiques. Les paramètres déterminant le milieu dans lequel les eaux souterraines vont évoluer sont:

1. la topographie,
2. la géologie,
3. le climat et le bilan hydrique,
4. le réseau hydrographique.

Topographie

La morphologie de la plaine rencontrée à la hauteur de Pramont peut être étendue à toute la surface de la Grande Zone.

Le gradient topographique de la plaine est orienté du Nord-Est au Sud-Ouest. Cette morphologie est à mettre en relation avec le matériel de l'éboulement de Sierre et les différents cônes de déjection présents.

Il faut souligner l'importance des reliefs secondaires représentés par les crêtes de l'éboulement et par les deux décharges de Pramont situées dans la plaine.

Géologie

Contexte géologique général de surface

La carte géologique (Fig. 2) a été établie sur la base des sondages géologiques, des cartes géologiques de LUGEON (1910) et de BURRI (1958), de la carte géologique GEOVAL pour l'étude Hydro-Rhône (avril 1983), des photos aériennes de la région de Sierre (1992) et d'une campagne de relevés cartographiques dans la plaine du Rhône effectuée en été 1991.

Le versant en rive droite comporte des évaporites, des brèches, des quartzites, des flyschs et des grès du Domaine pennique externe ainsi que des calcaires et schistes du Domaine helvétique. La rive gauche est constituée de schistes carbonifères, de gneiss et conglomérats du Permo-Carbonifère et de gypse et calcaires du Trias. Les deux versants comportent une importante couverture morainique ainsi que des cônes de déjection. Le

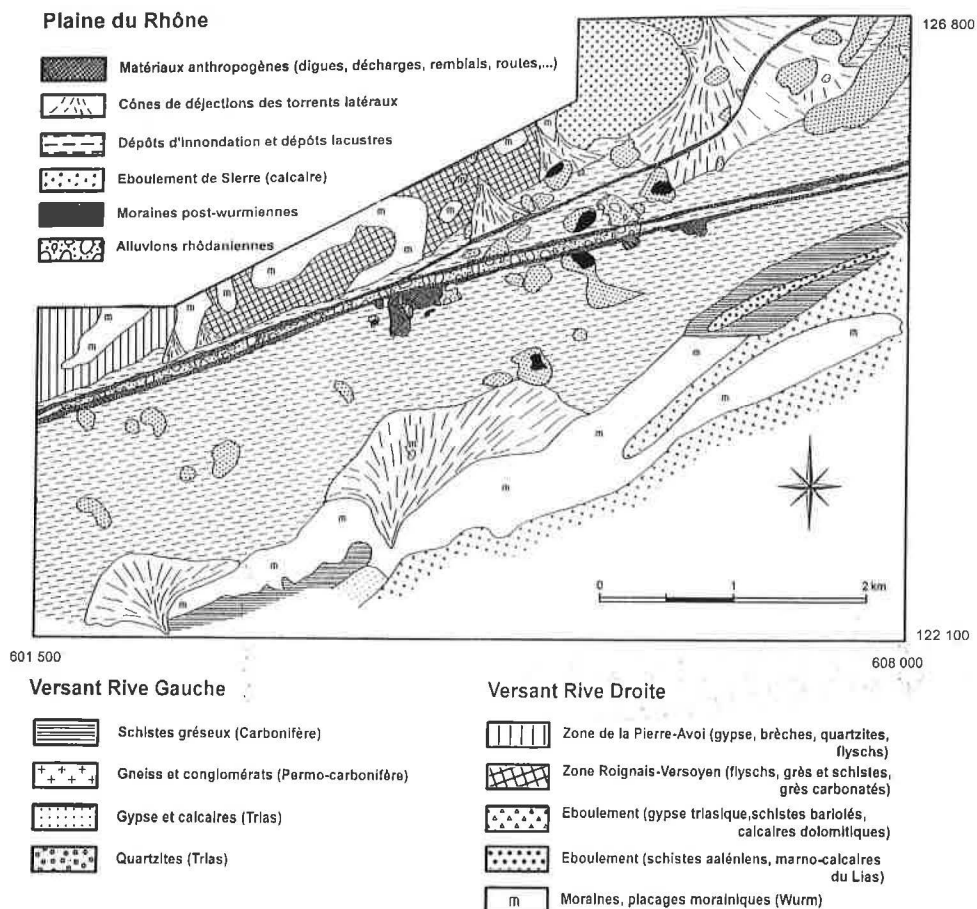


FIG. 2.

Carte géologique pour la Grande Zone.

plus étendu de ces cônes est celui sur lequel reposent les «hauts de Sierre». Trois éboulements viennent «tapisser» une partie du versant droit; d'aval en amont, on reconnaît:

- un éboulement de gypse triasique, dont la niche d'arrachement se situe sous le village de Montana (LUGEON, 1918);
- un éboulement de schistes aaléniens et de marno-calcaires du Lias, dont la niche d'arrachement se situe au-dessus du plateau glaciaire de Bluche (op. cit.);
- un éboulement de calcaires provenant de la région de Varneralp et dont l'ampleur a directement influencé le remplissage et la morphologie de la plaine (GERLACH, 1883; LUGEON, 1918; NUSSBAUM, 1942; BURRI, 1955).

Dans la plaine du Rhône, les remblais et le remaniement agricole des sols ont rendu difficile l'élaboration d'une cartographie cohérente. Les formations rencontrées sont les dépôts d'inondation du Rhône (matériel fin sableux ou limoneux), les dépôts lacustres (argiles limoneuses, parfois graveleuses contenant de la matière organique), les dépôts fluviatiles rhodaniens (dépôts graveleux-sableux ou sablo-limoneux) et le matériel provenant des torrents latéraux (cônes de déjection, matériel fin, sableux ou limoneux contenant des lentilles graveleuses ainsi que, par endroits, des zones tourbeuses). Les crêtes de l'éboulement de Sierre émergent de la vallée. Elles sont formées de matériel calcaire présentant une déformation variable: des compartiments de diamictes complètement mélangées peuvent alterner avec des compartiments où la stratification interne n'est dérangée que par une fracturation intense. Ces buttes sont parfois surmontées de moraines graveleuses, trace d'une récurrence tardiglaciaire (BURRI, 1955).

Etude du remplissage quaternaire de la vallée

La vallée du Rhône a été surcreusée au cours du Pléistocène par le glacier jusqu'à une profondeur proche du niveau de la mer, puis remplie par des dépôts sous-glaciaires, glaciolacustres, lacustres et enfin, par les dépôts fluviatiles du Rhône (BESSON *et al.*, 1993; PUGIN *et al.*, 1997).

Afin d'étudier la partie supérieure du remplissage à la hauteur de Sierre, 126 sondages (Fig. 1) d'une profondeur allant de deux à soixante mètres ont été répertoriés (BERTHOD, 1988; BURRI, 1955; C.S.D., 1981; GEOVAL, décembre 1983; MORNOD, 1974). Un sondage stratigraphique a permis de compléter ces données (EBENER, 1994). Une subdivision des formations géologiques, basée sur leur caractère granulométrique, et donc indirectement sur leur perméabilité potentielle, permet l'établissement d'une colonne synthétique pour la région étudiée (Fig. 3).

A partir de ces données une série de coupes a pu être établie. La coupe transversale située à la hauteur de Noës (Fig. 4) et la coupe longitudinale entre Chippis et Pramont

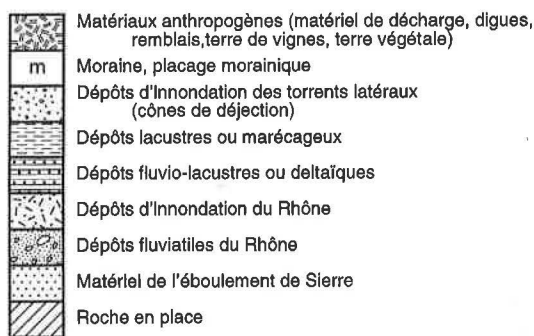


FIG. 3.

Colonne lithologique synthétique pour la région de Pramont.

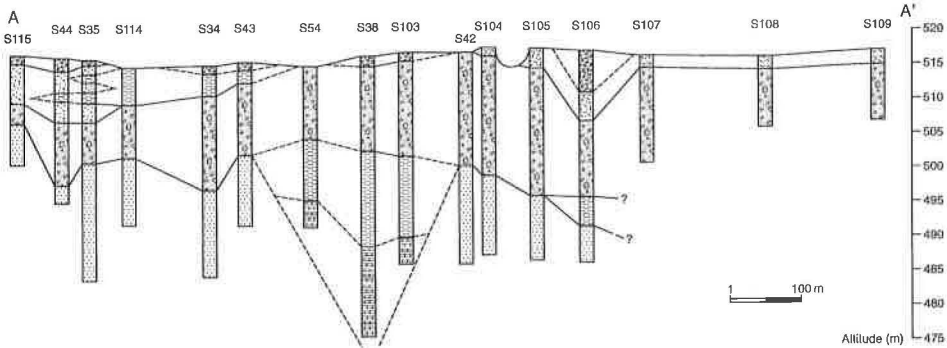


FIG. 4.

Coupe transversale dans le quaternaire de la plaine, pour la position des forages voir Fig. 1.

(Fig. 5) nous donnent un aperçu des relations géométriques entre les principales formations rencontrées. La localisation de ces deux coupes se trouve sur la figure 1.

L'analyse de la totalité des coupes (4 sections longitudinales et 7 sections transversales) met en évidence une géométrie 3D complexe (EBENER, 1994). L'éboulement

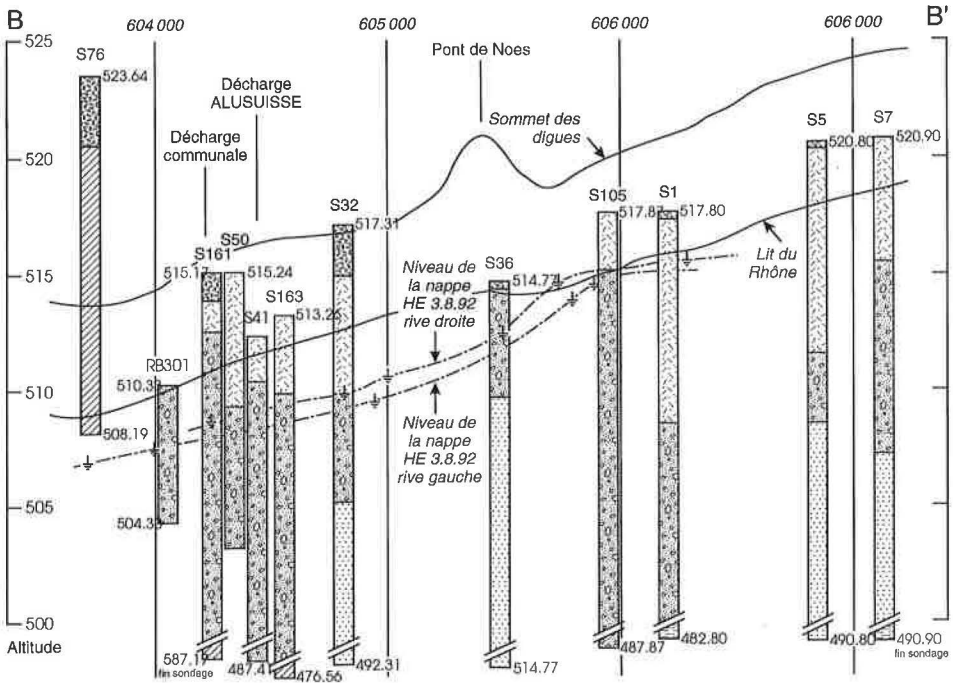


FIG. 5.

Coupe longitudinale dans le quaternaire de la plaine, pour la position des forages voir Fig. 1.

de Sierre semble être le facteur principal déterminant la répartition géographique des autres formations géologiques.

Au niveau des apports potentiels d'eau à la nappe phréatique depuis les versants, les placages morainiques, les cônes de déjection et les zones couvertes par du matériel éboulé peuvent contribuer à l'alimentation de l'aquifère.

Les matériaux formant la couverture de la plaine sont essentiellement de type lacustre ou alluvial (dépôts d'inondation). Leur faible perméabilité ($k = 2 \text{ à } 4 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$) semble indiquer qu'ils ne représentent pas des zones à très fort potentiel d'infiltration. Pour le matériel de l'éboulement de Sierre aucune donnée n'a pu être trouvée.

Nous avons pu bénéficier, pour l'étude de la nappe phréatique de la plaine du Rhône, des résultats d'un essai de flowmeter (EBENER, 1994). Ces mesures confirment que les dépôts fluviaux rhodaniens, de par leur perméabilité (de 10^{-3} à 10^{-4} m/s) et leur continuité constituent le premier aquifère de la plaine. Les informations récoltées dans le cadre de cette étude ne nous permettent cependant pas d'en déterminer la géométrie exacte en profondeur. D'après les études Hydro-Rhône (1986), cet aquifère se prolongerait pour certaines zones dans le matériel constituant la base de l'éboulement. Le matériel de l'éboulement, tout comme les dépôts lacustres sont des formations à perméabilité bien inférieure à celle des alluvions du Rhône et, à défaut de constituer de véritables barrières hydrauliques, ces zones vont ralentir fortement l'écoulement de la nappe.

Le climat et son influence sur le bilan hydrologique de la nappe

Une évaluation de l'apport en eau provenant des précipitations sur la surface de la zone d'étude a été effectuée.

Les valeurs utilisées concernent les stations de Sion-aérodrome (altitude: 482 m), de Chippis (altitude: 522 m) et de Sierre (altitude: 565 m) (Service Topographique Fédéral, 1965; Institut suisse de météorologie, 1978-1991).

Pour une période de 12 ans, nous obtenons les moyennes interannuelles suivantes:

- moyenne annuelle pour la température: $10.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (valeur corrigée pour le relief),
- moyenne annuelle pour les précipitations: 570.5 mm.

L'évapotranspiration potentielle a été évaluée à l'aide de la formule de TURC (1954). La valeur ainsi obtenue pour la région de Pramont est de $\approx 430 \text{ mm/an}$, ce qui permet d'attribuer aux précipitations efficaces potentielles (PE) une valeur de 140 mm/an.

En appliquant la formule de HAUDE (1954) aux données mensuelles de la station météorologique de Sion pour l'année 1979 (Institut suisse de météorologie), nous constatons que l'évapotranspiration potentielle est forte pendant toute la période estivale et amène un déficit hydrique important; ce n'est qu'entre les mois d'octobre et de mars qu'une partie des précipitations peuvent potentiellement participer à la recharge de l'aquifère.

Le réseau hydrographique et ses relations avec la nappe phréatique

A l'échelle régionale, le réseau hydrographique est principalement formé par le Rhône qui traverse la partie Nord de la zone d'Est en Ouest, différents canaux, dont les principaux sont du Nord au Sud: le Grand Canal, le Canal Neuf et le Canal de Grône et une série de torrents latéraux, qui sont à l'origine des cônes de déjection en bordure de la plaine (Fig. 1). Il s'agit d'un réseau dense dont les composants sont de tailles différentes.

Tout au long de son cours, suivant la position topographique de son lit et de son état de colmatage, le Rhône peut jouer vis-à-vis de l'aquifère alluvionnaire un double rôle, drainant ou infiltrant. Les digues du fleuve ont été construites avec le matériel non compacté directement récolté dans son lit. La nature géologique des digues est donc directement liée à la nature des formations lithologiques présentes.

Entre Chippis et Pramont, le lit du Rhône est creusé dans deux types de formations (Fig. 5):

- les dépôts d'inondation du Rhône, entre les forages S7 et S1 et entre les forages S32 et S50. Par conséquent, sur ces deux tronçons, le lit et les digues doivent être assez étanches et entraîner, soit une déconnexion entre les deux systèmes, soit une faible recharge de la nappe. Ces hypothèses ne sont cependant pas vérifiées;
- les dépôts fluviaux du Rhône. Ces dépôts présentent une bonne perméabilité impliquant par conséquent une liaison entre le Rhône et la nappe phréatique. Entre les forages S105 et 36, le toit de la nappe est très proche du lit du Rhône. Ce phénomène est la conséquence de l'augmentation de la perméabilité du lit et des digues et de la présence du barrage hydraulique engendré par les crêtes de Pont-Chalais. Entre les forages S161 et RB301 le toit de la nappe est plus éloigné du lit du Rhône, une recharge est néanmoins envisageable.

Les petits canaux se situent le plus souvent dans les dépôts d'inondation de faible perméabilité et sont en conséquence déconnectés de la nappe. En revanche, les canaux principaux participent à la recharge ou à la décharge de la nappe. La décharge se produit surtout dans les zones où la diminution de la perméabilité, engendrée par la présence du matériel de l'éboulement de Sierre, amène la nappe en surface. Ceci semble être le cas au Pont Chalais et à l'Ouest du pénitencier de la Crête Longue. Entre ces deux points, les canaux participent à la recharge de la nappe (GEOVAL, 1986).

Sur la carte (Fig. 1) ont été également rajoutés les puits en activité (en 1986); ils constituent des éléments qui vont influencer la géométrie du toit de la nappe.

LES CARACTÉRISTIQUES DE LA NAPPE PHRÉATIQUE

En fonction des données de terrain (données lithologiques de forages ainsi que des données sur la piézométrie et l'hydrochimie des eaux souterraines) nous présentons ici les principales caractéristiques du système aquifère à nappe libre de la vallée du Rhône à la hauteur de Pramont.

Hydrodynamique

L'étude hydrodynamique de cette nappe s'est faite essentiellement sur la base de cartes piézométriques (CLAVIEN, 1985; EBENER, 1994). Des cartes à caractère régional concernant les régimes de hautes eaux et de basses eaux permettent de cerner le contexte hydrodynamique général. Une analyse plus poussée, centrée sur la région de Pramont a ensuite été effectuée au travers d'une série de cartes basées sur le relevé mensuel du niveau de la nappe à la hauteur de Pramont durant l'année 1984 (CLAVIEN, 1984). La carte présentée (Fig. 6) concerne le niveau de hautes eaux relevé en août 1992.

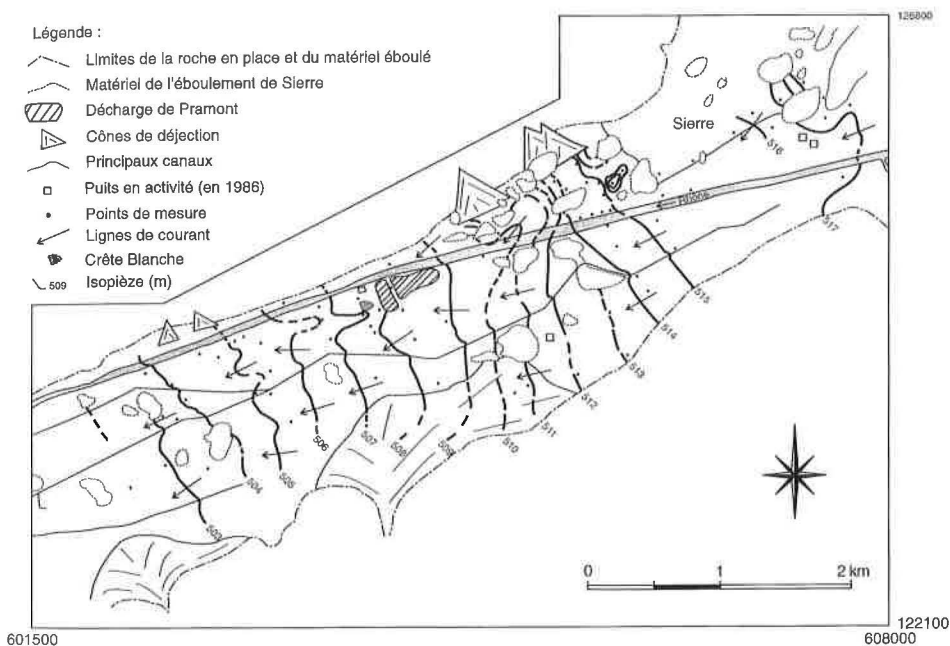


FIG. 6.

Carte piézométrique pour la Grande Zone, hautes eaux 1992 (EBENER, 1994).

L'analyse de l'ensemble des documents établis nous apporte les renseignements suivants:

- la configuration du toit de la nappe est représentée par des isopièzes qui décroissent de l'Est vers l'Ouest (Fig. 6). Le gradient hydraulique varie entre 1.5×10^{-3} à la hauteur de Sierre et 7.0×10^{-3} à la hauteur de Noës. Le gradient moyen selon l'axe principal d'écoulement est égal à 2.6×10^{-3} . A la hauteur de Pramont, la surface de la nappe est fortement perturbée sur une zone recouvrant les deux décharges et la Crête Blanche. La configuration du toit de la nappe est également fortement

influencée par le Rhône dans cette zone. L'effet hydraulique des puits de pompage situés à Sierre, à Noës et à Pramont a pu être observé de façon très nette.

- Le sens général de l'écoulement de l'eau de la nappe (flèches), est semblable sur toutes les cartes: parallèle aux versants de la vallée avec un passage de l'eau de la rive droite vers la rive gauche du Rhône suivant le gradient topographique. A la hauteur de Pramont, une série de particularités locales, fonction du niveau de la nappe, amènent des axes d'écoulement secondaires. La direction de ces axes varie au cours de l'année. Le puits des serres de Pramont crée par exemple un effet «d'aspirateur» important durant l'été (rabattement de presque 3 mètres au mois de juillet 1984) et modifie ainsi fortement les directions d'écoulement.
- Les apports en eau les plus visibles depuis le versant nord de la vallée se situent à la hauteur de Noës (Fig. 6). Ils sont à mettre en relation avec la présence de la masse éboulée de Montana et les cônes de déjection des torrents latéraux. Pour les autres cônes, le manque de données ne nous permet pas d'en situer l'influence sur la nappe. A la hauteur de Pramont, le manque de relevés obscurcit les relations entre la nappe et le versant nord. Le Rhône pourrait ici jouer le rôle de barrière hydraulique, créant ainsi une sorte de «cordon» déconnecté de la rive gauche et longeant le versant.
- Il est possible de mieux cerner le caractère hydraulique des crêtes de l'éboulement de Sierre. Ces crêtes semblent jouer le rôle de «barrière hydraulique» (diminution de la perméabilité). Cet effet est bien marqué à la hauteur de Noës et se retrouve sur les cartes, aussi bien en rive droite qu'en rive gauche. Ceci a pour effet une remontée des eaux de la nappe vers la surface. A la hauteur de Pramont, des relevés effectués durant une période d'inactivité du puits ont fait clairement apparaître que ce n'est pas la Crête Blanche qui draine les eaux de la nappe à sa hauteur mais bien la présence d'une structure sur sa partie sud, peut-être un ancien chenal du Rhône. La crête apparaît alors comme une structure très peu perméable.

Etude des paramètres physico-chimiques des eaux de la nappe

L'étude des paramètres physico-chimiques de la nappe phréatique entre Sierre et Grange s'est faite sur la base de deux approches complémentaires:

- une analyse cartographique basée sur des échantillons prélevés à différentes périodes,
- une analyse verticale basée sur un échantillonnage en cours de forage sur un site localisé au Sud-Ouest des deux décharges.

Analyse cartographique

Comme pour l'étude hydrodynamique, l'analyse cartographique de la chimie des eaux de la nappe a tout d'abord été effectuée sur la base de documents à caractère régional à partir des données provenant de l'étude Hydro-Rhône pour les mois de juillet

et novembre 1985 (GEOVAL, 1986). La conductivité, la température de l'eau, la teneur en chlorures et en sulfates (SO_4^{--}) sont les données physico-chimiques qui ont été retenues.

Pour la région de Pramont une campagne, avec un large spectre de paramètres physiques et chimiques mesurés, a été menée en août 1992 (EBENER, 1994). Nous en présentons ici les cartes les plus représentatives, à savoir les cartes de répartition de la conductivité (Fig. 7a), de la mesure de l'oxydabilité au permanganate (Fig. 7b) et de la teneur en chlorures (Fig. 7c).

Afin d'éviter des interpolations erronées, ne tenant pas compte de la profondeur d'échantillonnage et surtout de la répartition spatiale, les valeurs et teneurs mesurées ont été représentées par des points sur les différentes cartes, le diamètre de ces points étant directement proportionnel aux valeurs ou teneurs mesurées. Ces données sont superposées aux principaux éléments constituant la géométrie de la plaine (limite de la roche en place, cônes de déjection,...) ainsi qu'aux courbes piézométriques pour le mois considéré.

L'étude comparée de l'ensemble de ces cartes nous permet:

- d'évaluer l'effet de dilution engendré par le Rhône sur la nappe. Cet effet, plus important sur la rive gauche que sur la rive droite (phénomène à mettre en relation avec le sens d'écoulement de la nappe) confirme le rôle infiltrant du Rhône sur la nappe;
- de préciser les relations existant entre les canaux principaux et la nappe. Leur influence est confirmée par la comparaison entre les teneurs en éléments mesurés dans les canaux et dans les piézomètres les plus proches;
- de confirmer l'apport d'eau riche en sels dissous depuis le versant nord à la hauteur de Noës (Fig. 7a);
- de localiser deux zones à conductivité élevée. La première, à la hauteur de Pramont en rive gauche et la deuxième à la hauteur de Prafalcon en rive droite. Pour la première, il semble évident que la présence des deux décharges influence cette augmentation de conductivité. Pour la deuxième, par contre, il faudrait vérifier si les cônes de déjection présents dans cette zone sont bien à l'origine de cet enrichissement en sels dissous.

Analyse verticale de la physico-chimie de la nappe, forage Sa

En novembre 1991, des prélèvements en cours de forage ont permis l'analyse de la répartition verticale des paramètres physico-chimiques et des concentrations en éléments de l'eau de la nappe phréatique au Sud-Ouest des deux décharges (Fig. 8). 15 échantillons d'eau ont été récoltés le long des 24,5 m de forage (EBENER, 1994). Les paramètres physico-chimiques suivants ont été mesurés *in situ*: température, pH, potentiel d'oxydo-réduction (Eh). Après ces mesures, l'eau a été stockée et analysée dans différents laboratoires (Anesa à Martigny, Trace-Analytic S.A. à Morges).

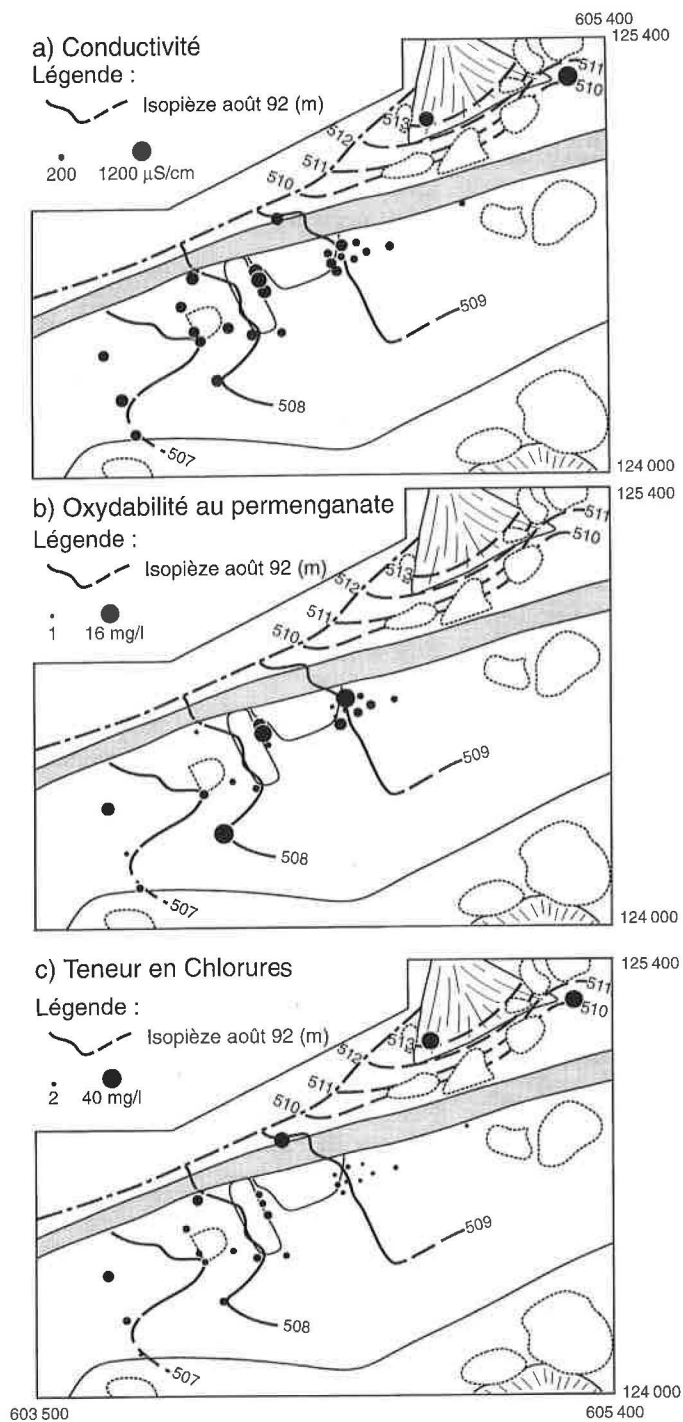


FIG. 7.

- a: Carte de répartition de la conductivité, région de Pramont, juillet-août 1992 (EBENER, 1994).
- b: Carte de répartition des résultats de la mesure de l'oxydabilité au permanganate, région de Pramont, juillet-août 1992 (EBENER, 1994).
- c: Carte de répartition des teneurs en chlorures, région de Pramont, juillet-août 1992 (EBENER, 1994).

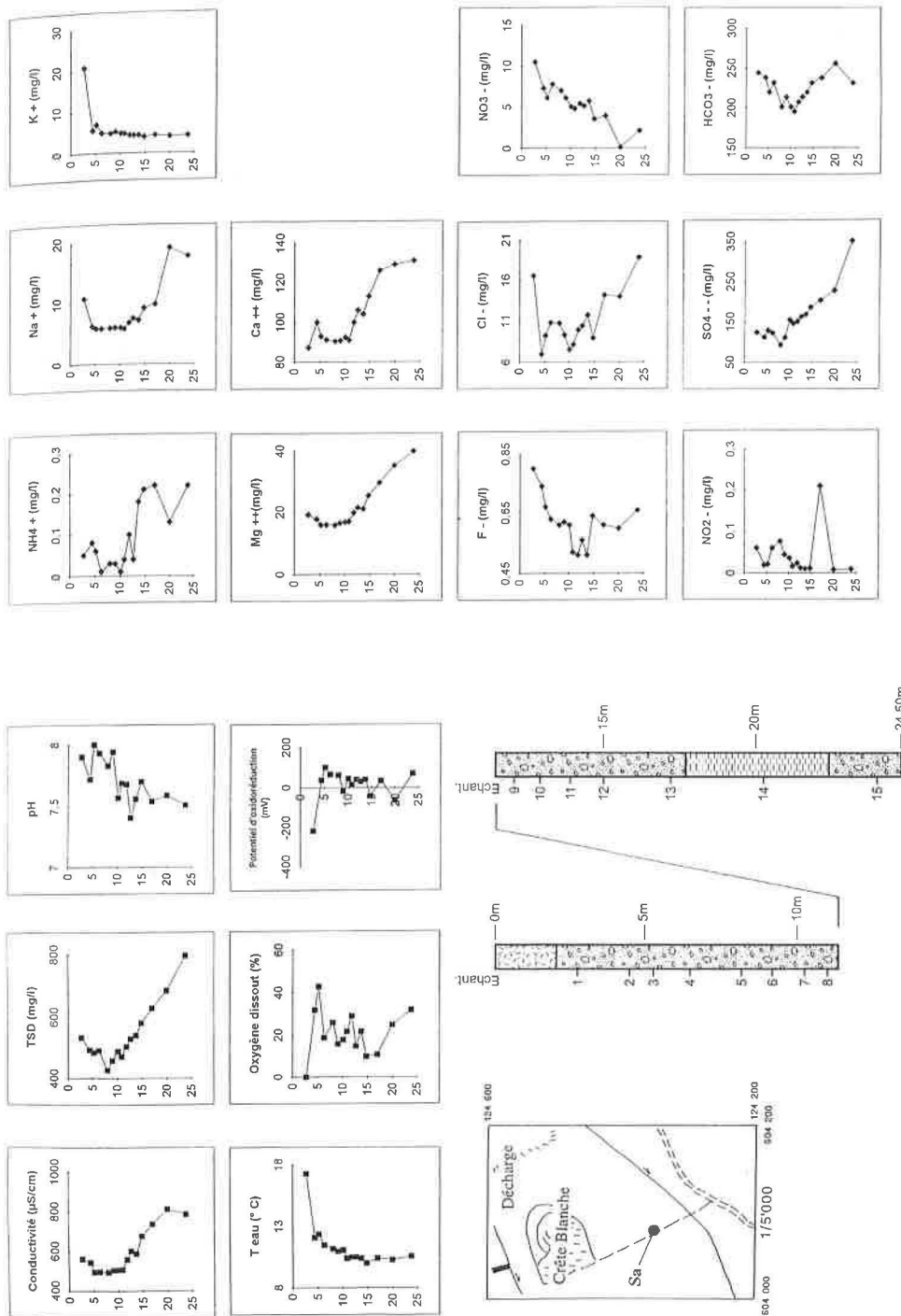


Fig. 8. Localisation, coupe lithologique et profils verticaux des paramètres physico-chimiques et des teneurs mesurées en novembre 1991 dans le sondage Sa (EBENER, 1994).

Seules les courbes des paramètres physiques mesurés *in situ* et des teneurs en éléments majeurs sont reproduites et discutées (Fig. 8).

Ces courbes nous permettent de bien visualiser la stratification chimique que l'on retrouve à cet endroit dans la nappe phréatique.

L'analyse visuelle et statistique effectuée sur ces données permettent de distinguer:

- trois types de répartition verticale:
 1. décroissance avec la profondeur (pH, température, K^+ , NO_3^-),
 2. croissance avec la profondeur (conductivité, TSD, NH_4^+ , Mg^{++} , Ca^{++} , SO_4^{--}),
 3. pic en surface et en profondeur (Na^+ , F^- , Cl^-).

Les autres données ne font, quant à elles, ressortir aucune de ces trois tendances (oxygène dissous, potentiel d'oxydoréduction, NO_2^- , HCO_3^-).

- trois niveaux physico-chimiques au sein de la nappe:
 1. un premier niveau en surface (échantillon 1),
 2. un deuxième au milieu (échantillons 2 à 11),
 3. un dernier en profondeur (échantillons 12 à 15).
- deux associations chimiques principales:
 1. Na^+ , Mg^{++} , SO_4^{--} , Ca^{++} , F^- , HCO_3^- , Cl^- ,
 2. K^+ , NO_3^- , NO_2^- ,
 l'ammonium étant quant à lui bien différencié de ces deux associations.

On constate donc une différenciation chimique verticale assez marquée suivant le paramètre physique mesuré ou l'élément analysé. A partir de ces observations et en relation avec l'environnement naturel et anthropique du site d'échantillonnage il est possible d'émettre des hypothèses concernant les sources probables en éléments:

- en surface tout d'abord (échantillons 1 à 3) les teneurs élevées en potassium, en chlore, en fluor et éventuellement en sodium seraient à mettre en relation avec la présence des deux décharges. La teneur en NO_3^- trouverait sa source dans les exploitations agricoles de la région;
- en profondeur ensuite (échantillons 12 à 15), les fortes teneurs en Mg^{++} , Ca^{++} , Na^+ , SO_4^{--} , HCO_3^- et Cl^- seraient à mettre en relation avec des sources naturelles traversées par les eaux de la nappe. Ces sources pourraient être représentées par une masse importante de calcaire ($CaCO_3$) parfois dolomitique ($CaMg[CO_3]_2$), de gypse ($CaSO_4.H_2O$) éventuellement associé avec de la halite ($NaCl$). L'apport d'eau riche en sels dissous depuis le versant nord de la vallée (Fig. 7a) pourrait confirmer cette hypothèse.

Nous aurions donc à faire, à cet endroit, à une superposition entre deux types d'apport principaux, à savoir:

- un apport de type local et anthropique, concernant des éléments provenant des deux décharges et de l'agriculture,

- un apport de type régional lié à des éléments d'origine probablement naturelle depuis la rive droite du Rhône.

Cette interprétation devrait encore être confirmée par d'autres mesures hydrogéologiques différenciées verticalement (mesure de potentiel et perméabilité). Des mesures de ce type ont déjà été réalisées dans la plaine du Rhône (BOUZELBOUDJEN, 1991).

SYNTHÈSE

L'ensemble des informations récoltées à la hauteur de Pramont nous conduisent à l'établissement d'un schéma de fonctionnement regroupant les éléments suivants (Fig. 9):

- la topographie de la région de Pramont dont les morphologies les plus importantes, au niveau des écoulements, sont les deux décharges, les crêtes de l'éboulement de Sierre, le versant Nord et le tracé du Rhône;
- la géologie de faible profondeur avec les dépôts fluviaux du Rhône qui forment l'aquifère étudié;
- les résultats du bilan hydrologique annuel établi pour la région de Pramont;
- le tracé du réseau hydrographique comprenant le Rhône, un petit canal en rive gauche et quelques petits torrents et un canal en rive droite;

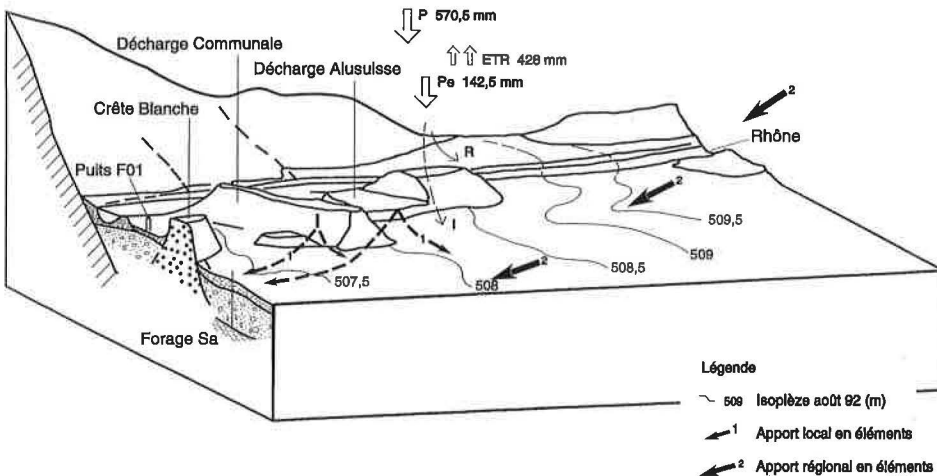


FIG. 9.

Schéma de synthèse des éléments hydrogéologiques et localisation des écoulements probables à la hauteur de Pramont. P: précipitations, Pe: précipitations efficaces, ETR: évapotranspiration, R: ruissellement.

- les isopièzes du niveau de la nappe pour août 1992 (hautes eaux).
- le puits de pompage des serres de Pramont (F01) dont l'activité est à l'origine d'un rabattement important de la nappe;
- le forage Sa dans lequel ont été mis en évidence des variations verticales de concentration en éléments au sein de l'aquifère étudié.

A cette échelle, malgré la quantité importante de données récoltées, la densité d'information reste encore faible.

L'étude des données hydrogéologiques nous a toutefois permis d'amener quelques précisions concernant l'aquifère constitué par les dépôts fluviaux du Rhône. Cet aquifère est le support d'un système passant sous le Rhône à la hauteur de Pramont. L'extension verticale de cet aquifère n'est pas connue avec précision. Le matériel de l'éboulement de Sierre pourrait jouer le rôle d'aquitard. Latéralement par contre, on remarque que cet aquifère est assez continu. La direction générale d'écoulement suit un axe Nord-Est/Sud-Ouest. Ce système régional est fortement influencé par le réseau hydrographique (Rhône et canaux). Les formations plaquées sur le versant nord de la vallée participent à son alimentation.

L'étude des données hydrochimiques à l'aide du schéma d'écoulement des eaux souterraines nous renseigne sur l'influence des deux décharges de Pramont.

La physico-chimie des eaux de la nappe se trouve modifiée lors de son passage dans la région des deux décharges, influence traduite essentiellement par un apport en sels dissous. Il est cependant difficile de différencier l'impact des deux décharges. En effet, la complexité hydrodynamique et hydrochimique rencontrée dans cette zone, et l'absence de données pertinentes, rendent toute interprétation délicate. Qualitativement, il est possible de rattacher certains éléments chimiques à la décharge d'Aluisse en se basant sur les types de déchets entreposés.

La démarche suivie dans le cadre de cette recherche a permis l'élaboration d'un premier schéma de synthèse de l'environnement de la nappe. Il s'agit d'un élément important pour la compréhension du système hydrogéologique rencontré à la hauteur de Pramont. Pour le confirmer et le compléter, un certain nombre d'investigations supplémentaires seraient à prévoir.

Une meilleure connaissance de la géométrie en profondeur du matériel de l'éboulement de Sierre est nécessaire, cette dernière étant un élément important influençant l'écoulement des eaux de la nappe. Un forage traversant complètement une des crêtes située dans la vallée pourrait certainement fournir de précieuses informations à ce sujet (comportement hydraulique des matériaux, substratum de la crête, ...).

La mise en place d'un réseau de piézomètres multiples (données hydrogéologiques différenciées verticalement) permettrait, entre autres, de confirmer la nature des apports en éléments chimiques mis en évidence.

REMERCIEMENTS

Cette étude a bénéficié du soutien du CREALP (Centre de Recherches sur l'Environnement Alpin), représenté par M. J.-D. ROUILLER et du Service de la protection de l'environnement de l'Etat du Valais, représenté par M. F. VEUTHEY. Nous tenons à remercier l'entreprise Alusuisse et la Commune de Sierre pour leur collaboration ainsi que MM. HAGIN, LUTZ, BERTHOD et CLAVIEN pour leur aide lors de la collecte des données et M. METZGER pour l'élaboration des figures.

RÉSUMÉ

Le but de cette présente publication est d'apporter une contribution à la connaissance d'une partie du système alluvial de la plaine du Rhône placée sous l'influence de deux décharges. L'environnement hydrogéologique de cette zone est décrit sur la base d'informations topographiques, géologiques, climatiques et hydrologiques permettant une approche en trois dimensions.

Cette analyse confirme la complexité des écoulements souterrains de l'aquifère entre Sierre et Granges. La grande variété des sources en éléments naturels ou anthropogènes sont à l'origine de l'hétérogénéité 3D de la qualité de l'eau rencontrée dans cet aquifère.

Mots-clés: complexes alluviaux, systèmes d'écoulement souterrain, décharges, Rhône, Suisse, Valais.

BIBLIOGRAPHIE

- BERTHOD, C. 1988. *Rapport technique pour RN9*. Commune de Sierre. Pièce n° 3.P5.50.20.887.
- BESSON, O., R. MARCHANT, A. PUGIN, J.-D. ROUILLER. 1993. Campagne de sismique-réflexion dans la vallée du Rhône entre Sion et St-Maurice: perspectives d'exploration géothermique des dépôts torrentiels sous-glaciaires, *Bull. Centre hydrogéol. Uni. Neuchâtel*, 12: 39-58.
- BOUZELBOUDJEN, M. 1991. 3-D Modelling of the Rhône Aquifer at Visp (Valais, Switzerland). *Bull. Centre d'Hydrogéol. de Neuchâtel* 10: 83-90.
- BOUZELBOUDJEN, M. 1993. *Cartographie hydrogéologique et systèmes d'écoulement souterrain*. Centre Hydrogéol. de Neuchâtel, Service Hydrol. et Géol. Nat., Berne, rapport inédit, 24 pp.
- BURRI, M. 1955. La géologie du Quaternaire aux environs de Sierre. *Bull. Lab. Géol. Minéralo. Géophys. et du Musée de Géol. de l'Univ. de Lausanne* 114, 14 pp.
- BURRI, M. 1958. La zone Sion-Courmayeur au nord du Rhône. Tiré à part de: *Mat. pour la carte géologique de la Suisse*. Nouv. série, 105^e livraison, Berne, 45 pp.
- CASTANY, G. 1982. *Principes et méthodes de l'hydrogéologie*. Dunod/Paris, 235 pp.
- CLAVIEN, 1984. Relevés mensuels pour l'année 1984, palier 1 et 2. Effectué pour Hydro-Rhône par le Bureau Clavien, Sion.
- CLAVIEN, 1985. Relevé du niveau de la nappe pour le palier 1 et 2, juillet et décembre 1985. Effectué pour Hydro-Rhône par le Bureau Clavien, Sion.
- C.S.D. 1981. Deponie Pramont, Chippis; Hydrogeologischer Zwischenbericht II. Rapport Be 1109 A; Ziebefeld/Bern.
- EBENER, S. 1994. *Etude hydrogéologique de la plaine du Rhône à Pramont (Valais), approche tridimensionnelle*. Trav. dipl. ès Sc. Terre, Univ. Genève, inédit.

- GEOVAL, avril 1983. Etude géologique préliminaire, palier 1 et 2 de l'étude Hydro-Rhône. Volume Géo 1/2 et 2/2, Sion.
- GEOVAL, décembre 1983. Etude géologique préliminaire, paliers 1 et 2 de l'étude Hydro-Rhône. Rapport VS 1500, Sion.
- GEOVAL, 1986. Etude hydrogéologique, rapport après 3 ans d'études, paliers 1 et 2 de l'étude Hydro-Rhône. Volumes Géo 1/3 et 2/3, Sion.
- GERLACH, H. 1883. Die Penninischen Alpen. *Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz* 27, Bern: 38-44.
- HAUDE, W. 1954. Zur praktischen Bestimmung der aktuellen und potentiellen Evaporation und Evapotranspiration. *Mitteilungen des Deutschen Wetterdienstes*, Bad Kissingen: 22 pp.
- ISM 1978-1991: Valeurs journalières des précipitations enregistrées aux stations météorologiques et pluviométriques suisses, Zurich.
- LUGEON, M. 1910. Carte géologique des hautes alpes calcaires entre la Lizerne et la Kander au 1/50 000. Commission géologique Suisse, Nouvelle série, livr. XXX, *carte spéciale* n° 60.
- LUGEON, M. 1918. Les Hautes Alpes Calcaires entre la Lizerne et la Kander. *Matériaux pour la carte géologique de la Suisse*, No XXX, Berne: 335-336.
- MARGAT, J. 1987. *Initiation à la dynamique des eaux souterraines*. Conférence au CEFIGRE, BRGM, 1987, SGN 511 eau.
- MORNOD, L. 1974. Résultats et conclusions d'une étude approfondie en vue de la détermination d'un périmètre de protection, au sens de l'article 31 de la loi du 8.10.1971 sur la protection des eaux, dans la région de Sierre-Chippis avec 20 annexes. Pour le Service cantonal de la protection de l'environnement, Sion.
- NUSSBAUM, R. 1942. Die Bergsturzlandschaft von Siders im Wallis. *Actes S.H.S.N.*, 122^e session, Sion: 176-177.
- OFFICE FÉDÉRAL DE TOPOGRAPHIE 1992: Photos aériennes, région de Sierre, Photos N^{os} LK 273 NW/NE, 24, 823 à 827, Wabern.
- PUGIN, A., R. MARCHANT, O. BESSON, & G. STAMPFLI. Seismic modeling of lines Martigny and Vetroz. In Pfiffner, O.A. and others (ed.): Results of NRP20. Birkhäuser Verlag, Basel, pp. 272-275. Service topographique fédéral 1965: *Atlas de la Suisse*. Publié à la demande du Conseil fédéral, Wabern, Berne.
- TOTH, J. 1966. Mapping and interpretation of field phenomena for groundwater reconnaissance in a prairie environment, Alberta, Canada. *Bull. Int. Assoc. Sci. Hydrology* 9: 20-68.
- TOTH, J. 1970. A conceptual model of the groundwater regime and the hydrogeologic environment. *Jour. of Hydrology* 10: 164-176.