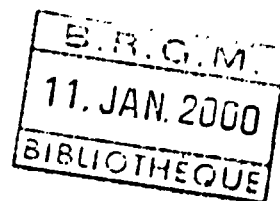




CONSEIL GENERAL DE LA HAUTE-SAVOIE



synthèse hydrogéologique du département de la Haute-Savoie

P. CROCHET
C. DUBAR

Mars 1993
R 37005 RHA 4S 93

BRGM
AGENCE RHÔNE-ALPES
29 , boulevard du 11 Novembre 1918 - 69604 Villeurbanne cedex, France
Tél.: (33) 78.89.72.02 - Télécopieur : (33) 78.94.12.64

TABLE DES MATIERES

1. CADRE DE L'ETUDE	1
2. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	3
2.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE.....	3
2.2 CONTEXTE GEOLOGIQUE.....	3
2.3 CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE	4
2.4 BIBLIOGRAPHIE.....	4
3. ETAT DES CONNAISSANCES	5
3.1 RAPPEL DE L'OBJECTIF	5
3.2 PROBLEME DES AQUIFERES SUPERPOSES.....	5
3.3 LES POINTS D'EAU DU DEPARTEMENT DE LA HAUTE-SAVOIE.....	5
3.2.1 Dénombrement par variable	5
3.2.2 Connaissances sur l'hydrogéologie.....	6
3.2.3 Etat des connaissances sur les caractéristiques chimiques des points d'eau.....	7
3.2.4 Cartes chimiques générales.....	8
4. LES AQUIFERES POREUX.....	10
4.1 LE BAS-CHABLAIS.....	10
4.2 L'AVANT-PAYS MOLASSIQUE	13
4.3 LES GRANDES VALLEES	15
5. LES AQUIFERES KARSTIQUES	18
5.1 LE CHABLAIS	18
5.1.1 La montagne de Meillerie.....	18
5.1.2 La montagne de Mémise.....	18
5.1.3 Le synclinal de Chevenoz.....	19
5.1.4 La montagne de la Dent d'Oche	20
5.1.5 Unité de Morzine	20
5.1.6 Unité de St Jeoire.....	21
5.2 CHAINE DU SALEVE	23
5.3 LE MONT DU VUACHE.....	23
5.4 LE MASSIF DES BAUGES.....	24
5.4.1 Le massif du Semnoz	24
5.4.2 Le synclinal d'Entrevernes	25
5.5 LE MASSIF DU GROS FOUG	26
5.6 LE MASSIF DES BORNES	26
6. LES AQUIFERES FISSURES.....	27
6.1 LE MASSIF DES AIGUILLES ROUGES	27
6.2 LE MASSIF DU MONT BLANC.....	27
6.3 LE MASSIF DES VOIRONS	28
6.4 LE MASSIF DU CHERY	28
6.5 LE MASSIF DES GRANDS VANS	28
7. CONCLUSION GENERALE	30
Ressources en eau en milieu poreux.....	30
Ressources en eau en milieu karstique	30
Ressources en eau en milieu fissuré.....	30

Liste des figures

- Fig. 1 : Plan de situation.
- Fig. 2 : Schéma des unités géologiques.
- Fig. 3 : Carte géologique simplifiée.
- Fig. 4 : Les grandes unités hydrogéologiques.
- Fig. 5 : Localisation des points d'eau.
- Fig. 6 : Localisation des points d'eau destinés à l'alimentation en eau potable.
- Fig. 7 : Pourcentage de points d'eau non renseignés par rubrique.
- Fig. 8 : ACP : projection des variables dans le plan F1-F2.
- Fig. 8' : ACP : projection des variables dans le plan F2-F3.
- Fig. 9 : ACP : projection des individus dans le plan F1-F2.
- Fig. 10 : ACP : projection des individus représentatifs du karst dans le plan F1-F2.
- Fig. 11 : ACP : projection des individus représentatifs de la molasse dans le plan F1-F2.
- Fig. 12 : ACP : projection des individus représentatifs des alluvions dans le plan F1-F2.
- Fig. 13 : ACP : projection des individus représentatifs de la moraine dans le plan F1-F2.
- Fig. 15 : Conductivité des eaux.
- Fig. 16 : Carte des teneurs en chlorures des eaux.
- Fig. 17 : Carte des teneurs en sulfates des eaux.
- Fig. 18 : Carte des débits naturels et exploités.

Annexes

Annexe 1 : Dénombrements

Annexe 2 : Tableaux de résultats de l'analyse en composantes principales

1. CADRE DE L'ETUDE

La gestion des ressources en eau prend une importance grandissante dans le développement économique. Dans le contexte de sécheresse qu'a connu la France ces dernières années, les eaux souterraines constituent un capital essentiel car beaucoup moins dépendant des aléas climatiques que les eaux de surface. Il est donc essentiel de bien connaître cette ressource afin de l'exploiter au mieux.

C'est dans cet esprit que le Conseil Général de la Haute-Savoie a demandé au BRGM de dresser un état des connaissances sur les ressources en eau souterraine du département.

Cette synthèse comprend le développement d'un outil d'aide à la décision (chaîne de logiciels GESSIG, GESANA, GESBIB, GESAQU, GESCOM, GESBAV) mis à la disposition du Service d'Hydraulique du Conseil Général. Celui-ci permet la consultation et le traitement de toutes les informations disponibles concernant les eaux souterraines. Ces informations sont stockées dans différentes bases de données thématiques actualisables. Ces bases de données, au nombre de 8, sont au format dBase. Le tableau ci-dessous rappelle leur nom et leur contenu.

Nom	Contenu
BASSIG.DBF	informations concernant les points d'eau
BASANA.DBF	analyses chimiques concernant les points d'eau
BASSEQ.DBF	mesures séquentielles de piézométrie et de débit
BASBIB.DBF	références bibliographiques concernant les points d'eau, les aquifères ...
BASAQU.DBF	informations concernant les entités aquifères
BASCOM.DBF	informations générales sur les communes du département
BASBAV.DBF	informations générales sur les bassins versants du département
BASMET.DBF	informations générales concernant les stations météorologiques situées dans le département

L'objectif de cette chaîne informatique est de fournir aux utilisateurs des données qualitatives et quantitatives, présentées sous forme cartographique, sur les ressources en eaux souterraines exploitables afin de pouvoir définir les possibilités d'aménagement supplémentaires envisageables en fonction des besoins exprimés.

La réalisation de cet objectif passe par plusieurs étapes d'ampleur inégale :

1. rassemblement de l'ensemble des informations disponibles sur les points d'eau du département, critique des informations et renseignement des bases de données,
2. synthèse de l'ensemble des informations ponctuelles pour dresser un état des connaissances,
3. définition des unités aquifères,

4. caractérisation de la ressource de ces différents aquifères pour guider les décideurs dans leurs choix d'aménagement.

La première étape induit une large recherche et collecte d'informations souvent disséminées. La seconde étape relève principalement du traitement statistique des informations. La troisième et la quatrième étape sont délicates et leur succès dépend principalement de la quantité (et de la qualité) d'informations dont on dispose.

Ce rapport constitue une synthèse générale des connaissances sur l'hydrogéologie du département après le renseignement des bases de données. Il est organisé en 3 parties.

1. Présentation générale du département de la Haute-Savoie : localisation, contexte géologique général, contexte hydrogéologique.
2. Statistiques sur les informations contenues dans les bases de données.
3. Présentation des aquifères du département de la Haute-Savoie : les aquifères poreux, les aquifères karstiques, les aquifères fissurés.

2. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

2.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le département de la Haute-Savoie se situe au coeur des Alpes françaises. Il est frontalier avec la Suisse au nord et au nord-est et avec l'Italie au sud-est (fig. 1). C'est un département au relief contrasté qui est essentiellement composé de hauts reliefs dont le point culminant est le Mont Blanc (4807 mètres). Ces hauts reliefs sont séparés les uns des autres par des vallées glaciaires encaissées, partiellement comblées de matériaux détritiques morainiques, alluviaux ou fluvio-glaciaires.

2.2 CONTEXTE GEOLOGIQUE

Quatre unités correspondant à des entités géographiques et géologiques sont distinguées (fig. 2) :

- avant-pays molassique,
- préalpes médianes,
- chaînes subalpines nord : Bornes, Aravis, Haut Giffre, Bauges,
- massifs cristallins externes.

L'avant-pays molassique (fig. 3) est situé à l'ouest. Il constitue une vaste "plaine" au modelé doux et vallonné. Le substratum est constitué de molasse partiellement recouverte de terrains glaciaires (moraine). De vastes reliefs émergent de la plaine sous forme d'épines dorsales : ce sont les premiers plis jurassiens (Montagne du Vuache, Salève, Montagne du Gros Foug).

Au nord-est, frontalier avec la Suisse et plongeant directement au nord dans le lac Léman, se situe le Chablais, un des massifs des préalpes médianes (fig. 3). Il est constitué de quatre nappes de charriage qui se sont mises en place successivement au cours de l'ère tertiaire. Le relief est commandé par une série de plis à ossature calcaire, très serrés, voire déversés vers le nord-ouest.

La zone subalpine nord, orientée nord-est/sud-ouest borde au sud les deux unités précédemment définies. Elle est faite d'une série de massifs régulièrement alignés séparés les uns des autres par des vallées transversales appelées cluses. Du nord au sud, se situent les massifs du Haut Giffre, des Bornes, des Aravis et des Bauges. Leur relief est régi par deux barres calcaires qui forment l'ossature de tous les reliefs : les calcaires tithoniques et urgoniens. Leur structure est celle d'un faisceau de plis, parallèles entre eux et déversés vers le nord-ouest. Ces massifs ont été édifiés lors d'une phase tectonique récente d'âge néogène(fin du Tertiaire).

Les massifs cristallins externes sont du nord au sud, les Aiguilles Rouges et le massif du Mont Blanc. Leur fracturation se fait selon des accidents plus ou moins verticaux ou selon de grandes failles chevauchantes délimitant des écaillés à déversement nord-ouest. Ils sont constitués de granite et de schistes cristallins très anciens ainsi que de gneiss.

La Haute-Savoie est donc un département géologiquement très contrasté. Les formations qui la composent sont de nature très hétérogène (granite, molasse, calcaire ...) et de structure complexe (plis, failles, charriages ...).

2.3 CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

Les grandes unités géologiques précédemment décrites permettent d'individualiser trois grands types de réservoir aquifère (fig. 4) :

- les aquifères karstiques localisés dans les reliefs calcaires du Chablais, des Bornes, des Bauges, du Salève, du Vuache ... ; les nombreux accidents tectoniques qui affectent ces massifs conduisent à l'individualisation de systèmes aquifères d'extension géographique variable ;
- les aquifères fissurés localisés principalement au sein des massifs cristallins du Mont Blanc et des Aiguilles Rouges mais auxquels on peut associer le Chery, les Voirons, les Grands Vans ;
- les aquifères poreux localisés dans les passées graveleuses des moraines (bassins de Seyssel, de Rumilly, de Vinzier, molassique subalpin ...) dans les éboulis de pente (Entrevernes ...), certains cours d'eau au débouché du lac Léman et du lac d'Annecy, dans les alluvions de fond de vallées (Arve, Giffre, Rumilly, Doussard ...)

2.4 BIBLIOGRAPHIE

Les ouvrages disponibles sur la géologie et l'hydrogéologie de la Haute-Savoie ont des origines variées : Conseil Général, Universités, bureaux d'étude

L'ensemble des références bibliographiques sont stockées dans la base de données BASBIB.DBF et sont consultables à partir du logiciel GESBIB (GESTion des références BIBliographiques).

3. ETAT DES CONNAISSANCES

3.1 RAPPEL DE L'OBJECTIF

Pour déterminer les limites d'extension des systèmes aquifères, trois critères ont été considérés :

- détermination des formations aquifères ou susceptibles de l'être (par examen des cartes géologiques et des connaissances sur les points d'eau implantés dans les différentes formations),
- approche structurale globale de ces formations pour déterminer la géométrie du système,
- cartographie des systèmes.

3.2 PROBLEME DES AQUIFERES SUPERPOSES

Il est fréquent que deux systèmes aquifères soient superposés. Par exemple, dans certains cas des alluvions de fond de vallée recouvrent des aquifères karstifiés. Par ailleurs, les alluvions peuvent elles-mêmes constituer des aquifères multicouches.

Il a donc été décidé de cartographier :

- d'une part les formations superficielles au sein desquelles les aquifères monocouches (qu'ils soient libre ou captifs) sont différenciés,
- d'autre part, les aquifères profonds (karstiques ou fissurés).

3.3 LES POINTS D'EAU DU DEPARTEMENT DE LA HAUTE-SAVOIE

Deux mille huit cent quatre vingt deux points d'eau ont été jusqu'à présent recensés dans le département de la Haute-Savoie. Ceux-ci sont majoritairement localisés dans la partie ouest du département comme le montre la figure 5.

Un dénombrement sur les principales rubriques de la base de données des points d'eau a été réalisé. Les principaux enseignements que l'on peut en déduire vont être exposés. Les tableaux de résultats sont consultables en annexe 1.

3.2.1 Dénombrement par variable

a) Nature du point

Les points d'eau du département de la Haute-Savoie sont essentiellement représentés par des sources (70 %), les forages et puits correspondant à 27 % des points. Les prises d'eau dans les cours d'eau et les lacs

représentent 0,4 % des points d'eau. La moitié d'entre elles sont localisées dans le lac d'Annecy. Soulignons que le nombre de cavités naturelles recensées (une soixantaine) n'est qu'indicatif puisqu'il en existerait plus de 3000.

b) Objet de la réalisation de l'ouvrage

La moitié des points d'eau ne sont pas renseignés. En ce qui concerne ceux qui le sont, 82 % d'entre eux ont été réalisés pour l'alimentation en eau potable des populations, 11 % pour la connaissance de la géologie et de l'hydrogéologie, 2 % pour la réalisation d'ouvrages d'art et 1 % pour la recherche d'hydrocarbures.

c) Type d'ouvrage

Les forages représentent 8 % des points d'eau, les forages horizontaux 1% , les sondages 14 %, les puits 1 %, les chambres de captage 45 % et les sources 25 % . Le pourcentage des points non renseignés s'élève à 2 %.

d) Etat de l'ouvrage

Quatre-vingt quatorze pour-cent (94 %) des points d'eau ne sont pas renseignés, 2 % sont déclarés en cours d'exploitation, 1,7 % sont abandonnés, 1,5 % ne sont pas exploités et 0,3 % sont rebouchés.

e) Usage de l'ouvrage

Cinquante six pour-cent (56%) des points d'eau ne sont pas renseignés, 40 % sont utilisés pour l'alimentation en eau potable, 2 % sont utilisés pour des mesures piézométriques.

f) Existence d'un périmètre de protection pour les points d'eau A.E.P.

Soixante neuf pour-cent (69 %) des points d'eau destinés à l'alimentation en eau potable ne sont pas renseignés, 24 % des périmètres de protection sont en place, 7 % sont en cours de détermination.

3.2.2 Connaissances sur l'hydrogéologie

a) Contexte hydrogéologique

Le contexte hydrogéologique des points d'eau n'est renseigné que pour 24 % d'entre eux. : 23 % dans les alluvions, 14 % dans les moraines, 10 % dans les karsts.

b) Type de l'aquifère principal

Le type de l'aquifère capté est déclaré pour 23 % des points d'eau : 80 % concernent un aquifère de type poreux, 12 % un aquifère de type karstique, 5 % un aquifère de type fissuré. Les 3 % restants caractérisent des aquifères mixtes.

c) Nature de l'aquifère principal

Vingt-deux pour-cent (22%) des points d'eau sont renseignés sur la nature de l'aquifère qu'ils captent : 62 % captent un aquifère libre, 26 % un aquifère captif, 12 % un aquifère semi-captif.

d) Conclusion

Il apparaît que de nombreux points d'eau ne sont pas renseignés (fig. 7). Seule leur présence peut constituer un critère d'appréciation quant à l'existence d'une formation aquifère dont on ne peut déterminer l'extension précise. En ce qui concerne les aquifères superposés, leur délimitation est encore plus délicate dans la mesure où aucun point ne signale une telle superposition.

Dans de telles conditions, l'analyse de la carte géologique, de la bibliographie, et de la répartition des points sont les seuls critères pour apprécier les limites des systèmes aquifères. Ceux-ci sont donc cartographiés de façon globale par grande unité hydrogéologique.

3.2.3 Etat des connaissances sur les caractéristiques chimiques des points d'eau

Une ou plusieurs analyses chimiques ont été réalisées sur environ le tiers des points d'eau.

L'ensemble des résultats d'analyses est issu de la DDASS soit au total 3034 analyses.

Disposant d'un nombre important d'informations, l'analyse factorielle en composantes principales a été utilisée pour tenter de mettre en évidence une typologie des points d'eau. Une composante principale peut être considérée comme la représentante d'un groupe de variables liées entre elles. Soulignons que la ressemblance entre deux individus est estimée par la distance entre ces deux individus, la liaison entre deux variables est mesurée par le coefficient de corrélation. Les tableaux résultats de l'ACP réalisée sont donnés en annexe 2.

L'ensemble des analyses chimiques n'a pas été pris en compte, seules ont été considérées les plus complètes ; nous avons donc retenu 220 individus et 14 variables ;

a) Projection des variables dans les plans F1-F2 et F2-F3

L'abscisse et l'ordonnée d'un point représentatif d'une variable correspondent aux coefficients de corrélation de cette variable avec les composantes principales. Les positions des points par rapport au cercle de corrélation 1 indiquent donc, par leur éloignement ou leur proximité, la liaison entre les variables.

La première composante (F1) est définie par la conductivité (COND), les bicarbonates, le calcium, le magnésium, la silice, le sodium, le potassium alors que la seconde composante (F2) est liée à l'ammonium, au fer, au manganèse (fig. 8). La troisième composante (F3) est corrélée négativement aux sulfates (fig 8').

b) Projection des individus dans le plan F1-F2

Nous examinerons ici le résultat de la projection des échantillons, vecteur de l'espace à 14 dimensions, sur le plan factoriel engendré par les deux vecteurs propres associés aux deux plus grandes valeurs propres dégagées de l'analyse : les composantes principales F1-F2.

La représentation des individus dans le plan principal F1-F2, qui explique 55,5 % de la variance totale, montre que les échantillons se répartissent le long de l'axe F1 (fig. 9).

Pour comprendre la répartition des échantillons, nous avons reporté séparément les points en fonction du contexte hydrogéologique déclaré dans la base des points d'eau. Au sein de ces sous-ensembles, l'appartenance du point aux différentes unités hydrogéologiques a été distinguée en indiquant le numéro de classement des points.

Karst

L'ensemble des points est corrélé négativement à l'axe F1 et se différencie nettement du reste des individus (fig. 10). Les eaux présentent donc globalement une faible minéralisation. Dans un ordre croissant de minéralisation, on trouve les eaux du Salève et des Bornes, le Semnoz, le Foug.

Si l'on examine dans le détail la répartition des points localisés dans le Salève, on observe une minéralisation croissante du nord au sud du massif (depuis la commune du Sappey (259-XXX) jusqu'à celle de Balme de Sillingy (026-XXX), en passant par celle de Cruseilles (086-XXX).

Molasse - Eboulis + molasse - Fluvio-molasse

Les points représentatifs des eaux prélevées dans ces formations se situent globalement à l'opposé des points d'eau représentatifs du karst (fig. 11). Elle sont globalement riches en bicarbonates, calcium, silice, sodium, magnésium, chlorures et pauvre en fer, manganèse, ammonium.

Alluvions

Les points représentatifs des eaux prélevées dans les alluvions s'alignent le long de l'axe F1 avec une tendance vers le quart sud-est du plan F1-F2 (fig. 12).

Les eaux les moins minéralisées correspondent aux points d'eau situés en bordure de massifs karstiques (points sur les communes de Viuz la Chiesaz (310-XXX), Cusy (097-XXX), St Eustache (232-XXX), Balme de Sillingy (026-XXX)).

Les points les plus chargés sont localisés dans le nord du département sur les communes de Douvaine (105-XXX), Publier (218-XXX), Pérignier (210-XXX) ainsi que dans le bassin de Rumilly-Annecy sur les communes de Vaulx (292-XXX), St Eusèbe (231-XXX), Val de Fier (274-XXX).

Moraine

Les points représentatifs des eaux prélevées dans les moraines peuvent être confondus avec ceux caractéristiques des alluvions.

3.2.4 Cartes chimiques générales

Quatre cartes ont été réalisées :

- carte des conductivités (fig. 14),
- carte des teneurs en chlorures (fig. 15),
- carte des teneurs en sulfates (fig. 16),
- carte des teneurs en nitrates (fig. 17).

Elles appellent les remarques suivantes :

- par ordre croissant de minéralisation, on trouve
 - les massifs cristallins (0 - 200 $\mu\text{S/cm}$),
 - les massifs calcaires (200 - 400 $\mu\text{S/cm}$),
 - les alluvions, les moraines, la molasse (400 - 600 $\mu\text{S/cm}$) ;

Très localement, les conductivités atteignent 600 voire 1000 $\mu\text{S/cm}$. La comparaison de la carte des conductivités avec celles des teneurs en chlorures, sulfates et nitrates montre que ces conductivités élevées sont principalement liées à de fortes teneurs en sulfates.

- les teneurs en chlorures sont toujours faibles hormis en quelques rares points ; les teneurs les plus élevées sont rencontrées principalement dans les bassins de Seyssel, Rumilly, molassique subalpin.
- les teneurs en chlorures sont inférieures à 10 mg/l sur la plus grande partie du département, les bassins de Seyssel et de Rumilly s'individualisent cependant par des teneurs généralement plus élevées (10 - 40 mg/l).

4. LES AQUIFERES POREUX

4.1 LE BAS-CHABLAIS

Le Bas-Chablais constitue la limite nord du massif du Chablais proprement dit, c'est à dire la plaine des berges du lac Léman.

La zone considérée commence au Nord d'Annemasse, se prolonge au NNE, où elle atteint son extension latérale maximale (14 km) entre Chens-sur-Léman et Bons-en-Chablais. Elle se poursuit ensuite à l'Est jusqu'à Maxilly-sur-Léman.

Les formations superficielles du Bas-Chablais sont constituées de dépôts des périodes glaciaires et interglaciaires du Quaternaire. Schématiquement, deux ensembles peuvent être distingués dans cette couverture :

- les dépôts sableux d'origine fluvio-glaciaire
- les formations plus ou moins argileuses d'origine morainique.

Ce matériel détritique, parfois cimenté, est très hétérogène, avec une granulométrie étalée. Les changements latéraux et verticaux de faciès sont rapides, les variations d'épaisseurs importantes.

La puissance de ces formations varie de 10 mètres (Douvaine, Cursinges) à plus de 250 mètres (sillon de Brécovens, dépression des Planbois).

Deux formations peuvent constituer le substratum régional :

- la molasse autochtone, représentée par des marnes plus ou moins argileuses et des grès; qui affleure au Mont de Boisy,
- le flysch parautochtone, formé de grès à passées micro-conglomératiques, visible à la colline des Allinges.

• *L'aquifère de Douvaine*

La commune de Douvaine se situe entre les berges du Léman et le Mont de Boisy, à une douzaine de kilomètres au nord-est d'Annemasse. La zone concernée s'étend au pied du versant nord-ouest du Mont de Boisy sur une superficie d'environ 8 km².

Un forage effectué en novembre 1983 pour l'alimentation en eau potable de la commune de Douvaine a fourni la coupe lithologique suivante :

Nature des formations	Epaisseur	Comportement hydrologique
argile	0,4 - 2,5 m	imperméable
galets, graviers, sables	2,5 - 8,0 m	aquifère poreux
argile	8,0 - 10,0 m	imperméable

D'autres sondages ont atteint la molasse. Son toit est constitué par des marnes imperméables qui se situent entre 20 m de profondeur au nord-ouest et 5 m au sud-est en direction du Mont de Boisy.

L'aquifère de Douvaine est généralement captif. Il se situe entre 1 et 3 mètres de profondeur. Son épaisseur varie entre 2 et 6 mètres. Les différentes études réalisées ont montré la nature très compartimentée de l'aquifère. Les sables et graviers exploités se présentent sous la forme de lentilles d'extension limitée.

La température des eaux varie entre 8 et 11°C. La conductivité est comprise entre 500 et 700 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Les teneurs en chlorures s'étalent entre 20 et 40 mg/l, celles en sulfates entre 20 et 45 mg/l.

Le débit exploité sur le forage des Grands Champs 2 est de 35 l/s.

• *Le plateau de Vinzier (nappe d'Evian)*

Le plateau de Vinzier est situé immédiatement au sud du lac Léman. Il est limité à l'ouest par la vallée de la Dranse, au sud et à l'est par les reliefs du massif du Chablais.

Le substratum de base est constitué par de la molasse. Elle est recouverte par des formations morainiques pouvant atteindre 400 m d'épaisseur. Ces formations sont de nature plus ou moins graveleuse selon leur origine (glaciaire ou interglaciaire).

Le réservoir de la nappe d'Evian est constitué par des terrains perméables graveleux. Ces niveaux aquifères conglomératiques ou sableux sont généralement compris entre deux épaisseurs d'argile à blocs morainiques d'où sont issues quelques sources (Les Lanches, Les Rosées, les Faverges ...) dont le débit est très variable (0,5 - 12 l/s).

La perméabilité de la nappe d'Evian est très variable : elle est élevée dans les axes des thalwegs fossiles et diminue latéralement. La perméabilité moyenne de la nappe est égale à 10^{-5} m/s.

La température des eaux est comprise entre 6 et 12 °C, leur conductivité entre 250 et 650 (le plus souvent autour de 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Les teneurs en chlorures sont généralement faibles (< 12 mg/l). Les teneurs en sulfates sont inférieures à 20 mg/l sauf en quelques points particuliers comme la prise d'eau du lac de la Léchère (40 mg/l). Les teneurs en nitrates sont faibles (< 10 mg/l).

• *L'aquifère de Thonon*

La ville côtière de Thonon-les-Bains est située en rive sud du lac Léman. Elle est implantée sur des terrains fluvio-glaciaires avec, à l'ouest, les formations alluviales du delta de la Dranse, et à l'est, des formations morainiques.

Le substratum est composé de molasse au nord et de flysch parautochtone au sud et est recouvert de 200 mètres environ de formations d'origine glaciaire. Celles-ci se présentent sous la forme d'une succession de terrains à perméabilité variable : argiles à blocs, moraines, silts, sables, graviers.

Sous la ville de Thonon, quatre aquifères superposés ont été identifiés :

Profondeur des niveaux aquifères	formations géologiques	niveau statique	observations
Entre 2 et 18,5 m	sable graviers	4,4 m	les terrasses de Thonon renferment les eaux minérales de la Versoie, nappe libre
Entre 23 et 32 m	sable	0,5 m	nappe captive
Entre 51 et 55 m	sable et graviers	20 m	moraine
Entre 67 et 93 m	sable fin, graviers	22,8 m	

Seul l'aquifère superficiel est généralement capté : le forage des Blaves qui alimente pour partie la ville de Thonon-les-Bains a un débit de 70 l/s.

Il existe de nombreuses sources dont le débit varie de 0,05 à 29 l/s (Voua de Lys). La température des eaux varie entre 8 et 12 °C, leur conductivité s'étale entre 300 et 600 µS/cm. La teneur en chlorures est faible (< 10 mg/l), celle en sulfates très variable (10 -35 mg/l) de même que la teneur en nitrates (10 - 30 mg/l).

• Le delta de la Dranse

Le delta de la Dranse est situé immédiatement au nord de Thonon les Bains. Il est bordé en rive gauche par les terrasses de Thonon qui descendent en escalier du nord au sud. Le delta apparaît comme la dernière et la plus basse de ces marches.

L'aquifère du delta de la Dranse se situe dans des alluvions graveleuses épaisses de 80 m qui reposent sur la molasse. Il existe plusieurs nappes superposées : la nappe superficielle largement exploitée (21500 m³/j) et la nappe profonde, protégée par 40 mètres de moraines.

Les moraines sont aquifère (présence de sources) mais les débits y sont faibles (1 l/s). Le débit dans les alluvions atteint 40 l/s au Domaine des Ripailles.

La température des eaux varie entre 2 et 12,5°C. Les eaux sont fortement minéralisées (conductivité comprise entre 500 et 770 µS/cm). Les teneurs en chlorures sont inférieures à 10 mg/l sauf sur le forage de Domaine des Ripailles. Les teneurs en sulfates sont globalement élevées (20 -110 mg/l). Les teneurs en nitrates sont hétérogènes, faibles dans les sources (3 - 4 mg/l), élevées dans les eaux des forages (10 - 30 mg/l).

• *L'aquifère de Draillant*

La commune de Draillant se situe à une dizaine de kilomètres au sud de Thonon-les-bains, au pied des premiers reliefs du Chablais.

Les formations fluvio-glaciaires de Draillant recèlent deux nappes aquifères principales :

- dans le fluvio-glaciaire, on trouve des nappes libres d'extension limitée dont la surface piézométrique se situe à quelques mètres de profondeur et dont l'épaisseur n'excède pas 10 m,
- dans les formations morainiques, se trouve un important dépôt de moraines graveleuses (à partir de Maigny en direction de Perrignier) recouvert par une dizaine de mètres d'argiles. La coupe réalisée sur le puits de Draillant indique une épaisseur aquifère de plus de 30 mètres.

Les débits de l'aquifère de Draillant vont de 5 à 20 l/s. La température varie de 7 à 12 °C. Les teneurs en chlorures sont faibles (4 - 11 mg/l) de même que celles en nitrates (0,5 - 7 mg/l). Les teneurs en sulfates sont très variables et s'étalent de 0 à 600 mg/l (210-005).

4.2 L'AVANT-PAYS MOLASSIQUE

L'avant-pays molassique occupe toute la partie ouest du département. Il s'agit d'une zone au relief vallonné, d'altitude modeste (500 à 900 mètres). Trois épines dorsales interrompent cette monotonie : ce sont les montagnes de Vuache, du Gros Foug ainsi que la chaîne salévienne. Il est limité au sud-est par les massifs des Bauges, au sud du lac d'Annecy, et par les Bornes au nord du lac. Son extrémité septentrionale correspond à la retombée sud du massif du Chablais.

La région se caractérise par une formation sédimentaire épaisse, hétérogène, composée d'une part de matériaux grossiers (grès, conglomérats plus ou moins consolidés) et d'autre part de matériaux fins (silt, argile). Elle comble les bassins de Seyssel, Rumilly, Annecy ainsi que celui compris entre le Vuache et la chaîne salévienne. Les diverses glaciations du quaternaire ont permis un recouvrement partiel par des terrains morainiques.

• *Le bassin de Seyssel*

Le bassin de Seyssel se situe à l'extrémité ouest du département. C'est un synclinal molassique dont l'axe correspond approximativement au cours du Rhône. Il est large dans sa partie septentrionale où ses limites sont la montagne du Grand Colombier (Ain) à l'est et le Vuache à l'ouest. Il est étroit dans sa partie méridionale, entre le Gros Foug et le Grand Colombier.

La molasse constitue le substratum. Elle est partiellement recouverte de produits détritiques (moraines, alluvions, limons) qui se trouvent principalement accumulés entre les croupes molassiques qui composent le paysage. Ces dépôts sont très hétérogènes tant verticalement qu'horizontalement. Leur extension géographique est limitée.

Les accumulations graveleuses locales peuvent être aquifères. Le contexte hydrogéologique des points d'eau est généralement constitué d'une association d'éboulis et de molasse. Le forage réalisé sur la commune de Chaumont montre qu'il s'agit d'aquifères de faible ampleur (3 à 7 mètres d'épaisseur). Les débits sont généralement très faibles : de 0,03 l/s à 0,7 l/s.

Les températures varient entre 8 et 14°C, la conductivité entre 350 et 600 $\mu\text{S/cm}$ (généralement elle voisine 500 $\mu\text{S/cm}$). Les teneurs en chlorures sont faibles (< 15 mg/l) de même que celles en nitrates (< 10 mg/l). Les teneurs en sulfates sont très variables : 2 - 40 mg/l.

• **Le bassin de Rumilly**

Le bassin de Rumilly est situé entre le front chevauchant des Bauges à l'est et le chaînon calcaire jurassien du Gros Foug à l'ouest.

Il s'agit d'un vaste synclinal molassique à flancs peu relevés. Son axe nord-sud est décalé à l'ouest vers les Gros Foug. Le synclinal a été recouvert plusieurs fois par un vaste glacier de piedmont. Ces glaciers ont raboté la molasse modérément et l'ont couverte d'un manteau morainique assez uniforme. Une campagne de géophysique a décelé, dans les moraines, un sillon creusé par un torrent sous-glaciaire. Ce sillon aurait un axe nord-sud, passerait sous les étangs de Salagine puis s'étalerait latéralement au sud. Il a été retrouvé dans la vallée de la Deysse, encore plus au sud sous une dizaine de mètres de recouvrement argileux.

La moraine peut receler de petites nappes aquifères dans ses passées graveleuses. Ces nappes sont alimentées par les eaux pluviales. Elles sont généralement proches de la surface du sol et sont donc vulnérables. Les débits captés sont faibles (< 0,6 l/s sauf au 283-004 2,5 l/s). La température varie de 9 à 13 °C. La conductivité est comprise entre 300 et 500 $\mu\text{S/cm}$. Les teneurs en chlorures des eaux varient entre 0,9 et 10 mg/l, celles en sulfates entre 7 et 16 mg/l, celles en nitrates entre 1,5 et 20 (283-001) mg/l.

• **Le bassin entre Vuache et Salève**

Ce bassin molassique, situé au sud de Genève, est frontalier avec la Suisse. Il constitue la prolongement méridional du bassin de Genève et est limité au sud par un grand accident (faille du Vuache).

La principale structure visible est un vaste anticlinal d'axe NNE-SSW de la molasse qui remonte à la hauteur de Jonzier-Epagny, La Motte (montagne du Sion).

Du sommet à la base; on observe les formations suivantes :

Nature des formations	Epaisseur
plaquages de moraine graveleuse	0 - 15 m
moraines argileuses	qq. mètres
sables verts ou jaunes	0 à qq. mètres
substratum molassique	

Cette série est rarement complète, la molasse étant souvent affleurante ou subaffleurante.

Deux horizons sont susceptibles d'être aquifères :

- les plaquages de moraine graveleuse,
- les couches superficielles de la molasse.

Lorsque les horizons morainiques sont amenuisés ou recoupés par la surface topographique, ce qui est le cas à l'aval, ils alimentent alors de multiples petites sources gravitaires de débit assez irréguliers.

Les ouvrages captants ces formations sont généralement peu profonds et récupèrent une grande partie des eaux superficielles non filtrées. Les débits sont faibles (0,02 à 1,5 l/s).

Les eaux sont minéralisées (conductivité comprise entre 350 et 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Les teneurs en chlorures sont comprises entre 1 et 20 mg/l, celles en sulfates entre 4 et 16 mg/l. Les teneurs en nitrates sont très variables (généralement inférieures à 20 mg/l, elles atteignent 45 mg/l au point 101-002.

4.3 LES GRANDES VALLEES

Toutes les grandes vallées des Alpes ont été surcreusées par les glaciers au Quaternaire. Les lacs d'Annecy et de Genève en sont les témoins. Ils ont tous deux été conservés à cause de leur volume même ou parce qu'ils sont protégés des alluvionnements principaux.

• La vallée de l'Arve

Elle présente une série de trois ombilics séparés par des verrous.

De l'amont vers l'aval, ce sont :

- l'ombilic de Chamonix, surcreusé dans des schistes,
- l'ombilic du Fayet-Magland, surcreusé dans des schistes et des marmo-calcaires,
- l'ombilic de Cluses-Arthaz, surcreusé dans des flyschs et dans la molasse.

Les verrous sont constitués :

- aux Houches, de roches de nature cristalline,
- à Cluses, de calcaire massif,
- à l'aval, du calcaire salévien.

La géométrie des différentes unités est récapitulée dans le tableau suivant :

Ombilic	Nature du substratum	Nature du verrou	épaisseur de remplissage
Chamonix	Schistes	cristallin	> 60 m
Fayet-Magland	schistes et marmo-calcaire	calcaire	> 150 m
Cluses-Arthaz	Flysch et molasse	calcaire du Salèse	> 100 m

Les eaux de l'amont de la vallée de l'Arve sont très faiblement minéralisées (conductivité = 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$). L'épaisseur de l'aquifère est faible (3m). Le forage de Chosalets a un débit de 17 l/s.

La moyenne vallée de l'Arve (Arve à Sallanches) est alimentée par deux courants différents :

- la nappe amont de l'Arve,
- les eaux de ruissellement, très sulfatées entre Vervex et Séchy où de nombreux affleurements de gypse sont visibles au bas des pentes.

La nappe est localement captive. La température varie entre 6 et 12°C. La conductivité varie entre 200 et 900 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La valeur la plus élevée est observée sur le forage de Letraz à Domancy. Les teneurs en chlorures s'étalent entre 0,5 et 19 mg/l, celles en sulfates sont localement très élevées (400 mg/l sur le forage de Letraz) Les teneurs en nitrates sont généralement faibles (< 10 mg/l). Le débit des sources est faible (0,1 - 3 l/s) mais atteint 23 l/s dans le forage du point 256-004.

La basse vallée de l'Arve est géographiquement plus étendue et a une structure plus complexe que les aquifères amonts. Des sillons profonds ont été reconnus :

- sillon de l'Arve superposé au cours actuel à une profondeur de 45 m en amont, 70 m à l'aval,
- sillon de la Ménoge de Bonne à Cranves-Sales, à une profondeur de 80 m.

Les moraines latérales, les terrasses fluvio-glaciaires, les basses terrasses fluviales de l'Arve façonnent aujourd'hui le relief de fond de vallée. De nombreuses sources sont issues des terrasses, leur débit est variable : 0,8 l/s à la source de Lossiège, 7 l/s à la Bédière. Les forages implantés dans l'aquifère superficiel ont un débit souvent élevé 58 l/s à Cluses, 139 à Arthaz-Pont-Notre-Dame. Les températures varient entre 7 et 13°C. Les conductivités s'étalent entre 300 et 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Les teneurs en chlorures sont inférieures à 12 mg/l, celles en sulfates variables : 4 - 50 mg/l. Les teneurs en nitrates sont faibles (1 - 10 mg/l).

• La vallée du Giffre

Le Giffre trouve sa source au pied du Grand Mont-Ruan, à la frontière franco-suisse, au lieu dit le "bout du monde". Il se dirige vers Sixt au sud-ouest, puis remonte légèrement au nord ouest jusqu'à Mieussey, après un méandre à Pont-du-Giffre. Il rejoint l'Arve au sud de Marignier.

Une prospection géophysique ainsi que des forages dans le cône de déjection du Giffre à Marignier ont montré l'existence d'une nappe superficielle dans des sables, graviers, galets, d'une épaisseur de 10 mètres environ. Cette nappe repose sur des argiles grises imperméables dont la puissance varie de 10 à 30 mètres. Sous ces argiles, une deuxième formation de sables, graviers et galets renferme une nappe captive, en charge. Ce forage a traversé 65 m de cette formation sans en rencontrer le mur argileux. Des essais de débits ont montré un débit captable de 700 m³/h.

L'aquifère de la vallée du Giffre est peu épais (4 m) libre ou captif. La conductivité est comprise entre 200 et 350 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Les teneurs en sulfates et en nitrates sont inférieures à 10 mg/l, celles en chlorures inférieures à 3 mg/l. Aucune mesure de débit n'a été réalisée. L'aquifère est peu exploité.

• Sources de la vallée alluviale de Doussard

Les cônes de déjection des ruisseaux de la Bornette et de l'Ire, respectivement à l'ouest et au sud de Doussard, ne donnent naissance qu'à peu de sources, mais ils alimentent des nappes alluviales en aval.

La plaine de Doussard est constituée de dépôts fluvio-glaciaires de retrait d'alluvions récentes, intriqués avec des argiles.

Coupe du forage de Doussard :

0 - 2,5 m	limons plus ou moins graveleux
2,5 - 3 m	formations sablo-graveleuse, aquifère en charge, niveau statique -1 m
4 - 9 m	limons marneux, débris végétaux
9 - 41 m	sables graviers galets aquifère de -17 à -41, artésien, niveau statique +0,9 m
41 - 42 m	argile gris-bleu, quelques galets

Il y a donc une nappe en charge dans les graviers superficiels et une nappe artésienne dans les graviers profonds superposés. Elles sont bien alimentées par les cônes de déjection de l'Ire et du ruisseau de la

Bornette et se raccordent au plan du lac. Par endroits la présence de fines aux abords du lac empêchent ce raccordement et provoque l'apparition de sources ascendantes (source de la Fontaine de la Charrue).

5. LES AQUIFERES KARSTIQUES

5.1 LE CHABLAIS

5.1.1 La montagne de Meillerie

La montagne de Meillerie se situe immédiatement à l'ouest de la frontière suisse, au bord du lac Léman. Elle représente une bande de 1 km de large et de 7 km de long, entre St Gingolph et Meillerie.

Ce karst correspond au flanc nord du synclinal de Mémise, dont l'axe est orienté est-ouest, parallèlement aux berges du Léman. Les dolomies et cargneules qui forment la base connue de la série sont en contact avec le lac. Ils sont surmontés de calcaires marneux et de marnes imperméables, puis d'une haute barre de calcaires siliceux partiellement masquée par des éboulis.

Il faut distinguer deux niveaux aquifères perméables en grand : d'une part, les dolomies et cargneules du Trias et d'autre part, les calcaires karstiques du Lias. Ils sont séparés par un niveau imperméable pouvant cependant comporter des fractures. Une relation entre les deux aquifères est donc envisageable, bien qu'elle n'ait jamais été mise en évidence.

6 sources dont 5 destinées à l'alimentation en eau potable ont été recensées dans ce secteur :

- 2 sur la commune de Meillerie (les Plantées et Bois Recourbe),
- 3 sur la commune de St Gingolph (Jarcotin, Etrovernes, La Morta),
- 1 sur la commune de Thollon (Esserts).

Deux mesures de débits ont été réalisées : la première concerne la source des Plantées dont le débit naturel mesuré est de 1,5 l/s, la seconde sur la source des Esserts, 0,1 l/s.

Les valeurs de conductivité ont été mesurées lors d'une même campagne en juillet 1990 sur 5 des points : elles sont comprises entre 270 et 440 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Les teneurs en sulfates sont dans la fourchette 5-50 mg/l sans localisation particulière. Les teneurs en nitrates s'étalent entre 1 et 7 mg/l.

5.1.2 La montagne de Mémise

La montagne de Mémise forme un relief allongé de 7 km de long, orienté est-ouest, immédiatement au sud des berges du Léman.

Du sommet à la base de la montagne, on observe les formations suivantes :

- alternance marno-calcaire de 10 à 20 mètres d'épaisseur;
- barre calcaire de 200 à 400 mètres d'épaisseur,

- calcschistes argileux de 100 à 200 mètres d'épaisseur.

La barre calcaire forme un synclinal perché sur les marno-calcaires et dont le coeur est composé de calcschistes.

La majeure partie des eaux qui arrivent au coeur du synclinal ruissellent dans l'axe sur les calcschistes pour franchir la falaise à l'extrémité sud-ouest de la montagne de Mémise par une cascade.

Les eaux qui tombent sur le calcaire karstifié s'infiltrent directement pour ressortir au contact avec les marnes imperméables. Elles émergent soit à la base de la falaise, soit à l'aval des éboulis après avoir circulé à l'intérieur de ceux-ci. Le débit est alors renforcé par les eaux issues des éboulis eux-mêmes.

9 sources dont 6 pour l'alimentation en eau potable ont été recensés :

- 3 sur la commune de Bernex (la Rasse, la Ravine et Sous l'Echelle),
- 3 sur la commune de Thollon (Mémises, Chalets Mémises, Nordeveaux),
- 3 sur la commune de Novel (Trainant 1, 2 et 3).

Les sources Sous l'Echelle et la Ravine émergent au sein d'éboulis, celles des Mémises d'un flysch, et les Chalets Mémises de moraines associés au calcaire.

Des mesures chimiques ont été réalisées sur les sources de la Rasse, Nordeveaux, la Ravine et Trainant 1 et 2. Les températures sont comprises entre 6 et 9 °C. Les valeurs de conductivité groupées entre 250 et 310 sauf pour la source des Trainant 1 dont la valeur atteint 410 µS/cm. Les teneurs en sulfates sont inférieures à 35 mg/l mais semblent augmenter vers l'ouest de la montagne de Mémise. Les teneurs en nitrates sont faibles sauf à la source de Trainant 2 où les teneurs atteignent 20 mg/l.

Trois débits naturels ont été mesurés : 0,9 l/s sur la source de Nordeveaux, 0,1 l/s aux Mémises et 3 l/s aux Chalets Mémises.

5.1.3 Le synclinal de Chevenoz

Le synclinal de Chevenoz forme une entité d'une dizaine de kilomètres de long, très étroit (1 km). Il relie la vallée d'Abondance au droit de Chevenoz à la frontière Suisse. Son axe est orienté ENE-WSW.

Il s'agit d'un synclinal calcaire très serré, basé sur une alternance marno-calcaire pinçant des calcschistes argileux. Le flanc nord affleure de façon quasi-continue de Chevenoz à l'extrémité nord-est de la zone, tandis que le flanc sud n'est visible qu'au droit de la vallée d'Abondance. Il est ensuite masqué par le chevauchement de la dent d'Oche.

Le calcaire massif contient un aquifère karstique

Six sources dont 3 destinées à l'alimentation en eau potable ont été recensées :

- 3 sont situées sur la commune de Bernex (les Plenets, la Tailla, Malpasset),
- 1 sur la commune de Chevenoz (le Mont),
- 1 sur la commune de Vacheresse (les Crcux),
- 1 sur la commune de Novel (les Rasses).

Des mesures chimiques ont été réalisées sur les sources de Malpasset, le Mont et les Creux. Les températures sont comprises entre 8 et 9 °C (octobre 1991). Les valeurs de conductivité sont comprises entre 220 et 380 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Les teneurs en sulfates sont inférieures à 12 mg/l. Les teneurs en nitrates sont faibles (inférieures à 2 mg/l).

Un seule mesure de débit à été réalisée : 0,2 l/s à la source du Mont.

5.1.4 La montagne de la Dent d'Oche

La Dent d'Oche se situe en rive droite de la vallée de la Dranse d'Abondance, au droit de Vacheresse. Ce secteur forme une bande de 6 km de long sur 2 de large, d'orientation NE-SW. Elle commence à Vacheresse, se poursuit jusqu'à la Dent d'Oche et se biseaute au NE.

La Dent d'Oche est un synclinal dissymétrique, dont le flanc nord redressé chevauche le synclinal de Chevenoz. Sur son flanc sud, le calcaire est chevauché par un niveau puissant de dolomies (400 m). Ces dolomies qui affleurent ponctuellement dans la vallée, plongent au sud et disparaissent en profondeur.

Les calcaires karstifiés constituent un aquifère perméable en grand, entouré par des formations imperméables. Des émergences apparaissent au contact entre les deux.

Six sources dont 2 destinées à l'alimentation en eau potable ont été recensées :

- 4 sur la commune de Bernex (Oche, Chalets d'Oche, Sur les Scies, Pré Richard),
- 2 sur la commune de Vacheresse (les Trois Nants, Darbon).

Une analyse chimique a été réalisée sur la source des Trois Nants en octobre 1991. La température est de 6,7°C, la conductivité de 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$, la teneur en sulfates de 15 mg/l, la teneur en nitrates est faible (1 mg/l).

Aucun débit n'a été mesuré.

5.1.5 Unité de Morzine

L'unité de Morzine couvre une vaste superficie au nord de la vallée de Taninges jusqu'à la frontière suisse. Elle est traversée par les hautes vallées d'Abondance et de Morzine.

La série de formations que l'on y observe comporte, du sommet à la base,

Nature des formations	épaisseur	comportement hydrologique
Flysch des Gets schisto-gréseux	0-200 m	impermeable
Calcschistes bariolés argileux	50 m	impermeable
Brèche calcaire supérieure	300-500 m	karst
Schistes ardoisiers	1à - 100 m	impermeable
Brèche calcaire inférieure	300 - 1000 m	Karst
Schistes inférieurs et calcschistes sombres lités	500 m	karst
Calcaires dolomitiques	200 m	karst

Les formations de base (calcaires dolomitiques, calcaires sombres, schistes ardoisiers et brèches calcaires inférieures et supérieures) ont été plissées et se présentent actuellement sous la forme d'une série d'anticlinaux et de synclinaux très serrés, d'axes parallèles orientés ENE-WSW.

Cette série est partiellement recouverte dans la zone de Morzine par le flysch et les calcschistes bariolés (ex pointe de Chery), elles mêmes plissées.

On distingue trois ensemble karstiques :

- la brèche calcaire supérieure,
- la brèche calcaire inférieure,
- les calcschistes dolomitiques.

Ces ensembles sont séparés par des niveaux imperméables (schistes ardoisiers et schistes inférieurs) qui peuvent cependant présenter une perméabilité de type fissural. Une communication entre les systèmes aquifères est donc envisageable.

Une soixantaine de points d'eau ont été recensés sur l'unité de Morzine : 7 forages dont 1 destiné à l'alimentation en eau potable et 53 sources dont 29 destinées à l'alimentation en eau potable. La température des eaux varie entre 4 et 12°C. Les conductivités sont comprises entre 140 et 380 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Les teneurs en chlorures s'étalent entre 0,5 et 7 mg/l, celles en sulfates entre 2 et 10 mg/l sauf un point qui atteint 110 mg/l (188-002). Les teneurs en nitrates varient entre 0 et 3 mg/l sauf un point qui atteint 8 mg/l (188-002). Deux mesures de débit naturel identiques sont disponibles : 6 à St Jean d'Aulps (Fours n°1 et Graydon). Une mesure de débit exploité a été réalisée : 12 l/s à Abondance (Crezenet).

5.1.6 Unité de St Jeoire

Le massif de St Jeoire forme un vaste arc de cercle orienté vers le sud-est. Elle commence au nord de Bonneville et Marignier (vallée de l'Arve), se poursuit au NNE jusqu'à la vallée de la Dranse où elle s'infléchit vers l'est jusqu'au Mont Chauffé, à proximité de la frontière suisse.

Du sommet à la base on observe les formations suivantes :

Nature des formations	Epaisseur	Comportement hydrologique
Calcschistes bariolés, argileux	10 - 50 m	Imperméable
Calcaires plaquettés	100 - 200 m	karstique
Calcaires massifs	100 - 300 m	karstique
calcschistes sombres	200 - 300 m	imperméable
calcaires sombres argileux ou siliceux voire gréseux	100 -300 m	variable
dolomies à cargneules	40 - 60 m	perméable en grand

Cette série qui constitue l'essentiel du bas Chablais, forme une succession de plis anticlinaux et synclinaux, serrés et parfois chevauchants. Les axes de ces plis, orientés nord-sud à l'extrémité sud de la zone, s'infléchissent jusqu'à devenir WSW-ENE à l'extrémité nord. Les dolomies et cargneules se rencontrent en semelle de nappes de glissement ou pincés dans des cicatrices entre nappes superposées.

Les calcaires plaquettés et massifs constituent un puissant niveau qui est karstifié. Ils sont compris entre deux formations imperméables calcschistes bariolés et calcschistes sombres.

Les sources localisées sur l'unité de St Jeoire sont nombreuses (une centaine est actuellement recensée) et environ 70 % d'entre elles sont exploitées pour l'alimentation en eau potable.

Une analyse chimique des eaux a été réalisée sur au moins 50 % des points d'eau. La composition chimique des eaux dépend de la nature de l'aquifère capté. On distingue ainsi :

- les eaux issues des calcaires,
- les eaux issues des gypses et cargneules.

Les eaux en provenance des formations carbonatées présentent :

- une conductivité généralement comprise entre 200 et 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$,
- une teneur en chlorures comprise inférieure à 2 mg/l (7 % des points présentent une teneur comprise entre 3 et 11 mg/l),
- une teneur en nitrates inférieure à 5 mg/l,
- une teneur en sulfates inférieure à 15 mg/l.

Les eaux en provenance des gypses et cargneules présentent :

- une conductivité nettement plus élevée (600 à 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$),
- une teneur en sulfates supérieure à 100 mg/l et pouvant atteindre 600 mg/l. La teneur en sulfates varie en fonction des éventuels mélanges pouvant intervenir avant l'émergence des eaux.

Les débits des sources sont très variables puisqu'ils s'étalent entre 0,01 et 15 l/s, sans localisation particulière.

5.2 CHAÎNE DU SALEVE

La chaîne salévienne forme, au sud du lac Léman, un relief bombé qui s'allonge sur 35 km, suivant une direction NE-SW, entre Etrembière et Chavanod. Cette chaîne comprend du nord au sud :

- le Salève,
- la chaîne des Pitons,
- la montagne d'Allonzier la Caille,
- la montagne de Mandallaz,
- la montagne de Lovagny.

La chaîne salévienne est essentiellement constituée de formations calcaires. La molasse repose sur ces formations en discordance angulaire. Elle est généralement recouverte par les moraines würmiennes.

Du point de vue structural, cette chaîne constitue un anticlinal calcaire jurassien émergeant de l'avant-pays molassique. Différentes fractures orientées NW-SE le débitent en tronçons. Leur rôle hydrologique reste incertain.

Les puissantes formations calcaires karstifiées qui constituent l'ossature du Salève sont à l'origine de nombreuses sources. Plusieurs systèmes y ont été individualisés (BOUCHET, 1983).

Sur le flanc nord-ouest, les sources apparaissent au pied des éboulis calcaires qui masquent la base des reliefs, au contact avec la molasse imperméable ou dans les passées détritiques des moraines.

Sur le flanc sud-est, les sources sont principalement liées au recoupement de petits chenaux karstiques avec la topographie.

Cinquante-huit points d'eau sont connus dans la chaîne salévienne. Quarante pour-cent d'entre eux représentent des cavités naturelles, 31 % des forages ou des puits, et 29 % des sources. Seules les sources sont exploitées pour l'alimentation en eau potable.

La température des eaux est comprise entre 7 et 11°C.

Des valeurs de conductivité sont disponibles sur 14 points. Ces valeurs indiquent une conductivité moyenne comprise entre 200 et 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ avec une légère augmentation du nord au sud.

Les teneurs en chlorures sont généralement très faibles (< 1 mg/l) sauf en un point situé sur la commune de Cruseilles (source de la Douai) où l'on observe des teneurs variant entre 5 et 13 mg/l depuis 1984.

Les teneurs en sulfates et en nitrates sont également faibles (comprises entre 3 et 10 mg/l pour SO_4 et entre 0 et 5 mg/l pour les nitrates).

Les mesures de débit indiquent des sources à débit naturel très faible (entre 0.01 et 1.4 l/s) sauf pour la source de la Douai, située en rive droite de la vallée des Usses au pied de la falaise urgonienne de 130 mètres. Son débit naturel moyen est de 100 l/s alors que le débit exploité est légèrement supérieur (104 l/s).

5.3 LE MONT DU VUACHE

Le Mont du Vuache est un anticlinal calcaire jurassien rompu longitudinalement par une fracture. Directement sur les deux flancs du relief s'applique la molasse imperméable ; cependant, elle n'est

visible qu'en aval et au sud du Mont Vuache car elle est masquée par des éboulis et des terrains morainiques.

La structure des calcaires du Vuache est défavorable à la production de grosses sources. Le flanc ouest notamment, ne montre que de petites sources.

Trois sources sont captées pour l'alimentation en eau potable de la ville de Chaumont. Le débit naturel de l'une d'entre elle a été mesuré (065-001, Barbannaz) : 15 l/s. Sur ce même point, 4 analyses chimiques ont été réalisées, elles fournissent les valeurs moyennes suivantes :

conductivité : 250-380 μ S/cm

chlorures : 5-9 mg/l

sulfates : 10-15 mg/l

nitrites : 3-4 mg/l

5.4 LE MASSIF DES BAUGES

Le massif subalpin des Bauges est situé au sud-ouest du département de la Haute-Savoie. Il est limité au nord-est et au sud-ouest par deux cluses : celle d'Annecy-Ugine et celle de Chambéry-Montmelian, qui le séparent respectivement des massifs des Bornes et de la Chartreuse. Il est bordé à l'ouest par la dépression molassique d'Aix les bains-Annecy et séparé au sud-est du massif de Belledonne par la vallée de l'Isère.

La région considérée apparaît comme une succession de plis calcaires parallèles orientés NE-SW et déversés vers l'ouest. Ces structures sont affectées de grands accidents tectoniques parallèles aux plis et de nombreuses petites failles subverticales ou décrochantes de direction WSW-ENE. Il en résulte l'individualisation de nombreux systèmes aquifères de type karstique, de faible extension géographique.

Les flancs de ces reliefs sont partiellement masqués par des éboulis. Les ruisseaux qui drainent le massif forment, au débouché du lac Léman, des cônes de déjection. De petits aquifères de type poreux prennent naissance dans ces matériaux détritiques.

5.4.1 Le massif du Semnoz

La montagne du Semnoz et la montagne de Bange constituent le pli calcaire le plus occidental du massif subalpin des Bauges. Il a fait l'objet de nombreuses études hydrogéologiques appuyées par des expériences de traçage à la fluoresceïne. Les résultats présentés ici sont issus du travail de thèse de M. Lepiller (1976).

Le massif du Semnoz est un long anticlinal calcaire d'axe nord-sud qui s'étend sur 20 km d'Annecy au nord à la Cluse du Chéran au sud. Il est accidenté en son milieu par une fracture orientée NE-SW qui décale le compartiment sud de 750 mètres vers l'ouest.

Au sud de ce décrochement, l'anticlinal est fortement dissymétrique et chevauche à l'ouest les terrains molassiques de l'avant pays savoyard. La cluse du Chéran entame profondément la partie sud de l'anticlinal, le séparant de la montagne de Bange.

Les puissantes formations calcaires sont karstifiées : les principales émergences y sont localisées. Elles sont situées au dessus de terrains marneux qui constituent l'imperméable de base.

24 sources dont 6 destinées à l'alimentation en eau potable ont été recensées. 6 analyses ont été réalisées sur les points AEP :

- la température varie entre 7 et 11°C,
- la conductivité est comprise entre 100 et 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$,
- les teneurs en chlorures sont inférieures à 5 mg/l,
- les teneurs en sulfates sont inférieures à 15 mg/l,
- les teneurs en nitrates sont inférieures à 5 mg/l.

5.4.2 Le synclinal d'Entrevernes

Le synclinal d'Entrevernes est situé à l'est du synclinal de Semnoz. Ce pli, très déversé, a tendance à se refermer sur lui-même. Les grandes dalles urgoniennes du flanc ouest forment une arête nommée Roc des Boeufs, puis au nord, montagne d'Entrevernes.

On distingue :

- le système karstique de Vivier-Barbouillot,
- le système karstique de Lathuile.

Le système karstique de Vivier-Barbouillot constitue la partie nord du synclinal d'Entrevernes. La surface de son bassin versant est limitée (4,25 km²). Sur les hauteurs, l'infiltration des eaux pluviales est totale, par contre, dans les parties basses, l'eau ruisselle sur des formations imperméables, surmontant les calcaires.

Le débit des exutoires varie de 2 l/s (octobre 1985) à 150 l/s (mars et avril 1985).

Les températures varient de 8,4 à 9,8 °C.

Le système karstique de Lathuile fait suite, au sud, à celui de Vivier-Barbouillot. Ils sont séparés par une faille transversale qui draine les circulations souterraines de la partie méridionale du synclinal vers l'exutoire de Lathuile et par le système de la résurgence de Nanceau.

L'émergence de Lathuile surgit au milieu d'éboulis à 640 mètres d'altitude, soit 60 mètres sous le niveau des calcaires. Ses caractères physico-chimiques ne montrent pas l'influence d'un long trajet superficiel dans les éboulis mais la faille qui l'engendre peut se suivre dans les marmo-calcaires et les marnes qui seraient alors le siège d'une circulation karstique.

La surface du bassin versant est de 3 km².

Le stockage des précipitations sous forme neigeuse en hiver provoque un retard dans l'alimentation, retard d'autant plus important que la majeure partie du système se trouve à plus de 1500 m d'altitude.

Emergence	Débit minimum	Débit maximum
de Lathuile	15 l/s	35 l/s
du Nanceau	< 1 l/s	500 l/s

5.5 LE MASSIF DU GROS FOUG

Neuf points d'eau localisés en bordure du massif calcaire du Gros Foug ont été recensés : 78 % de sources - 22 % forages. La conductivité varie entre 315 et 571 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Les teneurs en chlorures sont en général inférieures à 10 mg/l, celles en sulfates sont comprises entre 7 et 17 mg/l. Les teneurs en nitrates sont comprises entre 0,1 et 8 mg/l sauf sur la commune de Clermont (078-001) où le 10/10/91 il a été mesuré 11 mg/l (augmentation progressive depuis 1988 (0,7 ; 6,8 ; 11 mg/l)).

Les débits des sources sont très faibles : 0,01 à 0,7 l/s (le débit le plus élevé a été mesuré à Desingy : 1,5 l/s).

5.6 LE MASSIF DES BORNES

Le massif des Bornes correspond au secteur nord-est du lac d'Annecy compris entre le plateau des Bornes à l'ouest et le synclinal de Thônes à l'Est. La chaîne des Aravis, sa voisine, ne commence qu'à l'est de la Clusaz.

L'ossature du massif des Bornes est déterminée par de puissantes formations calcaires à l'origine des principaux sommets. A grande échelle, ce massif se présente sous la forme d'une succession de plis d'orientation NNE-SSW, affectés par de nombreuses failles.

Les auteurs de la notice de la carte géologique d'Annecy-Bonneville ont proposé une synthèse hydrogéologique du massif des Bornes où ils individualisaient 25 systèmes karstiques dont la superficie varie entre 0, 6 et 26,6 km^2 . Un tel degré de précision ne peut être envisagé dans le cadre de la synthèse, le karst du massif des Bornes sera traité dans sa globalité. Celui-ci couvre la totalité du massif, du nord-est du lac d'Annecy et de la vallée de Favergues, à la vallée de l'Arve. Il franchit même cette dernière au niveau de Cluses, et se poursuit quelques kilomètres plus au nord.

Trois mesures de débit naturel ont été mesurées, elles varient entre 0,2 (Bluffy) et 7,5 l/s (Grand Bornand). Une valeur de débit exploité : 2 l/s à Dingy St Clair.

Les analyses chimiques réalisées sur quelques points d'eau du massif montrent que le chimisme des eaux varie beaucoup au cours d'un cycle hydrologique. Les valeurs minimales de conductivité, comprises entre 200 et 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ s'observent au printemps, les valeurs maximales en été (300-400 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Signalons que les points d'eau situés sur la communes de Faverges se distinguent par des valeurs nettement plus élevées aussi bien en conductivité (400-500 $\mu\text{S}/\text{cm}$) qu'en sulfates (20-50 mg/l).

6. LES AQUIFERES FISSURES

Deux types d'aquifères fissurés ont été distingués :

- les massifs cristallins,
- les massifs schisteux.

Les massifs cristallins sont localisés dans la partie sud-est du département. Ils bordent la haute vallée de l'Arve selon sa direction NE-SW. Ce sont :

- au nord-ouest, le massif des Aiguilles Rouges,
- au sud-est, le massif du Mont Blanc

Les massifs schisteux sont principalement localisés dans la partie est du département : Voiron, Clusaz, Chery, les Grands Vans.

6.1 LE MASSIF DES AIGUILLES ROUGES

L'ensemble du massif est constitué d'un gneiss compact affecté d'une multitude de fractures. Une zone granitique s'individualise en amont de Vallorcine, limitée au sud par une fracture d'une dizaine de kilomètres de long. Très localement, sur les points culminants, subsistent les témoins d'une couverture calcaire aujourd'hui disparue (Aiguille du Belvédère).

Des éboulis et des moraines anciennes sont plaqués localement sur les versants. Ils forment à la jonction des pentes et de la vallée de Chamonix, une bande presque continue.

L'ensemble cristallin fracturé constitue un aquifère de type fissuré. Entre 2000 et 2100 mètres, en amont de la vallée, apparaît une zone où les pentes sont nettement moins raides que la moyenne locale. De nombreux écoulements y sont visibles, sur un plaquage morainique imperméable. A la rupture de pente, en direction de Chamonix, ils disparaissent et émergent en bordure nord-est de la vallée. C'est ainsi que toute une série de grosses sources existent en rive droite de l'Arve, au pied des Aiguilles Rouges. La plus connue est celle de Pas-de-Clair-de-Temps située sur la commune des Houches.

6.2 LE MASSIF DU MONT BLANC

Le massif du Mont Blanc est situé au S.E de la vallée de l'Arve et est frontalier de l'Italie et de la Suisse. Il est limité au S.W par la vallée du Bon Nant (commune de Vallorcine).

Le massif est pour sa plus grande partie constitué du granite dit de Chamonix. Ce granite est une roche extrêmement compacte mais qui présente une importante fracturation, accentuée les alternances gel-dégel). Cette zone cohérente est séparée de la vallée de Chamonix par une bande longitudinale de schistes cristallins. Le contact par faille de direction NE-SW, quasiment rectiligne entre ces deux

formations, se suit sur l'ensemble du massif. Le pendage de cet accident tectonique majeur est de 45° SE. Il s'enfonce donc sous le massif du Mont Blanc en direction de l'Italie.

Les schistes de bordure forment une large bande imperméable. Les sources y sont rares, la plupart se tarissent en été. Les seuls écoulements présents sont les torrents issus des eaux de fonte des nombreux glaciers tels que la mer de Glace, les glaciers d'Argentière et du Tour ...

La partie granitique du massif constitue un aquifère de type fissuré. La présence des schistes imperméables et la direction du contact entre les deux formations canalisent l'intégralité des eaux souterraines vers l'Italie.

Les glaciers couvrent 50 % de la surface du massif, constituant une réserve en eau particulière mais tout à fait considérable.

6.3 LE MASSIF DES VOIRONS

8 sources destinées à l'alimentation en eau potable ont été recensées dans le massif des Voirons.

La conductivité de l'eau est comprise entre 200 et 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La température se situe entre 6 et 8°C. Les teneurs en sulfates sont faibles (6 à 12 mg/l) en dehors des points situés sur la commune de Brenthonne (Les Ruppes, Giraudet) qui atteignent 18 mg/l. Les teneurs en nitrates sont également faibles (0,5 à 5 mg/l).

Aucune mesure de débit n'a été réalisée.

6.4 LE MASSIF DU CHERY

Le massif du Chery composé de schistes ardoisiers présente une perméabilité de type fissural.

16 sources dont 7 destinées à l'alimentation en eau potable y ont été recensées.

Au moins une analyse chimique a été réalisée sur 6 des 7 points d'eau AEP. Les résultats montrent que :

- la température est comprise entre 5 et 8 °C,
- la conductivité s'étale entre 210 et 310 $\mu\text{S}/\text{cm}$,
- la teneur en sulfates est faible (0,5 à 45 mg/l),
- la teneur en nitrates est également faible (0,2 à 4 g/l).

6.5 LE MASSIF DES GRANDS VANS

20 sources émergeant généralement au sein d'éboulis dont 13 destinées à l'alimentation en eau potable ont été recensées.

15 points ont été l'objet d'analyses chimiques :

- la température est comprise entre 4 et 12°C,
- la conductivité est comprise entre 60 et 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$,

- les teneurs en chlorures sont inférieures à 5 mg/l,
- les teneurs en sulfates sont inférieures à 10 mg/l,
- les teneurs en nitrates sont inférieures à 2 mg/l.

7. CONCLUSION GENERALE

Ressources en eau en milieu poreux

Deux grands types d'aquifères poreux peuvent être distingués :

- les aquifères situés dans les vallées alluviales,
- les aquifères situés dans les bassins morainiques ou fluvio-glaciaires.

Les aquifères des vallées alluviales

Dans les vallées montagneuses, le surcreusement glaciaire a entraîné la formation de bassins alluviaux séparés par des verrous.

Les alluvions qui comblent ces vallées présentent toujours une succession verticale granoclassée : argiles à la base, sables puis graviers. Un classement s'observe aussi de l'amont (galets et graviers) vers l'aval (argiles) tant à l'échelle d'une vallée qu'à celle d'un bassin. Ces alluvions surmontent généralement des terrains morainiques. Les aquifères compris dans ces alluvions sont bien alimentés par les cours d'eau qu'ils supportent et par les cônes de déjection latéraux des torrents avec lesquels ils sont imbriqués. Il en résulte d'importantes réserves. Ces réserves sont localement largement exploitées (en particulier dans la basse vallée de l'Arve, fig. 18). La localisation des forages dans des zones à forte implantation humaine et industrielle expose ces ressources à des risques de pollution diffuse et accidentelle, surtout lorsque l'aquifère n'est pas protégé par un toit imperméable.

Les aquifères des bassins morainiques

L'avant pays molassique a été recouvert par la moraine de fond du vaste glacier de piedmont würmien. Les passées sablo-graveleuses de la moraine renferment des aquifères d'extension limitée et de faible productivité. De nombreuses sources sont néanmoins exploitées pour l'alimentation en eau potable. Celles-ci sont particulièrement abondantes dans le bassin de Rumilly et sur le plateau de Vinzier (fig. 18). Les eaux sont généralement très minéralisées mais leur qualité est préservée par la présence souvent fréquente d'un toit argileux.

Ressources en eau en milieu karstique

Les formations carbonatées sont largement représentées dans le département de la Haute-Savoie : massif des Bauges, des Bornes, du Haut Giffre et dans les reliefs jurassiens (Salève, Vuache ...). Elles sont principalement représentées par des calcaires karstifiés.

La structure plissée et fracturée du bâti calcaire a conduit à l'individualisation de nombreux systèmes karstiques dont l'extension est parfois délicate à préciser.

Le débit des sources est très variable (fig. 18). Souvent compris dans l'intervalle 0,01 à 5 l/s, il peut localement dépasser 25 l/s (source de la Douai (Salève)),

Ressources en eau en milieu fissuré

Les ressources en eau des massifs cristallins ne sont que très peu exploitées malgré leur très bonne qualité chimique. Un certain nombre de sources dont le débit peu atteindre 3 l/s ont été recensées. Celles-ci sont principalement localisées dans le massif des Aiguilles Rouges, aux Houches..

ANNEXE 1 : dénombrements

a) Nature du point

Description	Effectif
Forage/puits	771
Source	2029
Perte d'eau	1
Prise d'eau	13
Affleurement d'eau	3
Cavité naturelle	59
Non renseigné	6

b) Objet de la réalisation de l'ouvrage

Description	Effectif
Eau potable	1160
Eau agricole	1
Eau thermale	11
Eau minérale	4
Etude de nappe	9
Recherche d'eau	37
Géotechnique	8
Aménagement	1
Recherche d'hydrocarbures	20
Implantation de bâtiments	6
Tracé d'autoroute	1
Tracé de route	6
Grands travaux	1
Reconnaissance	70
Reconnaissance géologique	56
Ouvrages d'art	31
Non renseigné	1460

c) Type d'ouvrage

Description	Effectif
Forage	235
Forage horizontal	39
Sondage	391
Sondage incliné	7
Puits	3102
Puits incliné	4
Chambre de captage	1310
Source	728
Non renseigné	71

d) Etat de l'ouvrage

Description	Effectif
Exploité	72
Sec	2
Non exploité	40
Abandonné	49
Rebouché	11
Non renseigné	2705

e) Usage de l'ouvrage

Description	Effectif
A.E.P.	1156
Eau thermale	11
Irrigation	2
Industrie	6
Qualité de l'eau	4
Dépollution	1
Piézométrie	57
Géotechnique	2
Pétrolier	17
Non renseigné	1626

f) Existence d'un périmètre de protection pour les points d'eau A.E.P.

Description	Effectif
Sans	5
En cours	82
En place	274
Non renseigné	795

g) Contexte hydrogéologique

Description	Effectif
Moraine + calcaire	25
Moraine	102
Moraine + grès	6
Moraine + éboulis	38
Fluvio-glaciaire + molasse	65
Molasse	18
Alluvions récentes	160
Alluvions anciennes	3
Alluvions + moraines	5
Colluvions	34
Colluvions + schistes	10
Eboulis	25
Eboulis + calcaires	22
Eboulis + grès	19
Eboulis + flysch	1
Eboulis + schistes	16
Eboulis + marnes	3
Eboulis + molasse	10
Flysch	3
Grès	12
Gypse + cargneules	7
Schistes	2
Marno-calcaire	3
Karst	67
Glissement du substratum	19
Inconnu	6
Non renseigné	2182

h) Type de l'aquifère principal

Description	Effectif
Poreux	526
Fissuré	31
Fracturé	9
Karstique	78
Poreux + fissuré	6
Fracturé + poreux	5
Fissuré + poreux	4
Non renseigné	2223

i) Nature de l'aquifère principal

Description	Effectif
Libre	386
Captif	161
Semi captif	79
Non renseigné	2256

ANNEXE 2 : résultats de l'analyse en composantes principale

*** ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES ***

* Matrice de corrélation

COND	1.00	0.75	0.66	0.73	0.52	0.40	0.69	0.45	0.51	0.39	0.21
TAC	0.75	1.00	0.49	0.52	0.37	0.40	0.92	0.39	-0.03	0.46	0.04
CA	0.66	0.49	1.00	0.41	0.26	0.17	0.45	0.23	0.39	0.19	0.14
MG	0.73	0.52	0.41	1.00	0.41	0.45	0.48	0.22	0.52	0.21	0.12
NA	0.52	0.37	0.26	0.41	1.00	0.48	0.35	0.76	0.18	0.26	0.13
K	0.40	0.40	0.17	0.45	0.48	1.00	0.39	0.33	0.11	0.16	0.15
HCO3	0.69	0.92	0.45	0.48	0.35	0.39	1.00	0.37	-0.02	0.43	0.04
CL	0.45	0.39	0.23	0.22	0.76	0.33	0.37	1.00	0.01	0.43	0.03
SO4	0.51	-0.03	0.39	0.52	0.18	0.11	-0.02	0.01	1.00	-0.08	0.27
NO3	0.39	0.46	0.19	0.21	0.26	0.16	0.43	0.43	-0.08	1.00	-0.06
NH4	0.21	0.04	0.14	0.12	0.13	0.15	0.04	0.03	0.27	-0.06	1.00
FE	0.13	0.08	0.10	0.04	0.17	0.15	0.08	0.07	0.08	-0.05	0.86
MN	0.18	0.14	0.13	0.07	0.22	0.13	0.13	0.13	0.10	-0.06	0.65
SI	0.55	0.60	0.28	0.61	0.40	0.43	0.56	0.32	0.08	0.48	0.08
	COND	TAC	CA	MG	NA	K	HCO3	CL	SO4	NO3	NH4

suite de la matrice:

COND	0.13	0.18	0.55
TAC	0.08	0.14	0.60
CA	0.10	0.13	0.28
MG	0.04	0.07	0.61
NA	0.17	0.22	0.40
K	0.15	0.13	0.43
HCO3	0.08	0.13	0.56
CL	0.07	0.13	0.32
SO4	0.08	0.10	0.08
NO3	-0.05	-0.06	0.48
NH4	0.86	0.65	0.08
FE	1.00	0.76	0.12
MN	0.76	1.00	0.14
SI	0.12	0.14	1.00
	FE	MN	SI

	F1	F2	F3	F4	F5
Val. propres :	5.27	2.50	1.56	1.20	0.92
Inert. expl. :	37.64	17.86	11.15	8.59	6.55

* Correlations entre composantes et variables :

	F1	F2	F3	F4	F5
COND	0.901	-0.041	-0.287	-0.045	0.144
TAC	0.824	-0.231	0.164	-0.376	0.011
CA	0.606	0.006	-0.387	-0.19	0.433
MG	0.738	-0.072	-0.435	0.034	-0.315
NA	0.67	0.021	0.195	0.621	0.074
K	0.58	0.009	0.1	0.269	-0.573
HCO3	0.789	-0.22	0.164	-0.389	-0.001
CL	0.593	-0.123	0.384	0.541	0.324
SO4	0.319	0.241	-0.808	0.252	0.079
NO3	0.5	-0.343	0.343	-0.102	0.238
NH4	0.268	0.877	0.023	-0.076	0.011
FE	0.261	0.886	0.232	-0.112	-0.004
MN	0.297	0.791	0.226	-0.088	0.046
SI	0.727	-0.143	0.118	-0.137	-0.326

4003	-2.195	0.32	0.006	-0.171	-0.097
6001	0.299	-0.398	0.253	-1.09	0.448
9008	0.466	-0.752	1.035	-0.754	0.815
26001	-0.421	-0.128	0.018	-0.595	0.143
26002	-0.722	-0.024	-0.093	-0.724	-0.151
26011	0.698	-0.254	0.395	0.088	-0.565
26012	-0.249	0.351	0.529	-0.719	0.326
26014	1.782	-0.785	0.418	-0.672	-0.256
26016	1.105	-0.573	0.186	-0.996	0.333
26017	1.133	-0.44	0.361	-0.49	-0.563
75024	0.828	-0.547	0.216	-0.65	0.106
76001	1.907	-0.641	0.406	-0.007	0.308
81008	1.316	0.326	1.442	5.178	-0.016
97003	-1.683	0.232			
97007	-1.912	0.25	0.016	-0.214	0.295
97008	-1.056	0.054	-0.139	-0.998	0.554
97009	-1.66	0.214	-0.058	-0.511	0.355
105004	3.753	-1.443	0.96	0.236	1.719
138003	-1.417	0.154	-0.16	-0.8	0.484
169023	3.743	4.641	1.79	-0.476	0.34
181002	4.547	-0.855	2.284	5.132	1.444
182005	3.456	-1.244	0.79	-0.738	0.882
202001	1.782	-1.094	0.998	-0.885	0.771
202002	1.954	-0.924	0.229	-1.634	0.392
210001	2.436	-0.632	-0.029	0.521	-0.501
210003	2.603	0.034	0.249	1.335	-0.177
211002	-0.446	0.084	-0.331	0.445	-0.304
218014	2.689	-0.747	-0.133	0.322	0.142
219003	1.867	-2.563	0.855	-0.486	0.957
231004	3.202	-1.849	1.846	-1.388	1.981
232003	-0.956	0.223	-0.705	-0.226	-0.265
232003	-1.415	0.163	-0.083	-0.383	0.039
232007	-1.606	0.229	-0.217	-0.369	0.006
232007	-1.774	0.187	0.07	-0.299	-0.195
234002	-0.087	-0.118	0.141	0.219	-0.164
234002	-1.344	-1.937	-0.325	1.008	-0.455
272003	1.191	-0.801	0.212	-1.378	-0.143
272004	0.75	-0.679	0.733	-0.771	0.266
272005	0.266	-0.341	0.292	-0.523	-0.626
272006	2.624	-0.951	0.335	-0.908	-0.891
272007	1.691	-1.132	1.087	-0.526	0.654
272008	1.235	0.222	-0.235	-0.601	-1.191
274009	2.853	-1.153	0.609	-0.538	0.124
283001	1.301	-0.597	0.212	0.705	0.442
283002	-0.029	-0.142	0.091	-0.386	0.438
283003	-0.144	-0.273	0.356	-0.529	0.181
283004	-0.068	-0.183	0.573	0.157	-0.05
283005	0.881	-0.783	0.817	-0.597	1.869
283007	3.153	-1.649	0.895	-1.61	0.564
292018	3.401	-1.168	1.156	0.127	-0.158
310001	0.824	-0.397	1.111	1.063	1.715
310002	-2.312	0.36	-0.085	-0.287	0.336
310004	-1.279	-0.466	0.824	-0.872	1.432
310007	0.084	-0.208	1.076	1.346	1.55
310008	-2.207	0.295	0.013	-0.345	0.352
310009	-2.272	0.326	-0.04	-0.386	0.451

Contribution absolue des individus représentatifs des alluvions aux axes F1, F2, F3, F4, F5.

26006	-1.817	0.241	-0.097	-0.55	0.386
26007	-1.414	0.138	-0.105	-0.783	0.409
26008	-1.478	0.133	-0.064	-0.84	0.424
26009	-1.331	0.092	-0.074	-0.948	0.441
26010	-1.415	0.026	0.066	-0.906	0.641
32002	-1.837	0.228	0.052	-0.076	-0.368
36004	-1.674	0.242	0.026	-0.153	-0.216
80009	-2.821	0.5	-0.048	0.393	-0.016
80013	-2.615	0.456	-0.015	0.28	0.117
96004	-1.441	0.125	0.307	0.077	0.531
96005	-1.988	0.284	0.045	-0.237	0.296
97005	-1.394	0.064	0.02	-0.528	0.499
97006	-1.268	-0.146	0.338	-0.671	0.962
100008	-0.742	-0.039	-0.114	-0.975	0.686
112002	-0.85	0.034	-0.223	-1.029	0.372
123003	-1.365	0.191	-0.373	-0.409	-0.257
123004	-3.019	0.579	-0.057	0.467	-0.155
123005	-0.581	0.217	-1.066	-0.009	-0.523
138004	-1.085	0.098	-0.066	-0.581	0.124
169004	-2.03	0.173	0.009	-0.407	0.427
189001	-3.25	0.588	0.015	0.319	0.196
192001	-0.003	-0.2	-0.187	-1.466	0.506
192008	-0.749	0.025	-0.269	-1.093	0.35
192009	-0.259	-0.114	-0.291	-1.334	0.183
216001	-2.194	0.109	0.33	-0.204	0.705
241002	-1.616	0.212	-0.267	-0.101	-0.644
241003	-2.342	0.354	-0.064	-0.112	-0.207
259001	-2.638	0.433	0.191	0.475	0.503
259002	-2.789	0.467	-0.026	0.042	0.291
259003	-2.647	0.404	0.054	-0.033	0.382
259004	-2.431	0.395	0.073	0.109	0.485
259005	-2.291	0.355	-0.054	-0.301	0.435
259006	-2.344	0.378	-0.047	-0.185	0.224
284007	-1.908	0.326	-0.297	-0.01	-0.145
284010	-1.302	0.061	-0.091	-0.523	0.067
313003	-1.995	0.268	-0.052	-0.48	0.281

Contribution absolue des individus représentatifs du karst aux axes F1, F2, F3, F4, F5.

14013	0.45	-0.01	-1.542	-1.08	0.973
14014	-0.888	0.202	-0.38	-0.016	-0.127
14015	0.562	0.576	-2.794	0.814	0.601
14016	-0.98	0.242	-0.487	-0.01	0.046
14017	2.207	2.364	-1.27	-0.658	0.501
26011	0.698	-0.254	0.395	0.088	-0.565
33007	-2.369	0.412	-0.181	0.037	0.223
33008	0.477	0.023	-1.179	-0.22	0.078
33009	-0.016	-0.111	-0.327	-0.648	0.165
46001	3.616	-1.255	0.387	-2.003	-0.578
52001	1.259	-0.572	0.489	-0.422	0.084
97003	-1.683	0.232	-0.116	-0.317	0.03
119021	2.125	-0.561	0.366	0.206	0.071
138003	-1.417	0.154	-0.16	-0.8	0.484
140006	-0.85	-0.033	-0.297	-0.867	0.021
140008	-2.498	0.431	-0.05	0.205	-0.355
155001	-1.655	0.149	0.033	-0.484	0.007
155003	-1.271	0.105	-0.096	-0.589	-0.102
155004	-0.333	-0.056	-0.265	-0.946	-0.163
155005	-1.32	0.101	-0.121	-0.556	0.051
155006	-1.239	0.065	0.081	-0.423	0.116
157008	1.078	-0.299	0.344	-0.033	-1.152
168004	0.226	-0.176	-0.022	-0.6	-0.354
172001	0.225	-0.165	0.547	0.973	-0.052
172002	1.706	-0.502	0.392	0.451	0.398
177009	-0.449	-0.212	0.343	-0.733	0.001
192007	-0.33	-0.045	-0.198	-0.602	-0.022
196001	-0.316	0.01	0.136	-0.405	-0.66
196002	-0.265	-0.038	0.199	-0.441	-1.11
206002	0.235	-0.192	0.198	-0.505	-0.39
208001	2.945	-0.43	1.652	3.612	-0.268
218007	2.802	-0.78	-0.069	-0.714	-1.901
218008	2.688	-0.738	-0.005	-0.469	-1.549
223004	-2.255	-1.995	-0.796	0.293	-0.506
232009	-1.473	0.195	-0.077	-0.177	-0.209
234005	-2.467	-0.386	-0.423	0.392	-0.373
236010	-3.231	0.817	-0.327	1.499	-0.612
236011	-4.105	0.866	0.205	1.367	-0.984
256027	-2.362	0.342	0.092	0.045	-0.136
256029	0.268	0.207	-1.261	0.588	0.236
256030	-2.578	0.742	-0.913	0.949	0.439
259005	-2.291	0.355	-0.054	-0.301	0.435
272006	2.624	-0.951	0.335	-0.908	-0.891
278002	-0.387	0.337	0.091	2.235	-0.251
278003	-0.201	0.313	-0.129	1.864	-0.578
278004	1.019	0.377	-1.672	1.846	-0.447
283005	0.881	-0.783	0.817	-0.597	1.869
283007	3.153	-1.649	0.895	-1.61	0.564
284005	-1.324	0.178	-0.383	-0.389	-0.069
310002	-2.312	0.36	-0.085	-0.287	0.336
310004	-1.279	-0.466	0.824	-0.872	1.432
310007	0.084	-0.208	1.076	1.346	1.55
310008	-2.207	0.295	0.013	-0.345	0.352
310009	-2.272	0.326	-0.04	-0.386	0.451

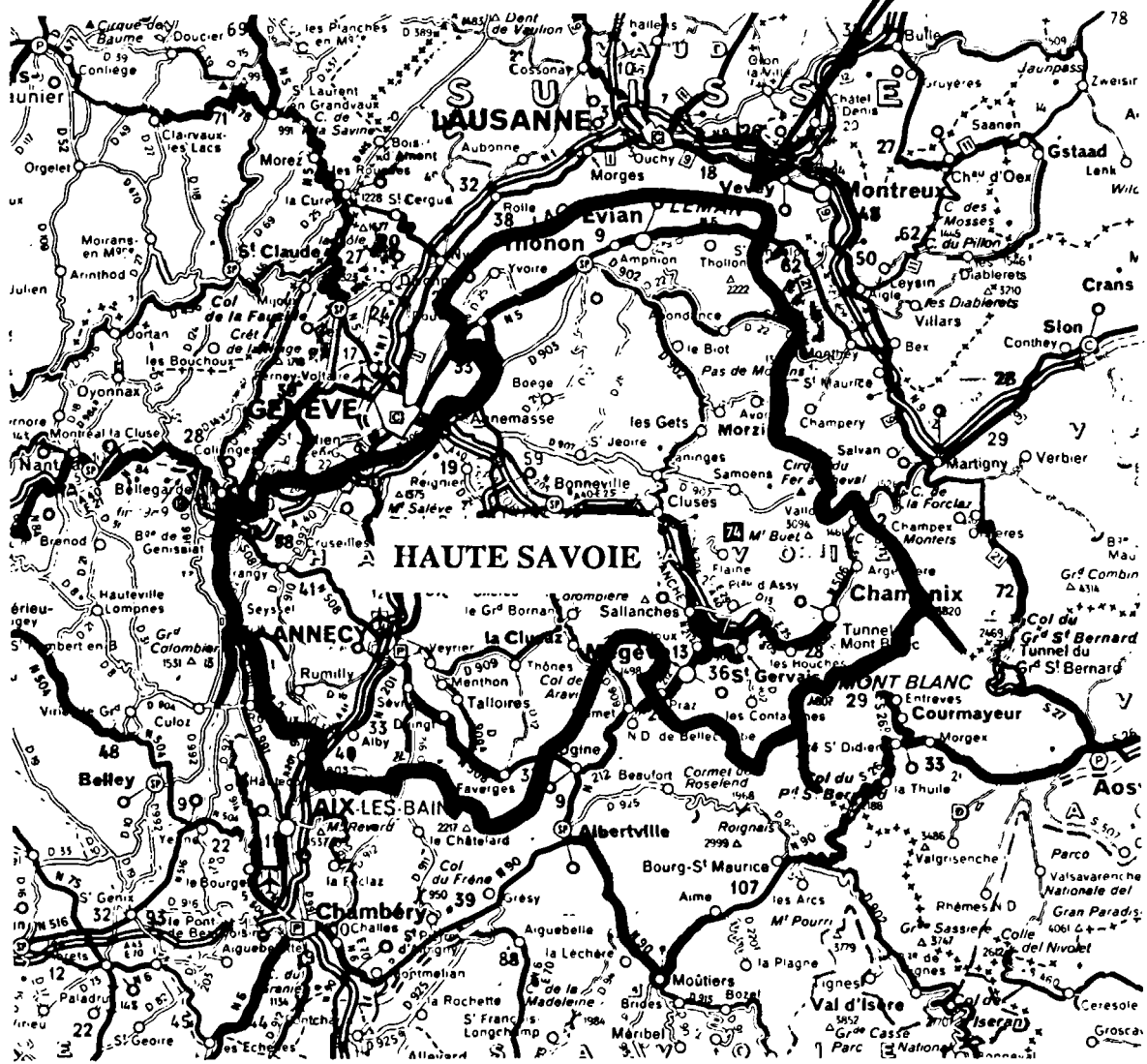
Contribution absolue des individus représentatifs des moraines et glissements de substratum aux axes F1, F2, F3, F4, F5.

6001	0.299	-0.398	0.253	-1.09	0.448
26001	-0.421	-0.128	0.018	-0.595	0.143
26002	-0.722	-0.024	-0.093	-0.724	-0.151
26014	1.782	-0.785	0.418	-0.672	-0.256
26017	1.133	-0.44	0.361	-0.49	-0.563
46001	3.616	-1.255	0.387	-2.003	-0.578
52014	0.558	-0.695	0.889	-0.716	0.739
54003	0.754	-0.656	0.373	-1.017	-0.011
54004	0.454	-0.525	0.278	-1.078	-0.171
54006	1.652	-0.679	-0.053	-1.236	-0.597
55002	3.748	-0.601	0.357	0.918	-5.764
55003	3.721	-0.497	0.301	1.562	-5.927
76001	1.907	-0.641	0.406	-0.007	0.308
97004	-1.133	-0.208	0.719	-0.137	0.073
142001	5.226	-1.289	-0.357	-1.289	-2.653
142003	3.443	-0.991	-0.44	-2.012	-1.662
142004	5.027	-1.346	-0.756	-1.911	-2.992
142005	4.654	-1.737	0.582	-1.463	-0.215
161016	4.051	-1.184	-0.383	-1.287	-1.652
170002	2.333	-0.965	0.493	-0.533	0.395
170003	1.265	-0.583	-0.013	-0.725	-0.703
170004	1.752	-1.046	0.552	-0.889	-0.315
170006	1.15	-0.55	-0.071	-0.89	-0.477
177003	-2.507	0.363	0.263	0.353	-0.015
177004	-0.283	-0.118	0.203	-0.143	-0.612
202002	1.954	-0.924	0.229	-1.634	0.392
233003	2.417	-0.852	-0.145	-1.683	-0.489
233004	3.905	-1.066	-0.301	-1.521	-1.468
233005	4.862	-1.366	-0.527	-1.979	-2.077
272003	1.191	-0.801	0.212	-1.378	-0.143
272004	0.75	-0.679	0.733	-0.771	0.266
272005	0.266	-0.341	0.292	-0.523	-0.626
272007	1.691	-1.132	1.087	-0.526	0.654
272008	1.235	0.222	-0.235	-0.601	-1.191
274009	2.853	-1.153	0.609	-0.538	0.124
283001	1.301	-0.597	0.212	0.705	0.442
283002	-0.029	-0.142	0.091	-0.386	0.438
283003	-0.144	-0.273	0.356	-0.529	0.181
283004	-0.068	-0.183	0.573	0.157	-0.05
283005	0.881	-0.783	0.817	-0.597	1.869
283007	3.153	-1.649	0.895	-1.61	0.564
292018	3.401	-1.168	1.156	0.127	-0.158

Contribution absolue des individus représentatifs de la molasse aux axes F1, F2, F3, F4, F5.



Echelle: 1/100 000



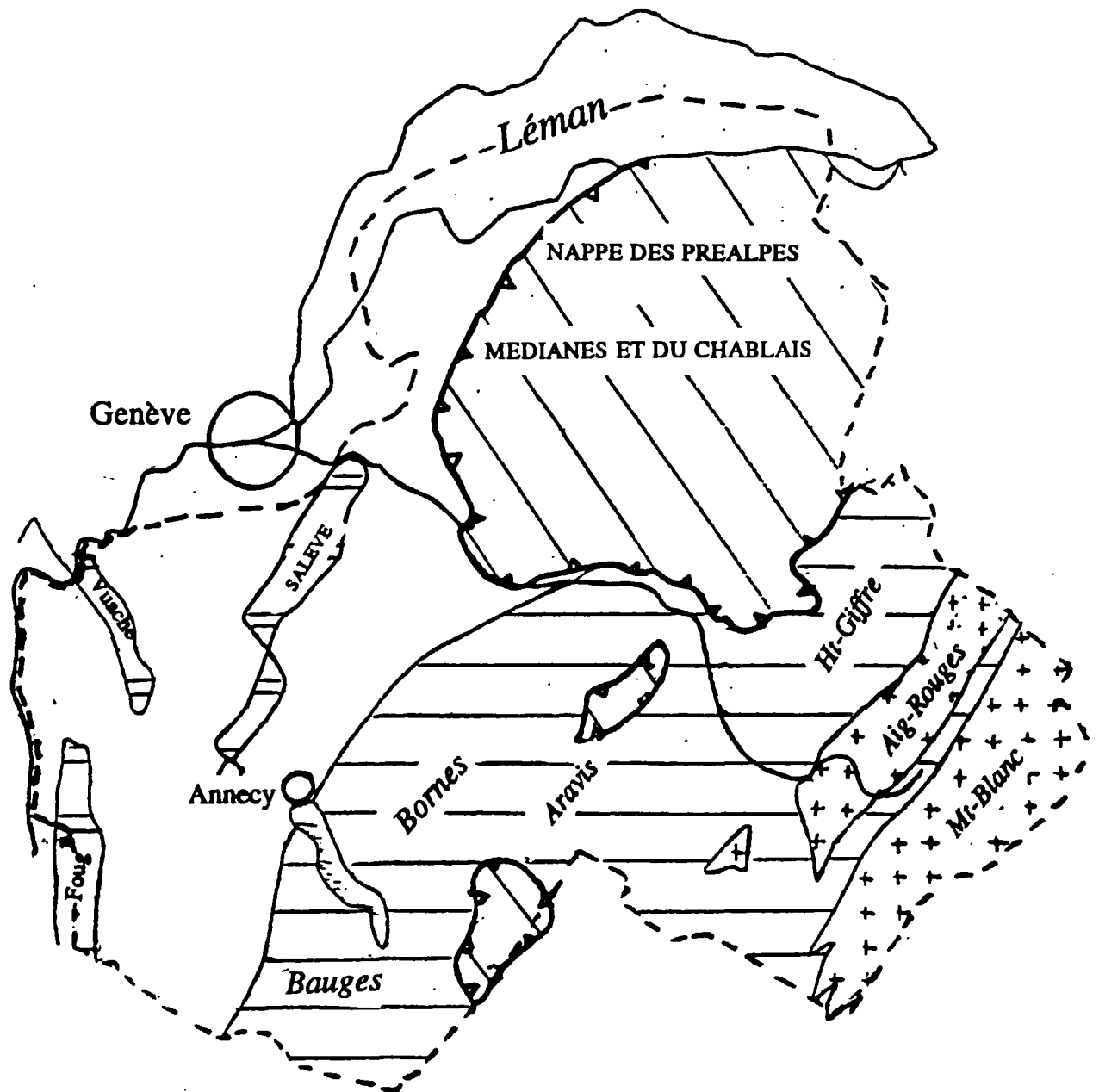
R 37005 RHA 4S 93








SYNTHÈSE HYDROGÉOLOGIQUE DU DÉPARTEMENT DE LA HAUTE-SAVOIE

Figure 1

PLAN DE SITUATION



LEGENDE

-  Avant pays molassique.
-  Préalpes médianes
-  Massifs cristallins externes
-  Zone dauphinoise
-  Chevauchement pennique frontal

R 37005 RHA 4S 93




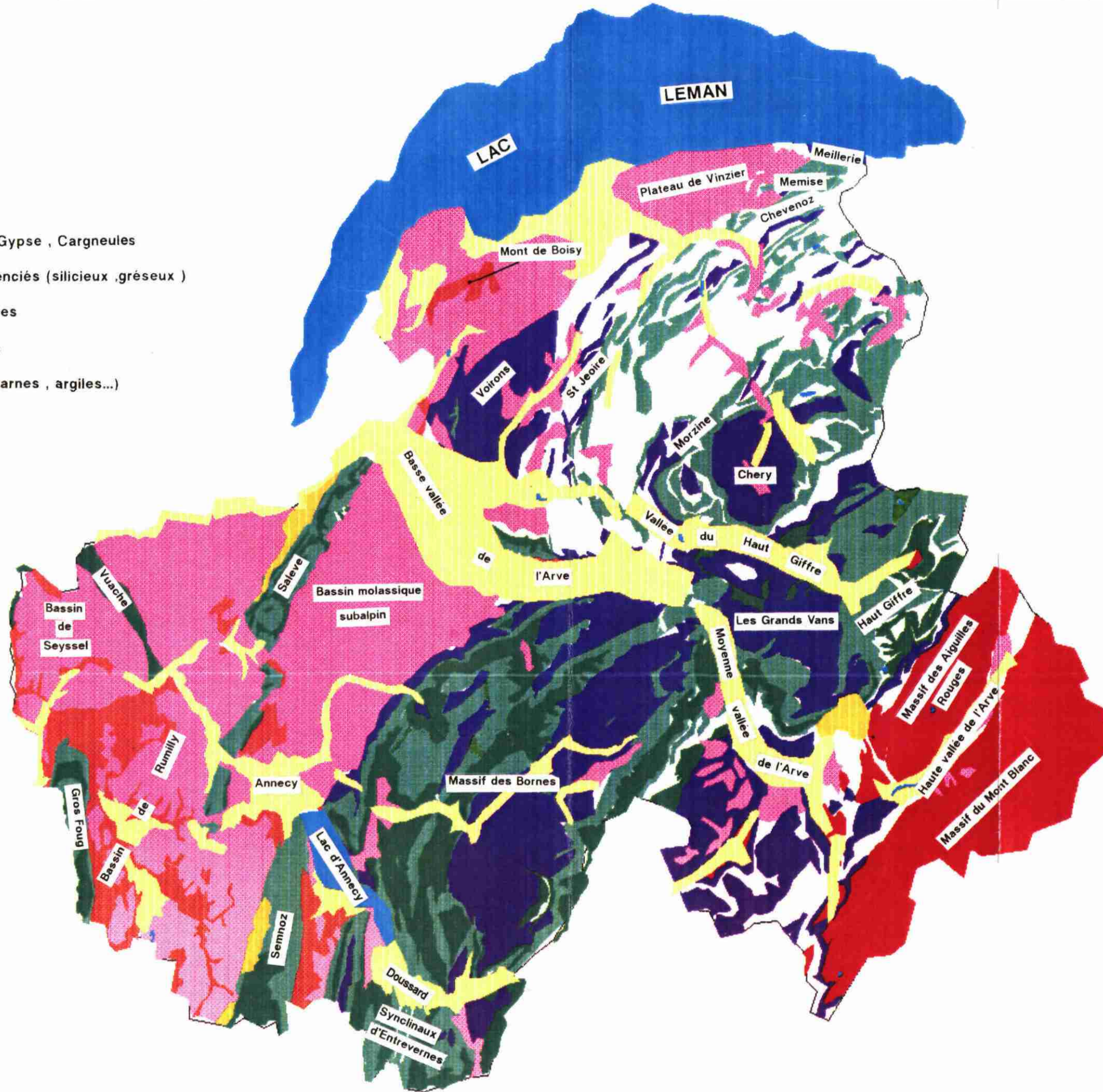
SYNTHESE HYDROGEOLOGIQUE DU DEPARTEMENT DE LA HAUTE-SAVOIE

SCHEMA DES UNITES GEOLOGIQUES

Figure 2

Figure 3

-  Eboulis
-  Alluvions
-  Moraine
-  Molasse
-  Schistes , Grès , Gypse , Cagneules
-  Calcaires indifférenciés (silicieux ,gréseux)
-  Calcaires karstiques
-  Massifs cristallins
-  Imperméables (marnes , argiles...)



SYNTHESE HYDROGEOLOGIQUE DU DEPARTEMENT DE LA HAUTE-SAVOIE






CARTE GEOLOGIQUE SIMPLIFIEE

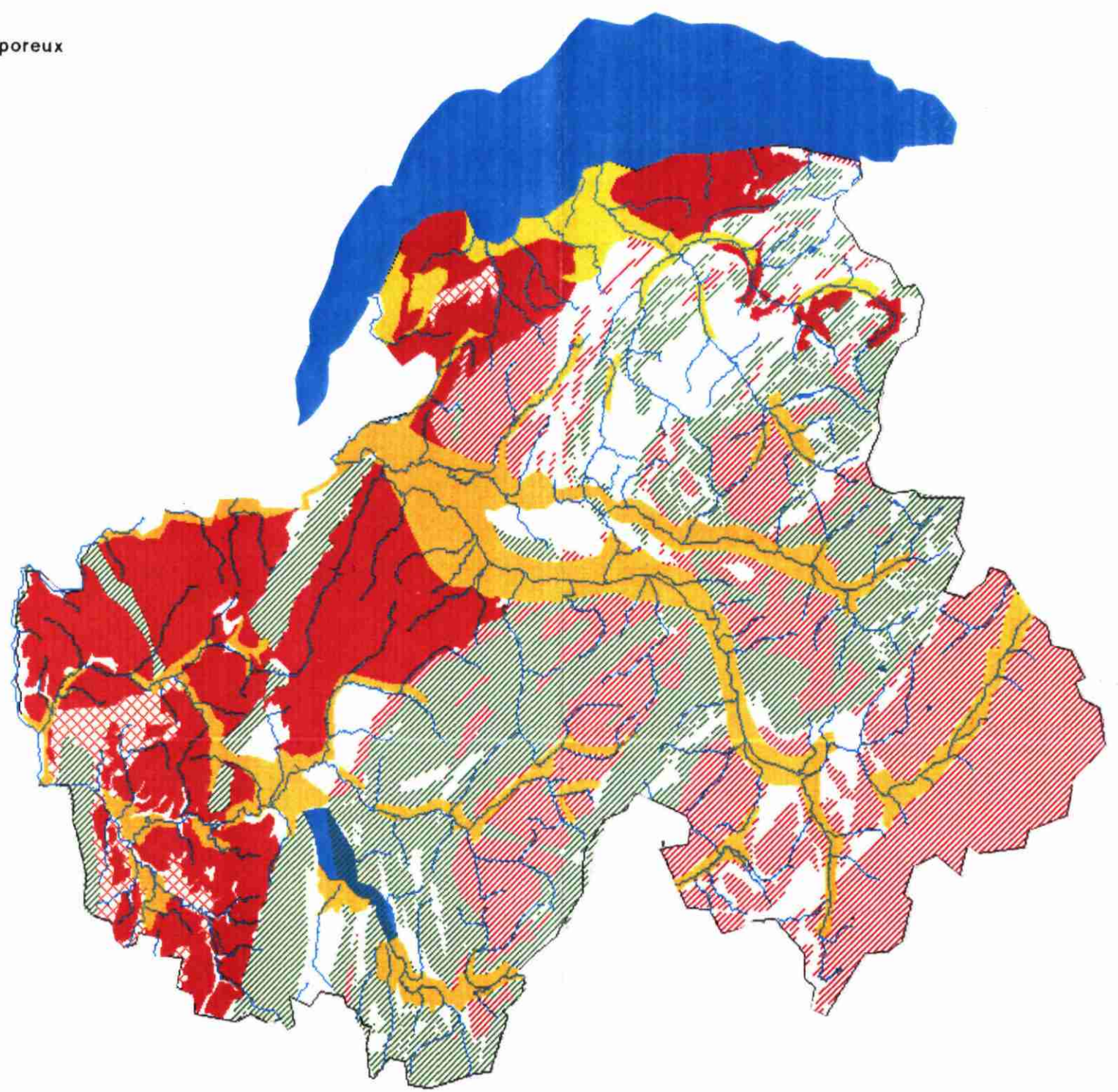
R 37005 RHA 4S 93



Figure 4

LEGENDE

-  Alluvions
 -  Moraine
 -  Molasse
 -  Aquifères de type karstiques
 -  Aquifères de type fissurés
- } Aquifères de type poreux



SYNTHESE HYDROGEOLOGIQUE DU DEPARTEMENT DE LA HAUTE-SAVOIE

LES GRANDES UNITES HYDROGEOLOGIQUES

R 37005 RHA 4S 93



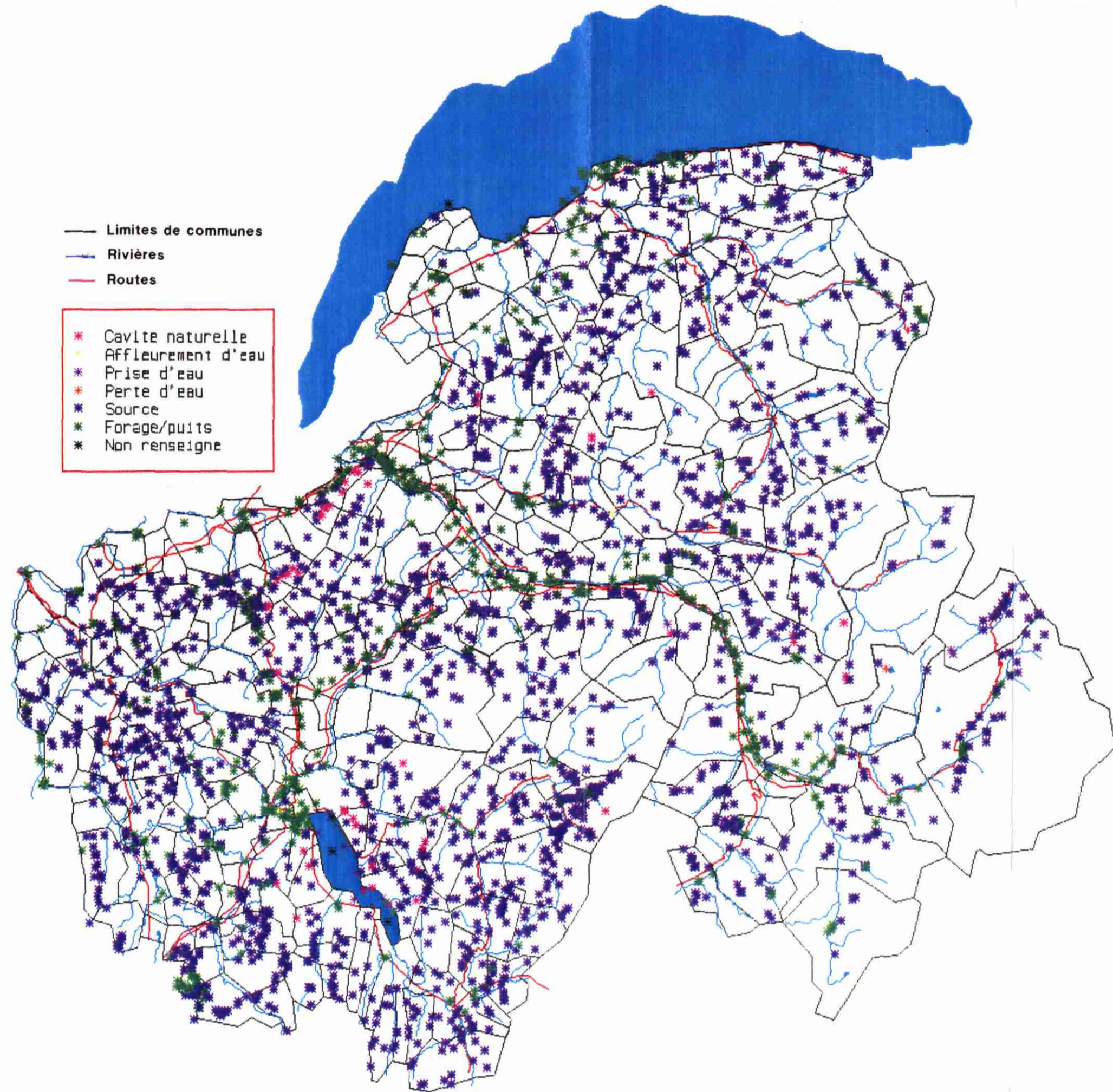


Figure 5

SYNTHESE HYDROGEOLOGIQUE DU DEPARTEMENT DE LA HAUTE-SAVOIE

LOCALISATION DES POINTS D'EAU

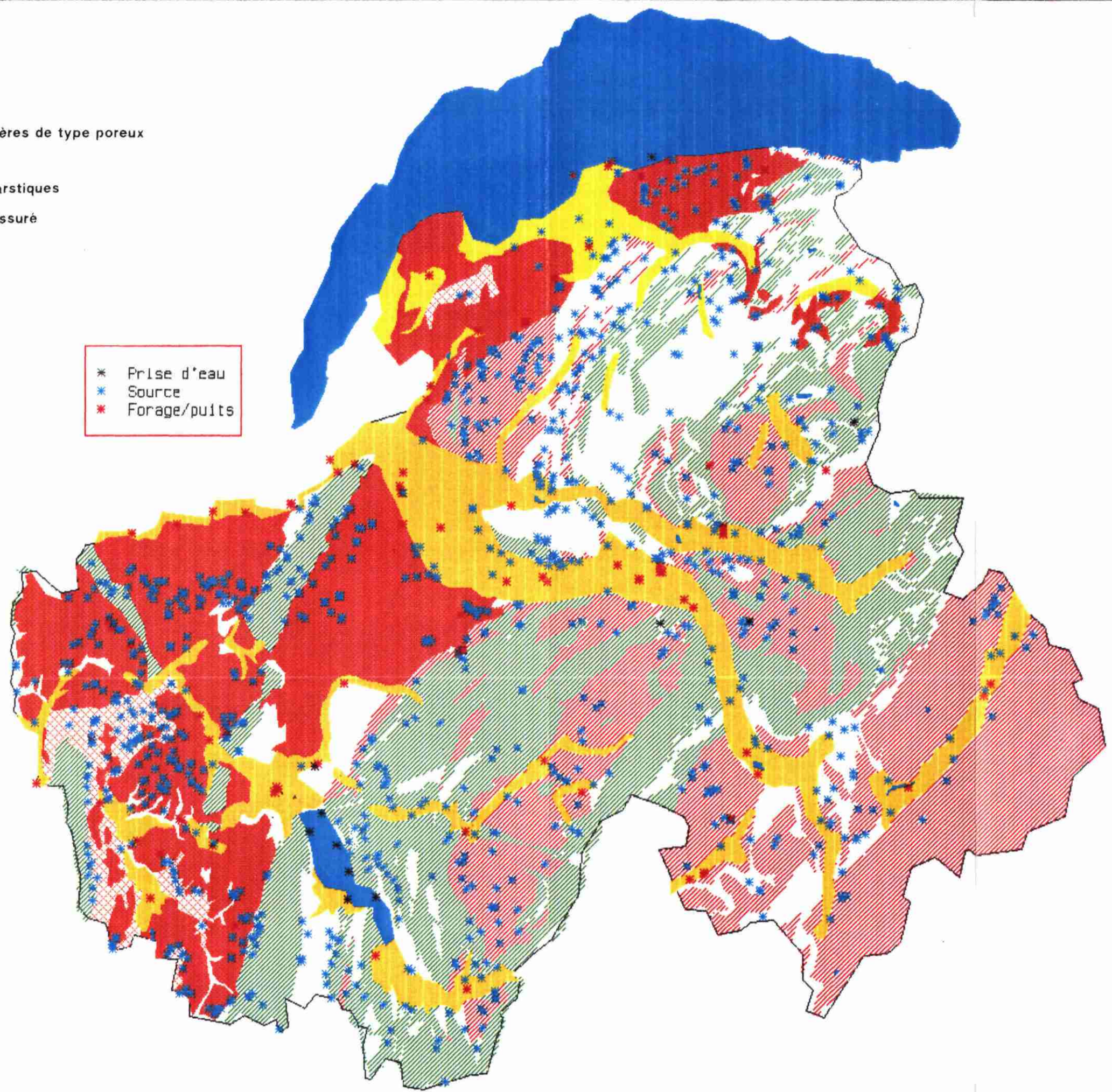
R 37005 RHA 4S 93



LEGENDE

- Alluvions
 - Moraine
 - Molasse
 - Aquifères de type karstiques
 - Aquifères de type fissuré
- } Aquifères de type poreux

- * Prise d'eau
- * Source
- * Forage/puits

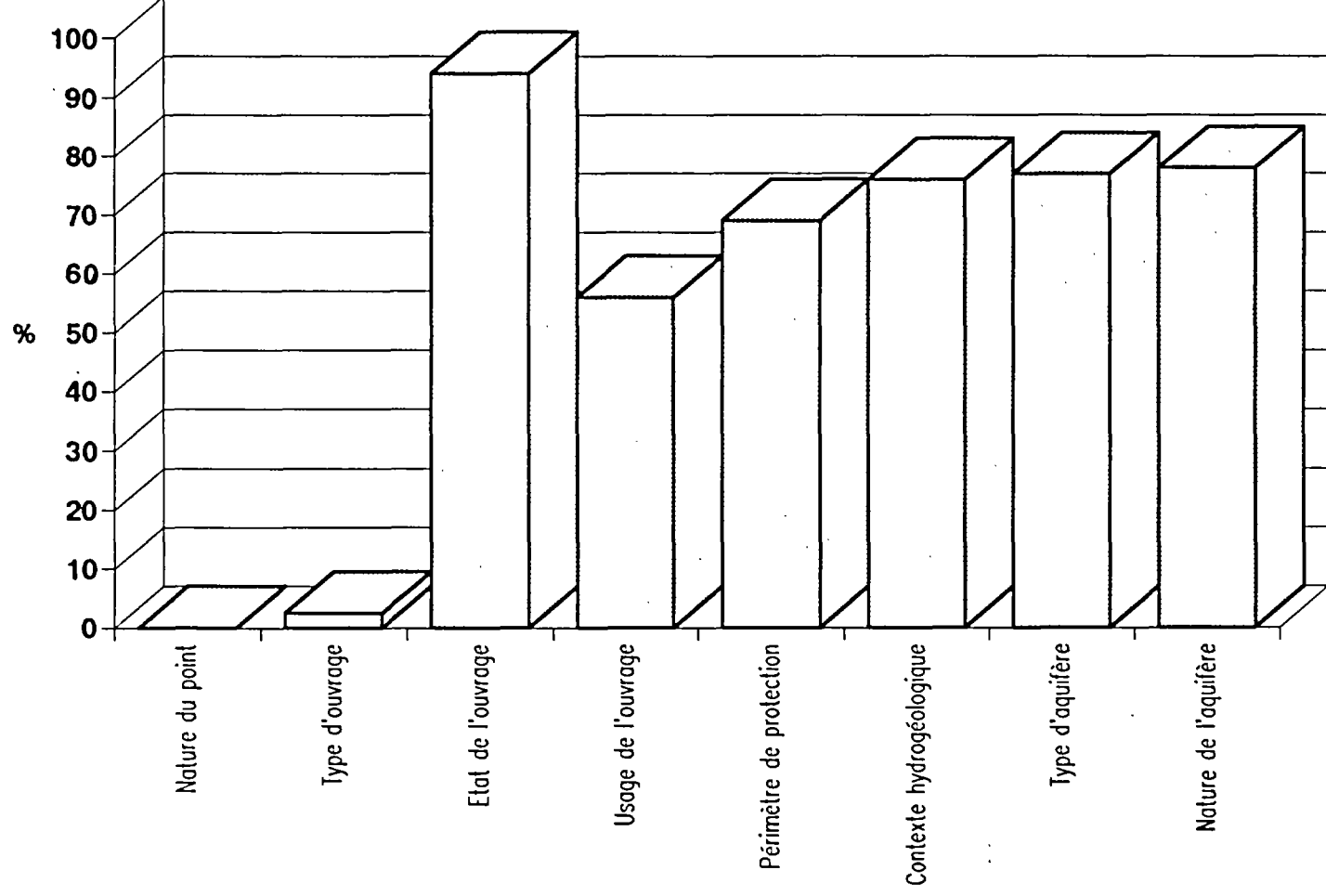


SYNTHESE HYDROGEOLOGIQUE DU DEPARTEMENT DE LA HAUTE-SAVOIE

LOCALISATION DES POINTS D'EAU DESTINES A L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE

R 37005 RHA 4S 93





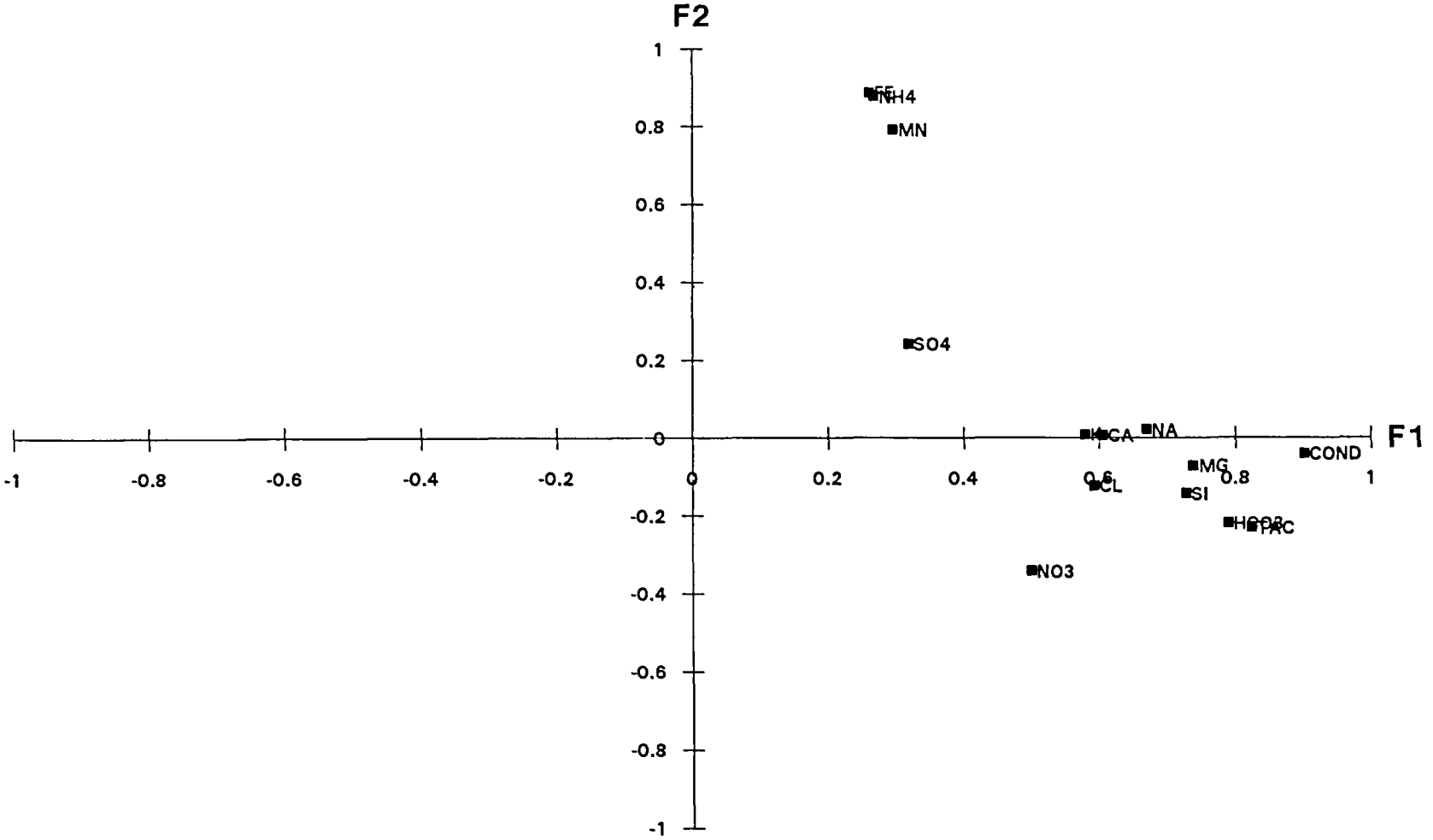


R 37005 RHA 4S 93

ACP: PROJECTION DES VARIABLES
DANS LE PLAN F1-F2

SYNTHESE HYDROGEOLOGIQUE DU DEPARTEMENT DE LA HAUTE-SAVOIE

Figure 8

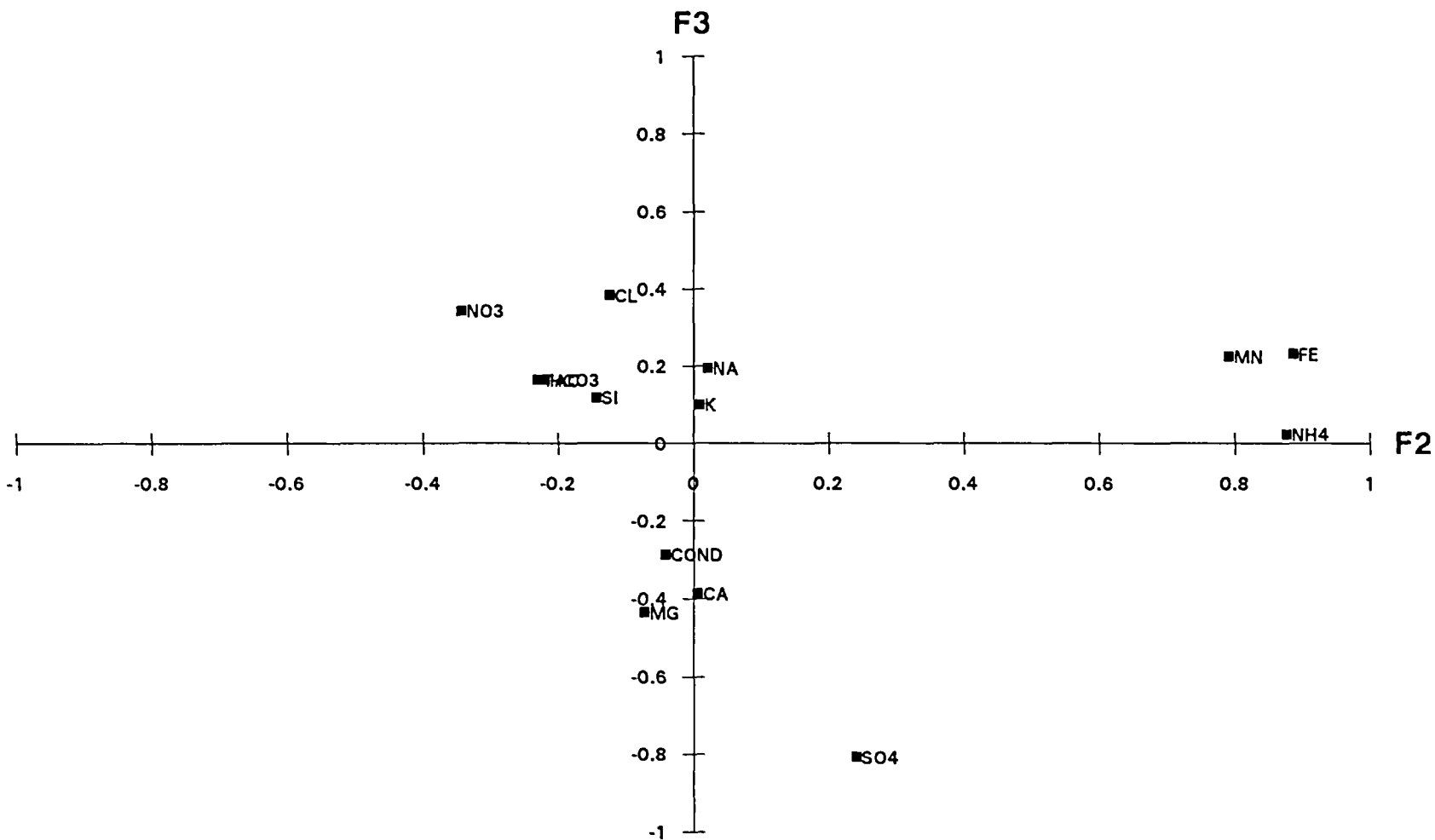




R 37005 RHA 4S 93

SYNTHESE HYDROGEOLOGIQUE DU DEPARTEMENT DE LA HAUTE-SAVOIE
ACP: PROJECTION DES VARIABLES
DANS LE PLAN F2-F3

Figure 8'



- Série 1: Aquifères alluviaux
- △ Série 2: Moraines
- * Série 3: Fluvio. molasse
- Série 4: Karst
- ◇ Série 5: Alluvions moraines, Moraine calcaire, Moraine, Eboulis, Glissement substratum

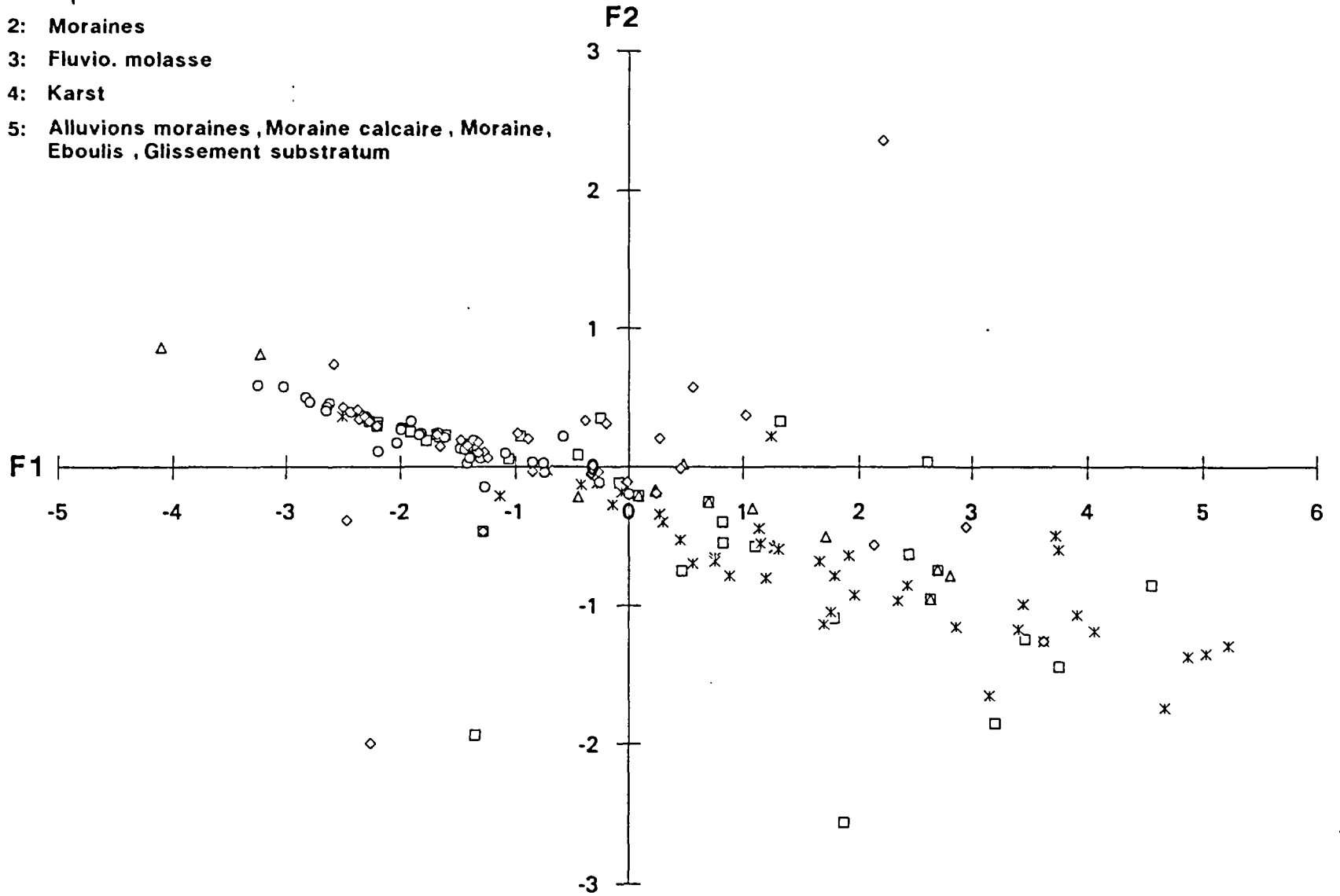


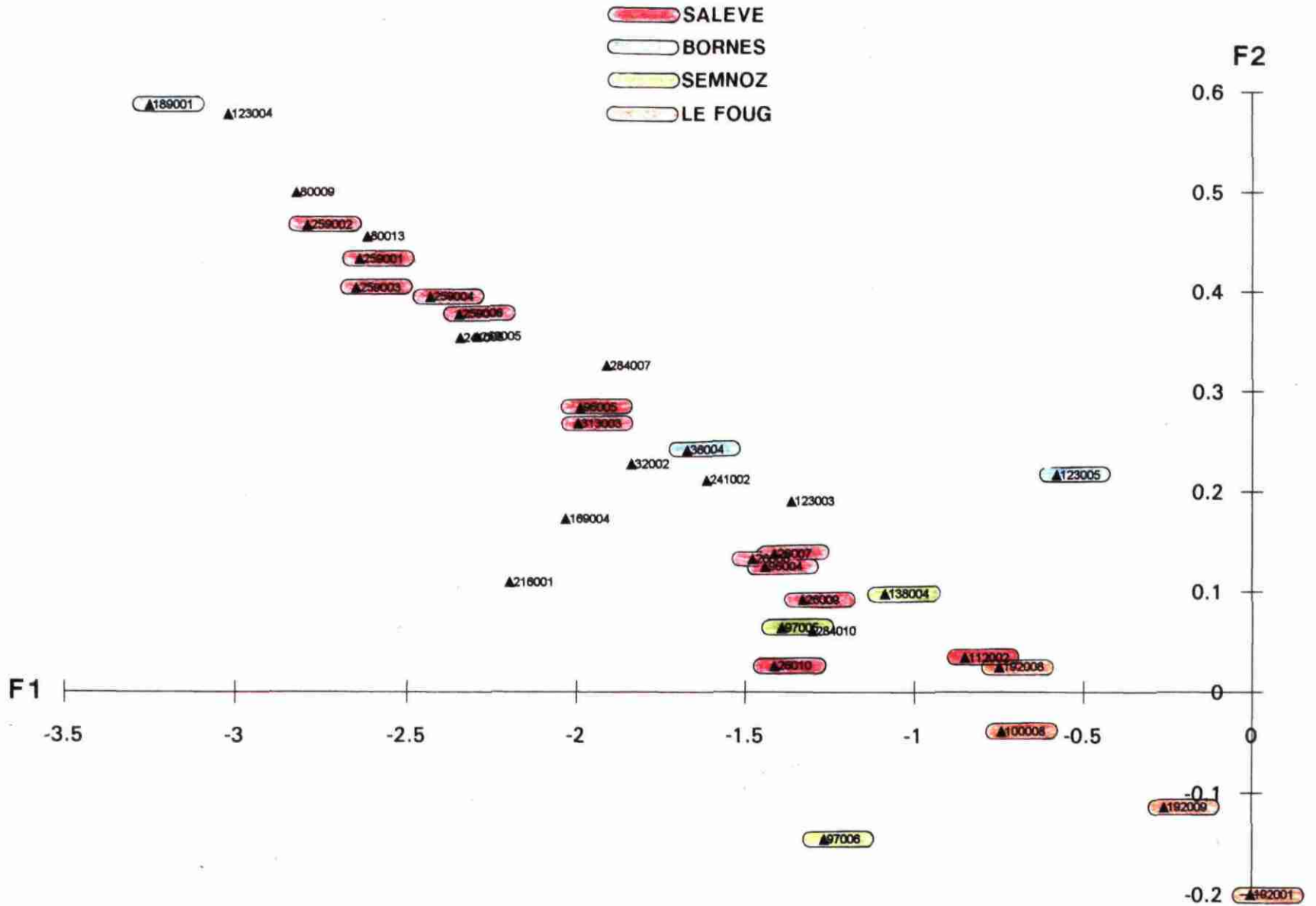
Figure 9






R 37005 RHA 4S 93

SYNTHESE HYDROGEOLOGIQUE DU DEPARTEMENT DE LA HAUTE-SAVOIE
ACP: PROJECTION DES INDIVIDUS REPRESENTATIFS
DU KARST DANS LE PLAN F1-F2

Figure 10



-  Fluvio. molasse
-  Eboulis+molasse
-  Molasse

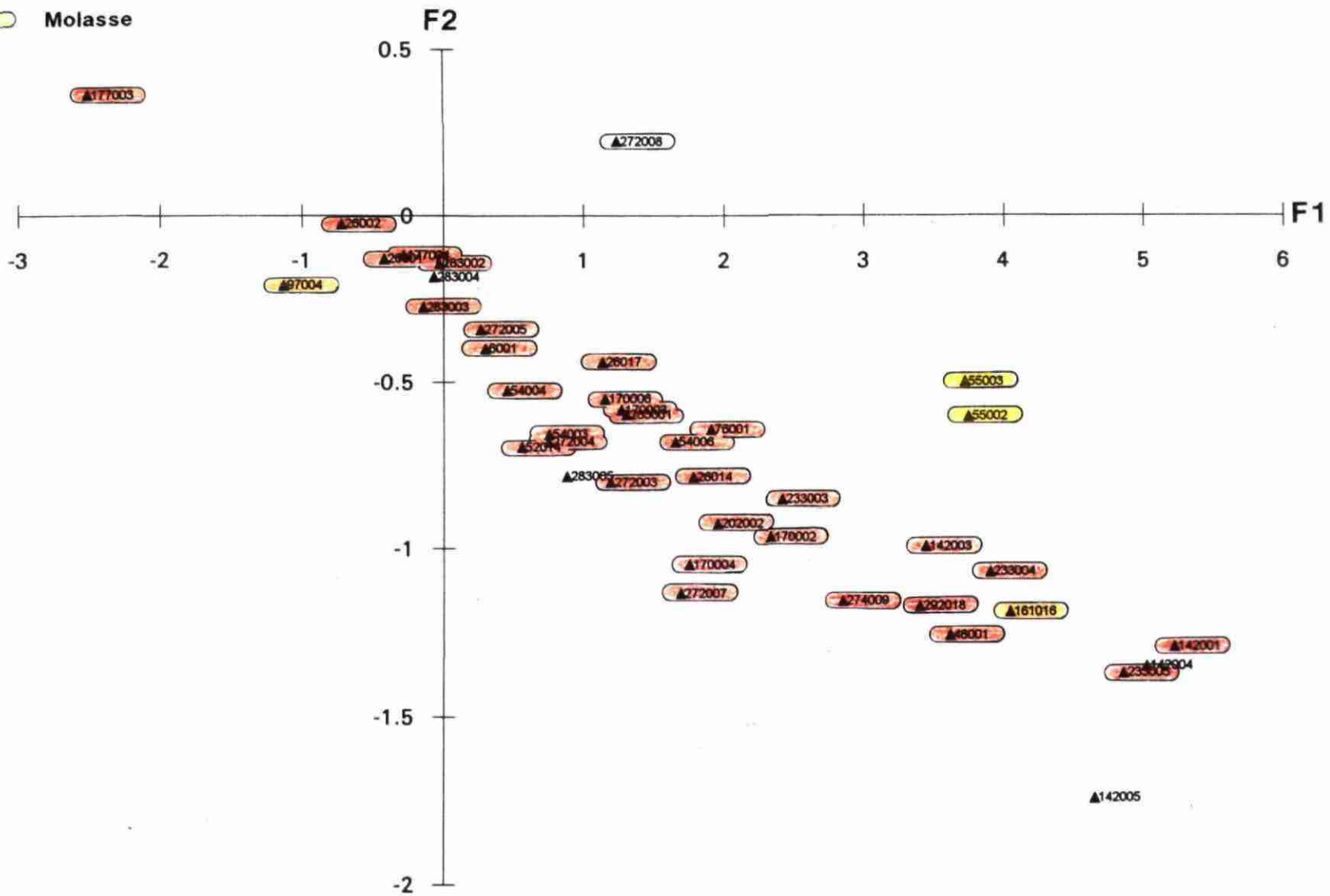


Figure 11



R 37005 RHA 4S 93

SYNTHESE HYDROGEOLOGIQUE DU DEPARTEMENT DE LA HAUTE-SAVOIE
ACP: PROJECTION DES INDIVIDUS REPRESENTATIFS
DES ALLUVIONS DANS LE PLAN F1-F2

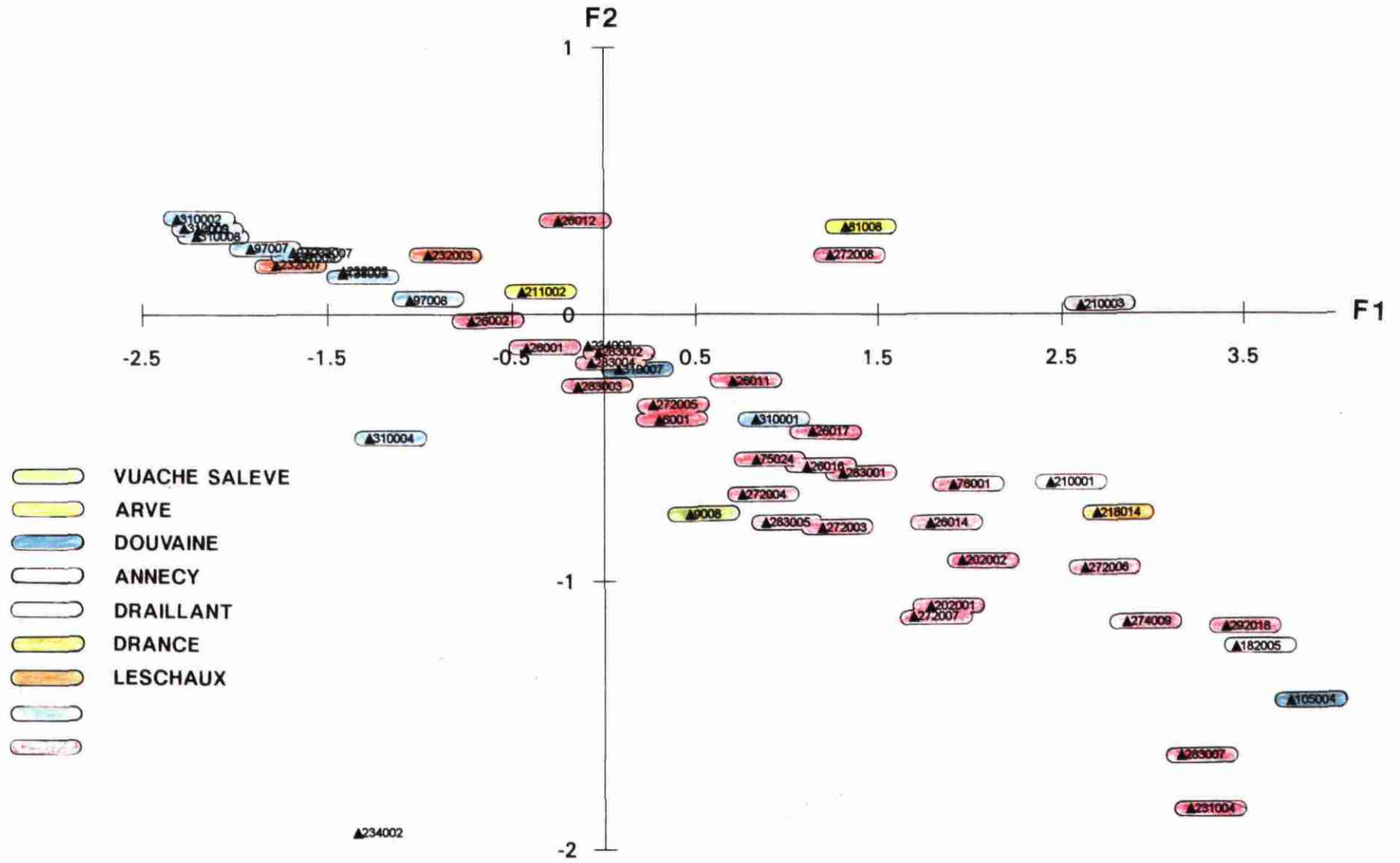


Figure 12

SYNTHESE HYDROGEOLOGIQUE DU DEPARTEMENT DE LA HAUTE-SAVOIE
**ACP: PROJECTION DES INDIVIDUS REPRESENTATIFS
 DE LA MORAINES DANS LE PLAN F1-F2**

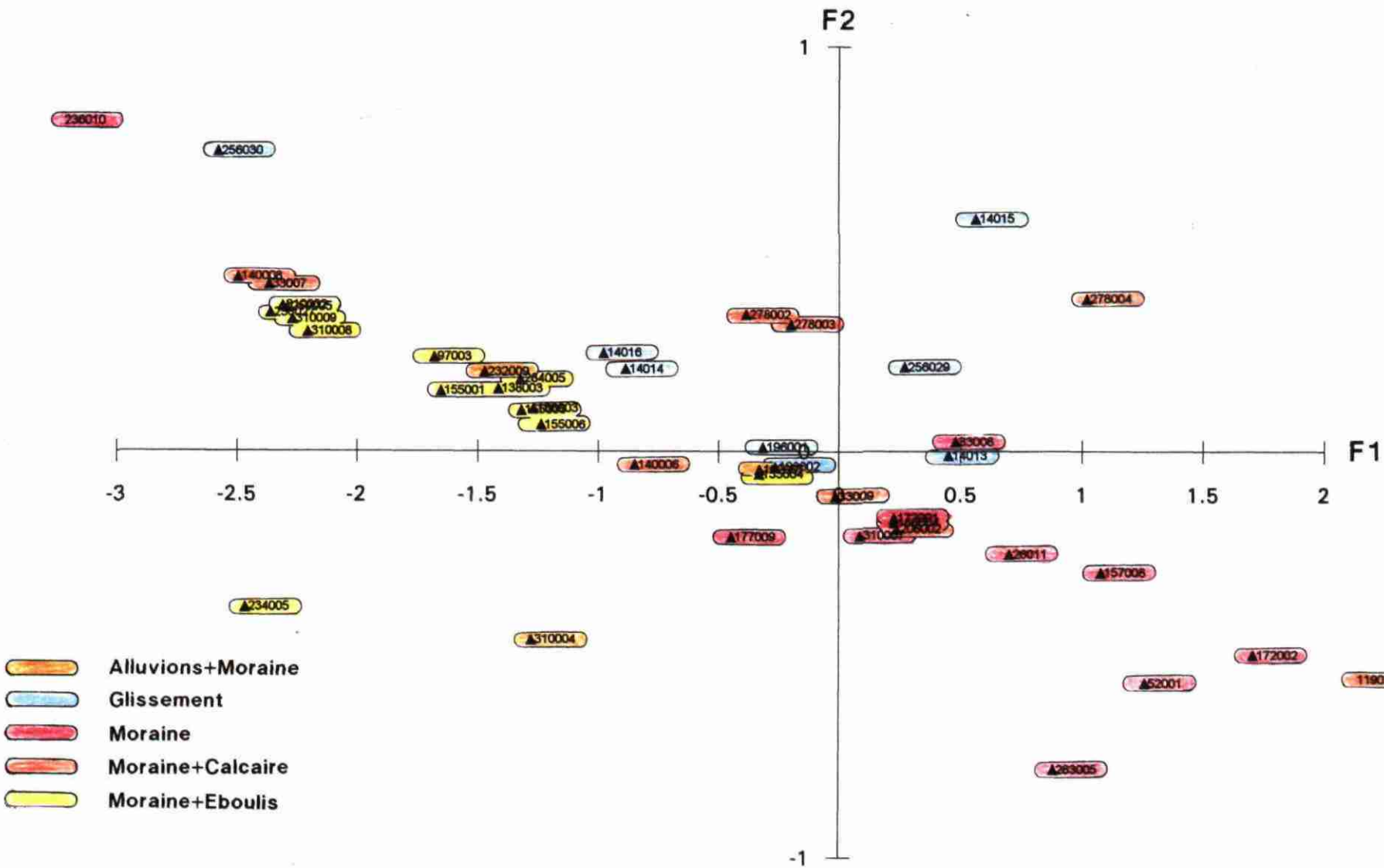
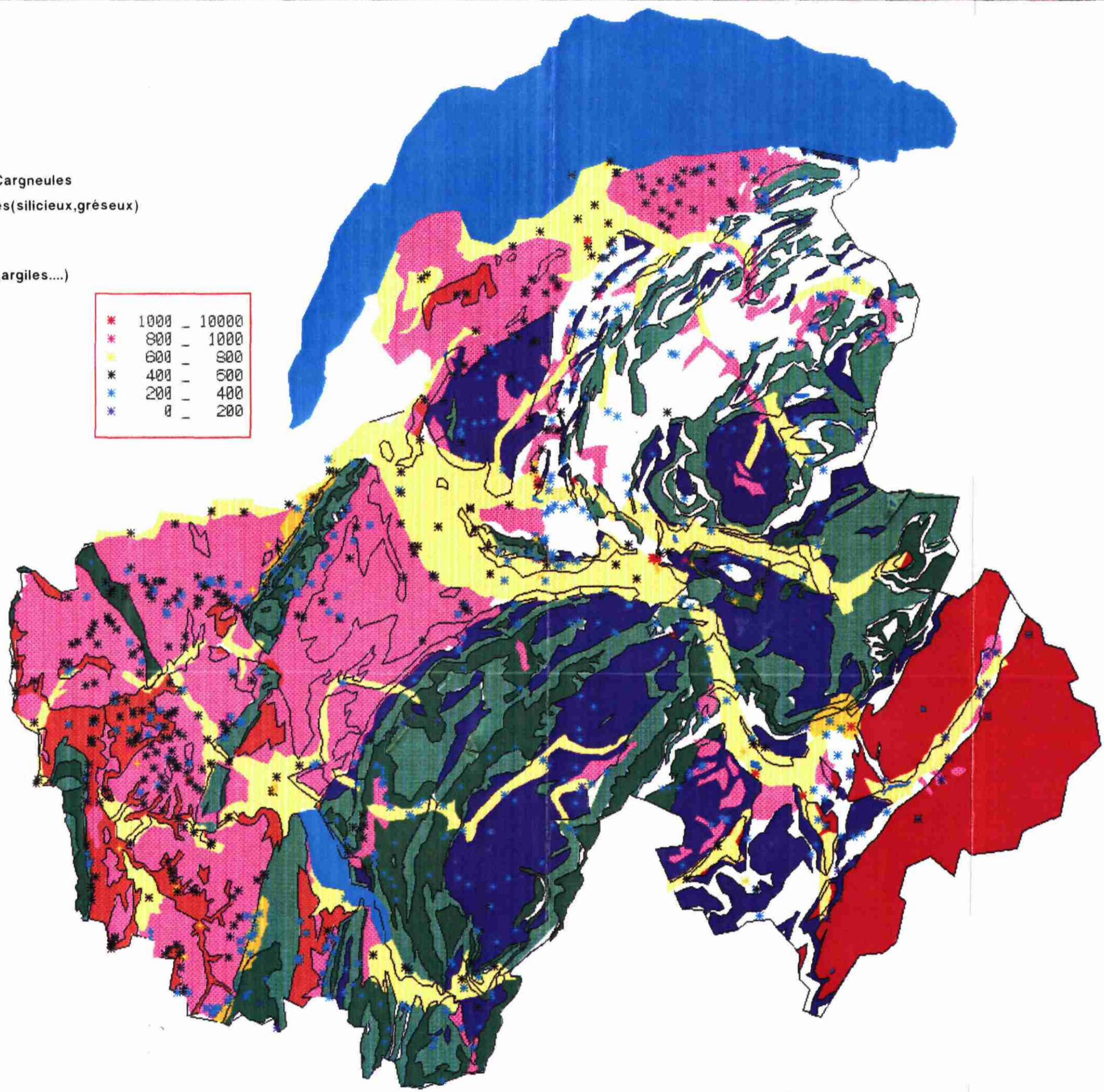


Figure 13

Figure 14

- Eboulis
- Alluvions
- Moraine
- Molasse
- Schistes, Grès, Gypse, Cargneules
- Calcaires indifférenciés (silicieux, gréseux)
- Calcaires karstiques
- Massifs cristallins
- Imperméables (marnes, argiles....)

* (black)	1000	-	10000
* (red)	800	-	1000
* (yellow)	600	-	800
* (black)	400	-	600
* (blue)	200	-	400
* (black)	0	-	200



SYNTHÈSE HYDROGÉOLOGIQUE DU DÉPARTEMENT DE LA HAUTE-SAVOIE






CONDUCTIVITÉ DES EAUX







R 37005 RHA 4S 93

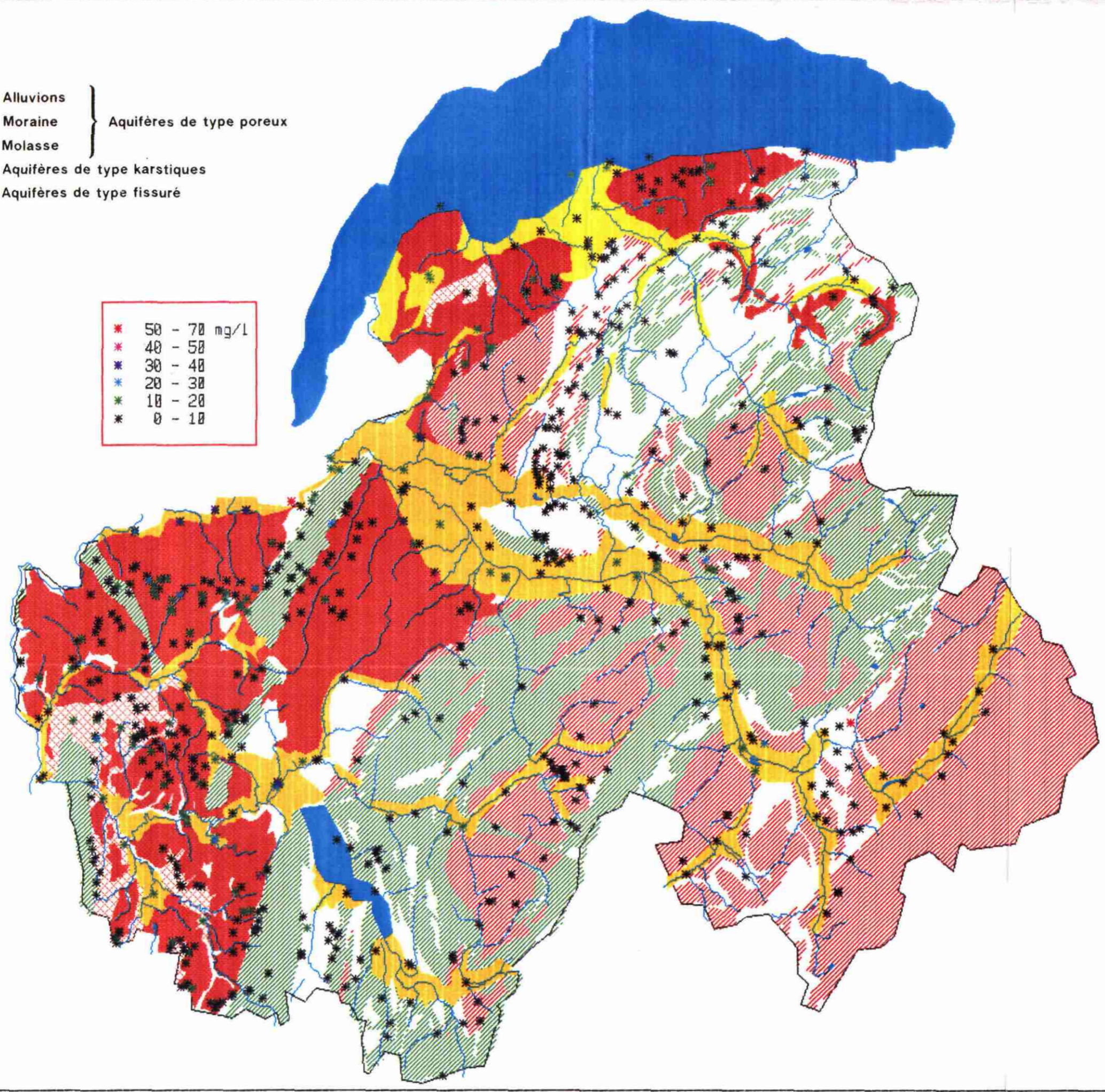


BRGM

Figure 15

-  Alluvions
 -  Moraine
 -  Molasse
 -  Aquifères de type karstiques
 -  Aquifères de type fissuré
- } Aquifères de type poreux

	50 - 70 mg/l
	40 - 50
	30 - 40
	20 - 30
	10 - 20
	0 - 10



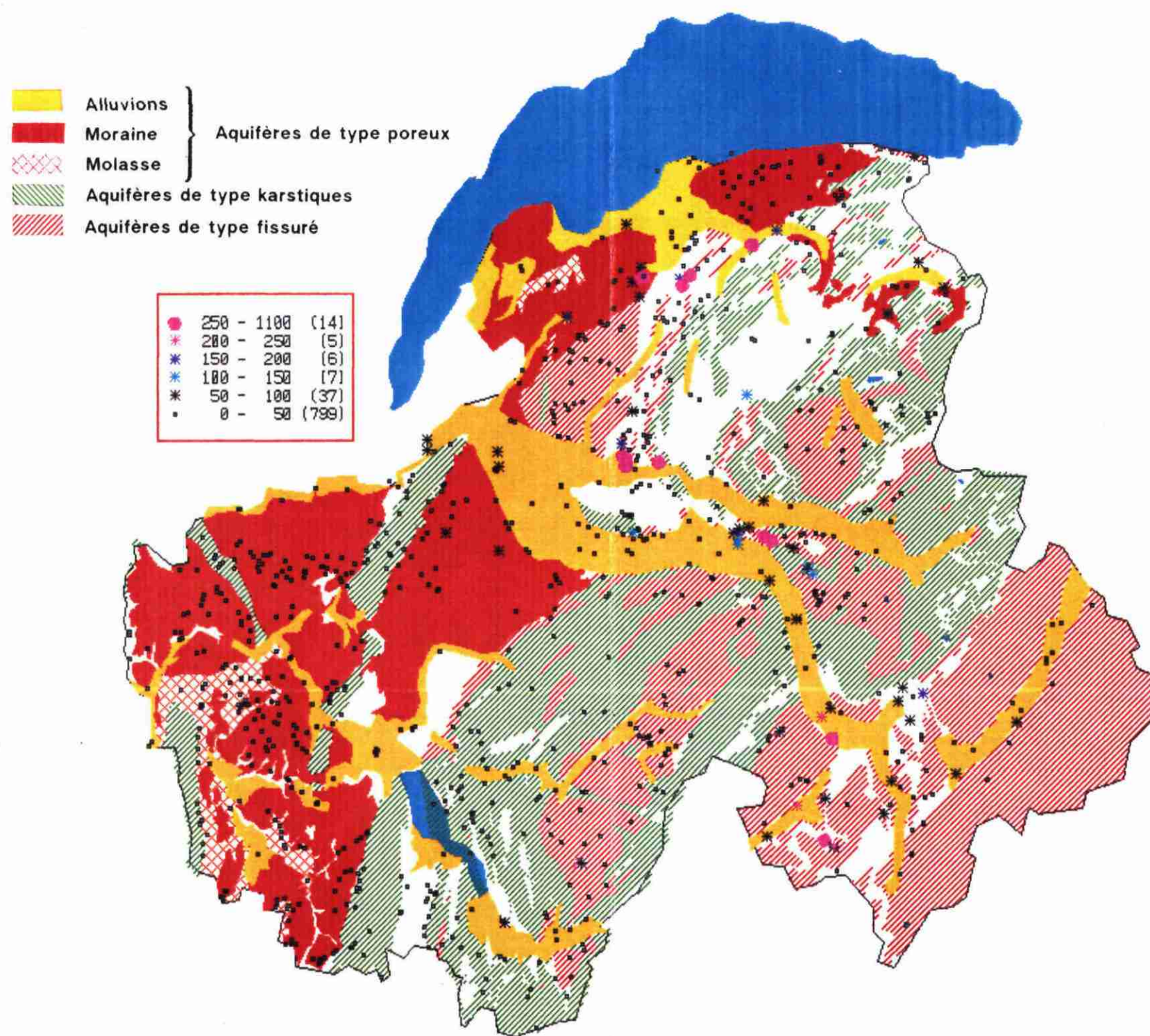
SYNTHÈSE HYDROGÉOLOGIQUE DU DÉPARTEMENT DE LA HAUTE-SAVOIE

CARTE DES TENEURS EN CHLORURES DES EAUX

R. 37005 RHA 4S 93








Figure 16









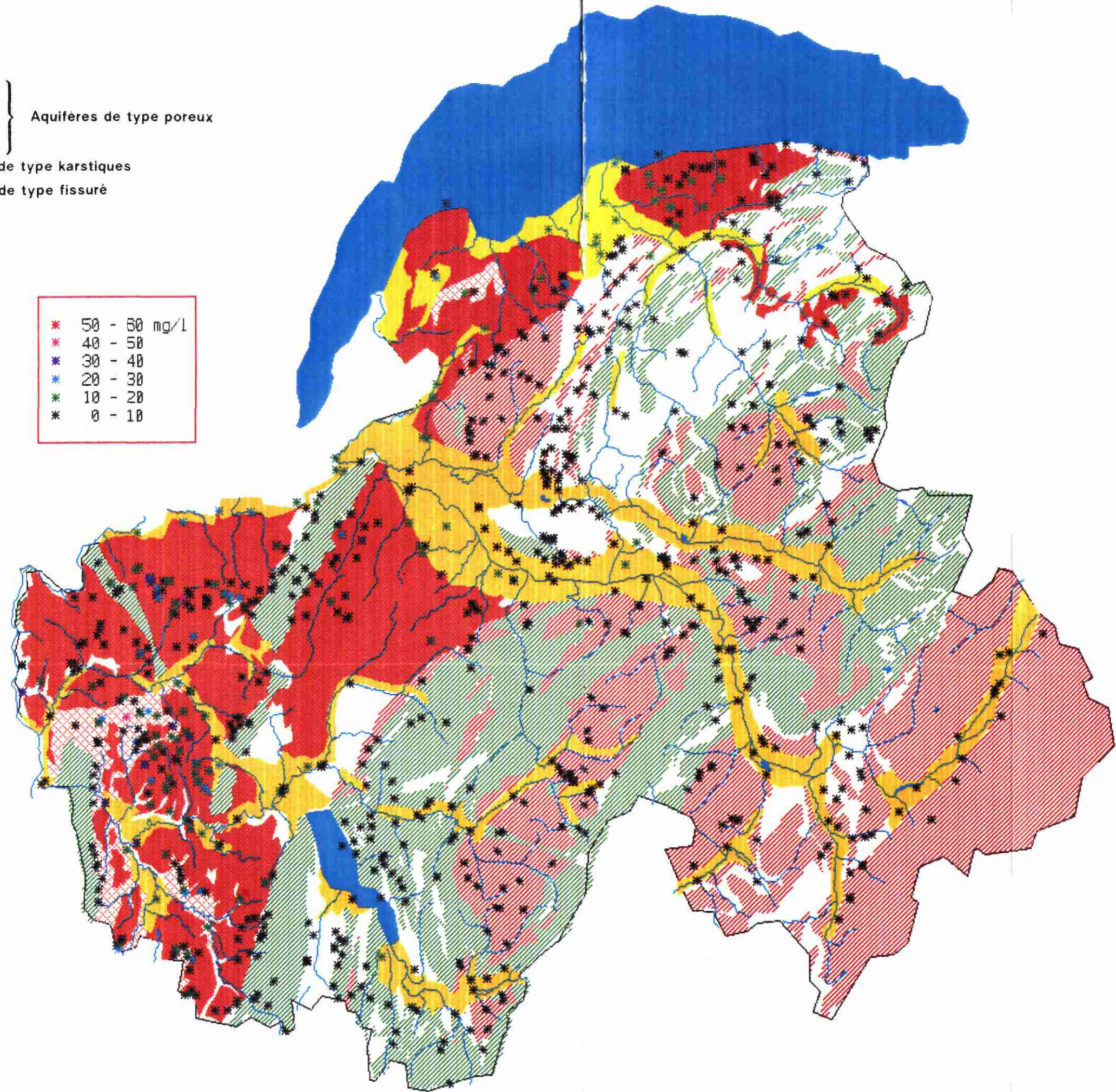
SYNTHÈSE HYDROGÉOLOGIQUE DU DÉPARTEMENT DE LA HAUTE-SAVOIE

CARTE DES TENEURS EN SULFATES DES EAUX

Figure 17

-  Alluvions
 -  Moraine
 -  Molasse
 -  Aquifères de type karstiques
 -  Aquifères de type fissuré
- } Aquifères de type poreux

-  50 - 60 mg/L
-  40 - 50
-  30 - 40
-  20 - 30
-  10 - 20
-  0 - 10



SYNTHÈSE HYDROGÉOLOGIQUE DU DÉPARTEMENT DE LA HAUTE-SAVOIE

CARTE DES TENEURS EN NITRATES DES EAUX

R 37005 RHA 4S 93



Figure 18

DEBIT EXPLOITE

■	300 - 400	l/s	(1)
■	200 - 300		(2)
■	100 - 200		(5)
■	50 - 100		(4)
■	10 - 50		(35)
■	0,01 - 10		(106)

DEBIT NATUREL

●	25 - 120	l/s	(5)
●	20 - 25		(1)
●	15 - 20		(6)
●	10 - 15		(9)
●	5 - 10		(36)
●	0,01 - 5		(391)

