



BRGM

MINISTERE DE L'INDUSTRIE ET DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE  
Direction Régionale de l'Industrie et de la Recherche  
LORRAINE

15, Rue Claude Chappe  
57071 - METZ CEDEX

AGENCE DE L'EAU RHIN-MEUSE  
"Le Longeau"  
Rozerieulles  
57161 - MOULINS -LES-METZ

Etude de la délimitation des zones salées  
de la nappe des Grès du Trias Inférieur  
dans l'Est Mosellan par Modélisation hydrochimique

Y. BABOT  
J. CHEVALIER

Janvier 1991  
R 32004 LOR 4S 91

**Etude de la délimitation des zones salées de la nappe des  
Grès du Trias Inférieur dans l'Est Mosellan par Modélisation hydrochimique**

Y. BABOT - J. CHEVALIER

R 32004 LOR 4S 91

**R E S U M E**

La nappe des Grès du Trias Inférieur, essentielle réserve profonde en eau potable du plateau lorrain, présente des teneurs en chlorures élevées (jusqu'à 2.500 mg/l au niveau de Sarre-Union/Domfessel) par rapport aux normes de potabilité européennes, sur une bonne partie de l'Est Mosellan.

Une série de simulations hydrodynamiques puis hydrochimiques à l'aide des logiciels MARTHEMU et SESAME développés par le BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES (BRGM) a été effectuée sur une durée de 40.000 ans (âge maximal relevé par datation isotopique sur les eaux de la nappe des Grès).

Ces simulations, basées sur l'injection de chlorures au droit de systèmes faillés de directions générales Nord-Ouest/Sud-Est et Sud-Ouest/Nord-Est, n'ont pu donner de résultats satisfaisants que par l'adjonction d'un écran étanche qui pourrait correspondre à un faisceau de failles colmatées et séparant :

- un compartiment central d'eaux salées (Sarrebourg - Munster - Fénétrange - Sarre-Union - Sarralbe) ;

- un compartiment Ouest d'eaux douces (secteur de Dieuze - Morhange).

Les données fournies par les forages, les prospections géophysiques (notamment rapport BRGM n° R 31260 LOR 4S 90) et le modèle hydrochimique permettent d'élaborer une carte de zonation des chlorures en termes A.E.P. au sein de la nappe des G.T.I. sur le secteur concerné par l'étude.

Etude de la délimitation des zones salées de la nappe des  
Grès du Trias Inférieur dans l'Est Mosellan par Modélisation hydrochimique

Y. BABOT - J. CHEVALIER

R 32004 LOR 4S 91

S O M M A I R E

	Page
1 - INTRODUCTION.....	5
2 - HYPOTHESES SUR L'HYDRODYNAMIQUE.....	6
2.1. Généralités.....	6
2.2. Piézométrie initiale.....	7
3 - HYPOTHESES SUR L'HYDROCHIMIE.....	9
3.1. Origine des chlorures.....	9
3.2. Age des eaux dans le secteur étudié.....	9
3.3. Hypothèses de base prises pour l'élaboration du modèle hydrochimique.....	9
4 - ETAPES DE LA MODELISATION HYDRODYNAMIQUE ET HYDROCHIMIQUE	11
4.1. Première série de simulations.....	11
4.2. Mise en place d'un écran étanche et modification du positionnement des sources salines et de leur flux en chlorures.....	11
4.2.1. Ecran étanche	11
4.2.2. Sources salines	12
5 - RESULTATS DES SIMULATIONS.....	14
6 - CRITIQUE DES RESULTATS.....	15
6.1. L'écran.....	15
6.2. Régime transitoire ou permanent ?.....	15
6.3. Changements de régime hydraulique ?.....	15
6.4. Limite Ouest des eaux salées.....	16
7 - CARTOGRAPHIE PROPOSEE POUR LA SALINITE DE LA NAPPE DES GRES DU TRIAS INFERIEUR DANS L'EST MOSELLAN.....	17
8 - CONCLUSIONS.....	18

Etude de la délimitation des zones salées de la nappe des  
Grès du Trias Inférieur dans l'Est Mosellan par Modélisation hydrochimique

Y. BABOT - J. CHEVALIER

R 32004 LOR 4S 91

LISTE DES FIGURES DONNEES EN ANNEXE

(échelle des cartes : 1/250.000)

- 1 - Carte de localisation du secteur d'étude.
- 2 - Carte des principales localités.
- 3 - Forages et teneurs en chlorures.
- 4 - Mur de l'aquifère.
- 5 - Toit de l'aquifère.
- 6 - Epaisseur d'aquifère.
- 7 - Transmissivités.
- 8 - Perméabilités.
- 9 - Maillage : premières simulations.
- 10 - Piézométrie initiale calculée (thèse J.J. PERAUDIN - ENSG).
- 11 - Piézométrie initiale calculée lors des premières simulations par le modèle MARTHEMU (BRGM).
- 12 - Trajectoires des chlorures calculées lors des premières simulations par le modèle SESAME (BRGM).
- 13 - Maillage : dernières simulations (utilisation d'un écran étanche).
- 14 - Piézométrie calculée lors des dernières simulations par le modèle MARTHEMU (BRGM).
- 15 - Trajectoires des chlorures calculées lors des dernières simulations par le modèle SESAME (BRGM).
- 16 - Carte des teneurs en chlorures naturels calculée par le modèle SESAME (BRGM) : 10.000 ans après le début de l'injection.
- 17 - Idem : 20.000 ans " " " " "
- 18 - Idem : 30.000 ans " " " " "
- 19 - Idem : 40.000 ans " " " " "
- 20 - Carte de zonation probable, en chlorures, des eaux de la nappe des G.T.I. d'après les résultats des forages, de la géophysique et du modèle hydrochimique.

## 1 - INTRODUCTION

La nappe des Grès du Trias Inférieur constitue la principale réserve profonde d'eau potable du plateau lorrain, à l'Est de la Vallée de la Moselle ; mais elle présente dans l'Est du département une grande zone avec des eaux inutilisables du fait de leur forte salinité (chlorures). Plusieurs échecs de forages à vocation AEP ont ainsi été subis depuis le début du siècle et sur deux forages récents situés en bordure de cette zone minéralisée.

Afin de préciser l'extension de ces zones minéralisées et leur mécanisme hydrochimique, l'Agence Lorraine du BRGM, à la demande de l'AGENCE DE L'EAU RHIN-MEUSE, a effectué une prospection géophysique sur les zones faillées amont et une modélisation hydrochimique de la salinité naturelle de la nappe des GTI.

La prospection géoélectrique dans le secteur de Moussey à Fénétrange a fait l'objet du rapport BRGM n° R 31260 LOR 4S 90 (Juillet 1990).

La modélisation, faisant l'objet du présent rapport, concerne le secteur délimité par les localités de Lunéville - Blâmont - Sarrebourg - Sarre-Union - Sarreguemines - Forbach - Saint-Avold et Faulquemont, correspondant pour l'essentiel à l'Est Mosellan.

Le financement de cette opération a été assuré par l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse et le Ministère de l'Industrie (Mission de Service Public affectée au BRGM).

## 2 - HYPOTHESES SUR L'HYDRODYNAMIQUE

### 2.1. Généralités (figures 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8)

Les simulations effectuées ont été réalisées sur modèle aux différences finies MARTHEMU (Modélisation d'Aquifère par une maillage Rectangulaire en régime Transitoire pour le calcul Hydrodynamique des Ecoulements, version MULTICOUCHEs), développé par le BRGM, intégrant les caractéristiques suivantes :

\* Modèle bidimensionnel plan monocouche comportant :

- 768 mailles de taille 2,5 x 2,5 km, dont
- 104 mailles contour de taille 2,5 x 2,5 km, à potentiel imposé.

\* La nappe des Grès du Trias Inférieur est en grande partie captive dans le secteur étudié, sauf dans l'angle Nord-Ouest (boutonnière de Saint-Avold - Forbach).

\* Les conditions aux contours prises sont :

- à l'Ouest : la zone à partir de laquelle les grès plongent rapidement et où la nappe des grès commence à acquérir une minéralisation importante en chlorures (Lunéville - Faulquemont). Cette limite correspond grossièrement à une ligne de courant ;
- au Sud (à hauteur de Lunéville) : la zone immédiatement en amont des premières zones minéralisées ;
- à l'Est : la limite d'affleurement des grès (Phalsbourg - Domfessel) ;
- au Nord : les cotes de drainage naturel en nappe libre imposées par la Sarre et son affluent la Rosselle.

\* Les données de base (cotes du toit et du mur de l'aquifère, perméabilités, cotes imposées et cotes de drainage) sont fournies par le modèle général réalisé par J.J. PERAUDIN dans le cadre de sa thèse (Ecole Nationale Supérieure de Géologie de Nancy, 1983 - mise à jour en 1986).

\* Calcul sur un régime permanent moyen d'une piézométrie initiale de la nappe avant toutes exhaures artificielles au niveau de forages ou de mines.

## 2.2. Piézométrie initiale (figures 10 et 11)

La piézométrie avant toutes exhaures, calculée à l'aide du modèle MARTHEMU du BRGM est proche de celle donnée par le modèle de l'ENSG. Elle montre un sens d'écoulement général de la nappe du Sud vers le Nord, les aires d'alimentation les plus marquées correspondant aux zones en amont de :

- Blâmont - Domèvre-sur-Vezouze/Nitting au Sud-Est (cote piézométrique moyenne : 275 m NGF) ;

- Epping - Rohrbach-lès-Bitche au Nord-Est (cote piézométrique moyenne : 240 m NGF).

Les aires de drainage correspondent à la Sarre et à son affluent la Rosselle au Nord, dans la partie où affleurent les grès.

On note également l'importance du dôme piézométrique de Saint-Avoid (cote piézométrique moyenne : 245 m NGF), dû à une alimentation par l'infiltration d'eaux pluviales au niveau de la boutonnière d'affleurement des grès dans le haut bassin de la Rosselle.

### 3 - HYPOTHESES SUR L'HYDROCHIMIE

#### 3.1. Origine des chlorures

La principale hypothèse couramment développée dans les études et articles concernant la salinité de la nappe des Grès du Trias Inférieur est relative à l'injection des chlorures le long de grandes failles.

Cette injection pourrait se faire depuis le substratum permien (grès argileux riches en chlorures de sodium) - rapport SRAEL DES 1980-134 sur l'étude de la salinité des eaux de la nappe des GTI dans le département de la Moselle -, ou bien par lessivage des évaporites du Muschelkalk susjacent quand le rejet de ces failles est suffisant pour les placer en face du toit des Grès du Trias inférieur.

L'hypothèse de salinité à partir de grandes failles est étayée par plusieurs observations, que le sel vienne du haut (Muschelkalk) ou du bas (Permien et socle), bien que l'on ne connaisse pas d'anomalie thermique qui serait cohérente avec des remontées d'eaux salées profondes, sauf en aval de la grande faille de Vittel - Bulgnéville :

- la faille de Vittel,
- la faille de la Meurthe à Nancy,
- les failles de Moussey,
- les failles de Sarre-Union - Domfessel,
- les failles à l'Ouest du Bassin Houiller,
- les failles rhénanes côté alsacien.

Notons également que dans la zone Nord, depuis la bordure Sud du Bassin Houiller, la couverture Muschelkalk ne contient pas de sel (que du gypse et de l'anhydrite) et pourtant la nappe des grès est salée au Nord-Ouest du Bassin Houiller (Boulay - Bouzonville...).

### 3.2. Age des eaux dans le secteur étudié

Des datations des eaux de la nappe des Grès du Trias Inférieur par méthodes isotopiques ( $^{14}\text{C}$ ) ont été réalisées dans le cadre d'une première étude pour l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse/Service Régional de l'Aménagement des Eaux de Lorraine et d'une deuxième étude pour le compte du Ministère de l'Agriculture.

Celles-ci montrent (rapport SRAEL DES 1980-134) que :

- les eaux actuelles et subactuelles (âges inférieurs à 5.000 ans) ont des teneurs faibles en chlorures, inférieures à 20 mg/l, et sont proches des affleurements des GTI ;
- les eaux salées (plus de 100 mg/l) sont anciennes (10.000 ans ou plus) ;
- les eaux anciennes ne sont pas systématiquement salées (cas de Achen, Wittring, Réding, Sarreinsming, Morhange).

Il n'y aurait pas de corrélation directe entre l'âge des eaux et leur teneur en chlorures, bien que la tendance générale se traduise par une augmentation de la salinité en fonction de l'âge.

Les eaux les plus anciennes datées se localiseraient dans le secteur de Munster - Morhange - Hellimer (âges supérieurs à 25.000 ans, à 30.000 ans), zone à très faible gradient hydrodynamique.

### 3.3. Hypothèses de base prises pour l'élaboration du modèle hydrochimique

A l'aval du modèle hydrodynamique MARTHEMU a été utilisé le modèle hydrochimique SESAME (Simulation des Ecoulements de Solutés dans les Aquifères par un Modèle Equimultiple). Il présente les caractéristiques suivantes :

\* Modèle bidimensionnel plan monocouche. La plupart des forages réalisés captent la partie supérieure de l'aquifère, ce qui rend inutile dans cette première approche toute représentation de la stratification verticale dans la minéralisation des eaux qui, elle, est très peu connue dans la moitié inférieure.

\* Paramètres hydrodispersifs spécifiques :

- dispersion longitudinale :  $\alpha_L = 20$  m
- dispersion transversale :  $\alpha_T = 3$  m
- porosité totale :  $\omega = 4$  %

\* Simulation sur une durée de 40.000 ans (depuis l'origine supposée des eaux du secteur concerné de la nappe des Grès du Trias Inférieur jusqu'à l'époque actuelle) par pas de 10.000 ans.

\* Injection supposée des chlorures le long de systèmes faillés, conformément à la première hypothèse du § 3.1.

\* Drainage des chlorures majoritairement par la Sarre et secondairement par la Rosselle.

#### 4 - ETAPES DE LA MODELISATION HYDRODYNAMIQUE ET HYDROCHIMIQUE

Le calage du modèle hydrochimique a été réalisé à l'aide de nombreuses modifications du modèle hydrodynamique de base. Ci-après ne sont exposées que les principales phases du calage.

##### 4.1. Première série de simulations (figures 9, 10, 11, 12)

L'utilisation d'une piézométrie de base (sans sollicitation hydrodynamique artificielle par pompages), proche de celle calculée par l'ENSG, n'a pas donné de résultats satisfaisants.

En effet, malgré un redressement des courbes isopièzes par hausse des potentiels hydrauliques aux limites de 1 à 2 m sur les bordures Sud-Ouest du modèle, le secteur de Dieuze - Morhange, normalement caractérisé par des eaux douces, est traversé par des trajectoires calculées de chlorures.

L'essentiel des opérations qui ont suivi ont consisté en :

- une modification des trajectoires des chlorures de façon à éviter le secteur de Dieuze ;
- une implantation correcte des sources de chlorures en relation avec les nouvelles données acquises sur le terrain par la géophysique, et en un ajustement des flux de ces sources pour obtenir des concentrations avales en chlorures proches de la réalité.

##### 4.2. Mise en place d'un écran étanche et modification du positionnement des sources salines et de leur flux en chlorures (figures 13, 14, 15)

###### 4.2.1. Ecran étanche

Un redressement des courbes isopièzes, dans la limite du plausible, s'avérant insuffisant pour détourner le flux salin du secteur de Dieuze, il a été procédé à la construction dans le modèle hydrodynamique d'un écran étanche visant à séparer un compartiment central à eaux chlorurées d'un compartiment Ouest à eaux douces.

Ce rideau étanche pourrait physiquement correspondre à un faisceau de failles colmatées. L'état actuel de nos connaissances sur la nappe des Grès du Trias Inférieur ne permet pas de conclure quant à l'existence ou non d'un tel écran mais, d'une part, on se demande comment le secteur de Dieuze - Morhange, plus profond que le secteur central salé, contient de l'eau douce ; d'autre part ces failles colmatées existent ailleurs, par exemple celle de Hombourg où l'exhaure minière côté Est crée un rejet hydraulique de 100 m avec la nappe qui se maintient côté Ouest.

L'utilisation de cet artefact permet alors d'obtenir des trajectoires de chlorures beaucoup plus conformes au schéma de la limite naturelle de la nappe des grès dans l'hypothèse où tout le sel provient de zones faillées amont.

#### 4.2.2. Sources salines

Les sources salines utilisées sont les suivantes :

- failles du secteur Sud, reconnues par la géophysique :

. direction Nord-Ouest/Sud-Est = Moussey - Foulcray

. direction Sud-Ouest/Nord-Est = Foulcray - Héming - Sarrebourg -  
Goerlingen ;

- accident de direction Sud-Nord de Sarre-Union - Domfessel - Oermingen.

Ces dernières sources ont été prolongées par une branche Sud-Ouest/Nord-Est : Diedendorf - Sarre-Union (non reconnue par la géophysique), pour expliquer la présence de teneurs importantes en chlorures observée dans le secteur de Puttelange-aux-Lacs (1.800 mg/l) ou Farébersviller (1.300 mg/l).

Les quantités de chlorures injectées dans la nappe ont été adaptées pour chaque source en fonction des concentrations réelles mesurées à l'aval et des débits naturels locaux de la nappe des grès. Ces quantités sont reportées dans le tableau ci-après.

SOURCE N°	QUANTITE DE Cl <sup>-</sup> INJECTEE PAR PAS DE TEMPS (tonnes/10.000 ans)	QUANTITE ANNUELLE INJECTEE (tonnes/an)	REMARQUES
1	250.000	25	Moussey/ Foulcray
2	300.000	30	
3	450.000	45	
4	900.000	90	
5	450.000	45	Foulcray/ Héming/ Sarrebouurg/ Goerlingen
6	350.000	35	
7	300.000	30	
8	250.000	25	
9	250.000	25	
10	400.000	40	
11	450.000	45	
12	4.000.000	400	
13	4.000.000	400	Diedendorf/ Sarre-Union/ Domfessel/ Oermingen
14	4.000.000	400	
15	3.400.000	340	
16	2.700.000	270	
17	2.600.000	260	
18	700.000	70	
	TOTAL 25.750.000	TOTAL 2.575	

Le modèle SESAME utilise pour chaque pas de temps (10.000 ans) 2.575 particules de 10.000 tonnes, injectées au niveau des sources décrites dans le tableau ci-dessus.

Les quantités de sel dissoutes annuellement seraient, traduites en NaCl, de 4.250 tonnes, ce qui correspondrait à un volume de 1.800 à 2.000 m<sup>3</sup>.

## 5 - RESULTATS DES SIMULATIONS (figures 16, 17, 18, 19)

Les résultats de la modélisation hydrochimique figurent sous forme de cartes d'isoconcentrations (données en mg/l) pour 4 pas de temps : 10.000, 20.000, 30.000 et 40.000 ans.

En termes de propagation des chlorures, l'atteinte d'un régime permanent ne semble se produire qu'au-delà de 40.000 ans. Dans ces conditions, la zonation actuelle des chlorures au sein de la nappe des Grès du Trias Inférieur n'est que transitoire (à l'échelle géologique...).

Les teneurs calculées par le modèle sont moyennes et intègrent systématiquement la salinité de la nappe sur toute son épaisseur, d'où certains écarts pouvant être lus entre les valeurs calculées et les valeurs mesurées sur forages à pénétration partielle.

Les hautes teneurs (de l'ordre de 1.000 à 2.000 mg/l) observées au niveau de Puttelange-aux-Lacs seraient imputables aux importantes injections de chlorures dans la nappe des grès au niveau de Domfessel/Sarre-Union.

Dans la région centrale (Munster - Fénétrange), les teneurs de l'ordre de 500 à 1.000 mg/l seraient induites par des injections de chlorures au niveau des failles du secteur Sud (Mousse à Sarrebourg).

## 6 - CRITIQUE DES RESULTATS

### 6.1. L'écran

On atteint ainsi une certaine cohérence hydrodynamique et hydrochimique des données. Mais au prix d'une hypothèse importante sur la présence d'un écran très peu perméable au sein de l'aquifère séparant la zone d'eau douce, à l'Ouest, de la zone salée centrale, écran non reconnu à ce jour mais plausible.

### 6.2. Régime transitoire ou permanent ?

Un autre point apporté par les simulations est que la propagation du sel dans la nappe serait en régime transitoire par rapport aux datations au carbone 14 : cela signifierait que le mécanisme de minéralisation des eaux aurait débuté il y a plus de 40.000 ans. Ce phénomène est difficile à justifier car on ne connaît pas de mécanisme tectonique important dans cette région à cette époque susceptible d'initier la minéralisation le long des failles.

Ce régime transitoire actuel est lié au degré de porosité pris en compte qui retarde la progression ; si l'on met une porosité plus faible, la vitesse de transfert est plus importante ; on atteint bien alors un régime permanent dans la gamme des âges donnés par le  $^{14}\text{C}$ , mais les teneurs aval sont trop élevées, pratiquement égales à celles amont.

### 6.3. Changements de régime hydraulique ?

Il se peut qu'un autre phénomène ait joué au cours des 30.000 ans : des variations du sens d'écoulement de la nappe liées à des variations relatives des cotes des exutoires, ou bien des variations de gradient (et donc de vitesse) d'écoulement entre Vosges et Sarre, suite à la dernière déglaciation il y a 30.000 ans (une néotectonique de 10 cm/siècle fait 30 m en 30.000 ans...) ou un déficit d'alimentation amont par gel permanent du sol au cours de la dernière glaciation, aurait diminué le gradient d'écoulement, celui-ci fortement augmenté à la déglaciation et correspondant à l'âge  $^{14}\text{C}$  du puissant flux d'eau induit alors.

Nous proposons de retenir ce dernier mécanisme purement hydraulique :

- la nappe était très peu alimentée par des Vosges gelées et donc s'écoulait très peu du fait d'un très faible gradient entre les Vosges et la Sarre par baisse piézométrique sous les Vosges ;

- il a y 30.000 ans, la déglaciation permet une forte infiltration et ces eaux douces s'écoulaient vers les exutoires avec un régime analogue à l'actuel, et se minéralisent au passage de certaines grandes failles sous couverture.

Ceci laisserait entendre que, en aval de ces failles, la minéralisation va encore augmenter au cours des millénaires à venir.

#### 6.4. Limite Ouest des eaux salées

La position de l'écran étanche simulé dans le modèle et qui fait la limite Ouest des eaux salées n'est pas connue, alors que la limite Est de cette zone salée est assez bien connue.

Il serait intéressant pour l'alimentation en eau et pour le contrôle de la marge de sécurité d'eau douce, à l'Est de Dieuze, d'aller reconnaître par forage cette zone, par exemple 2 forages petit diamètre entre Dieuze et Domnom-les-Dieuze.

Il en est de même de l'inconnu entre Morhange et Faulquemont où, d'après la logique du modèle, les eaux seraient douces (mais peut être à teneur légèrement supérieure à 200 mg Cl/1...).

7 - CARTOGRAPHIE PROPOSEE POUR LA SALINITE DE LA NAPPE DES GRÈS DU TRIAS  
INFERIEUR DANS L'EST MOSELLAN (figure 20)

La synthèse des données fournies par les forages aux grès, la géophysique (notamment rapport BRGM n° R 31260 LOR 4S 909) et le modèle permettent de réaliser une carte de zonation des chlorures en termes A.E.P. au sein de la nappe des Grès du Trias Inférieur.

La carte obtenue comprend trois zones :

- une zone à eau potable, conforme aux normes A.E.P. (teneurs inférieures à 200 mg/l) ;
- une zone eau non potable (teneurs en chlorures supérieures à 200 mg/l) ;
- une zone d'incertitude, là où les données fournies par les différents moyens d'investigation ou le modèle sont trop lâches pour pouvoir être interpolés de façon fiable.

La boutonnière d'affleurement des grès (La Houve/Saint-Avold/Freyding-Merlebach/Forbach) ne fait pas l'objet de cette zonation du fait de contaminations locales dues à des phénomènes artificiels (activités industrielles).

Conformément aux hypothèses de base employées dans le modèle hydrodynamique et hydrochimique, seules les eaux des secteurs :

- Ouest (Dieuze - Morhange - Faulquemont),
- Sud et Sud-Est (en amont des failles du secteur Moussey - Sarrebourg),
- Nord-Est (Sarreguemines),

seraient exploitables du point de vue A.E.P.

## 8 - CONCLUSIONS

A partir des mesures géophysiques le long des failles amont de Moussey à Fénétrange, pour vérifier l'origine d'eau minéralisée dans la nappe des Grès du Trias Inférieur, la simulation sur modèle hydrochimique montre que l'hydrodynamique admise jusqu'à présent n'est pas compatible avec la distribution de minéralisation.

La cohérence des données hydrodynamiques et chimiques est atteinte en admettant :

- d'une part, une zone très peu perméable en limite Ouest de la zone minéralisée, "protégeant" le secteur d'eau douce de Dieuze - Morhange - Rodalbe ;
- d'autre part, un régime transitoire initié il y a environ 30.000 ans.

A ce stade de la connaissance de l'origine et de l'extension de la zone salée de la nappe des Grès du Trias Inférieur dans l'Est Mosellan, il serait intéressant de reconnaître, par forage, la minéralisation à l'Est de Dieuze, et entre Morhange et Faulquemont.

MINISTERE DE L'INDUSTRIE ET DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE  
Direction Régionale de l'Industrie et de la Recherche  
LORRAINE

15, rue Claude Chappe  
57071 METZ CEDEX

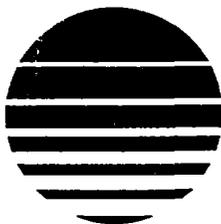
AGENCE DE L'EAU RHIN-MEUSE

Le Longeau  
Rozerieules  
57181 MOULINS LES METZ

**ETUDE DE LA DELIMITATION DES ZONES SALEES  
DE LA NAPPE DES GRES DU TRIAS INFERIEUR  
DANS L'EST MOSELLAN PAR MODELISATION HYDROCHIMIQUE**

**ANNEXES**

R 32004 LOR 4S 91



**BRGM**  
L'ENTREPRISE AU SERVICE DE LA TERRE



Modèle nappe des G.T.I.  
LOCALISATION DU SECTEUR D'ETUDE  
Coordonnées kilométriques Lambert I  
Echelle 1:250.000

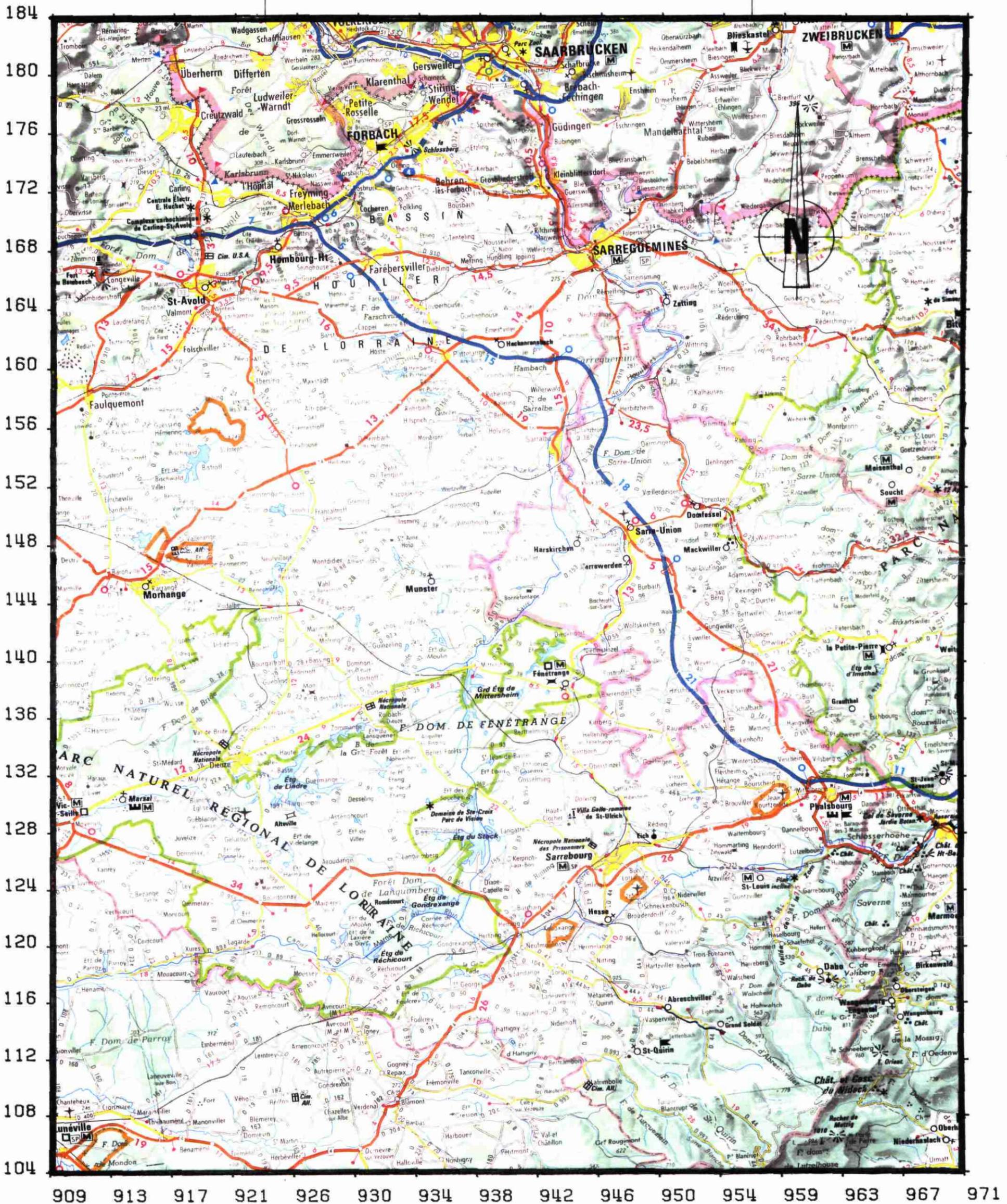


Figure 1 : carte de localisation du secteur d'étude

Modèle nappe des G.T.I. : principales localités

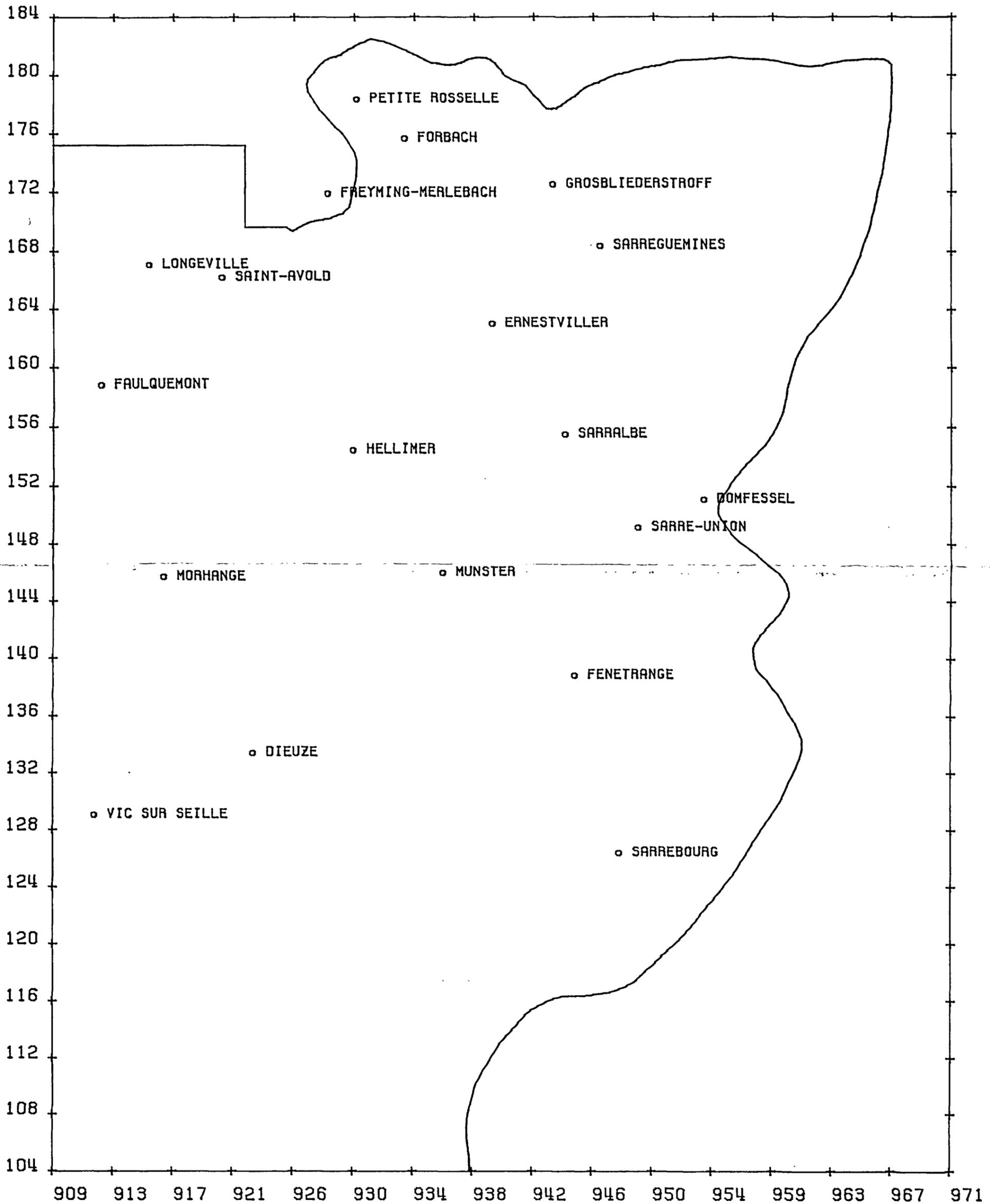


Figure 2 : carte des principales localités

Modele nappe des G.T.I. : Forages et teneurs en chlorures (mg/l)

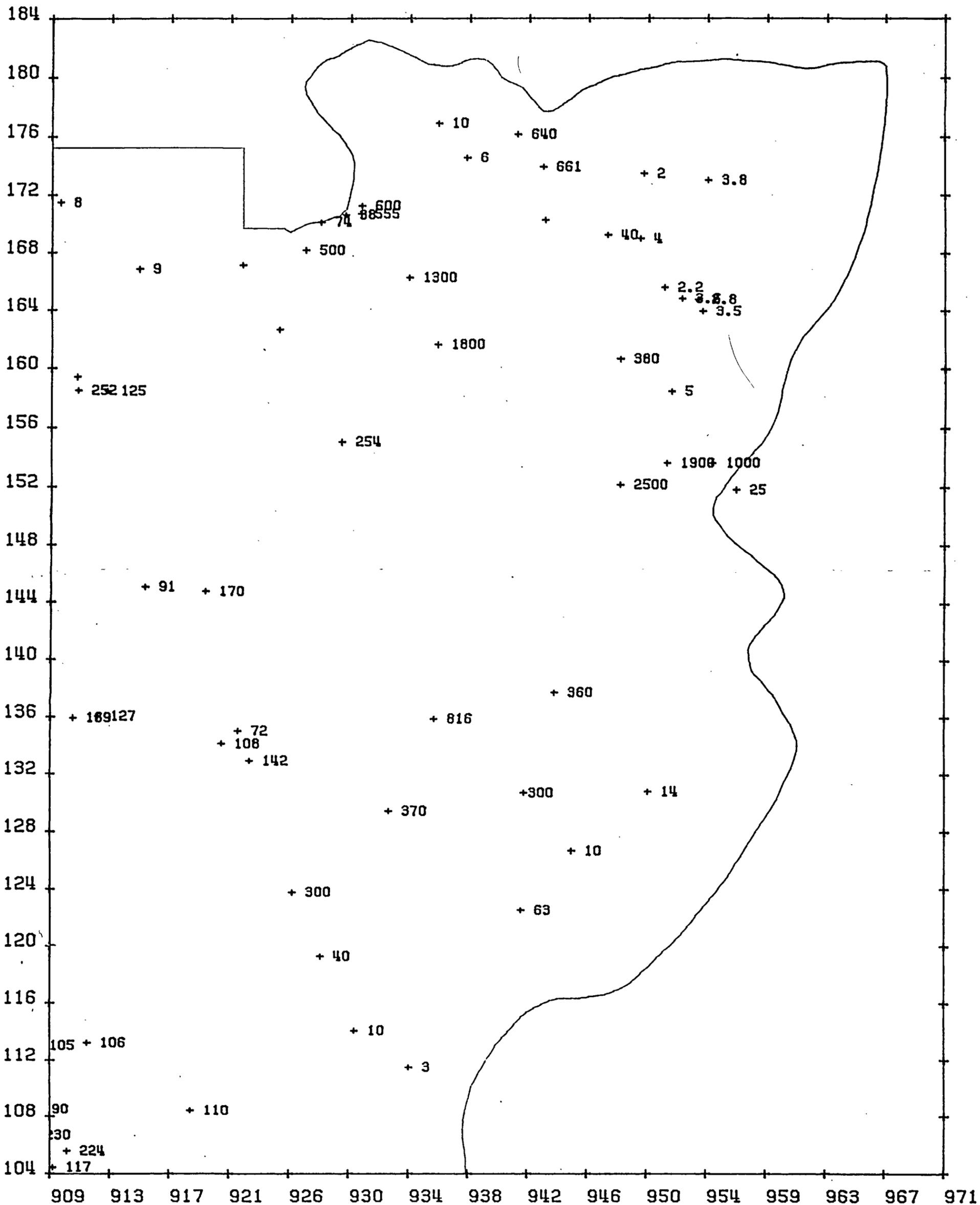


Figure 3 : forages et teneurs en chlorures

Modele nappe des G.T.I. : mur de l'aquifere (cotes N.G.F.)

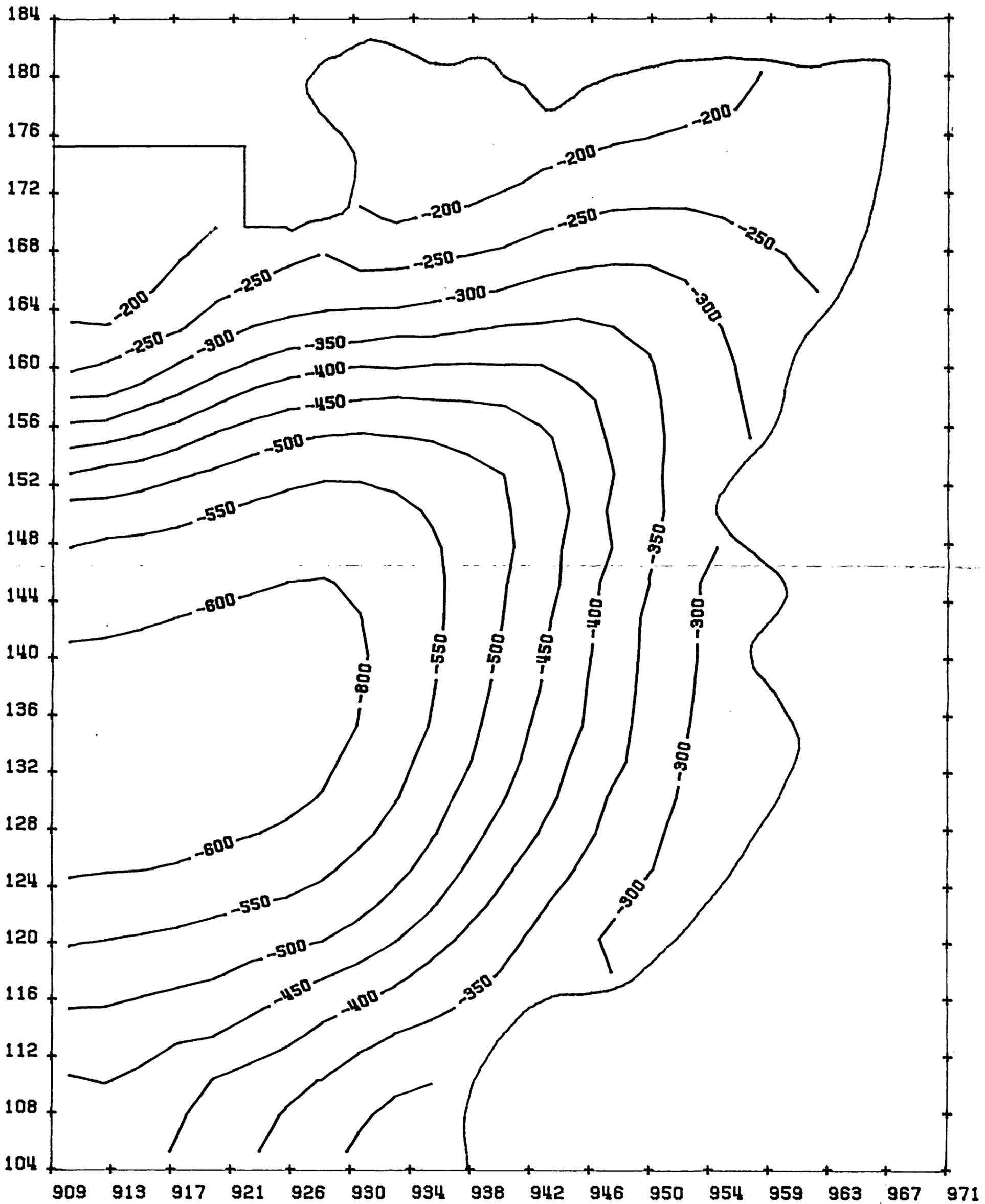


Figure 4 : carte du mur de l'aquifere

Modele nappes des G.T.I. : toit de l'aquifere (cotes N.G.F.)

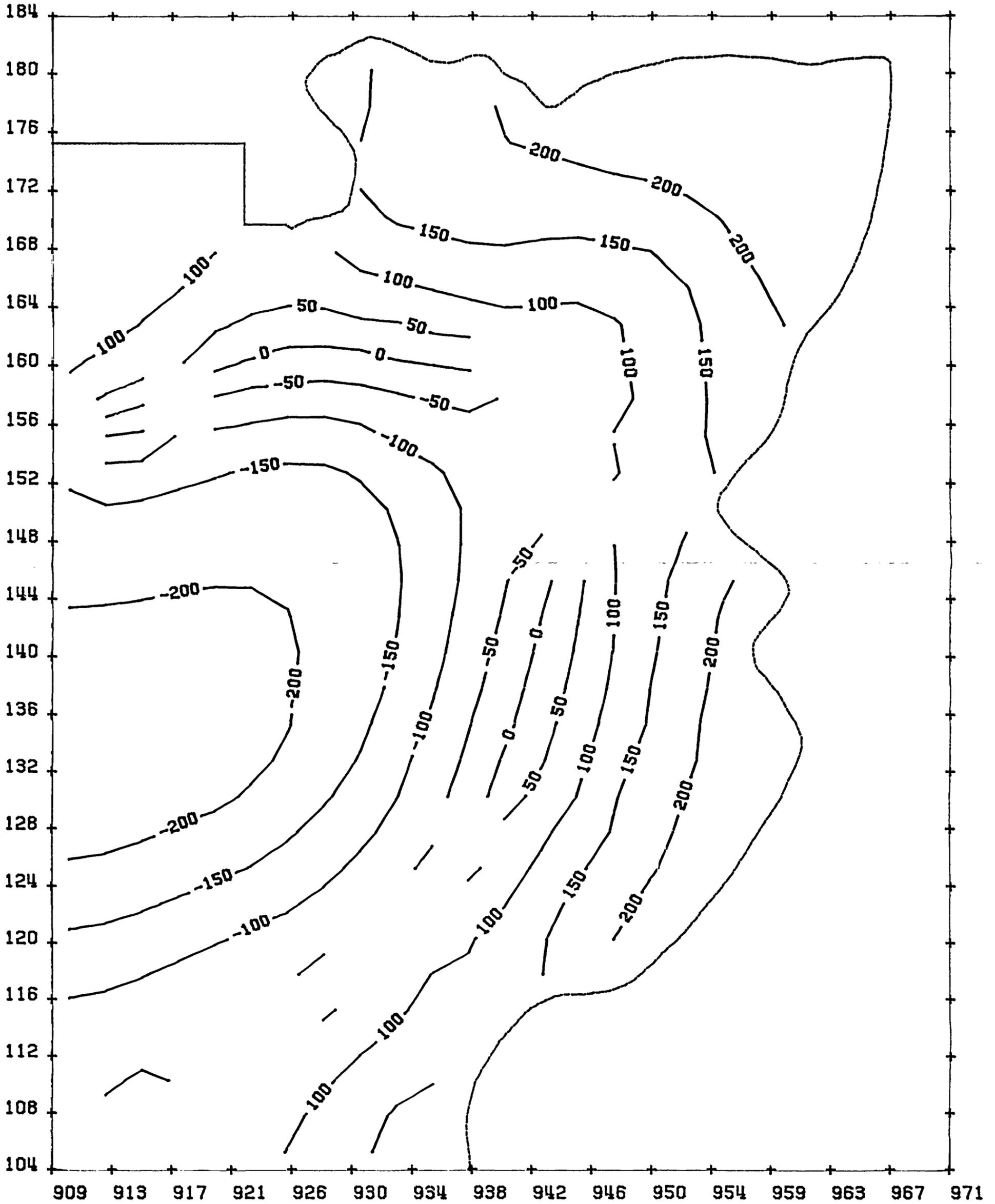


Figure 5 : carte du toit de l'aquifere

Modele nappe des G.T.I. : epaisseur d'aquifere (m)

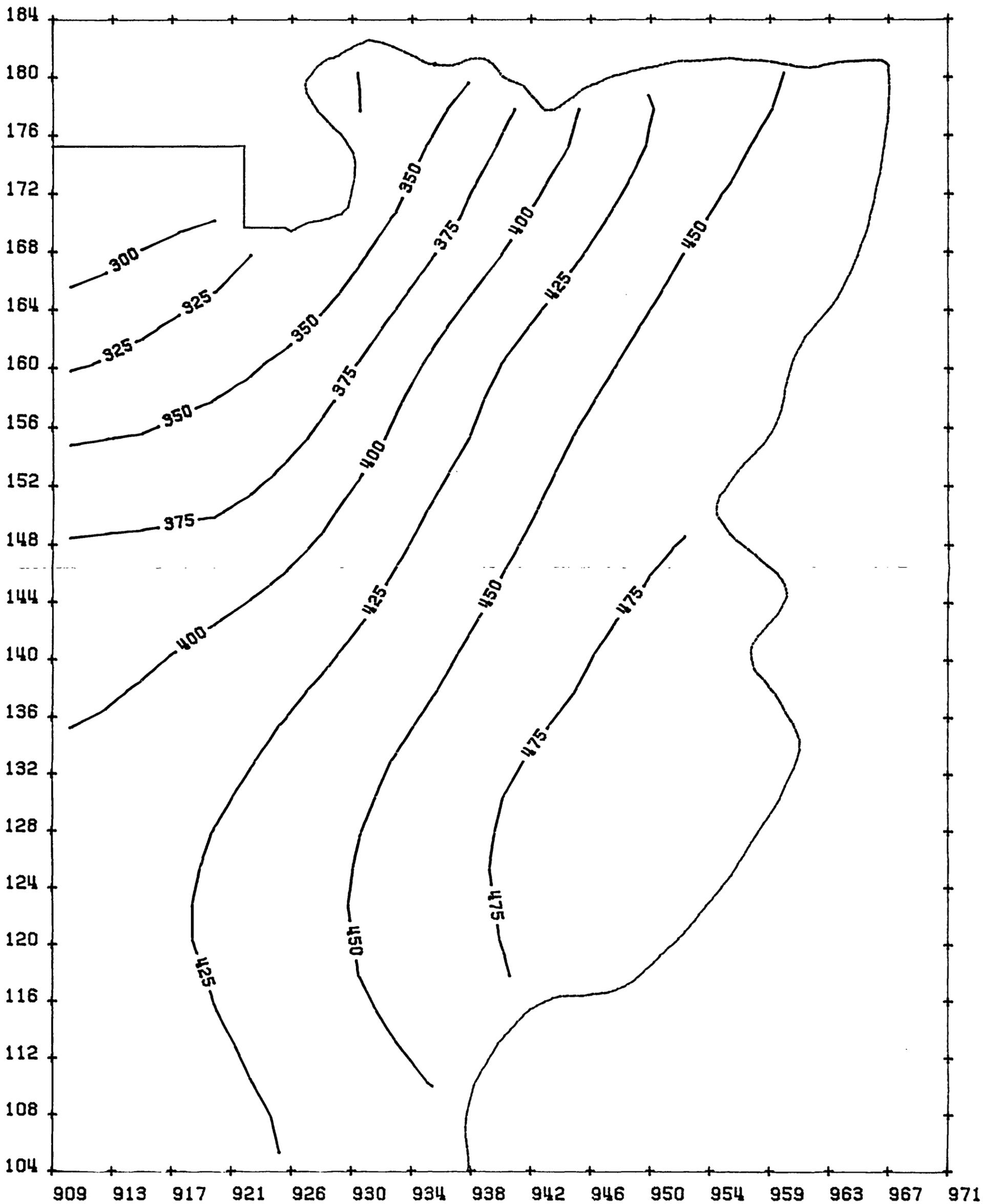


Figure 6 : carte des épaisseurs d'aquifère

Modele nappe des G.T.I. : transmissivites (en  $1E-3 \text{ m}^2/\text{s}$ )

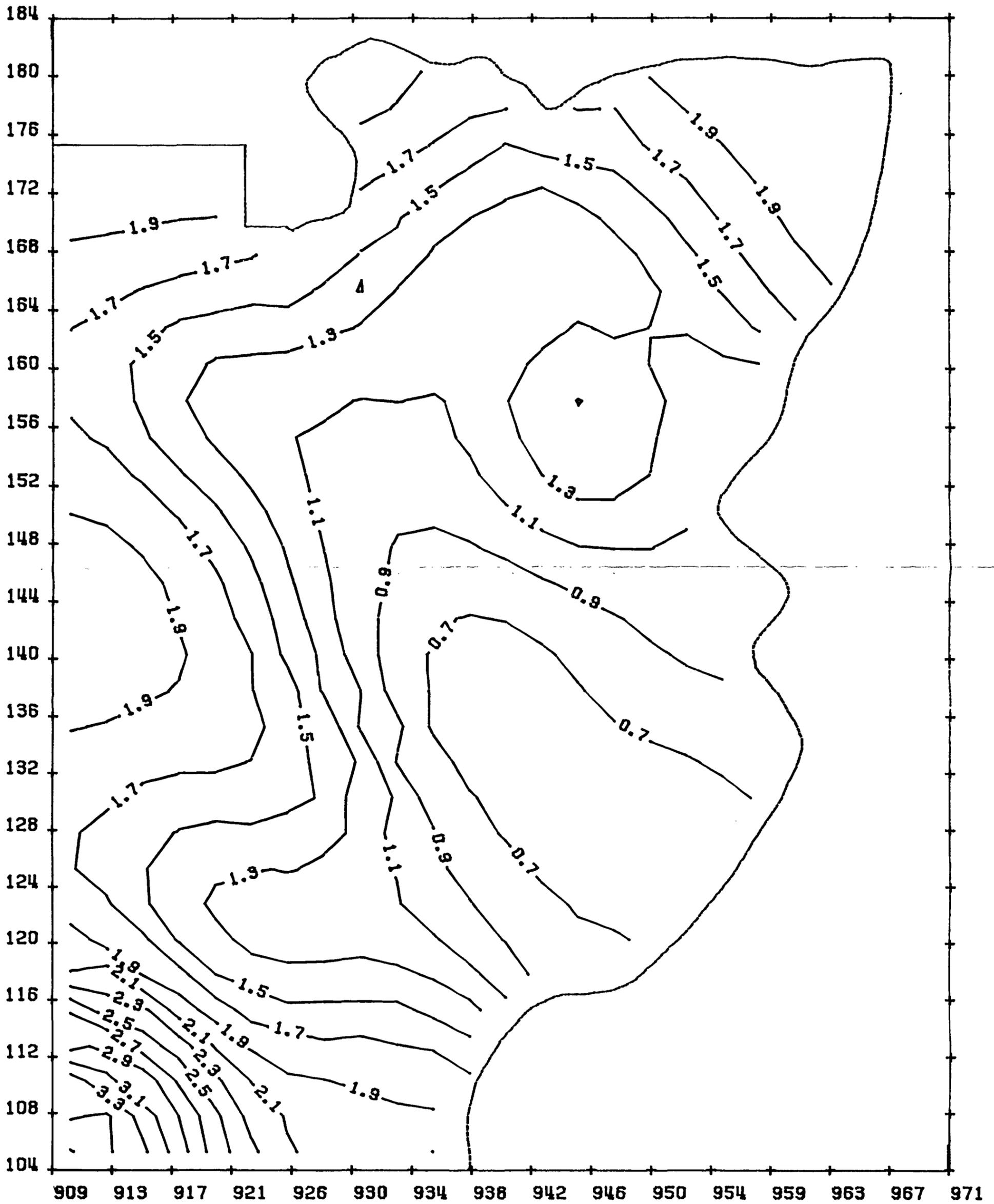


Figure 7 : carte des transmissivités

Modele nappe des G.T.I. : permeabilites (en 1E-6 m/s)

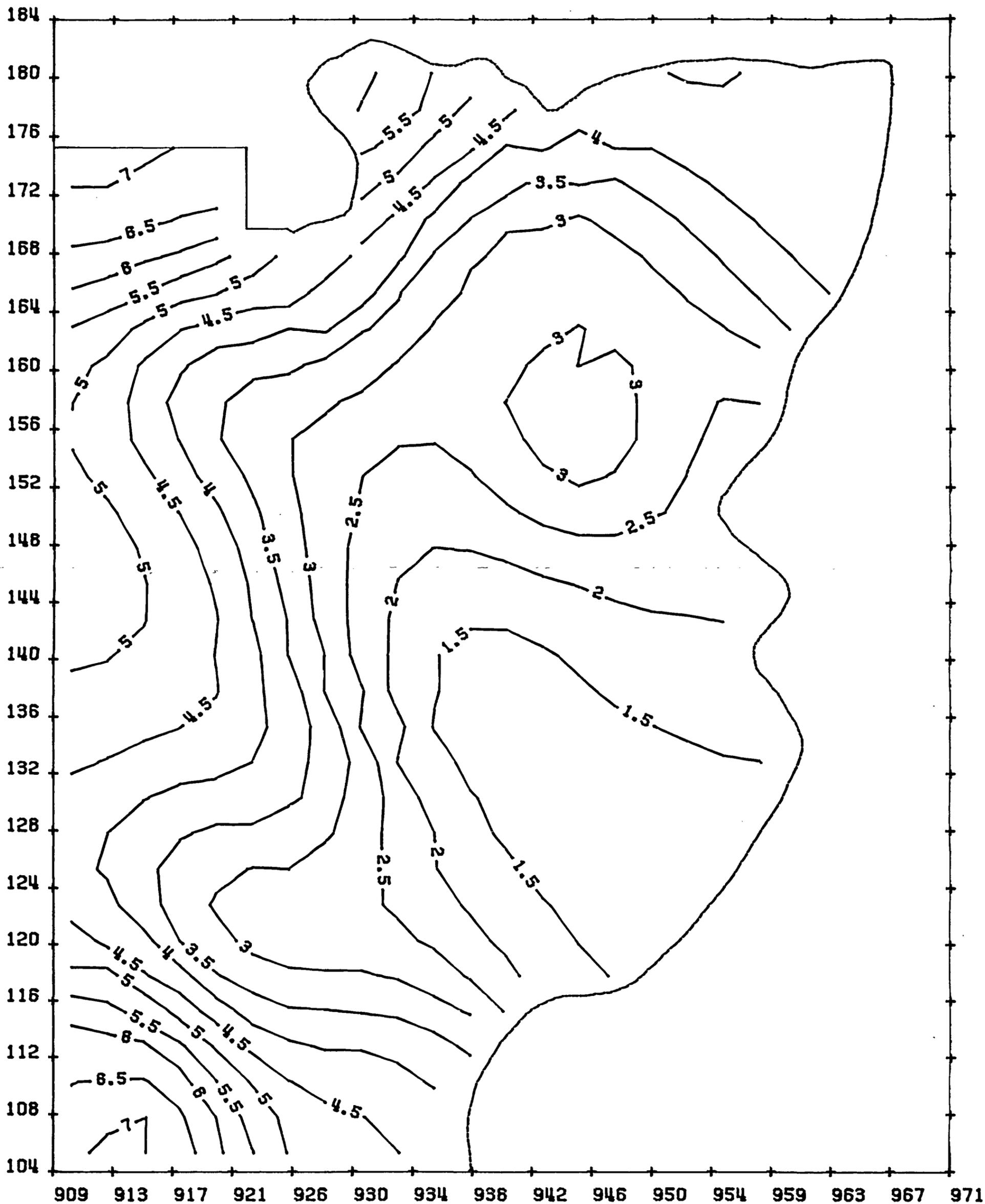
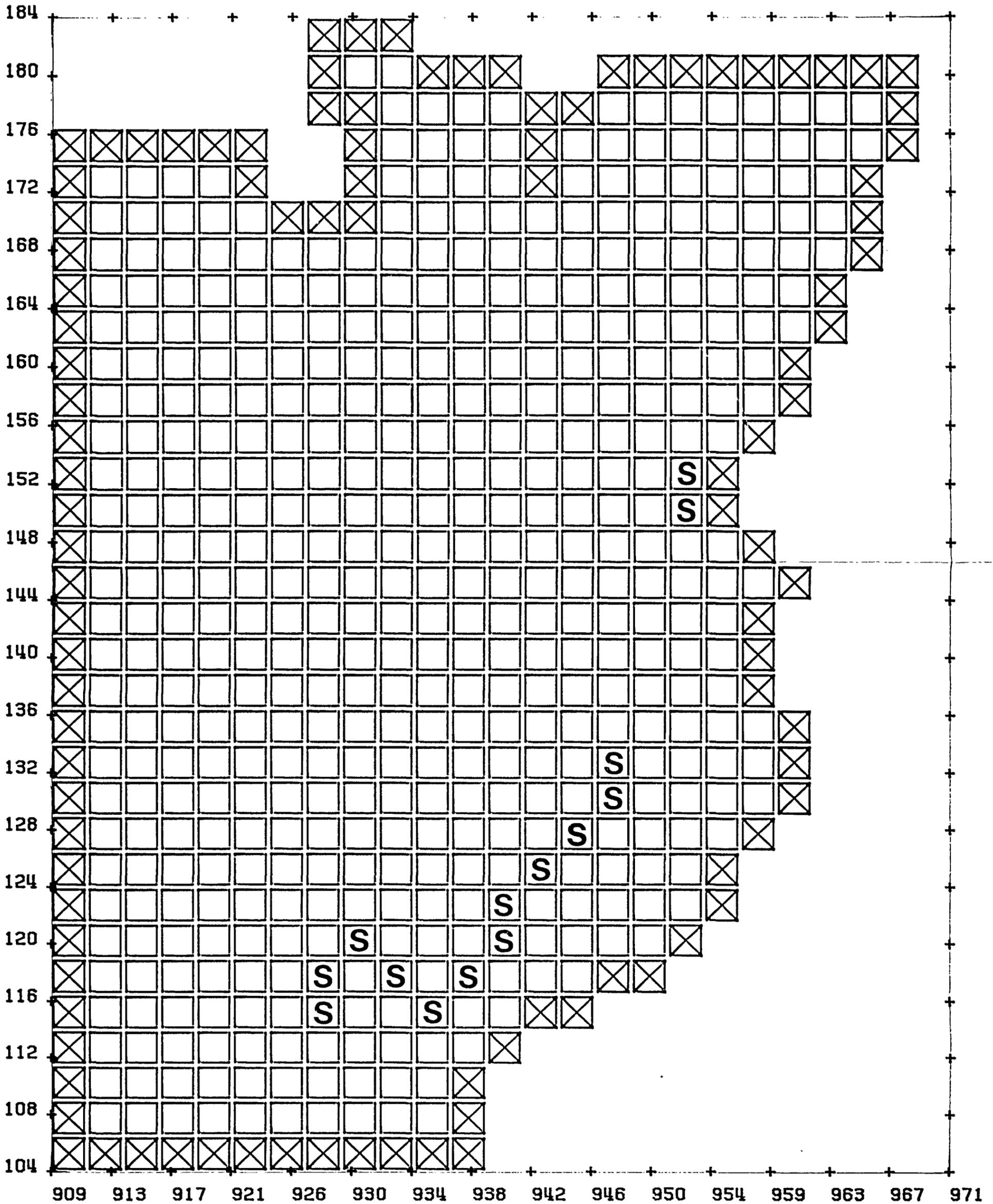


Figure 8 : carte des perméabilités

Modele nappe des G.T.I. : maillage



S : mailles d'injection de Cl-

Figure 9 : maillage; premières simulations

Modele nappe des G.T.I. : piezometrie initiale E.N.S.G. (cotes N.G.F.)

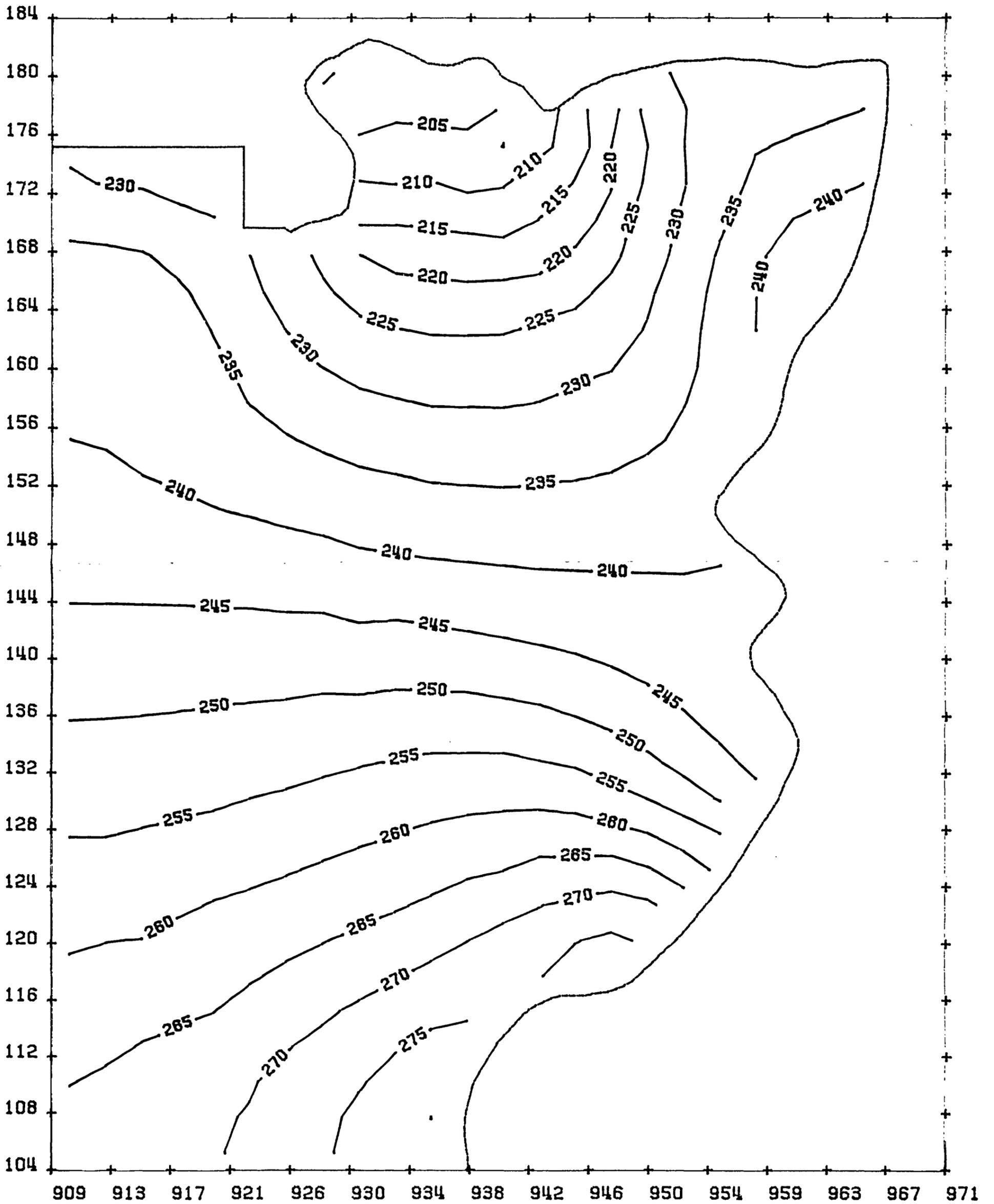


Figure 10 : piézométrie initiale calculée (thèse J.-J. Peraudin - E.N.S.G.)

Modele nappe des G.T.I. : piezometrie initiale calculee (cotes N.G.F.)

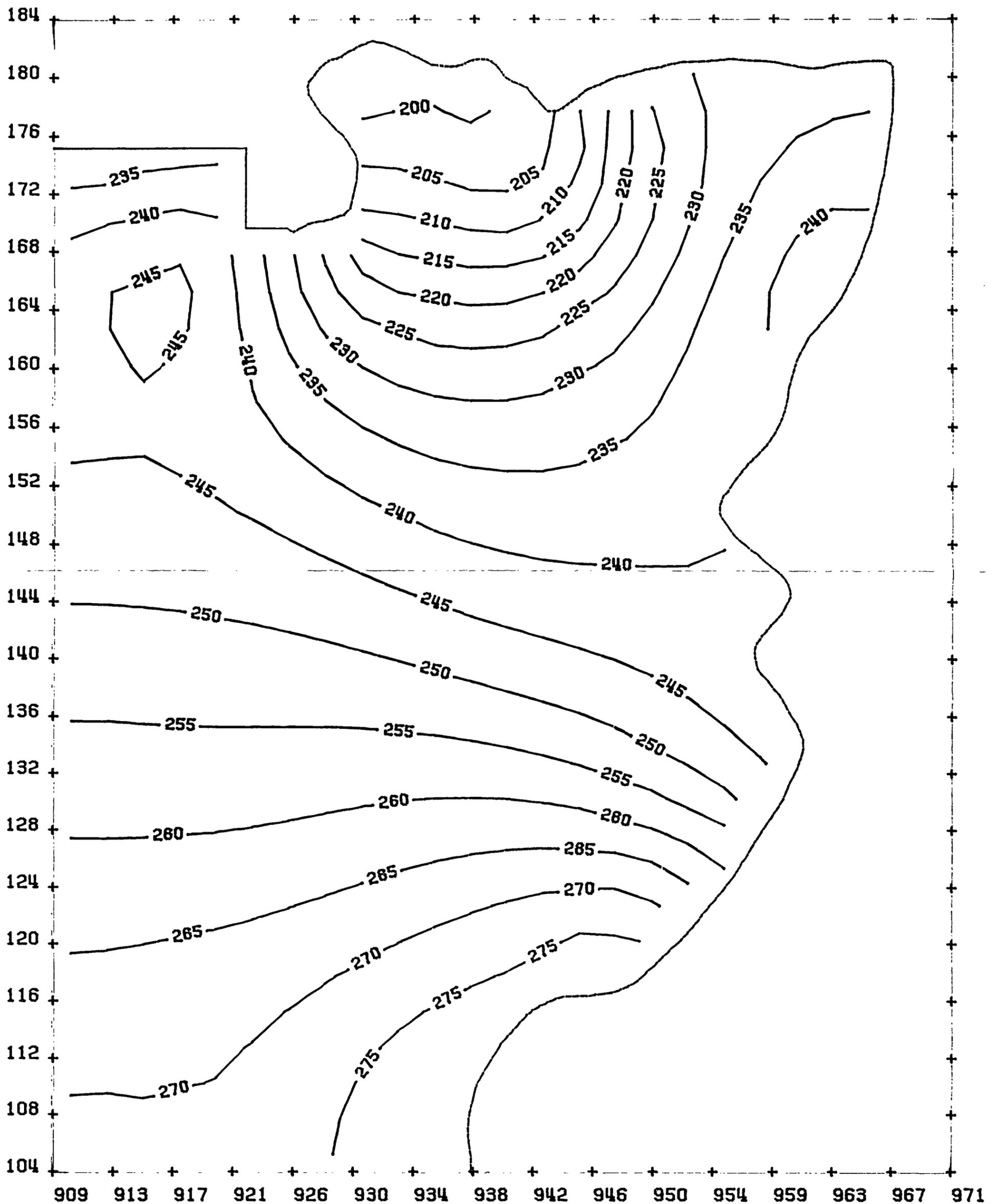


Figure 11 : piézométrie initiale calculée lors des premières simulations par le modèle MARTHEMU (B.R.G.M.)

Modele nappe des G.T.I. : trajectoires des chlorures naturels

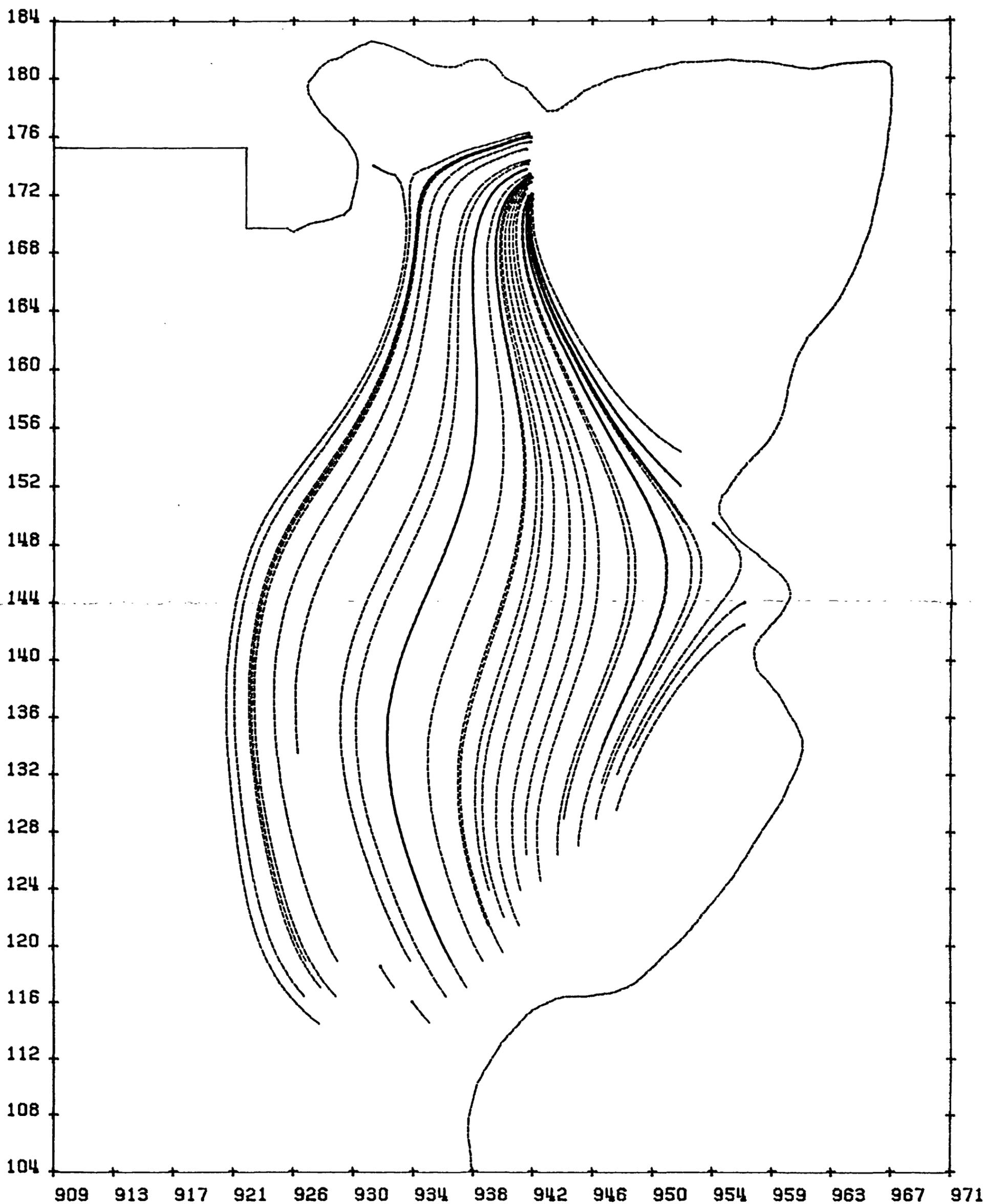
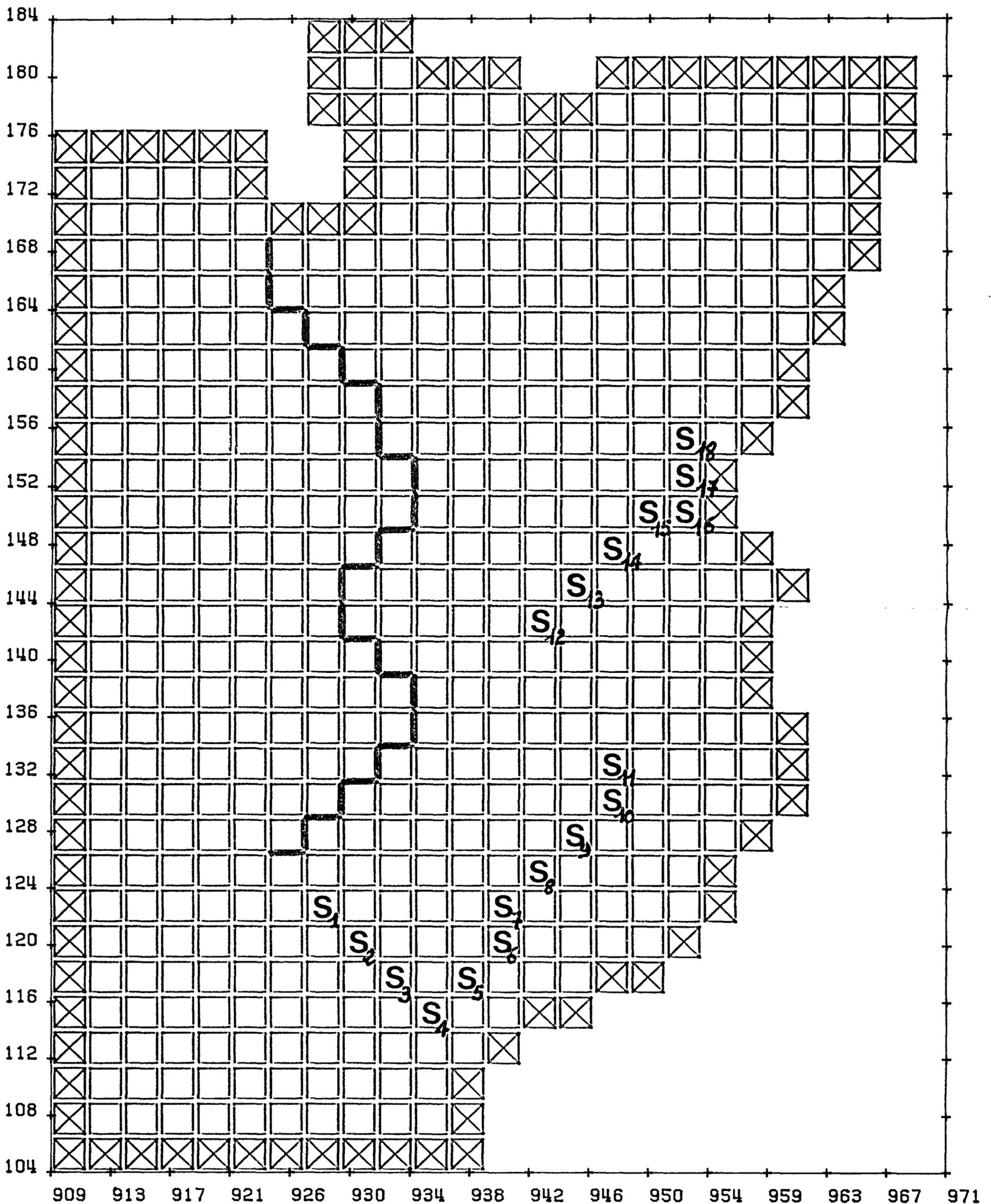


Figure 12 : trajectoires des chlorures calculées lors des premières simulations par le modèle SESAME (B.R.G.M.)

Modele nappe des G.T.I. : maillage



*S : mailles d'injection de Cl-*  
**Figure 13 : maillage; dernières simulations  
(utilisation d'un écran étanche)**

Modele nappe des G.T.I. : piezometrie initiale calculee (cotes N.G.F.)

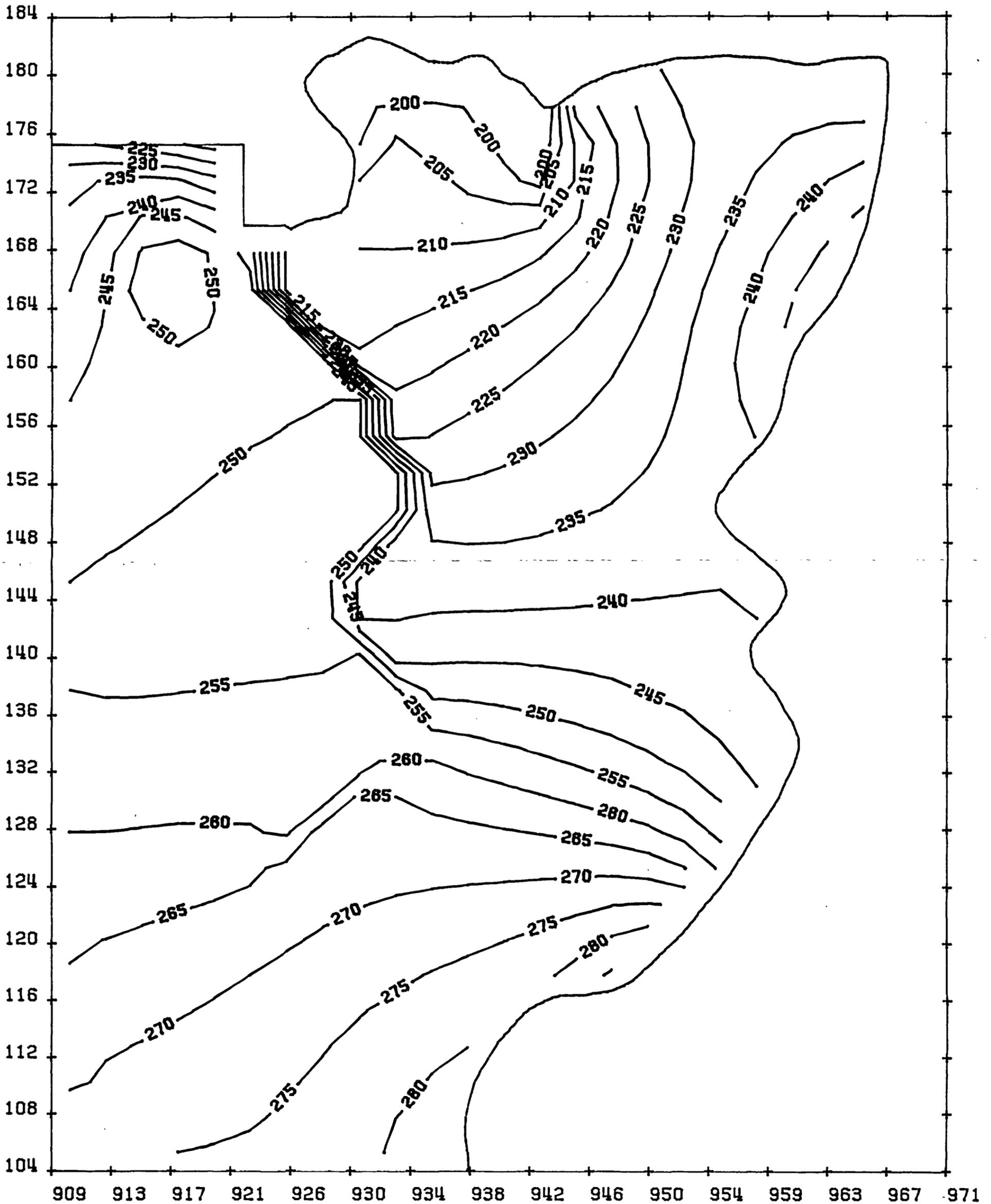


Figure 14 : piézométrie calculée lors des dernières simulations par le modèle MARTHEMU (B.R.G.M.)

Modele nappe des G.T.I. : trajectoires des chlorures naturels

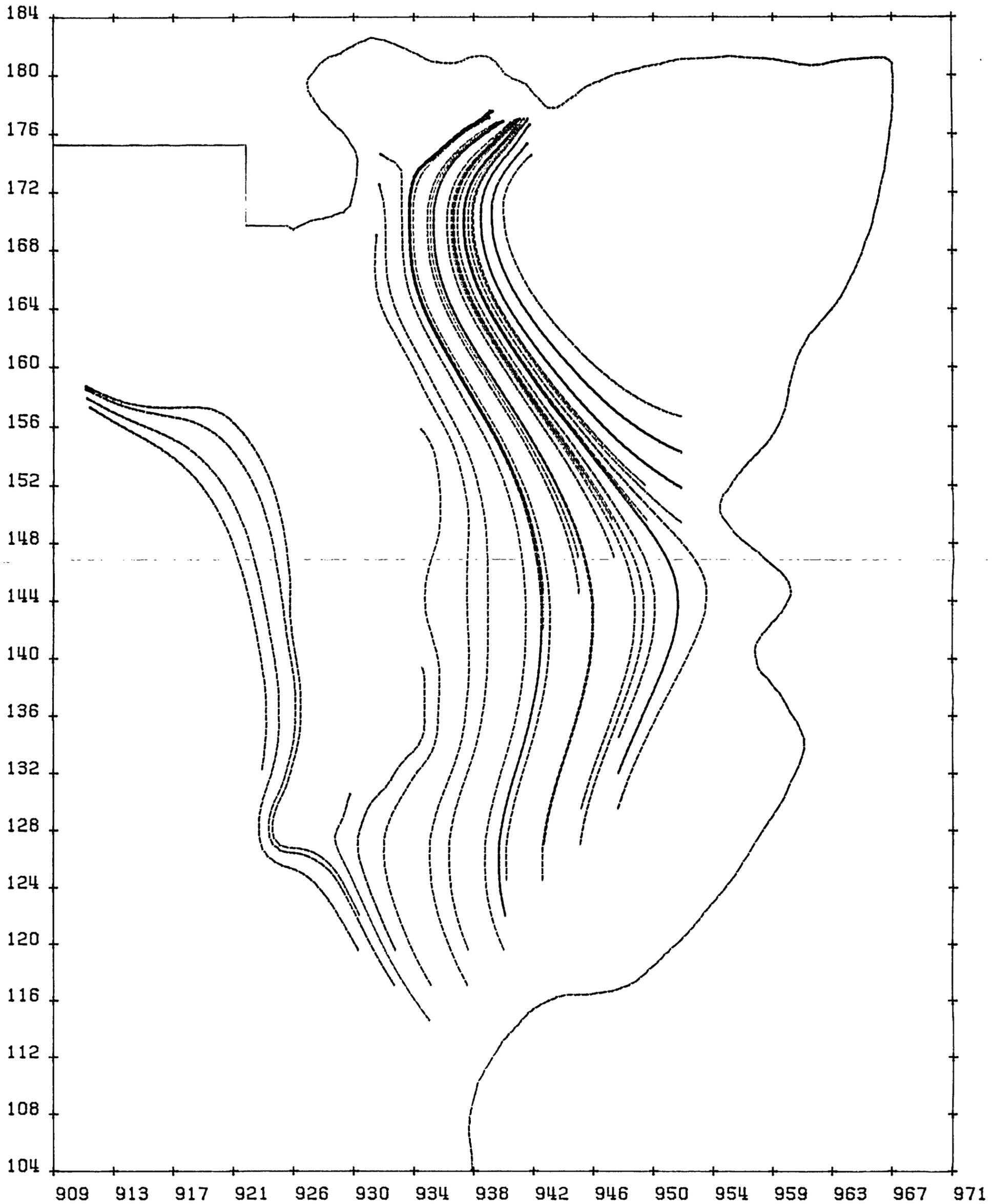


Figure 15 : trajectoires des chlorures calculées lors des dernières simulations par le modèle SESAME (B.R.G.M.)

Modele nappe des G.T.I. : chlorures naturels : 10000 ans (mg/l)

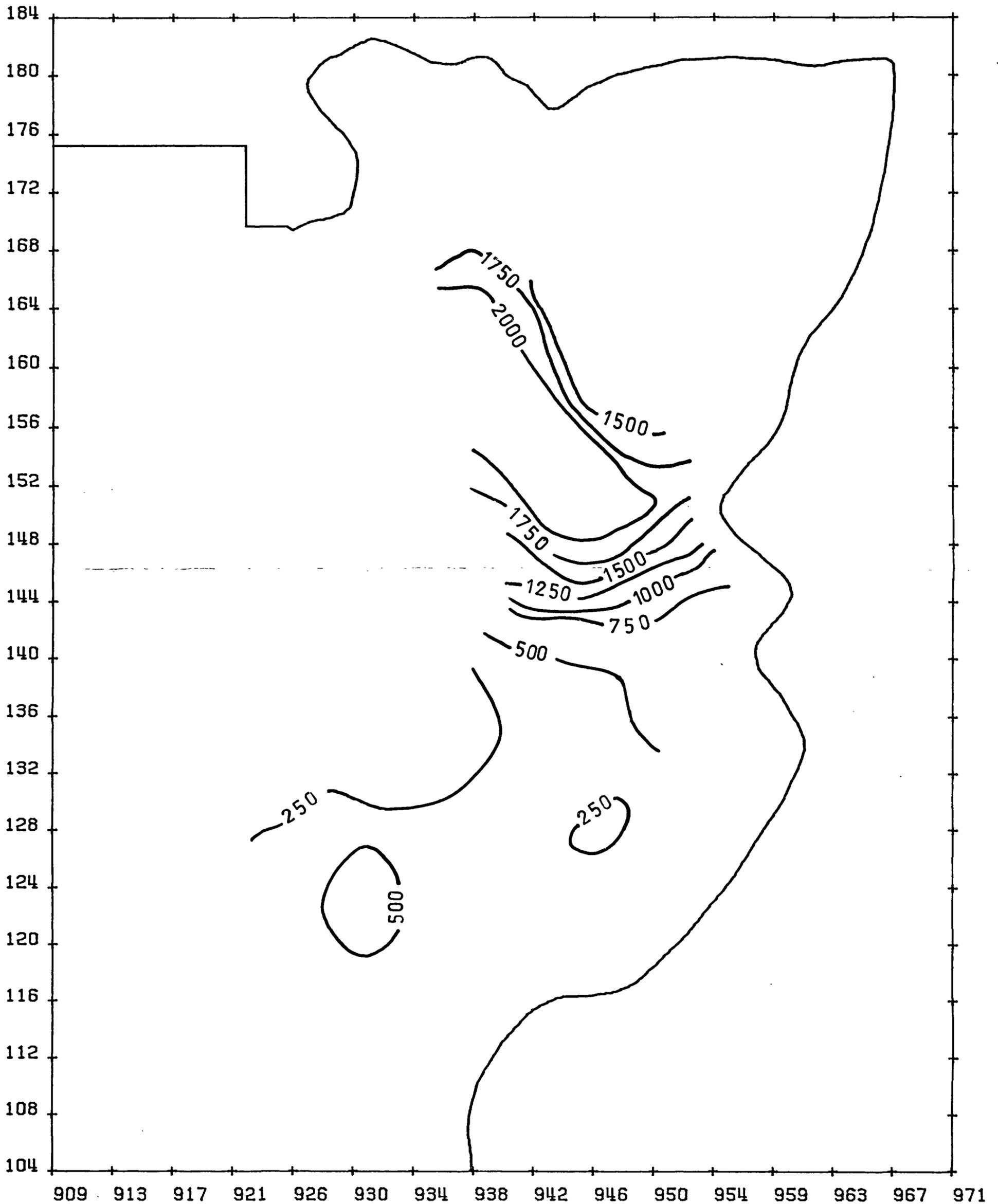


Figure 16 : carte des teneurs en chlorures : 10000 ans après le début de l'injection

Modele nappe des G.T.I. : chlorures naturels : 20000 ans (mg/l)

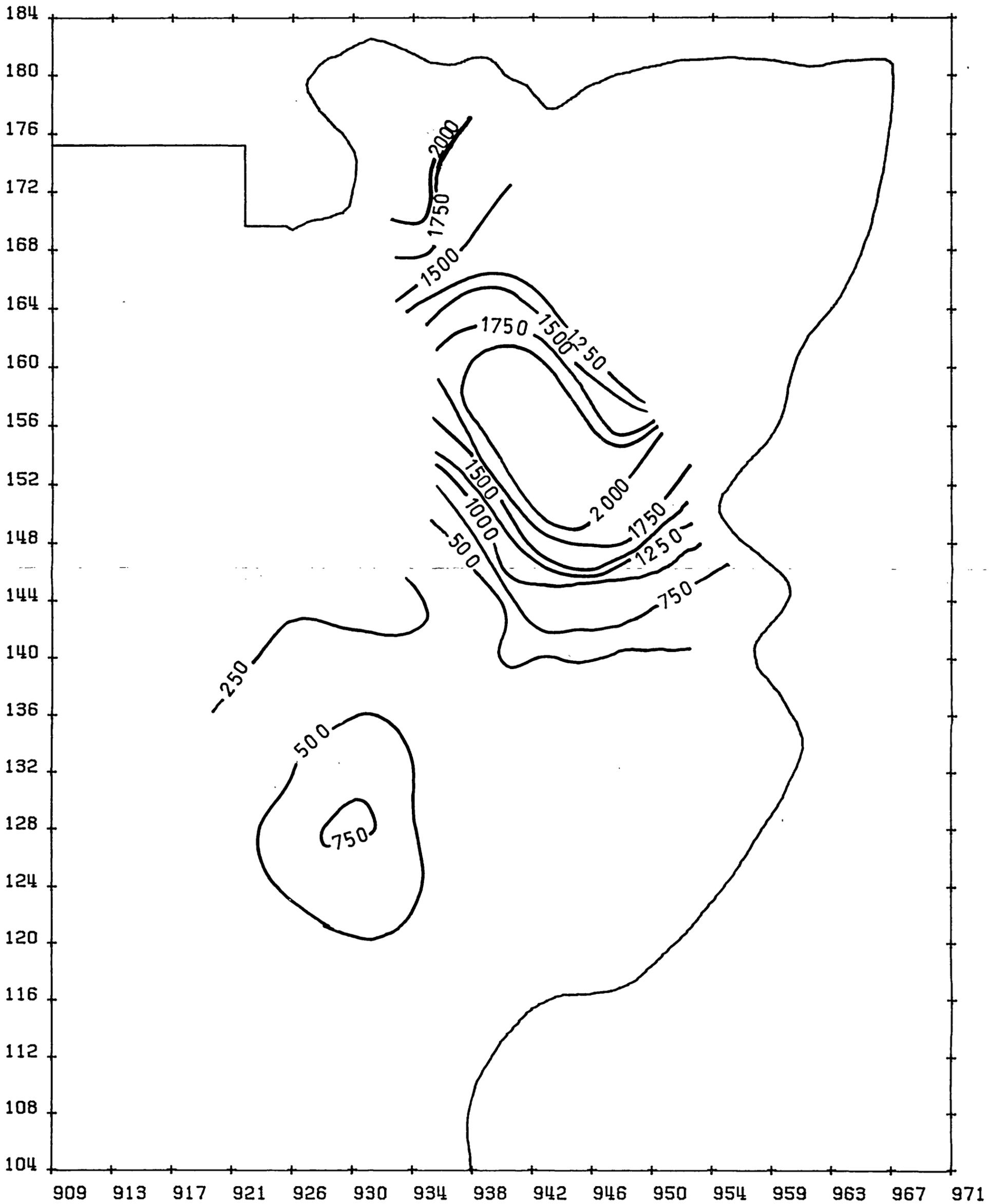


Figure 17 : carte des teneurs en chlorures : 20000 ans après le début de l'injection

Modele nappe des G.T.I. : chlorures naturels : 30000 ans (mg/l)

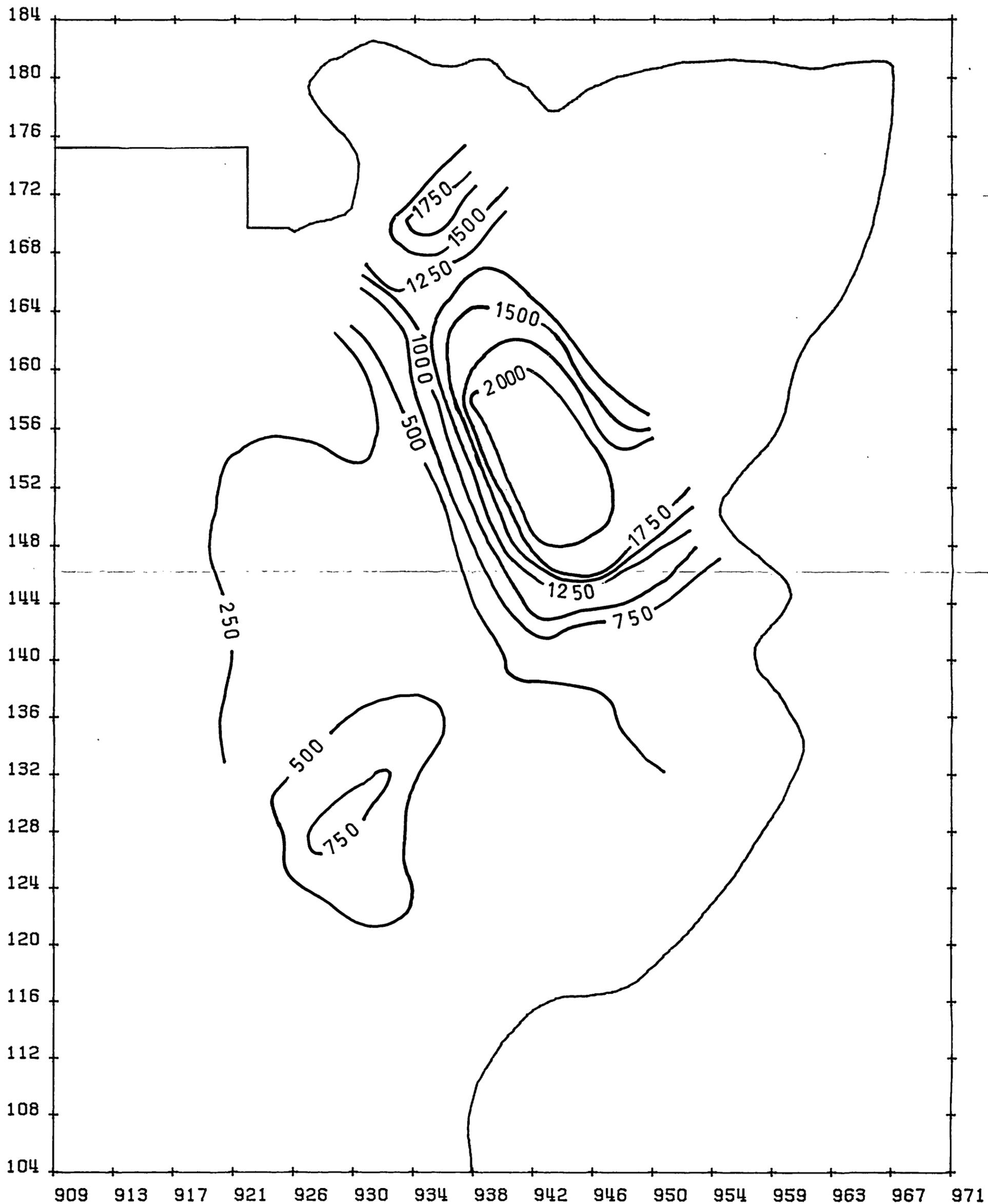


Figure 18 : carte des teneurs en chlorures : 30000 ans après le début de l'injection

Modele nappe des G.T.I. : chlorures naturels : 40000 ans (mg/l)

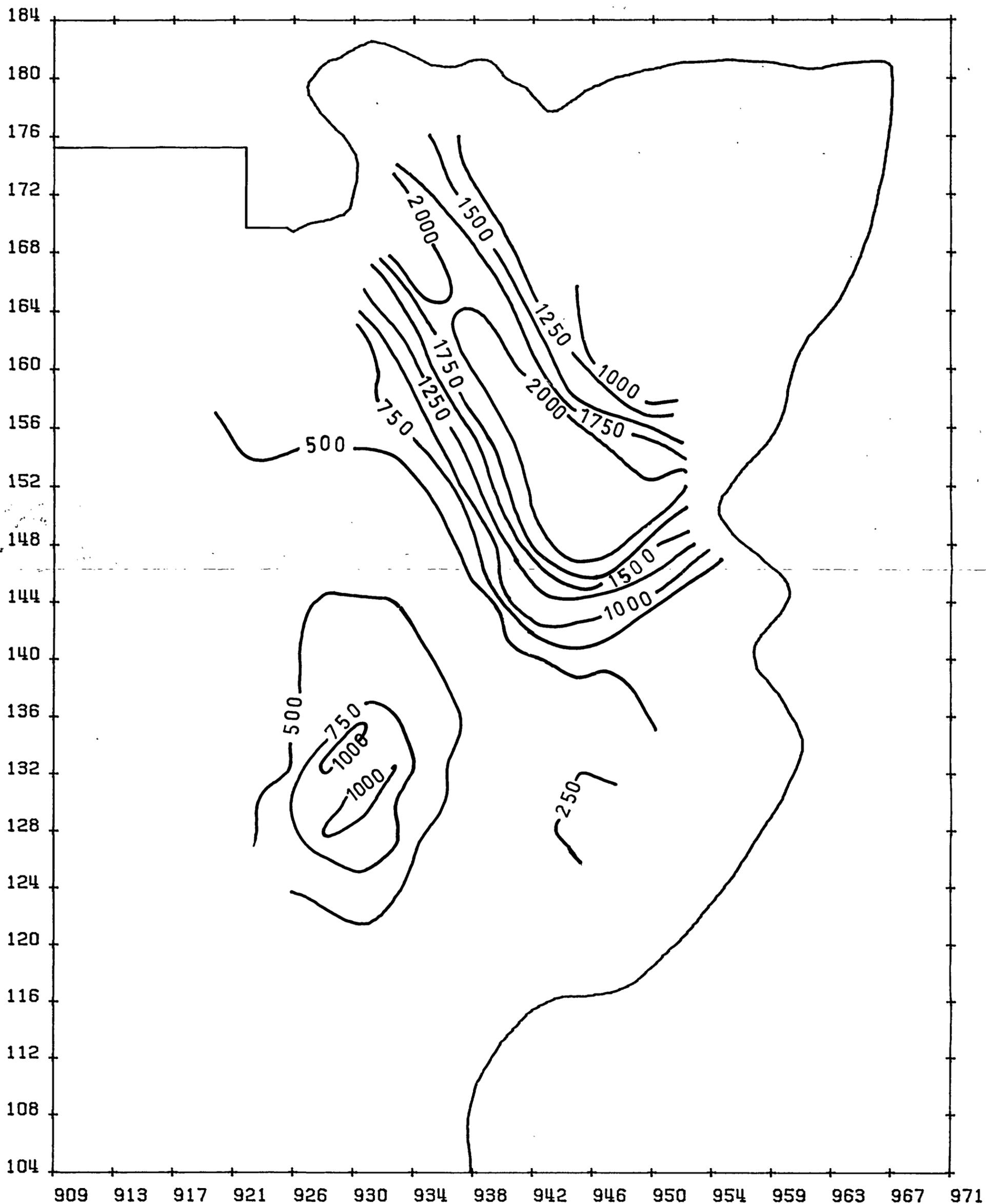
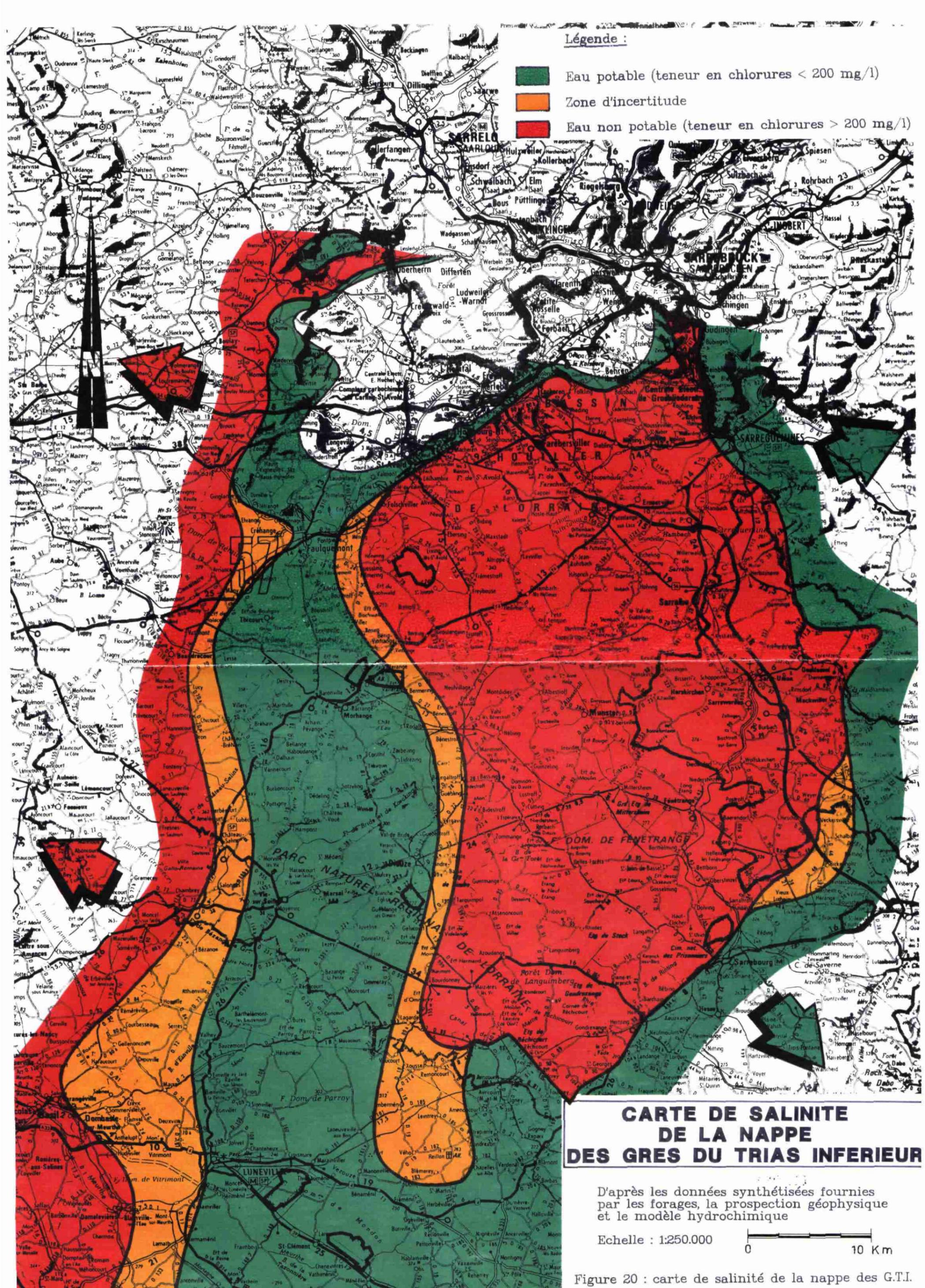


Figure 19 : carte des teneurs en chlorures : 40000 ans après le début de l'injection



**Légende :**

- Eau potable (teneur en chlorures < 200 mg/l)
- Zone d'incertitude
- Eau non potable (teneur en chlorures > 200 mg/l)

**CARTE DE SALINITE DE LA NAPPE DES GRES DU TRIAS INFERIEUR**

D'après les données synthétisées fournies par les forages, la prospection géophysique et le modèle hydrochimique

Echelle : 1:250.000



Figure 20 : carte de salinité de la nappe des G.T.I.