



MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE
PREFECTURE DU BAS-RHIN

PLAN D'EXPOSITION AUX RISQUES
D'INONDATION
SUR LA COMMUNAUTE URBAINE DE
STRASBOURG

Juin 1989

M. BRANEYRE, G. KREBS, J.P. VANÇON

89 SGN 554 ALS

MINISTERE DE L'INDUSTRIE - PREFECTURE DU BAS-RHIN

PLAN D'EXPOSITION AUX RISQUES D'INONDATION
SUR LA COMMUNAUTE URBAINE DE STRASBOURG

89 SGN 554 ALS

JUIN 1989

R E S U M E

Le présent travail s'inscrit dans le cadre des travaux entrepris par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières en vue d'établir l'inventaire des ressources en eau de la Région d'Alsace, inventaire qui s'avère nécessaire pour les besoins de son aménagement.

La première phase de toute planification judicieuse consiste à déterminer l'emplacement, la quantité, la qualité et la disponibilité de toutes les eaux de surface et souterraines d'une région donnée.

Dans cette optique, la construction et l'ajustement d'un modèle mathématique s'étendant sur l'ensemble du territoire de la Communauté Urbaine de Strasbourg constitue un progrès notable dans la connaissance du système aquifère.

Il a permis de simuler l'incidence de crues décennales, voire centennales, de l'Ill et de la Bruche. Il a ainsi été possible de préciser l'étendue des secteurs où la profondeur de la nappe serait, lors de telles crues, inférieure à 3 mètres, voire à 1 mètre.

Ces résultats devront permettre de limiter les constructions dans les zones à risques et de prévenir les inondations dans les zones déjà construites à partir d'aménagements appropriés.

Rapport établi par M. BRANEYRE, G. KREBS et J.P. VANÇON

51 pages, 18 figures, 6 tableaux

S O M M A I R E

AVANT-PROPOS	1
1. SITUATION GEOGRAPHIQUE ET CONDITIONS NATURELLES	2
1.1. HYDROGEOLOGIE REGIONALE	2
1.2. LE CLIMAT	6
1.3. LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE	7
1.3.1. L'Ill	7
1.3.2. La Bruche	9
1.3.3. Le Rhin	10
1.4. LE PROBLEME DES CRUES DE L'ILL ET DE LA BRUCHE	10
2. CONSTRUCTION DU MODELE	11
2.1. CARACTERISTIQUES DU MODELE	12
2.1.1. Le maillage utilisé	12
2.1.2. Conditions aux limites	12
2.2. LES DONNEES INTRODUITES DANS LE MODELE	14
2.2.1. Les paramètres hydrodynamiques	14
a) La transmissivité	14
b) Le coefficient d'emménagement	14
2.2.2. Les débits d'échange	14
a) Pluie efficace - Pompages	14
b) Les échanges nappe-rivières	17
2.3. CALAGE EN PERMANENT	17
2.3.1. Choix de la période de référence	17
2.3.2. Données de départ	19
2.3.3. Résultats de l'étalonnage	19
a) Piézométrie	19
b) Bilan des débits	23
2.4. CALAGE EN TRANSITOIRE COURT	24
2.4.1. Principe	24
2.4.2. Période de référence	24
2.4.3. Données introduites dans le modèle	25
a) Les échanges nappe-rivières	25
a) La Bruche	25
b) Les bassins le long du Rhin	26
c) Le Rhin Tortu	26
d) L'Ill	26
b) Les pompages	26
c) L'infiltration efficace	26

d) Les conditions aux limites	28
2.4.4. Résultats de l'étalonnage	29
3. EXPLOITATION DU MODELE	31
3.1. SIMULATION DES HAUTES EAUX DECENNALES ET CENTENNALES	31
3.1.1. Données introduites dans le modèle	31
a) Généralités	31
b) Conditions aux limites	31
a) Crue décennale	31
b) Crue centennale	33
c) Débits à l'intérieur du modèle	33
a) Pluie efficace	33
b) Les échanges nappe-rivière	37
c) Apports en provenance des zones	
inondables	41
d) Délimitation des secteurs submergés	41
e) Synthèse des hypothèses retenues	43
3.1.2. Résultats obtenus	43
a) Crue décennale	43
b) Crue centennale	46
3.2. DELIMITATION DES ZONES SENSIBLES	46
3.2.1. Méthodologie utilisée	46
3.2.2. Présentation des cartes d'égale profondeur de nappe ..	47
4. CONCLUSIONS	51

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Plan de situation	3
Figure 2 : Contexte géologique	4
Figure 3 : Epaisseurs des alluvions	5
Figure 4 : Données climatologiques	6
Figure 5 : Schéma hydrographique	8
Figure 6 : Codification du maillage	13
Figure 7 : Carte des transmissivités	15
Figure 8 : Carte de répartition du coefficient d'emmagasinement	16
Figure 9 : Discrétisation du réseau hydrographique	18
Figure 10 : Carte des potentiels en permanent	21
Figure 11 : Apports des pluies efficaces	27
Figure 12 : Diagramme fréquence/profondeur de la nappe	32
Figure 13 : Classement statistique des pluies décennales des mois de janvier et février 1961 à 1988	35
Figure 14 : Apport des pluies efficaces	36
Figure 15 : Plan de situation des PK	40
Figure 16 : Carte topographique	48
Figure 17 : Carte des épaisseurs des terrains secs - crue décennale ..	49
Figure 18 : Carte des épaisseurs des terrains secs - crue centennale	50

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Données du modèle en permanent	20
Tableau 2 : Résultats de l'étalonnage en permanent	22
Tableau 3 : Bilan des débits	23
Tableau 4 : Comparaison des écarts mesurés et calculés au pic de la crue de février 1980	29
Tableau 5 : Comparaison des écarts mesurés et calculés à la décrue de Mars 1980	30
Tableau 6 : Résultats obtenus pour la crue décennale	44

AVANT-PROPOS

Depuis quelques années, le programme de Service Public a été placé sous le thème de l'Aménagement et de la Gestion des Ressources en eau souterraines afin d'adjoindre aux travaux spécialisés (recueil de données essentiellement) une assistance aux instances régionales en vue de les aider à entreprendre des synthèses dans le domaine de l'eau.

Les études antérieures relatives aux problèmes des crues de l'Ill et de la Bruche dans l'agglomération strasbourgeoise ont mis en évidence que l'essentiel des dommages causés par les inondations était dû à des remontées de la nappe phréatique.

Devant cet état de fait, l'étude présentée ci-après vise à valoriser les travaux entrepris pour la Préfecture du Bas-Rhin relatifs aux remontées de nappe provoquées par les inondations des rivières traversant l'agglomération strasbourgeoise. Dans un souci de vulgarisation, l'expression graphique et cartographique a été privilégiée.

Le type de problème ici abordé souligne que la gestion des eaux doit porter sur un système global intégrant les ressources en eau de surface et en eau souterraine, ce fractionnement conventionnel n'étant qu'une commodité d'identification de deux types de réservoir interdépendants.

1. SITUATION GEOGRAPHIQUE ET CONDITIONS NATURELLES

Le domaine d'étude se situe en Alsace qui fait partie d'une vaste unité géographique constituée par le fossé Rhénan.

Cette zone effondrée, comblée par des dépôts tertiaires et secondaires, est encadrée par les massifs des Vosges à l'Ouest et de la Forêt Noire à l'Est. Le secteur étudié, situé autour de la ville de Strasbourg est compris entre la Wantzenau au Nord et Erstein au Sud. Sa limite Ouest passe par les communes d'Eckwersheim, de Dingsheim et de Blaesheim. Il recouvre au total le territoire de 15 communes (figure 1).

1.1. HYDROGEOLOGIE REGIONALE

Le secteur modélisé est constitué d'alluvions d'origine rhénane ou vosgienne recouvertes de loess à l'Ouest de l'Ill (figure 2). Ces formations reposent sur un substratum marneux oligocène.

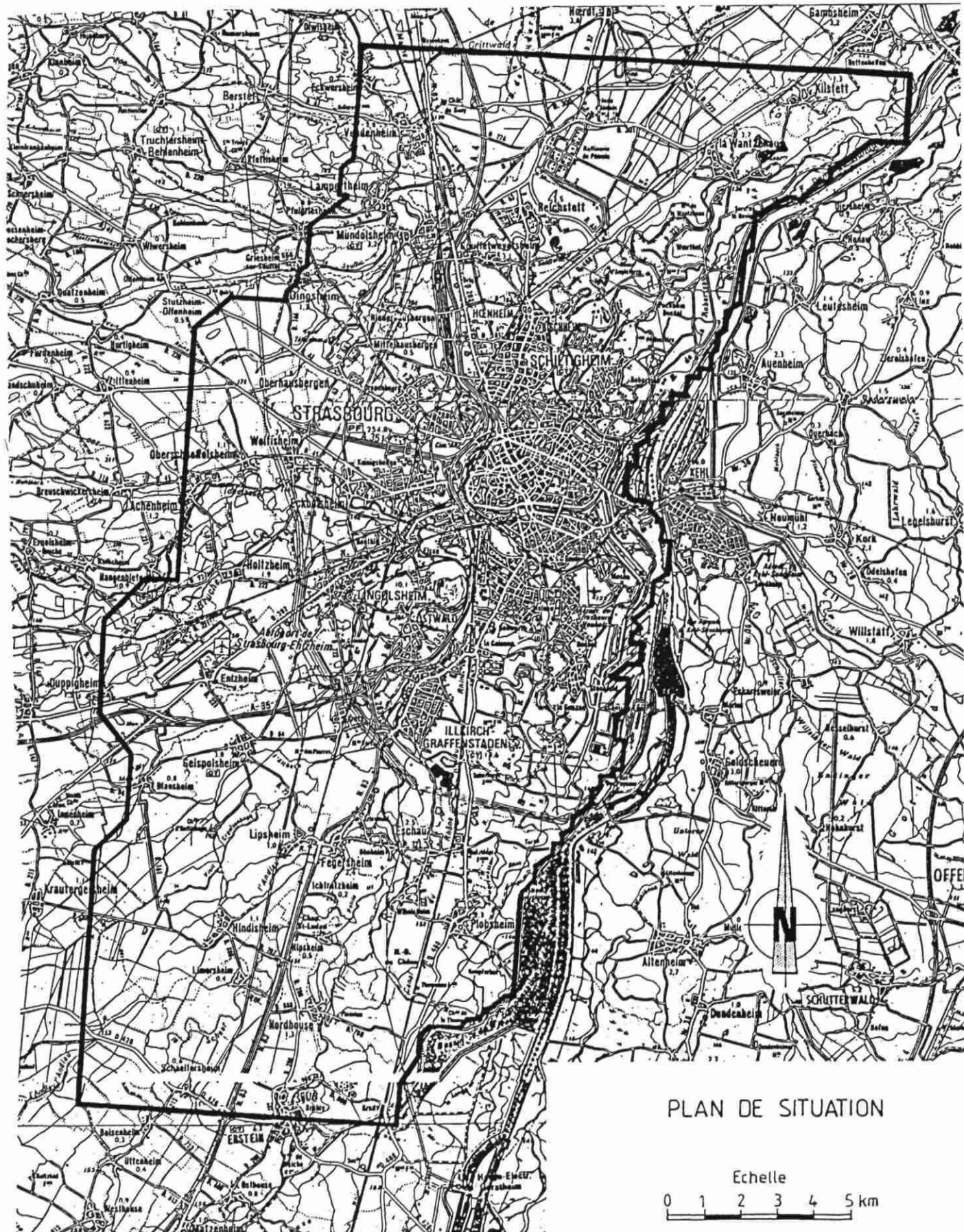
L'épaisseur des alluvions augmente d'Ouest en Est; elle passe de 80 m de puissance près de Holtzheim, à 100 m au niveau du Polygone (figure 3).

Les valeurs de perméabilité sont élevées et varient suivant l'origine et l'âge des matériaux. Les alluvions rhénanes très perméables occupent la partie centrale et Est du secteur ($K \approx 1$ à $3 \cdot 10^{-3}$ m/s). Les alluvions vosgiennes plus hétérogènes et moins perméables ($K \approx 5 \cdot 10^{-5}$ à $5 \cdot 10^{-4}$ m/s) s'observent à l'Ouest de la zone d'étude. Les loess présentent des perméabilités faibles de l'ordre de 10^{-6} m/s, et recouvrent la partie Nord-Ouest du domaine.

Ces formations perméables constituent le siège de la nappe phréatique dont le toit se situe à moins de 3 mètres de profondeur, sauf dans les zones recouvertes de loess, où il peut dépasser 15 mètres.

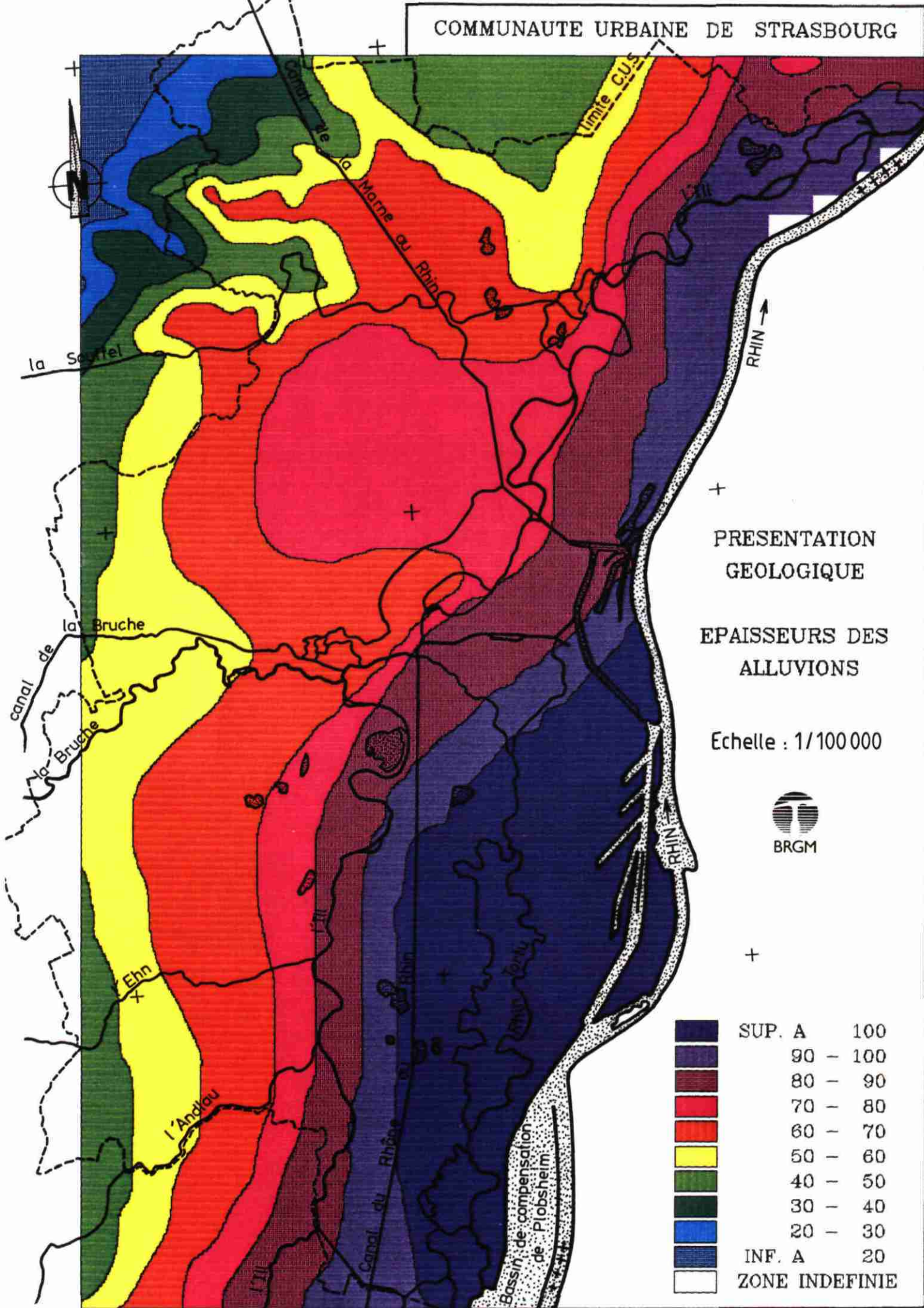
La nappe s'écoule du Sud-Ouest vers le Nord-Est avec une vitesse moyenne de 3 à 10 m/jour. Elle est en relation directe avec les cours d'eau et se trouve soit en position de drainage, d'alimentation, ou d'équilibre. Dans le secteur d'Holtzheim par contre, la Bruche est perchée vis à vis de la nappe.

Figure 1



PLAN DE SITUATION

Echelle
0 1 2 3 4 5 km



1.2. LE CLIMAT

De caractère continental, le climat est froid en hiver et chaud en été. Les températures extrêmes peuvent varier entre -30°C et $+35^{\circ}\text{C}$.

La pluviosité en plaine oscille entre 600 et 1000 mm par an. Compte tenu des conditions climatiques, l'évapotranspiration potentielle moyenne annuelle correspond à une tranche d'eau voisine de 600 mm. En plaine où la pluviosité moyenne annuelle est de l'ordre de 700 mm, la pluie efficace atteint une centaine de mm par an.

Les vents dominants sont parallèles à l'orientation du fossé rhénan, c'est-à-dire pratiquement Sud-Nord avec une légère prédominance des vents du Nord.

Les données climatologiques (pluie, ensoleillement, température...) sont rassemblées à la station d'Entzheim. C'est à partir de ces résultats et de la réserve facilement utilisable (R.F.U) fixée au départ à 100 mm que l'infiltration due aux pluies est évaluée (figure 4).

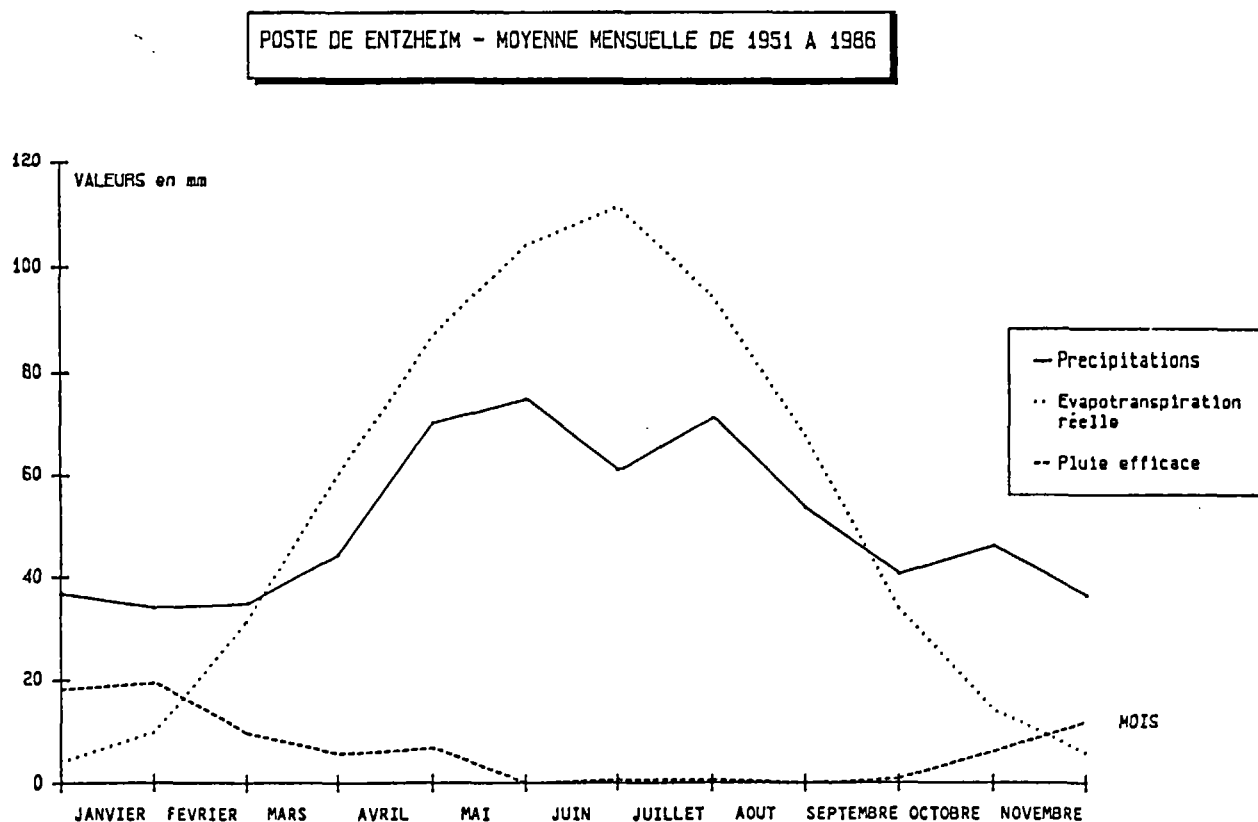


Figure 4 : DONNEES CLIMATOLOGIQUES

1.3. LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE

Le réseau hydrographique (cf. figure 5) dans le secteur étudié comprend trois cours d'eau principaux : l'Ill, le Rhin et la Bruche. Les deux premiers ont un parcours presque parallèle et confluent à une dizaine de kilomètres en aval de Strasbourg, tandis que la Bruche rejoint l'Ill à l'entrée du quartier de la Montagne Verte, en amont de l'agglomération strasbourgeoise.

1.3.1. L'Ill

L'Ill prend sa source dans le Jura et reçoit la presque totalité des rivières vosgiennes : Doller, Thur, Bruche ... Ces rivières ont des hautes eaux en hiver et au printemps et des basses eaux à la fin de l'été, début de l'automne. Le bassin versant de l'Ill est composé de plusieurs vallées vosgiennes et sundgauviennes. La surface de ce bassin est d'environ 2300 km².

. En amont de Strasbourg, l'Ill en crue est dérivée en partie vers le Rhin à l'amont d'Erstein depuis 1890. Le barrage de Steinsau n'admet qu'un maximum de 27 m³/s dans l'Ill à l'aval. Le solde du débit s'écoule dans le canal de décharge de l'Ill vers le bassin de compensation de Plobsheim en communication directe avec le Rhin. De ce bassin se détache un canal d'alimentation rejoignant l'Ill à l'aval d'Erstein. Il est destiné à soutenir le débit d'étiage de la rivière à travers l'agglomération strasbourgeoise avec un débit de 12 à 14 m³/s, qui est réduit à 4 m³/s lors des crues de la Bruche.









Entre Erstein et Strasbourg, le cours de l'Ill est régulé par des barrages, localisés à Wibolsheim, Illkirch et Ostwald.

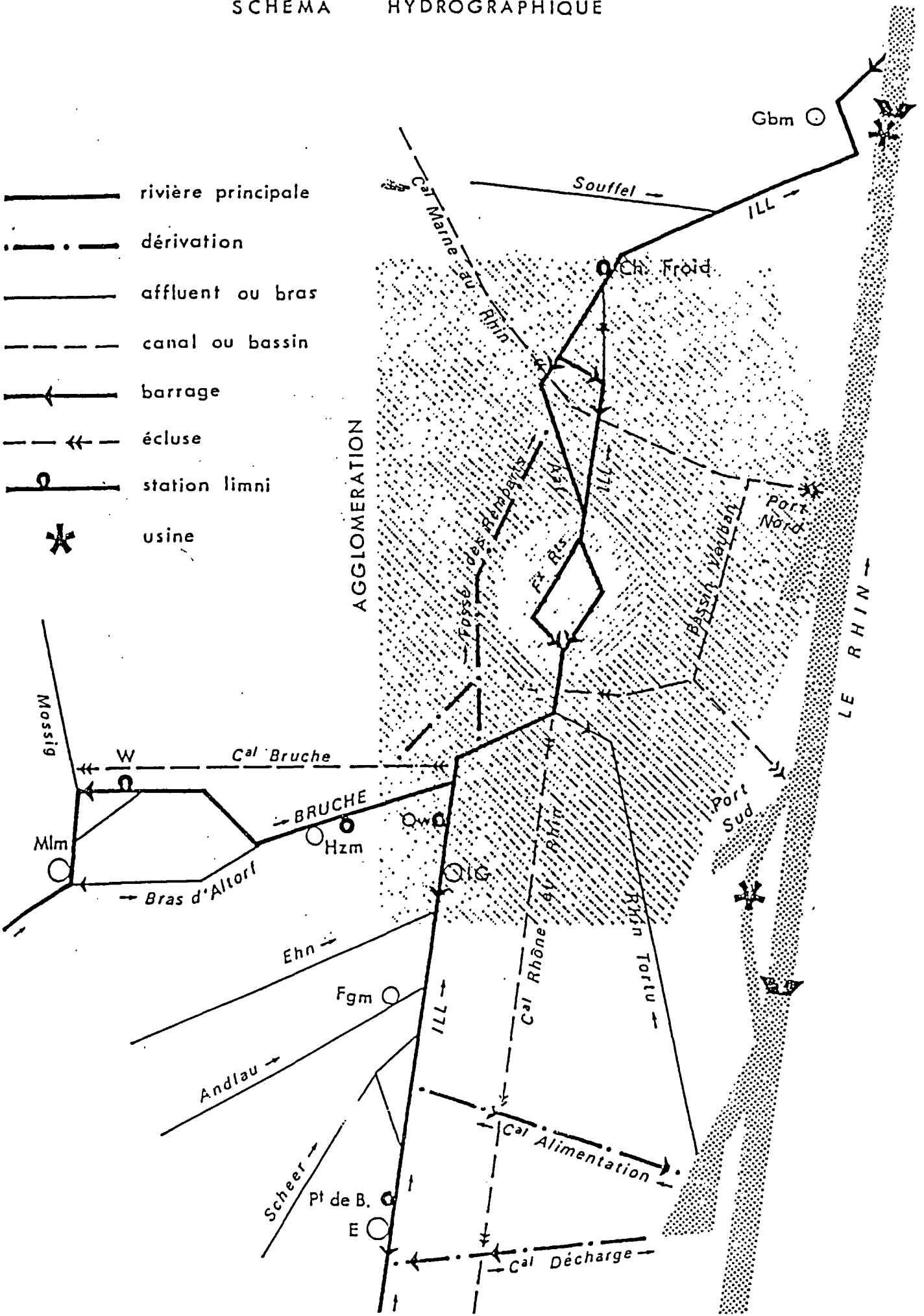
Sur cette portion, l'Ill reçoit trois affluents sur sa rive gauche : la Scheer, l'Andlau et l'Ehn. Le premier constitue un émissaire de nappe de faible importance, tandis que les deux autres peuvent apporter 20 à 30 m³/s en crue centennale. En crue, le débit de l'Ill à l'entrée de l'agglomération peut atteindre 60 m³/s, auquel s'ajoute le débit de la Bruche, qui en crue centennale peut être de l'ordre de 220 m³/s. Ce secteur constitue le point névralgique du réseau.

. Dans l'agglomération, à l'aval de cette confluence, l'Ill présente un tronçon commun avec le canal du Rhône au Rhin avant son entrée dans le Port de Strasbourg. Les niveaux de ce canal et du Port sont maintenus constants par la fermeture des écluses 85 et 86 et pour le bassin de l'Hôpital, par une porte de garde située sous le pont du Heyritz. Après son confluent avec la Bruche, l'Ill reçoit le Rhin Tortu dont le débit est contrôlé à 9 m³/s. Sur ces 9 m³/s, seuls 7 m³/s se jettent dans l'Ill au pont du Heyritz, les 2 m³/s restants étant évacués dans le bassin de la Citadelle par l'intermédiaire du Ziegelwasser.

SCHEMA HYDROGRAPHIQUE

Figure 5

-  rivière principale
-  dérivation
-  affluent ou bras
-  canal ou bassin
-  barrage
-  écluse
-  station limni
-  usine



Le centre de Strasbourg est enserré entre l'Ill et le Fossé des Faux Remparts qui se divise à travers un système complexe de vannes dans le quartier de la Petite France. L'écluse A et le barrage des abattoirs maintiennent une cote constante amont sur l'Ill de 137.35 m NN afin de permettre la navigation sur son tronçon commun avec le canal du Rhône au Rhin vers le bassin de l'Hôpital.

Après la réunion de ces deux bras, la rivière se divise à nouveau en deux entre l'Ill et l'Aar.

L'ensemble de la ville est contourné à l'Ouest par le Fossé des Remparts. Ce fossé est alimenté à la fois par l'Ill et par un défluent du canal de la Bruche, le Muhlbach. Il rejoint l'Aar au Tivoli.

La traversée du canal de la Marne au Rhin présente un certain obstacle à l'écoulement naturel des eaux à l'aval de Strasbourg. La nécessité de maintenir un niveau constant dans le canal et le port ont conduit à la mise en place d'un système de régulation : le barrage à aiguilles de la Robertsau sur l'Ill et le barrage de l'Aar qui maintiennent une cote amont de 135,2 m NN.

A l'aval de ces deux barrages, l'Ill décrit une boucle pour rejoindre l'Aar. Dans ce méandre, l'Ill franchit le barrage du Doernel. Cet ouvrage dérive une partie des eaux dans le Muhlwasser en direction du canal des papeteries de la Robertsau. Ce canal rejoint l'Ill au droit de la cité des Chasseurs.

En aval de l'agglomération, au niveau du Fuchs am Buckel, l'Ill présente un défluent, le Steingiessen qui se jette dans le Rhin au PK 302. Plus en aval, une partie du débit de l'Ill est dérivé vers le Moulin de la Wantzenau, un barrage régulant l'écoulement entre ces deux voies. Ce défluent rejoint l'Ill à proximité de la Wantzenau.

1.3.2. La Bruche

La Bruche présente un réseau complexe d'écoulement entre sa sortie du massif vosgien et son arrivée à Strasbourg. La surface de son bassin versant est de 700 km².

A l'amont de Molsheim, sur la rive droite se détache le bras d'Altorf, de faible débit, pouvant atteindre 10 m³/s lorsque la Bruche est en crue. Il rejoint celle-ci au niveau d'Entzheim.

La Bruche elle-même longe l'autre bord de son cône de déjection alluvial qui est traversé en diagonale par le ruisseau de Dachstein.

La Bruche, sur la portion étudiée, comporte un barrage au niveau de l'aéroport d'Entzheim et un seuil situé au droit du passage du pipeline Sud Européen (Holtzheim).

La Bruche rejoint l'Ill au niveau de la Montagne Verte.

1.3.3. Le Rhin

Le Rhin prend sa source dans les Alpes et reçoit le long des 1300 km de son cours des rivières qui drainent un bassin versant de l'ordre de 100000 km². Il bénéficie d'un régime alpin avec hautes eaux en été au moment de la fonte des neiges et basses eaux en hiver. Son débit oscille entre 700 et 6000 m³/s. Le Rhin en Alsace ne reçoit, sur sa rive gauche, aucun affluent depuis son entrée à Bâle jusqu'à Strasbourg. En aval, l'Ill, la Moder grossie de la Zorn, la Sauer et la Lauter se jettent dans le rhin.

Le cours du Rhin a fait l'objet d'un certain nombre d'aménagements. Suite à la mise en eau des barrages de Strasbourg et de Gamsheim, les niveaux du Rhin en aval de Strasbourg ne sont plus en relation directe avec ses débits. En effet, pour des débits supérieurs à 2100 m³/s, le niveau de retenue du barrage maintenu à une cote de 135 m NN peut descendre jusqu'à 133,2 m NN, grâce à l'ouverture du barrage mobile. Cette manoeuvre s'effectue de manière à ce que le niveau du fleuve à l'avant - port Nord ne dépasse pas la cote de 136 m NN, qui correspond aux plus hautes eaux navigables.

L'aménagement du port de Strasbourg a entraîné l'exécution de deux types de bassin :

- ceux en communication directe avec le Rhin canalisé, dont les variations de niveaux sont identiques à celles du fleuve aux deux embouchures; il s'agit de :

- . l'avant port Nord : les Bassins Louis Armand, du Commerce et de l'Industrie;
- . l'avant port Sud : les Bassins Delay, Haelling, les Darses 3 et 4.

- ceux dont le plan d'eau est maintenu à une cote constante grâce aux écluses sur le Rhin situées aux Ports Sud et Nord, et au barrage à aiguilles sur l'Ill.

1.4. LE PROBLEME DES CRUES DE L'ILL ET DE LA BRUCHE

Les études précédentes (BCEOM 1977, SGAL 1983 ...) ont montré que les cours d'eau de la plaine alluviale sont en étroite liaison avec la nappe libre.

Pour des régimes stables, les niveaux de la nappe et de la rivière ont tendance à s'équilibrer. Les transferts de flux sont différents en chaque point de la plaine. Ils sont fonction des hétérogénéités des aquifères et du type de connexion nappe/rievière.

En période de crue, les phénomènes d'échange entre les écoulements souterrains et de surface sont très variés. En hautes eaux, des débordements directs et indirects se produisent dans certains secteurs sensibles.

Dans le premier cas, la rivière déborde, quitte son lit mineur et envahit les points bas du lit majeur, créant des zones temporairement inondées qui sont le siège d'infiltrations vers la nappe.

Dans le deuxième cas, la nappe affleure en hautes eaux et contribue à l'augmentation des étendues inondées.

Dans le secteur d'étude, l'Ill est influencée essentiellement par la Bruche. Un des points les plus sensibles du réseau hydrographique se trouve à la confluence de ces deux cours d'eau. En effet, la faible pente des deux rivières au point de confluence a pour conséquence l'apparition de remous qui se propage dans l'Ill amont jusqu'au barrage d'Illkirch. Les débordements de nappe sont prépondérants à l'aval de Strasbourg et à l'amont de la confluence Ill-Bruche.

Les crues du système Ill-Bruche occasionnent des remontées de nappe assez importantes sur certains secteurs de l'agglomération strasbourgeoise : il est donc important de bien délimiter ces zones.

La plupart des constructions urbaines sont implantées hors des zones inondables par débordements superficiels; cependant de nombreux quartiers sont bâtis à une cote proche du niveau moyen de la nappe. Celle-ci atteint les sous-sols lors d'une crue.

Le problème qui se pose à l'hydrogéologue est d'établir la relation existant entre la nappe et le cours d'eau à travers le temps et l'espace.

2. CONSTRUCTION DU MODELE

Les études précédentes réalisées par le BCEOM (1977) et le Service Géologique Régional Alsace (1978 et 1983), relatives aux problèmes des crues de l'Ill et de la Bruche dans l'agglomération strasbourgeoise, ont mis en évidence que l'essentiel des dommages causés par les inondations était dû aux remontées de la nappe phréatique.

Ce modèle reçoit les résultats d'un modèle hydraulique qui calcule les écoulements de surface sans intégrer l'influence de la nappe. Dans un premier temps, les données du secteur sont introduites dans le modèle, qui fait l'objet d'un étalonnage détaillé (comparaison des résultats calculés avec la réalité mesurée).

2.1. CARACTERISTIQUES DU MODELE

Le comportement de l'aquifère a été simulé suivant le schéma des nappes captives : la transmissivité est considérée comme constante, car les fluctuations de la nappe n'affectent qu'une épaisseur réduite des alluvions comparativement à leur puissance.

2.1.1. Le maillage utilisé

Le modèle VAL utilise une discrétisation de l'espace au moyen d'une grille maillée. Les intersections de cette grille définissent les noeuds du modèle. Le domaine est discrétisé suivant un maillage carré (figure 6).

La possibilité d'utiliser des mailles de tailles différentes permet de représenter une grande superficie tout en réduisant le nombre de points de calcul.

A la périphérie du secteur, le maillage est constitué par des mailles de 1 km de côté. Dans les zones sensibles, les mailles sont réduites à 250 m. Ces petites mailles sont incluses dans les grandes mailles.

Au total, le modèle comporte 6870 mailles dont :

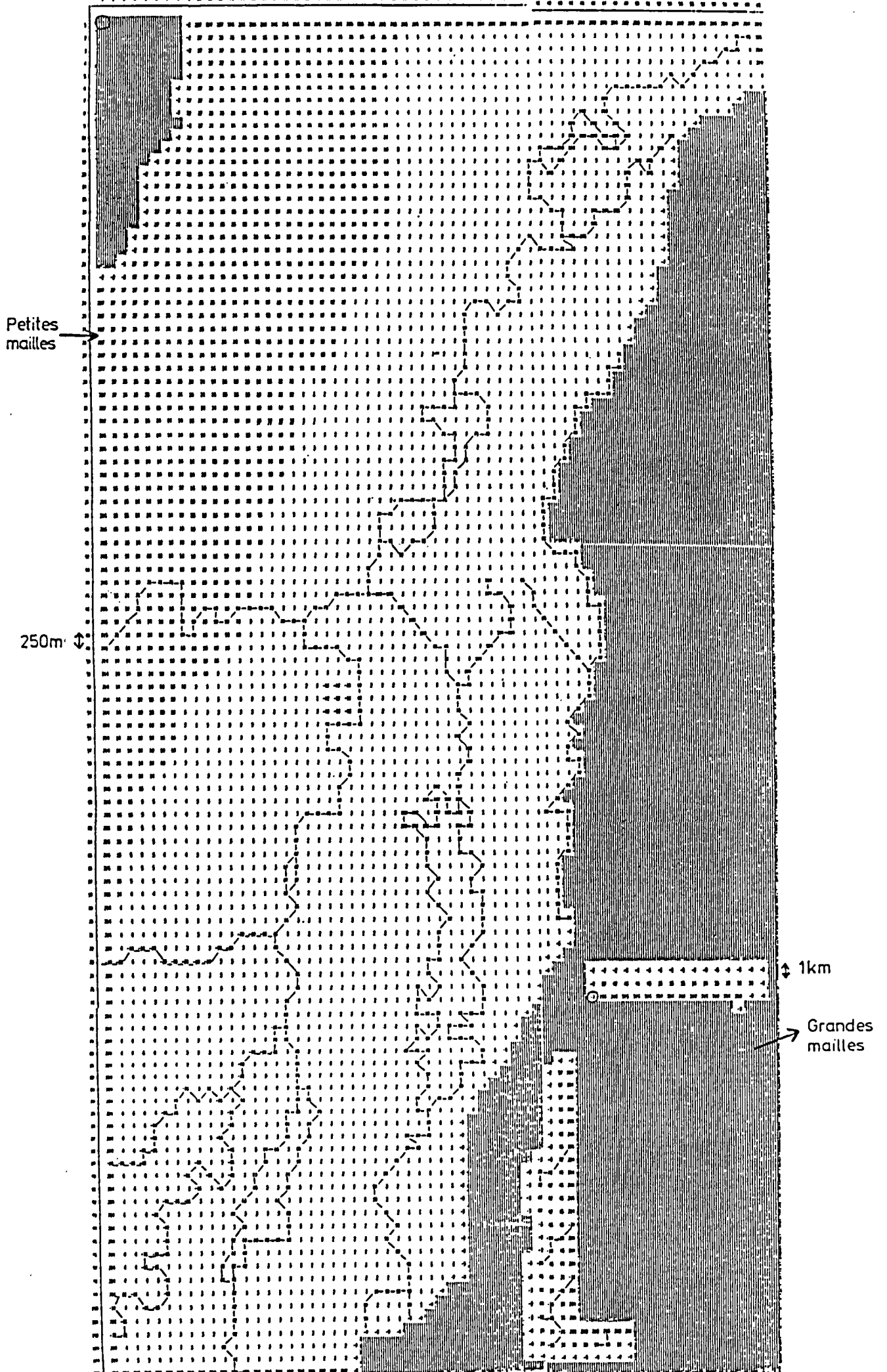
- 6240 petites mailles de 250 m de côté englobant l'agglomération strasbourgeoise et comprenant 105 lignes numérotées de 1 à 105 et 61 colonnes allant de 1 à 61.

- 630 grandes mailles de 1 km de côté comprenant 31 lignes numérotées de 74 à 104 et 22 colonnes allant de 39 à 60.

Chaque maille est caractérisée par un code dont la valeur est positive pour les mailles de calcul et négative pour les mailles à potentiel imposé.

2.1.2. Conditions aux limites

Les conditions aux limites pour toutes les simulations (en régime permanent et transitoire) ont été définies sur les limites Nord, Sud, Ouest, Nord Est, Sud Est du domaine en imposant la valeur du niveau piézométrique (condition de Dirichlet). La limite Est est simulée à partir des cotes imposées du Rhin.



2.2. LES DONNEES INTRODUITES DANS LE MODELE

2.2.1. Les paramètres hydrodynamiques

a) La transmissivité

Ces valeurs sont déduites des essais de pompage et sont ajustées lors du calage.

La transmissivité augmente d'Ouest en Est, chaque valeur étant associée à un code différent, variant de 1 à 7. Les valeurs les plus basses de l'ordre de 1.10^{-4} m²/s sont observées à l'Ouest; les plus élevées se rencontrent à proximité du Rhin. Les valeurs de transmissivité sont comprises entre 6.10^{-3} et 250.10^{-3} m²/s (figure 7).

b) Le coefficient d'emmagasinement

Le secteur simulé se divise en trois zones suivant les valeurs du coefficient d'emmagasinement (cf. figure 8) :

- un domaine à l'Est de l'Ill constitué par des alluvions rhénanes où la valeur de S est égale à 8 %.

- un secteur Ouest recouvert de loess, dont la valeur de S est de 1 %.

- une zone Nord-Ouest, d'Oberhausbergen à Vendenheim avec des valeurs réduites de S de l'ordre de 0,25 %.

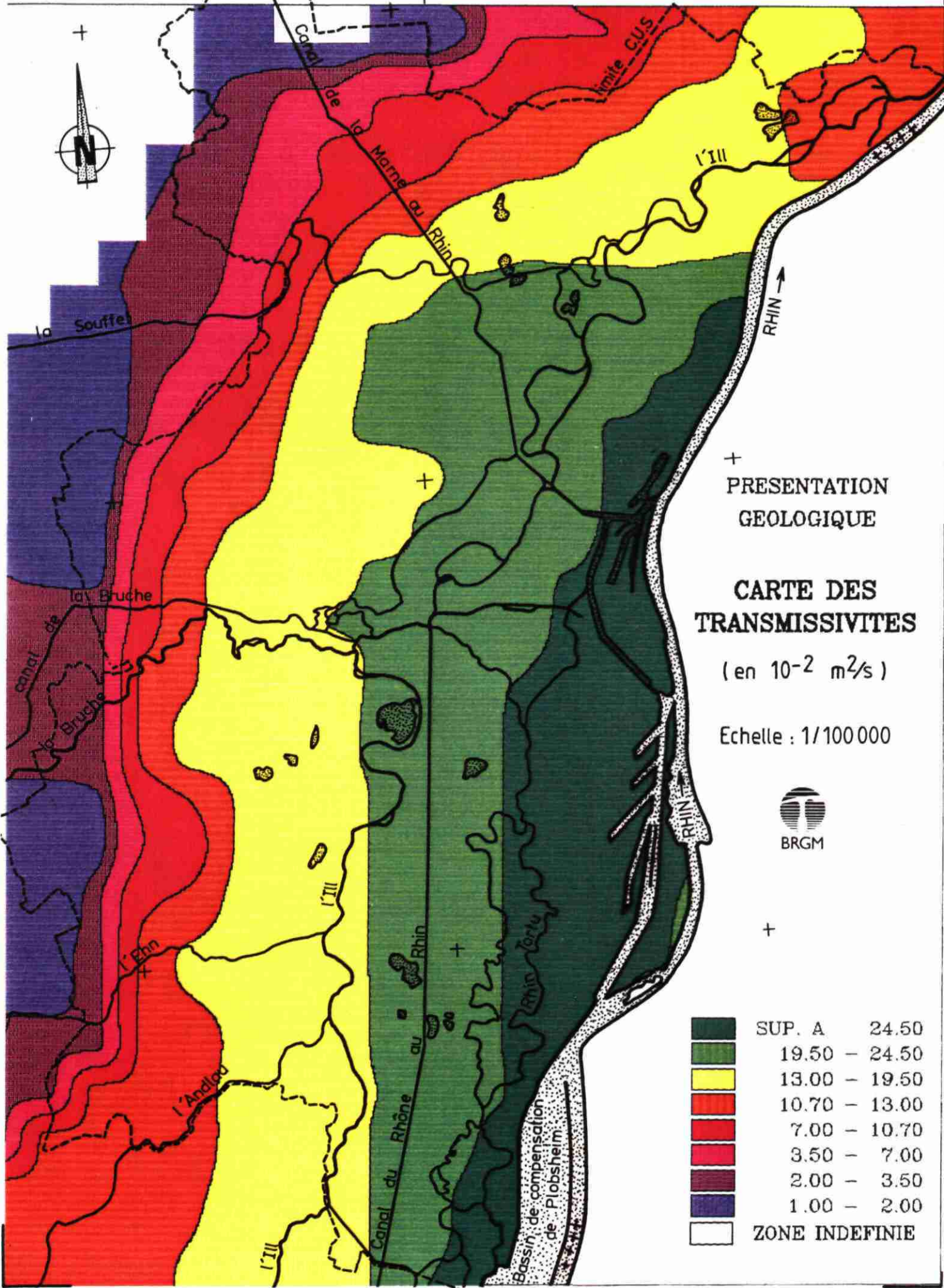
2.2.2. Les débits d'échange

Ils concernent pour l'essentiel les apports et les exhaures de nappe.

a) Pluie efficace-pompages

La pluie efficace traduit les apports, tandis que les sorties sont fonction des débits prélevés dans les forages industriels ou d'eau potable. Ces valeurs ont été actualisées à partir des données recueillies en 1985 par le SGAL (seuls les pompages supérieurs à 1 l/s ont été retenus).

COMMUNAUTE URBAINE DE STRASBOURG



b) Les échanges nappes-rivières

Les échanges entre la nappe et la rivière ont été simulés de manière "unilatérale".

Le transfert de flux pris en compte dans le modèle hydrodynamique est calculé à partir de la loi de Darcy :

$$Q = K_v \frac{\Delta x \Delta y}{\Delta z} (h_n - h_v) \quad \text{avec } T_v = K_v \frac{\Delta x \Delta y}{\Delta z}$$

La rivière est divisée en tronçons. Une valeur de cote H_v et un coefficient T_v d'échange rivière/nappe sont imposés à chaque bief. Ces valeurs varient en fonction du temps et de l'espace. Cette cote est définie à partir soit de mesures de terrain, soit des valeurs calculées par le modèle hydraulique. Le flux entre la nappe et la rivière n'intervient pas dans ce calcul hydraulique.

Lorsque le débit Q est positif, la rivière est en position d'alimentation. Dans le cas contraire, la rivière draine la nappe.

Le paramètre T_v est obtenu lors de l'étalonnage du modèle, il correspond aux caractéristiques de la rivière et des terrains situés entre la nappe et le cours d'eau. Les valeurs de H_v ont été déterminées à partir de profils et de mesures de terrain.

Les valeurs de T_v s'échelonnent entre 2 à $200 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, suivant le type de connexion.

Un exemple de discrétisation de la rivière en tronçons est présentée figure 9.

2.3. CALAGE EN PERMANENT

2.3.1. Choix de la période de référence

La modélisation de l'aquifère alluvial, dans des conditions de régime permanent, nécessite l'existence de conditions initiales, de niveaux piézométriques et de débits stables.

Afin de restituer la crue de Février 1980, le calage en permanent a consisté à prendre comme état de référence le mois de janvier 1980 présentant des moyennes eaux similaires à celles observées en 1979.

En régime permanent, les lois qui traduisent les écoulements souterrains en nappe captive sont fonction de la transmissivité. Par ajustement progressif de ce paramètre, l'état piézométrique de référence sera reconstitué.



2.3.2. Données de départ

Les données nécessaires à l'étalonnage du modèle en permanent sont :

- les transmissivités,
- les débits pompés,
- les potentiels le long des limites,
- la pluie efficace : La valeur introduite dans le modèle correspond à la quantité infiltrée durant l'année 1979, au poste d'Entzheim, soit 86 mm. Les mailles de 1 km de côté ont reçu un apport de 2,7 l/s, tandis que les petites mailles (250 m de côté) présentent une pluie efficace de 0,17 l/s. Dans les zones à recouvrement loessique, à l'Ouest du domaine et dans les secteurs urbanisés, ces apports ont été réduits de moitié.
- les cotes de l'eau dans les cours d'eau Hv citées précédemment.

Les valeurs des différents paramètres sont résumés dans le tableau 1 ci-après.

Le coefficient d'échange T_v entre la nappe et la rivière est ajusté aussi lors de l'étalonnage en permanent à partir de mesures piézométriques proches de la rivière.

2.3.3. Résultats de l'étalonnage

a) Piézométrie

La carte piézométrique calculée par le modèle à l'issue du calage en permanent est présentée en figure 10. Les écarts entre les valeurs calculées par le modèle et mesurées sur le terrain restent inférieurs à 20 cm, et sont résumés dans le tableau 2.

Deux observations doivent accompagner ce tableau :

- les potentiels mesurés mis entre parenthèses ont été corrigés en tenant compte du gradient de la nappe et de la distance du point de référence au noeud affecté.
- les potentiels suivis d'un astérisque doivent être assortis de réserve, étant probablement erronés.

TABLEAU 1 : DONNEES DU MODELE EN PERMANENT

Rivière	Code	Tronçon de rivière	Hv (m)	Tv 10-3 m³/s	Position Rivière/ nappe
Bruche	70	Gliesberg - Niederholz	137.9	15.0	A
Bruche	71	Muehlegert - Oberschaeffolah	141.9	0.0	P
Bruche	72	Oberholz - Holzheim	147.4	1.0	P - A
Bruche	99	Niederholz - Muehlegert	139.6	20.0	A
Ill	98	Aval Erstein - Erstein	147.4	100.0	A
Ill	61	Aval Erstein - Nordhouse	146.5	100.0	D - E
Ill	62	Nordhouse - Hipsheim	146.2	7.0	A
Ill	63	Hipsheim - Wibolsheim	146.2	4.0	A
Ill	64	Wibolsheim - Ohnheim	145.5	14.0	A
Ill	65	Ohnheim - Grasshardt	142.5	130.0	D
Ill	66	Grasshardt - Barrage Ill	141.6	10.0	A
Ill	67	Illkirch - Barrage Alcatel	140.0	100.0	E - D
Ill	68	Amont Gerig	138.1	130.0	D
Ill	69	Amont Confluent Bruche	137.85	5.0	A
Ill	73	Aval Confluent Bruche	137.8	1.2	A
Ill	74	Centre Ville - Faux Remparts	136.0	9.0	A
Ill	75	Amont barrage Robertsau	135.6	0	A
Ill	76	Aval barrage Doernell	133.5	200.0	D
Ill	77	Robertsau	132.7	50.0	D - A
Ill	78	Fort Ney - Wantzenau	131.9	10.0	A
Ill	79	Aval Aiguilles - Doernell	135.0	0	A
Ill	95	La Wantzenau	129.1	120.0	D
Ill	91	Amont Ecluse A	137.6	0.6	A
Ill	92	Aval Ecluse A	135.7	9.0	A
Ill	93	Amont défluent Aar	135.6	2.0	A
Ill	94	Amont pont de Bischheim	133.10	200.0	D - E
Ill	101	La Wantzenau	131.4	10.0	A - D
Rhin Tortu	100	Neudorf	137.7	1.0	A
Rhin Tortu	86	Neudorf	138.9	2.0	A
Rhin Tortu	87	Neuhof	142.0	25.0	A
Rhin Tortu	88	Hertzladen - Feldmatt	142.6	5.0	A
Rhin Tortu	89	Sandel - Plobsheim	145.4	15.0	A
Bassin Vauban	85	Amont bassin Citadelle	135.5	250.0	D - E
Rhin	80	Port aux Pétroles	135.5	40.0	A
Rhin	81	Entre Ports Sud et Nord	135.7	50.0	A
Rhin	82	Darses 1 et 2	136.0	200.0	D - A
Rhin	83	Darses 3 et 4	136.0	250.0	D
Rhin	84	Nord bassin aux pétroles	135.4	13.0	A
Rhin Tortu	102	Neudorf	139.4	1.0	A
Ill	103	La Wantzenau	130.3	100.0	D
Rhin Tortu	104	Neudorf Est	138.2	2.0	A
Rhin Tortu	90	Plobsheim	145.4	15.0	A

A = alimentation
P = perchée
D = drainage
E = équilibre

COMMUNAUTE URBAINE DE STRASBOURG

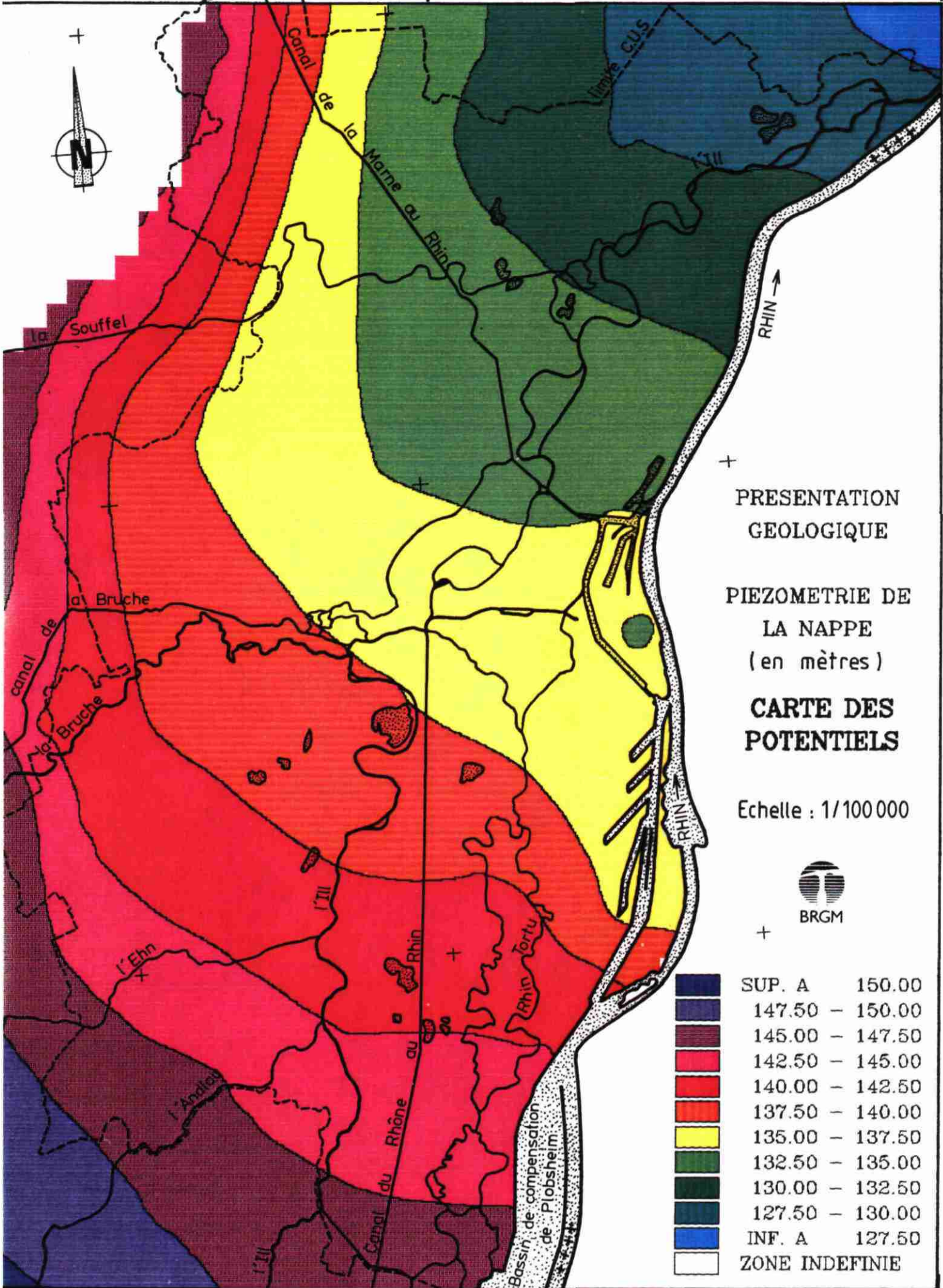


TABLEAU 2 : RESULTATS DE L'ETALONNAGE EN PERMANENT

Numéro du point	Coordonnées	Potentieux mesurés Janvier 1980	Potentieux calculés modèle	Ecart d'étalonnage
234-6-42	20-4	(142,3)	142,06	- 0,24
234-6-33	10-13	138,05	138,01	- 0,04
234-6-9	2-14	(138,95)	138,84	- 0,11
234-6-45	32-16	135,29	135,61	+ 0,32
234-7-128	29-17	(135,13)	135,35	+ 0,22
234-7-83	31-32	134,0	134,01	+ 0,01
234-7-70	28-29	133,85	133,97	+ 0,12
234-7-75	22-31	133,22	133,41	+ 0,19
234-7-8	20-30	133,0	133,41	+ 0,41
234-7-4	28-40	(133,55)	133,66	+ 0,11
234-7-5	27-43	(133,52)	133,55	+ 0,03
234-7-163	29-44	133,9	133,95	+ 0,05
234-7-62	22-45	(132,8)	132,63	- 0,17
234-7-7	22-39	(132,9)	132,8	- 0,1
234-7-61	23-50	132,48	132,5	+ 0,02
234-7-6	18-47	(132,0)	131,89	- 0,11
234-7-11	10-40	(131,0)	130,91	- 0,09
234-7-10	12-35	(131,6)	131,87	+ 0,27
234-7-13	3-45	(129,65)	129,68	+ 0,03
234-7-15	7-47	(130,0)	130,02	+ 0,02
234-7-14	4-49	(129,4)	129,44	+ 0,04
234-7-19	74-53	(129,4)	129,4	0
234-7-16	75-54	(129,4)	129,18	- 0,22
234-8-7	74-56	128,0	128,46	+ 0,46
272-1-24	87-41	(143,5)	143,8	+ 0,3
272-1-60	29-46	133,63	133,95	+ 0,32
272-1-22	94-43	143,5	143,6	+ 0,1
272-2-176	60-2	(140,78)	140,78	+ 0,08
272-2-179	54-2	140,0	140,13	+ 0,13
272-2-35	42-5	(138,9)	138,62	- 0,28
272-2-164	72-10	142,0	141,99	- 0,01
272-2-139	64-19	139,34*	139,58	+ 0,24
272-2-84	53-10	139,1	139,14	+ 0,04
272-2-37	43-11	(138,05)	137,95	- 0,10
272-2-160	72-25	(140,75)	141,04	+ 0,29
272-2-161	68-25	(139,9)	140,2	+ 0,3
272-2-165	67-22	(139,95)	140,04	+ 0,09
272-2-150	50-17	137,9	137,88	- 0,02
272-2-132	40-18	136,3	136,41	+ 0,11
272-2-23	36-18	(135,6)	135,5	- 0,1
272-2-157	42-25	135,85	135,98	+ 0,13
272-2-401	40-23	135,8	135,88	+ 0,08
272-2-116	48-23	136,92	137,05	+ 0,13
272-3-98	70-36	(139,7)	139,7	0
272-3-113	70-42	(136,9)	136,98	+ 0,08
272-3-280	56-32	137,25	137,39	+ 0,14
272-3-361	56-40	136,2	136,28	+ 0,08
272-3-105	50-40	135,9	135,48	- 0,42
272-3-215	52-31	136,8	136,89	+ 0,09
272-3-189	47-33	135,95	136,08	+ 0,13
272-3-275	43-28	135,87	135,88	+ 0,01
272-3-264	42-41	135,87	135,35	0
272-3-162	57-25	138,1	138,07	- 0,03
272-3-255	39-40	134,55	134,46	- 0,09
272-3-364	36-35	134,6	134,74	+ 0,14
272-3-270	37-30	134,94	135,02	+ 0,08
272-3-238	39-28	(135,52)	135,36	- 0,16
272-5-36	99-39	149,8	149,8	0
272-5-14	99-43	147,6	147,6	0
272-5-26	97-2	147,9	147,91	+ 0,01
272-6-51	88-11	(145,05)	145,26	+ 0,21
272-6-26	82-11	(143,8)	143,91	+ 0,11
272-6-14	94-17	(145,5)	145,52	+ 0,08
272-6-15	89-18	(144,7)	144,57	- 0,13
272-6-17	79-18	(142,4)	142,41	+ 0,01
272-6-42	103-48	(147,4)	147,4	0
272-6-28	86-21	(143,6)	143,6	0
272-6-16	80-20	(142,4)	142,48	+ 0,08
272-6-33	88-26	143,95	144,03	+ 0,08
272-7-18	96-31	(145,4)	145,34	- 0,06
272-7-19	92-32	(144,8)	144,72	- 0,08
272-7-20	88-31	(144,0)	143,96	- 0,04
272-7-21	81-31	(142,6)	142,58	- 0,02
272-7-16	75-38	(140,4)	140,43	+ 0,03
272-2-151	55-23	137,8	138,01	+ 0,21
272-2-156	40-24	135,85*	135,88	+ 0,03
272-6-12	92-26	144,8	144,75	- 0,05
272-3-224	40-33	135,04	135,29	+ 0,25
234-7-76	24-34	133,35	133,16	- 0,19
234-7-1	16-44	131,75	131,62	- 0,13

b) Bilan des débits

Ce bilan, calculé sur modèle, peut se résumer comme suit (tableau 3) :

	ENTRÉES		SORTIES	
	l/s	%	l/s	%
. Pluie efficace	1.352	17,4		
. Prélèvements			3.945	51,6
. Apport sur la limite Sud entre Andlau et le Rhin	1.037	13,3		
. Exutoire de la nappe entre Eckwersheim et le Rhin			554	7,2
. Alimentation à partir du plateau du Kochersberg	1.206	15,5		
. Apport de la nappe entre Achenheim et Krautergersheim	492	6,3		
. Echange nappe-rivière				
- l'Andlau et son affluent la Scheer	179	2,3		
- la Bruche	226	2,9		
- l'Ehn			149	2,0
- l'Ill			1.676	21,9
- le Rhin et ses dépendances				
. entre le plan d'eau de Plobsheim et le barrage de Strasbourg	114	1,5		
. darse IV du port de Strasbourg			1.324	17,3
. en aval de celui-ci	1.612	20,7		
. le Rhin Tortu	1.559	20,1		
	7.777	100,0	7.648	100,0

L'écart entre les entrées et les sorties est faible et l'équilibre des débits est bien restitué.

Les prélèvements (pompages) représentent l'essentiel des sorties soit 50%. Les entrées proviennent en majorité des apports de pluie efficace, de l'alimentation aux limites Sud et Nord - Ouest du domaine et de l'infiltration des rivières telles que le Rhin Tortu et le Rhin dans sa partie aval.

2.4. CALAGE EN TRANSITOIRE COURT

2.4.1. Principe

L'étalonnage en transitoire consiste à ajuster le coefficient d'emmagasinement, et à vérifier les paramètres étalonnés en permanent, notamment la transmissivité de l'aquifère et du lit de la rivière, de manière à reproduire les signaux mesurés sur les piézomètres de référence.

En régime transitoire, les coefficients T et S caractérisent l'intensité et la propagation du signal de crue.

2.4.2. Période de référence

La crue de février 1980 a été retenue comme période de référence, en raison d'observations piézométriques suffisantes les 8 février et 7 mars pour vérifier les calculs du modèle.

D'un point de vue statistique, les hautes eaux de février 1980 ne présentent pas d'amplitude exceptionnelle :

- les précipitations mesurées du 1^{er} au 10 février ont une période de retour de 5 ans.
- les cotes piézométriques observées en février 1980 ont une période de retour comprise entre 1 et 5 ans suivant la situation du piézomètre.

Les caractéristiques de cette crue sont résumées dans le tableau suivant :

	BRUCHE Amont de Strasbourg	ILL Chasseur froid	RHIN Strasbourg
Débit en m ³ /s	90	150	4150
Période de retour	4 à 5 ans	2 à 3 ans	20 ans

2.3.4. Données introduites dans le modèle

Les paramètres hydrodynamiques étalonnés en permanent sont conservés.

a) Les échanges nappe-rivières

L'évolution des Hv de chaque tronçon de rivière représente l'allure des limnigrammes fournis par le modèle hydraulique (Ill et Bruche dans l'agglomération strasbourgeoise), par la Direction Départementale de l'Agriculture (Ehn, Bruche, Andlau, Ill Amont), par le Service de la Navigation (Avant port Nord et Sud, Rhénomètre). Ces différents limnigrammes ont été divisés en 17 pas de temps de durée variable afin de reconstituer la crue de février 1980. La durée de chaque pas de temps est un multiple du pas de temps unitaire de durée 12 h.

PT0	:	initialisation du régime transitoire à partir de l'état de janvier 1980,
PT1 à 4	:	2 fois le pas de temps unitaire = 4 x 1 jour : 1er au 4 février 80
PT5 à 10	:	1 fois le pas de temps unitaire = 6 x 1/2 jour : 5 au 7 février 80
PT11 à 14	:	2 fois le pas de temps unitaire = 4 x 1 jour : 8 au 11 février 80
PT15	:	16 fois le pas de temps unitaire = 8 jours : 12 au 19 février 80
PT16	:	20 fois le pas de temps unitaire = 10 jours : 20 au 29 février 80
PT17	:	14 fois le pas de temps unitaire = 7 jours : 1er au 7 mars 80

Les caractéristiques des nouveaux tronçons de rivière liées à l'extension du domaine d'étude sont les suivantes :

a) La Bruche

La Bruche a été divisée en quatre tronçons. Les signaux imposés sur les biefs amont sont mesurés à la station d'Oberschaefolsheim, alors que pour les autres biefs, le signal a été établi par le modèle hydraulique.

b) Les bassins le long du Rhin

Les mesures effectuées par le Service de la Navigation au PK 291.38 (avant port Nord) et PK 298.48 (avant port Sud), et au rhénomètre de Strasbourg, PK 294.9, ont permis de caractériser la crue de février 80 au droit des différents bassins.

c) Le Rhin Tortu

Le signal "Rhin Tortu" a été maintenu constant, car son débit est régulé à partir de sa prise d'eau dans le bassin de Plobsheim.

d) L'Ill

D'Erstein à la Wantzenau, les variations de potentiels sur l'Ill ont été déterminées à partir des mesures effectuées par la DDA au niveau de Erstein, Hoenheim, Ostwald, et des limnigrammes qui ont été calculés à Ostwald, l'Elsau, et la Montagne Verte par le modèle hydraulique. Les cotes de l'Ill au pic de crue sont déterminées sur l'ensemble du domaine.

Pour les Tv, nous avons conservé les valeurs obtenues en régime permanent.

b) Les pompages

Les pompages ont été maintenus constants au cours de la représentation de la crue de février 1980

c) L'infiltration efficace

En février 80, la pluie mesurée à Holtzheim est de 17 mm. La pluie efficace représente 50 % de ces précipitations. Par conséquent, pour obtenir l'apport de la pluie efficace, les précipitations journalières ont été divisées par deux. La figure 11 retrace l'évolution de la pluie efficace à partir de ce graphique. Deux remarques essentielles peuvent être établies :

- la totalité des précipitations se produit pendant la première décade du mois de février,
- le déphasage entre le pic de crue des rivières (6 février : PT8) et le pic des précipitations (4 février : PT4) est de deux jours.

CRUE DE FEVRIER 1980
APPORT DES PLUIES EFFICACES

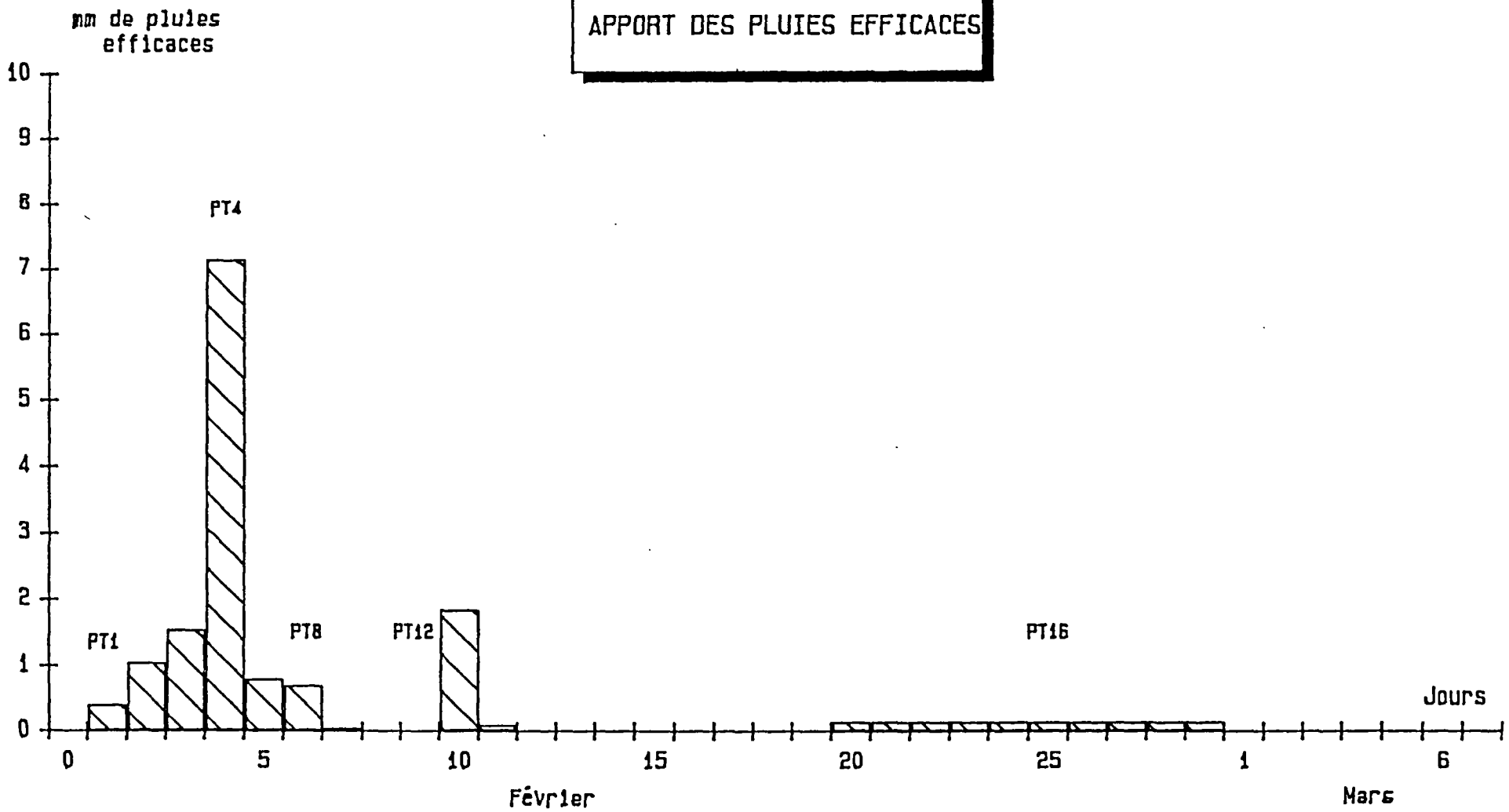


Figure 11

d) Les conditions aux limites

Les conditions aux limites sont des conditions de potentiels imposés. Le signal est mesuré sur les piézomètres situés à proximité des limites :

- 234-7-22 Reichstett : signal représentatif de la limite Nord. La nappe est soumise aux fluctuations de l'Ill.

- 234-6-45 Mittelhausbergen : caractérise les fluctuations de la nappe sous la couverture loessique à l'Ouest du domaine.

- 272-1-23 Holtzheim : signal représentatif de la limite Ouest, illustre les fluctuations de niveaux de la Bruche et de sa nappe alluviale au débouché dans la plaine.

- 272-5-25 Erstein : caractérise la limite Sud et Sud-Ouest, correspond au domaine de l'Ill régularisé par ses canaux de décharge et d'alimentation.

- 234-7-16 Eschau : signal représentatif de la limite Sud-Est, étant sous l'influence rhénane en amont des installations portuaires, caractérisées par la présence du contre-canal de halage.

- 234-7-61 Robertsau : caractérise la limite Nord-Est du secteur, en aval du Port aux Pétroles, influencé par le contre-canal de drainage et les fluctuations au niveau du port.

- 234-8-2 Wantzenau : (signal proche du piézomètre 234-8-9) caractérise la limite Nord-Est, sous l'influence du contre-canal de la chute de Gamsheim.

2.4.4. Résultats de l'étalonnage

Une quinzaine de simulations ont été nécessaires pour l'ajustement du coefficient d'emmagasinement et du paramètre Tv, de façon à reproduire correctement les variations de la nappe dans le domaine étudié.

Les écarts mesurés et calculés relatifs aux mesures :

- . du 8 février et du 11 janvier 1980 (PT 11-PT0)
- . du 8 février et du 7 mars 1980 (PT17-PT11)

au droit des piézomètres existants sont résumés dans les tableaux 4 et 5.

Le report sur une carte des différences entre les écarts mesurés et calculés sur ces piézomètres montre que le signal de crue et de décrue est bien représenté. La somme des écarts mesurés et calculés diffère de moins de 15 %, ce qui prouve que l'analyse des paramètres qui régissent les fluctuations de la nappe est bien représentative de la réalité.

Dans ces conditions, les paramètres hydrodynamiques étant calés, il est possible de passer à la phase d'application du modèle, afin de déterminer les zones sensibles aux remontées de nappe associées à une crue décennale et centennale.

TABLEAU 4 : COMPARAISON DES ECARTS MESURES ET CALCULES
DE LA CRUE DE FEVRIER 1980

Numéro du point	Coordonnées ligne - colonne	Potentiels mesurés			Potentiels calculés		
		08/02/80	11/01/80	Ecart	PT11	PT0	Ecart
234-6-22	10-28	133,44	133,2	0,24	132,92	132,74	0,18
33	10-13	138,1*	138,05	0,05	138,36	138,01	0,35
45	32-16	135,51	135,26	0,25	135,78	135,61	0,17
234-7-5	28-43	133,84	133,5	0,34	134,02	133,73	0,3
8	20-30	133,56	133,25	0,31	133,67	133,41	0,26
18	76-53	130,1	130,04	0,06	130,09	129,95	0,14
45	27-43	133,79	133,52	0,27	133,83	133,55	0,28
70	28-29	134,02	133,76	0,26	134,31	133,97	0,34
75	22-31	133,68	133,14	0,54	133,75	133,41	0,34
76	24-34	133,89	133,34	0,55	133,84	133,16	0,68
163	29-44	134,15	133,92	0,23	134,25	133,95	0,3
234-8-2	9-52	130,35	130,0	0,35	130,58	130,19	0,39
9	74-60	126,84	126,44	0,4	126,43	126,2	0,23
272-1-23	52-1	140,24	139,98	0,26	140,47	140,08	0,39
272-2-84	53-10	139,31	139,11	0,2	139,39	139,12	0,27
116	48-23	137,08	136,9	0,18	137,26	137,05	0,21
139	64-19	139,68	139,34	0,34	139,85	139,58	0,27
150	50-17	138,12	137,88	0,24	138,15	137,89	0,24
157	42-25	136,42	135,85	0,57	136,21	135,98	0,23
272-3-105	50-40	136,22	135,92	0,3	135,89	135,48	0,41
189	47-33	136,07	135,92	0,15	136,23	136,08	0,15
215	52-31	137,04	136,86	0,18	137,08	136,89	0,19
224	40-33	135,22	135,07	0,15	135,48	135,29	0,19
255	33-40	134,71	134,57	0,14	134,76	134,46	0,3
272-3-264	42-41	135,76	135,3	0,46	135,58	135,33	0,25
270	37-30	135,31	134,94	0,37	135,31	135,02	0,29
271	34-35	134,84	134,52	0,32	134,72	134,4	0,32
275	43-28	135,99	135,86	0,13	136,08	135,88	0,2
277	54-36	136,67	136,21	0,46	136,97	136,59	0,37
280	56-32	137,48	137,27	0,21	137,64	137,39	0,25
361	56-40	137,26	136,27	0,99	137,35	136,28	1,07
364	37-35	134,88	134,57	0,31	135,11	134,74	0,37
374	42-29	135,85	135,6	0,25	135,9	135,69	0,21

TABLEAU 5 : COMPARAISON DES ECARTS MESURES ET CALCULES
DE LA DECRUE DE MARS 1980

Numéro du point	Coordonnées ligne - colonne	Potentiels mesurés			Potentiels calculés		
		08/02/80	07/03/80	Ecarts	PT11	PT17	Ecarts
234-6-22	10-28	133,44	133,15	0,29	132,92	132,94	0,02
33	10-13	138,1*	138,05	0,05	138,36	138,25	+ 0,11
45	32-16	135,51	135,61	- 0,1	135,78	135,79	0,01
234-7-5	28-43	133,84	133,44	0,4	134,02	133,79	0,23
8	20-30	133,56	133,21	0,35	133,67	133,55	0,12
45	27-43	133,79	133,44	0,35	133,83	133,61	0,22
70	28-29	134,02	133,67	0,35	134,31	134,08	0,23
75	22-31	133,68	133,22	0,46	133,75	133,51	0,24
76	24-34	133,89	132,99	0,9	133,84	133,1	0,74
163	29-44	134,15	133,92	0,23	134,25	134,0	0,25
234-8-2	9-52	130,35	130,01	0,34	130,58	130,2	0,38
272-1-23	52-1	140,24	140,16	0,08	140,47	140,22	0,25
272-2-84	53-10	139,31	139,09	0,22	139,39	139,12	0,15
116	48-23	137,08	136,95	0,13	137,26	137,02	0,24
139	64-19	139,68	139,52	0,16	139,85	139,66	0,19
150	50-17	138,12	137,81	0,31	138,13	137,88	0,25
157	42-25	136,42	136,0	0,42	136,21	136,09	0,12
272-3-105	50-40	136,22	135,69	0,53	135,89	135,46	0,43
189	47-33	136,07	136,02	0,05	136,23	136,11	0,12
215	52-31	137,04	136,83	0,21	137,08	136,94	0,14
255	33-40	134,71	134,41	0,3	134,76	134,46	0,3
272-3-264	42-41	135,76	135,25	0,51	135,58	135,22	0,36
270	37-30	135,31	134,89	0,42	135,31	135,14	0,17
271	34-35	134,84	134,43	0,41	134,72	134,46	0,26
275	43-28	135,99	136,01	- 0,02	136,08	135,99	0,09
277	54-36	136,67	136,59	0,08	136,97	136,62	0,35
280	56-32	137,48	137,32	0,16	137,64	137,44	0,2
361	56-40	137,26	136,1	1,16	137,35	136,21	1,04
364	37-35	134,88	134,58	0,3	135,11	134,94	0,17
374	42-29	135,85	135,75	0,1	135,9	135,8	0,1

3. EXPLOITATION DU MODELE

3.1. SIMULATION DES HAUTES EAUX DECENNALES ET CENTENNALES

3.1.1. Données introduites dans le modèle

a) Généralités

Les simulations des crues décennales et centennales ont été réalisées en adoptant les hypothèses suivantes :

- les potentiels de départ du régime transitoire se rapportent aux conditions hydrogéologiques moyennes de Janvier 1980,
- la discrétisation des pas de temps est identique à celle de la crue de Février 1980 afin de faciliter l'introduction des données,
- les valeurs de débit pompé et la répartition des pluies efficaces sont analogues à celles établies lors de la phase d'étalonnage du modèle.

b) Conditions aux limites

Elles ont été établies pour des conditions décennales et centennales.

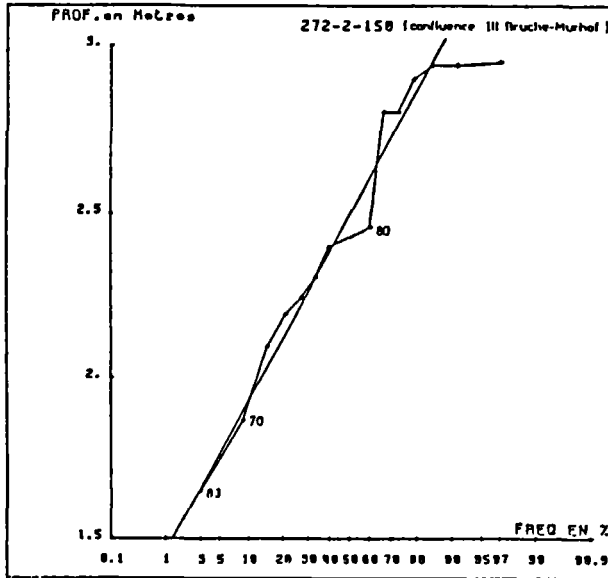
a) Crue décennale

Les graphiques d'ajustements statistiques fréquence/profondeur de la nappe ont été établis pour les piézomètres présentant un historique supérieur à 10 ans (figure 12). L'analyse de ces graphiques a permis de montrer que la crue décennale est comprise entre la crue de Février 1970 et celle de Mai 1983 (crue de Février 1970 < crue décennale < crue de Mai 1983).

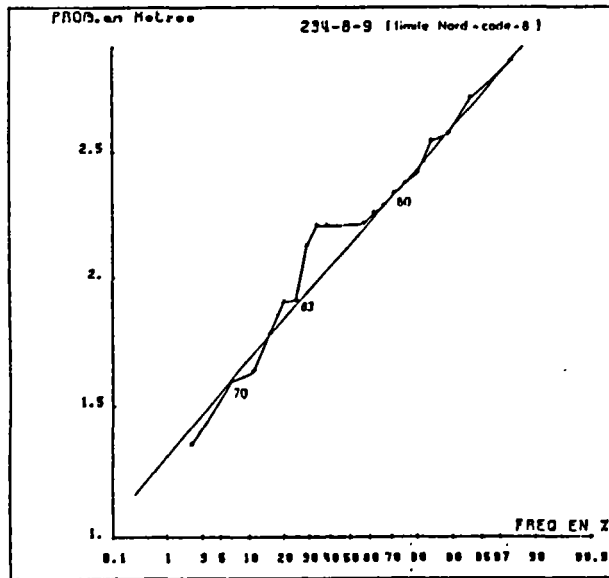
Ces signaux aux limites sont en phase avec ceux de la crue de Février 1980, le pic des hautes eaux décennales correspondant au pic de la crue de Février 1980 (pas de temps 8).

Figure 12

DIAGRAMME FREQUENCE/PROFONDEUR DE LA NAPPE



NB ELTS: 14
 MIN: 1.6500
 MAX: 2.9500
 MOY: 2.4693
 MED: 2.4300
 D90: 2.9400
 EC-TYP: 0.4293



NB ELTS: 19
 MIN: 1.3500
 MAX: 2.8500
 MOY: 2.1732
 MED: 2.2200
 D90: 2.6400
 EC-TYP: 0.3950

Ces signaux ont été établis à partir des relevés piézométriques suivants :

	Code	N° Piézomètre	Crue utilisée
Limite Nord		234-7-22	Février 1970
		234-8-09	Mai 1983
Limite Ouest		234-6-45	Février 1970
		272-1-23	Mai 1983
		272-5-24	Mai 1983
Limite Sud		272-5-16	Février 1970
		272-6-39	Février 1970
		272-6-42	Mai 1983
Limite Est		272-7-16	Mai 1983
		234-7-05	Mai 1983
		234-7-05	Mai 1983
		272-6-42	Mai 1983

Sur la limite Est, le signal de la crue décennale est identique à celui observé lors de la crue de Mai 1983 afin de simuler l'impact des aménagements du Rhin, postérieurs à 1970.

b) Crue centennale

Les signaux établis pour la crue décennale le long des limites Nord, Sud et Ouest ont été conservés, de manière à ne pas imposer simultanément sur l'ensemble du domaine des conditions centennales (pluies efficaces, conditions aux limites, échanges nappe-rivière), ce qui aurait pour effet d'engendrer des hautes eaux de période supérieure à 100 ans.

Sur la limite Est, les cotes piézométriques ont été augmentées de 20 cm; l'analyse des diagrammes profondeur de nappe/fréquence pour les piézomètres proche du Rhin montre en effet que la cote de la nappe en crue centennale dépasse la crue décennale de 20 cm.

c) Débits à l'intérieur du modèle

a) Pluies efficaces

Les apports des pluies efficaces sont caractérisés par leur intensité et leur distribution dans le temps.

. Intensité des pluies efficaces

Pour définir l'intensité des précipitations correspondant à des périodes de retour de 10 et 100 ans, une analyse statistique a été réalisée.

La figure 13 représente le classement statistique des pluies décennales des mois de Janvier et Février au cours de la période 1961 - 1988 enregistrées au poste d'Entzheim. D'après ce graphique, les pluies décennales de fréquence décennale et centennale atteignent respectivement 32 et 70 mm.

En hiver, les pluies efficaces étant pratiquement égales aux précipitations, ces valeurs ont été conservées comme apport à la nappe.

. Forme du signal de la pluie efficace

L'examen de l'hydrogramme des débits de la Bruche, pour les crues de Janvier 1965, Février 1979 et Février 1979 et des précipitations à Entzheim montre que :

- le déphasage entre le pic des précipitations et des débits est de un jour,
- la forme du signal est aléatoire,
- les précipitations sont quasiment nulles après le pic.

Dans ces conditions, le signal des précipitations a été calqué sur l'hydrogramme de la Bruche (figure 14) qui est le seul cours d'eau non régulé, dont la variation de débit est directement soumise aux apports météoriques.

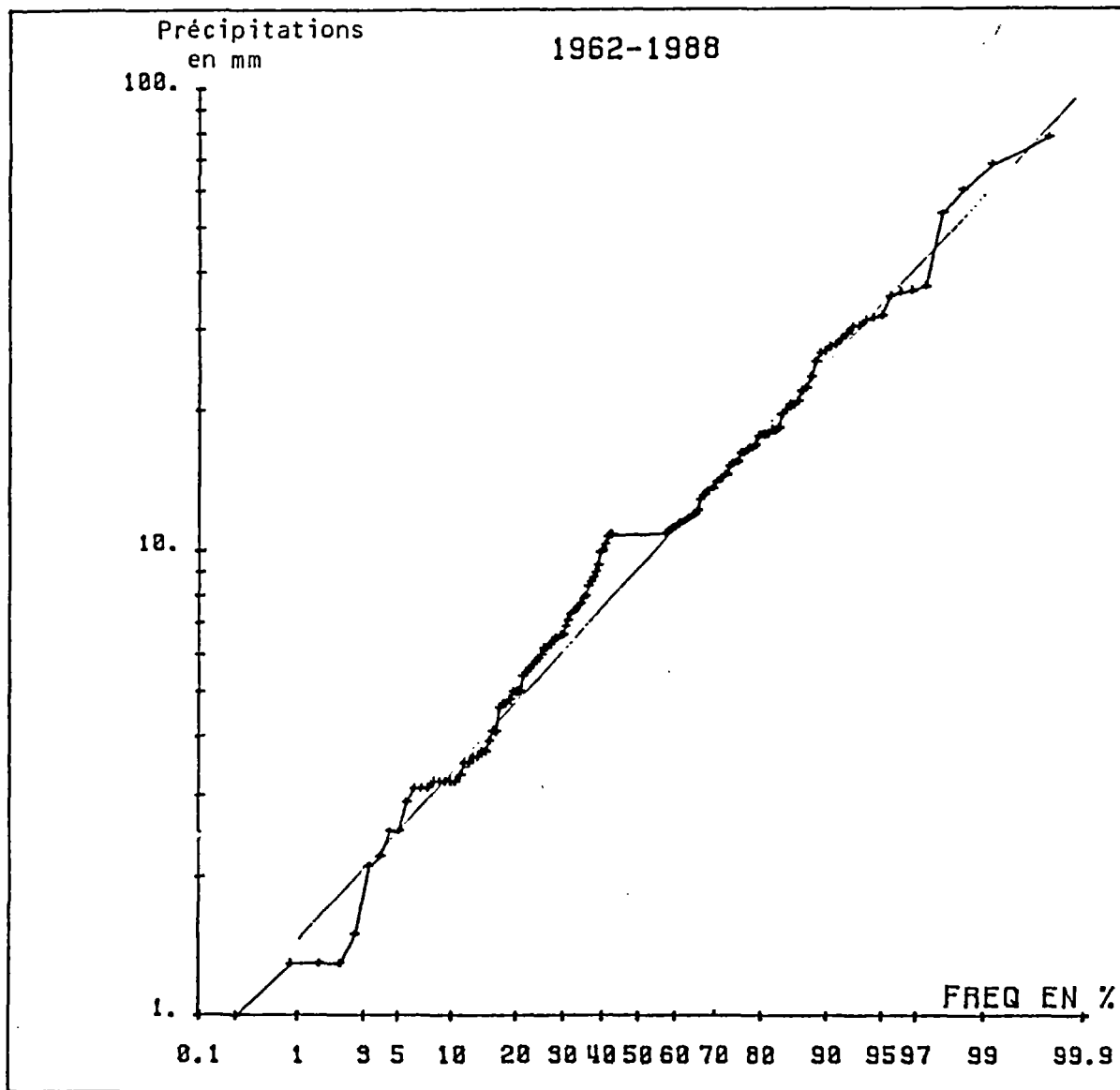
Les apports à la nappe par pas de temps correspondent à des hauteurs d'eau de :

n° pas de temps	1	2	3	4	5	6	7.. 17	Total
Crue décennale hauteur d'eau (mm)	0,25	0,25	1,8	3,8	9,8	15,8	0	31,7
Crue centennale hauteur d'eau (mm)	0,25	1,75	5,25	12,25	21	29,75	0,25	70

Ces hauteurs d'eau ont été converties en débits d'injection par maille.

A ces entrées d'eau dans la nappe, se surimposent les débits d'échange nappe-rivière.

CLASSEMENT STATISTIQUE DES PRECIPITATIONS DECAIRES
 DES MOIS DE JANVIER ET FEVRIER 1962 - 1988



RJUST.: 0.

NB ELTS: 140

MIN: 0.0

MAX: 78.0

MOY: 12.1

MED: 8.8

D90: 27.5

EC-TYP: 12.4.

Figure 13

APPORTS DES PLUIES EFFICACES

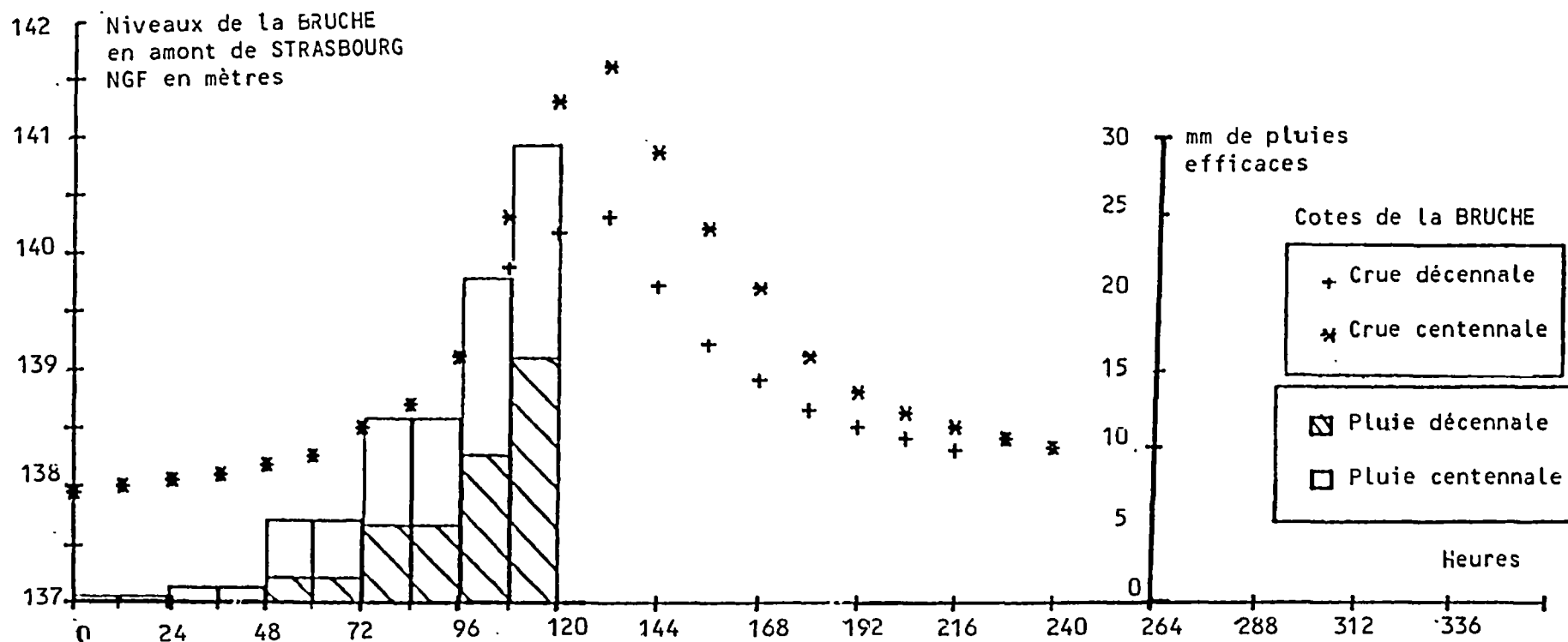


Figure 14

b) Les échanges nappe-rivière

. Facteurs régissant les apports nappe-rivière

Ces échanges se définissent à partir du colmatage des berges (Tv) du cours d'eau et de la différence de charge entre la cote de la rivière et celle de la nappe.

Les valeurs de transmissivité verticale (Tv) du lit de la rivière sont celles obtenues lors du calage du modèle en permanent et en transitoire.

Dans le cadre de l'étude des remontées de la nappe du S. D.A.U.(*) de Strasbourg, les limnigrammes de crues vingtennales et centennales des cours d'eau de l'agglomération de Strasbourg ont été établis. Ces documents ont été complétés à la périphérie de l'agglomération par le calcul du seul niveau du pic de la crue concernée.

Dans ces conditions, les signaux suivants :

- la Bruche en amont d'Eckbolsheim,
- l'Ill en amont d'Illkirch et en aval de la Cité des Chasseurs

ont été reconstitués à partir des limnigrammes disponibles et de la cote du pic de crue à sa périphérie.

A titre indicatif, les débits enregistrés depuis 1970 sur les cours d'eau de l'agglomération ont été comparés aux débits de crue décennale et centennale calculés.

Q en m ³ /s	Avril 1983	Mai 1983	Février 1970	Février 1980	Q 10	Q 100
Bruche	163	115 (7 ans)*	144	90 (4 ans)	136	220
Rhin		3.400 (5 ans)		4.150 (20 ans)	3.000 (5 ans)	4.200 (20 ans)
Ill (Chasseur froid)	235 (27 ans)	190 (10 ans)	196	149,4	182	305
Ehn					13	21,5
Andlau					13,2	19,2

* La période de retour des débits est indiquée entre parenthèses.

Les cotes des rivières associées à ces débits figurent dans le tableau suivant :

Cotes en m (NN)	Avril 1983	Mai 1983	Février 1970	Février 1980	h 10	h 100
Rhin (Confluence Ill)	125,6			126,5	125,5	128,8
Bruche (Pont d'Eckbols- heim)	142,03		141,55	140,67	141,7	142,5
Ill (Chasseur Froid)			134,08	133,9	134,03	134,7
Rhin (Avant Port Nord)	138	138,32		138,54	138,32	138,7
Rhin (Avant Port Sud)	136,34	136,6		136,74	136,56	136,9
Rhin (Rhénomètre)	136,8	136,88		136,92	136,8	137,2

L'examen de ce tableau confirme au niveau des rivières ce qui avait déjà été observé sur la nappe : la crue décennale se situe en effet entre celles de Mai 1983 et Février 1970.

. Données introduites dans le modèle

Les signaux de crue sont connus dans l'aire du S.D.A.U.. A la périphérie du domaine, les considérations suivantes ont été retenues :

- Rhin

La simulation des crues décennales et centennale, correspond aux débits du fleuve enregistrés en Mai 1983 (crue quinquennale) et en Février 1980 (crue vingtennale).

- Ill

Amont de Strasbourg

Les cotes sur l'Ill d'Ohnheim à Illkirch ont été déterminées à partir des diagrammes hauteur/débit. Les niveaux calculés connaissant le débit de crue décennale et centennale sont :

PK	Cotes NGF	
	h10	h100
99	140,4	140,8
98	140,55	140,95
97	142	142,6
96	142	142,42
93	142,5	142,8
91,83	145,6	145,64
91	145,65	145,75
90	145,73	145,9

A propos de ces chiffres, il convient de remarquer que les cotes de l'Ill en amont d'Ohnheim -PK 92 - restent stables quelque soit la fréquence de la crue, alors qu'en aval de ce PK, la différence de niveaux entre la crue décennale et la crue centennale est de 40 cm environ. Cette disparité doit être mise en relation avec la présence de canaux d'alimentation et de décharge de l'Ill dont le rôle régulateur maintient à une cote quasi constante les niveaux de l'Ill en amont de sa confluence avec l'Ehn et l'Andlau.

L'augmentation des débits de l'Ehn et de l'Andlau en crue centennale (de l'ordre de 14 m³/s) se traduit par une remontée de 40 cm des niveaux de l'Ill.

La localisation des PK sur l'Ill est reportée sur la carte en figure 15.

Aval de Strasbourg

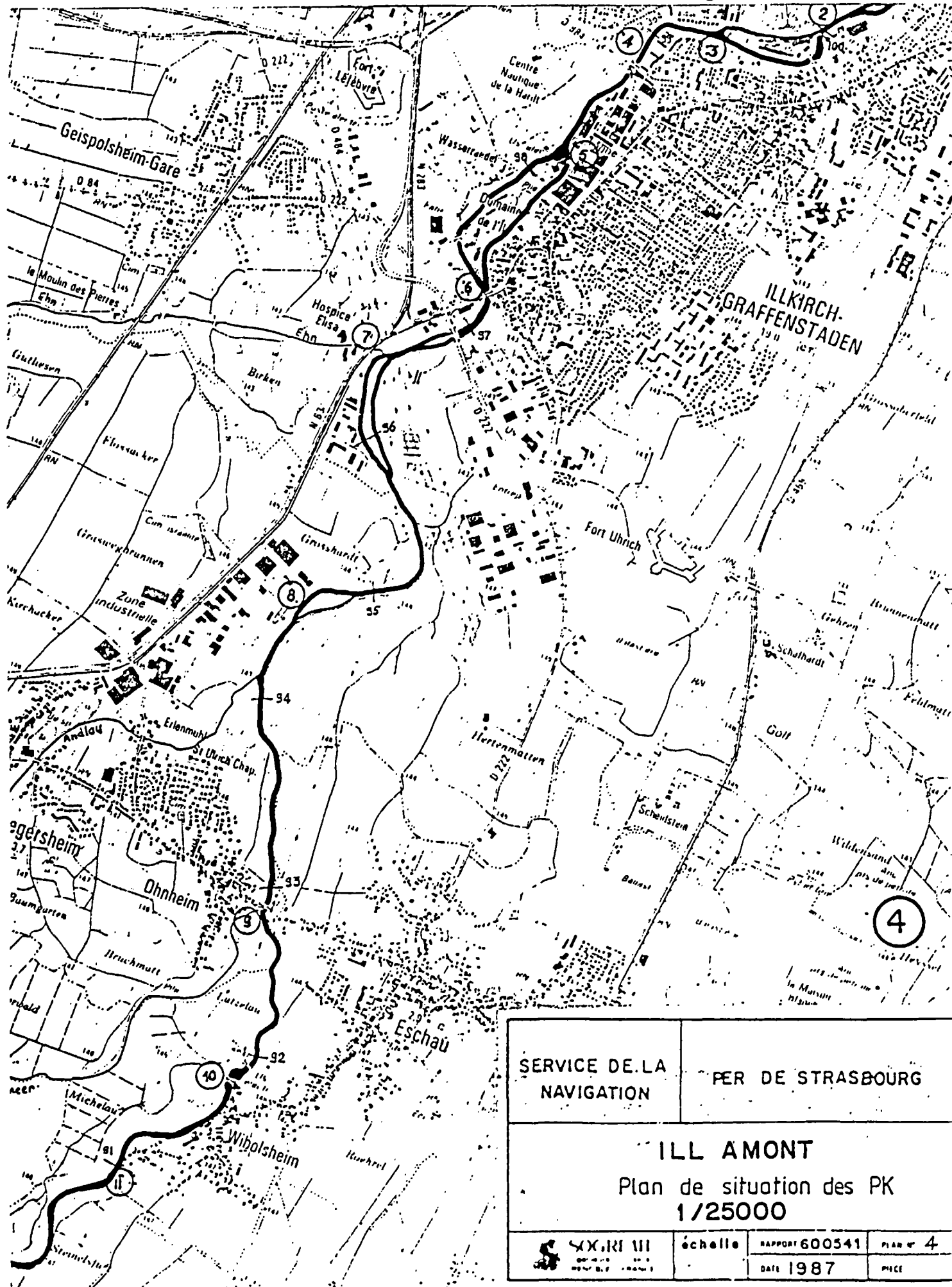
Afin de se placer dans les conditions de niveau les plus défavorables en crue centennale, les niveaux en aval du Chasseur Froid ont été déterminés pour un débit du Steingiessen de 50 m³/s et un niveau du Rhin de 128,8 m (NN).


En condition décennale, les niveaux de l'Ill ont été calculés; le niveau du Rhin a été imposé à 125,5 m (NN) pour un débit du Steingiessen à 50 m³/s.

- Ehn et Andlau

Tant pour la crue décennale que centennale, les signaux retenus sur l'Andlau et l'Ehn sont ceux enregistrés à Niedernai et à Schaeffersheim en Avril 1983.

Figure 15



SERVICE DE LA NAVIGATION	PER DE STRASBOURG
ILL AMONT Plan de situation des PK 1/25000	
 SXXRI III <small>SERVICE DE LA NAVIGATION</small>	échelle RAPPORT 600541 plan n° 4 DATE 1987 PIÈCE

c) Apports en provenance des zones inondables

Les cartes des zones inondées par débordement de rivière : pour des crues décennales ou centennales ont été établies par le modèle hydraulique et vérifiées par les observations du BCEOM.

Ces apports à la nappe sont simulés à l'aide de deux paramètres :

- la cote H de la zone inondée : elle est supposée égale à celle du niveau du tronçon de rivière qui est à l'origine de l'inondation,
- l'épaisseur et la perméabilité des limons de surface des zones submergées.

Au droit des zones inondées, les perméabilités verticales moyennes ont été déterminées à partir d'essais in situ. Ces valeurs sont en moyenne égales à :

- $3 \cdot 10^{-6}$ m/s dans les secteurs suivants : Ill aval, Nord - Est Wantzenau, Nord Robertsau,
- $5 \cdot 10^{-6}$ m/s dans le secteur de la Bruche : à l'Ouest d'Holtzheim,
- $9 \cdot 10^{-6}$ m/s à proximité de la Bruche : au Sud d'Oberschaeffolsheim et au Sud - Ouest d'Eckbolsheim.

L'épaisseur de ces formations superficielles est comprise entre 0,5 et 1,1 m.

Les valeurs de T_v liées à la perméabilité verticale sont obtenues au moyen de la relation $T_v = \frac{k \cdot A}{e}$

où

k est la perméabilité verticale,
A est la surface de la maille,
e est l'épaisseur des limons.

Pour les mailles de 250 m de côté, ces valeurs varient de 0,1 à 0,7 m²/s suivant les secteurs considérés.

d) Délimitation des secteurs submergés

Les apports à la nappe sont, pour un même T_v , proportionnel aux surfaces inondées et à la durée de la submersion. Ces apports, supposés nuls dès que la rivière regagne ses berges, sont sous-estimés compte tenu de l'existence de dépressions topographiques qui retiennent l'eau.

- Crue décennale

Les débordements des rivières ont lieu au pas de temps 8 lorsque le niveau de la rivière dépasse la cote topographique des berges. Les secteurs concernés sont circonscrits :

- à l'amont de la confluence Bruche Ill,
- aux terrains situés à proximité de la Bruche, d'Eckbolsheim à Holtzheim,
- à la confluence Ehn/Ill, et à l'amont du barrage d'Ohnheim,
- au secteur aval du barrage de l'Aar jusqu'à la Wantzenau.

. Crue centennale

Les zones inondées par débordement de rivières, en crue centennale, ont une extension plus importante. Les apports à la nappe induits par les débordements de rivière ont une durée de deux jours (pas de temps 7 à 10).

Les zones inondées par débordement s'étendent :

au Sud de Strasbourg

- en amont du barrage d'Ohnheim : le débordement affecte le secteur compris entre l'Ill et la Petite Ill,
- à la confluence Ill/Ehn,
- en amont d'Ostwald, l'extension de la submersion est limitée aux secteurs proches de l'Ill (50 à 250 m),
- à la confluence Ill/Rhin Tortu, le débordement s'étend jusqu'au canal du Rhône au Rhin,
- en amont de la confluence Ill/Bruche jusqu'à Ostwald, l'inondation affecte la zone comprise entre la voie ferrée Strasbourg-Colmar et le canal du Rhône au Rhin.

au Nord de Strasbourg

- au secteur du Wacken, en amont du barrage de l'Aar,
- en aval du barrage de l'Aar jusqu'à la Cité de l'Ill,
- entre la Cité des Chasseurs et La Wantzenau, la zone de débordement s'étend entre le Rhin et la N. 68,
- en aval de La Wantzenau, l'extension de l'inondation diminue.

à l'Ouest de Strasbourg

- le long de la Bruche, les zones de débordement sont limitées au Nord par le canal de la Bruche et à l'Est par la D.222.

e) Synthèse des hypothèses retenues

Le tableau suivant récapitule les différentes hypothèses retenues pour la représentation des crues décennale et centennale.

	Crue décennale	Crue centennale
Conditions aux limites à potentiel imposé - à l'exception de la limite Est	Hautes eaux décennales	Hautes eaux décennales
Apport en provenance des rivières	Cotes décennales	Cotes centennales
Rhin entre les avant-ports Nord et Sud	Crue de 1983 de période de retour 1/5 (Q = 3.400 m ³ /s)	Crue de Février 1980 de période de retour 1/20 (Q = 4.140 m ³ /s)
Pluies efficaces	32 mm	70 mm
Extension des zones inondées	sur l'Ill : - confluence Ill/Bruche jusqu'à Illkirch - confluence Ill/Ehn - aval du barrage de l'Aar jusqu'à la Wantzenau sur la Bruche : - en amont d'Eckbolsheim jusqu'à Holtzheim	sur l'Ill : - confluence Ill/Bruche jusqu'à Illkirch - confluence Ill/Ehn - amont du barrage de l'Aar jusqu'à La Wantzenau sur la Bruche : - amont de la confluence de la Bruche jusqu'à Holtzheim

3.1.2. Résultats obtenus

a) Crue décennale

La piézométrie calculée en condition décennale peut être comparée aux hautes eaux de Mai 1983 dont la fréquence d'apparition est comprise entre 15 et 20 ans. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau 6 des pages suivantes.

N° PIEZOMETRE	MAILLE	PROFONDEUR DE NAPPE MESUREE			CRUE DECENNALE		CRUE CENTENNALE
		1970	Avril 1983	Mai 1983	PROFONDEUR CALCULEE	PROFONDEUR CALCULEE - PROFONDEUR MESUREE	PROFONDEUR CALCULEE
272-3-16 *	76 - 38	1,19	<u>1,58</u>		1,10	- 0,48	1,01
272-3-98	70 - 36	<u>3,09</u>			3,25	0,16	2,95
272-3-101	48 - 31	<u>2,43</u>			2,86	0,43	1,85
272-3-102	53 - 32		<u>3,18</u>		3,32	0,14	2,79
272-3-105 *	30 - 40	3,52		3,39	4,13	0,74	3,85
272-3-109 *	59 - 39	2,52	3,70	3,25	3,48	0,23	3,42
272-3-113 *	70 - 42		2,45	<u>2,25</u>	1,81	- 0,34	1,64
272-3-189	47 - 33	2,42		<u>2,27</u>	2,45	0,18	2,04
272-3-215	52 - 31	2,79		<u>2,54</u>	2,95	0,41	1,95
272-3-224	40 - 33	4,02		<u>3,58</u>	3,77	0,19	3,39
272-3-238	39 - 28	8,55	<u>7,92</u>		8,24	0,32	7,59
272-3-255	33 - 40	2,02		<u>1,75</u>	2,07	0,32	1,72
272-3-259	64 - 29	<u>1,92</u>			1,86	- 0,06	1,51
272-3-264	41 - 41	2,84		2,34	2,79	0,45	2,53
272-3-270	70 - 30			<u>3,70</u>	4	0,30	3,62
272-3-271	34 - 35	1,47		<u>1,23</u>	1,16	- 0,07	0,42
272-3-275	43 - 47	3,60		<u>3,25</u>	3,60	0,35	1
272-3-277	54 - 36	2,60		<u>2,52</u>	2,89	0,37	1
272-3-278 *	30 - 42	<u>2,00</u>			2,36	0,36	
272-3-279	38 - 26	<u>3,33</u>			3,23	- 0,10	2,53
272-3-280	56 - 31	<u>2,45</u>		<u>2,15</u>	2,55	0,40	2,17
272-3-282	64 - 34		<u>2,31</u>		1,73	- 0,58	1,40
272-3-287	54 - 39		<u>4,18</u>		3,99	- 0,19	3,83
272-3-324	44 - 29	5,09			4,65	- 0,44	2,22
272-3-331	45 - 32	3,16			2,66	- 0,50	2,14
272-3-361 *	56 - 40	1,98		<u>2,21</u>	2,71	0,50	2,65
272-3-364 *	42 - 41			<u>3,32</u>	3,03	- 0,29	2,75
272-3-365	46 - 36		2,74		2,83	0,09	2,49
272-5-13	95 - 40	1,25			1,34	0,09	1,34
276-6-08	97 - 28	2,01	2,10	<u>1,63</u>	1,57	- 0,06	1,33
276-6-09	96 - 24	2,71			2,56	- 0,15	2,23
276-6-12	92 - 26	2,26			1,81	- 0,45	1,47
276-6-14	94 - 17	1,26			1,19	- 0,07	0,33
276-6-15	89 - 18	1,31			1,20	- 0,11	1,11
276-6-16	80 - 20	1,36	1,26	<u>0,84</u>	1,05	0,21	0,75
276-6-17	79 - 18	1,45			1,25	- 0,20	1,04
276-6-26	82 - 11	3,95			3,96	- 0,01	3,92
276-6-27	89 - 17	1,71			1,26	- 0,45	1,25
276-6-28	86 - 21	1,69			1,45	- 0,24	1,14
276-6-33	88 - 26	3,04			2,62	- 0,42	2,28
276-6-36	100 - 26	1,42			1,34	- 0,08	1,25
276-6-38	90 - 24	1,99			1,69	- 0,30	4,94
276-6-42	103 - 48	1,71	2,44	<u>2,28</u>	2,00	- 0,28	1,80
276-7-16	75 - 38	1,99	2,38	<u>2,02</u>	2,42	0,40	2,26
276-7-21	81 - 31	1,37			1,04	- 0,33	0,76
276-7-14	99 - 31	1,15			1,30	0,15	1,11
276-7-62	22 - 45	1,26	<u>1,41</u>		1,89	0,48	1,02

N° PIEZOMETRE	MAILLE	PROFONDEUR DE NAPPE MESUREE			CRUE DECENNALE		CRUE CENTENNALE
		1970	Avril 1983	Mai 1983	PROFONDEUR CALCULEE	PROFONDEUR CALCULEE - PROFONDEUR MESUREE	PROFONDEUR CALCULEE
234-6-08	13 - 5	<u>9,24</u>			9,31	0,07	9,31
234-6-09	2 - 14	<u>5,80</u>			5,80	0	4,31
234-6-33	10 - 12	<u>5,33</u>	4,44	<u>3,90</u>	4,01	0,11	2,36
234-6-42	20 - 04	<u>12,66</u>			12,65	- 0,01	12,07
234-6-45	32 - 16	<u>10,76</u>		<u>11</u>	10,59	- 0,41	9,74
234-7-01	16 - 44	<u>1,51</u>			1,42	- 0,09	0,66
234-7-04	28 - 40	<u>1,39</u>			1,38	- 0,01	0,83
234-7-05	27 - 43	<u>1,00</u>	1,34	<u>1,23</u>	1,37	0,14	1,04
234-7-06	18 - 47	<u>1,23</u>			1,07	- 0,16	0,03
234-7-07	22 - 39	<u>0,58</u>			0,52	- 0,06	0
234-7-08	20 - 30	<u>0,96</u>	1,36	<u>0,96</u>	1,24	0,28	0,82
234-7-10	12 - 35	<u>2,37</u>			2,37	0	2
234-7-11 *	10 - 40	<u>1,72</u>			2,15	0,43	1,21
234-7-12 *	6 - 40	<u>1,60</u>	1		1,75	0,15	1,36
234-7-13 *	3 - 45	<u>0,85</u>	0,60		1,14	0,29	0,78
234-7-14 *	4 - 49	<u>2,00</u>			1,92	- 0,08	1,21
234-7-16	75 - 54	<u>1,45</u>	1,20		1,41	- 0,04	1,08
234-7-18	1 - 39	<u>2,43</u>	1,70	<u>1,60</u>	1,99	0,39	1,76
234-7-22	10 - 28	<u>2,93</u>			3,46	0,53	2,83
234-7-61 *	23 - 50	<u>2,22</u>			2,02	- 0,20	1,82
234-7-70	28 - 29	<u>3,72</u>		<u>3,55</u>	3,68	0,13	2,81
234-7-75	22 - 31	<u>5,36</u>		<u>5,02</u>	5,65	0,29	5,28
234-7-76	24 - 34	<u>1,35</u>		<u>1,05</u>	1,13	0,08	0,63
234-8-01 *	8 - 54	<u>1,79</u>			1,84	0,05	1,34
234-8-02 *	9 - 52	<u>0,36</u>	1,60	<u>1,95</u>	1,86	- 0,09	1,31
234-8-07 *	74 - 56	<u>0,77</u>			0,91	0,14	0,71
234-8-16 *	1 - 51	<u>1,77</u>			1,91	0,14	1,61
234-8-26 *	16 - 52	<u>1,63</u>			1,81	0,18	1,59
234-8-29 *	6 - 58	<u>2,45</u>			2,07	- 0,38	1,62
234-8-39 *	2 - 56	<u>3,85</u>			4,05	0,20	3,17
272-1-22	70 - 1	<u>4,06</u>			3,75	- 0,31	3,58
272-1-24	87 - 41	<u>3,02</u>			3,06	0,04	3,06
272-2-23	36 - 18		5,12		5,13	0,01	4,72
272-2-37	43 - 11	<u>3,03</u>	<u>2,13</u>		2,16	0,03	0,80
272-2-84	53 - 10	<u>5,00</u>		<u>4,85</u>	4,86	0,01	4,11
272-2-91	42 - 17	<u>7,92</u>		<u>7,95</u>	7,79	- 0,16	6,58
272-2-116	48 - 23	<u>1,77</u>		<u>2,20</u>	2,39	0,19	0
272-2-139	64 - 19	<u>2,71</u>	2,47	<u>2,30</u>	2,60	0,30	2,40
272-2-150	50 - 17	<u>1,87</u>		<u>1,65</u>	2,27	0,62	0,44
272-2-151	55 - 22	<u>0,09</u>		<u>0,20</u>	0,09	- 0,11	0
272-2-156	40 - 24	<u>7,50</u>		<u>7,30</u>	7,80	0,50	5,97
272-2-157	42 - 25	<u>2,60</u>		<u>2,40</u>	3,04	0,64	0,30
272-2-160	72 - 25	<u>2,89</u>			2,56	- 0,33	2,20
272-2-162	57 - 25	<u>2,90</u>			3,09	0,19	2,30
272-2-173	36 - 23	<u>6,83</u>			6,94	0,11	6,50
272-2-188	61 - 13		<u>1,75</u>		1,85	0,10	1,54
272-2-259	64 - 29	<u>1,50</u>			1,43	- 0,07	1,07
272-2-264	49 - 16		0,96	<u>1,33</u>	1,92	0,59	0

Dans le tableau 6, les valeurs soulignées sont celles qui ont servi de référence au calcul des écarts. Les mesures suivies d'un astérisque doivent être assorties de réserve car il s'agit de mesures réalisées en 1970. Suite aux aménagements de Rhin, elles ne représentent plus l'état de la nappe actuelle.

Ces remarques étant faites, l'examen du tableau montre que, d'une manière générale, la crue décennale sur l'ensemble du domaine a été reproduite convenablement. Les écarts entre valeurs calculées et mesurées restent en moyenne inférieurs à 20 cm. Les profondeurs de nappe en condition décennale sont comprises entre celles mesurées en 1970 et en 1983.

b) Crue centennale

Ces cotes ne peuvent être confrontées à des mesures. La surcote entre la crue décennale et centennale est comprise entre quelques décimètres et plus d'un mètre. L'écart minimum correspond aux points situés à proximité des bassins en communication avec le Rhin et du Rhin Tortu, où le niveau varie peu. L'écart est maximum à proximité de l'Ill et de la Bruche et dans le secteur de recouvrement loessique au Nord-Ouest de Strasbourg.

3.2. DELIMITATION DES ZONES SENSIBLES

3.2.1. Méthodologie utilisée

Les cartes d'égale profondeur de nappe ont été réalisées en comparant les potentiels maxima, calculés en condition décennale et centennale avec les cotes du sol (NGF).

Ces cotes topographiques ont été reportées sur 27 coupures, à l'échelle du 1/5.000. Elles ont été obtenues à partir :

- de la réduction des cartes au 1/2.000,
- de l'agrandissement des cartes au 1/25.000 avec ajout de points nivelés.

Afin d'obtenir le maximum de précision sur la carte de délimitation des zones sensibles, il n'a pas été possible d'utiliser les procédures de digitalisation automatique des courbes de niveaux topographiques, compte tenu de la difficulté de repérage de ces courbes. Dans ces conditions, nous avons été amenés à reporter les potentiels calculés par le modèle sur les 27 coupures de référence et de calculer manuellement la profondeur de nappe à partir de tous les points cotés existants sur ces coupures.

3.2.2. Présentation des cartes d'égale profondeur de nappe

Afin de synthétiser et d'illustrer les informations concernant la topographie et la délimitation des zones sensibles, trois cartes à l'échelle du 1/100.000 ont été réalisées à partir d'un logiciel d'interpolation et de tracé (figures 16, 17 et 18).

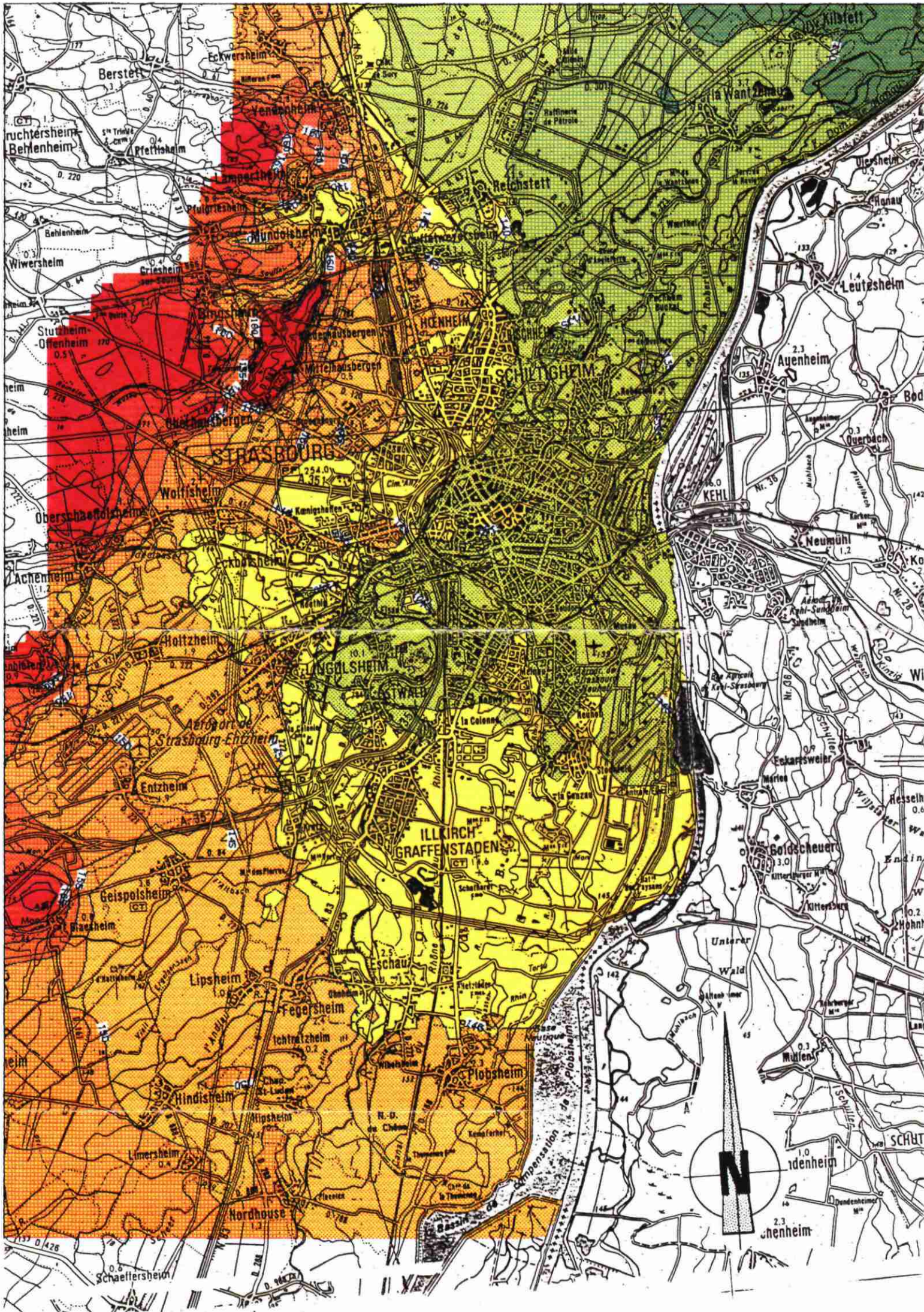
Trois zones ont été définies suivant la profondeur à laquelle se trouve la nappe :

- zone très sensible : profondeur de nappe inférieure à 1 m, subdivisée en 2 plages (< 0,5 m, comprise entre 0,5 et 1 m),
- zone sensible : profondeur de nappe comprise entre 1 et 3 m, subdivisée en deux plages comprises entre 1 et 2 m, et 2 et 3 m,
- zone peu sensible : profondeur de nappe supérieure à 3 m.

L'examen des figures met en évidence les zones sensibles (nappe à moins d'un mètre du sol) d'extension plus importantes en crue centennale qu'en crue décennale. En effet, en crue décennale aucun secteur urbanisé ne se situe en zone très sensible. Par contre, pour une crue centennale, les zones très sensibles sont pour la plupart urbanisées et intéressent les secteurs situés à la confluence Ill/Bruche et à l'aval du barrage de l'Aar.

Les zones sensibles (nappe entre 1 et 3 mètres) recouvrent l'ensemble des secteurs situés à l'Est de la voie ferrée Strasbourg - Colmar à l'exception du centre de Strasbourg.

La zone peu sensible (nappe à une profondeur supérieure à 3 mètres) se situe dans le secteur à recouvrement loessique.



COMMUNAUTE
URBAINE
DE STRASBOURG

PLAN D'EXPOSITION
AUX RISQUES
D'INONDATION

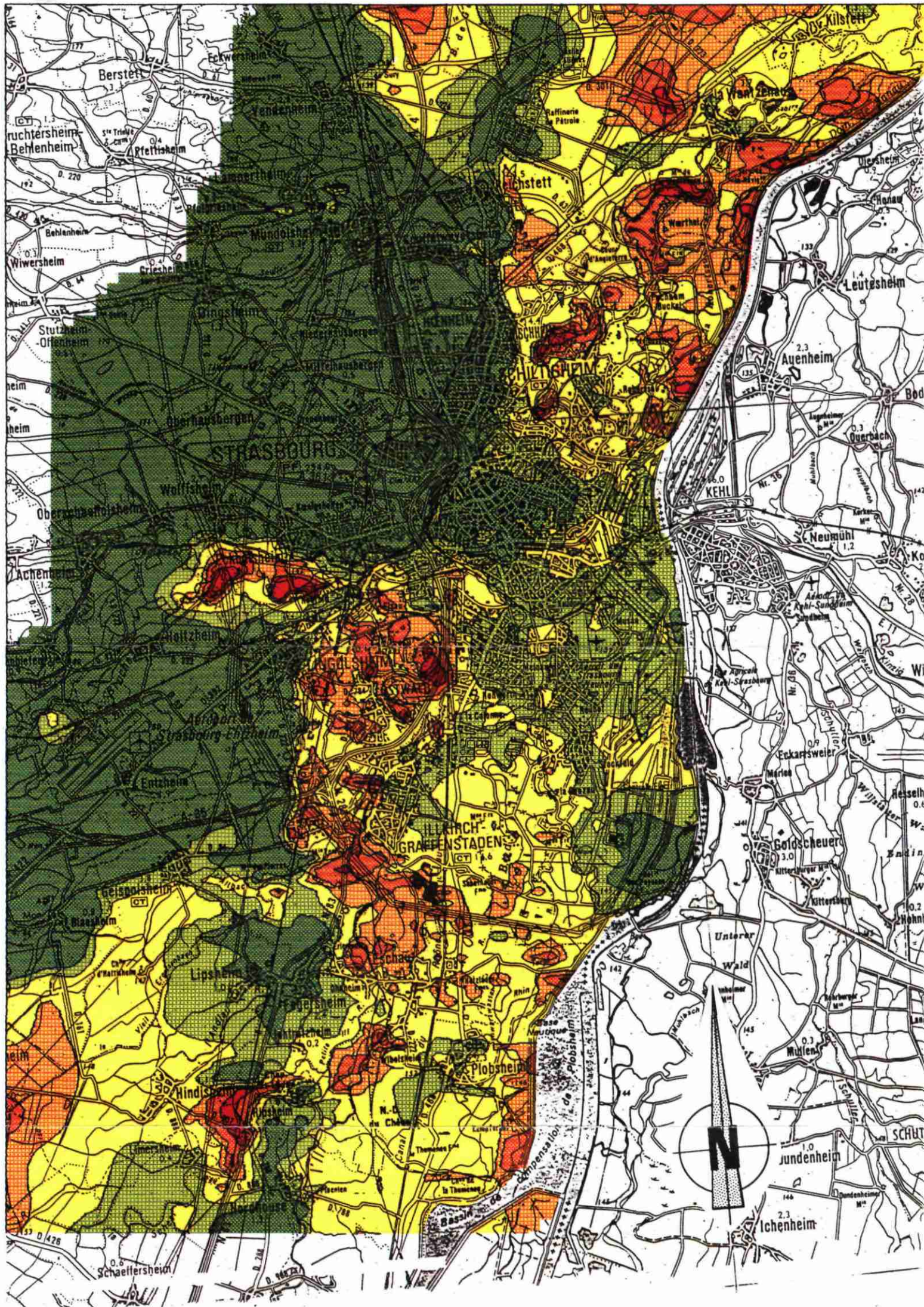
TOPOGRAPHIE

Echelle : 1/100 000



ALTITUDE EN METRES

	Sup. a	170.0
		165.0 - 170.0
		160.0 - 165.0
		155.0 - 160.0
		150.0 - 155.0
		145.0 - 150.0
		140.0 - 145.0
		135.0 - 140.0
		130.0 - 135.0
		125.0 - 130.0
	Inf. a	125.0



COMMUNAUTE
URBAINE
DE STRASBOURG

PLAN D'EXPOSITION
AUX RISQUES
D'INONDATION

CRUE DECENNALE

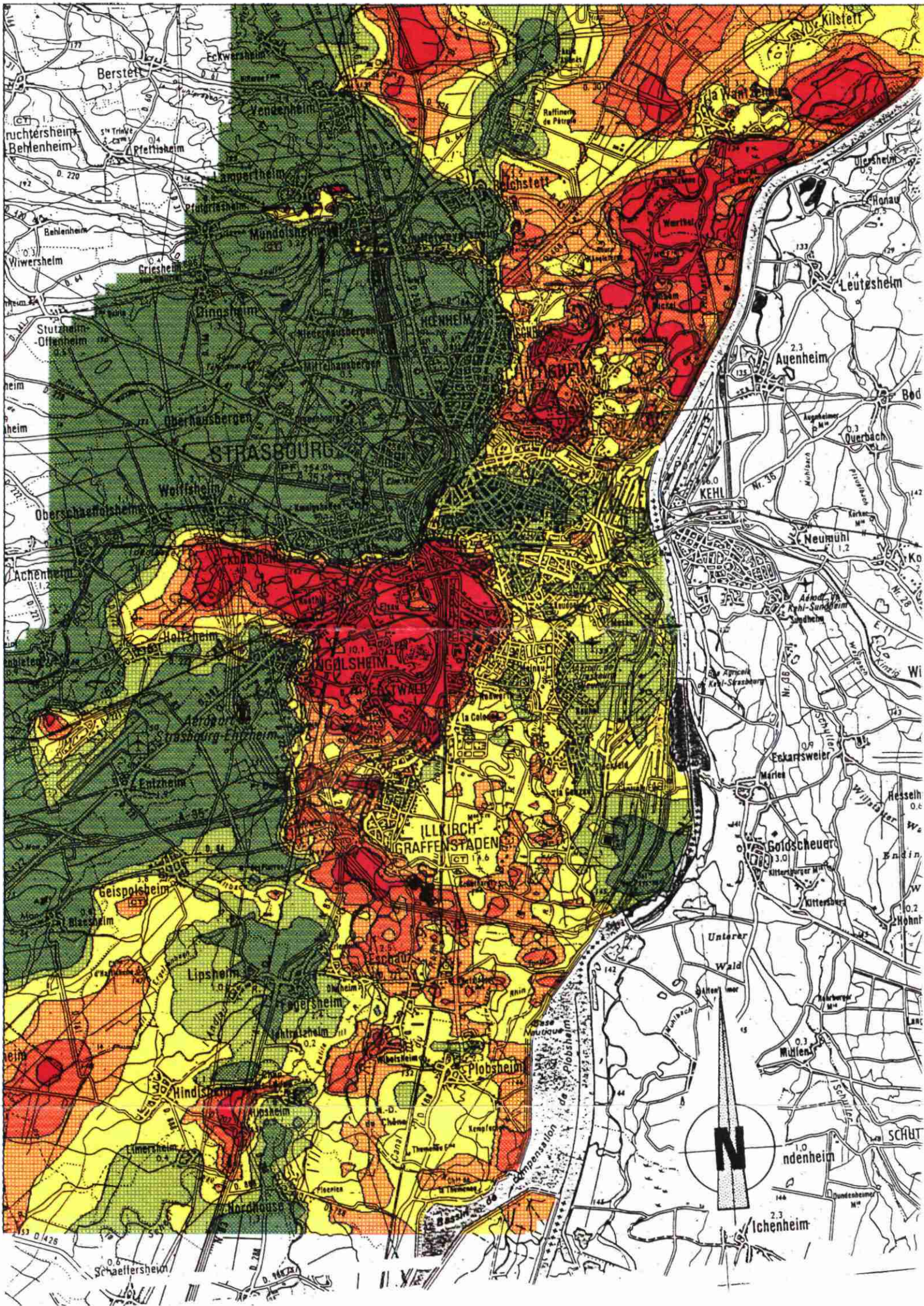
**CARTE DES
EPAIS.TERRAINS SECS**

Echelle : 1/100 000



EPAISSEURS TERRAINS SECS

	Sup. a	3.0
		2.0 - 3.0
		1.0 - 2.0
		0.5 - 1.0
		0.0 - 0.5
	Inf. a	0.0



COMMUNAUTE
URBAINE
DE STRASBOURG

PLAN D'EXPOSITION
AUX RISQUES
D'INONDATION

CRUE CENTENNALE

CARTE DES
EPAIS.TERRAINS SECS

Echelle : 1/100 000



EPAISSEURS TERRAINS SECS

	Sup. a	3.0
		2.0 - 3.0
		1.0 - 2.0
		0.5 - 1.0
		0.0 - 0.5
	Inf. a	0.0

4. CONCLUSIONS

Le développement urbain de l'agglomération strasbourgeoise entraîne des conflits entre l'occupation des sols et l'aménagement des eaux tant souterraines que superficielles.

Les différentes études déjà entreprises ont souligné que l'essentiel des dommages causés par les inondations de l'Ill et de la Bruche était dû aux remontées de la nappe phréatique.

Devant cet état de fait, la construction et l'ajustement d'un modèle mathématique d'étendant sur l'ensemble du territoire de la Communauté Urbaine de Strasbourg constitue un progrès notable dans la connaissance du système aquifère.

Ce modèle, une fois calé, devient un outil de gestion approprié permettant notamment d'évaluer, à l'échelle du système aquifère inscrit dans ses limites, l'incidence de crues décennales, voire centennales de l'Ill et de la Bruche.

Les résultats ici présentés précisent l'étendue de zones à risques où la construction de bâtiments est à proscrire.

Le type de problème ici abordé souligne que la gestion des eaux doit porter sur un système global intégrant les ressources en eau de surface et en eau souterraine, ce fractionnement conventionnel n'étant qu'une commodité d'identification de deux types de réservoir interdépendants.

Les Ingénieurs chargés
d'Etude

Le Directeur du Service
Géologique Régional Alsace

M. BRANEYRE

G. KREBS

J.P. VANÇON

V/J.J. RISLER