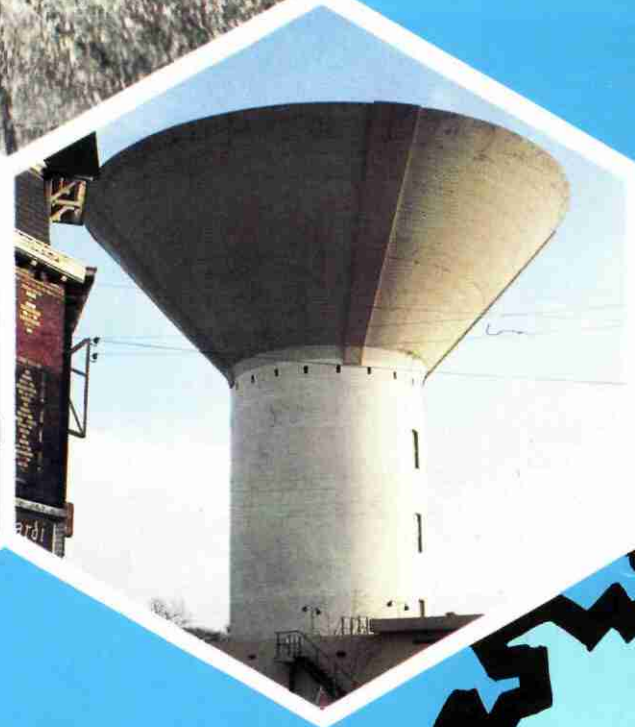
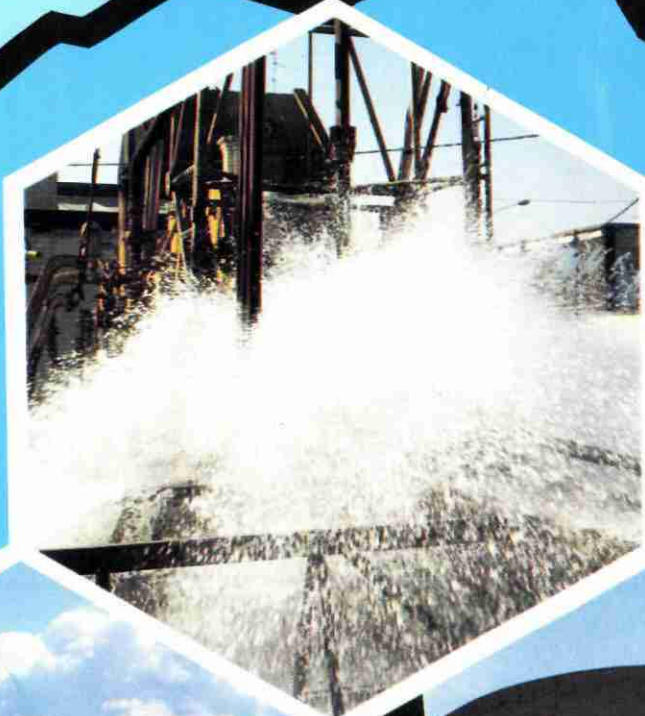
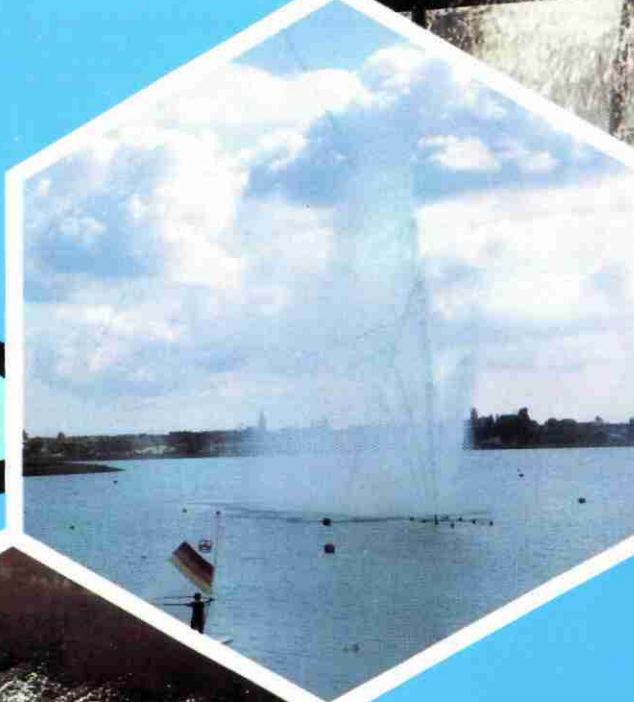


L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE LA MÉTROPOLE DU NORD

JR



B. R. G. M.
20. SEP. 1984
BIBLIOTHEQUE

SOCIÉTÉ D'EAU DE LA MÉTROPOLE DU NORD

1, rue du Ballon - 59034 LILLE CEDEX

**L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE
DE LA
MÉTROPOLE DU NORD**

RAPPORT DE SYNTHÈSE

PAR

M. BESBES et A. TALBOT

D'après les travaux de

J. BECKELYNCK, M. BESBES, B. BOSCH, P. CAULIER, P. COMBES, H. DARRICAU, P. HUBERT,

E. JOURDAIN, E. LEDOUX, G. de MARSILY, A. TALBOT, B. TILLIE

ECOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DES MINES DE PARIS

Centre informatique géologique

35, rue Saint-Honoré
77305 - FONTAINEBLEAU CEDEX
Tél : (6) 422.48.21

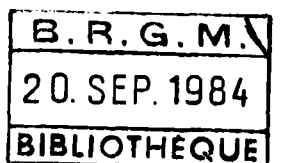
LHM/RD/83/47

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

Service géologique régional Nord Pas-de-Calais

Fort de Lezennes - BP. 26
59260 - HELLEMMES-LILLE
Tél : (20) 91.38.19

83 SGN 589 NPC



PRÉAMBULE

Jusqu'en 1972, l'alimentation en eau potable de la Métropole du Nord a pu être assurée uniquement par des eaux souterraines ; celles-ci étaient prélevées dans les diverses nappes existant dans ses environs, que ce soit dans la nappe de la Craie ou dans celle du Calcaire carbonifère.

La poursuite de l'accroissement de la consommation à un taux de plus de 5 % l'an comme pendant la période 1945-1963 aurait conduit rapidement à une *pénurie grave* dans l'arrondissement de Lille ; en effet, les ressources ne pouvaient suivre et encore moins précéder la demande. La baisse régulière des niveaux observés dans les deux aquifères ne faisait qu'accentuer cette crainte. C'est pourquoi, dès 1963, la recherche de nouvelles ressources a été étudiée sous l'égide du Comité Technique de l'Eau.

Parmi les multiples projets examinés, la construction d'une usine de traitement des eaux de la rivière Lys fut décidée en amont d'Aire-sur-la-Lys (Pas-de-Calais) dans un secteur peu pollué du système hydrologique régional.

Ces différentes ressources ont jusqu'ici permis de satisfaire pleinement les besoins en eau, tant en qualité qu'en quantité. Il convient cependant de s'interroger sur la *pérennité* de ces équipements et sur la possibilité de trouver des *ressources supplémentaires* pour garantir, au cours des deux prochaines décennies, la *sécurité des approvisionnements*.

C'est précisément pour répondre à cette question que la Société d'Eau de la Métropole du Nord a engagé avec l'aide de l'Agence de l'Eau Artois-Picardie une étude en vue de proposer *les modalités d'exploitation des différentes ressources*. Cette étude a d'abord été axée sur la nappe du Calcaire carbonifère, puis a intégré par la suite l'ensemble des ressources disponibles afin d'aboutir à un schéma global d'alimentation en eau potable de la Métropole Nord.

Un point important de cette étude, menée conjointement par l'association ARMINES* et par le B.R.G.M.** , réside essentiellement dans la mise au point d'un modèle mathématique du *complexe aquifère* Craie-Calcaire carbonifère calé jusqu'aux limites hydrauliques du réservoir, ce modèle n'étant que

l'intermédiaire indispensable à la bonne gestion du *capital eau* de la région lilloise. Il doit permettre aux décideurs d'éclairer leur choix ; il a, en particulier, pour rôle de traduire les effets réciproques des demandes exprimées par les différents agents économiques et de mettre en évidence les incompatibilités pouvant exister dans certains choix.

Le déroulement de cette étude a été orienté et supervisé par un groupe de travail rassemblant les principaux responsables ayant un rôle dans la gestion des eaux (Agence de l'Eau, Direction interdépartementale de l'Industrie, Régie communautaire, Société d'Eau de la Métropole du Nord, Société des Eaux du Nord) ; il a été animé par Monsieur Jean QUINSAC, Conseiller technique de la S.E.Me.N., Directeur général honoraire des Services techniques de la Communauté Urbaine de Lille et du Syndicat Intercommunal de Distribution d'Eau du Nord.

Je tiens ici à remercier les membres de ce groupe pour l'important travail de réflexion et de synthèse accompli ; je pense en définitive que ce document permettra aux responsables de la distribution de l'eau de trouver réponse à la question suivante : comment satisfaire au mieux les besoins en eau potable de notre vaste collectivité locale ?

Gérard HAESEBROECK
Vice-Président de la Communauté
Urbaine de Lille
Président de la S.E.Me.N.

* ARMINES - Association pour la recherche et le développement des méthodes et processus industriels - Centre Informatique Géologique - E.N.S.M.P. - 35, rue Saint Honoré.
77305 FONTAINEBLEAU.

** B.R.G.M. - Bureau de Recherches Géologiques et Minières - Service géologique national - Service géologique régional Nord Pas-de-Calais - Fort de Lezennes - BP. 26
59260 HELLEMES-LILLE.

LISTE DES FIGURES

- FIGURE 1 - Alimentation en eau de la Métropole Nord
FIGURE 2 - Evolution de la demande en eau potable
FIGURE 3 - Système de ressource et d'utilisation de l'eau
FIGURE 4 - Représentation du complexe aquifère Craie-Calcaire carbonifère
FIGURE 5 - Coupe géologique Sud-Ouest/Nord-Est
FIGURE 6 - Prélèvements à l'échelon du système de ressource
FIGURE 7 - Ecorché géologique anté-mésozoïque
FIGURE 8 - Carte piézométrique de la nappe du Calcaire (1910)
FIGURE 9 - Carte piézométrique de la nappe du Calcaire (mai 1973)
FIGURE 10 et 11 - Evolution des niveaux dans la nappe du Calcaire carbonifère
FIGURE 12 - Epaisseur des formations séparant les aquifères calcaire et crayeux
FIGURE 13 - Evolution des prélèvements dans la nappe du Calcaire carbonifère entre les limites du réservoir et la Dendre
FIGURE 14 - Carte piézométrique de la nappe de la Craie
FIGURE 15 et 16 - Evolution des niveaux dans la nappe de la Craie
FIGURE 17 - Débit naturel de la Lys à Delettes
FIGURE 18 - Impact de prélèvements supplémentaires dans la nappe du Calcaire carbonifère
FIGURE 19 - Augmentation des débits de drainance
FIGURE 20 - Influence de l'alimentation naturelle
FIGURE 21 - Résultats des simulations prévisionnelles
FIGURE 22 - Forages affectés par la baisse de la nappe du Calcaire carbonifère
FIGURE 23 - Evolution du coût de l'eau mise en distribution
FIGURE 24 - Système d'alimentation en eau potable de la Métropole Nord
FIGURE 25 - Prélèvements au Calcaire carbonifère - (Hypothèse de croissance de la demande en eau potable : 30 l/s par an)
FIGURE 26 - Prélèvements au Calcaire carbonifère - (Hypothèse de croissance de la demande en eau potable : 55 l/s par an)
FIGURE 27 - Recours au soutien des étiages et aux Riviérettes - (Hypothèse de croissance de la demande en eau potable : 30 l/s par an)
FIGURE 28 - Recours au soutien des étiages et aux Riviérettes - (Hypothèse de croissance de la demande en eau potable : 55 l/s par an)
FIGURE 29 - Résultats des modalités d'exploitation des différentes ressources

ANNEXES

- Annexe I - Bibliographie
Annexe II - Analyse des principaux rapports techniques réalisés dans le cadre de cette étude
Annexe III - Construction et calage du modèle

SOMMAIRE

OBJECTIF DE L'ETUDE

- Cadre général de l'étude
- Déroulement de l'étude

LES DIFFÉRENTES RESSOURCES MOBILISABLES

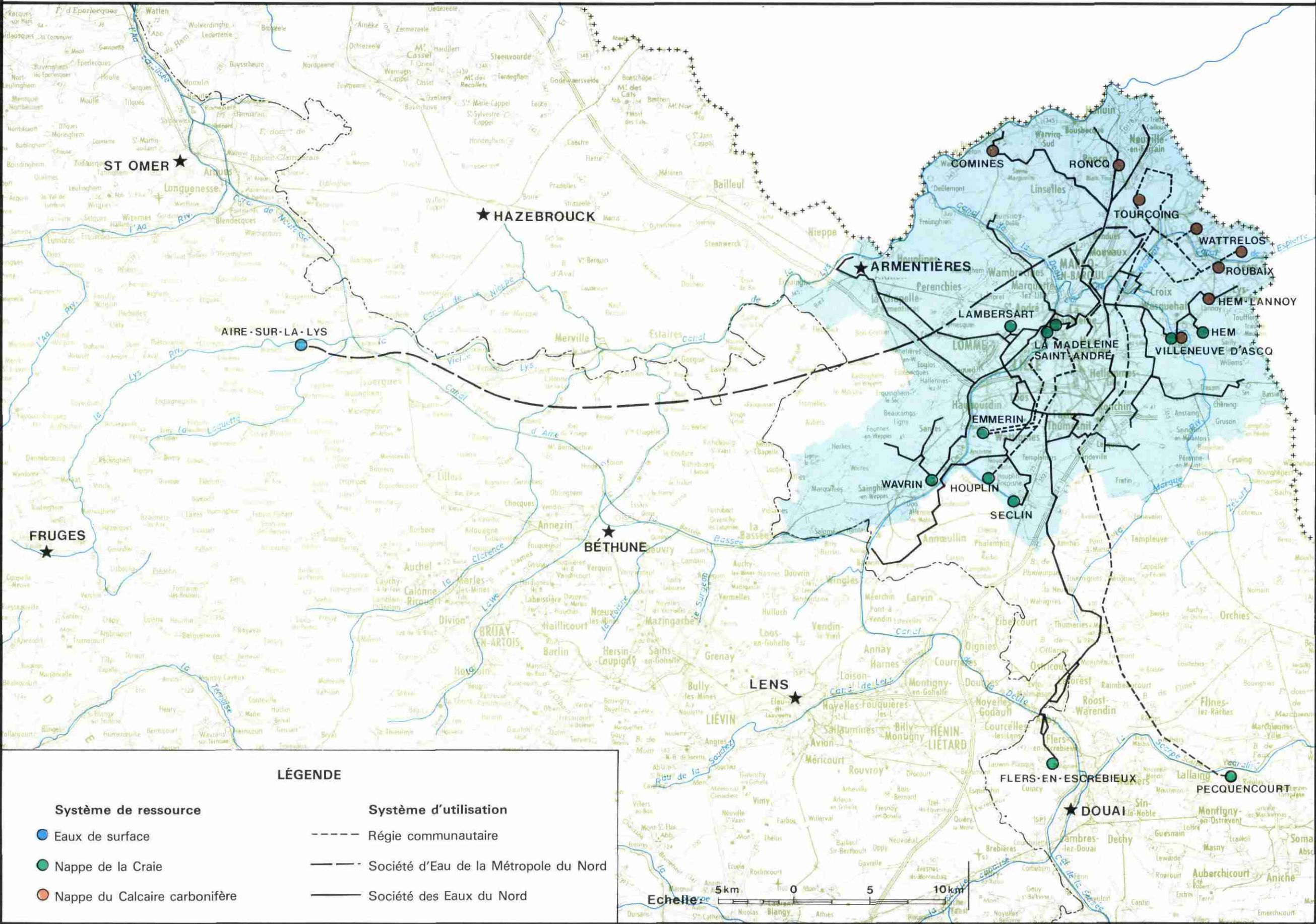
- Eaux souterraines
 - La nappe du Calcaire carbonifère
 - Analyse du réservoir
 - Fonctionnement hydraulique du réservoir
 - La nappe de la Craie
 - Alimentation - prélèvements
 - Bilan de la nappe de la Craie
- Eaux de surface prélevées dans la Lys
 - Débits naturels de la Lys
 - Soutien des étiages de la haute Lys
 - Dérivation des Riviérettes

EXPLOITATION DU MODELE POUR LA GESTION DES RESSOURCES EN EAU

- Possibilités de prélèvement supplémentaire dans la nappe du Calcaire carbonifère
 - Définition des objectifs et des contraintes
 - Simulation de différentes stratégies d'exploitation de l'aquifère calcaire
 - Les conditions simulées
 - Les principaux résultats obtenus
 - Conséquences techniques et financières d'un accroissement des prélèvements dans la nappe du Calcaire carbonifère
- Propositions pour une exploitation coordonnée des différentes ressources en eau
 - Conséquences techniques et financières d'un accroissement des prélèvements à l'usine d'Aire-sur-la-Lys
 - Comparaison des deux options
 - Recherche d'un schéma optimal d'alimentation en eau de la Métropole du Nord

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

ALIMENTATION EN EAU DE LA MÉTROPOLE NORD



- FIGURE 1 -

OBJECTIF DE L'ÉTUDE

Pour son alimentation en eau potable, l'agglomération lilloise utilise conjointement des eaux superficielles, prélevées par l'usine d'Aire-sur-la-Lys, et des eaux souterraines extraites des réservoirs de la Craie et du Calcaire carbonifère (figure 1). La part de chacune de ces ressources était, pour l'année 1980, la suivante :

- 8,8 millions de mètres cubes provenant de l'usine d'Aire-sur-la-Lys,
 - 59,3 millions de mètres cubes prélevés dans la nappe de la Craie,
 - 11,4 millions de mètres cubes pompés dans la nappe du Calcaire carbonifère,
- soit au total 79,5 millions de mètres cubes .

Cette demande, comme l'indique la figure 2, évolue de façon assez régulière depuis une vingtaine d'années, avec un taux de croissance de 1,1 à 1,2 % l'an. En considérant ce taux comme constant durant les prochaines années, elle atteindra 95 millions de mètres cubes en 1990 et 106 millions de mètres cubes en 2000.

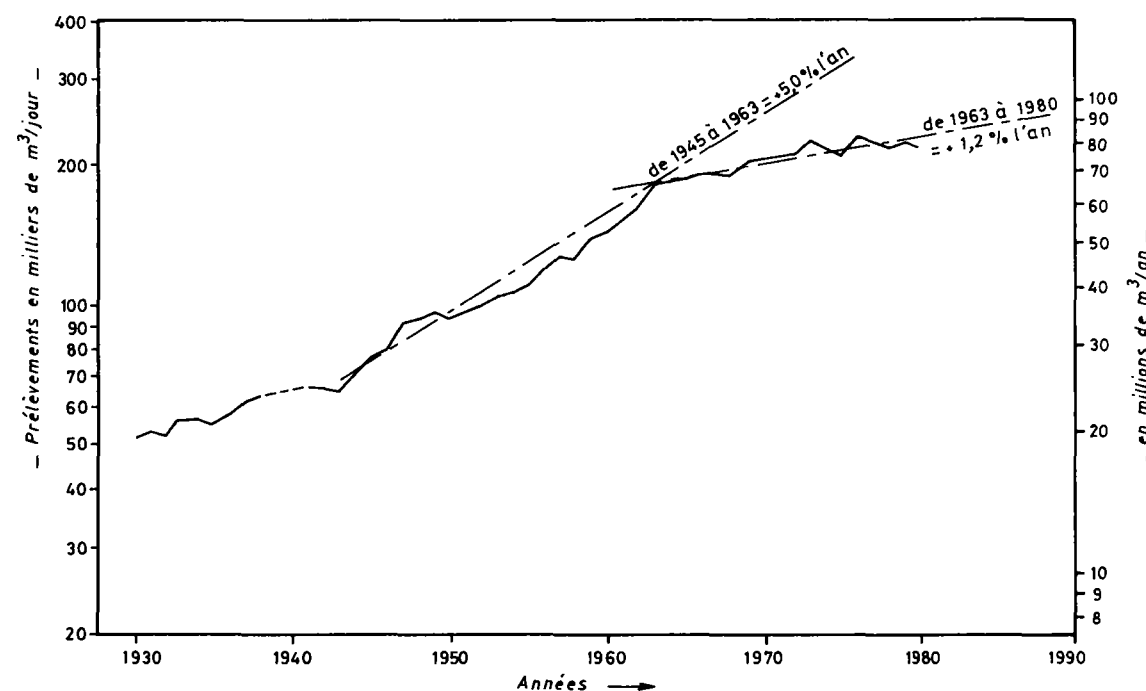


FIGURE 2 : Evolution de la demande en eau potable.

La création de l'usine d'Aire-sur-la-Lys a permis de réduire les prélèvements effectués dans la nappe du Calcaire carbonifère, *intensément exploitée de part et d'autre de la frontière franco-belge*. Dans un avenir proche, et devant l'augmentation des besoins, on sera amené :

- . soit à limiter les prélèvements dans cet aquifère et rechercher ailleurs les volumes d'eau nécessaires,
- .. soit à continuer d'épuiser cette nappe par une exploitation de type minier afin de reculer l'échéance précédente.

C'est pourquoi l'étude réalisée s'est d'abord intéressée à cet aquifère afin de définir *ses ressources en eau exploitables*. Elle doit permettre de répondre aux questions suivantes :

- . Jusqu'à quand et à quel rythme peut-on continuer *d'accroître l'exploitation de cette nappe* dans les conditions actuelles sans s'exposer à de graves difficultés ?
- . Peut-on opérer une recharge de cette nappe et selon quel schéma ? Cette recharge pourrait résulter d'une réduction - permanente ou temporaire - des prélèvements, qui devrait alors être compensée par une ressource complémentaire.

CADRE GÉNÉRAL DE L'ÉTUDE

A l'échelon de la Métropole du Nord, le système d'utilisation de l'eau peut être défini comme l'ensemble des unités de gestion dont les inter-relations sont déterminées par un but commun qui est l'utilisation de l'eau. Ce système se caractérise à la fois par une structure physique et technique (forages, usine de traitement...) et par une structure économique (agents économiques, en relation ou non).

La délimitation spatiale du système ressource-utilisation relève de la prise en considération première du système d'utilisation (du fait même de l'objectif de l'étude) qui détermine les limites d'un système global intégrant les ressources en eau de surface et en eau souterraine ; ce fractionnement n'est qu'une commodité d'identification de deux types de réservoirs interdépendants dans lesquels l'eau est puisée en fonction de la stratégie de l'exploitation.

Comme le montre la figure 3, trois sous-systèmes participent à l'alimentation en eau potable de la Métropole du Nord : nappe du Calcaire carbonifère, nappe de la Craie du Séno-turonien supérieur, eaux de surface de la Lys. Sur chacun de ces sous-systèmes, s'exercent des contraintes de nature différente qui limitent la faculté d'exploiter leur potentiel.

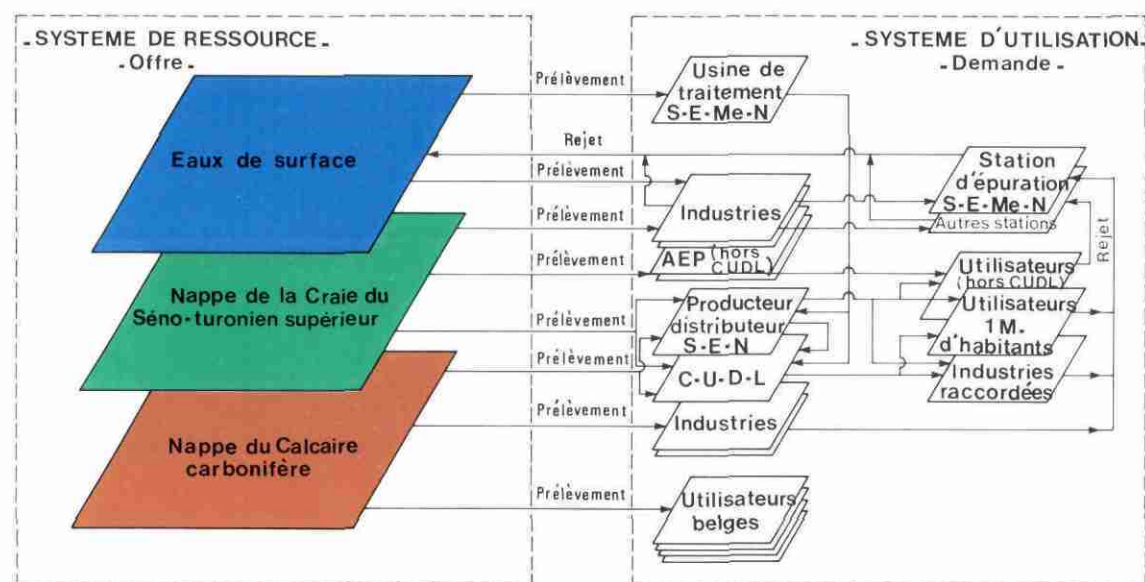


FIGURE 3 : Système de ressource et d'utilisation de l'eau.

En effet, la nappe du Calcaire carbonifère a fait l'objet d'une *surexploitation intense* qui s'est traduite par une forte baisse continue des niveaux d'eau dans les forages. Le régime actuel de la nappe exploitée n'est pas rigoureusement en équilibre : la nappe est donc très sensible à une croissance des prélèvements qui risquerait de provoquer le dénoyage des pompes en place.

La nappe de la Craie particulièrement vulnérable à la pollution, voit la *qualité de ses eaux se dégrader*, ce qui peut condamner à terme certains champs captants.

La Lys, dont les eaux sont traitées par l'usine d'Aire-sur-la-Lys, présente de *sévères étiages* qui limitent la ressource mobilisable d'une manière permanente.

Ces contraintes nous ont conduits à examiner chacune de ces sources d'approvisionnement, afin de définir dans quelle mesure l'une d'elles pourrait satisfaire l'accroissement de la demande. Dans un souci de clarté, on analysera séparément les ressources en eau souterraine et celles en eau de surface.

DÉROULEMENT DE L'ÉTUDE

Cette étude s'est déroulée en plusieurs phases successives :

- . rassemblement et synthèse des données existantes,
- . acquisition de données nouvelles et construction du modèle de simulation,
- . reconnaissance par forage(s) de l'épaisseur utile de l'aquifère,
- . recherche d'un schéma optimal d'alimentation en eau de la Métropole du Nord.

En effet, vouloir appréhender la modification des équilibres naturels sous l'effet de prélèvements importants à l'aide des seules approches comptables conventionnelles est impossible du fait même de la complexité des structures hydrogéologiques. Face à cette complexité, l'hydrogéologue tente de donner du système aquifère une image simplifiée, un *modèle*, schématisant la réalité. Un tel outil offre la possibilité de mieux décrire le comportement d'un système aquifère, tout en assurant la cohérence des différents paramètres.

La construction de cet outil passe nécessairement par une analyse aussi fine que possible de la structure et du comportement des réservoirs à simuler. Pour cela, on s'efforce d'individualiser ces derniers en définissant leurs positions les uns par rapport aux autres, leurs conditions aux limites et leurs caractéristiques hydrauliques (figure 4).

Les travaux déjà entrepris sur la nappe du Calcaire carbonifère (Annexe I) ont souvent souffert du caractère plurinational de l'aquifère qui, gênant la circulation de l'information, a conduit chaque pays à exécuter ses propres travaux selon des limites géopolitiques et non hydrauliques. Pour la première fois, grâce à une collaboration efficace entre services techniques belges et français, l'aquifère est étudié dans ses limites naturelles et *son intégralité physique* afin de déterminer dans quelle mesure il peut supporter de nouveaux prélèvements (Annexe II).

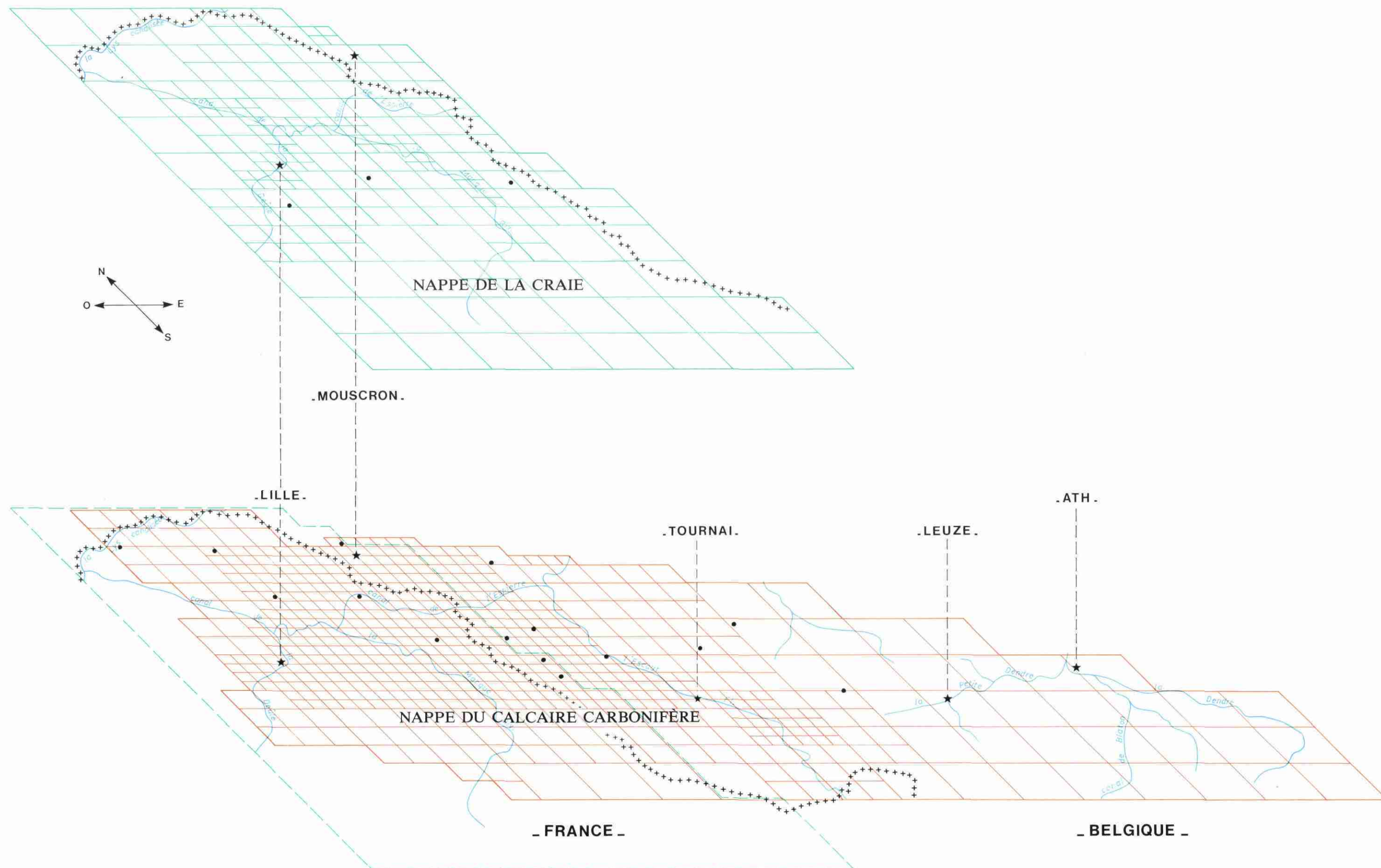
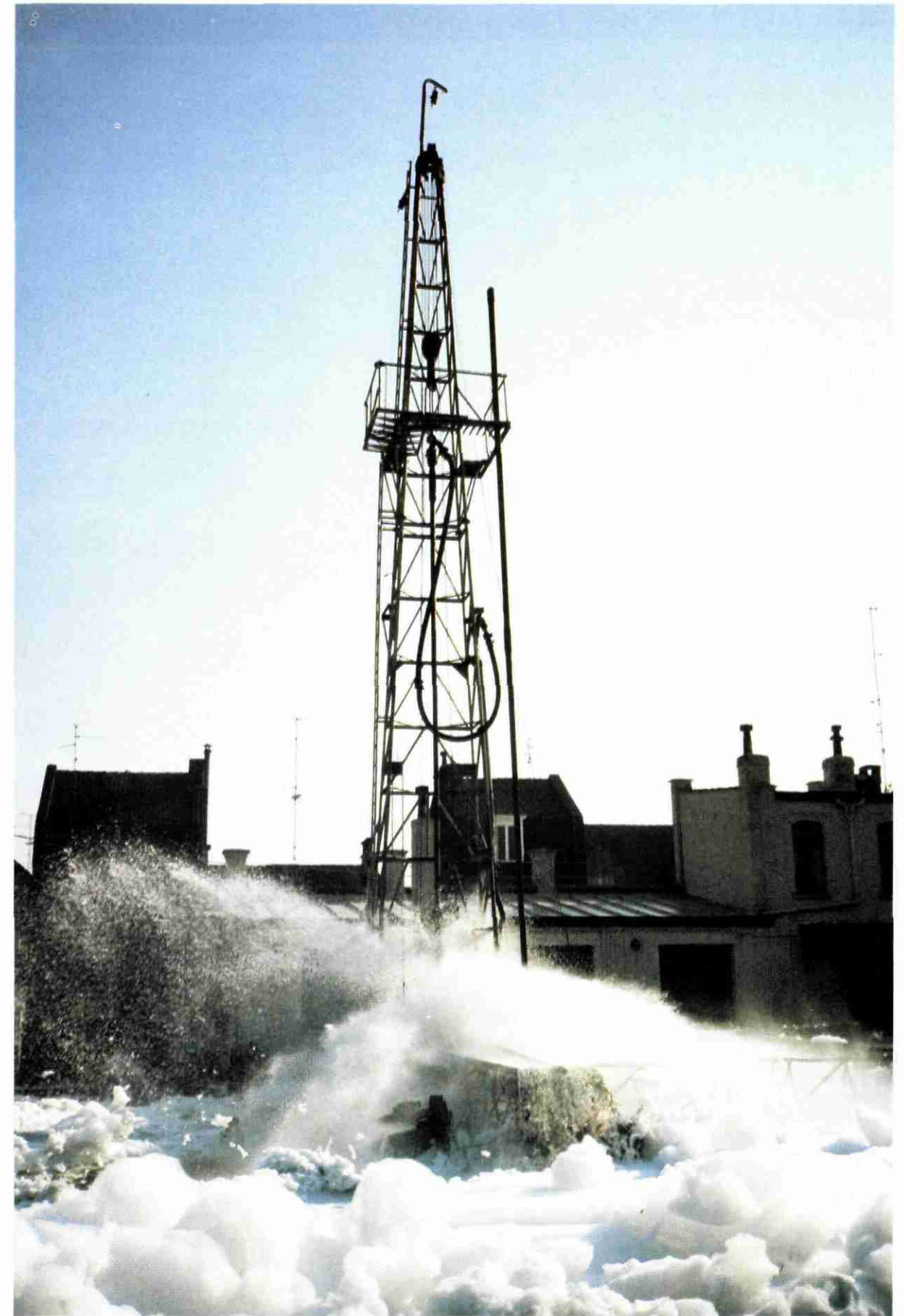


FIGURE 4 : Représentation du complexe aquifère Craie-Calcaire carbonifère
(maillage adopté et situation géographique des piézomètres)

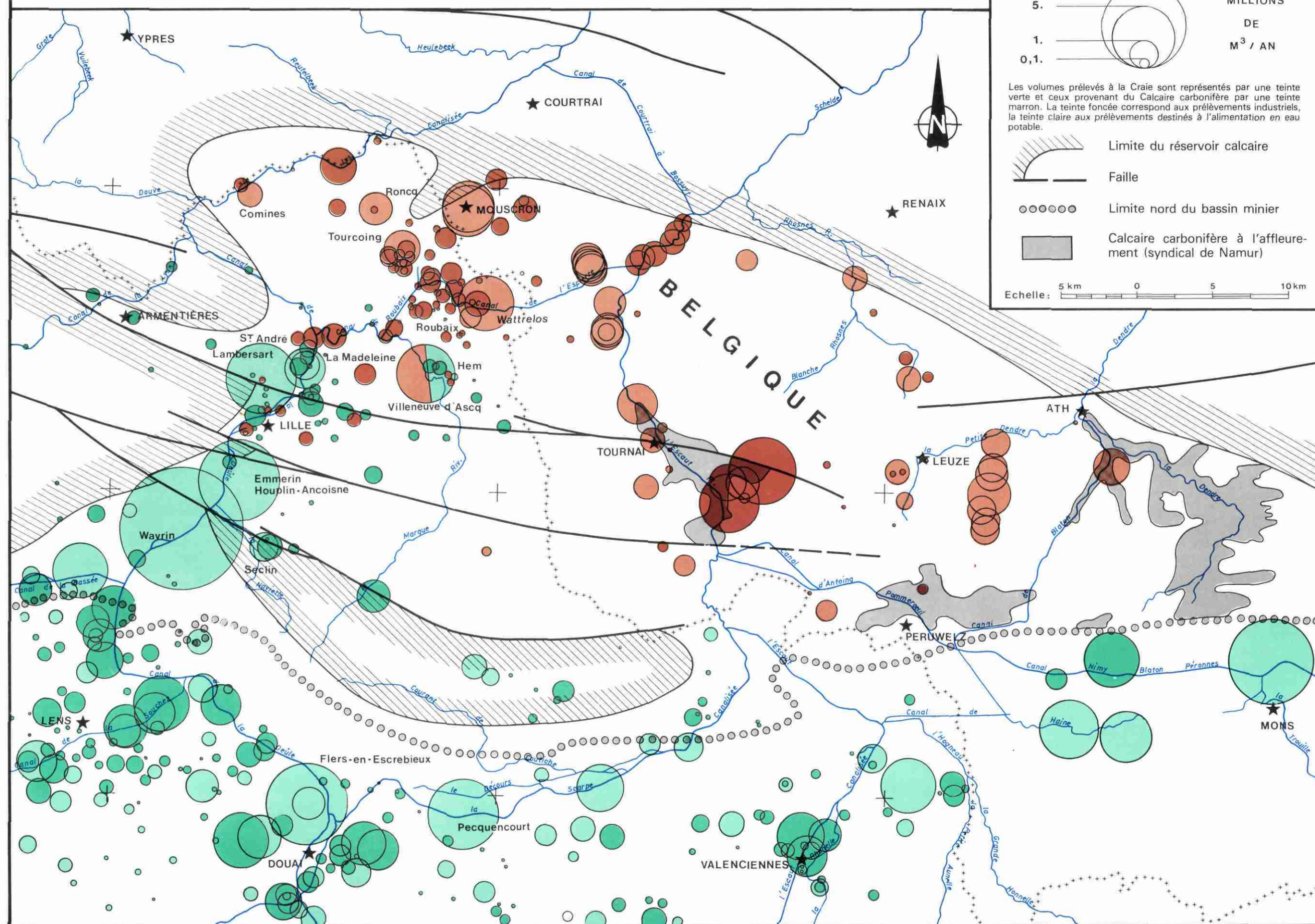
La possibilité de continuer à exploiter la nappe du Carbonifère, bien que son niveau devienne de plus en plus profond, est liée à *la hauteur aquifère* de la couche de calcaire. En effet, cette couche de calcaire est très épaisse (540 m à Roubaix), mais on ne connaît pas à l'heure actuelle l'importance des terrains fissurés et perméables. Cette épaisseur utile constitue la principale contrainte physique d'une exploitation maximale de la nappe. Il était donc important de tenter de préciser cette épaisseur utile, si nécessaire par quelques forages profonds. Cependant, avec la mise au point du modèle et au vu des résultats des premières simulations, on s'est aperçu que les autres contraintes (baisse des niveaux de la nappe de la Craie en France, baisse supplémentaire des niveaux de la nappe du Calcaire, dénoyage de pompes dans certains forages et augmentation consécutive du coût de production) étaient telles qu'elles interdisent dans l'immédiat d'envisager une croissance significative des prélèvements par rapport à leur état actuel. Il faut souligner que ces considérations s'inscrivent dans *une optique de maintien en l'état des équilibres dynamiques actuels* afin de continuer d'utiliser le parc de forages existant. Cette optique se fonde essentiellement sur des critères économiques et des impératifs de gestion, définis en accord avec les producteurs d'eau potable, visant à minimiser le coût de l'eau distribuée. Toutefois l'idée de reconnaître ultérieurement l'épaisseur perméable du calcaire n'a pas été abandonnée pour autant. C'est pourquoi l'approfondissement d'un des forages de la Régie communautaire a été décidé pour acquérir des informations sur l'état de la fracturation du réservoir calcaire en profondeur. Les premiers résultats de cette reconnaissance permettent d'envisager dans le futur des solutions différentes, dans la mesure où les critères économiques retenus et les impératifs de gestion seraient susceptibles d'évoluer.

Les contraintes existantes et l'abandon provisoire d'un scénario d'exploitation maximale de la nappe du Calcaire, jugée par ailleurs comme stratégique en raison de son implantation géographique, ont conduit à orienter les recherches vers *un schéma de gestion intégrée des ressources en eau mobilisables* de la région. Ce schéma englobe la nappe du Calcaire carbonifère, celle de la Craie et les eaux de surface de la Lys disponibles à l'usine d'Aire-sur-la-Lys.



Approfondissement du forage de la Régie communautaire
situé à Wattrelos - Indice national 14-4D-0208

PRÉLÈVEMENTS A L'ECHELON DU SYSTEME DE RESSOURCE (1980)



- FIGURE 6 -

LES DIFFÉRENTES RESSOURCES MOBILISABLES

EAUX SOUTERRAINES

Une coupe géologique (figure 5) de la région étudiée souligne que le nombre de nappes d'eau souterraine exploitable reste limité. En effet, on ne peut soutirer des débits importants que dans la nappe du Calcaire carbonifère et dans celle de la Craie. Ces deux aquifères ont assuré la totalité des besoins en eau potable de la Métropole du Nord jusqu'en 1973, date de mise en service de l'usine de traitement d'Aire-sur-la-Lys. Actuellement, ils répondent encore à 89 % de la demande. La figure 6 permet de visualiser dans l'espace les prélèvements qui satisfont les besoins en eau potable et en eau industrielle.

Les affleurements de chaque réservoir indiquent les *zones d'échanges naturels* de chacun d'eux avec l'atmosphère et le réseau hydrographique. La profondeur de chaque aquifère varie d'un lieu géographique à l'autre en fonction

de la forme et du pendage des couches. Ainsi le Calcaire carbonifère n'affleure pas en France bien qu'il soit très proche de la surface dans le Mélançois ; il affleure seulement en Belgique, dans le Tournaisien et dans la vallée de la Dendre. L'aquifère crayeux, présent sur toute la partie française de la zone étudiée, n'affleure que dans le Mélançois.

LÉGENDE DE LA COUPE GÉOLOGIQUE

-  Argiles des Flandres (Yprésien).
-  Sables et Grès d'Ostricourt (Landénien supérieur) - *Nappe des sables tertiaires*.
-  Argile de Louvil et tuffeau (Landénien inférieur).
-  Craie blanche et craie grise (Séno-turonien) - *Nappe de la Craie*.
-  Marnes crayeuses (Turonien moyen et inférieur).
-  Craie marneuse (Cénomane).
-  Grès, schistes et houille (Carbonifère supérieur : Westphalien et Namurien).
-  Calcaires, dolomies et schistes (Carbonifère inférieur : Tournaisien et Viséen). *Nappe du Calcaire carbonifère*.
-  Grès, schistes et calcaires (Dévonien).
-  Schistes (Silurien).

Echelle graphique 1/200.000

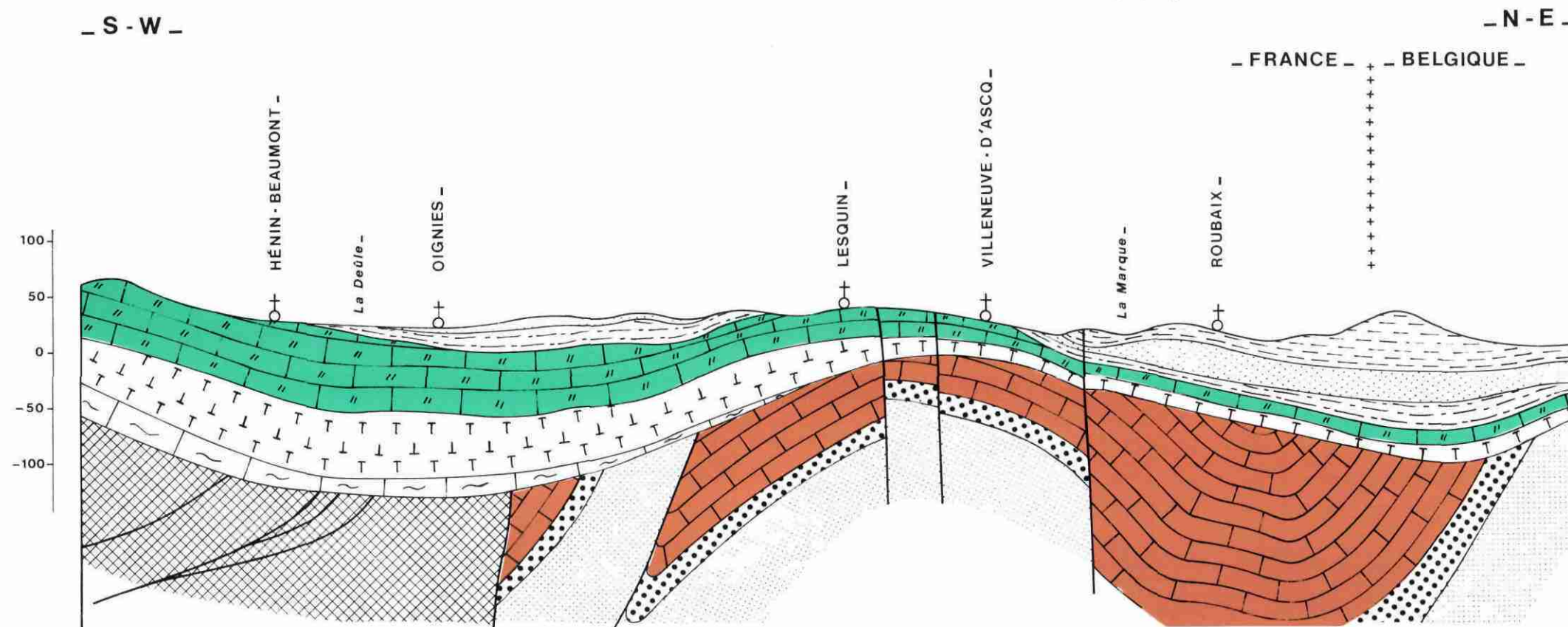


FIGURE 5 : Coupe géologique Sud-Ouest/Nord-Est.

LA NAPPE DU CALCAIRE CARBONIFÈRE

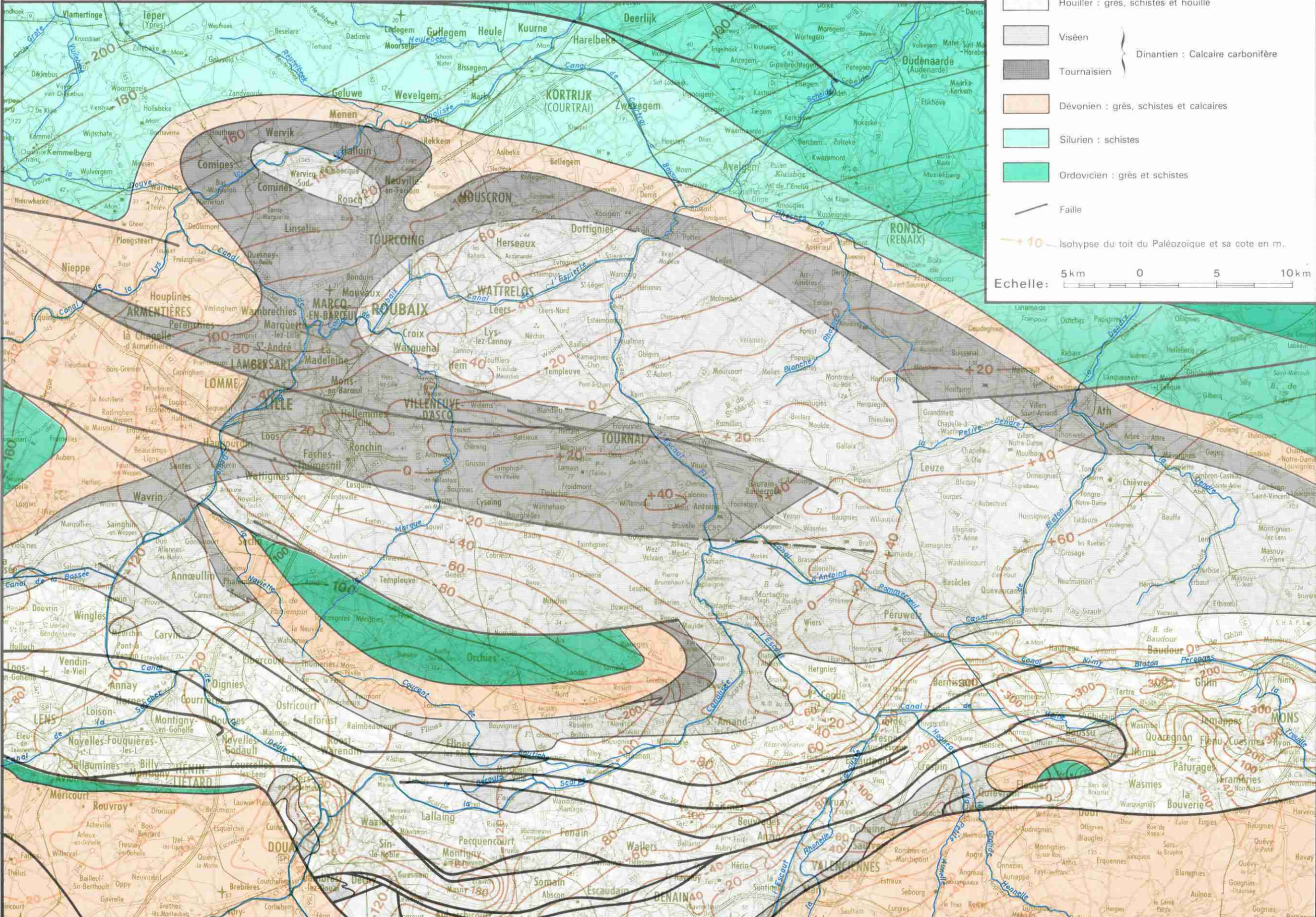
. Analyse du réservoir

La géométrie et la structure du réservoir ont pu être précisées à partir des renseignements fournis par les nombreux forages exécutés dans la région. Ces derniers constituent une source d'information capitale qui a permis d'établir une carte des terrains anté-mésozoïques (figure 7). C'est à partir de ce document que *les limites* du secteur modélisé ont été définies. Celui-ci s'étend au Nord et à l'Ouest jusqu'aux limites du réservoir, à l'Est jusqu'à la Dendre et au Sud jusqu'à la faille de Seclin prolongée en Belgique par la bordure nord du bassin houiller.

Cette bande de calcaire présente une largeur d'environ 15 kilomètres dans le pays d'Ath, les couches étant peu déformées et penchant assez régulièrement vers le Sud. Vers l'Ouest, elle s'élargit pour atteindre un maximum de 30 kilomètres entre Mouscron et la faille de Seclin.

Schématiquement, ce réservoir affecte la forme d'un synclinorium dissymétrique. Ce schéma se complique en se dirigeant vers l'Ouest. En effet, la région de Tournai offre une zone particulièrement faillée entraînant une surélévation axiale du Tournaisis et, plus à l'Ouest, du Mélantois. Ce compartiment est bordé au Nord par la faille de Gaurain-Ramecroix et au Sud par celle d'Haubourdin. Cette structure majeure est confirmée par les isohypses du toit du Paléozoïque dressées à partir de l'ensemble des sondages atteignant le Primaire (figure 7).

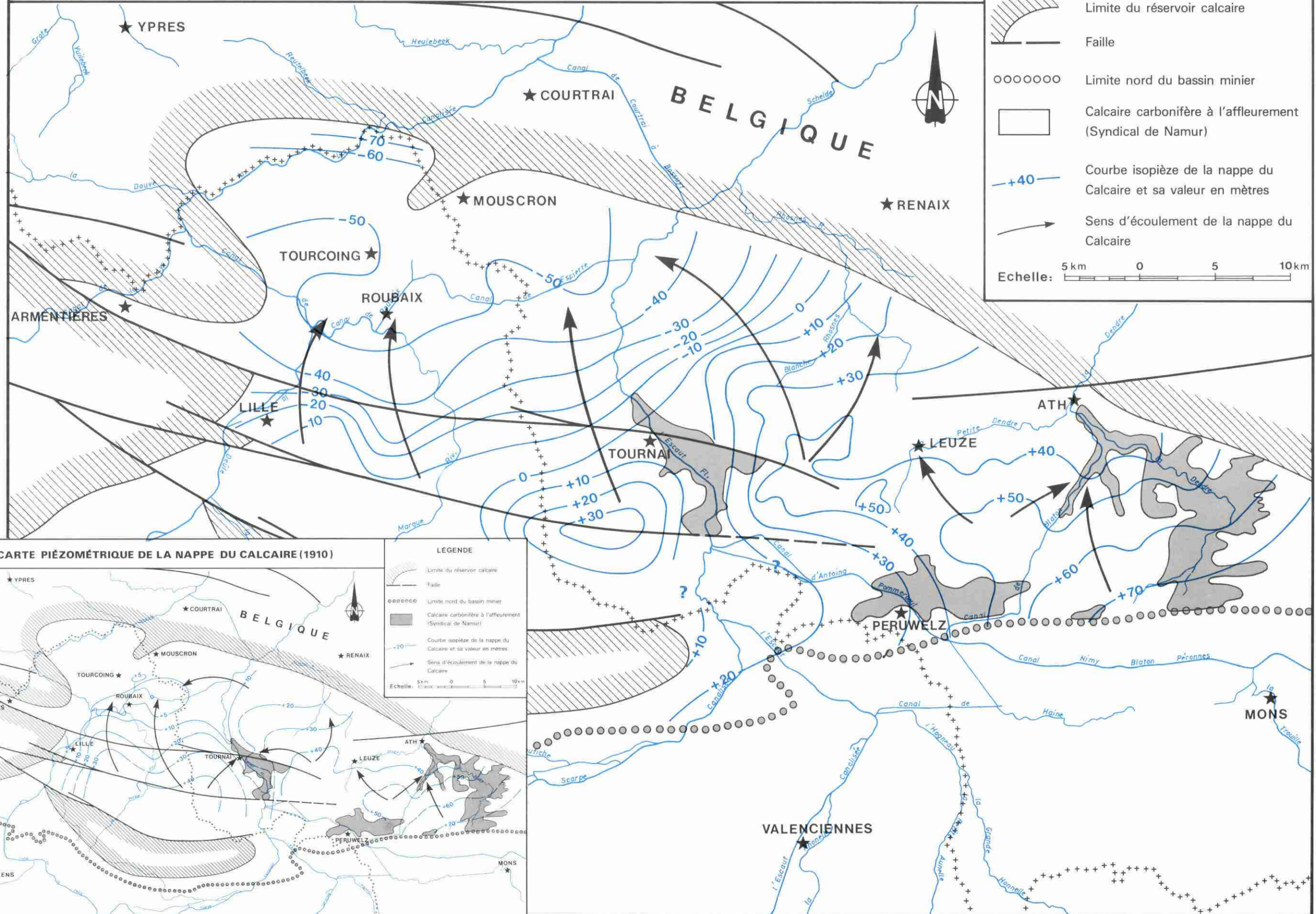
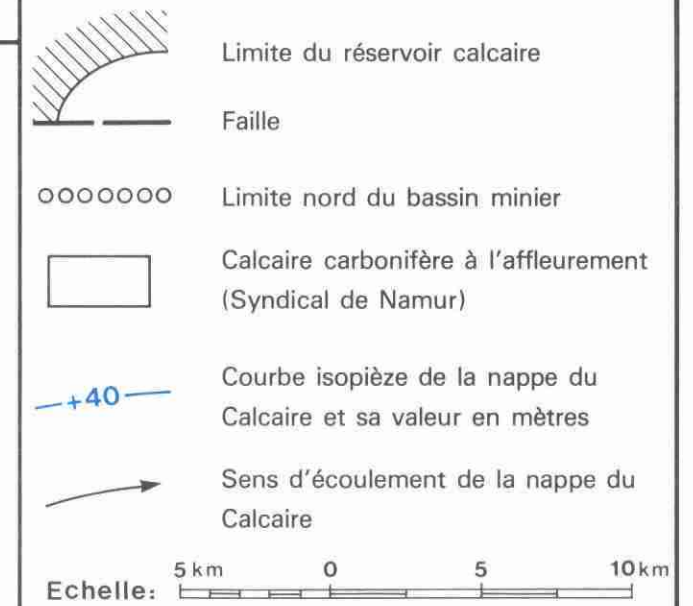
ECORCHÉ GÉOLOGIQUE ANTÉ-MÉSOZOÏQUE



- FIGURE 7

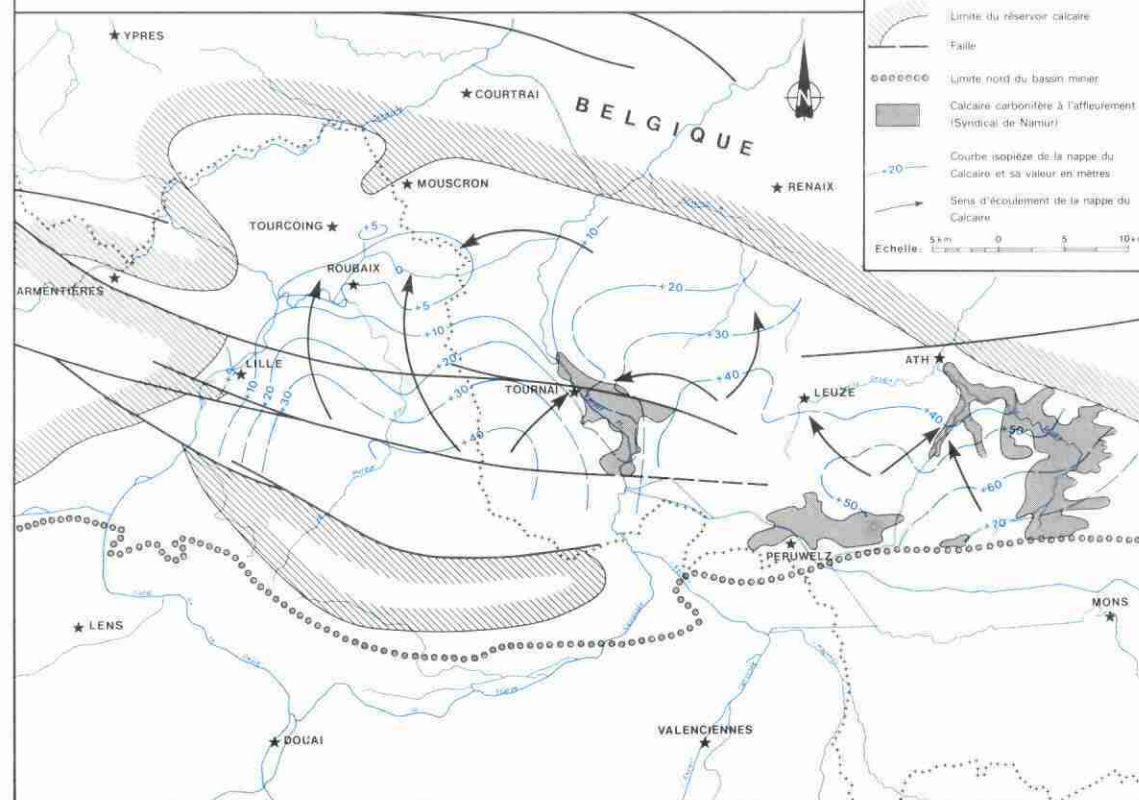
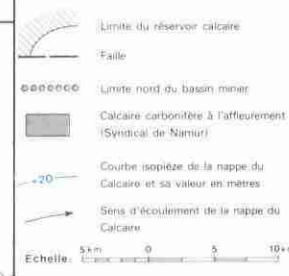
CARTE PIÉZOMÉTRIQUE DE LA NAPPE DU CALCAIRE (Mai 1973)

LÉGENDE



CARTE PIÉZOMÉTRIQUE DE LA NAPPE DU CALCAIRE (1910)

LÉGENDE



- FIGURE 8 -

- FIGURE 9 -

. Fonctionnement hydraulique du réservoir

La piézométrie rend compte de ce fonctionnement hydraulique. Les mesures les plus anciennes disponibles (autour de 1910) permettent une ébauche de carte piézométrique (figure 8) représentant un état quasi-naturel du système, à peine perturbé par les premiers soutirages. On y voit nettement le rôle des cours d'eau essentiellement drainants. L'Escaut constituait *le principal exutoire naturel* de la nappe et la Marque formait également un axe de drainage.

La comparaison entre les mesures piézométriques faites au début du siècle et celles d'aujourd'hui souligne à quel point les prélèvements ont modifié les écoulements souterrains. Une image de ces derniers est fournie par la carte des hauteurs piézométriques qui a servi au calage du modèle (1973) - (figure 9). On y remarque la disparition de tous *les exutoires naturels* de la nappe (hormis celui de la Dendre), l'exutoire principal étant devenu la zone de pompages de Roubaix-Tourcoing-Mouscron.

La baisse généralisée des niveaux (figure 10 et 11) induit donc un nouveau type de comportement de la nappe du Calcaire ; elle se trouve en situation de drain effectif vis-à-vis de la nappe de la Craie et de drain potentiel vis-à-vis de l'Escaut. Les évolutions piézométriques montrent qu'un état presque stabilisé de l'aquifère peut être observé en 1973. Il servira de *référence* pour l'ajustement des paramètres du modèle mathématique, permettant ainsi de calculer les éléments non mesurables du bilan (alimentation par infiltration, drainance, exutoires naturels) à partir de données plus accessibles à la mesure (piézométrie, transmissivité, épaisseur des marnes turoniennes, prélèvements). L'un des intérêts de ce bilan réside dans l'évolution avec le temps des différents éléments qui le constituent. Les termes du bilan à plusieurs époques sont reportés dans le tableau 1.

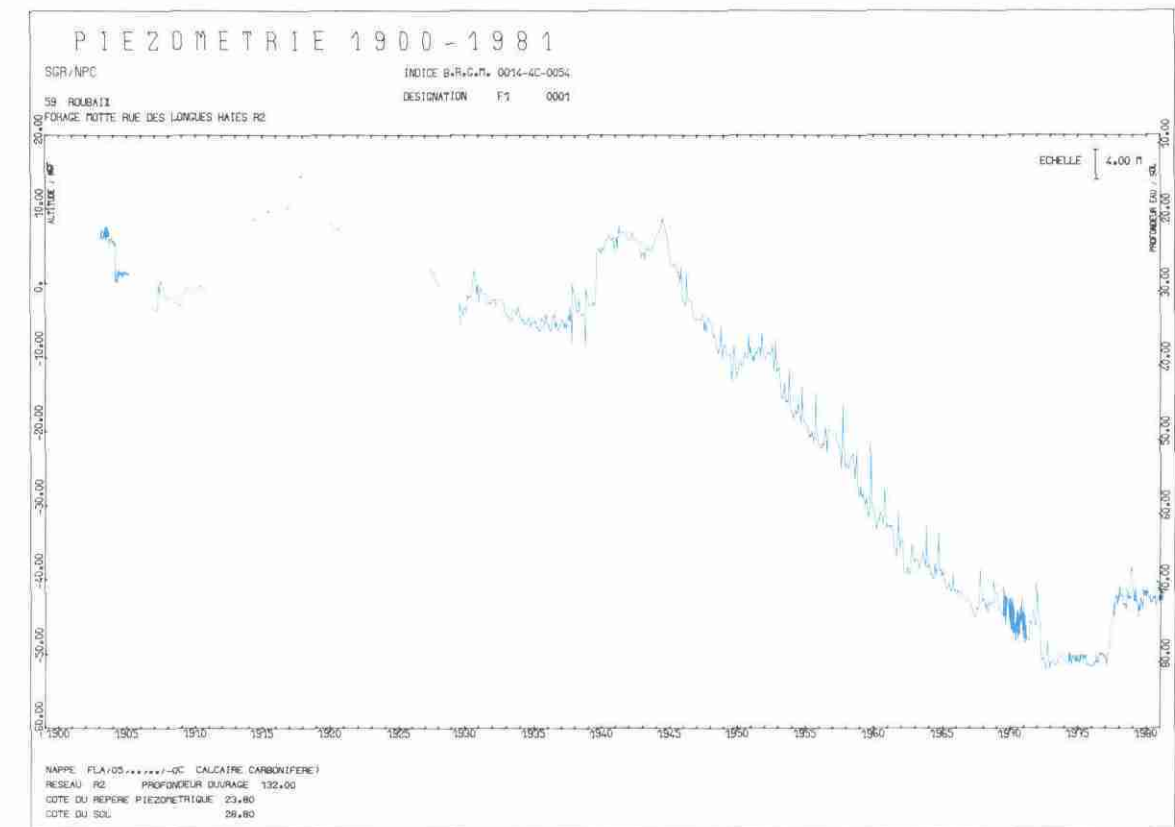


FIGURE 10 : Evolution des niveaux dans la nappe du Calcaire carbonifère.

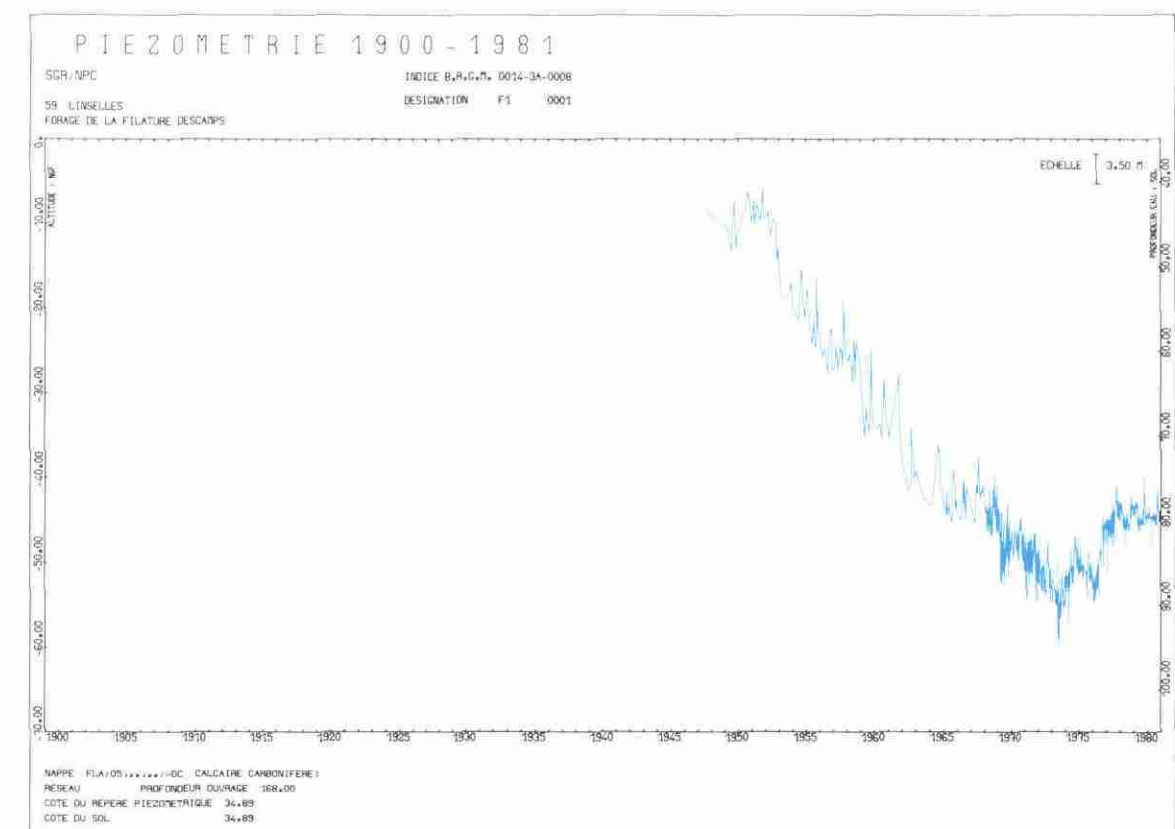


FIGURE 11 : Evolution des niveaux dans la nappe du Calcaire carbonifère.

Etat de la nappe		
	Naturel	1973
Entrées		
. Infiltration des précipitations		
- bassin de la Dendre (10 l/s/km ²)	63,07	63,07
- Tournaisis (9,3 l/s/km ²)	15,55	15,55
. Drainance de la nappe de la Craie	7,88	36,61
. Perte de la nappe alluviale de l'Escaut	0,00	0,63
. Limite sud (région de Don)	0,00	3,15
. Apport de l'Escaut à l'amont de Tournai	0,00	2,43
. Destockage	0,00	4,64
	86,50	126,08
Sorties		
. Prélèvements par pompage		
- France	0,00	32,79
- Belgique Ouest	0,00	26,49
- Belgique Est	0,00	30,15
. Drainage de la Dendre	49,20	33,08
. Drainage de l'Escaut (à l'amont de Tournai)	31,40	1,99
. Débit de fuite vers Saint-Amand-les-Eaux	5,90	1,58
	86,50	126,08

Le méridien de Tournai constitue la limite séparant les parties ouest et est de l'aquifère en Belgique.

TABLEAU 1 : Bilan de la nappe du Calcaire carbonifère (en millions de mètres cubes par an).

Les deux principales *sources d'apport* sont donc constituées par l'infiltration des eaux de pluies et par la drainance de la nappe de la Craie. Limité initialement au niveau du Mélantois, ce phénomène a pris de l'ampleur allant jusqu'à constituer aujourd'hui *une des principales sources d'alimentation* de l'aquifère calcaire. Deux des éléments qui conditionnent ces échanges sont l'épaisseur des formations semi-perméables du Turonien inférieur et moyen (figure 12), et l'aire affectée par la drainance descendante.

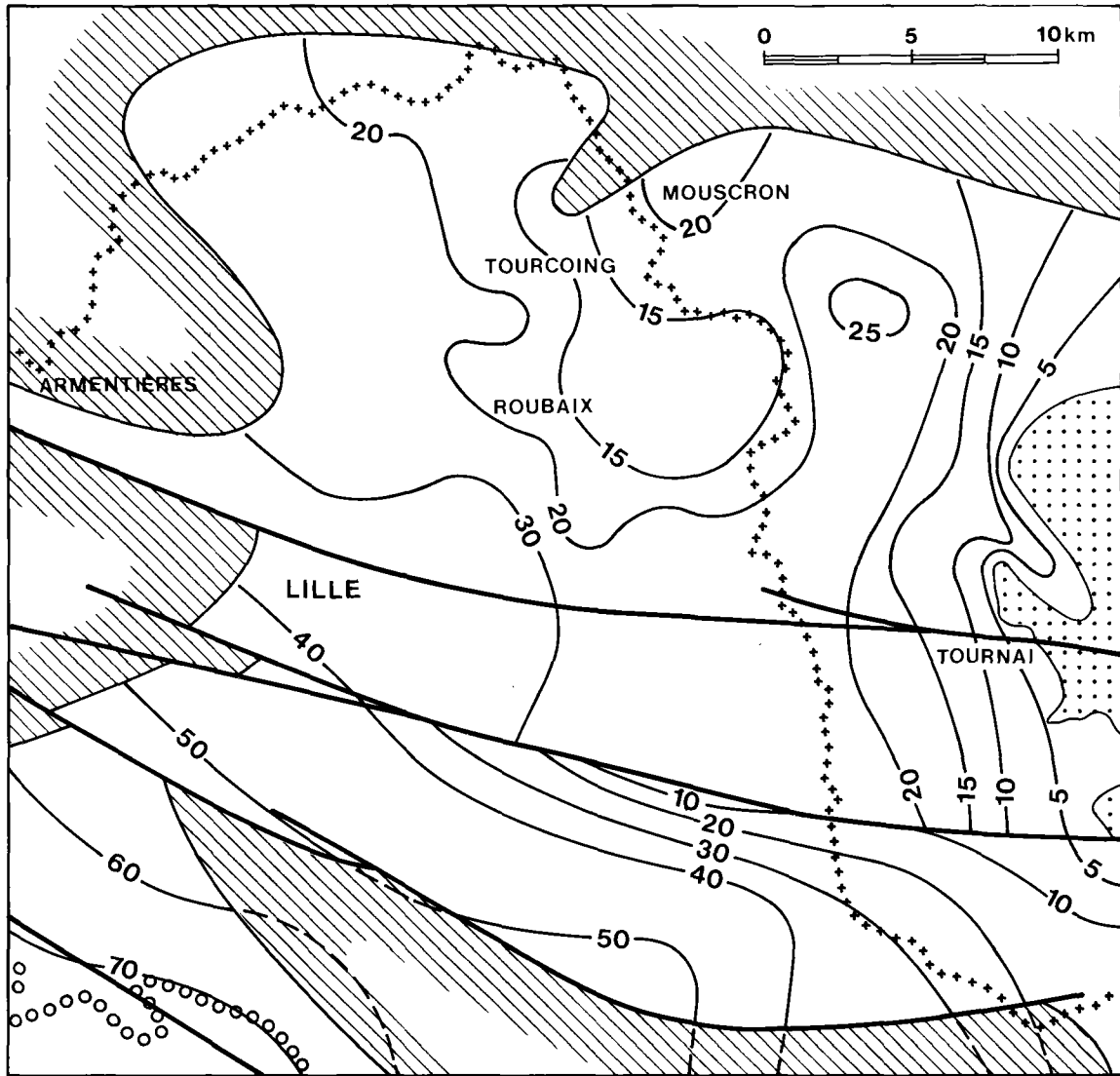


FIGURE 12 : Epaisseur des formations séparant les aquifères calcaire et crayeux (en mètres)

Les prélèvements et le drainage de l'aquifère par la Dendre regroupent aujourd'hui la quasi-totalité des sorties.

Compte tenu de la réduction des prélèvements opérés en France après 1973 (figure 13), on pourrait considérer que l'équilibre de la nappe est à peu près atteint. Cependant, en janvier 1977, un effondrement dans le lit de l'Escaut, à Kain, a entraîné un engouffrement de l'eau de la rivière dans la nappe du Calcaire, provoquant temporairement des remontées du niveau de la nappe atteignant une dizaine de mètres sur l'ensemble de la zone déprimée de Roubaix-Tourcoing-Mouscron. Le modèle mathématique, construit pour étudier le comportement futur de l'aquifère, a permis d'estimer cet apport exceptionnel à 30 millions de mètres cubes. (Annexe III).

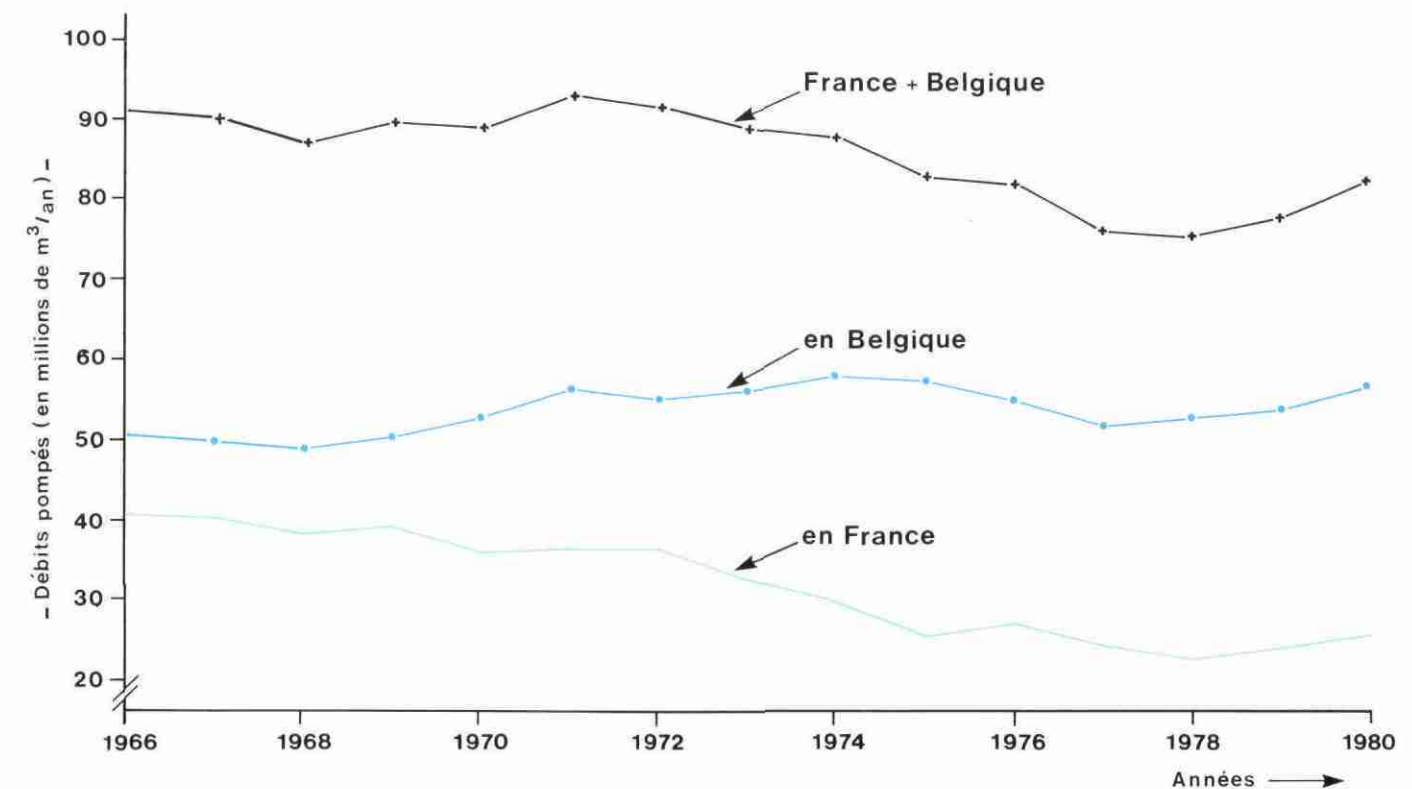
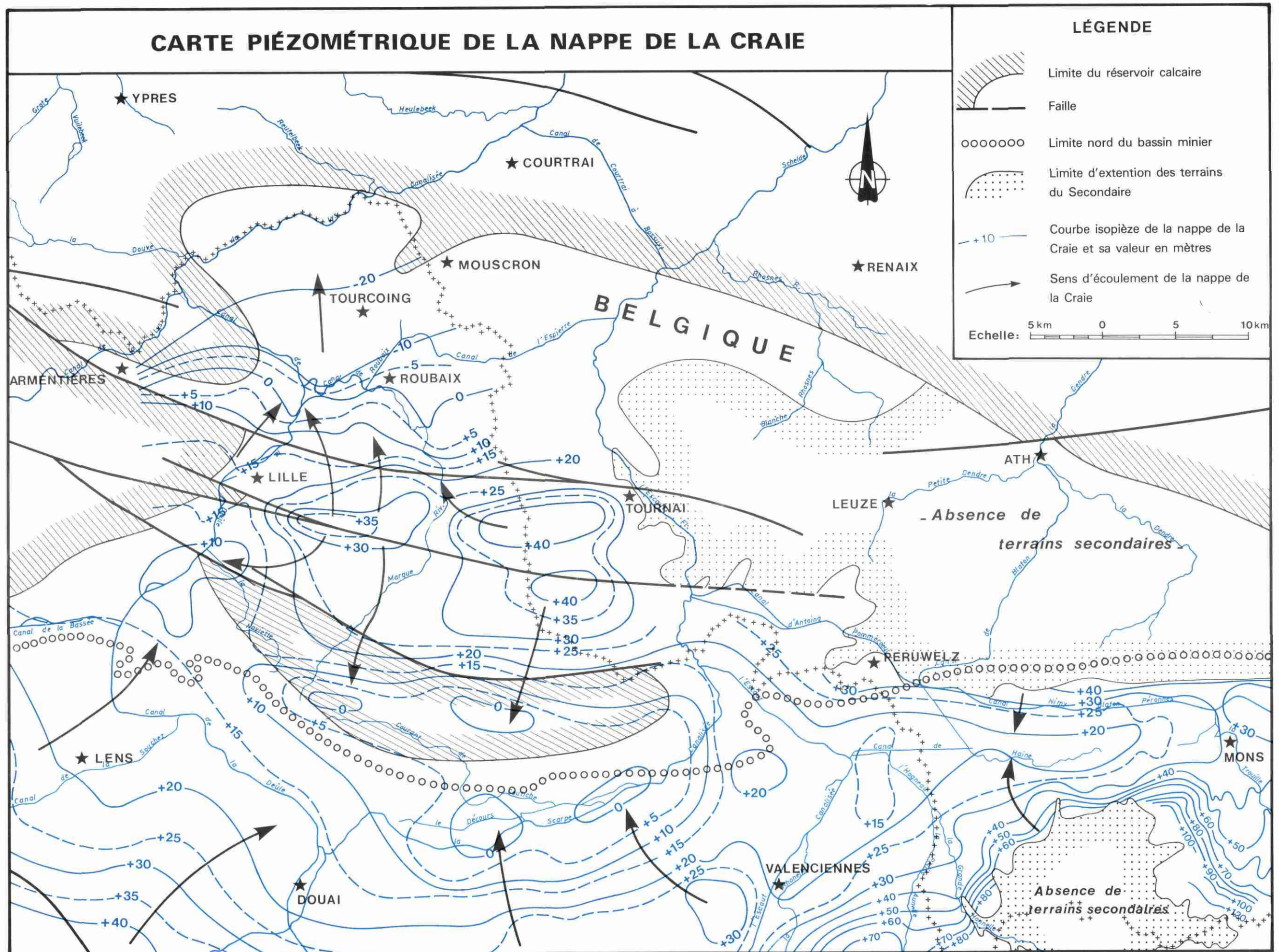


FIGURE 13 : Evolution des prélèvements dans la nappe du Calcaire carbonifère entre les limites du réservoir et la Dendre.



- FIGURE 14 -

LA NAPPE DE LA CRAIE

Celle-ci s'étend sur une grande partie du Nord de la France. Il n'était ni utile, ni possible, de la représenter entièrement dans le cadre de cette étude. Aussi n'a-t-on inclus que la partie de la nappe en liaison par drainance avec le Calcaire carbonifère.

. Alimentation - Prélèvements

L'allure de la surface piézométrique (figure 14) est liée à la structure géologique du réservoir : un dôme piézométrique, correspondant à l'anticlinal du Mélantois où le réservoir est affleurant, sépare deux bassins hydrogéologiques nord et sud. Vers l'extrême Nord, les prélèvements sont négligeables et l'écoulement de la nappe de la Craie est attribué, en l'absence d'autre exutoire, à des échanges par drainance avec la nappe du Calcaire carbonifère sous-jacente. Au Sud, différentes explications peuvent être données quant à la présence de la vaste dépression observée de part et d'autre de la limite nord du bassin houiller. La Craie moins altérée dans ce secteur est de ce fait moins transmissive. De plus, le recouvrement tertiaire empêche toute alimentation de la nappe par les eaux de pluie. Par ailleurs, la majorité du flux provenant du Sud de la région est dérivée par une série de forages situés au Sud de la cuvette d'Orchies. Parmi ces forages, signalons les ouvrages du champ captant de Pecquencourt et ceux de Flers-en-Escrebieux qui alimentent en eau potable la région lilloise.

La permanence de la morphologie piézométrique d'une année sur l'autre atteste de la pérennité de l'équilibre existant entre l'alimentation de l'aquifère et l'écoulement de celui-ci vers ses exutoires naturels ou artificiels (prélèvements). En zone à surface libre, les fluctuations piézométriques sont directement liées aux précipitations efficaces, comme le montre la figure 15. Les rares séries de longue durée de mesures indiquent peu de variation des niveaux dans la zone où la nappe est libre et bien alimentée, sauf au voisinage des champs captants (figure 16). La baisse est par contre importante dans la zone captive septentrionale, sous l'effet d'une augmentation de la drainance provoquée par la chute des niveaux du Carbonifère. D'après les quelques données ponctuelles existant en archive, elle peut atteindre 40 m, depuis le début du siècle, à Armentières et Roubaix.

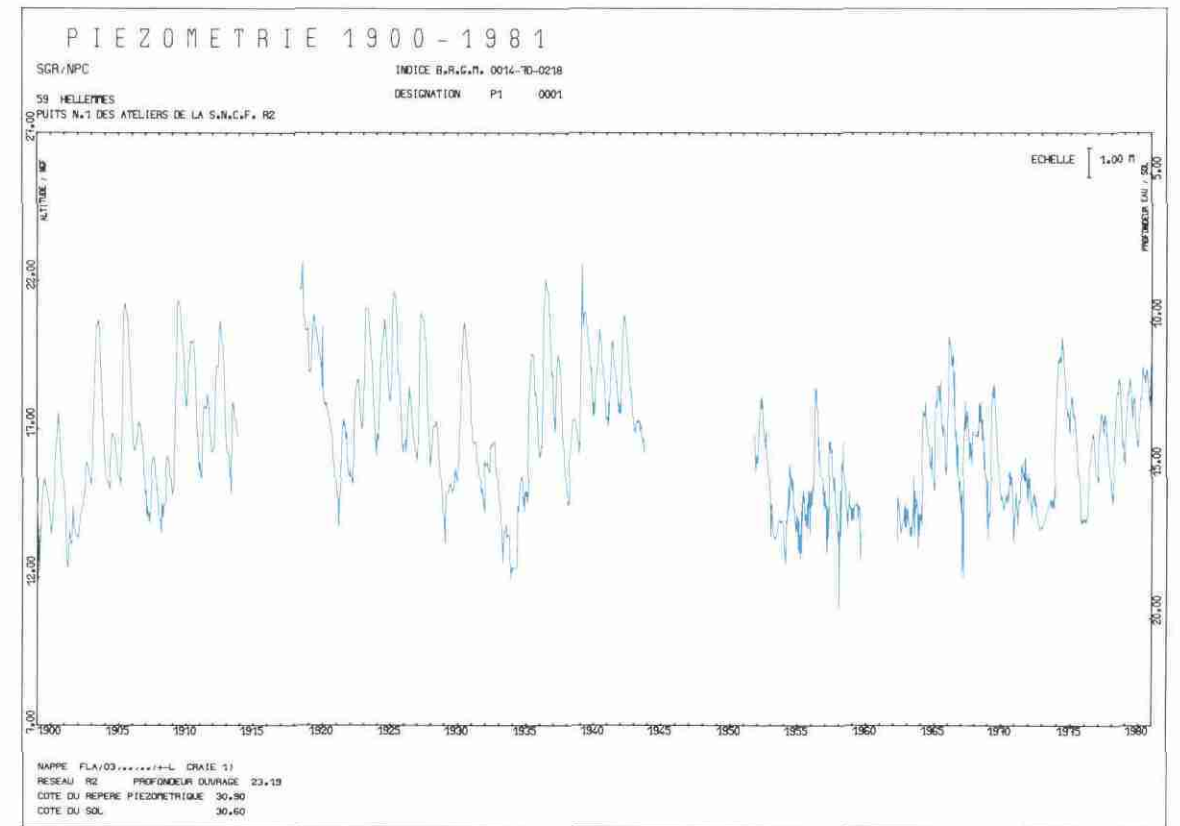


FIGURE 15 : Evolution des niveaux dans la nappe de la Craie

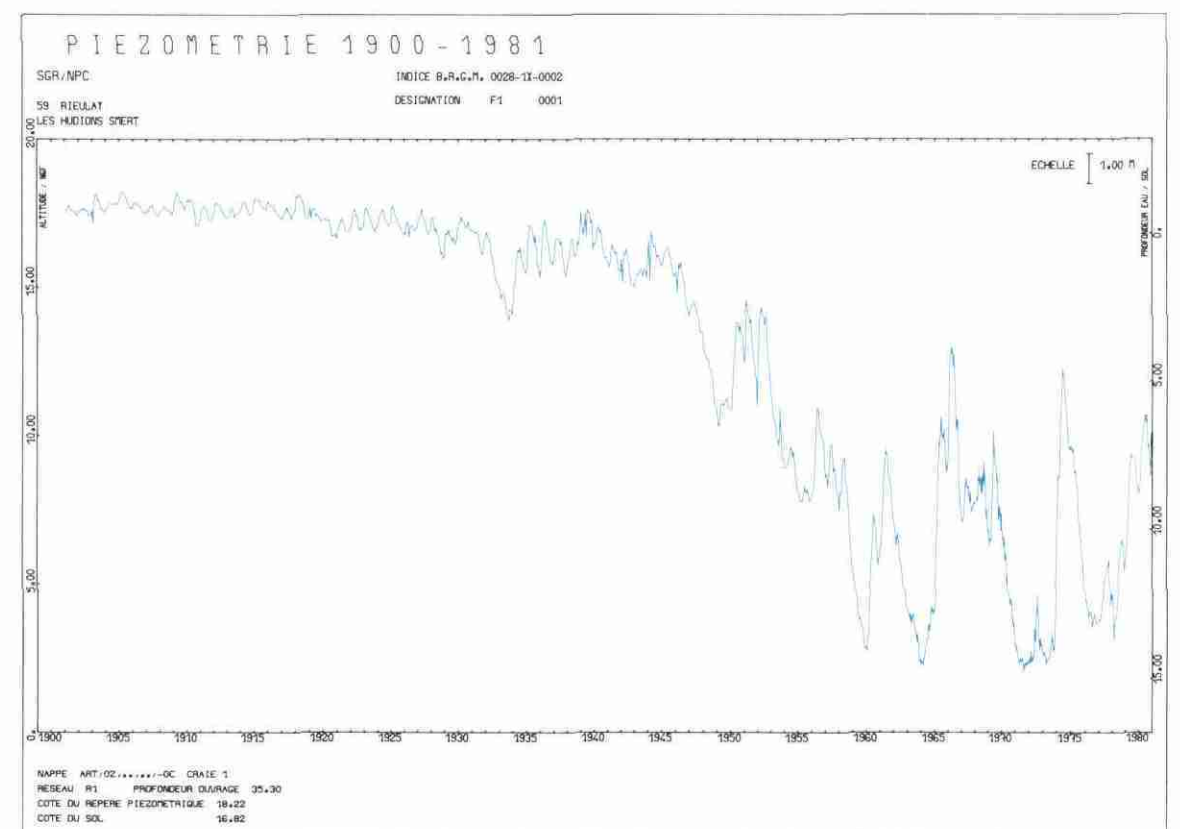


FIGURE 16 : Evolution des niveaux dans la nappe de la Craie

- . Bilan de la nappe de la Craie
- L'origine des apports à la Craie est multiple. Quatre sources d'alimentation ont été mises en évidence :
- infiltration des précipitations au niveau des affleurements crayeux du Mélantois sur 293 km²,
 - apport de la nappe alluviale de la Deûle en amont d'Haubourdin qui limite l'extension des cônes de pompage. Ce phénomène de réalimentation se produit au détriment de la qualité des eaux,
 - alimentation à partir de la nappe des sables landéniens dans la région de Cobrieux,
 - pertes du réseau sous l'agglomération lilloise.

Le modèle mathématique permet de calculer tous les éléments du bilan dont les principaux, pour l'année de référence (1973) et en régime stabilisé, sont reportés sur le tableau 2 :

Entrées	
. Infiltration des précipitations (7 l/s/km²)	64,58
. Apport de la nappe alluviale de la Deûle	22,58
. Apport de la nappe des Sables d'Ostricourt	6,18
. Pertes du réseau sous l'agglomération lilloise	2,21

	95,55
Sorties	
. Prélèvements	53,61
. Drainance vers la nappe du Calcaire	36,61
. Débit de fuite vers la cuvette d'Orchies	4,73
. Drainage de la Marque	0,60

	95,55

TABLEAU 2 : Bilan de la nappe de la Craie
(en millions de mètres cubes par an)

La nappe de la Craie assure actuellement 75 % des besoins de la Métropole du Nord. Exploitée depuis toujours, la ressource en eau de la Craie se prête aisément à des prélèvements intensifs du fait de l'étendue des surfaces d'alimentation et de la faible profondeur de l'aquifère.

Cependant, on observe, particulièrement dans la région lilloise, une modification notable de la concentration en certains éléments chimiques spécifiques de l'activité humaine. Cela se conçoit du fait de l'importance des zones d'affleurements et des relations directes entre l'aquifère crayeux et les cours d'eau superficiels (cf. tableau 2). Il en résulte de sérieuses menaces sur les champs captants de Lambersart, Saint-André et Emmerin où les eaux pompées ne répondent pas toujours aux normes de potabilité. Dès lors, il est difficile d'escompter intensifier l'exploitation de la nappe de la Craie.

EAUX DE SURFACE PRÉLEVÉES DANS LA LYS

Cette ressource est exploitée par un ensemble d'installations existantes ou projetées dont le cœur est l'usine d'Aire-sur-la-Lys qui prélève, traite et refoule les eaux de la rivière vers la Métropole Nord. Elle comprend les débits naturels de la Lys et peut être améliorée en soutenant les étiages dans la haute Lys ou/et en dérivant une partie du débit des Riviérettes.

DÉBITS NATURELS DE LA LYS

Lors de la création de cette usine, le débit minimal acceptable dans cette rivière après prélèvement a été fixé à 500 l/s, valeur élevée dans la mesure où plusieurs petits cours d'eau (Mardyck, Petite-Lys, Liauwette, Laque et Laquette) se jettent dans la Lys à l'aval de l'usine. Compte tenu de ces affluences, on pourrait raisonnablement ramener à 300 l/s le débit réservé minimal acceptable à Aire. Disposant d'une série continue de mesures de débits naturels de la Lys à Delettes (situé 10km environ à l'amont de l'usine de traitement), il est possible de définir la ressource potentielle qui tient compte de cette contrainte (figure 17).

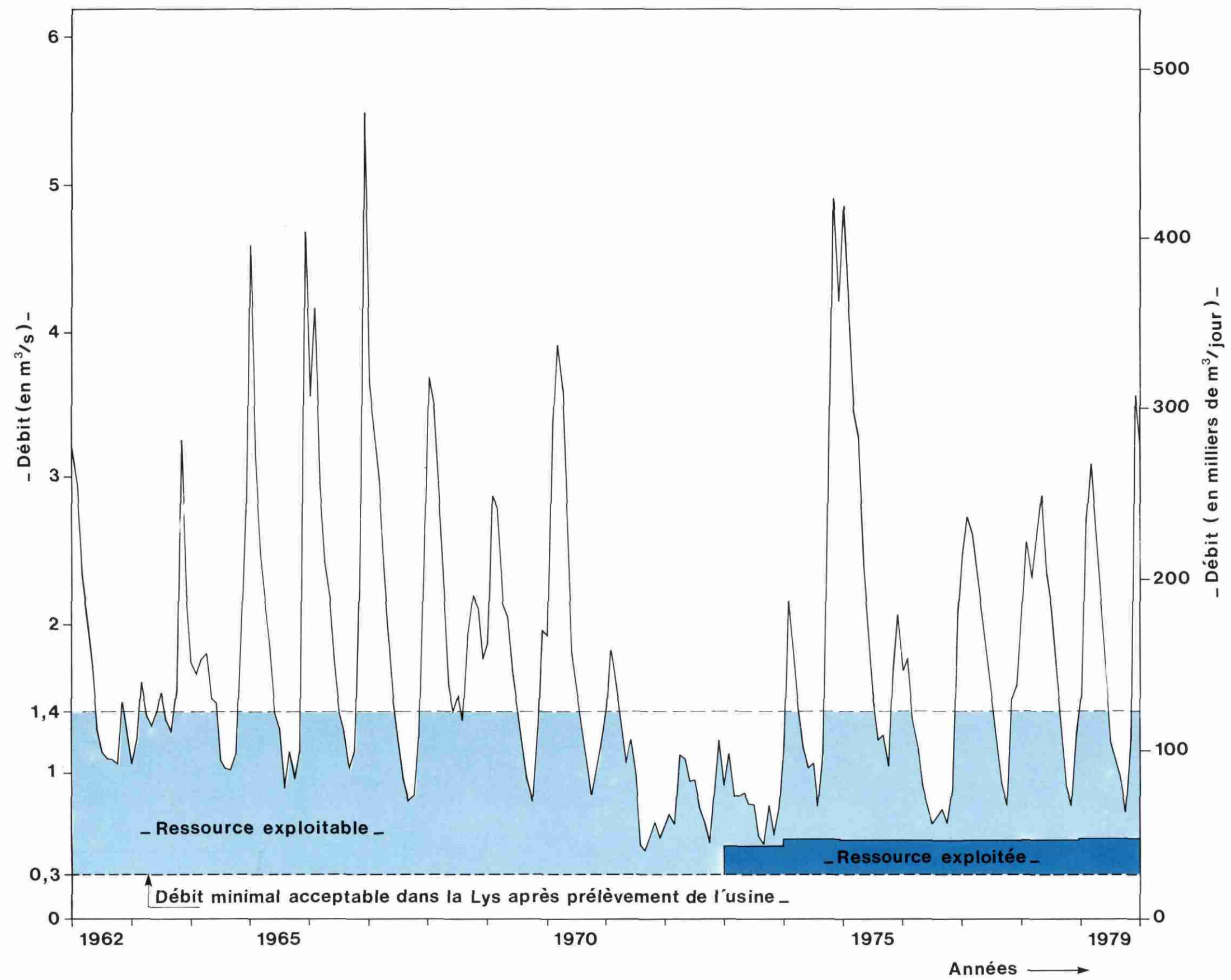


FIGURE 17 : Débit naturel de la Lys à Delettes

L'exploitation statistique des mesures faites à Delettes montre pourquoi l'usine de Moulin-le-Comte ne peut traiter d'une manière permanente plus de 280 l/s (ou avec les possibilités de stockage existantes 390 l/s sur cinq jours). Elle montre également qu'une année sur deux, il est possible de prélever dans la Lys 560 l/s en continu. Il se dégage, entre cette ressource mobilisable en permanence et la ressource potentielle, une quantité, variable dans le temps, qu'il convient de chercher à exploiter. A l'extrême, on peut concevoir de faire fonctionner au maximum cette usine au moins en hiver, la seule contrainte étant alors sa capacité de traitement (1100 l/s).

SOUTIEN DES ÉTIAGES DANS LA HAUTE LYS

Cette solution consiste à exploiter, en été seulement, la nappe de la Craie cénomaniennne dans la région de Fruges, et à déverser les débits ainsi pompés dans la Lys. La nappe de la Craie, en effet, n'est pas du tout exploitée dans ce secteur. De ce fait, elle déborde inutilement dans la rivière en hiver. En pompant dans la nappe en été, on abaissera le niveau du réservoir et les débits d'hiver drainés par la rivière seront légèrement diminués, tandis que les débits d'étiage seront soutenus par les déversements des pompages.

Cinq forages d'essai produisant un débit total de 400 l/s en moyenne ont été creusés en 1977 dans la nappe. Les études réalisées permettent d'estimer à 40 % le rendement du pompage (rapport du gain effectif de débit dans la rivière au débit pompé dans la nappe) à l'échelle saisonnière. Cette valeur de rendement est acceptable et permet de dégager une ressource supplémentaire de 160 l/s immédiatement disponible dans l'état actuel des équipements.

DÉRIVATION DES RIVIÉRETTES

Le renforcement des débits disponibles à Aire-sur-la-Lys, en particulier en étiage, peut être envisagé en détournant 50 % du débit d'étiage de trois petits cours d'eau (Laque, Laquette, Mardyck). Le débit disponible est de l'ordre de 200 l/s et peut être mobilisé après la construction d'un certain nombre d'ouvrages dont l'étude est déjà réalisée.



Usine de traitement d'Aire-sur-la-Lys

EXPLOITATION DU MODELE POUR LA GESTION DES RESSOURCES EN EAU

POSSIBILITÉS DE PRÉLÈVEMENT SUPPLÉMENTAIRE DANS LA NAPPE DU CALCAIRE CARBONIFÈRE

DÉFINITION DES OBJECTIFS ET DES CONTRAINTES

Il s'agit d'assurer la sécurité des approvisionnements en eau potable de la Métropole du Nord. Pour ce faire, il est nécessaire de trouver chaque année 28 à 30 l/s supplémentaires.

Or la nappe du Calcaire carbonifère fait l'objet d'une exploitation intensive permanente se traduisant par une baisse continue des niveaux d'eau dans les forages avec le risque de dénoyage des pompes que cela implique. Les effets de cette baisse sont fonction de son importance et affectent les aquifères crayeux et calcaire.

Dans la nappe de la Craie, elle produit une augmentation du débit de drainance, ce qui engendre une baisse des niveaux et la modification de certains termes du bilan comme le montre le tableau 3 :

Simulation	Débit de prélèvement affiché		Contribution de la drainance	Contribution de la Dendre
1	Q 1973 (sans destockage)		50 l/s	100 l/s
2	Q 1973	+ 280 l/s	100 l/s	180 l/s
3	Q 1973	+ 530 l/s	180 l/s	350 l/s
4	Q 1973	+ 700 l/s	230 l/s	470 l/s
5	Q 1973	+ 950 l/s	300 l/s	650 l/s
6	Q 1973	+ 1150 l/s	330 l/s	820 l/s

TABLEAU 3 : Simulations en permanent et bilan sommaire au niveau des limites du modèle.

Dans la nappe du Calcaire carbonifère, la baisse du niveau piézométrique peut entraîner une diminution de la productivité des forages qui présentent une faible hauteur de pénétration dans l'aquifère. Pour fixer certaines contraintes physiques liées à l'exploitation de ce réservoir, on peut remarquer que celui-ci a pu être dénoyé d'une vingtaine de mètres en 1973 sans que cela ait provoqué des perturbations apparentes dans les écoulements souterrains.

Pour un prélèvement supplémentaire donné, on détermine vers quel état tend le système à très long terme, cet état limite étant obtenu à l'aide de simulations en régime permanent. Il est ainsi possible de préciser le niveau de profondeur maximale admissible dans l'aquifère calcaire qui respecte les contraintes affichées dans les deux nappes. La connaissance de ce niveau permet d'orienter l'exploitation future du réservoir calcaire.

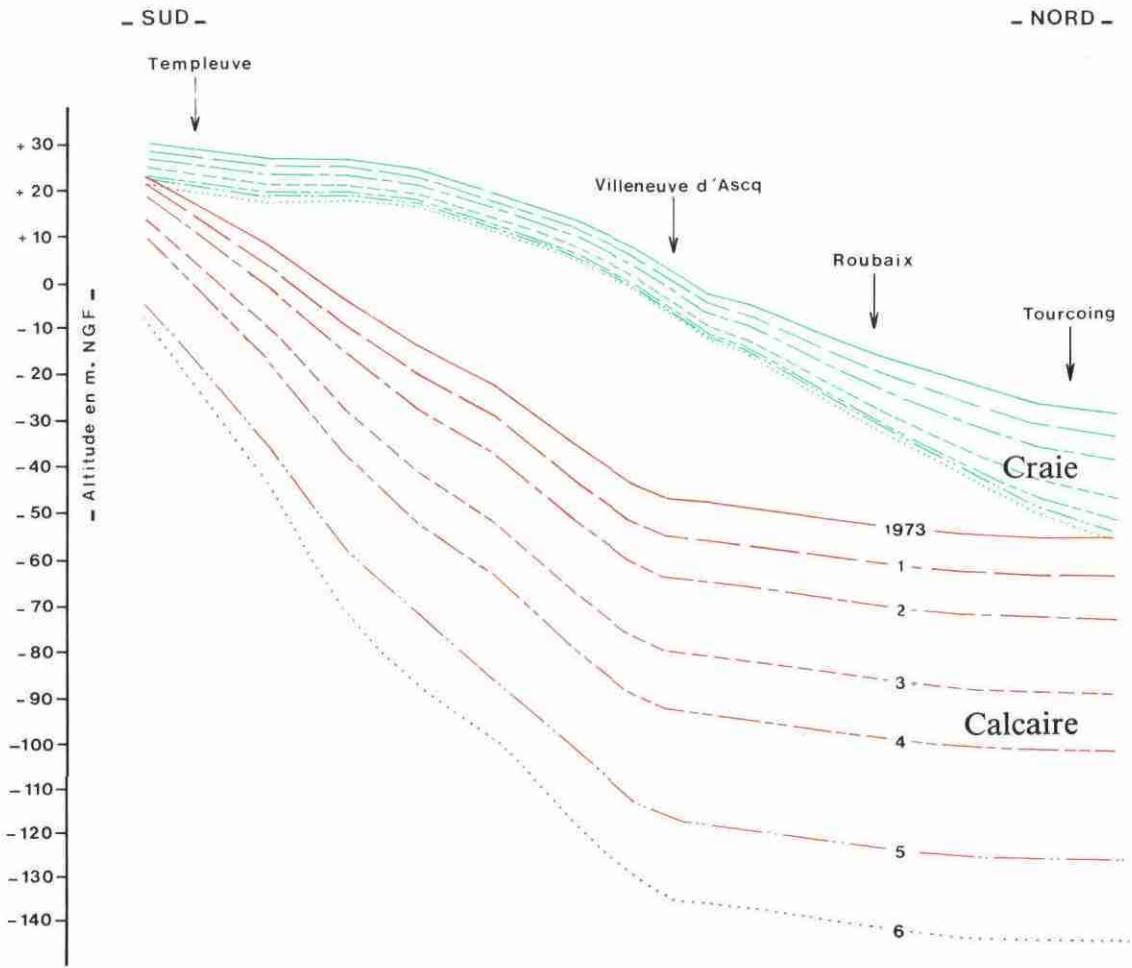


FIGURE 18 : Impact de prélèvements supplémentaires dans la nappe du Calcaire carbonifère

Les résultats obtenus (figure 18) présentent les nouvelles morphologies des surfaces piézométriques dans chaque aquifère. En substance, on observe que les niveaux de la nappe de la Craie sont très sensibles aux prélèvements dans le Calcaire. Dans la mesure où les rabattements admissibles dans la Craie sont relativement limités, ceux-ci constituent une contrainte empêchant toute surexploitation du Calcaire carbonifère. Les rabattements-limites à la Craie sont en effet atteints dès la simulation n° 3 (débit supplémentaire par rapport à 1973 : 530 l/s)

au prix de rabattements excessifs dans l'aquifère calcaire mettant en cause la structure et l'équilibre du réseau d'alimentation en eau potable de la Métropole du Nord. On pourrait penser que le débit supplémentaire affiché dans chacune de ces simulations pourrait être majoré compte tenu de la réduction en France des prélèvements qui ont diminué de 26,8% entre 1973 et 1980 (soit 6,3 millions de mètres cubes). Dans la réalité, il n'en est rien car dans le même temps, les prélèvements ont augmenté de 20,2% en Belgique-Ouest représentant 5,4 millions de mètres cubes.

Il est important de faire remarquer qu'une baisse des niveaux n'entraîne pas une augmentation majeure de la ressource (250 l/s supplémentaires provenant de l'aquifère crayeux pour un rabattement de 60 m par rapport aux niveaux de 1973) contrairement à ce qui s'était produit dans le passé (augmentation des apports par drainance de 900 l/s pour un rabattement de 60 m par rapport au niveau initial) - (figure 19).

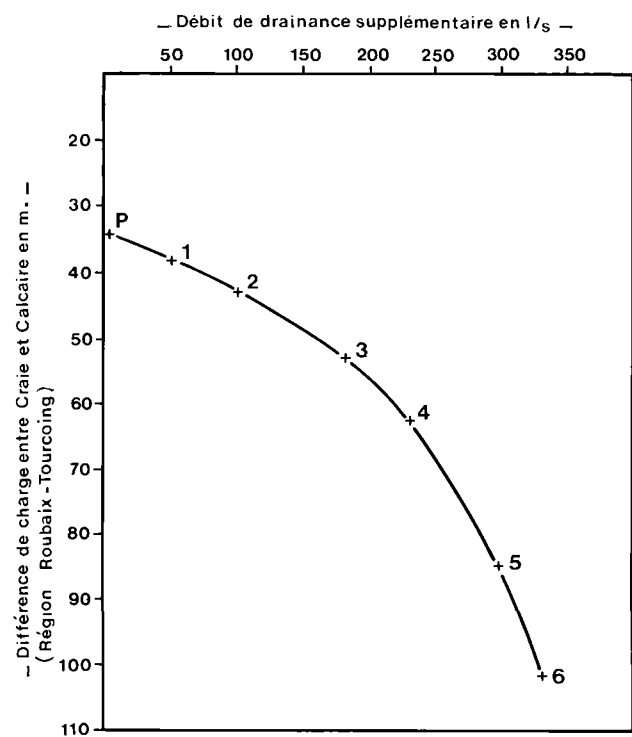


FIGURE 19 : Augmentation des débits de drainance

Au vu de ces simulations et en accord avec les producteurs d'eau potable, il a été admis qu'une baisse de la nappe du Calcaire carbonifère d'une *quinzaine de mètres par rapport à 1973* (soit 24 m par rapport au niveau de 1980) ne pouvait être tolérée. Cette baisse correspondrait à un niveau piézométrique situé à près de 100 mètres de profondeur.

SIMULATION DE DIFFÉRENTES STRATÉGIES D'EXPLOITATION DE L'AQUIFÈRE CALCAIRE

En première analyse, il reviendrait au Calcaire carbonifère de satisfaire l'accroissement de la demande. A raison de 1,1% l'an, il est donc nécessaire de prévoir chaque année une augmentation des volumes prélevés de 28 l/s. Nous verrons par la suite les conséquences techniques et financières d'une telle hypothèse qui risque de condamner en peu de temps la vocation stratégique de cet aquifère. Dans la région de Roubaix-Tourcoing, cela est particulièrement dangereux, la seule ressource accessible étant la nappe du Calcaire carbonifère. En effet, tout accroissement des prélèvements destinés à l'alimentation en eau potable se fera aux dépens des forages industriels.

. Les conditions simulées

D'autres hypothèses plus réalistes, qui tiennent compte des accroissements possibles de la demande belge et des équipements existants (Usine d'Aire-sur-la-Lys, notamment) peuvent être envisagées en postulant que la satisfaction de l'augmentation des besoins en eau potable ne sera assurée par la nappe du Calcaire carbonifère que pour la population déjà alimentée par des forages captant ce réservoir. Les divers taux de croissance adoptés se traduisent par une augmentation annuelle des prélèvements en France et en Belgique. Ces prélèvements supplémentaires seront effectués dans les mailles qui renferment les principaux champs captant (Hempempont, Roncq et Wattrelos -Beck et Sapin Vert- en France, Helkjin, Kain, Mouscron, Pecq et Saint-Léger en Belgique). Ces simulations sont récapitulées dans le tableau 4 :

Numéro de simulation		I	II	III	IV	V
Acroissement en l/s par an	France	0	4	10	4	10
	Belgique-Ouest	0	9	9	30	30

TABLEAU 4 : Hypothèse des simulations.

Sur l'historique pluviométrique connu entre 1945 et 1980, deux décennies aux pluviosités contrastées ont pu être définies : la période 1945-54 sèche s'opposant à la période 1965-74 plus humide. L'incidence sur la nappe de l'alimentation naturelle a été simulée pour chacune des variantes et des taux de croissance.

. Les principaux résultats obtenus

Un premier calcul qui simule la poursuite des prélèvements observés en 1980 en période humide a été réalisé afin de définir, pour un prélèvement supplémentaire donné, la répartition spatiale des rabattements en France. Le résultat obtenu montre que la nappe baisse parallèlement à elle-même : les rabattements évoluent uniformément sur tout le secteur français. Cette observation reste valable pour toutes les simulations et indique qu'un seul piézomètre est suffisant pour juger de l'évolution générale de la nappe en France.

Avant de présenter les résultats des simulations, on a cherché à apprécier l'effet de l'alimentation naturelle de la nappe sur l'évolution des niveaux. Pour ce faire, deux simulations ne différant que par ce paramètre ont été comparées (figure 20). Sur une longue période, l'influence de l'alimentation paraît faible : les niveaux ne diffèrent que de 1,5 m au bout de dix ans. Par contre, la variabilité des apports joue un plus grand rôle sur une courte période : la différence peut atteindre 4 à 5 mètres au bout de six ans. Si la variabilité des précipitations risque donc d'entraîner d'importantes incertitudes sur les résultats à court terme, cette incertitude va s'atténuer avec le temps en raison du caractère aléatoire des pluies et pourra être considérée comme négligeable pour des prévisions à long terme.

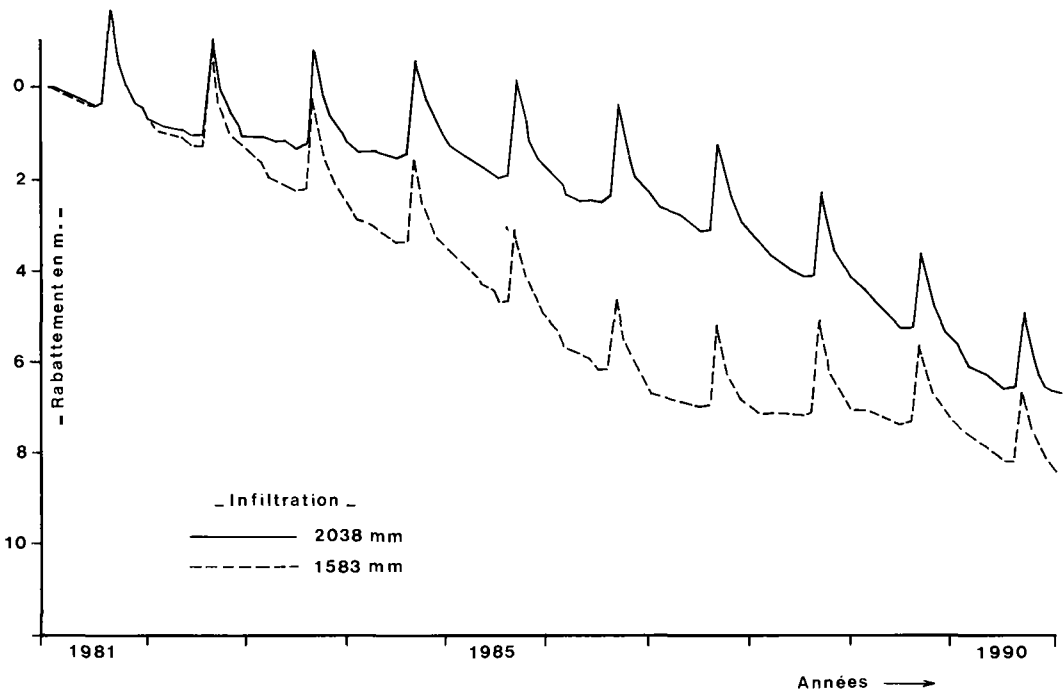


FIGURE 20 : Influence de l'alimentation naturelle
Evolution des niveaux piézométriques à Bondues (indice national 14.3C.0079)

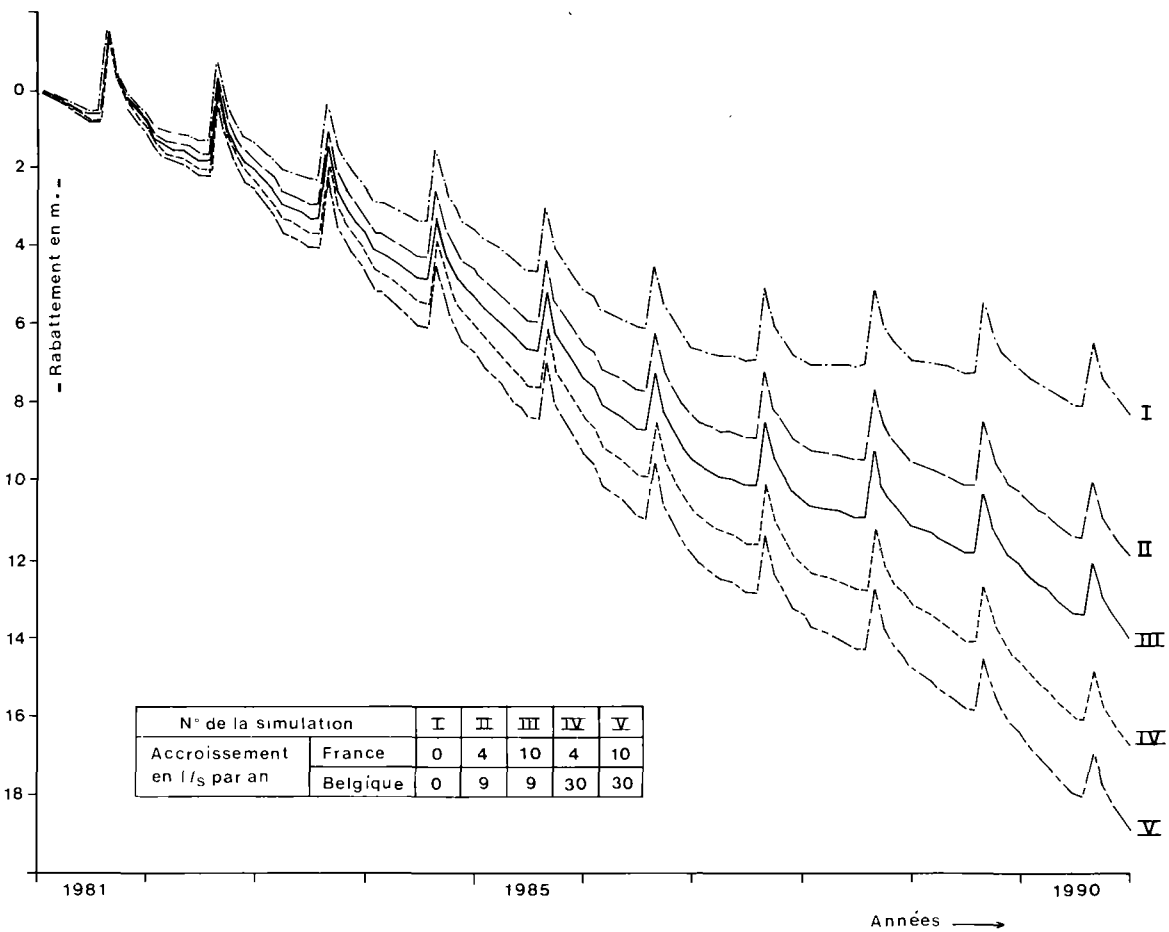


FIGURE 21 : Résultats des simulations previsionnelles
Evolution des niveaux piézométriques à Bondues (indice national 14.3C.0079)

Les résultats des simulations récapitulées dans le tableau 4 peuvent se résumer par la figure 21 qui représente l'évolution des niveaux sur le piézomètre de Bondues jugé représentatif du comportement de la nappe en France.

Ces résultats font clairement apparaître le caractère prépondérant de l'hypothèse de prélèvement envisagée, puisque les hypothèses extrêmes font passer du simple au triple la baisse supplémentaire de la nappe. Remarquons au passage à quel point la baisse des niveaux en France est liée à la politique de prélèvement en Belgique et réciproquement.

Toutes les simulations effectuées soulignent la grande sensibilité de la nappe vis-à-vis de prélèvements supplémentaires. Si l'on désire stabiliser les niveaux, il sera nécessaire de réduire légèrement les prélèvements dans l'ensemble de l'aquifère.

CONSEQUENCES TECHNIQUES ET FINANCIÈRES D'UN ACCROISSEMENT DES PRÉLÈVEMENTS DANS LA NAPPE DU CALCAIRE CARBONIFÈRE

On se placera dans le cas extrême où l'augmentation de la demande est satisfaite par un accroissement des prélèvements dans l'aquifère calcaire (28 l/s par an). Dans cette hypothèse (option «Calcaire»), les rabattements sont très importants puisqu'ils atteindront, dans vingt ans, 40 mètres par rapport à la situation de 1980. Or, l'étude des contraintes physiques a montré que la baisse maximale admissible est de l'ordre de 24 mètres. Le respect de cette contrainte nécessite donc une modification du rythme des prélèvements qui devront être ramenés autour de 300 l/s à partir de la 12ème année, date à laquelle le niveau plancher considéré ci-dessus est atteint. Cette simulation permet le calcul du niveau piézométrique dans chaque ouvrage actuellement exploité. Ce dernier est comparé avec la position actuelle de la pompe et avec la profondeur à laquelle il est possible de descendre celle-ci compte-tenu des caractéristiques techniques des forages. On détermine ainsi, pour chaque année, le nombre de pompes à descendre (46 en 20 ans) et de forages à remplacer (33 en 20 ans sur un parc de 123 ouvrages exploités en France). L'incidence du coût de ces opérations est prise en compte dans l'établissement du prix de revient de l'eau produite par les équipements captant l'aquifère calcaire. La figure 22 localise les ouvrages qui seront asséchés. Aux annuités correspondant au remboursement des emprunts effectués pour réaliser les travaux précités, il convient d'ajouter les frais de fonctionnement des forages destinés à l'alimentation en eau potable (maintenance, énergie), la taxe de prélèvement et le coût supplémentaire de pompage dû à l'abaissement de la surface piézométrique. Dans l'hypothèse d'une exploitation intensive de la nappe du Calcaire carbonifère, le coût de l'eau pompée dans le réservoir calcaire augmenterait dans vingt ans de près de 40 % par rapport au coût actuel.

Ce résultat est établi en considérant les prélèvements belges comme constants. Une croissance de ces derniers de 18 l/s par an, par exemple, majorerait cette incidence financière de plus de 8 %.

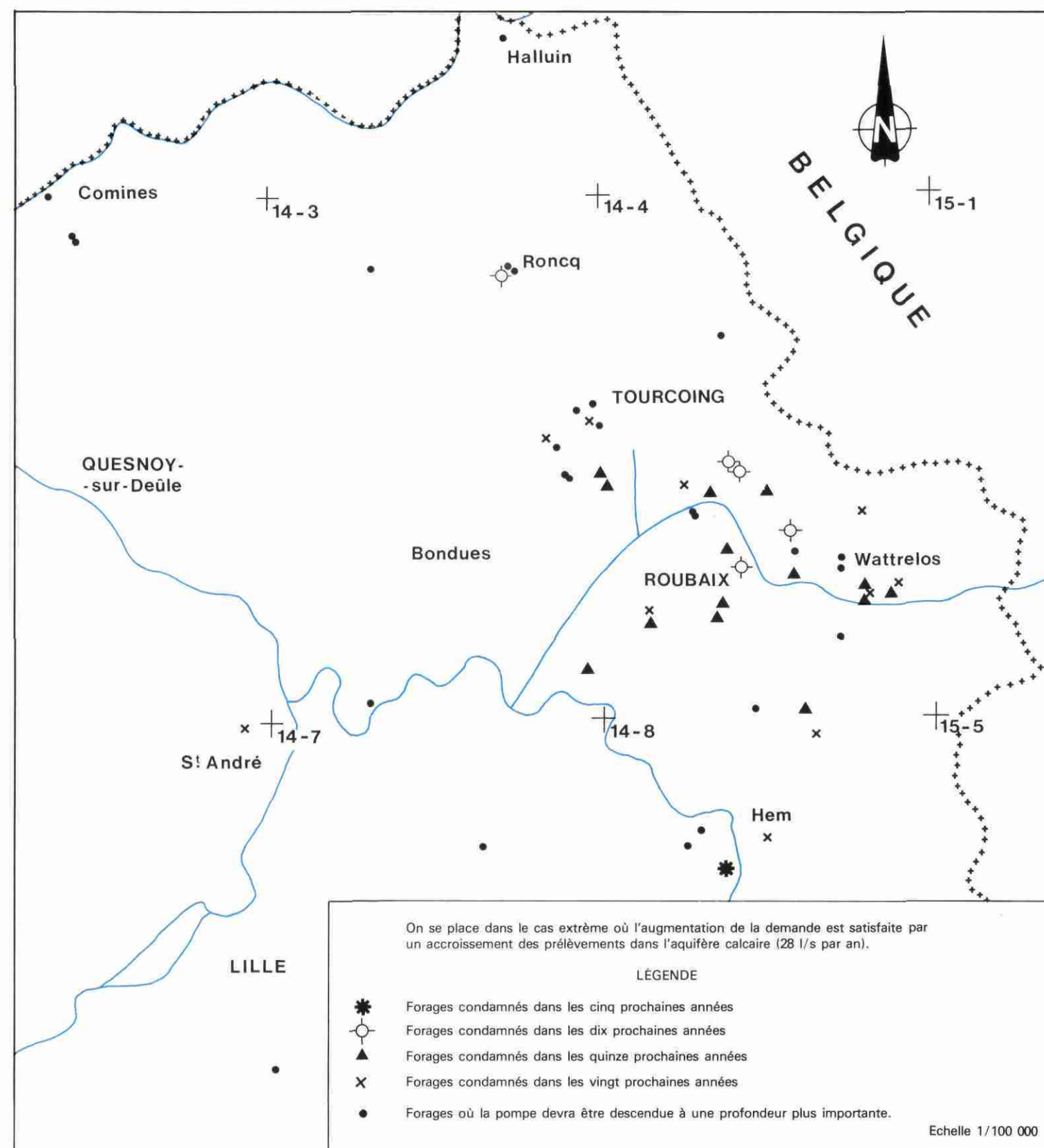


FIGURE 22 : Forages affectés par la baisse de la nappe du Calcaire carbonifère

PROPOSITIONS POUR UNE EXPLOITATION COORDONNÉE DES DIFFÉRENTES RESSOURCES EN EAU

Dans la mesure où la nappe du Calcaire carbonifère et encore moins celle de la Craie ne peuvent faire face seules à l'augmentation des besoins, il a paru intéressant de confronter la demande des vingt prochaines années avec les ressources en eau de surface (option «Lys»).

CONSÉQUENCES TECHNIQUES ET FINANCIÈRES D'UN ACCROISSEMENT DES PRÉLÈVEMENTS À L'USINE D'AIRE-SUR-LA-LYS

Compte tenu des équipements actuels (usine d'Aire-sur-la-Lys, forages de la haute Lys) et possibles (dérivation des Riviérettes), la satisfaction de la demande se ferait quotidiennement selon les principes suivants :

- . débit réservé de la Lys en aval de l'usine : 300 l/s,
- . les prélèvements s'effectuent en priorité dans la Lys, à concurrence du débit naturel possible. Si la demande ne peut être satisfaite, on fait appel au soutien de ce débit en période d'étiage (débit maximal fourni par le soutien des étiages : 150 l/s) et on utilise éventuellement les Riviérettes (débit maximal supplémentaire : 200 l/s). L'évolution du coût de l'eau a été établie en considérant que l'historique du débit annuel de la Lys correspondant à deux pluviométries types (année sèche et année moyenne) se reproduirait chaque année pendant vingt ans. Les résultats soulignent qu'en année moyenne, le soutien des débits d'étiage de la Lys est nécessaire *dès la 8ème année* et l'utilisation des Riviérettes *à partir de la 13ème année*. Cela entraîne une augmentation du coût de l'eau provenant de cette usine de traitement de 5 %.

En année sèche, le soutien de la Lys et l'apport des Riviérettes doivent intervenir *dès la première année*. La demande ne peut être satisfaite au-delà de la 3ème année. Ceci est lourd de conséquence, puisque la nécessité d'assurer les besoins, quelles que soient les conditions climatiques, obligerait les fournisseurs d'eau à engager dès à présent de nouveaux investissements (Riviérettes) conduisant à une augmentation du coût de l'eau de 25 % en trois ans. Remarquons que cette dernière situation simulée possède une probabilité d'occurrence non négligeable puisque sur les 18 années de mesures disponibles, une période de trois années sèches consécutives (1971, 72 et 73) a déjà été observée.

L'option «Lys» ne paraît donc pas non plus en mesure de régler à elle seule le problème de l'alimentation en eau potable de la Métropole du Nord.

COMPARAISON DES DEUX OPTIONS

Ces deux scénarios, bien que fondamentalement différents, conduisent à exploiter l'ensemble du flux transitant vers l'aquifère calcaire, mais aussi une partie du stock de ce réservoir (ressources non renouvelables). Dès lors, on observera d'importants rabattements, en particulier dans le cas de l'option «Calcaire», condamnant à court terme un certain nombre de forages. Cet état de fait, déjà observé dans le passé, avait conduit l'Administration, dont le rôle est de concilier les intérêts particuliers et immédiats et de subordonner ceux-ci à un intérêt général à plus long terme, à interdire tout nouveau prélèvement dans l'aquifère calcaire. Il est certain que devant les mêmes maux, la puissance publique utiliserait aujourd'hui les mêmes moyens (application d'une manière stricte du décret-loi de 1935, incitation dissuasive de l'Agence de l'Eau par le biais de la redevance sur les prélèvements....)

L'option «Lys» suppose une action d'aménagement de la ressource conduisant réellement à une augmentation de celle-ci (soutien des étiages et captage des Riviérettes). Son exploitation aura pour conséquence indirecte *la valorisation des investissements* qui permettent de capter actuellement la nappe du Calcaire carbonifère.

En fait, comme nous le verrons, la solution optimale repose sur *une exploitation saisonnière* de chaque ressource du fait même de leur complémentarité.

Ces différents scénarios présentent chacun des avantages et des inconvénients qu'il convient ici de récapituler :

Eléments positifs

- Option «Calcaire»
- exploitation d'un pourcentage élevé du flux transitant par cet aquifère,
 - utilisation d'une nappe profonde (moins de risque de pollution) à l'aide d'ouvrages déjà exploités.
- Option «Lys»
- augmentation des capacités de production en exploitant les forages de la haute Lys ne servant pas actuellement,
 - valorisation des investissements réalisés à Aire et dans la haute Lys,
 - incidence de cette exploitation positive au niveau local (rabattement de nappe).
- Exploitation saisonnière des deux ressources
- augmentation réelle de la production en exploitant au maximum l'usine d'Aire en hiver,
 - utilisation d'une nappe profonde durant l'étiage de la Lys (période particulièrement sensible à toutes pollutions),
 - nouveaux investissements différés et possibilité d'attendre les D.U.P. pour l'autorisation d'exploitation des forages de la haute Lys et des Riviérettes.

Eléments négatifs

- exploitation d'une partie du stock de celui-ci :
 - rabattements induits très élevés sur l'ensemble des ouvrages existants (AEP et AEI),
 - risque de conflits entre unités d'exploitation,
 - augmentation progressive du coût de l'eau,
- système de ressource n'étant pas entièrement contrôlé par la législation française :
 - nécessité d'un accord international.
- nécessité d'une D.U.P. pour l'autorisation d'exploitation de ces forages,
- surcoût sensible dû à l'exploitation des forages de la haute Lys et à la redevance prélèvement d'eau de surface perçue du 1er Juin au 31 Octobre,
- ressource particulièrement vulnérable (pollution accidentelle) :
 - mesures de protection à prendre à l'échelle du bassin,
- risque de défaillance important.
- nécessité d'un personnel mobile,
- interconnexion des réseaux de distribution à améliorer.

Avant de passer à cette dernière solution, l'évaluation du coût de l'eau *mise en distribution* a été calculée en tenant compte de la part de chacune des ressources qui satisfont la demande. Les résultats obtenus et présentés sur la figure 23 montrent que l'option «Calcaire» conduit à une augmentation du coût de l'eau plus important que l'option «Lys» qui présente en revanche un risque de défaillance non négligeable.

RECHERCHE D'UN SCHÉMA OPTIMAL D'ALIMENTATION EN EAU DE LA MÉTROPOLE DU NORD

L'accroissement des prélèvements dans l'aquifère crayeux ayant été rejeté pour les raisons déjà évoquées, on dispose pour satisfaire l'augmentation de la demande en eau de la Métropole du Nord, de l'aquifère calcaire et de l'ensemble organisé autour de l'usine d'Aire-sur-la-Lys comportant, outre la Lys proprement dite, les forages de la haute Lys conçus pour soutenir le débit d'étiage de cette rivière et le détournement des Riviérettes.

La figure 24 qui représente ce système de ressources différencie :

- d'une part, les flux imposés (débit de la Lys, ressource exploitable de l'aquifère calcaire, demande en eau),
- d'autre part, les flux que l'on peut commander (soutien des étiages, prise dans les Riviérettes, débit refoulé par l'usine d'Aire et enfin prélèvement dans la nappe du Calcaire carbonifère). Un certain nombre de contraintes s'appliquent à ces derniers qui sont des variables de décision.

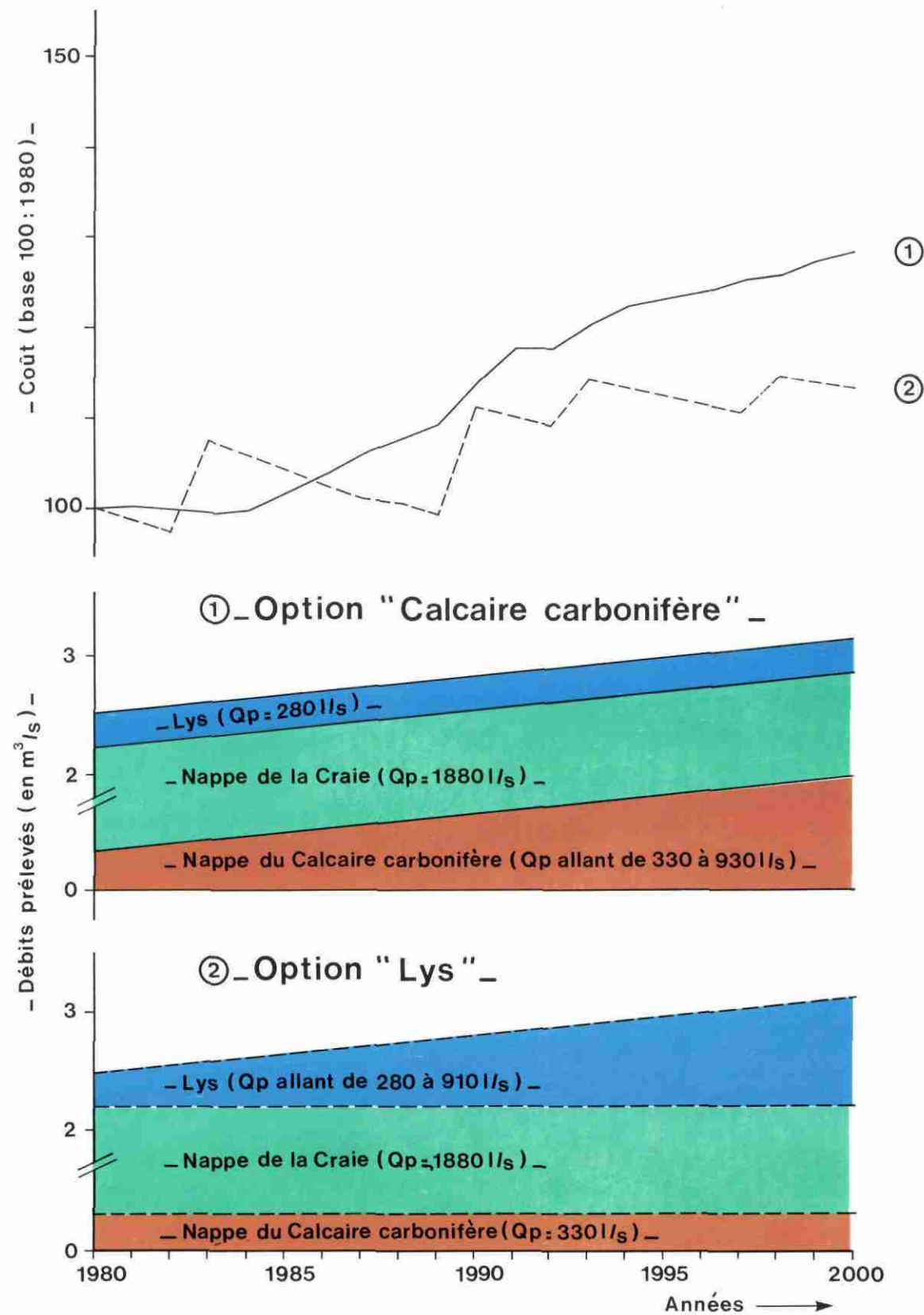


FIGURE 23 : Evolution du coût de l'eau mise en distribution

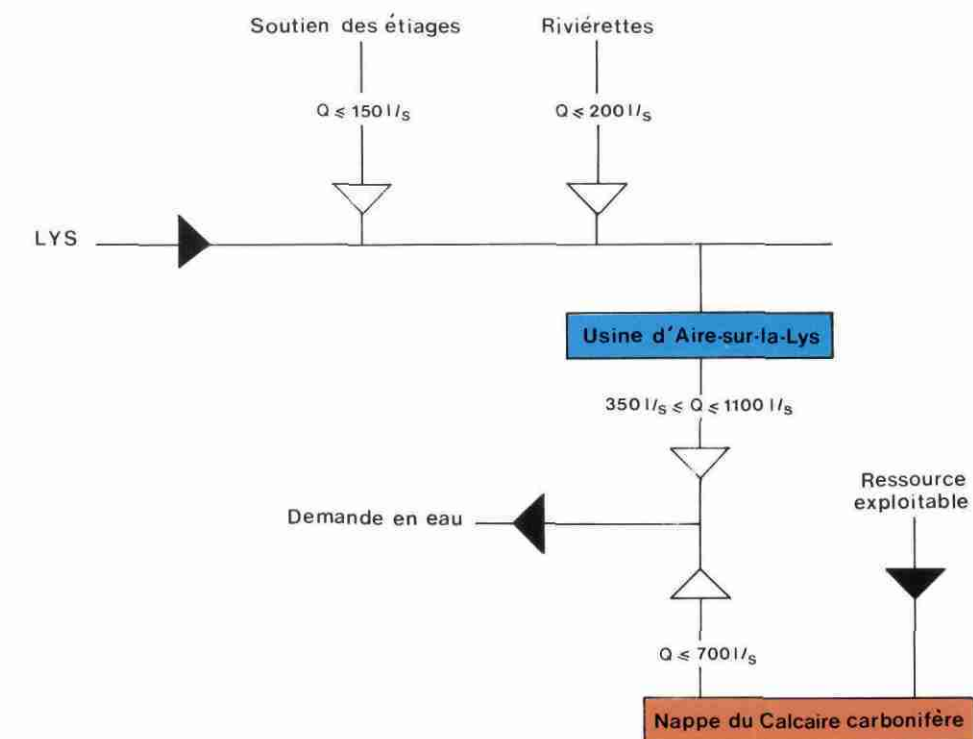


FIGURE 24 : Système d'alimentation en eau potable de la Métropole Nord.

Le débit de la Lys impose à chaque instant une limite supérieure au prélèvement dans cette rivière et l'on désire à terme stabiliser le niveau des ouvrages captant le Calcaire carbonifère. Enfin, une demande en eau doit être satisfaite à tout moment. Ces contraintes laissent cependant, compte tenu de leur niveau, une marge de liberté assez large pour autoriser des choix concernant les règles d'exploitation à adopter. Celles-ci auront évidemment une incidence économique car les coûts de production à partir des différentes ressources ne sont pas identiques et sont même susceptibles (pour le système de la Lys) de varier saisonnièrement (en raison de la modulation des redevances prélevées par l'Agence de l'eau).

Les règles d'exploitation optimales, c'est-à-dire la séquence de décisions à prendre pour obtenir un coût de production global minimal, ont été déterminées pour différentes variantes de l'évolution de la demande en eau par une procédure de recherche systématique qui prend en compte les contraintes évoquées précédemment. Ces décisions concernent les prélèvements au Calcaire carbonifère calculés mois par mois pour chacune des vingt années de l'horizon de gestion (figure 25 et 26)

Outre les contraintes pesant sur les différents flux, les données sur les coûts de l'eau et celles concernant la distribution statistique des débits mensuels de la Lys, les éléments les plus importants à fournir au programme d'optimisation concernent l'évolution de la demande en eau à satisfaire. Deux hypothèses ont à cet effet été considérées :

- . croissance de la demande de 30 l/s par an,
- . croissance de la demande de 55 l/s par an au cours des huit premières années (notamment pour soulager la nappe de la Craie), cette augmentation étant réduite à 30 l/s à partir de la neuvième année.

Les débits étant introduits sous forme probabiliste, le recours au soutien des étiages ou aux Riviérettes a été calculé sous la même forme (figures 27 et 28).

Le coût de l'eau mise en distribution serait respectivement de 0.752 F/m³ et de 0.790 F/m³ selon l'hypothèse de croissance prise en considération.

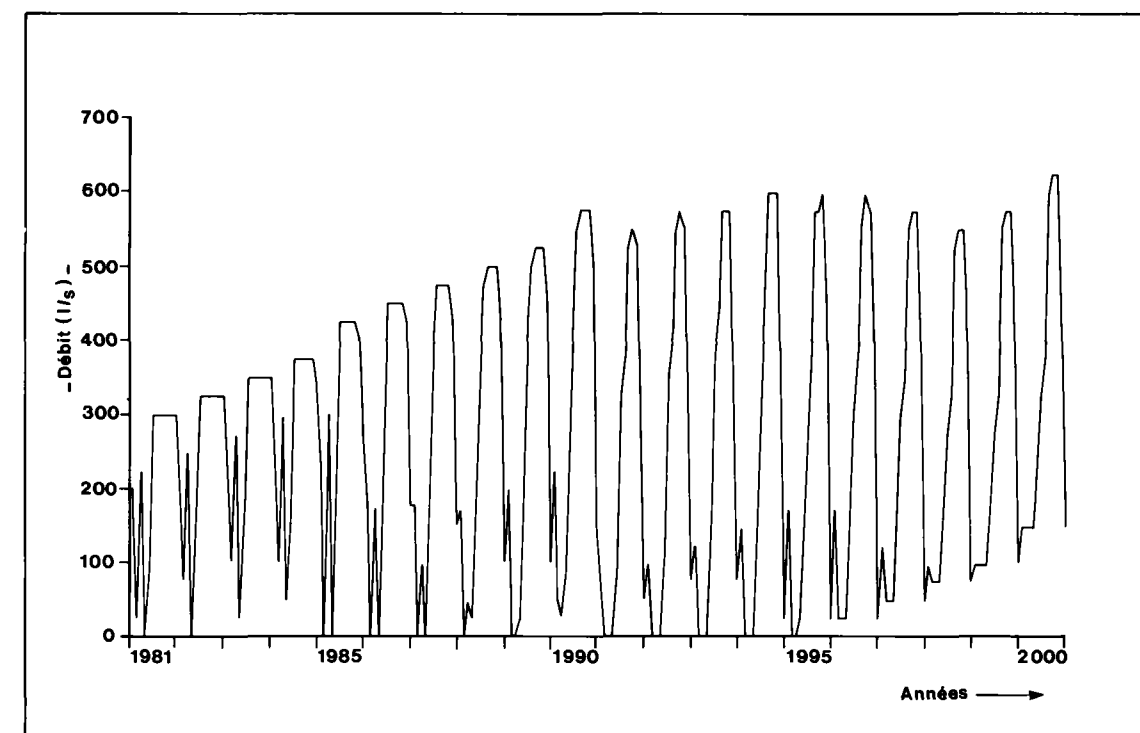


FIGURE 25 : Prélèvements au Calcaire carbonifère
(Hypothèse de croissance de la demande en eau potable : 30l/s par an)

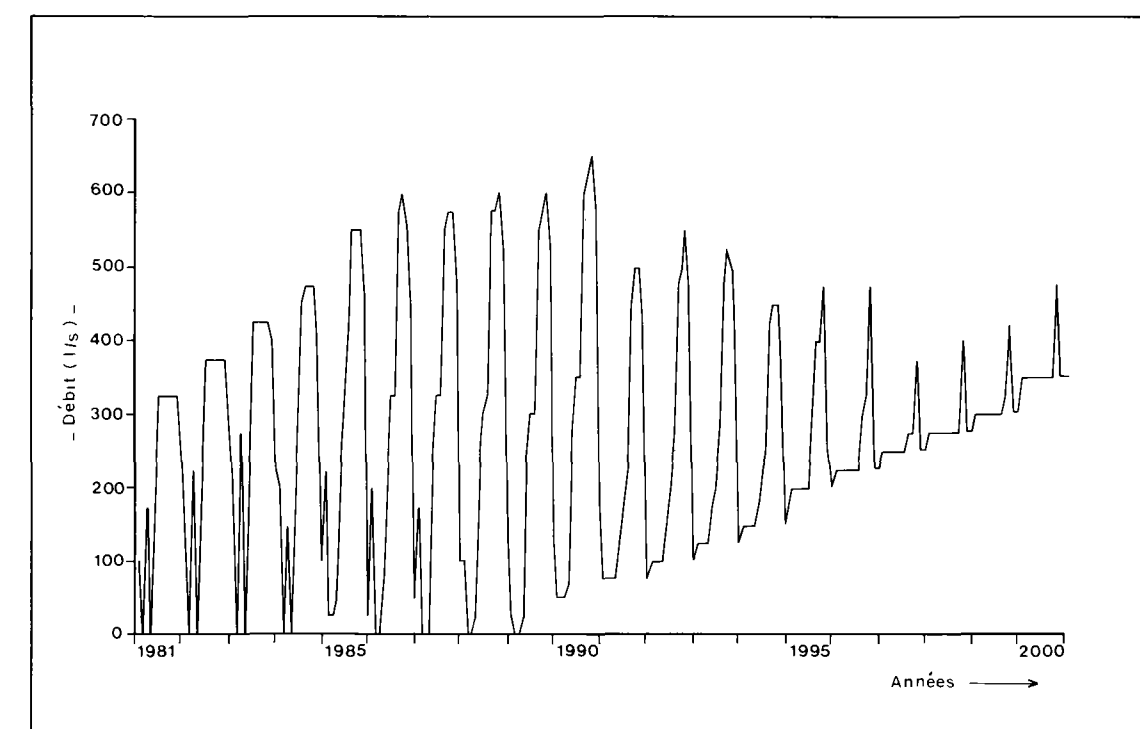


FIGURE 26 : Prélèvements au Calcaire carbonifère
(Hypothèse de croissance de la demande en eau potable 55l/s par an)

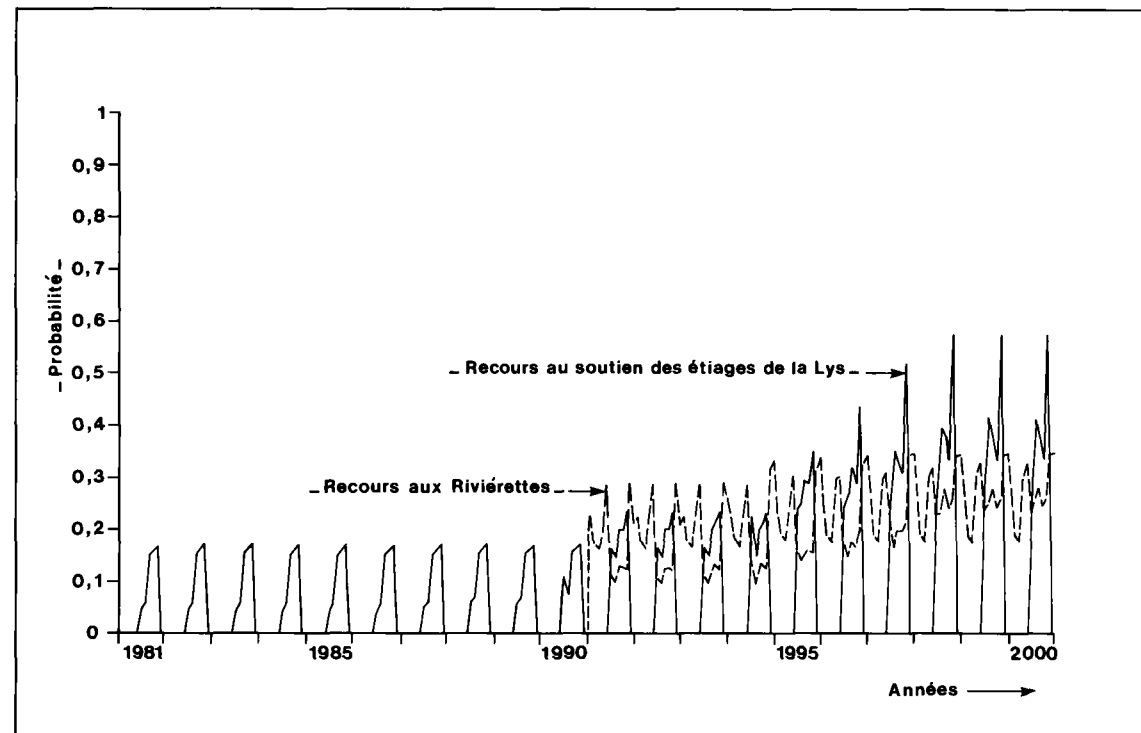


FIGURE 27 : Recours au soutien des étiages et aux Riviérettes
(Hypothèse de croissance de la demande en eau potable : 30l/s par an).

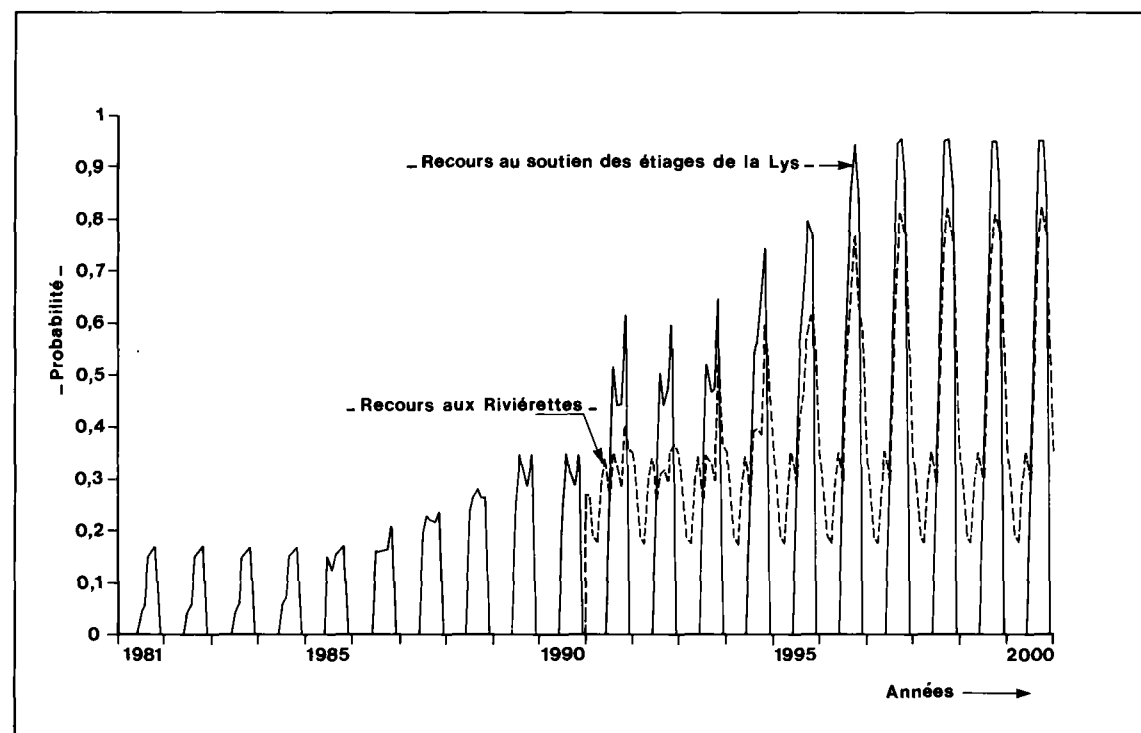


FIGURE 28 : Recours au soutien des étiages et aux riviérettes
(Hypothèse de croissance de la demande en eau potable : 55l/s par an)

Les règles d'exploitation optimales ont *un caractère saisonnier* très marqué, surtout au cours des premières années. Le système de la Lys est principalement sollicité en hiver quand les débits sont importants et que les coûts de production sont relativement bas. Au contraire, c'est pendant l'été qu'est utilisé de préférence le Calcaire carbonifère qui peut, de plus, en raison de l'importante réserve qu'il contient, être utilisé en toute saison pour combler d'éventuelles défaillances du système de la Lys. Il faut toutefois noter que ce caractère saisonnier s'émousse au fur et à mesure que la demande augmente.

Ce schéma d'exploitation a été testé en utilisant une série historique de débits moyens mensuels de la Lys (1962-1981). Les résultats obtenus sont présentés sur la figure 29 ; ils confirment la validité de ce schéma.

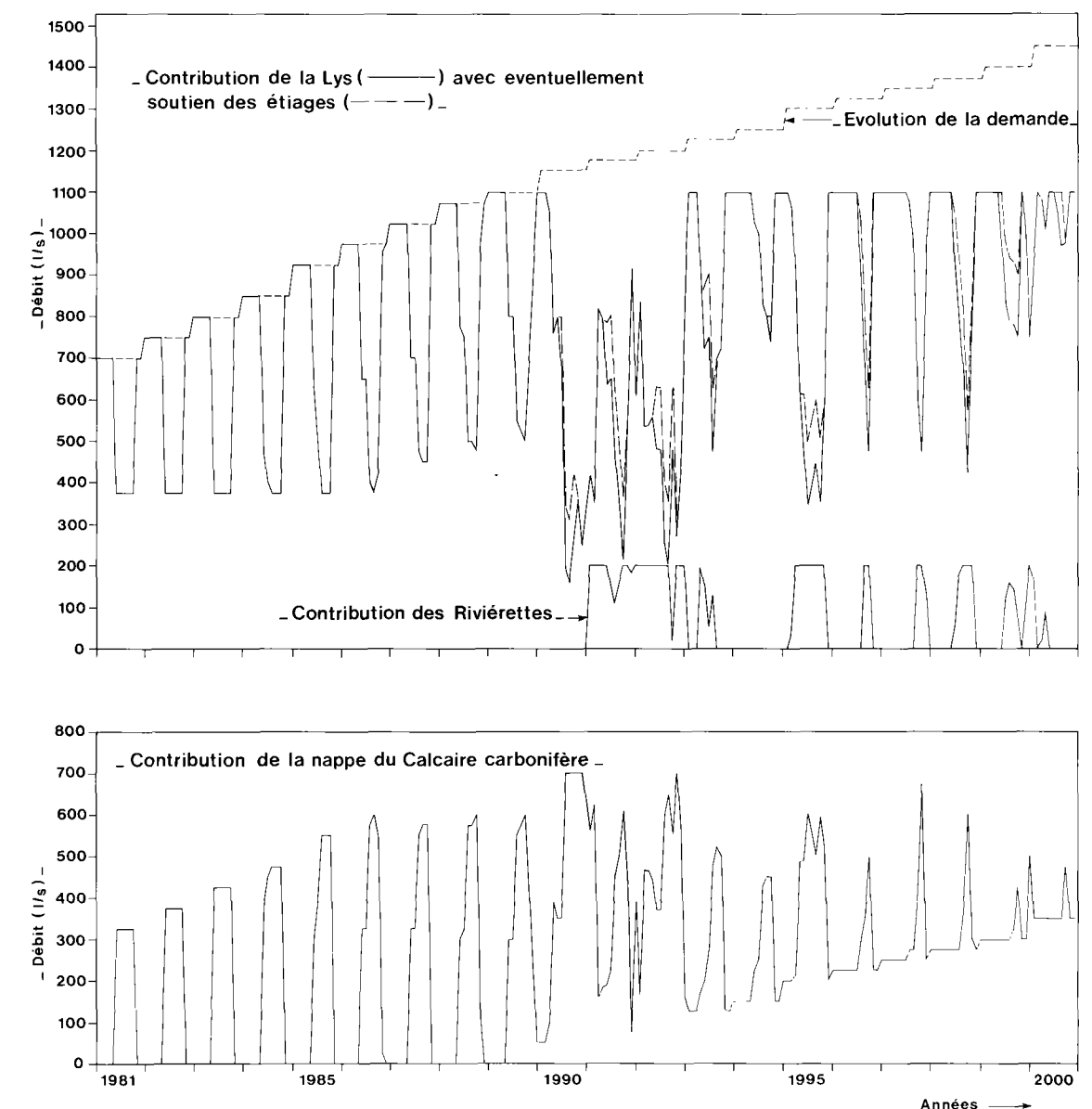


FIGURE 29 : Résultats des modalités d'exploitation des différentes ressources

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

On constate depuis l'après-guerre un abaissement continu et systématique des niveaux d'eau dans les forages captant le Calcaire carbonifère de part et d'autre de la frontière franco-belge. Cette baisse de niveaux a cependant eu des effets positifs en induisant une augmentation des apports naturels vers la nappe.

Mais pourrait-on aujourd'hui poursuivre en toute sécurité *cette politique d'exploitation intensive* et en particulier serait-il raisonnable et économique d'escompter satisfaire la croissance prévisible de la demande en eau à partir d'une augmentation des prélèvements dans l'aquifère calcaire ?

La présente étude ici résumée s'est efforcée de répondre à cette question.

Pour ce faire, il a été nécessaire *de rassembler, synthétiser et valoriser* l'ensemble des informations disponibles sur le Calcaire carbonifère, et d'y ajouter un chapitre complet de données nouvelles récoltées sur le terrain. Cette synthèse, conduite sur un modèle mathématique qui pourra continuer à servir pendant de nombreuses années, a permis de quantifier de façon précise les différentes sources d'approvisionnement de la nappe.

Le modèle a surtout été utilisé pour effectuer des simulations prévisionnelles. Les résultats acquis dans ce domaine ont montré la *grande sensibilité* de la nappe à des prélèvements supplémentaires. En effet, l'augmentation des débits pompés dans l'aquifère calcaire pour satisfaire la croissance uniquement des besoins en eau potable de la Métropole du Nord (à raison de 1,1% l'an) entraînerait des rabattements d'une vingtaine de mètres dans dix ans ; de nombreux forages seraient asséchés, des pompes dénoyées, nécessitant des travaux coûteux pour remédier à cette situation. Par contre, la poursuite de l'exploitation à son rythme actuel (1980) tant en France qu'en Belgique assure plus d'une dizaine d'années sans problème pour les forages et la nappe. Mieux encore, une réduction des prélèvements de 10% environ garantit à la nappe une exploitation «sans histoire» pour plus de 35 ans.

Avant de poursuivre, il faut noter ici deux faits saillants. Le premier, c'est que cette baisse de niveaux n'entraîne pas une augmentation majeure de la ressource, comme cela s'était produit dans le passé. Si, effectivement, les apports provenant de l'aquifère crayeux augmentent légèrement, en revanche, cette alimentation induite engendre une baisse générale des niveaux piézométriques dans la nappe de la Craie risquant de diminuer la productivité des forages captant cet aquifère.

Le deuxième point concerne la faisabilité technique d'une exploitation minière de l'aquifère calcaire. Celle-ci nécessiterait d'importants travaux de forage, mais constitue-t-elle une solution possible ?

Les résultats obtenus lors de l'approfondissement du forage de la Régie communautaire à Wattrelos laissent à penser que le réservoir calcaire est effectivement fissuré et perméable sur une grande hauteur. Laisser descendre les niveaux ne conduirait pas dans l'immédiat à une diminution catastrophique des possibilités de prélèvements dans la mesure où les ouvrages existants seraient approfondis ou remplacés. Pour être plus affirmatif, il serait nécessaire de réaliser d'autres forages profonds, au moins trois ou quatre.

Un tel investissement de reconnaissance relativement lourd est-il nécessaire aujourd'hui ? La suite de l'étude conduit à penser que non, car il existe une autre façon beaucoup plus économique et valable pour au moins deux décennies pour satisfaire les besoins de la Métropole du Nord. Nous allons y venir, mais il faut ne pas perdre de vue que la région lilloise conserve sous ses pieds, à l'abri, un grand réservoir aquifère, auquel elle pourra un jour faire appel, si le besoin s'en fait sentir.

Venons-en donc à la solution proposée. Il faut, en France, réduire légèrement les prélèvements au Calcaire, d'environ 10% afin que les niveaux de cette nappe se stabilisent et que l'on puisse continuer à utiliser tel quel le parc de forages existant. En Belgique-Ouest, il est nécessaire que les prélèvements soient

maintenus à leur niveau actuel et le rôle de la Commission franco-belge sera, à cet égard, déterminant. Toute augmentation des débits pompés en Belgique rapprochera les échéances des investissements à réaliser... en France.

Quelles sont ces autres ressources qui devront compenser les diminutions des prélèvements au Calcaire et satisfaire les augmentations prévisibles des besoins ? La nappe de la Craie, fragile à cause des risques de pollution, en particulier par les nitrates, est jugée être à son niveau d'exploitation maximale dans la région de la Métropole du Nord. La ressource disponible est essentiellement l'eau de surface de la Lys dont la qualité est excellente grâce à l'usine de traitement d'Aire-sur-la-Lys qui peut refouler 1100 l/s vers l'agglomération lilloise.

Dans les dix ans qui viennent, cette usine doit fonctionner à sa capacité maximale en hiver et à la hauteur des débits disponibles dans la rivière en été. Les années sèches on pourra faire appel aux forages de la haute Lys pour soutenir les étiages. On pourra ainsi prélever le minimum sur la nappe du Calcaire carbonifère et au contraire la solliciter plus en été, le parc des forages existant permettant justement une telle modulation. Dans ce schéma, cette nappe joue alors un rôle de «réservoir saisonnier» et valorise au mieux les moyens de production actuels. Cette solution fournit *l'eau au moindre coût pour la collectivité* et permet en cas d'accidents (pollution) ou de défaillances (sécheresse) d'assurer la sécurité des approvisionnements quelles que soient les conditions climatiques.

Dans la décennie ultérieure, un tel schéma peut être maintenu pour satisfaire les besoins, mais il sera nécessaire de réaliser en outre le captage des «Riviérettes» afin d'augmenter les débits disponibles en été à l'usine d'Aire-sur-la-Lys.

Si les besoins continuent à augmenter, il faudra faire appel à d'autres ressources, telles celles des Prés Duhem à Armentières, ou réenvisager temporairement un destokage de la nappe du Calcaire carbonifère.

BIBLIOGRAPHIE

BECKELYNCK J. et TALBOT A. - 1980 -

Exploitation saisonnière de la nappe de la craie dans le bassin de la moyenne Lys (Pas-de-Calais) pour le renforcement du débit d'étiage de la rivière.

Modélisation de l'aquifère.

Rapp. int. B.R.G.M. 80 SGN 840 NPC.

BESBES M., DUERMAEL G., LEDOUX E., MARSILY G. de, TALBOT A. - 1980 -

Soutien des étiages d'une rivière par pompage dans la nappe qu'elle draine : mythe ou réalité ?

Bull. B.R.G.M. (2), III, n°1, 1980-81.

C.F.P. (M), C.O.P.E.S.E.P., R.A.P. et S.N.P.A. - 1965 -

Contribution à la connaissance des bassins paléozoïques du Nord de la France.

Ann. Soc. Géol. Nord, T LXXXV, 1965.

DESOIGNIES J., DEZWARTE J-M., PLAT A., SYSSAU A., et WATERLOT G. - 1965 -

Données géologiques et hydrogéologiques à la date du 30 octobre 1965 sur les feuilles topographiques au 1/20 000 HALLUIN, LILLE, LEERS.

Rapp. int. B.R.G.M. DSGR 65A62.

FOURNAU M. - 1971 -

L'alimentation en eau de la région lilloise.

Tech. sc. municip. - L'eau - T.66, n°7.

GOSSELET J. - 1906 -

Etude sur la nappe aquifère du Calcaire carbonifère à Roubaix et à Tourcoing.

Ann. Soc. Géol. Nord, T XXXV, 1906.

GULINCK M. et LEGRAND R. - 1970 -

Notice explicative de la carte hydrogéologique au 1/50 000 du Tournaisis (Nappe du Calcaire carbonifère).

Mém. cartes géol. min. Belgique, Bruxelles, n° 12.

LEGRAND R. - 1968 -

Le Massif du Brabant.

Mém. cartes géol. min. Belgique, Bruxelles, n° 9.

MANIA J. - 1975-1976 -

Modèle transitoire de la nappe du Calcaire carbonifère de la région de Lille (Nord) à Tournai (Belgique). Simulation de l'alimentation artificielle.

Rapp. int. BRGM 75 SGN 194 NPA, et Bull. BRGM, III, n° 1/2, 1976.

MANIA J. - 1978 -

Gestion des systèmes aquifères. Application au Nord de la France.

Thèse doct. Univ. Lille, Mém. Soc. Géol. Nord, T XV, 1978.

QUINSAC J. - 1980 -

Situation de l'alimentation en eau du département du Nord

Doc. de l'auteur pour le Conseil Général du Nord.

ROUBAIX E. de, DERYCKE F., GULINCK M., LEGRAND R. et LOY W. - 1979 -

Tournaisis 77-78 - Effondrements à Kain et évolution récente de la nappe aquifère profonde.

Professional Paper 1979/1, n° 157.

VERNIER J., DUROUSSEAU M., DUERMAEL G. - 1977 -

Alimentation en eau de la métropole lilloise. Utilisation des eaux souterraines et de leurs réservoirs.

L'exploitation saisonnière de la nappe du Calcaire carbonifère.

Colloq. nat. Eaux sout. approvis. eau, France, BRGM, Nice, T II.

YOUSSEF H. - 1973 -

Hydrologie karstique du Calcaire carbonifère de la Belgique et du Nord de la France - Synthèse des données acquises en 1972.

Thèse doct. ing. - Univ. de Lille.

ANALYSE DES PRINCIPAUX RAPPORTS TECHNIQUES RÉALISÉS DANS LE CADRE DE CETTE ÉTUDE

PREMIÈRE PHASE : Rassemblement et synthèse des données existantes :

TALBOT A. - 1979 - Etude préliminaire à la réalisation de forages dans le Calcaire carbonifère.
Rapp. int. B.R.G.M. 79 SGN 542 NPC.

LEGRAND R. et NEYBERGH H. - 1980 - La nappe du Calcaire carbonifère dans le Tournaisis.
Etablissement des paramètres géologiques en vue du traitement par ordinateur.
Professionnal paper, Bruxelles, 1979/8.

Ces rapports font le point de l'ensemble des études antérieures et des données existant en 1979. L'information de base, constituée par les forages atteignant le Calcaire carbonifère (362 sondages archivés au Service géologique régional du Nord - Pas-de-Calais et 355 au Service Géologique de Belgique), permet de définir avec précision la géométrie et la structure du réservoir. Ils présentent notamment :

- . les données climatiques,
- . l'implantation de tous les forages atteignant le Calcaire carbonifère quelle que soit leur nature,
- . les données géologiques et structurales matérialisées par des cartes d'isohypses des principales formations et par une série de coupes géologiques,
- . les caractéristiques hydrauliques des aquifères crayeux et calcaire : transmissivités et débits spécifiques,
- . le fonctionnement hydraulique de chaque réservoir (cartes piézométriques établies d'après les données de 1910, 1935, 1960 et 1968 pour l'aquifère calcaire et carte piézométrique de basses eaux - 1970-1974 pour l'aquifère crayeux),
- . les évolutions piézométriques existantes destinées au calage du modèle,
- . l'historique des prélèvements depuis 1964 (123 forages exploités en France et 96 forages en Belgique),
- . une analyse bibliographique.

Un certain nombre de données numériques recueillies dans ces deux premiers rapports sont analysées et revues par les techniques de la géostatistique pour fournir une cartographie automatique du toit du Calcaire carbonifère (en utilisant les données de 675 forages), des débits spécifiques des ouvrages captant cette nappe (au nombre de 273) et de l'épaisseur du semi-perméable séparant les aquifères crayeux et calcaire (425 ouvrages). Il est rendu compte de ces travaux dans le rapport suivant :

DARRICAU H. - 1979 - Nappe du Calcaire carbonifère - Traitement géostatistique des données.
Rapp. int. C.I.G. - E.N.S.M.P. - LHM/RD/79/32

De plus, le schéma du fonctionnement du système aquifère Craie-Calcaire carbonifère, sur lequel est bâti le modèle est proposé dans la note synthétique résumant les travaux de la première phase :

BESBES M. - 1979 - Etude hydrogéologique du Calcaire carbonifère - Rapport de première phase
Rapp. int. C.I.G. - E.N.S.M.P. - LHM/RD/79/40

DEUXIÈME PHASE : Acquisition de données nouvelles et construction du modèle :

Cette phase comprend essentiellement la mise au point du modèle de simulation - Parallèlement à la construction du modèle, trois campagnes de mesures nouvelles ont été réalisées, chacune d'elles faisant l'objet d'un rapport spécifique :

TALBOT A. et JOURDAN E. - 1980 - Etude préliminaire à la réalisation de forages dans la nappe du Calcaire carbonifère. Acquisition de données supplémentaires.
Rapp. int. B.R.G.M. 80 SGN 233 NPC.

Celui-ci développe les points suivants :

- . exécution d'un relevé piézométrique synchrone en novembre 1979 à l'aide de 110 points mesurés,
- . présentation des historiques de niveaux les plus récents décrivant notamment les effets sur la nappe des effondrements de l'Escaut,
- . jaugeages différentiels sur la Marque destinés à préciser le rôle présumé de cette rivière dans l'alimentation de l'aquifère calcaire.

BOSCH B., CAULIER P. et TALBOT A. - 1980 - Etude préliminaire à la réalisation de forages dans la nappe du Calcaire carbonifère - Acquisition de données complémentaires (deuxième phase)
Rapp. int. B.R.G.M. 80 SGN 689 NPC.

comprenant notamment :

- . l'étude des parentés chimiques entre nappes de la Craie et du Calcaire mettant ainsi en évidence les phénomènes d'échange par drainance qui sont représentés sur le modèle,
- . deux relevés piézométriques synchrones, respectivement effectués avant et après les congés payés (juillet et août 1980) afin de pouvoir vérifier l'aptitude du modèle à reproduire les perturbations de courte durée.

TILLIE B. - 1980 - Construction du modèle mathématique de la nappe du Calcaire carbonifère. Recherche des venues d'eau dans le forage de Bondues.
Rapp. int. C.I.G. - E.N.S.M.P. - LHM/RI/80/53

Cette note contribue à une meilleure connaissance de la fracturation du réservoir calcaire en profondeur.

Quand au modèle de simulation, il représente aussi bien la nappe du Calcaire que celle de la Craie, et prend en compte l'ensemble des données rassemblées en première phase, ainsi que celles acquises en deuxième phase. Il est rendu compte de la construction du modèle, de son étalonnage en régime permanent, puis en régime transitoire, et des simulations exploratoires dans :

COMBES P. - 1981 - Construction du modèle mathématique de la nappe du Calcaire carbonifère. Calage et simulations exploratoires
Rapp. int. C.I.G. - E.N.S.M.P. - LHM/RI/81/17

L'ensemble des résultats acquis à la fin de cette deuxième phase est condensé dans la note de synthèse suivante :

MARSILY G. de - 1981 - Etude de la nappe du Calcaire carbonifère - Note de synthèse sur les résultats obtenus au 1/1/1981
Rapp. int. C.I.G. - E.N.S.M.P.

La fin de la deuxième phase a été matérialisée par une réunion d'évaluation groupant un comité d'experts chargés de donner leur avis sur les résultats obtenus et sur la suite à donner à l'étude. Les conclusions de ce comité ont conduit à abandonner à ce stade de l'étude les travaux de forage initialement prévus afin de reconnaître en profondeur l'épaisseur utile du réservoir, pour se tourner vers une politique d'exploitation modérée du Carbonifère, en coordination avec l'utilisation de ressources en eau complémentaires restant à définir.

Le groupe de travail suivit partiellement l'avis du Comité d'experts dans la mesure où il décida d'approfondir un forage existant afin d'acquérir des informations sur l'état de la fracturation du réservoir calcaire en profondeur.

TROISIÈME PHASE : Reconnaissance par forage(s) de l'épaisseur utile de l'aquifère et recherche d'un schéma optimal d'alimentation en eau de la Métropole du Nord.

Les recherches effectuées au cours de cette phase sont présentées dans les rapports suivants :

COMBES P. - 1982 - Modèle mathématique de la nappe du Calcaire carbonifère - Etude à court terme de l'évolution piézométrique de la nappe du Calcaire carbonifère
Rapp. int. C.I.G. - E.N.S.M.P. - LHM/RD/82/5

Le modèle est utilisé pour prévoir au cours des dix prochaines années l'évolution des niveaux de la nappe sous différentes hypothèses d'exploitation et d'alimentation. Pour chaque hypothèse, est déterminé en particulier le temps mis par la nappe pour retrouver les niveaux observés en 1974, ces derniers étant les plus bas atteints en France.

BECKELYNCK J. et TALBOT A. - 1982 - Contribution à l'élaboration d'un schéma optimal d'alimentation en eau de la Métropole Nord.
Rapp. int. B.R.G.M. 82 SGN 142 NPC.

Ce rapport confronte l'offre et la demande au niveau de la Métropole du Nord. Après une projection des demandes fondée sur les évolutions passées et actuelles, les contraintes physiques à la mobilisation de l'eau sont exprimées au niveau des trois ressources envisageables dans la région : eaux de surface, nappe de la Craie et nappe du Calcaire carbonifère.

L'étude se termine par une analyse fine du coût de l'eau par unité de production.

BECKELINCK J. et TALBOT A. - 1982 - Recherche d'un schéma d'exploitation de la nappe de la Craie
Rapport additif au rapport B.R.G.M. 82 SGN 142 NPC.
Rapp. int. B.R.G.M. 82 SGN 559 NPC.

Ce travail réalisé à l'aide d'un modèle mathématique examine dans quelle mesure des débits supplémentaires pourraient être prélevés dans l'aquifère crayeux. Les simulations réalisées montrent que tout prélèvement supplémentaire engendre des apports d'eaux superficielles faisant craindre une dégradation du chimisme des eaux captées.

COMBES P. et HUBERT P. - 1982 - Etude des contraintes physiques liées à l'exploitation de la nappe du Calcaire carbonifère
Rapp. int. C.I.G. - E.N.S.M.P. - LHM/RD/82/61

Une autre utilisation du modèle a consisté à prévoir, pour un régime de prélèvements donné, l'état stabilisé extrême atteint par les rabattements et le bilan en eau sans se soucier de leur évolution dans le temps. Six hypothèses de prélèvements supplémentaires ont été réalisées et permettent de cerner les principales contraintes physiques d'une exploitation plus intensive de la nappe.

COMBES P. et HUBERT P. - 1982 - Recherche des règles optimales de gestion des ouvrages d'alimentation en eau potable de la région lilloise.
Rapp. int. C.I.G. - E.N.S.M.P. - LHM/RD/82/60

Dans un premier volet, cette étude tente de préciser le coût de l'eau pour deux hypothèses contrastées concernant les sources d'alimentation de la Métropole : option «Lys» et option «Calcaire». Le second volet de l'étude est la recherche d'un schéma optimal intégrant les différents systèmes de ressources disponibles.

TALBOT A. et JOURDAIN E. - 1983 - Reconnaissance par forage de l'épaisseur utile de l'aquifère calcaire. Approfondissement du forage de la Régie communautaire à Wattrelos (Nord). Indice national 14-4D-208.
Rapp. int. B.R.G.M. 83 SGN 080 NPC.

La détermination de l'épaisseur fissurée du réservoir a pu être précisée en approfondissant un forage situé au cœur du synclinal viséen. Les travaux entrepris montrent que l'aquifère est intensément karstifié jusqu'à 210 mètres, des niveaux productifs existants jusqu'à 330 mètres de profondeur.

CONSTRUCTION ET CALAGE DU MODELE

L'ensemble des réservoirs crayeux et calcaire décrits dans la présente étude représente une superficie cumulée de 2642 km². La possibilité d'utiliser des mailles de quatre tailles différentes a permis de couvrir une telle superficie et d'atteindre ainsi les limites hydrauliques du bassin tout en réduisant le nombre de points de calcul. La précision des résultats dépendant en partie de la dimension du côté de la maille, cette technique améliore la discrétisation dans les secteurs où l'on dispose d'une forte densité d'informations hydrogéologiques et dans ceux nécessitant un calcul précis. C'est pourquoi la discrétisation a été poussée au droit de la Métropole du Nord.

Le modèle ainsi conçu comprend 833 mailles (214 pour la nappe de la Craie et 619 pour celle du Calcaire) au centre desquelles est calculée la hauteur piézométrique à chaque simulation.

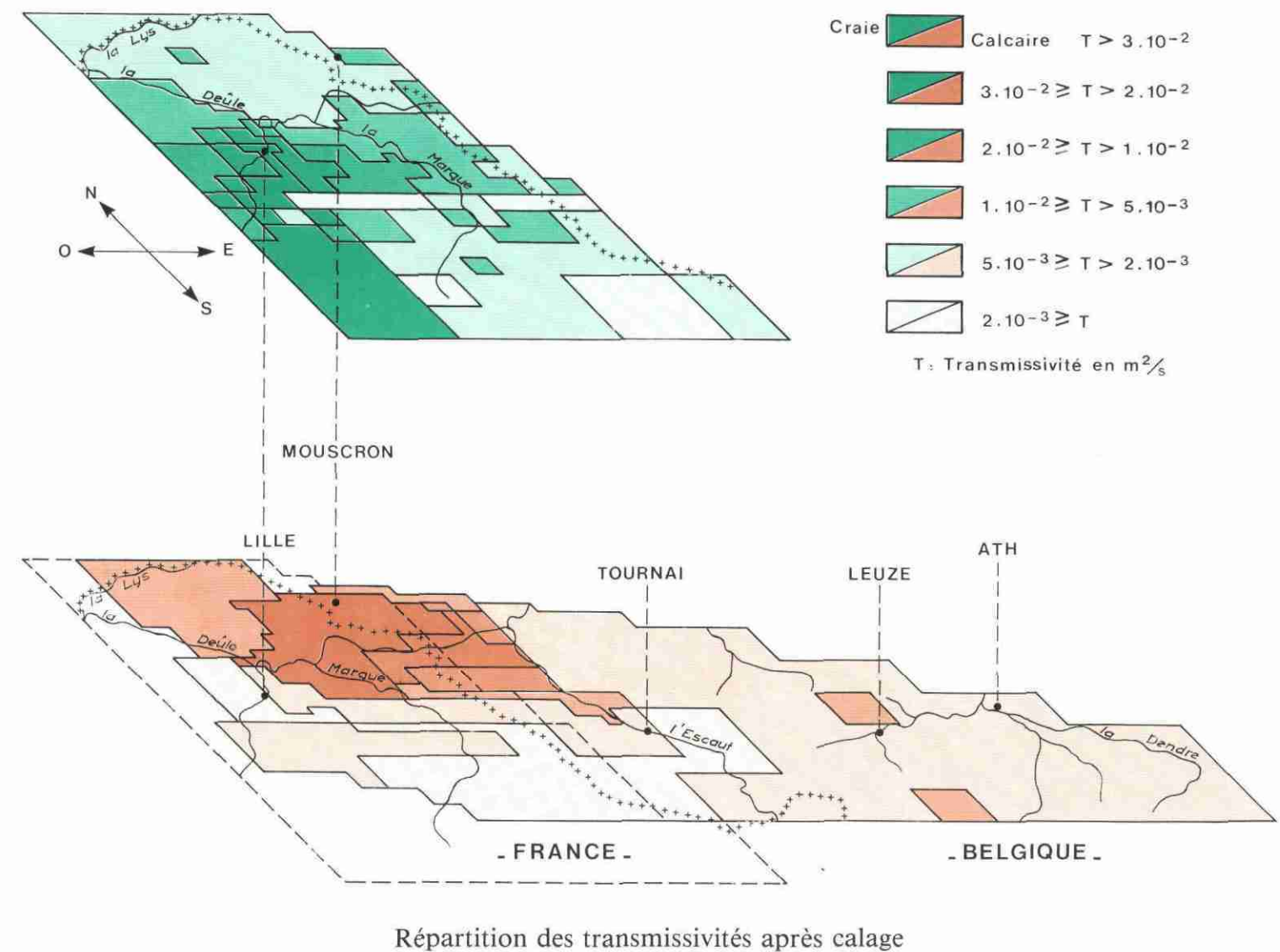
Afin de synthétiser l'information hydrogéologique rassemblée en vue de la réalisation de ce modèle, la technique du krigeage a été appliquée à l'étude des variations spatiales des grandeurs suivantes :

- . transmissivités des deux aquifères,
- . piézométrie de la nappe de la Craie et de celle du Calcaire carbonifère,
- . épaisseur des formations semi-perméables séparant les deux réservoirs.

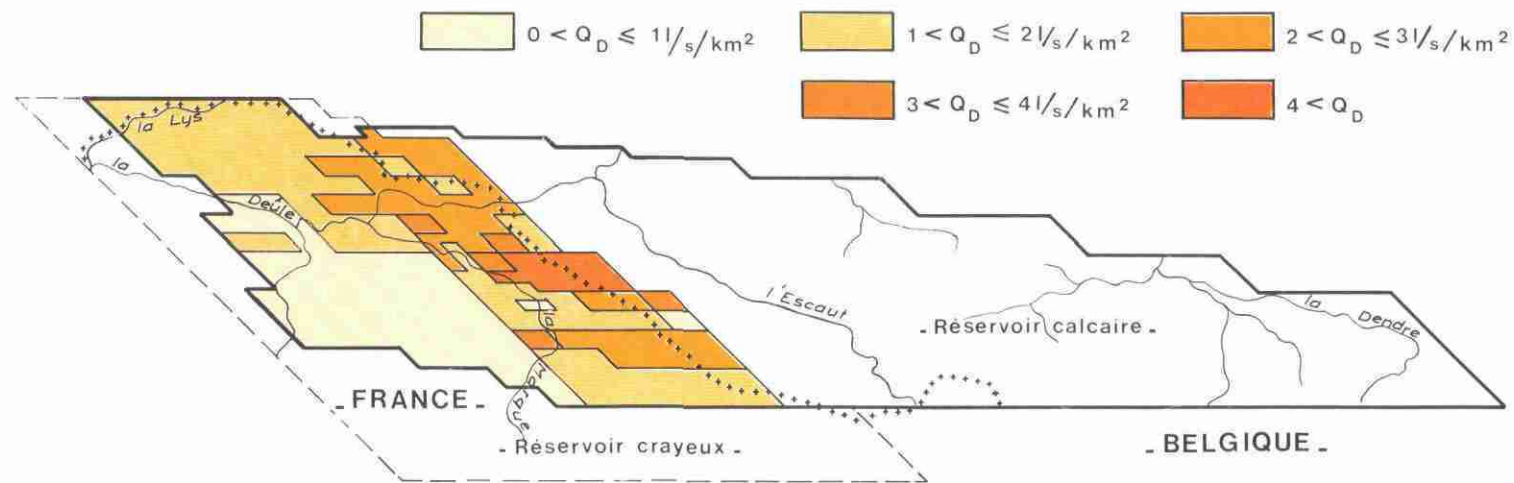
C'est par modulation progressive des données hydrogéologiques que l'on a cherché à reconstituer l'état piézométrique de référence (mai 1973). Pour apprécier la qualité du calage d'un modèle, on compare en s'efforçant de les superposer les courbes isopièzes calculées à celles de référence tracées par interpolation linéaire entre les points de mesure. Mais le critère d'ajustement demeure subjectif dans la comparaison par visualisation graphique. De plus, dans un modèle, la cote piézométrique attribuée à une maille est représentative d'une valeur moyenne sur la maille plus que d'une valeur ponctuelle au centre de celle-ci. On a alors intérêt à estimer directement par krigeage, à partir des données de terrain, la valeur piézométrique moyenne en chaque maille, cette estimation étant toujours assortie de sa précision sous la forme d'un écart-type. Cette information permet de définir un critère objectif d'adéquation du calage : l'écart au calage, que l'on définit comme la différence entre la piézométrie calculée sur une maille par le modèle et celle obtenue par krigeage. Celui-ci doit être compatible avec la fourchette d'incertitude donnée par le krigeage dans chaque maille. Si l'on adopte la fourchette conventionnelle de plus ou moins 3 σ , le calage sera jugé satisfaisant dans les zones où l'écart au calage réduit sera inférieur ou égal, en valeur absolue à trois.

Au cours du calage, la carte des transmissivités de la nappe de la Craie n'a pratiquement pas été retouchée. Tout au plus, a-t-on diminué les valeurs de certaines mailles représentant principalement le Mélantois. Quant à celle de la nappe du Calcaire carbonifère, le modèle calé

confirme la structure géologique du réservoir. En effet, il met en évidence de grandes zones présentant des transmissivités élevées, en particulier dans le coeur du synclinal calcaire, comme le montre la figure ci-dessous.



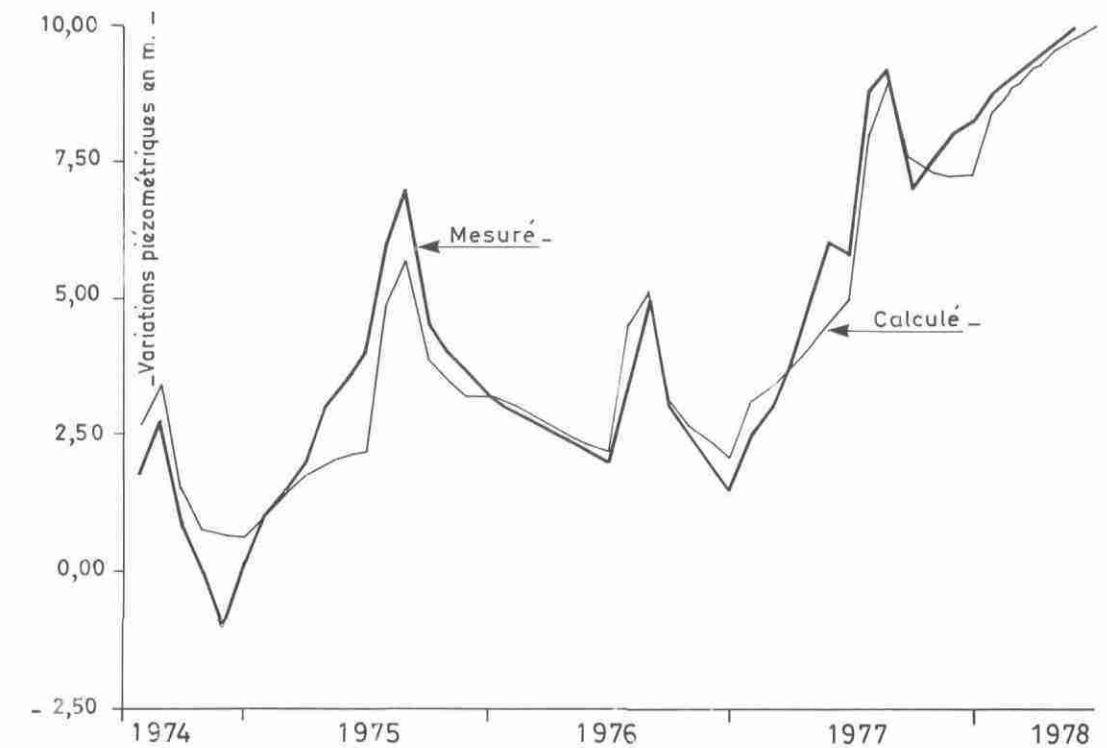
Craie et Calcaire carbonifère se trouvent séparés par des marnes peu perméables, à travers lesquelles prennent naissance des écoulements verticaux dans la mesure où ces deux nappes présentent des niveaux différents. Un des points positifs de ce modèle a précisément été le calcul des débits de drainance existant entre ces deux aquifères. La figure ci-dessous montre que ceux-ci sont concentrés dans la zone de Roubaix-Tourcoing où le flux de drainance atteint 2 à 3 l/s/km².



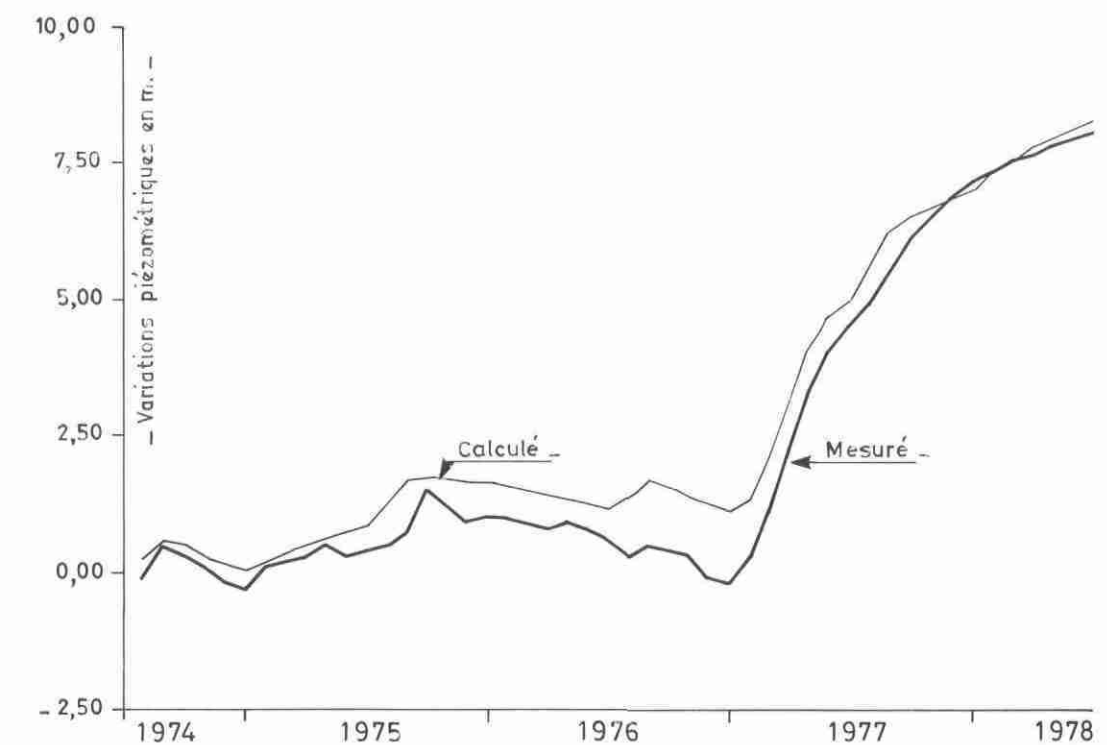
Apport par drainance de la nappe de la craie à la nappe du Calcaire carbonifère

Les effondrements qui se sont produits dans le lit de l'Escaut ont provoqué un apport brusque à la nappe. Cet événement exceptionnel a été utilisé pour le calage en régime transitoire qui a été effectué au pas de temps mensuel de juillet 1974 à Juin 1978 (cf. figure ci-contre).

Avant d'utiliser le modèle à des fins prévisionnelles, il a été jugé utile de vérifier si celui-ci était en mesure de reproduire correctement des états connus et forts différents du système hydrogéologique. Cette vérification a en premier lieu été réalisée en régime permanent et en l'absence de tout prélèvement par forage. Le modèle fournit alors un état initial des nappes représentatif de la situation décrite vers la fin du siècle dernier. Une autre vérification a porté sur le comportement à court terme de la nappe du Calcaire carbonifère et a consisté à tester la capacité du modèle à restituer les variations piézométriques résultant de la réduction momentanée des pompages durant les congés payés de juillet-août 1980.



Restitution des évolutions piézométriques mesurées à Linselles (Indice national 14.3A.008)



Restitution des évolutions piézométriques mesurées à Nechin (57058.371.901)

Réalisation et Conception
Centre informatique géologique
Service géologique régional Nord Pas-de-Calais
Cartographie : B.R.G.M.
Imprimerie: C.U.D.L.

Photos
C.U.D.L., Degrémont,
Service géologique régional Nord Pas-de-Calais,
Société des Eaux du Nord, Société d'Eau de la Métropole du Nord.

Dépôt légal 4ème trimestre 1983.

